A KIR. MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT KÖNYVKIADÓ VÁLLALATA.

V.

TYNDALL,
A HŐ MINT MOZGÁS.

FORDÍTOTTA

JEZSOVICS KÁROLY.

AZ EREDETIVEL ÖSSZEHASONLÍTOTTA

SZILY KÁLMÁN.

FELE RÉSZBEN AZ 1873-IK, FELE RÉSZBEN AZ 1874-IK ÉVI
KÖNYVILLETMÉNY FEJÉBEN,
A KÖNYVKIADÓ VÁLLALAT ALÁIRÓI SZÁMÁRA.

A HŐ

MINT

A MOZGÁS EGYIK NEME.

A HŐ

MINT

A MOZGÁS EGYIK NEME.

ÍRTA

JOHN TYNDALL,

A ROYAL SOCIETY TAGJA ÉS A NAGY BRITTANIAI ROYAL INSTITUTION-EN A TERMÉSZETTAN TANÁRA.

FORDÍTOTTA

JEZSOVICS KÁROLY.

AZ EREDETI NEGYEDIK KIADÁSÁVAL ÖSSZEHASONLÍTOTTA, ELŐSZÓT ÉS FÜGGELÉKET ÍRT HOZZÁ

SZILY KÁLMÁN.

Százkilencz fametszetű ábrával.

BUDAPEST, 1874.
KIADJA A TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT
KÖNYVKIADÓ VÁLLALATA.

„A jég tömörülete sem állja ki megömlés nélkül a száraz dörzsölést; mert ha soká dörzsölik posztóval, megolvad.“

Sir Thomas Browne, *Pseudodoxia Epidemica*, 2-ik könyv, I. fejezet.
Pickering kiadása, 1835. II-ik kötet, 271. lap.

M. ACADEMIA'
KÖNYVTÁRA

ELŐSZÓ

a negyedik kiadáshoz.

»A HŐ MINT A MOZGÁS EGYIK NEMÉ«-nek negyedik kiadása magába öleli, mozgástani szempontból tárgyalva, legutóbbi kutatásaimat is, melyeket a fénynek chemiai hatásaira nézve tettem. Az előbbi kiadásokban taglaltam a légnemű halmazat és a szinkép hosszabb hullámai között levő vonatkozásokat, a jelen kiadásban azon vonatkozásokat is kisérlet alá vetettem, melyek ugyanazon halmazat és a rövidebb hullámok között fennállanak. A kutatás e két irányzatát összefüzi a tömecsmozgás gondolata, mely mindkettejökkel közös.

Azon szerep, melyet ez újabb eredmények közül egyikmásik a meteorologia két legnagyobb kérdésében — az ég színében és fénye sarkultságában — játszik, hasonlókép be van bizonyitva és megmagyarázva.

Még hozzá csatoltam egy hypothesist az üstökösök alkatáról, és nehány megjegyzést a hő sarkitásáról is.

Royal Institution.
1871. márcziusban. J. T.

MAGY. AKADEMIA
KÖNYVTÁRA

ELŐSZÓ

a harmadik kiadáshoz.

NEHÁNY ÉV ELŐTT többször volt szerencsém a katonai oktatásügyi tanács megbizásából próbatételeket tartani. Azon felül ki voltam nevezve examinatornak a londoni egyetemhez is.

Ezek és a saját nyilvános eléadásaimmal kapcsolatos vizsgálatoknál alkalmam nyilt némi részben tudomást szerezni Anglia ismereteiről és hiányairól a természettudomány körében, melynek művelését hivatásomul tűztem ki.

Ekként szerzett tapasztalásomat kiegészitette azon társalgás, melyet e tárgy felől kitünő tanférfiakkal folytattam. Mindannyian elismerték és fájlalták a tudományos ismereteknek és az idevágó tanulmányok iránti rokonszenvnek azt a teljes hiányát, mely a mi, máskülönben oly művelt angol közönségünknek nagy tömegét bélyegzi.

Ámbár az önálló buvárkodást tekintem életem fő czéljául, mind a mellett nem tartottam érdemetlen munkának kisérletet tenni, vajjon nem lehetne-e segitenem az imént emlitett hiányokon. Megvillant s további megfontolás után meg is izmosodott bennem a gondolat, hogy a mennyire az idő engedi, sorban eléveszem a természeti tudományok azon

ágait, melyeket eléadásaimban tárgyaltam; leirom és lehetőleg világosan és egyszerüen kifejtem azokat a fogalmakat, melyeket legjobb akaratom szerint, magamnak rólok alkothattam.

A hőről irt mű volt e gondolat első gyümölcse, azon mű, melynek harmadik kiadása most az olvasó előtt fekszik.

A fogadtatás, melyben e könyv részesült, bebizonyitotta, hogy általános szükséget pótolt. Nem csak az, hogy sikere sokkal nagyobb lett ez országban, mint valaha reméltem; de Francziaországban, Oroszországban és az Egyesült-Államokban is nagy kiadások láttak belőle napvilágot, s jutottak forgalomba.

Volt azonban egyéb is, gyors és általános elterjedésén kivül, a mi még jobban meggyőzött a felől, hogy a könyv úgy ütött ki, a mint óhajtottam.

Bizonyosságot e felől a tudományos források hoztak, úgy magán úton, valamint nyilvánosan, s nem régiben igen feltünő módon Németországból is. A könyvnek, Helmholtz és Wiedemann eszközölte szép fordítása, — kiadta Vieweg és fia Braunschweigban, — és az a fogadtatás, melyben e fordítást a német sajtó részesitette, legjobb biztositék és legmegnyugtatóbb bizonyság nekem arra nézve, hogy czélomat nem tévesztettem el egészen.

A czél pedig az volt: alaposat oly alakban adni, mely a tudományban járatlan egyénekben is érdeklődést és rokonszenvet gerjeszthet. Okom volt továbbá hinni, hogy az e tudományt részletesebben tanulmányozó is találhat majd e müben segedelmet és előbbre mozditást, határozott képzeteket alkothatván magának azon tömecsbeli folyamatokról, melyek úgy a chemiai, mint a physikai tüneményeknél alapul szolgálnak.

Az említett vállalkozás második terméke a »Hang«-ról szóló művem, mely mostanában jelent meg Longmans-nél. E munka is sokkal hizelgőbb fogadtatásban részesült ez országban, mint milyet reményleni mertem. Azon felül Amerikában is megjelent már; Franeziaországban Gauthier-Villarsnál készül a fordítása, Németországban pedig ismét az említettem két kitünő tudós vette pártfogása alá.

Mindezekből azt a meggyőződést merítem, hogy a tudomány embere, ha nem rösteli a fáradságot — énnekem rendkívül sokba került, — világosan és elevenen gondolkodni és írni: bizonyos lehet benne, hogy leköti az általános figyelmet. Alig lehet benne kétség, hogy a tudományos ismeretek utáni vágy, ily módon táplálva és erősítve, végtére helyre fogja ütni jelenlegi oktatás-rendszerünk anomaliáit.*

Egyéb hozzáadásokon és változtatásokon kivül, e kiadáshoz, egy új fejezetben, jelentékeny mennyiségű új anyag is csatlakozik, mely a legújabbi kutatásaimból származik legfőképen. A kiegészitő függelékeket többnyire elhagytam, attól tartván, hogy a könyv szertelen vastag lesz. Reménylem, hogy a jövő évben, egy kötetbe összegyűjtve, kiadhatom majd a kisérleti természettan körébe vágó értekezéseim eredetijét, melyeket az utolsó 18 év alatt a »Philosophical Transactions« és a »Philosophical Magazine« folyóiratokban bocsátottam a nyilvánosság elé. Meg lesz ez értekezésekben az összes anyag, mely a kiegészitésre szükséges s mely azoknak lehet hasznára, kik egy elemi munka határain túl kivánják vinni tanulmányaikat.

A tanulmányozónak érdekes lesz megtudnia, hogy Mayer és Clausius nem régiben kiadták a dynamikai

*) Huxley »Elemi élettana« nagy lépés ez irányban.

hőelmélet körébe vágó, hires vizsgálataik gyüjteményét, s hogy a Clausius értekezéseinek első részét Hirst tanár adta ki angol fordításban. Kivánatos volna, hogy Joule, Helmholtz, Thomson és Rankine-nek e tárgyra — a legnagyobb tárgyra, melynek leleplezése eddig az emberi szellemnek a tudomány terén sikerült, — vonatkozó búvárlatai is ily módon hozzáférhetővé válnának. Különösen Sir William Thomson értekezései, melyek változatosak és mélységesek is egyszersmind, kiváló érdekűek és fontosságúak lennének.

Royal Institution.
1868. január.

ELŐSZÓ

a második kiadáshoz.

E MŰ ELSŐ KIADÁSÁBAN majdnem szó szerint meg van hagyva a kifejezésnek az a módja, melyet az előadó teremben használtam. E modort, ha időm engedé, szívesen felcserélem vala komolyabb nyelvvel, habár kétséges, nyert volna-e ez által az előterjesztés világossága.

Megváltoztattam azonban az addig használt »előadás« czimet, és 13 fejezetre osztottam a könyvet. Igyekeztem belefoglalni a sugárzó hő körébe vágó azon vizsgálataimat, melyeket az első kiadás óta fejeztem be. Azt a részt is, mely az életerő jelenségeit tárgyalja, jobbadán újra irtam.

Royal Institution.
1865. február.

ELŐSZÓ

az első kiadáshoz.

AZ ITT KÖVETKEZŐ ELŐADÁSOKBAN kisérletet tettem egy új philosophia alapvonalait oly modorban előadni, hogy a közönséges felfogású és műveltségű ember is megérthesse.

Az első hét előadás a hőmérői melegséget tárgyalja; keletkezését és fogyasztását mechanikai folyamatok közben; a hő munkabeli egyenértékének meghatározását; a hőnek mint tömecsbeli mozgásnak felfogását; e felfogás alkalmazását az anyag szilárd, folyékony és légnemű állapotára; a tágulásra és az égésre; a fajhőre és rejtett hőre; s a hővezetésre.

A többi öt fejezet a sugárzó hőről szól; a csillagközi tér betöltőjéről és a mozgásnak e közegben való terjedéséről; a hőnek viszonyáról a közönséges anyaghoz különböző halmazataiban; a nap, a föld és a hold sugárzásáról; a nap alkatáról és erélye lehető okairól; erélye viszonyáról a földi erőkhöz, s az állati és a növényi élethez.

Törekedtem, oly alsó fokú alapról indúlva, emelkedni e kérdések szintájára, hogy mindenki követhessen, kinek némi képzelő és elmélkedő tehetsége van.

Hol pótló megjegyzések vagy kivonatok szükségeseknek látszottak, hogy az olvasó az előadásokban érintett tárgyakról

való ismereteit tágíthassa vagy tökéletesbíthesse, ott az ily megjegyzéseket vagy kivonatokat függelék alakjában csatoltam az illető fejezethez.

A kötet végén használt rajzlapért a Royal Society választmányának tartozom köszönettel; melléklet volt ez a Philosophical Transactions-ben megjelent egynémely értekezésemhez. A fametszetek közül is egynehányat e tudós társaság volt szíves átkölcsönözni.

Ez új elmélet megalapitóinak neveit a tudományos közönség már jól ismeri. Rumford, Davy, Faraday és Joule mint experimentátorok első sorban emlitendők. A theoretikus irók — betürendben — Clausius, Helmholtz, Kirchhoff, Mayer, Rankine és Thomson; e kitünő férfiak értekezéseit tanulmányozza az, ki alaposabb ismeretet kiván szerezni e tárgyról. Regnault és Séguin is tisztességes helyet foglalnak el a mechanikai hőelmélet körében. Verdet nem régiben két előadást tett közzé e tárgyról; mindeniket ama mély tudományosság jellemzi, melyről szerzőjök ismeretes. Grove nagyra becsült és jól ismert művét az angol olvasó előtt alig szükséges emlitenünk.*

Új philosophiának neveztem a hőelméletet, anélkül azonban, hogy e mellett egyedül a hőtanra kivántam volna szoritkozni. E megszorítás tényleg lehetetlen, mert e ható a mindenség általános erélyeivel úgy össze van füződve, hogy ha ezt az egyet meghóditottuk, meghóditottuk a többit is. Már most is kivehetjük, habár még csak homályosan, a következmények nagyságát, melyek az eddig tett előhaladá-

* Meg kell e helyütt emlékeznem Favre szép kisérleteiről s ép igy Foucaultnak a XIII-ik fejezet tartalmára igen fontos kisérletéről, mely a Phil. Magazine-ben — 1865. febr.; Vol XIX. pag. 194 — van leírva.

sunkhoz csatlakoznak; következményeket, melyek alkalmasint túlszárnyalják azok várakozásait, kiknek munkássága és lánglelke jelen ismereretеink alapját megvetette.

Dr. Whewell »a természettudomány történetének befolyása az értelem művelésére« című előadásában, a Royal Institution-ben kimutatta, hogy »minden haladás a művelődés körében valamely jelentékenyebb fölfedezés, vagy egy egész csoport fölfedezés hatása volt.« Ha állandó e kapcsolat, úgy a természeti erők — szerves és szervetlen, életi és physikai erők — összeköttetését és kölcsönhatását illető szempontok, melyek a hő törvényeinek és vonatkozásainak kutatásából támadtak és még ezentúl is támadni fognak, okvetetlenül lényeges befolyásúak lesznek a jövendő kor értelmi nevelésére.

A természet tanulmányozásában két elem szerepel; az egyik az érzékek, a másik a gondolatok világából való. Megfigyelünk valamely tényt, s igyekszünk azt visszavezetni a maga törvényeire, vagy pedig feltaláljuk a törvényt, s igyekszünk azt tényekkel bebizonyitani. Az egyik elmélet, a másik kisérlet; »gyakorlati tudomány« lesz belőlök, a mint a mindennapi élet czéljaira alkalmazódnak. Semmi sem példázhatja jobban e két elem üdvös kölcsönhatását, mint az előttünk fekvő tárgy története. Ha a gőzgépet fel nem találják, úgy semmi esetre sem jutottunk volna még el jelen elméleti fejlődésünk szintájára. Az, a mit a hő a gőzgép által véghez visz, mind nyomatékosabban és nyomatékosabban erőszakolta a kérdést a gondolkozó szellemekre: »mi e ható, melylyel a szelek, folyók, lovak és emberek erejét fölöslegessé tehetjük? Létesithet a melegség mechanikai erőt, s mechanikai erő létesithet melegséget; kell tehát valami közös tulajdonságnak lenni, a mi ezt a ható és a mechanikai erő közönséges

alakjait egybefüzi. E közösség be levén bizonyítva, az általánosító szellem egyszerre a világegyetem többi erélyei felé fordulhatott, s csakugyan megtalálta azt az elvet, mely valamennyit összeköti egymással. Ekként az ipar diadala elémozdította a philosophia fejlődését. Ekként a gondolatok és a tények, a felfedezett és a keresztül vitt igazság, kölcsönhatása által tettük tudományunkat azzá a mi, a jelen kor legnemesebb gyümölcsévé, habár még eddigelé csak néha hivatkoznak úgy reá, mint az egyéni és a nemzeti hatalom forrására.

Hogy a természettudománynak jogosultsága van eszközül szolgálni az értelem nevelésében, még mindig szeretik elvitatni; pedig e téren még nagyobb és még jótékonyabb forradalmakat idézne elé, mint a milyenek jelölik az anyagi világban való alkalmazását. Azok a férfiak, kiknek magasztos hivatása szervezni Anglia kulturáját, bizonyára meg nem engedik, hogy ez óriási hatalom felnevelkedjék közöttök, anélkül, hogy gyakorlati hasznot ne húzzanak belőle. E tudomány nem szorúl pártfogásukra, hanem óhajtja, igen is, barátságukat, tisztességes feltételek alatt; velök egyesülten akar közreműködni a nevelés nagy czélja elérésében, az ember állapota javításában. Ha továbbra is visszautasítják a feléjök nyujtott jobbot, úgy oly harczba bocsátkoznak, melynek csak egy lehet a kimenetele. E tudománynak növekednie kell. Fejlődése oly szükségszerű és oly ellenállhatatlan, mint az árapály vagy mint a golf-áram mozgása. E tudomány is a természeti erély egyik pházisa, s mint ilyen, bizonyos benne, hogy, ha megérkezik az idő, kicsikarja azok elismerését, ha meg nem szerezheti szövetségöket, kik befolyását jelenleg csökkenteni, és fejlődését gátolni akarnák.

Royal Institution.

1863. februárius.

ELÖSZÓ

a magyar kiadáshoz.

MIDŐN A TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT könyvkiadó bizottsága 1872. év tavaszán, jeles és népszerű természettudományi munkák magyarra fordíthatása érdekében, a társulat tagjaihoz felhivást intézett, a legelébb kiadandó munkák sorában megemlitette Balfour Stewart akkoriban megjelent »Lessons in Elementary Physics« czímű művét is, mint olyat, mely a kiadványok első cyclusában a természettant fogja képviselni.

A természettudományi társulat e vállalatának megindulta után értesült csak a könyvkiadó bizottság a felől, hogy Hoffmann és Molnár könyvkereskedő urak, kiknek kiadásában már eddig is több becses természettudományi munka magyar fordítása jelent meg, hajlandók lennének Balfour Stewart említett művét lefordíttatni és a maguk költségén kiadni.

Társulatunk könyvkiadó vállalatának czélja nem levén egyéb, mint lehetővé tenni és biztositani jeles természettudományi munkák magyarra fordíttathatását, választmányunk szivesen lemondott a Balfour Stewart művének kiadásáról.

Már az előleges tanácskozások alkalmával és még a felhivás fogalmazásakor is volt szó a könyvkiadó bizottság-

ban arról, nem lenne-e czélirányosabb Tyndall »Heat as a mode of motion« czimü művét adni, Balfour Stewart kis természettana helyett. Igaz, hogy Tyndall e művében a természettannak csak egy részére szorítkozik, míg Balfour Stewart az egészre kiterjeszkedik, de Tyndall a maga tárgyát beereszkedőbben fejtegeti, mélyebben átkutatja Balfour Stewartnál, ki csak rövid áttekintést kiván adni a természettan mai állásáról. Ami végre is az utóbbi mellett döntött, az csak a művek terjedelme volt; a kisebbiket választván, remélhettük, hogy a természettudományok minden főbb ága már az első cyclusban egy-egy képviselő munkára fog találhatni.

A föntebb említett körülmény közbejövén, a bizottság figyelme annyival inkább fordult ismét Tyndall műve felé, mivel értésünkre esett, hogy negyedik kiadását Jezsovics Károly, selmeczbányai gymnáziumi tanár úr már lefordította magyarra, és hogy a kész kézirat már csak kiadásra vár. Egyetlen egy körülmény volt csupán, ami a bizottság és a választmány elhatározását kissé késlelteté, t. i. Jezsovics tanár úrnak azon őszinte nyilatkozata, hogy ő nem közvetetlenül az eredeti, hanem a Helmholtz és Wiedemann neve alatt megjelent német fordítás után készitette a magáét. De minthogy a német kiadás ily kitünő két név paizsa alatt látott napvilágot, és minthogy maga Tyndall a harmadik kiadáshoz irt előszavában (v. ö. a VII. lapon) a legnagyobb elismeréssel szól műve német fordításáról, s végre minthogy Jezsovics tanár úr kézirata némely részének a mintájával történt összehasonlitása azt bizonyitotta, hogy a magyar fordítás a legtöbb esetben igen szerencsésen kifejezi a németben foglalt gondolatot, — mindezeket tekintetbe véve, a könyvkiadó bizottság és a választmány elfogadta Jezsovics úr ajánl-

kozását. Magától értetődik, hogy a fenforgó esetben a választmány még inkább ragaszkodott, mint valaha, azon általános határozatához, hogy minden fordítás, bárkitől eredjen is az, csak úgy bocsátható nyomtatás alá, ha azt előbb egy e czélra fölkért szakférfiú gondosan átvizsgálta, az eredeti szöveggel pontról pontra összehasonlította és kinyilatkoztatta, hogy a fordítás jóságaért, hűségeért a föltétlen felelősséget magára vállalja. Jezsovics úr fordításának átvizsgálását és az eredetivel való összehasonlítását a választmány, könyvkiadó bizottságunk ajánlatára, reám ruházta.

Kötelességemnek tartottam, Tyndallt mindenekelőtt értesíteni társulatunk elhatározásáról, s tőle felhatalmazást kérni a szándékolt kiadásra. A szives beleegyezés f. évi február 28-án érkezett kezeimhez.

Örömmel fogtam a megbizatásommal járó dologhoz. Tyndall e munkája, ámbár a hőelméletnek csak egyik törvényével (az erély megmaradásával) foglalkozik s a másik törvényt (az erély megoszlását) egészen érintetlenül hagyja, ámbár e munka egytárgyú versenytársai között a legidősebb, mindamellett kétségtelen, hogy a hőelméletről kitünőbb népszerű mű maiglan sem iratott. E munkának köszönhető leginkább, hogy a hőelmélet ismerete a szorosan vett physikusok köréből a természettudományok többi művelői körébe is hathatósan átszivárgott, ennek köszönhető, hogy a tudomány nagy vívmányai iránt érdeklődő, művelt közönség a legujabb kor legnagyobb vívmányával, a mechanikai hőelmélettel, közelebbről megismerkedhetett. E munka Angliában négy, s Éjszak-amerikában is három vagy négy kiadásban jelent meg; mindjárt kijötte után lefordíttatott francziára — a 2-ik fran-

czia kiadás e napokban hagyta el a sajtót — ; lefordíttatott németre (itt is már két kiadásban jelent meg), le oroszra, dánra s ha nem csalódom, holland nyelvre is. Midőn ily munkának magyar kiadása forgott kérdésben, kedves kötelességemnek tartottam a közreműködést, bármily jelentéktelen és gépies lett légyen is az, elfogadni.

A szerep azonban, mit elvállaltam, jelentékenyebb lett, mint reméltem.

Mindjárt a munka elején észrevettem, hogy Jezsovics úr fordítása számos helyen sehogy sem akar egyezni az angol eredetivel, ámbár a német kiadással általában véve jól összevágott. Ennek oka csak a német fordításban lehetett. Akarva nem akarva, a német kiadást is át kellett tehát vizsgálnom s az eredetivel összehasonlítanom. Megdöbbenéssel vettem észre, mennyire eltörpíti a német fordítás az eredetit; az értelem finom árnyalatait, a festői kifejezéseket mily zavarosan, elmázolva adja vissza. Bátran merem állítani, hogy azoknak, kik Tyndall hőtanát csak a német kiadásból ismerik, alig lehet fogalmuk az eredeti szépségeiről; sőt azt is állítom, hogy a gondolkozó olvasó, számos helyen, egyáltalában meg sem értheti a német fordítást. A tér és idő szüke nem engedi, hogy terjedelmesebb próbákat átirhassak ide az eredetiből is és a német kiadásból is; csak nehány, röviden előterjeszthető hibát említek fel állításom bebizonyítására.

A 142-ik szakaszban: which extend both ways in a north-easterly direction; németben: welche sich sowohl in nördlicher als in östlicher Richtung hinziehen. — A 206. §-ban: the vapour from the ocean also ascends, because of its lightness, carrying, no doubt air along with it; németben: ebenso die Dämpfe des Oceans, wobei diese letzteren

ohne Zweifel wegen ihrer Leichtigkeit Luft mit sich ziehen. — A VIII. fejezet czímében: reflection of radiant heat from plane and curved surfaces; németben: Betrachtung der von ebenen und gekrümmten Flächen ausgestrahlten Wärme. — 435-ik §-ban: Scents and effluvia generally have long occupied the attention of observant men; németben: Wohlgerüche und schlechte Dünste haben im Allgemeinen schon lange die Aufmerksamkeit denkender Männer auf sich gelenkt. — 471. §-ban: instead of the pure action of the aqueous vapour of the air; németben: statt der reinen Wirkung des Wasserdampfes auf die Luft. — 477. §-ban: hence, if saturated, we might expect to find a greater action; németben: denn wäre sie gesättigt, so könnten wir eine stärkere Wirkung erwarten. — A 492. és az 544. §§-ban a refrigeration csak hülést jelenthet, a németben Gefrieren-nek van forditva. — 495. §-ban: from the radiation of the air; a németben: von der Ausstrahlung der Erde. — U. o.: it is not, however, to radiation from the air that the chilling can be ascribed, but to radiation from the body itself; németben: es ist indessen nicht der Ausstrahlung der Luft allein die Abkühlung zuzuschreiben, sondern auch der Ausstrahlung des Körpers selbst. — A XI-ik fejezet függelékében: steam (gőz); németben: Strom. — 497. §-ban: investigations of the last half century; németben: Forschungen der letzten Hälfte des Jahrhunderts. — 553. §-ban: Knoblauch contended against this notion, showing that ....., and justly arguing that the temperature of the spiral could not be higher than that of the body from which it derived its heat; németben: Knoblauch trat gegen diese Ansicht auf und zeigte ..... und schloss daraus mit

Recht, dass die Temperatur der Spirale nicht höher sein könnte, als die des Körpers, von dem sie ihre Wärme bezöge. — 564. §-ban: essentially new vibrations; németben: hauptsächlich neue Schwingungen. — Az 569. §-ban: rock-salt folyvást Bergkrystall-nak van fordítva. — 613. §-ban: the most convenient distance of the focus from the source; németben: die geeignetste Brennweite. — 701. §-ban: the low rate of cooling and the consequent constancy of the emission; németben: langsame Abkühlung und spätere Constanz der Ausstrahlung.

De elég ebből ennyi. És miként lehetséges az, kérdezheti valaki, hogy oly kitünő férfiak, Helmholtz, Wiedemann tollából ily értetlenségek folyjanak? Nem is az ő tollukból folytak azok. Nyilt titok, hogy Tyndall müveit nem Helmholtz és Wiedemann urak fordították, csak nevüket adták oda, hogy a német kiadásnak nagyobb hitele legyen. Hibájok csak az, hogy nem vizsgálták át, midőn nevökkel szentesiték.

A magyar fordítás átvizsgálásában vezérelvül tűztem ki a föltétlen ragaszkodást az eredeti szöveghez. Nem engedtem meg magamnak a legcsekélyebb változtatást sem, még ott sem, hol a dolognak vagy bővebb kifejtésére, vagy kiegészítésére egyetmást meg is kellett volna másítanom. Megjegyzéseimet a mű végéhez csatoltam, nehogy a csillag alatti toldalékok az olvasó figyelmét a szerző gondolkodásmenetétől elvonják s az élvezetet megzavarják.

A kötet legvégén található az e munkában használt physikai magyar műszók jegyzéke, összegyüjtve Jezsovics tanár úr által. Elvünk a műszók megválasztásában ez volt: individuumokat vagy individuumok gyanánt tekinthető tárgyakat, ha nincs közhasználatú magyar nevök, meghagyjuk inter-

nationalis nevökön; az oly műszókra azonban, melyek tulajdonságokat fejeznek ki, magyar elnevezéseket keresünk. Ez elvet meglehetős következetességgel keresztül vittük, csak nagynéha tértünk el tőle. A chemiai elemek állitólagos magyar neveit — azon kor szülötteit, mikor a magyar tudományosságnak a kén, szén, vas sem volt elég jó szó, hanem kénenyt, szénenyt, vasanyt kellett helyettök faragni — egyetlen kivétellel egészen mellőztük. E kivétel a higany. Ugy tudjuk, hogy a higany szót általánosan értik már, s azon nagy előnye is meg van, hogy chemiai jele *Hg* a magyar névben is szintúgy előfordul, mint a hydrargirumban. Megpróbáltuk a szénenyt is, mely még maiglan is erősen védi magát, kiküszöbölni; szenet irtunk, akár a fűtőanyagról, akár a chemiai elemről volt is a szó. Félreértés, úgy hiszszük, nem támadhat. Ott a hol egy mondatban mindakettő előfordul, úgy lehet magunkon segiteni, mint mikor azt mondjuk: »ebben a búzában kevés a tiszta búza«; ebben a szénben kevés a tiszta szén.

Egy pár következetlenséget — szénkéneg szénsulphid, tömecs molekula helyett — jogosan szemünkre vethet a kritika. Nem is áltatjuk magunkat azzal, hogy műnyelvünk minden izében kifogástalan volna; azonban annyit mégis reménylünk, hogy az itt közlött műszótár is fog lendíteni valamit physikai műnyelvünk végleges megállapodásán.

Budapest, 1874. május 10.

Szily Kálmán.

SAJTÓHIBÁK.

1. lap I. szakasz 3. sor összefüggés h. kapcsolat.
12. „ „ „ 5. és 6. sor e szellemi erő ellenállhatatlan tevékenység-ösztönének gyümölcse h. az ekként felruházott értelem egyenes kifolyása
12. „ 20. sor arczain h. arczán
21. „ alulról 11. sor taszitja h. taszit
40. „ ** jegyzetben 7. sor 200 kisérleteinek h. 200 kisérletének
71. „ 84. szakasz 7. sor ez h. az
71. „ 86. „ 2. „ nyerte h. nyert
75. „ felülről 11. sor munkafejlesztés h. munkafejtés
83. „ 105. szakasz 4. sor lapjaikkal h. lapjukkal
95. „ alulról 8. sor eredőnek; h. eredőnek,
96. „ „ 1. „ melylyel h. melyet
97. „ felülről 1. sor birnia h. adni
101. „ 119. szakasz f. 5. és 6. sor meggördíti h. meggördit
114. „ 138. sz. f. 7. sor hőmérsége h. hőmérséke
128. „ 156. sz. f. 5. sor valami más h. valamely más
128. „ 156. sz. f. 12. sor Ugyanaz ezt h. ugyanazt
135. „ 166. „ „ 6. „ másikból h. másikban
135. „ 166. „ „ 8. „ ez ezen h. az ezen
139. „ 176. „ „ 5. „ meg pedig h. meg
150. „ 195. „ „ 1. „ Helyeikről h. Helyökről
161. „ alulról 1. sor rendkívüli h. rendkivül
169. „ 224. sz. f. 9. sor határozottan h. határozatlan
174. „ 231. „ alulról 7. sor helyezzük? h. helyezzük;
243. „ 333. „ f. 6. sor miszerint h. hogy
248. „ al. 7. sor képekre h. képre
252. „ f. 9. sor vonásos disz h. egy vonásos disz

258. lap 338. *a*. sz. f. átmegy rajta h. átmegy.
265. „ 346. sz. *a* 2. sor átláthatlanságot h. átlátszatlanságot
271. „ a tábla utolsó sorában elpárolt h. lepárolt
288. „ f. 4. sor mozdíthatja h. mozdulhat
309. „ 427. sz. f. 5. sor benn,e h. benne,
327. „ 452. „ „ 9. „ sugározza h. sugároz
327. „ 454. „ „ 2. „ jelentékenyen h. jelentékeny
338. „ 474. „ alulról 3. sor mind h. mint
357. „ f. 8. sor napkölte h. napkelte
377. „ 524. sz. al. 10. sor képessége h. képességök
425. „ f. 2. sor eléidézhetjük h. eléidézhetünk
425. „ 626. sz. 4. sor sötét sugárzása h. a sötét sugárzása
430. „ 636. sz. al. lapjaikhoz h. lapjukhoz
441. „ f. 9. sor tömörebb h. tömörebbé
448. „ 672. sz. f. 1. sor elvre h. elvhez
455. „ f. 1. sor letartatott h. letartóztatott
460. „ 696. sz. al. 7. sor s melynél h. melynél
466. „ f. 5. sor sem h. nem
476. „ 718. sz. al. 4. sor Az ép, erős h. A dolgozó
476. „ 719. „ al. 4. sor a szenet h. szenet
482. „ f. 2. sor tartjuk h. megtartjuk
485. „ 732. sz. f. 11. sor az az h. az
485. „ 732. „ al. 1. sor egyensúlyi helyzeteik helyett egyensúlyuk helyzete
486. „ 734. sz. f. 3. sor dologról h. dolgokról
491. „ 743. „ „ 4. „ cső; belseje h. cső belseje
492. „ 744. sz. al. 5. sor erélye h. erélyök
505. „ felülről 5. sor sarkaltságot h. sarkultságot
510. „ 771. szakasz alulról 4. sor áiló h. álló
511. „ 772. sz. felülről 7. sor megjelenési h. megjelenése
516. „ 779. sz. al. 2. sor kinézésöket h. külsejöket
521. „ al. 11. sor illatos h. itatós
537. „ felülről 3. sor szótáró h. szótára

MAGY. AKADEMIA
KÖNYVTÁRA

TARTALOM.

I. FEJEZET.

Készülékek. — A hő keletkezése surlódás, összenyomás és ütközés útján. — Rumford kisérletei. — A víz fölforralása surlódás által. — A hő átváltozása munkává . . . . . 1. lap.

Függelék az I. fejezethez.

Észrevételek a hővillany-oszlopról és a galvanométerről . . 17. lap.

II. FEJEZET.

A hő mivolta. — Az anyagi elmélet. — A mozgási elmélet. — A mozgó lég hőhatásai. — Hőfejlesztés a delej két sarka közötti forgó mozgás által. — Rumford, Davy és Joule kisérletei. — A hő mechanikai egyenértéke. — Hőfejlesztés a lövevények által. — A föld mozgásának megakasztásából származható hőről. — A Nap hevének meteóri elmélete. — A lángról a mozgási elmélethez való vonatkozásában . . . . . 23. lap.

Függelék a II. fejezethez.

Kivonatok Baco és Rumford műveiből . . . . . 52. lap.

III. FEJEZET.

Tágulás: Az anyagnak szilárd, folyékony és légnemű állapota. — Hypothesisek a gázok belső mivoltáról. — Tágulási együttható. — Valamely gázzal állandó nyomás mellett közlött hő. — Valamely gázzal állandó térfogat mellett közlött hő. — A hő mechanikai egyen-

értékének kiszámítása Mayer által. — A gázok tágulása hűlés nélkül. — A hőmérsék absolut zéruspontja. — A szilárd és a folyékony testek tágulása. — A bizmútnak és a víznek szabályellenes magaviselete. — A kristályodás erélye. A huzalok feszítésének melegségbeli hatása. — A kaucsuk szabályellenes magaviselete . 57. lap.

Függelék a III. fejezethez.

Még néhány tény a tágulásra vonatkozólag. — Kivonatok Sir. H. Davy első értekezéséből: A jég megolvasztásáról dörzsölés által . . . . . 89. lap.

IV. FEJEZET.

Trevelyan készüléke. — Gore körülguruló golyói. — A nyomás befolyása az olvadás pontjára. — A jég megolvasztása és meghasadoztatása nyomás által. — A jég felbonczolása hevítő sugárnyaláb által. — Folyékony virágok és középső foltjok. — A levegőtől megszabadított víz mechanikai tulajdonságai. — A folyadékok forrpontja; befolyásos körülmények. — Hőnek munkává alakulása a gőzgépekben. — Az izlandi Geyserek . . . . . 96. lap.

V. FEJEZET.

A mozgási elmélet alkalmazása a fajhő és rejtett hő jelenségeire. — Az erély értelme: lehetséges és tényleges erély. — A tömecserők erélye. — Kisérleti mutatványok a fajhő- és rejtett hőről. — A víz vegyülése, sűrüdése és megmerevedésének mechanikai egyenértéke. — Szilárd szénsav. — A folyadékok gömbölyded állapota. — A gömböly libegése saját gőzén. — A víz és higany megfagyása veresizzó tégelyben . . . . . 126. lap.

VI. FEJEZET.

A melegitett levegő tovavitele. — Szelek. — Felső és alsó pásztaszelek. — A Föld forgásának hatása a szelek irányára. — A vízpárák befolyása az éghajlatra. — Európa, mint az atlanti tenger sűritője. — Az esőzés Irlandban. — A Golf-áram. — A hó képződése. — Jégképződés hóból. — Glecscserek. — A glecscser-mozgás tüneményei. — Az összefagyódás. — A jég idomítása nyomás által. — Hajdani glecscserek . . . . . 157. lap.

VII. FEJEZET.

A hővezetés mozgás továbbadása. — Jó vezetők és rosz vezetők. — A fémek hővezető képessége; a hővezető és villanyvezető képesség viszonyossága. — A hőmérsék befolyása a villanyvezetésre. — A tömecsszerkezet befolyása a hővezetésre. A fajhő és a hővezetés viszonya. — A ruházat elmélete; Rumford kisérletei. — A mechanikai szövevény befolyása a hővezetésre. — A kazánok bekérgesedése. — Biztosító lámpa. — A folyadékok és gázok vezető képessége; Rumford és Despretz kisérletei. — A hydrogén-gáz hűtő hatása. — Magnus kisérletei a gázok vezető képességéről . . . . . 184. lap.

VIII. FEJEZET.

Hűlés mozgásbeli veszteség; hová lesz ez a mozgás? E kérdésre vonatkozó kisérletek a hangtan köréből. — E kérdésre vonatkozó kisérletek a fénytan köréből. — A kiömlési és a hullámzási elmélet. — A fényhullámok hossza és a rezzenetek száma. — A szín physikai oka. — A színkép láthatatlan sugarai. — Hevítő sugarak a vörösön túl. — Vegyítő sugarak a kéken túl. — A sugárzó hő értelmezése. — A sugárzó hő visszaverődése lapos és görbe felületekről: törvényei egyezők a fény törvényeivel. — Kisérlet két homorú tükörrel . . . . . 219. lap.

Függelék a VIII. fejezethez.

A zengő lángokról . . . . . 244. lap.

IX. FEJEZET.

A távolság szerinti csökkenés törvénye. — A hanghullámok hosszrezgésűek, a fényhullámok harántrezgésűek. — Különböző testek tömecsei, midőn rezegnek, a mozgásnak különböző mennyiségét közlik az éterrél. — Sugárzás: mozgás közlése az éterrel. — Elnyelés: mozgás átvétele az étertől. — A jól sugárzó felületek jól is nyelnek. — Szorosan ráfeszülő gyapjú-takaró könnyíti a hülést. — Az aranylevél védő befolyása. — A testek atómjai bizonyos hullámokat felfognak, másokat átbocsátanak. — Átlátszóság és hőátbocsátóság. — A hő-átbocsátó testek gyöngén sugárzanak. — A sugárzó hő »minőségének« értelmezése. — Az elnyeletés nélkül átmenő sugarak nem melegítik a közeget. — A világító és sötét sugarak viszonya különböző lángokban . . . . . 255. lap.

X. FJEZET.

A gázok hőnyelése. — Az itt használt készülék. — A kezdet nehézségei. — A levegő és az átlátszó egyszerű gázok hőátbocsáthatósága. — Az olajképző és az összetett gázok hőgátlósága. — A gőzök hőnyelése. — A gázok hősugárzása. — Kölcsönösség a hősugárzás és hőnyelés között. — A tömecsbeli alkat befolyása a sugárzó hő átmenetére. — A sugárzó hő átmenete átlátszatlan testeken. — A hőspektrum elválasztása a színképtől átlátszatlan hasáb által 281. lap.

Függelék a X. fejezethez.

A galvanométeri fokok értékeinek meghatározása . . . . 315. lap.

XI. FEJEZET.

Illatos anyagok hatása a sugárzó hőre. — Az ozon hatása a sugárzó hőre. — A gázok és gőzök hőnyelésének és hősugárzásának meghatározása minden, a gázalakú testen kívül fekvő hőforrás nélkül. — A sugárzás a föld légkörén keresztül. — A légkör vízgőzeinek hatása a sugárzó hőre. — A vízgőzök hőnyelő és hősugárzó ereje és a meteorologiai tüneményekkel közötti vonatkozás . . . . . 318. lap.

Függelék a XI. fejezethez.

Még némely részlet a nedves levegő hatásáról . . . . . 353. lap.

XII. FEJEZET.

Illékony folyadékok hőnyelése. — Az ily folyadékok gőzeinek hőnyelése közönséges nyomásnál. — Ugyanazon gőzök hőnyelése, midőn a gőzmennyiségek arányosak a folyadékmennyiségekkel. — Összehasonlító áttekintés a folyadékok hatásán a sugárzó hőre. — Az átlátszatlanság és átlátszóság physikai oka. — A hőmérsék befolyása a sugárzó hő átbocsátására. — Változások a sorrendben a hőmérsékbeli változások következtében. — Lángok sugárzása. — A rezzenetidő befolyása a sugárzó hő átbocsátására. Melloni és Knoblauch némely eredményeinek magyarázata . . . . 360. lap.

XIII. FEJEZET.

A sötét napsugarak fölfedezése. — Herschel és Müller kisérletei. — A sugárzás erőssége a hőmérsék fokozásával gyarapszik. — A villanyfény színképének heve. — Sugárszűrők: a villanyfény megszitálása. — A sugarak átalakitása. — A hőbeli kép világitóvá tétele. — Égés és izzítás sötét sugarak által. — Fluorizálás és kalorizálás. — Sötét napsugarak. — Franklin kisérlete a színekről. — E kisérlet elemzése és magyarázata . . . . . 394. lap.

XIV. FEJEZET.

Harmat: bőséges képződésére tiszta ég és csöndes, de nedves légkör szükséges. — A harmatos anyagok hidegebbek mint a harmattalanok. — A harmatos anyagok jobb sugárzók mint a harmattalanok. — A harmat a légköri gőz leverődése oly anyagokra, melyek sugárzás folytán meghűltek. — A hold sugárzása. — A nap alkata. — Fényes vonalak a fémek színképeiben. — Az izzó gőz azon sugarakat nyeli el, melyeket maga is képes kibocsátani. — Kirchhoff általánosítása. — Fraunhofer vonalai. — Nap-chemia. — A nap sugárzása. — Herschel és Pouillet kisérletei. — Mayer meteóros elmélete. — Helmholtz és Thomson elméletei. — Az árapály hatása a föld forgására. — A naprendszer erélye. — Helmholtz, Thomson, Waterston. — A nap vonatkozása az állati és növényi élethez. . 436. lap.

XV. FEJEZET.

A rövid rezgéstartamú éterhullámok hatása a légnemű anyagra. — Fellegek alkotása fénynyel való szétbontás által. — Szín előidézése kis részecskék által. — Fénysarkítás ködszerű tömegek által. — Az ég kék színe és fénye sarkultsága . . . . . 481. lap.
Megjegyzések a természeti erők átalakíthatóságáról . . . . 518. lap.
Elmélet az üstökösökről . . . . . 521. lap.
A hő sarkítása . . . . . 526. lap.
Berekesztő megjegyzések . . . . . 528. lap.
A vadok módszere tüzet gerjeszteni . . . . . 530. lap.
A reggeli hideg havat csinálhat a szobában . . . . . 530. lap.

Függelék a magyar kiadáshoz . . . . . 533. lap
Tárgymutató . . . . . 557. lap.
Magyar-német műszótár . . . . . 573. lap.

A HŐ

MINT

A MOZGÁS EGYIK NEME.

I. FEJEZET.

KÉSZÜLÉKEK. — A HŐ KELETKEZÉSE SURLÓDÁS, ÖSSZENYOMÁS ÉS ÜTKÖZÉS ÚTJÁN. — RUMFORD KISÉRLETEI. — A VÍZ FÖLFORRALÁSA SURLÓDÁS ÁLTAL. — A HŐ ÁTVÁLTOZÁSA MUNKÁVÁ.

FÜGGELÉK: ÉSZREVÉTELEK A HŐVILLANY-OSZLOPRÓL ÉS A GALVANOMÉTERRŐL.

1. A természet szemlélete felkölti az emberben a vizsgálódás szellemét. Valamint a szem a látásra, a fül a hallásra, úgy az emberi szellem a természeti jelenségek összefüggésének kikutatására és megértésére van alkotva. A mai természettudomány e szellemi erő ellenállhatatlan tevékenységösztönének gyümölcse. Egyik kiváló jellemvonása a folytonos növekedés: gyümölcsöző benne minden tény, s minden új fölfedezés rögtön új vizsgálódások csirája lesz. Növekedésére azonban nincs szebb példa, mint annak a nagy tárgynak az utólsó 25 év alatt történt kiterjeszkedése és fejlődése, mely ma veendi igénybe figyelmünket.

A tudományos kézikönyvekben eddig csak igen szűken tárgyalták a modern hőelméletet, s így a közönség ismerete e tekintetben az elérhető színvonal alatt maradott. E tartózkodás azonban természetes volt. A tárgy ugyanis igen bonyolódott; s mi is, midőn nyomozásába bocsátkozunk, el lehetünk

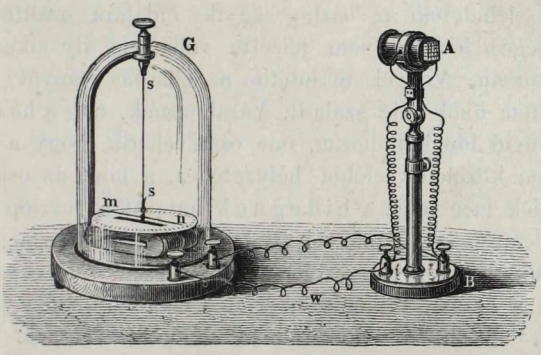
készülve, hogy sok nehézségre bukkanunk. De nincs is a természettudományok egész terén kérdés, melynek megoldása a természetvizsgáló fáradságára érdemesebb és jutalmazóbb lenne. Hiszen a különböző természeterők között oly szoros a kölcsönhatás, hogy a közöttök létező általános összefüggést tisztán belátjuk, mihelyt a hő törvényeit és vonatkozásait megértettük. Fogjunk tehát munkánkhoz szivvel és lélekkel, ismerkedjünk meg a legújabb képzetekkel és tényekkel, melyek erre a mindent átható ágensre vonatkoznak és keressük buzgón ama törvény láncszemeit, mely e tényeket összeköti s egységet hoz létre a legváltozatosabb jelenésalakok között. Ha elérjük szándékunkat, úgy a lelkök mélyében lakó szépség- és rendérzéke nem közönséges mérvben fog kielégitetni. A magaslatról, hová igyekszünk, dicsőbb kilátásunk lesz az egész természetrendszerre, mint lenne akkor, ha vezetői minőségemben csupán az alantasabb helyekre és járottabb ösvényekre szoritkoznám.

2. Első kötelességem megismertetni önökkel nehányat azon készülékek közül, melyeket e kérdések vizsgálatánál alkalmazni fogok. Módokról és eszközökről kellett gondoskodnom, hogy mindnyájok előtt tisztán láthatóvá tegyem a hőmérsékbeli különbségek jelzéseit. E czélra a közönséges hőmérő épen nem használható, mert azon nem vehetnék e változásokat észre; pedig azt kivánom, hogy saját szemeikkel győződjenek meg azokról a tényekről, melyeken elméletünk alapszik. Kezökre akarom adni a független itélethez megkivántató anyagot, hogy következtetéseimet helyeseljék, ha igazaknak találják; vagy ha eltévednék, útba igazitsanak; vagy pedig rosszalásukat fejezzék ki, ha azt vennék észre, hogy hamis következtetéseket törekszem becsempészni. Ez okból a közönséges hőmérő helyett e kis készüléket leszek kénytelen használni, mely előttem áll az asztalon.*

3. E készülék (1-ső ábra *A B*) hővillany-oszlopnak neveztetik. Használata következő: a hozzá jutó melegség benne

* A hővillany-oszlop rövid leirását lásd e fejezet függelékében.

villanyáramot idéz elé; a villanyáramnak ereje van elhajlást eszközölni a szabadon felfüggesztett delejtűn, ha egyenközüen halad el mellette. Ily *(m n)* delejtűt látnak itt;



1-ső ábra.

selyemmel körülfont rézhuzal környezi, a huzal szabad *(w w)* végei pedig a hővillanyoszloppal közlekednek. A delejtű *(s s)* sodratlan selyemszálon függ s hogy a léghuzam ne zavarja, *(G)* üvegharanggal be van födve. A delejtű mindegyik végét hegyezett papirszeletkével jegyeztem meg; az egyiket kékkel, másikat vörössel. E papirdarabkákat mindazok, a kik jelen vannak, észrevehetik, s ha a delejtű mozogni fog, e mozgást a legtávolabb állók is láthatják. Ily készüléknek galvanométer a neve.*

4. Jelenleg a delejtű tökéletesen nyugszik s az alatta fekvő, fokokra osztott körlemez zérus-pontjára mutat. E helyzet azt bizonyitja, hogy nem jár benne villanyáram. Most rálehelek egyet az oszlopnak födetlen *(A)* felületére. Egy rálehelés elegendő volt czélomra. A delejtű megindul s 90 foknyi iven fut végig; még tovább is mozogna, ha lengésé-

* A leirt galvanométer az előadás alatt egy zsámolyon állott az experimentáló asztal előtt, a *w w* huzalok az asztaltól egészen a zsámolyig érvén. A galvanométer részletesebb leirását lásd e fejezet függelékében.

nek határt nem vetettem volna az által, hogy 90° mellett vékony csillámlemezkét erősítettem meg függélyes helyzetben. A tünek e mozgását az a csekély hőmennyiség eszközölte, melyet leheletem az oszlop egyik oldalára szállított; egy közönséges hőmérő sem jelzette volna ezt ily sikeresen és ily gyorsan. Vegyék tekintetbe az elhajlás irányát: a vörös vég tőlem önök felé szaladt. Várakozzunk, míg a hő eloszlik; csak rövid idő kell hozzá, íme észrevehetik, hogy a tű azon mérvben közeledik előbbi helyzetéhez, a mint az oszlop hül. Figyeljék meg most a hidegnek hatását az oszlop lapjára. E fémlemezt meghűtöm az által, hogy jégre teszem; a most már hideg fémet megtörlöm s megérintem vele az oszlopot. Látják a hatást. Pillanatnyi érintés elegendő, hogy gyors és erélyes elhajlást eszközöljön a delejtűn. Tessék azonban megfigyelni, hogy mily értelemben történt az elhajlás. Midőn az oszlopot melegítettük, a vörös vég tőlem önök felé mozgott, most pedig önöktől felém jő. Ennek annyiban van nagy jelentősége, a mennyiben a tűmozgás irányán biztosan felismerhetjük, vajjon hideg vagy meleg érte-e az oszlopot; a mozgás ereje pedig — a gyorsaság, melylyel a tű elhagyja nyugpontját — némi fogalmat ad az oszloppal közlött hidegnek vagy melegnek mennyiségéről. Későbbi alkalommal megmagyarázom önöknek, miképen lehet a hő viszonylagos mennyiségének szabatos számkifejezést adni, — ma beérjük készülékeink működésének általános ismeretével.

5. Legelső szándékom az lesz, megmutatni önöknek a hő vonatkozásait az erők ismertebb nemeihez. Ezt elérendő, mindenekelőtt a tényeknek egy egész halmazát fogom elsorolni — csupa oly tényeknek, melyek példaképen szolgálhatnak a hőnek létesítésére mechanikai cselekedetek által. A szomszéd-szobában nehány darab fám van, melyeket segédem el fog hozni. Ama szobában a hőmérsék kissé alantabb áll mint itt; a fa tehát, mely most már előttem fekszik, kissé hidegebb mint az oszlop lapja. Győződjünk meg róla. Mialatt a fa az oszlopot érinti, a vörös tűvég

önöktől felém mozog s ezzel azt mutatja, hogy ez az érintés meghűtötte az oszlopot. Most a fát óvatosan az oszlop lapjához dörzsölöm, mondom »óvatosan«, mert az oszlop törékeny jószág s a durva kezelést el nem birja. Most tessék figyelni arra, a mi történik. A tűnek önök felé irányuló gyors és erős mozgása mutatja, hogy e gyenge dörzsölés megmelegitette az oszlop felületét. Látják, hogy a tű 90 fokon fut végig és pedig oly irányban, mely ellenkezője a dörzsölés előttinek.

6. E kisérletek, melyek a hőnek mechanikai eszközökkel való fejlesztését példázzák, nálunk arra fognak szolgálni, mire a tanuló fiúnál az iskolai gyakorlatok szolgálnak. És hogy emlékezetünkbe jól bevésődjenek s tökéletesen hatalmunkba essenek, gyakran kell azokat ismételni s különféleképen változtatni rajtok. Kérem tehát, kövessenek e feladatban. Itt van egy, parafára erősitett lapos sárgarézdarab. A parafát újjam közé veszem, de úgy, hogy kezem hozzá ne érjen a fémhez. E fémmel megérintem az oszlopot; a delejtű mozog s azt mutatja, hogy a sárgarézdarab hideg. Most hideg fához dörzsölöm a fémet s azután ismét az oszlophoz tartom; ime úgy megmelegedett, hogy — ha hosszabb ideig érintkeznék a készülékkel — az ez által támasztott villanyáram erősen hozzá lökné a tűt a csillámlemezkéhez, sőt valószinű, hogy meg is zavarná a delejességét. Látják a jelentékeny elhajlást, melyet e pillanatnyi érintés elő birt idézni. Emlékszem, mint oskolás fiú nem egyszer égettem meg kezemet rézpitykével, melyet erősen dörzsöltem az oskola padjához. Itt van ez a jégen hűtött borotva s ez az olajozatlan fenőkő, melyen a hideg kést végig vonom, mintha élesíteni akarnám. A borotvát az oszlophoz tartom, látják hogy az aczél, mely az imént hideg volt, most már meleg. Most meg felveszem e kést a deszkával együtt, melyen fekszik; mind a két tárgy hideg. A kést a deszkához súrolom s midőn az oszlophoz tartom, melegnek bizonyul be. E hideg fűrészt hideg fán vonom végig, s először a fának a fűrész

által súrolt lapját érintem az oszlophoz. A delejtű azonnal megmozdul, s mozgása iránya mutatja, hogy a fa meleg. Hagyjuk a delejtűt visszatérni a zéruspontra s ismételjük a kísérletet a fűrészszel; ez is meleg. Legegyszerűbb és legközönségesebb példák ezek a hő keletkezésére surlódás által; épen ezért választottam őket. Bár jelentékteleneknek látszhatnak, mégis oly elvet példáznak, mely az anyagi világegyetemet kormányozza.

7. Tegyünk most meg egy más kisérletet, hogy megismerjük a nyomás által eszközölt hőfejlesztést. Darab fenyőfát látnak itt, mely e szoba hőmérséke alá van hűtve s mely az oszloppal érintkezvén, a hideget jelző elhajlást létesíti. A fát kis viz-sajtó lemezei közé teszem s erős nyomásnak vetem alá. Miután a fa már össze van sajtolva, megérintem vele az oszlopot, s a galvanométer mutatja, hogy e nyomás által hőt létesítettem. Ugyanez történik, ha ezt az ólomtömböt a sajtó alá teszem s laposra nyomom.

8. Figyeljük meg most az ütés hatásait. E hideg ólomgolyót hideg üllőre teszem s hideg pőrölylyel ráütök. A pőröly bizonyos mechanikai erővel zuhan le; mozgását rögtön feltartóztatja a golyó és az üllő. Ugy látszik, hogy a pőröly ereje elveszett. De ha az ólmot megvizsgáljuk, azt találjuk, hogy megmelegedett. Majd később megtudják, hogy az esetben, ha az ütés által létrehozott összes hőt összegyüjthetnők, s minden veszteség nélkül ismét mechanikai munkára fordithatnók, a pőrölyt ily módon ugyanazon magasságra emelhetnők, a melyről az imént leesett.

Még egy kisérletet készitettem elé, mely finomabb semhogy oly nagyobb fajta eszközökkel, milyeneket előadási kisérleteinknél használunk, véghez vihető lenne; de alkalmas készülékekkel mindamellett igen könnyen megmutatható. E kis edényben valamelyes higany van, mely a szomszéd szobában kissé hidegebb lett. A hővillanyoszlopnak egyik oldala mázzal van bevonva, hogy meg legyen őrizve a higanynak

rontó befolyásától. Az ilymódon biztosított készüléket a higanyba mártom; a tü elhajlása mutatja, hogy e fém hideg.

2-ik ábra.

Itt van két üvegedény (2-ik ábra *A* és *B*), posztószalaggal erősen körülfonva, nehogy kezem melege a higanyhoz juthasson. A hideg higanyt az egyik edényből a másikba öntöm s abból ismét visszaöntöm ebbe. A higany bizonyos mechanikai erővel zuhan le; a mozgás megsemmisül, de helyette hő fejlődik. Az egyszeri átöntés szülte hőmennyiség rendkívül csekély; mekkoraságát könnyen meg lehetne ugyan határoznom, de quantitativ meghatározásokba még most ne bocsátkozzunk. Tiz vagy tizenötször öntöm át a higanyt egyik edényből a másikba. Tessék megfigyelni a hatást, ha most mártom az oszlopot a higanyba, a delejtü elmozdúl s mozgása azt bizonyitja, hogy a higany, mely a kisérlet elején hidegebb volt, most már melegebb az oszlopnál. Ezzel egy oly hatást mutattam be önöknek, mely minden vízesés alján előfordul. Az itt jelenlévők között vannak barátaim, kik egykor a Niagara habjaiban állottak. Ha ott a víz hőmérsékét az esés felett és alatt eléggé érzékeny hőmérőkkel megmérik vala, azt találták volna, hogy a víz melegebb alant mint fent. A ten-

gerészhit is, mely szerint a tenger vize zivatar után melegebb mint zivatar előtt, legalább elméletileg tökéletesen helyes, mert a hullámok mechanikai rohama végtére is hővé alakul át.

9. A surlódás legyőzése mindig hőt fejleszt, s a keletkezett hő pontos mértéke azon erőnek, mely a surlódás legyőzésére fordittatott. A keletkezett hő semmi egyéb mint az eredeti erő más alakban; s ha ezen átalakulást kikerülni kivánjuk, meg kell gátolnunk a surlódást. A fenőkövet olajjal, a fűrészt zsírral kenjük meg s azon vagyunk, hogy vasúti járműveink tengelyei folytonosan jó csúszósak legyenek. Mi okból teszszük mindezt? Azon legyünk elébb, hogy általános fogalmakat szerezünk s majd azután törekedjünk a kifejezés szigorú szabatosságára. A vasúti mérnöknek az a feladata, a vonatot egyik helyről a másikra hajtani; e czélra a gőznek, vagyis inkább a tüzelőnek erejét kivánja alkalmazni, melytől a gőz feszerőt kap. Nincs érdekében, hogy ennek az erőnek egy része más, és pedig oly alakot vegyen fel, mely őt czéljának elérésében gátolná. Megmelegedett tengelyeket nem használhat; lehetőleg kerülni fogja tehát, hogy a rendelkezésére álló erő azok hevitésére fordittassék. Hiszen eredetileg hőből nyerte a gőzerőt s épen nem szándékozik az igy nyert erőt előbbi, eredeti alakjára visszavezetni. Minden fok melegség, melyet a tengelyek surlódása szül, a hajtó erőnek bizonyos megszabott mennyiségét vonná el a géptől. Absolut veszteség nincs. Ha a surlódás szülte hőt mind összegyűjthetnők s mechanikailag alkalmazhatnók, ez által a sebességnek ugyanazon mértékét közölhetnők a vonattal, melyet ez épen a surlódás következtében veszitett. E szerint a vasuti munkás, midőn sárga zsírral telt edényével körüljár s felnyitja a kis szelenczéket a kocsitengelyeken, a nélkül hogy tudná, azon nagy elvet példázza, mely a világot fűzi össze. Midőn igy cselekszik, tudtán kivül azt állitja, hogy meg van győződve az erőnek átalakitható és el nem pusztitható voltáról. Tettével azt állitja, hogy a mechanikai erő

hővé válhat, s hogy az átalakulás után mint mechanikai erő megszünt lenni, minden egy-egy foknyi melegséggel, mely a tengelyekben fejlődik, a gépből annyi mozditó erő tünvén el, a mennyi a keletkezett hővel tökéletesen egyenértékű. Gőzmozdonyaink minden ereje hőtől ered s esetleg ismét hővé válhatik. Hogy a vonatot a kivánt sebességben megtartsuk, folytonosan győzködni kell a surlódással, s az ide forditott erő tisztára hővé alakul át. E folyamatot egy kitünő iró * a lepárolással hasonlitotta össze. A gőzkazánbeli hő erélye a vonat mechanikai mozgásába megyen által; s ismét mint hő jelenik meg a kerekeken, a tengelyeken és a sineken. Midőn valamely vonat, mely, mondjuk, hat mértföldnyi sebességgel halad óránként, állomás közelébe érkezik, féket alkalmaznak, s a kerék, melyet a fék nyom, szikrát szór és füstöt hány. A vonat megáll. Miért? egyszerüen azért, mert a fék az összes mozditó erőt, mely azelőtt a vonatban volt, hővé változtatta.

10. Ugyanigy áll a dolog, midőn az ács zsirral keni meg fürészét. Karjának izomerejét arra akarja használni, hogy szétfürészelje, azaz, hogy a fürész fogaival szétválaszsza a fát és legyőzze benne a mechanikai összefüggést. Ha a fürész széles lapján erős a surlódás, a fürész csak nehezen mozoghat, s ugyanaz az erőkifejtés ez esetben csekélyebb eredményt ér el, mint midőn a szerszám surlódás nélkül dolgozik. Mennyiben csekélyebb az eredmény? Absolute véve nem csekélyebb; csak a fürészelés munkasikere csekélyebb. Az erő, mely nem szolgál a fürészelés javára, az sem vész el, hanem hővé alakul; erre ép az imént mondtam egy példát. Itt is ha a surlódás szülte hőt összegyüjthetnők s a fürész mozgatására fordithatnók, ép annyi erőt kapnánk vissza, mennyit az ács más alakra hozott az által, hogy fürészét jó csúszóssá tenni elmulasztotta.

---

* Dr. Robert Julius Mayer Heilbronnban.

11. Kezünket dörzsöléssel melengetjük; ily módon törekszünk az elfagyott tagoknak is visszaadni ismét a szükséges meleget. A vadak értenek hozzá, tüzet gerjeszteni az által, hogy két, különösen e czélra választott fadarabot egymáshoz dörzsölnek. Könnyü dolog, fát esztergán megszenesíteni. A gyufát dörzsölés által hevitjük a meggyulás hőfokáig. A hampshirei kovás országúton a munkások talpa alól sötét estén látható szikrák pattannak elé, amint patkószögeik az országút kemény tüzkövével összeütköznek. Ugyanezt tapasztaljuk gyakran a London utczáin haladó omnibuslovak patkóin. Ha kiütünk kovával és aczéllal, a leütött fémrészecskéket ez által annyira megmelegitjük, hogy meggyúlnak s a levegőben elégnek. De a hő megelőzi az elégést. Davy ugyanis azt találta, hogy szikrák ugyan nem támadnak, midőn kovás lőfegyvert légüres térben sütünk el, de a leütött fémrészecskéken mikroskóp alatt olvadás nyomai láthatók. * Itt van egy nagy hegyi kristály; e kisebbet csak gyorsan végig kell rajta vonnom, hogy hőt és fényt gerjeszszek. E két kvarczkavicsot egymáshoz dörzsölöm; ime fényleni kezdenek.

12. Már Aristoteles beszél a nyilvesszők megmelegedéséről a léggel való surlódás következtében. A puskagolyó is, midőn a levegőt hasitja, a surlódás által megmelegszik. A hulló-csillagok leghihetőbb elmélete szerint: kisebb bolygóféle testek azok, melyek a Nap körül keringenek, de a földvonzás által pályájukból kisodortatnak, s légkörünkbe jutván és a levegővel surlódván, fehér-izzókká válnak. E nézet Chladnitól ered és Joule bebizonyitotta, hogy a légköri surlódás csakugyan elegendő arra, hogy a mondott hatást eléidézze. Ez utóbbinak azon nézete, hogy meteorköveink nagyobb részét a nagy hő szétrobbantja, s ez által földünket rettenetes bombázástól kiméli meg, hasonlóképen igen

* Works of Sir H. Davy, vol. II. pag. 8.

valószinü.*) E testek bolygóféle sebességgel mozognak. A négy alsó bolygó ugyanis következő sebességgel futja pályáját:

	földrajzi mérföldek másodperczenként
Merkur	6,59
Venus	4,82
Föld	4,10
Mars	3,32

a meteórok sebessége 4 és 8 földrajzi mérföld között ingadozik. Az e rendkivül nagy sebesség következtében támadt surlódás bizonyára elegendő, hogy a neki tulajdonitott hatást eléidézhesse.

13. Rumford, a Royal-Institution egyik alapitója, több mint 64 évvel ezelőtt, a hőnek surlódásbeli fejlesztésére vonatkozólag sok kisérletett tett, melyek a mai hőelmélet szempontjából rendkivül érdekesek és fontosak. Általában azon érdemek, melyeket ez intézet alapitói és tanárai a természeti erők elméletének kérdésében szereztek, örökké feledhetetlenek maradnak. A fény hullám elméletének alapját Thomas Young vetette meg, s ezen elmélet teljesen alkalmazva mai hőelméletünket is magában foglalja. A mi a dolog lényegét illeti, Davynak már azok voltak a nézetei a hőről, melyeket én most előadni és megmagyarázni törekszem. A chemiai erők és a villanyosság között levő egyenértékűség törvényeit Faraday állapitotta meg, s az ő felfedezései, melyeket a delej-villanyosság körében tett, voltak azok az első tények, melyeket Joule a hő és a mechanikai erő kölcsönös átalakithatóságára bizonyitékul használt.** Rumford egy értekezésében, mely éles logikája és a benne tárgyalt kisérletek által egyaránt kitünik, a hő természetéről szóló tant már 1798-ban*** ugyanazon módon védte, a mint az a legujabb

* Philosophical Magazine, 4 Series, vol. 32, pag. 349.

** Philosophical Magazine, 4 Series vol. 23, pag. 265, 347, 435.

*** Ez értekezés rövid kivonata a II. fejezet függelékében olvasható.

időkben, kitünő physikusok kisérletei által, biztos alapra lőn helyezve. Rumford azon időben ágyúk fúrásával foglalkozott Münchenben, és az e művelet közben fejlődő jelentékeny hő elannyira felébresztette figyelmét, hogy egy külön készüléket gondolt ki a surlódás szülte melegség vizsgálatára. Üres vashengert készittetett; ebbe egy tömör, jól beleillő és a henger fenekére nyomakodó ramács volt illesztve. A hengert szekrény környezte, melybe $18^3/_4$ font víz volt öntve s belé hőmérő állítva. Eredetileg a víz hőmérséke 15,5 Celsius-fokú volt. A hengert lóerővel forgó mozgásra inditotta; és a surlódás kezdetétől számított egy óra múlva a víz hőmérséke 41,5 Celsius-fokra, tehát 26 fokkal emelkedett. Félórával később 61 C.-fokú volt a hőmérsék. A forgatást folytatta s két óra múlva a hőmérő 81 C.-fokot mutatott; két óra és husz percz múlva 93 C.-fokot, s két óra és harmincz percz múlva a víz tényleg forrni kezdett.

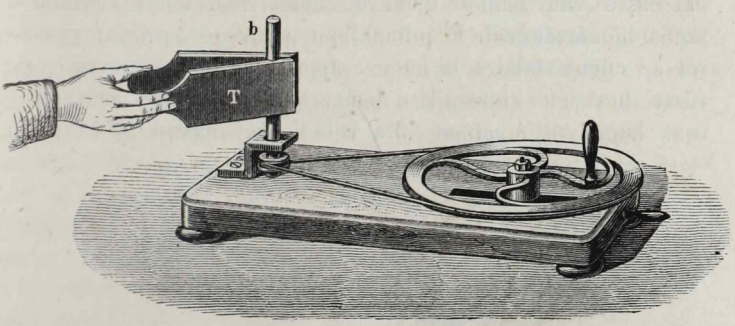
A hatást, melyet e kisérlet a szemtanúkra gyakorolt, Rumford pompásan irja le. »Nehéz volna, mondja, a csodálkozás és meglepetés ama kifejezését leirni, mely a körülállók arczain tükröződött, midőn látták, hogy e nagy víztömeg tűz nélkül megmelegszik s tényleg forrni kezd. Csodálni való magában a dologban ugyan semmi sem volt, mindamellett szivesen bevallom, hogy nekem igazi gyermekies örömet szerzett, melyet — ha valami komoly búvár hírére számot tartanék — inkább el kellene palástolnom, mint nyilvánosságra hoznom.« * Bizonyára mindannyian szivesen lemondunk afféle philosophus elvekről, melyek elfojtani törekednének az oly érzelmeket, minőket Rumford az imént vallott be. Joule ** kiszámította, mennyi mechanikai erő fordittatott e meglepő kisérletben a hőfejlesztésre, s oly eredményt kapott, mely mint mondja, »nem nagyon különbözik a munka és a hő számbeli egyenértékére vonatkozó, saját búvárlatainak ered-

* Rumford Essays, vol. II, pag. 484.

** Philosophical Transactions, vol. 140, pag. 62.

ményeitől«, noha neki már gazdagabb ismeretek és finomabb kisérletek állottak rendelkezésére.

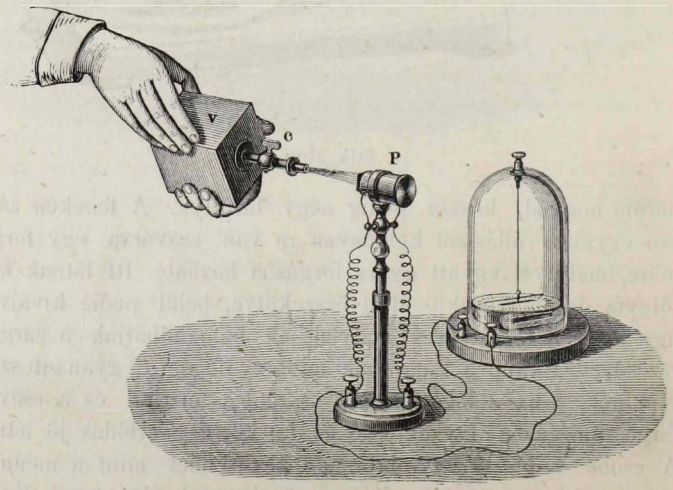
14. Tapintatlanság volna Rumford kisérletét önök előtt a fent leirt módon ismételnem. Harmadfél órát nem szánhatok egy kisérletre; reménylem azonban, hogy képes leszek lényegében ugyanazt a hatást harmadfél percz alatt bemutatni önöknek. E sárgarézcsőnek (3-ik ábra *b*) belső átmérője



3-ik ábra.

három-negyed, hossza pedig négy hüvelyk. A fenekén zárt cső egyenes állásban keményen rá van csavarva egy forgó műre, melylyel együtt gyors forgásba hozható. Itt látnak két tölgyfa darabot csukló által összekötve, belül pedig kivájva, úgy hogy a félköralakú mélyedések befogadhatják a sárgarézcsövet. Ekkép a fadarabok mintegy fogó (*T*) gyanánt szerepelnek, s ha e fogó karjait összébb szoritjuk és a csővet forgó mozgásba hozzuk, cső és fa között surlódás jő létre. A csőbe hideg vizet öntök, de kevesebbet mint a mennyi belefér, felső nyilását pedig parafa-dugóval elzárom, nehogy a viz kilocsocsanhasson. Most a gépet forgatni kezdem. Amint a forgatás tovább tart, a viz hőmérséke emelkedik s most már oly meleg, hogy az újjam ki nem állja. Folytatván még a forgatást, a dugó robbanó hevességgel kilódittatik, miközben az utána tóduló s lecsapódó vizgőz a légkörben kis felleget alkot.

15. Az eddig bemutatott esetekben azt tapasztalták önök, hogy a mechanikai erő rovására hő keletkezett. Több kisérlet mutatta, hogy a hol mechanikai erő veszendőbe megyen, hő szülemlik. Helyén lesz most az ellenkező kisérletet megmutatnom s bebizonyítanom a hő fogyasztását mechanikai munka kifejtésekor. Ez erős edény jelenleg összenyomott levegővel van megtöltve. A levegő már nehány óra óta össze van benne nyomva, hőmérséke tehát egyenlő e szoba hőmérsékével. E pillanatban a levegő nyomást gyakorol az edény falaira, s ha e csapot kinyitom, a levegő egy része hevesen kiözönlik a hengerből. De e szó »kiözönlik« csak homályos fogalmat ad a valódi tényállásról. A kiözönlő

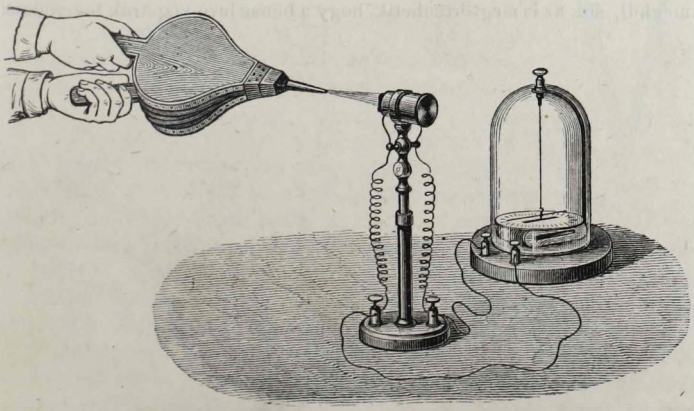


4-ik ábra.

levegőt ugyanis kihajtja a mögötte lévő; s így ez utóbbi az, mely a légáram kiszorításakor munkát fejt. Mi történik ezalatt a dolgozó levegővel? Meghül, mert mechanikai munkát végez és e mellett más hatót nem vehet segítségre

mint saját melegét, szülőjét azon rugalmassági erőnek, melylyel az edény falaira nyomást gyakorol E hőnek egy részét elfogyasztja, azaz a levegő meghűl. Figyeljenek a kisérletre. Kinyitom a csapot (4-ik ábra) s a légáramot (*V*) edényből (*P*) oszlop lapja felé irányitom. Ugyan e pillanatban megmozdul a delejtü; vörös vége, felém közeledvén, bizonyitja, hogy a légáram meghütötte az oszlopot.

16. Más a hatás, ha közönséges fúvó csővéből hajtjuk a levegőt a hővillany-oszlop felé. Utolsó kisérletünknél maga a levegő végezte a légkihajtás mechanikai munkáját; s ezen erőfeszités melegének egy részét elfogyasztotta. A fúvónál karom izmai végzik a munkát. Felemelem a fúvó felső lemezét, a levegő beözönlik; a két lemezt bizonyos gyorsasággal egymásfelé hajtom, a levegő kiözönlik; a kihajtott levegő, melyet az összenyomás már kissé megmelegitett, az oszlop felületéhez ütődik; mozgása akadályra talál s rögtön



5-ik ábra.

annyi hő keletkezik, a mennyi a megsemmisitett mozgással egyenértékü. Észreveszik, hogy midőn a fúvóval légáramot

hajtok az oszlop felé, a vörös tűvég önök felé mozog s jelzi, hogy a levegő ez esetben hevitette az oszlopot.*

Itt van még egy palaczk szódaviz, mely most valamivel melegebb mint az oszlop; észreveszik ezt a tű gyönge elhajlásán. Átmetszvén a dugót tartó huzalt, a szénsav gáz rugalmassági ereje kiröpíti a dugót. A gáz munkát fejt s ennek következtében hőt fogyaszt. A delejtű elhajlása, melyet a palaczk most eszközöl, a hideget jelző elhajlás. Látják, hogy a mindennapi élet apró részleteiben is valódi költészet található s hogy lassanként még az olyas foglalatosságokban is, melyekben minden gyermek jártas, illustratióját leljük azon általános alapelveknek, melyektől a természeti tünemények függenek.

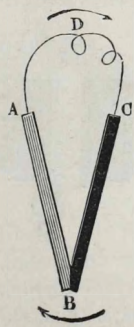
---

* E kisérlet megkivánja, hogy a fúvó erősen működjék s nyilása az oszlop tő-szomszédságában álljon, mert ha a nyilás távol van, úgy a levegő, mely a fúvóból melegen jött ki, saját kiterjedése közben meghül, sőt az is megtörténhetik, hogy a benne levő vízpárák leverődnek.

FÜGGELÉK AZ ELSŐ FEJEZETHEZ.

Jegyzet a hővillany-oszlop szerkezetéről.

Forraszszunk össze egy *AB* antimon (6. ábra) és egy *BC* bizmútrudacsot (*B*-nél), s kössük össze a szabad *A* és *B* végeket *ADC* huzallal. Ha a forrasztás helyét *B*-t hevítjük, villanyáram keletkezik, mely a forrasztás helyén a bizmúttól az antimon felé tart, (tehát a betürend ellenében) az összekötő huzalban pedig az antimontól a bizmút felé, tehát a betürendben. A nyilak jelölik az áram irányát.



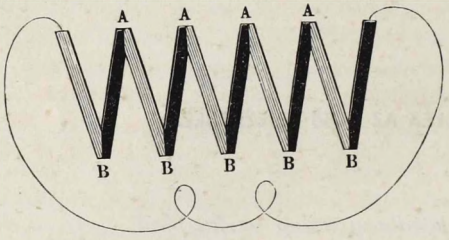
6-ik ábra.

Ha a forrasztás helyét *B*-t l e h ű t j ü k, ugy az elébivel ellenkező irányú villanyáram keletkezik. Az ábra egy hővillanypárt vagy elemet — így nevezik — ábrázol.

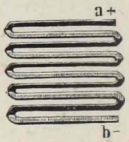
Több hővillanyelemet egyesítvén, ezekkel erősebb áramot létesíthetünk mint egy elemmel. Ily berendezést ábrázol a 7-ik ábra; a sötét rudacsok a bizmút, a világosabbak pedig az antimon rudacsok képét viselik; hevítvén mindazon forrasztási helyeket, melyek *B* betüvel jelölvék, mindenikben keletkezik áram s mindezen áramoknak egy az irányuk; valamennyinek összege tehát erősebb áramot ad annál, melyet egy elemből nyerhetnénk.

Az egy-egy pár által képezett *V*-nek nem kell oly szélesnek lennie mint a 7-ik ábrában; összébb húzhatjuk a nélkül, hogy ártanánk a láncznak. Ha több elemet kis térben kell egyesíteni, akkor minden egyes párt úgy lehet összeilleszteni, mint a 8-ik ábra mutatja, melyben a sötét vonalak bizmútrudacsokat, a világosabbak pedig keskeny antimonrudacsokat ábrázolnak. Végökön össze vannak forrasztva s hosszuk irányában közönségesen papiros-foszlányok választják el őket egymástól. E lánczok nagyobb száma kis térben egyesítve alkotja a hővillanyoszlopot; ilyet ábrázol a 9-ik ábra.

Mivel a melegítés szülte áram a megmelegített forrasztáshelyen mindenkor a bizmúttól antimon felé megyen, világos, hogy ha az *A*-val jelölt forrasztáshelyeket melegítjük, oly áramot nyerünk, melynek

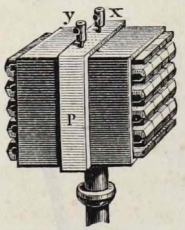


7-ik ábra.



8-ik ábra.

iránya épen ellenkező a *B* forrasztáshelyek melegítése esetében keletkezett áram irányával. Megtekintvén a 7-ik ábrát, az imént mondottakat azonnal belátjuk. Ennélfogva indít a hő ellenkező irányú áramokat a hővillanyoszlopon a szerint, a mint az oszlopnak egyik vagy másik oldalát találja. Ha mind a két lapon egyenlő a hőmérsék, az áramok semlegesítik egymást, bár mily erősen melegítvék is ama lapok; de ha az egyik oldal melegebb a másiknál, villanyáram keletkezik. Az áramot tehát az oszlop két oldalának hőmérsékbeli k ü l ö n b s é g e létesíti, s az áram erőssége bizonyos határok között tökéletesen arányos e különbséggel.



9-ik ábra.

Hővillany-áramokat különben úgy is kaphatunk majd mindig, ha bármely más két fémet kötünk össze; legerősebbeket adnak azonban a bizmút és antimon. *

Jegyzet a galvanométer szerkezetéről.

A villanyáram jelenlétét és irányát fel lehet ismerni azon hatáson, melyet az áram a szabadon felfüggesztett delejtűre gyakorol.

Az ily tűt azonban a földnek delejes ereje a delejes délkörben fogva tartja; ezen erőt le kell az áramnak küzdenie, hogy az egyes delejtűt megmozdíthassa.

---

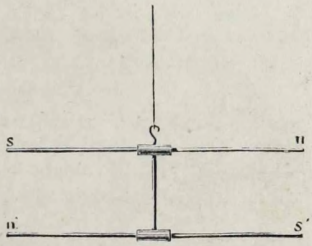
* A hővillanyosság felfedezését Thomas Seebeck berlini tanárnak köszönjük. Az első hővillanyoszlopot Nobili szerkesztette, Melloni tette azonban e készüléket oly fontossá, hogy a sugárzó hőt illető vizsgálatoknál valamennyi más készüléket kiszorított. E czélra jövőre is fogjuk alkalmazni.

A gyönge áramok ezt nem birják megtenni elegendő erős mértékben; de hogy még is az ily gyönge áramok hatása is megérezhetőbbé tétessék, következő két segédeszközt alkalmaznak egyszerre:

először úgy tekergetik fel a huzalt, hogy többszörösen vegye körül a tűt. A tűnek szabadon kell lenghetnie a huzal tekerődvényein belül. Ily módon sokszorozva van az egyszerű áram hatása.

A második segédeszköznek a föld irányító ereje semlegesítésében kell állnia, de a nélkül, hogy csorbát ejtenénk a tű delejességén. Eleget teszünk e feladatnak, ha egy delejtű helyett kettőt használunk, mind a kettőt egy közös függélyes nyélre erősítjük és pedig úgy, hogy ellenkező sarkaik egymás fölött álljanak, hogy tehát az egyiknek déli sarka ugyanarra nézzen, melyre a másiknak éjszaki sarka néz. Ily kettős tűt ábrázol a 10-ik ábra.

A tűk egyikének az áramot vezető huzal tekerődvényein belül kell lennie, a másik azok felett leng szabadon, a közös nyél pedig a tekercsnek alkalmas résén van átbújtatva. Ha mind a két tű e tekercsen belül állana, akkor ugyanazon áram ellenkező irányban terelné el őket; de ha az egyik tű belül van elhelyezve, a másik pedig kívül; akkor ugyanaz az áram egy irányban mozgatja mind a kettőt.

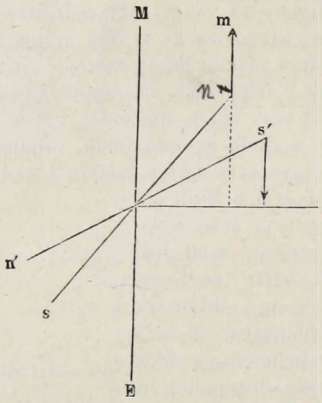


10-ik ábra.

Ily tűpárt következő módon állíthatunk elé: mind a két tűt a megtelésig delejesítjük s az után befüggesztjük valamely edénybe vagy üvegharangba, hogy a léghuzam ne bántsa. Valószínű, hogy a rendszer beállít a delejes délkörbe, mert az egyik tűnek, a legtöbb esetben, erősebb a delejessége a másikénál. Ekkor gyöngíteni kell az erősebbet valamely más, gyönge delejjel való óvatos érintés által. Ha a tűknek tökéletesen ugyanaz az erősségök, akkor a delejes délkörre merőleges állásba helyezkednek.

Azt kellene vélni, hogy az egyenlő erősség esetében tökéletesen meg van szüntetve a földnek irányító ereje, hogy a kettős tű teljesen astatikus és a föld irányításához közönyös, úgy hogy tehát csak a selyemszál — ilyenen függ — sodrásának kell engedelmeskednie. Csakugyan így állana a dolog, ha mind a két tű delejes tengelyét mathematikailag pontosan ugyanazon függőleges síkba sikerülne beállítani. Gyakorlatilag ez majdnem lehetetlen; a két tengely mindig keresztbe vágja egymást. Legyen *ns* az egyik, *n's'* a másik tűnek a tengelye, (11. ábra a tulsó oldalon) melyek e szerint vágják egymást; legyen a delejes délkör egyközü az *MN*-el; tegyük fel továbbá, hogy

a föld vonzóereje *nm* irányban húzza az *n* sarkot, a földnek taszító ereje ugyanakkor tökéletesen ellenkező irányban hajtván az s' sarkot. Ha *n'* és *s'* sarkoknak tökéletesen egyenlő az erősségök, akkor az *s'*-re beható



11-ik ábra.

erőnek, az emeltyű-hatás szempontjából, a felvett esetben előnyben kell lennie s ennél fogva az *n*-re ható erőt le kell győznie. Az egymást keresztbevágó tük ennek következtében még inkább eltávolodnának a delejes délkörtől s némi gondolkodás arra tanít bennünket, hogy csak akkor jöhetnek nyugalomba, ha az egymással képezett szöget felező vonal merőlegesen áll a delejes délkörre.

Ez a tűkre nézve delejességök tökéletes egyenlőségének a próbája; de míg a tűket ily tökéletes állapotba helyezhetjük, addig a delejes tengelyre vonatkozó ferde állásnak különböző fokait kell gyakran keresztül próbálnunk. Az egyik tűnek nagyobb erejét ezen esetekben kiegyenlíti a másik tűnek előnye, melyet mint emeltyű nyer a maga állása következtében. A szerencsés véletlen néha úgy hozza magával, hogy egyetlen érintéssel a delejhez a tökéletes egyenlőséget elérni sikerül, néha azonban megtörténik, hogy órák múlnak, mire e szerencsés eredményhez juthatunk. Magától értődik, hogy e teljes egyenlőség csak igen finom kísérleteknél szükséges, hanem ezeknél csakugyan nélkülözhetetlen.

Ha a tük tökéletes delejesítése már megtörtént, még akkor is vár egy további nehézség a természetvizsgálóra. E tűk a leggyöngébb

delejes behatás iránt is fogékonyak; a galvanométer tekerődvényeit alkotó rézhuzal pedig közönségesen parányi vasat is tartalmaz s ez elegendő, hogy az elékészített tűt a maga helyes állásából elterelje. Voltak huzalaim, melyek a tűt 30 fokra elterelték s Du Bois Reymond tanárnak az állati villanyosság vizsgálatára használt gyönyörű készülékeiben néha még tetemesebb volt az eltérés. Melloni is tapasztalta e nehézséget s — az aczéllal vagy vassal való minden érintkezés kikerülése czéljából — azt indítványozta, hogy a huzalok agát-lyukakon vezettessenek keresztül. A háborítást mindenkor a rézhuzal vastartalmának tulajdonították s azért azt is indítványozták, hogy huzalul réz helyett tiszta ezüst alkalmaztassék.

Magnus, berlini tanár nagyon fáradságos villanyvegybontási műveletekkel eléállított tiszta rezet, hogy megnyugtató módon folytathassa hővillanyosságbeli szép vizsgálatait. De a fémet nyolczszor kellett egymásután megömleszteni s csak az után lehetett huzalt vonni belőle. A huzaltekercseknek fennérintett tisztátalansága valóban oly háborító volt a készülékek pontosságára nézve, hogy a legnagyobb fáradság is jóra volt fordítva, ha e nagy baj elhárítása volt a czélja.

Az e pontra vonatkozó saját tapasztalataim tanulságosak. Megrendelésemre nehány év előtt szép készüléket készített számomra Sauerwald Berlinben. De a kettős tű teljes 30 fokra tért el a zérus pontjától akkor is, ha áram nem ment a huzalon keresztül. Pontos méréseket e készülékkel teljes lehetetlen volt tenni.

Kértemre Becker úr eltávolította a huzalt s angol huzallal pótolta; az eltérés három fokra szállott alá.

Ez ugyan nagy haladás volt, de czélom tekintetéből engem ki nem elégített. Tudakozódtam, vajjon lehetséges-e tiszta rézhez jutni; biztató választ azonban nem kaptam. Már majdnem kétségbe estem, midőn következő gondolat szülemlett meg agyamban:

A huzaltekercs hatását egyedül a rézbe kevert vasnak lehet tulajdonitani, mert a tiszta réz diamagnetikus, ilyet pedig az erős delej gyöngén t a s z i t j a. Magát a delejt használhatom tehát a vizsgálatra s azonnal felismerhetem, vajjon tiszta-e huzalom a delejes fémtől vagy sem?

A Sauerwald-féle huzalt erősen vonzotta a delej, a Becker-félét szintén, de sokkal csekélyebb mérvben.

Mind a két huzal zöld selyemmel volt körül fonva; a selymet eltávolitván, a berlini huzalt a delej még mindig vonzotta, de az angol huzalt gyöngén e l t a s z i t o t t a, midőn f ö d e t l e n ü l hozatott a közelébe. Ez utóbbi valóban diamagnetikus volt s kimutatható nyomokat a vasból nem tartalmazott. A hiba tehát a zöld selyemre háramlott, melynek föstésére valamiféle vastartalmú vegyületet alkalmaztak, s

nyilvánvaló, hogy ennek kellett tulajdonítani a tűnek a zéruspontól való eltérését.

Levétettem tehát a zöld selymet s fehér selyemmel vonattam be a huzalt; e munkát csak tiszta kézzel szabad tenni. Tökéletes galvanométer lett az eredmény. A tű pontosan a zéruspontra tér vissza, ha a villanyáramtól megszabadul, s a huzal részéről többé semmiféle delejes behatásokat sem szenved. Tényleg kezünkben volt az eszköz, melylyel a delejes huzal okozta akadálytól megszabadulhattunk, mi pedig agátlemezekre és más tudós segédeszközökre gondoltunk. Ha tehát jövőben delej segélyével keressük ki rézhuzalunkat, nem lesz nehéz fölfedeznünk, melyik ment a delejességtől.

II. FEJEZET.

A HŐ MIVOLTA. — AZ ANYAGI ELMÉLET. — A MOZGÁSI ELMÉLET. — A MOZGÓ LÉG HŐHATÁSAI. — HŐFEJLESZTÉS A DELEJ KÉT SARKA KÖZÖTTI FORGÓ MOZGÁS ÁLTAL. — RUMFORD, DAVY ÉS JOULE KISÉRLETEI. — A HŐ MECHANIKAI EGYENÉRTÉKE. — HŐFEJLESZTÉS A LÖVEVÉNYEK ÁLTAL. — A FÖLD MOZGÁSÁNAK MEGAKASZTÁSÁBÓL SZÁRMAZHATÓ HŐRŐL. — A NAP HEVÉNEK METEORI ELMÉLETE. — A LÁNGRÓL A MOZGÁSI ELMÉLETHEZ VALÓ VONATKOZÁSÁBAN.

FÜGGELÉK: KIVONATOK BACO ÉS RUMFORD MÜVEIBŐL.

17. Midőn e helyen múlt alkalommal összejöttünk, a mechanikai erő által eszközölt hőfejlesztést sok idevágó kisérlettel világositottuk fel. Az emberi szellemet azonban a puszta tények nem elégitik ki; vágyódunk megtudni a tények okait is s kutatjuk az elvet, melynek művelete a természeti tüneményeket alkotja. Miért keletkezik hő mechanikai munka által, s mi az igy keletkezett hatónak tulajdonképeni mivolta? Két elméletet állitottak fel e kérdések megoldására, az egyiket *anyagi elméletnek*, a másikat *mozgási* vagy *mechanikai elméletnek* nevezik. Az elsőnek — az anyagi elméletnek — hosszú ideig több volt a követője. Bizonyos határokon belül igen egyszerűek voltak felvételei, s ezen egyszerűség biztositotta számára az általános tetszést. Ezen anyagi elmélet az anyagnak bizonyos nemévé teszi a hőt, valami finom folyadékká (fluidummá), mely a testatómok közeiben fel van halmozva. A szorgalmas Gmelin például vegytani kézikönyvében következőleg határozza meg a hőt: „a hő azon anyag, mely ha testünkbe lép, a melegnek, s ha onnét kilép, a hidegnek érzetét

gerjeszti bennünk"; úgy is beszél a hőről, mintha az a testekkel vegyülne olyformán, mint a mérlegelhető anyagok vegyülnek egymással. Még más kiváló vegyészek is ugyane szempontból fogták fel e tárgyat.

18. A hőnek mechanikai eszközökkel való fejlesztése, főleg mivel határtalannak látszott, nagy nehézség volt a fentebbi elmélet követőinek. A kibúvót azon tényben keresték — e tényt alább bővebben fogom tárgyalni, — hogy a hőbefogadás ereje, ha ugyan szabad e kifejezéssel élnem, különböző testekben különböző mérvben van meg. Vegyünk például egy font vizet és egy font higanyt s melegítsük mind a két folyadékot, mondjuk, 50 fokról 60 fokra. Az absolut hőmennyiség, mely a víznek kell, hogy hőmérséke 10 fokkal emeltessék, 30-szor akkora mint a hő, melyet a higany veszen ugyane czélra igénybe. A műkifejezéssel élve, ezt igy mondjuk: a víznek hőfogható-sága (capacitása) nagyobb mint a higanyé. E szó „fogható-ság" egyuttal jelzi azok álláspontját, kik e szót használatba hozták. Föltették, hogy a víznek megvan a képessége, felszedni magába a caloricumot vagyis a hőanyagot s elnyelni belőle annyit, miként harminczszor annyi kell e hőanyagból, ha ugyanazt az észrevehető hatást akarjuk vele a vizen eléidézni, melyet a higanyon már a mértékegység eszközöl.

19. Minden anyagnak kisebb-nagyobb mérvben megvan e látszólagos képessége hőt magába takarithatni. Megvan ez többi között az ólomban is, s a nyomás által megmelegitett golyóra vonatkozó kisérletünket következőleg magyarázták az anyagi elmélet hivei. Az ólomnak, ezt mondták, mielőtt összenyomatnék, nagyobb hőfoghatósága van mint azután. Raktárai, melyek az atómok között vannak, a nyomás következtében kisebbek lesznek. Ez az oka, hogy az előbb elrejtett hőnek egy része napfényre jő; az összenyomott anyag ugyanis nem birja azt tovább is magába rejteni. Hasonló módon magyarázták a surlódásra és az ütésre vonatkozó kisérleteket. Hogy új hő létesithető, e gondolatot az anyagi elmélet hivei el nem fogadták. Nézetök szerint a

hő mennyisége épen oly változhatatlan, mint a mérlegelhető anyagoké, s a hőt illetőleg többet sem mechanikai, sem vegyi erők által elérni nem lehet, mint azt valahol összegyűjteni, vagy rejtekeiből a napvilágra hozni.

20. A mozgási, vagy mint néha nevezik, a mechanikai hőelmélet elveti azon fogalmat, mely szerint a hőt anyagnak kellene tekinteni. Ezen elmélet hívei nem anyagnak tekintik a hőt, hanem az anyag körülményének vagy állapotának, és pedig az anyagbeli elemi alkatrészek mozgásának. Bizonyos hőtüneményeknek közvetetlen megfigyelése ösztönszerűleg vezeti a gondolkodó szellemet annak gyanítására, hogy a hő a mozgás egyik neme. Baco * ebben a nézetben volt s Locke is hasonlót állított fel különösen szerencsés alakban. Locke ezeket mondja: „a hő valamely tárgy észrevehetetlen legkisebb részeinek igen élénk mozgása, mely azon érzést idézi bennünk elé, a melynél fogva mi ama tárgyat melegnek mondjuk. Az tehát, a mi az érzéki észrevételben mint hő tünik elé, magán a tárgyon csak mozgás". Rumfordnak az ágyúfúrás alkalmával tett kisérleteit már előbb említettem **. Rumford bebizonyította, hogy az ágyújából levágott forgácsok hőfoghatósága nem változott, összeszedte azonfelül és megmérlegelte a fém súrolásánál képződött törmelékeket és portömegeket, s azután pedig azt kérdezte: hihető-e hogy az a roppant hőmennyiség, mely fejlődött, csupán e fémrészecskékből sajtolódott ki. Az ily nézet követőinek bátran mondhatta volna: „resteltétek megvizsgálni, hogy hozott-e létre a surlódás valamely változást a fém hőfoghatóságában. Serények vagytok ugyan az érvek kigondolásában, midőn az általatok felállított elmélet fennállása forog kérdés-

* Lásd az e fejezethez tartozó függeléket.

** Örömmel figyelmeztetem az olvasót Rumford gróf értekezésének kivonatára, mely a dörzsölés által eszközölt hőfejlesztésről szól. A kivonat e fejezet függelékében található. Ezen értekezésében Rumford megdönti az anyagi elmélete'. Nevezetesebbet e tárgyról az óta sem igen irtak.

ben, de lassúk, midőn azt kellene megvizsgálni, nem saját agyvelőtök finomul szőtt képzeletei-e ezen érvek?“ Elméleteket nem nélkülözhetünk; néha azonban úgy hatnak ezek a szellemre, mint a kábító szerek. Megszokják az emberek, mint a pálinkával való élést s izgatottak és kedvetlenek lesznek, ha phantasiájok izgató szerét tőlük elvonják.

21. Teljes jelentőségében lép fel e helyütt Sir H. Davynek * egyik kisérlete. A jég szilárd viz; hőfoghatósága szilárd állapotban csak félakkora mint a folyékony vizé. Ugyanaz a hőmennyiség, mely egy font jégnek a hőmérsékét tiz fokkal képes emelni, egy font viznek a hőmérsékét csak öt fokkal emelheti. Igen nagy hőmennyiség szükséges továbbá ahhoz, hogy a jég csak folyékonynyá tétessék, s e közben e hő oly teljesen elnyelődik, vagy elrejtőzik, hogy többé épen nem hat a hőmérőre. A „rejtett hő“ kérdését taglalni fogjuk a maga helyén és idején, most csak azt akarnám jól emlékezetökbe vésni, hogy a folyékony viznek a fagyponton sokkal nagyobb a hőtartalma, mint a fagyponton levő jégé.

22. Davy így okoskodott **: „midőn a jeget dörzsöléssel folyékonynyá teszem, oly anyagot kapok, melynek absolut hőtartalma a jég hőtartalmánál sokkal jelentékenyebb, s ez esetben nem lehet észszerüen azt állitani, hogy nem miveltem egyebet, mint hogy észrevehetővé tettem a megfagyott tömegben elébb elrejtett höt. A jég folyékonyodása ez esetben véglegesen be fogja bizonyitani a hő képződését“.

Megtette a kisérletet; a jeget megolvasztotta csupán dörzsölés által; s ezen eredmény úgy tekinthető, mint az első tény, mely kétségtelenül bebizonyitotta a hőnek anyagtalanságát.

23. Midőn a pőröly harangra üt, mozgása ugyan megakasztódik, de ereje meg nem semmisül; — rezgéssé forgá-

---

* Works of Sir. H. Davy, vol. II, pag. 11.

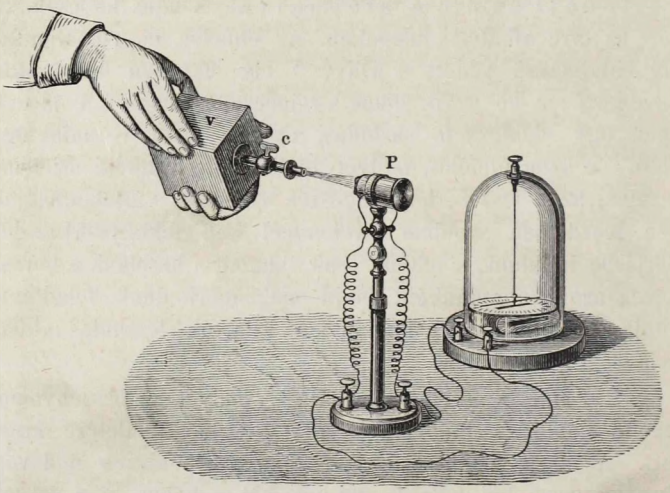
** Ugyanott.

csolódik: e rezgés közlődik a levegővel s mint hang nyilatkozik a hallás idegein. Ugyanaz történt, midőn a kovácspőröly ólomgolyónkra esett; a pőrölynek lefelé való mozgása megakasztódott ugyan, de nem semmisült meg. A mozgás közlődött az ólom atómjaival s mint hő nyilatkozott az erre alkalmas idegeken. Az elmélet, melyet Rumford oly hatalmasan védett s Davy * oly ügyesen támogatott, következő: a hő egyik neme a tömecsmozgásnak s e mozgás épen úgy eléidézhető surlódás, nyomás, ütés, — mint égés által. Ez azon elmélet, melyet önök előtt kifejteni czélomúl tűztem; azon leszek, hogy egészen világossá váljék elméjökben. Kezdetben azonban türelemmel kell felfegyverkezniök. Sürjésbe indulunk s eleinte csak találomra hatolunk a haraszt közé; azonban apránként majd megismerkedünk feladatunk általános jellemével s ha kellően kitartók leszünk, minden nehézséget legyőzünk.

24. Már látták önök a hatást, melyet az összenyomott levegő eléidézett, midőn a hővillany-oszlop felületére áramlott. Az áram meghütötte az oszlopot. De hiszen a levegő összenyomása hőt fejleszt; mi lett hát a hőből, — s ezt már többen kérdezték tőlem — mely az említett kisérletnél az összenyomott levegőben fejlődött. Tessék figyelni válaszomra. Feltéve, hogy az edény oly anyagból volna, mely a hőre nézve tökéletesen áthatlan; és feltéve, hogy az összes hő, melyet karom akkor fejlesztett, midőn a levegőt összenyomta, teljesen megmaradna az edényben: úgy ez a hőmennyiség épen elegendő volna arra, hogy tett munkámat ismét tétetlenné változ-

* Első tudományos értekezésében Davy taszító mozgásnak nevezi a hőt. „E mozgás — így mondja — különféle módon növelhető. Először is a mechanikai mozgásnak taszító mozgássá való átalakítása, azaz súrlódás és ütés által. Ez esetben a tömeg által veszített mechanikai mozgás az atómok által nyert taszító mozgássá lesz". Nagyon megjegyzésre méltó hely. — Ezen iratnak némely más kivonatai a III. fejezethez tartozó függelékben olvashatók.

tassa és a levegőt visszavezesse eredeti térfogatára és hőmérsékére. Ez az edény azonban a hőre nézve nem áthatlan s nem is volt szándékom a karom által fejlesztett hőt értékesiteni; békét hagytam tehát a sürített levegővel megtöltött



12-ik ábra.

edénynek mindaddig, mig az összenyomás által keletkezett összes hő szét nem szóródott s egyforma hőmérsék nem állott be az edényen belül és kivül. Ebből láthatják, hogy midőn a levegő kiözönlött, a nyomás által létesitett hő már nem állott rendelkezésére, az a hő pedig, mely rugalmassági erőt kölcsönzött neki, csak arra volt elegendő, hogy megtartsa benne a küllevegő hőmérsékét. Mialatt a levegő munkát végzett, épen e hőből fogyasztott el annyit, mennyi a véghez vitt munkával egyenértékü volt. A kiáramló levegő ennek következtében meghült. Ne csüggedjenek, ha e következtetés önök előtt még nem egészen világos. Most még jóformán homályban vagyunk, de a mint előre haladunk, a világosság lassanként elé fog törni s a mostani sötétséget utólagosan fogja szétoszlatni".

25. Azt szeretném most önöknek bebizonyitani, hogy a levegő összenyomása által hőt fejlesztünk. Erős üveghengert látnak itt (*TU*), mely belől egyforma kerekre és igen simára van fúrva. A dugattyú légáthatlanúl illik belé; ha tehát lefelé hajtom e dugattyút, ez által hatalmasan összenyomom az alatta levő levegőt, s a mily rögtön összeszoritom a levegőt, ép oly rögtön hő keletkezik. Bizonyitsuk be. E darabka gyapot gyulékony folyadékba — szénkénegbe — van áztatva. A megáztatott gyapotot bedobom a hengerbe, s aztán rögtön kidobom belőle. Egy kevés pára a szénkénegből mégis benn marad. Rögtön összenyomom most a levegőt, ime fényvillanást látnak a henger belsejében. A nyomás által keletkezett hő elegendő volt, hogy a párát meggyujtsa. De nem is kell a gyapotot eltávolitani: újra bedobom a hengerbe, a dugattyút befelé hajtom, s mint az imént, most is látják a villanást. Ha az égés folytán keletkezett gőzöket minden kisérlet után keskeny üvegcső segélyével kifúvom a hengerből, a kisérletet ismételhetem s a felvillanást eléidézhetem húszszor is egymásután, a nélkül hogy a gyapotot ki kellene vennem.

13. ábra.

26. Az összenyomott levegő kiáramlásának hütő hatása a villany-oszlopon már be lett önöknek mutatva. Még egy kisérletet készitettem elé, mely más példáját fogja adni azon hőhatásoknak, melyek a levegőben jőnek létre, és pedig magának a levegőnek mechanikai hatása következtében. E mindkét végén zárt öncső egy légszivattyúval közlekedik. Az öncsőben most levegő van s gömbölyű külfelületével a hővillanyoszlop egyik lapjához támaszkodik. A galvanométer azt mutatja, hogy a cső megmelegitette a lapot. Erre el voltam készülve, mert tudtam, hogy a csőben lévő levegő melegebb a küllevegőnél. A jelen kisérletben a csőbeli levegővel munkát hajtatunk végre, s aztán megvizsgáljuk a cső hőállapotát. A szivattyút működésbe hozzuk; hengerei kiürittetnek s

az öncsőben levő levegőt saját rugalmassági ereje a kiüritett hengerekbe hajtja. Majd meglátják, hogy a delejtű, mely most a meleg miatt meglehetős elhajlást mutat, azon mérvben a mint a csövet kiszivattyúzzuk, elébb a zéruspontra tér vissza s az után 90 foknyi iven végig halad a hideg irányában. A szivattyú működik, figyeljenek a hatásra; a tű, mint előre mondtam, visszatér s a hideget jelző irányban halad, mig a felállitott akadályokba nem ütődik.

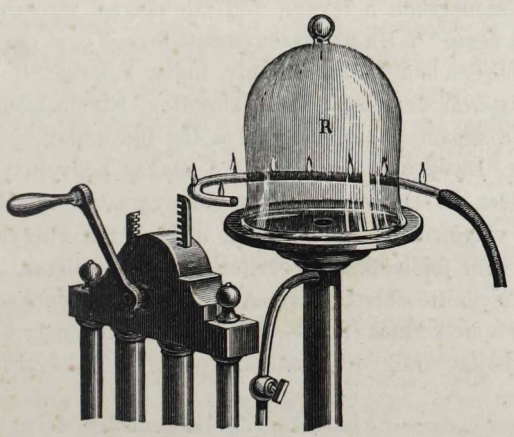
27. Három szivattyúhúzás annyira meghűti a csövet, hogy a tű 90 fokra repül *. Hadd jöjjön nyugalomba. Sok időnkbe kerülne, ha azt akarnók bevárni, hogy a cső ismét a terem hőmérsékét érje el. A tű most már meglehetősen nyugodt, habár még mindig erősen hajlik a hideget jelző oldal felé. Ha e csapot felnyitom, a levegő berohan s mindegyik atómja, mintha belövetett volna, a cső belső falaiba ütődik. Az atómok mechanikai mozgása megsemmisül, de e mozgás helyett a neki megfelelő hőmennyiség jő létre. E hő elegendő, hogy a csövet újra megmelegitse, a jelen elhajlást megszüntesse s a tűt a zéruspont másik oldalára hajtsa. A levegő most már beözönlik; nézzék a hatást, a delejtű mozog s 90 fokig halad a meleget jelző irányban **.

---

* Az e kisérletnél alkalmazott galvanométer ugyanaz a szerfelett érzékeny készülék volt, melyet a magam vizsgálataiban használtam. A fennebbi kisérletek alkalmával színlapját villanyos fénynyel világitottam meg, s az igy kapott 2 láb átmérőjü képet egy ernyőre vetettem.

** E kisérletnél a cső felülete csak egy vonal hosszában érintkezett az oszlop felületével, s a hő kénytelen volt a fémhüvelyen áthatolni, hogy a készülékhez juthasson. Mielőtt e berendezésre határoztam el magamat, a cső át volt fúrva és a hővillanyoszlop légáthatlanúl beléforrasztva úgy, hogy az oszlop felülete a cső belsejébe nyúlt. Ily módon az oszlop közvetetlen érintkezésben állott a levegővel s egész lapja ki volt téve a hatásnak. Az ilymódon nyert hatások igen erősek voltak, mivel azonban oda törekszem, hogy a tárgy mennél egyszerübb kezelésben részesüljön, felhagytam az oszlop beforrasztásával, s a hallgatók által már ismert készüléket használtam. E berendezés mellett is

28. Egy érdekes tényre kell most önöket figyelmesekké tennem, mely összefüggésben van a légnek gyérítés által eszközölt hűlésével. Nagy üvegharangot teszek a légszivattyú tányérjára. A harang levegője azonos a szoba levegőjével s mint minden, mesterségesen ki nem szárított, levegő sok vízpárát tart magában. E párák, mint ilyenek, egészen láthatatlanok, s hogy ezen állapotukban megmaradhassanak, bizonyos hőmérsékre van szükségök. Ha pedig a levegő lehűl e hőmérsék alá, a párák azonnal megsürűdnek s látható felleget képeznek. Ily felleg — emlékeznek, hogy az nem *párákból*, hanem finomul szétoszlott *híg vízből* áll — fog keletkezni az *R* üvegharang alatt, miután a levegőt belőle



14-ik ábra.

kiszivattyúztuk. Hogy a hatást mindnyájoknak láthatóvá tegyem, azok számára, a kik jobb- és baloldalomon s velem szemközt vannak, nyolcz gázlámpát helyeztem el félkörben a harang mögé. Egy vagy több ily lámpát mindegyikök láthat a harangon keresztül, s a lángok homályosodása azonnal fogja

oly jó eredményeket nyertem, hogy a rendelkezésemre álló készülékek hatásképességét csak részben kellett igénybe vennem.

jelezni a felleg képződését. A szivattyú most gyorsan jár s ime nehány húzás elegendő, hogy a párák lecsapódjanak. Megtöltik az egész üvegharangot, s mialatt a fény keresztül süt a fellegen, nehányan láthatják ez utóbbi színeződését is. E színes tünemény hasonló ahhoz, melyet nagyobb mérvben néha a hold körül vehetünk észre. Ha megengedem, hogy a levegő ismét a harangba tóduljon, akkor a lég megmelegszik épen úgy, mint az óncsővel tett kisérletünkben. Ime a felleg eltünik s a harangban ismét helyre van állítva a levegő tökéletes átlátszósága *.

29. Sir Humphry Davy a „Chemical Philosophy"-jében egy gépről szól, mely Magyarországban Selmeczbányán van felállítva s melyben a levegő 260 láb magas vízoszlop által nyomatik össze **. Ha az összenyomott levegő egy csap kinyitása következtében kiözönlött, oly hideg keletkezett, hogy a levegő vízpárái nem csak vízzé sürüdtek, hanem lehulló hóvá fagytak, a csövet pedig, melyből a lég kiáramlott, jégcsapok borították. Davy aztán így ir: „A magas hegyeken történő hóképződést dr. Darwin elmésen magyarázta, tulajdonítván azt azon vízgőzök lecsapódásának, melyeket a völgyekből és a síkságokról felemelkedő gyéritett levegő tartalmaz. A majdnem az egyenlítő felett fekvő Andesek forró homoksivatagok közepette emelkednek fel, — félmagasságukon még kellemes, szelíd éghajlat uralkodik, csúcsaik pedig örök hóval födvék."

---

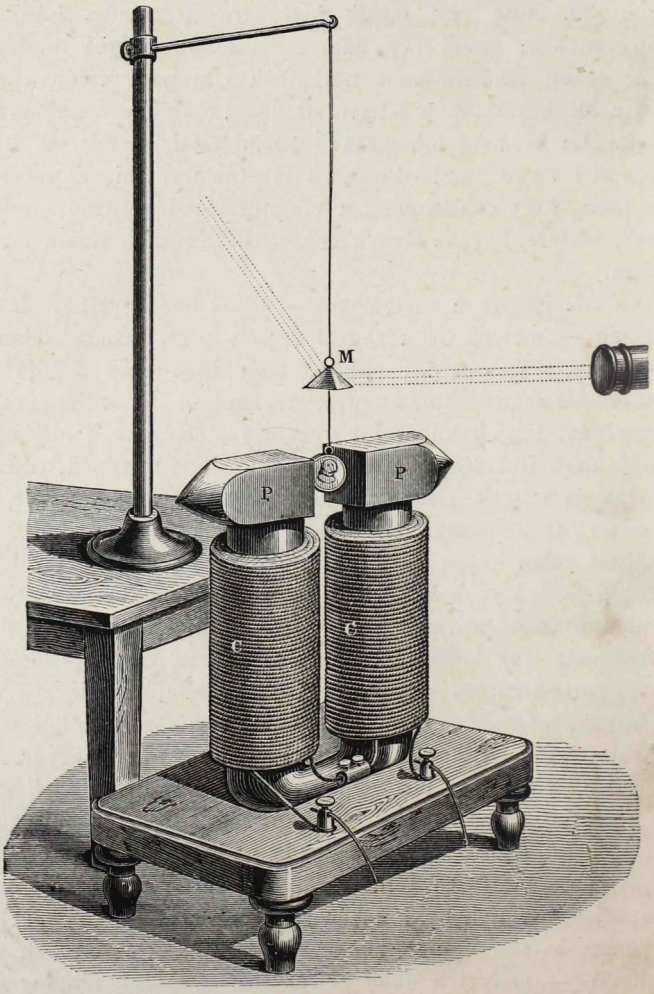
* Ennek megmutatására később sokkal szebb módszert követtem. A villanylámpa kamarájáról eltávolítottam a lencsét, minek következtében a széncsúcsoktól eredő fénysugarak széthajló irányban haladtak. Hogy a széthajló sugarak kúpját összehajló sugarak kúpjává változtassam, elül alkalmaztam egy síkdomború lencsét, s a súgárkúpot a harangon keresztül vezettem. Fénye nem volt észrevehető, nehány szivattyúhúzás azonban eléidézte a lecsapódást s a fénysugaraknak a légüres téren keresztül menő útja szilárd fehér rudacshoz hasonlított. A fény a harangon keresztül fehér ernyőre esett, melyen a hajlított fénybeli színek gyönyörüen láthatókká lettek, mihelyt a felleget a szivattyúzás eléidézte.

** Lásd e mű végén a magyar fordításhoz készített függeléket.

30. Most egy másik kisérletre szeretném irányitani figyelmöket; ennél oly ható fejleszt hőt, melyet önök közül sokan titokszerűnek nézhetnek s melyről valóban azok is, a kik közöttünk a legavatottabbak, csak igen keveset tudnak. Hőt kivánok fejleszteni olyasmi által, a mit az üres térrel való surlódásnak lehetne nevezni. Egyik neme ez talán, vagy valószinűleg, a világtér közegével való surlódásnak, melyre, bővebb tárgyalás czéljából, később vissza fogunk térni.

31. Látják e vastömeget — óriási horgonylánczнak egy szeme — melyet *CC* rézhuzal veszen körül számos tekerődvényben, s melyet egy pillanat alatt igen erős delejjé változtathatunk az által, hogy a rézhuzalon át villanyáramot vezetünk. Látják mily erőt nyer a vastömeg ezen gerjesztésmód által. Hozzátapad e fogó s a fogóhoz reszelők, vascsavarok és szögek. Ha lefelé fordittatnék, e delej mindegyik sarkán ötven fontnyi terhet s az ebbe kapaszkodott tiz oly embert volna képes megtartani, kik az e teremben levők között a legnehezebbek. Adott jelre segédem megszakitja a villanyáramot; a vas lehull, s megszünik a bűvészet. A delej most már csak közönséges vas. Két darab vasat — mozgatható sarkoknak nevezik — fektetek a delej végeire; e vasdarabok, míg a delej nem működik, tetszésszerinti kölcsönös távolságba helyezhetők, de mihelyt villanyáram megyen át a huzalon, a delejhez tartozókká lesznek. Oly anyagot helyezek e kettő közé, melyet a delej akkor sem képes vonzani, midőn ereje a tetőpontra hág. Ez anyag nem egyéb, mint egy darabka ezüst, egy ezüstérem. Tőszomszédságába teszem azt a felgerjesztett delejnek, s vonzás mégsem mutatkozik. Azon gyönge hatás — oly gyönge, hogy e kisérletnél épen nem látható, — melyet a delej az ezüstre gyakorol, tényleg nem vonzó, hanem taszító természetű.

32. A delej két sarka, *PP* közé függesztvén az érmet, a huzalba villanyáramot bocsátok. Az érem nyugodtan függ, nem vonzatik s nem taszittatik, de ha mozgatni akarom,



15-ik ábra.

ellenállást érzek. Ezt az ellenállást le kell küzdenem, hogy az érmet megfordíthassam; úgy mozog, mintha nyúlós folyadék venné körül. E sajátságos hatást következő módon is

nyilvánossá lehet tenni. Itt van egy derékszögű rézlemez; ha ezt a feléje fordított sarkcsúcsok között, fűrész módjára, gyorsan ide-oda mozgatom, úgylátszik, ámbár semmit sem láthatunk köztök, mintha sajt- vagy vajféle tömeget fűrészelnék *. Ilyesmi épen nem vehető észre, ha a delej tevéketlen; a rézfűrész, a levegőnek végtelen gyönge ellenállásán kivül, más ellenállásra nem talál.

33. Állításaimat eddig szavamra voltak kénytelenek elfogadni; elékészítettem azonban egy kisérletet, mely döntő bizonyitékát fogja adni azon sajátságos hatásnak, melyet a delej az ezüstéremre gyakorol. Az érem felett kis (*M*) gúla függ; darab huzal köti a kettőt össze. A gúla négy darab, háromszögalakú tükörüvegből van összeállítva, hogy a fénysugarakat visszaverje. A gúla sodrott szálon függ az éremmel együtt. E szál azonnal visszasodródik, mihelyt megszabadul a tehertől, melyet tart. Egy villanylámpát úgy állítok fel, hogy erős fénysugár essék a kis gúlára. Látják, hogy a mint a tükör forog, a visszavert fény hosszú sugarai a teremnek porral telt levegőjén miként haladnak keresztül.

34. Engedjük, hogy a forgás lassan kezdődjék. Most a sugár átszeli a szobát, és a falat találja. Midőn a tükör forgásnak indul, a fénysáv is mozog, elébb lassan a terem padlásán és falain. De a forgás gyorsul, s most már meg nem különböztethetik az egyes fénysávokat, hanem pompás világító szalagot látnak helyettök, húsz lábnyi átmérővel, melyet a visszavert sugarak, gyors forgásuk folytán, a fal hosszában képeznek. Adott jelre hatóvá tétetik a delej, s az érem forgása azonnal megakad. Látják a hatást; a forgó érem a delej behatása alatt egyszerre megáll, mintha villám csapott volna belé. A világító szalag rögtön eltünik, s a falon ismét láthatják az egyes fénysávot. E sajátságos mechanikai hatás beáll a nélkül, hogy a sarkok közötti térben bármily látható vál-

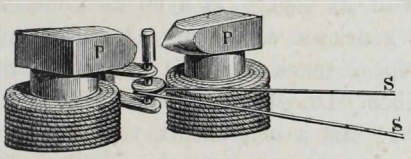
* Ez Faraday kisérlete. Ugyan ő volt az első, a ki delej által a keringő koczka mozgását feltartóztatta.

tozás történt volna. Vegyék most tekintetbe a fénysávnak a falon való lassú mozgását. A szál feszültsége, mely e mozgást eléidézi, láthatatlan ellenséggel küzd. Olyan e mozgás, mintha az érem, a helyett hogy levegő venné körül, szörppel telt edénybe mártatott volna. Megszüntetem a delejes erőt, s azonnal eltűnik a sarkok közötti térnek nyúlós folyadékféle jellege; az érem ismét forog, mint elébb; itt vannak megint a visszavert sugarak, itt a világító szalag. Újra felgerjesztem a delejt; a sugarak mozdulatlanok, a szalag eltűnik.

35. Kezem erejével leküzdhetem ez ellenállást, s az érmet forgathatom; de hogy forgathassam, erőt kell kifejtenem. Mi lesz ezen erőből? hővé alakul. Az érem, ha erőszakkal kényszerítjük a forgásra, megmelegszik. Önök közül bizonyosan sokan ismerik Faradaynek azon nagy felfedezését, hogy, ha valamely delej sarkai között jó villanyvezető mozog, villanyáramok gerjednek. Ily villanyáramok itt is keletkeznek, s ezek elegendők, hogy az érmet megmelegítsék. De *mik* ezek az áramok? Mily vonatkozásban állanak a delejsarkok közötti térhez s a gerjesztésükre fordított izomerőhöz? Még most nem tudjuk, de lassan-lassan meg fogjuk tudni. Nem kevésbbé érdekessé teszi e kisérletet az is, hogy karomnak ereje, mielőtt mint hő tünnék elé, más alakban és pedig a villanyosságában jelenik meg. Az eredmény ugyanaz marad: a végül kifejtett hő tökéletes egyenértéke azon erőnek, mely az éremnek a felgerjesztett delejes térben való forgatására fordíttatott.

36. Most azon leszek, hogy a jelenlevőknek megmutassam az ekként eszközölt hőfejlesztést. Itt van egy tömör fémhenger; belső magva oly fémből való, mely könnyebben olvad, mint a külső hüvelye. A hüvely réz; a mag kemény, de könnyen megömlő ötvény. A hengert úgy helyezem el a delejnek kúpalakú *PP* sarkai közé, hogy felfelé álljon; e mellett még *ss* zsinór által egy esztergával függ össze s gyors forgásba jő, ha az esztergát megindítom. Nem gerjesztett delejnek sarkai között itéletnapig is forogthatna, a kivánt

eredmény még sem jöne létre; de ha a delejt tevékenynyé teszszük, oly fokú hő fog fejlődni, mely elegendő, hogy a henger beltartalmát megömleszsze; s ha a kisérlet sikerül,



16-ik ábra.

szemök láttára kiöntöm a megömlött fémet. Két percz elegendő. A henger forog, felső vége födetlen; úgy hagyom, mig a megömlött fém a sarkok fölé nem kezd frecsegni. Alig mult el egy percz a kisérlet kezdete óta, s már látom a fém-permetezést. Pillanatra megállitom a forgást, hogy a henger felső végét bedugaszolhassam s megakadályozzam a fém elszóródását. Meg vagyok róla győződve, hogy ha előbbi eljárásunkat még fél perczig folytatjuk, az egész mag megömlik. Most már felveszem a hengert, a dugaszt eltávolitom s önök előtt kiöntöm a megömlött ötvényt. *

37. Ideje már, hogy az eddiginél mélyebben fontolóra vegyük: mily viszony létezik a mechanikai munka által fejlesztett hő és az erő között, mely ama hőt létesitette. Mielőtt e viszony szabatos kifejezést nyert s tények által bebizonyittatott volna, határozatlan képzete bizonyosan már nem egy szellem előtt lebegett. Már a hires Montgolfier foglalkozott a hő és a mechanikai munka egyenértékűségének gondolatával, s eszméjét unokája, Séguin fejtette ki tovább, az 1839-ben nyomatott, „a vasutak befolyása“ czimű művében. A ki az életfolyamatokról, a táplálékban foglalt erőnek

* Dr. Joule volt az első, a ki hőt fejlesztett az által, hogy jó villanyvezetőt delej sarkai között mozgatott (Philosoph. Magazin vol. XXIII, 3 Series. 1843, pp. 355 és 439). Igen meglepő alakot adott később e kisérletnek Foucault. A fennleirt fogás, t. i. a henger beltartalmának megömlesztése, nyilvános eléadásokra igen alkalmas.

az izomerőhöz való viszonyáról, az állati testben eléjövő változásokról gondolkozik, önmagától jő az ezen erők kölcsönös összefüggésének gondolatára. Nem csoda tehát, hogy egy orvos volt az első, a ki a hő és a mechanikai munka egyenértékűségének s általában a természeterők kölcsönös átalakulási képességének fogalmát bölcsészeti tisztaságig fejtette ki lelkében. Dr. Mayer, heilbronni orvos jelentette ki 1842-ik évben * azt a megszabott viszonyt, mely a hő és a munka között van. Ő számította ki először a „hőnek mechanikai egyenértékét", s mint annak idején látni fogjuk, a felállított elvet bátran nyomozta a legvégsőbb consequentiákig. Mayer sejtelmeinek azonban kisérlet által kellett előbb igazoltatniok, s dr. Joulet — Manchesterben — illeti az érdem hogy ezen elmélet igaz voltának első döntő bizonyitékát szolgáltatta**. Mayertől egészen függetlenül, s el nem csüggedve azon közönyösség miatt, melylyel — mint látszik — első munkáit fogadták: éveken át, kitartón folytatta kisérleteit, hogy bebizonyitsa a hő és a közönséges mechanikai munka között levő viszonynak változatlanságát. Vizet öntött alkalmas edénybe s a vizet lapátos kerekek által mozgatván, meghatározta úgy a víz mozgása folytán létre jött hőmennyiséget, mint pedig az e hőnek kifejtésére fordított munka mennyiségét. Ismé-

---

* Liebig's Annalen XLII kötet, p. 233. Phil. Mag. Ser. 4, vol. XXIV, p. 371 és kivonata Phil. Mag. vol. XXV p. 378. Wheatstone úrnak köszönöm, hogy G. Rebensteinnak sajátságos és ritka értekezéséről tudomásom van. Ezen értekezés címe: „Korunk haladása". Hőfejlesztés tüzelő anyag nélkül, vagy physikai és mathematikai bizonyitásokra fektetett leirása oly eljárásnak, mely szerint hőt a levegőből lehet meriteni és nagy mérvben összpontositani. Legolcsóbb helyettesitője a tüzelőanyagnak valamennyi esetben, a hol tüzelésre van szükség". Rebenstein Dulong kisérleteiből vezeti le a hőnek azon mennyiségét, mely valamely gáz összenyomásánál fejlődik. A dynamikai elméletnek nyoma sincs ez iratban. Rebensteinnál anyag (Wärmestoff) a hő, mely a levegőből kisajtolható úgy, mint szivacsból a víz.

** Phil. Mag. 1863. Aug. Joule úrnak a hő mechanikai egyenértékére vonatkozó kisérletei 1843-tól 1849-ig terjednek.

telte a kisérletet higanynyal és bálnaolajjal. Öntöttvas-korongokat dörzsölt egymáshoz; s megmérte a surlódás által keletkezett hőt s a surlódás leküzdésére alkalmazott erőt. Vizet hajtott hajcsöveken keresztül; s meghatározta a hőmennyiséget, mely a folyadék és a cső falai közötti surlódás következtében létrejött. Kisérleteinek eredményei legcsekélyebb kétkedést sem engednek a felett, hogy az erőnek ugyanazon mennyisége által kifejtett hőmennyiség, minden körülmények között, megszabott és változhatatlan. Az erőnek egy bizonyos adott mennyisége tökéletesen ugyanazt a hőmennyiséget hozta létre, akár arra fordittatott, hogy egymáshoz dörzsölődő vaskorongokat forgasson, akár arra, hogy vizet, higanyt, vagy bálnaolajat mozgasson. Természetes, hogy egy-egy kisérlet befejeztével a hőmérsék igen különböző volt minden egyes esetben. A viz hőmérséke például csak $^1/_{30}$-részét képezte a higany hőmérsékének, mert a viz hőfoghatósága, mint már tudjuk, harminczszor akkora, mint a higanyé. Tekintetbe is vette Joule e tényt a kisérleteivel összefüggő számitásoknál, s mint már emlitettem, azt találta, hogy az *absolut hőmennyiség*, mely keletkezett, ugyanazon erőfogyasztás mellett valamennyi esetben ugyanaz volt, habár a használt anyagok különböző hőfoghatósága következtében a hőmérséki különbségek nagyok voltak.

38. E módon bebizonyittatott, hogy az a hőmennyiség, mely egy font viz hőmérsékének egy Fahrenheit-féle fokkal való emelésére megkivántatik, egyenlő azon hőmennyiséggel, mely úgy keletkeznék, ha egy font súlyú test 772 lábnyi magasságról a földre esnék. Viszont pedig az a hőmennyiség, mely egy font viznek a hőmérsékét egy fokkal emeli, mechanikailag alkalmaztatván, képes volna egy fontot 772 lábnyi, vagy 772 fontot egy lábnyi magasságra fölemelni. E kifejezés „lábfont“ a végett hozatott használatba, hogy kényelmesen meg lehessen jelölni egy fontnak egy lábnyi magasságra való emelését. Ha tehát az egy font viz hőmérsékének egy Fahrenheit-féle fokkal való emelésére szük-

séges hőt veszsszük mértékegységül, akkor a 772 lábfont az, mit a hő mechanikai egyenértékének* nevezünk. Celsius-féle fokokban fejezvén ki a hőmérséket, az egyenérték 1390 lábfont **.

39. Hogy a magasról leeső test hőhatását emlékezetükbe véssem, egy ólomgolyót bocsáttatok le e szoba padlásáról a padlóra. Az ólomgolyó e pillanatban kissé hidegebb, mint a szoba levegője; bebizonyítom ezt, ha a golyót hővillany-oszlopunkhoz érintem. A delejtű elhajlása hideget jelez. Egy vaslemez, mely szinte hidegebb, mint az e helyiségben lévő levegő, úgy lesz a padlón elhelyezve, hogy a golyó reá essék. Egyik segédem a felső emeleten van, a ki a golyót, miután azt e zsinórhoz csatoltam, felhúzza; e mellett nem

---

* Lásd e mű végén a magyar fordításhoz készített függeléket.

** A kopenhágai királyi társulatnak, 1843-ik évben, Colding nevű dán természetvizsgáló következő czímű értekezést nyujtott be: „Tételek az erőről". Colding már akkor azon volt, hogy kiszámítsa a különféle fémeknek egymáshoz és más anyagokhoz való súrlódása által kifejtett hőmennyiséget és a kifejtésére elfogyasztott mechanikai munkának a mennyiségét. A vizsgálatairól szóló jelentésében (Phil. Mag. vol. XXVII, pag. 56), 200 kisérleteinek eredményeképen azt mondja, hogy a nyert hő mindenkor viszonyban állott a mechanikai munkához. Colding úr azt találta, hogy azon hőmennyiség, mely egy font víz hőmérsékét 1 Celsiusféle fokkal képes emelni, egy fontot 1148 lábnyi magasságra emelhet és pedig függetlenül azon anyagtól, mely által a hő kifejtetett. Nagyon megjegyzésre méltó eredmény. Colding következő alapelvekből indul ki: „a természeterők szellemi, anyagtalan lények, melyeknek jelenlétéről csak a természet felett gyakorolt uralmuk által nyerünk tudomást. Mint ily lények felette állanak a természet minden anyagi dolgainak; nyilvánvaló lévén, hogy a bölcseség, melyet a természetben észlelünk és csodálunk, csak ezen erők által nyer kifejezést, látnivaló az is, hogy ezen erők vonatkozásban állanak azon szellemi, nemtesti és intellectualis hatalomhoz, mely a természetet haladásában vezérli. Ha ez áll, akkor ezen erők nem halandók és nem mulandók. Ez oknál fogva egyáltalán nem-mulandónak kell ezen erőket tekintenünk". Colding úr esete mutatja, mint válhat oly szemlélődés is, mely épen nem physikai, nevezetes physikai eredmények eszközlőjévé, ha kisérletezésre indít.

fogja érinteni s nem is fogja engedni, hogy valamely tárgyhoz ütődjék. Most lebocsátotta; esik s a vaslemez felfogja. E magasság azonban sokkal csekélyebb, semhogy sok hőt létesithetne az arról való leesés; felhuzatjuk s lebocsáttatjuk tehát a golyót még háromszor vagy négyszer. Most már négyszer esett, újra viszem tehát az oszlophoz, s az e pillanatban bekövetkezett elhajlás mutatja, hogy az előbb hideg fém megmelegedett. E hőt egyedül azon mozgási erély megsemmisülésének köszönhetjük, melylyel a golyó akkor birt, midőn a vaslemezbe ütközött. Elméletünknek megfelelőleg: itt azon mechanikai mozgás, mely a golyóra, mint tömegre volt előbb ruházva, most a tömeg atómjainak adatott át s azokat olynemű mozgalomba hozta, melyet mi hőnek nevezünk.

40. Könnyen kiszámithatjuk az e kisérlet közben keletkezett hő mennyiségét. 26 lábat teszen a tér, melyet a golyó, minden egyes kisérletnél, esése közben átszelt; a létesitett hő pedig arányos azon magassággal, melyről a test esik. Oly ólomgolyó, mely 772 lábnyi magasságról leesnék, annyi hőt fejlesztene, a mennyi elegendő volna arra, hogy hőmérséke 30 Fahrenheit-féle fokkal emeltessék; mert az ólom hőfoghatósága $^1/_{30}$-ad része a víz hőfoghatóságának. A kisérletünknél keletkezett hőnek tehát, ha az ólomban maradna összpontositva, golyónkat, midőn ez 26 lábnyi magasságról leesett, egy fokkal kellene megmelegitenie; mert 26, kerekszámban annyi mint 772-nek harminczadrésze. Ennyi a hőnek mennyisége egy esés után, s magától értődik, hogy négyakkorává kell növekednie, ha az esés négyszer ismétlődik. A hő azonban nincs teljesen a golyóban összpontosulva; csekély része a vaslemezben van, mely a golyót felfogta.

41. Bizonyosan nem szükséges megemlitenem, hogy minden mozgás megsemmisülése hőfejlesztéssel jár azon esetben is, ha a test nem a nehézségerő által, hanem más módon hozatik is mozgásba. A puskagolyó tetemesen megmelegszik, midőn czéltáblát talál. A hő mechanikai egyenértéke lehetővé teszi, hogy ismervén a puskagolyó

sebességét, pontosan kiszámíthassuk az általa kifejtendő hőmennyiséget. Oly pont ez, mely megérdemli figyelmünket; s midőn vele foglalkozom, engedjék meg, hogy főképen azokhoz forduljak e gyülekezetben, a kik előtt a mechanika alapfogalmai is ismeretlenek. Mennél nagyobb a magasság, melyről valamely test leesik, annál nagyobb, mint mindenki tudja, az erő, melylyel ama test a földhöz ütődik. Ered pedig ez ama nagyobb sebességtől, melyet a testnek a nagyobb magasságról való esés kölcsönöz. A test sebessége azonban nem arányos a magassággal, melyről a test leesik. Négyakkora magasság mellett a sebesség csak kétakkora, kilenczakkora magasság mellett csak háromakkora s ha a magasság tizenhatakkora, a sebesség csak négyakkora, vagy átalánosan fejezvén ki: a magasság a sebesség négyzetével arányos.

42. De a leeső test ütődése által kifejtett hő a magassággal egyszerűen arányos; következésképen a keletkezett hő a sebesség négyzete szerint növekszik.

43. Megkettőzvén valamely lövevény sebességét, úgy a hőt megnégyszerezzük, melyet a lövevény mozgásának megsemmisítése létesít; a sebesség háromszorozásával a hőt kilenczszerezzük, s négyakkorává tévén a sebességet, a hőt tizenhatakkorává teszszük, és úgy tovább.

44. A 772 lábnyi magasságról leeső testnek a nehézségerő kerekszámban 223 lábnyi sebességet kölcsönöz, egy másodperczre vonatkozólag; a mi annyit teszen, hogy ama testnek a sebessége, a földdel való összeütközését közvetlenül megelőző pillanatban, 223 láb. E sebesség hatszorosa, azaz 1338 láb másodperczenként, a kilőtt puskagolyónál még nem valami rendkívüli sebesség.

45. De a másodperczenként 223 lábnyi sebességgel mozgó ólomgolyó czéltáblába ütődvén, annyi hőt fejlesztene, a mennyi 30 F.-féle fokkal emelné a hőmérsékét; hatakkora sebesség mellett pedig harminczhatannyi hőt létesítene; és igy $36 \times 30 = 1080$ fokra rúgna a golyó hőmérsék-emelkedése, ha másodperczenként 1338 lábnyi sebességgel haladván,

czéltáblát találna, s a hő magában a golyóban összpontosítva maradna. E hőmérsék pedig több mint elegendő, hogy az ólmot megömleszsze. Ha a golyó, ólom helyett, vasból volna, úgy a kifejlett hő, ugyanazon körülmények között, 1080 foknak csak harmad részével emelhetné a golyó hőmérsékét, mert a vas hőfoghatósága körülbelül háromakkora, mint az ólomé.

46. E szemlélődésekből következik, hogy a lövevény sebességét és súlyát ismerve, könnyen kiszámíthatjuk a hőmennyiséget, mely a lövevény mozgató erejének megsemmisülésénél fejlődik. Ismerjük például a föld súlyát és sebességét, melylyel a térben halad, s ezen adatokból egyszerű számítás által képesek vagyunk tökéletesen meghatározni a hőmennyiséget, mely azon esetben létesülne, ha a föld a maga pályafutásában, mint a golyó a céltábla által, megakasztatnék. Megmondhatjuk például, hogy hány fokkal emelné a fennemlített feltételek mellett keletkezett hőmennyiség egy a földdel egyenlő vízgömbnek a hőmérsékét. Mayer és Helmholtz megtették e számítást s azt találták, hogy az e roppant ütődés által kifejtett hő nem csak arra volna elegendő, hogy a földet megömleszsze, hanem hogy azt nagyrészben gőzzé is változtassa. Ilymódon tehát »az elemek«, egyszerűen az által, hogy a föld megakasztatnék a maga körjáratában, oda juthatnának, hogy az »izzás hevében megömöljenek.« Az e módon kifejtett hőmennyiség egyenlő volna azzal, melyet tizennégy, földnagyságú széngömbnek elégetése eredményezne. És ha a föld ily megakasztás következtében a napba esnék, minek kétségtelenül be kellene következnie, e lökés annyi hőt fejlesztene, a mennyi 5600 szilárd szénből álló földgömbnek elégetése által létesülne.

47. Az imént közlött ismeretek, a napban lévő erőnek forrásáról gondolkodó, több természetvizsgálót* azon nézetre

* Mayer lépett fel e nézettel 1848-ban s azt nagy terjedelemben kidolgozta. Tőle függetlenül állította fel később Waterston, s tovább fejtette William Thomson. (Transactions of the Royal Soc. of Edinb., 1853.) Lásd a XIII. fejezetet.

vezettek, mely szerint a nap hevét és fényét a meteórféle tömegeknek, a nap felületére való, folytonos lezuhanása tartja fenn. Az állatövi fényt meteorkövekből álló felhőnek hitték, s ama meteorféle tömegek esője, igy képzelték, épen az állatövi fényből volna levezethető. E nézet igaz voltát ne feszegessük; megjegyzésre méltó minden esetre, hogy a meteóroknak fennemlitett lezuhanása csakugyan elegendő volna a fényt és hőt fenntartani a napban. Egy későbbi alkalommal jobban ki fogom fejteni ezen elméletet. Most nem szükséges annak igaz, vagy téves volta felett gyanitólag nyilatkoznom, csak annyit mondok, hogy az ok, melyből ezen elmélet kiindul, elegendő hatásosság mellett, tökéletesen megfelelne a neki tulajdonitott eredménynek.

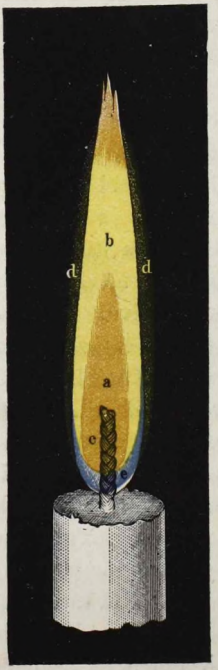
48. Menjünk át a naptól olyasmihez, a mi csekélyebb, — hogy úgy mondjam, a természet ellenkező sarkához. Ebben nyilvánul igazán az emberi értelemnek isteni ereje, mely ha törvényről van szó, a puszta nagyságtól függetlenné tudja magát tenni. Elméletünk nem csak napokra és bolygókra, hanem az atómokra is alkalmazható. A jelenlévők közül legtöbben ismerik a gyémánt tudományos történetét; e drágakövet Newton zsiros vagy elégethető anyagnak nyilvánitotta s ezzel megelőzte a modern vegytan felfedezéseit. Mai nap mindenki tudja, hogy ama fényes drágakő ugyanazon alkatrészekből áll, mint a közönséges szén, a graphit, vagy az irón. A gyémánt tiszta szén, és a szén el-ég az oxygénben. Itt van e kis, platinhurokba fogott gyémánt; e lángon vörösizzásig hevitem s azután oxygénnel telt palaczkba meritem. Látják: mint ragyog, miután a palaczkba tettem; most izzik, mint a csillag, tiszta fehér fényben. Hogyan kell már most képzelnünk az itt végbemenő hatást? tökéletesen úgy, mint a meteórköveknek a nap felületére való hullását. Minősége szerint mindkét képzet ugyanaz, s felfogni egyik sem nehezebb a másiknál. Ugy kell a dolgot képzelniök, hogy az oxygén atómjai minden oldalról a gyémánt felületére zuhannak. Vonzatnak pedig ide az úgynevezett vegyi rokonságnak

ereje által; de ezen erő tulajdonképen nem egyéb, mint a tiszta vonzó erő, és — ha szabad e kifejezéssel élnem — a nehézségerővel ugyanazon mechanikai minőségű. Minden egyes oxygénatóm, midőn a gyémánt felületéhez ütődik s haladó mozgásában a széntömeg által megakasztatik: azon nemét veszi fel a mozgásnak, melyet hőnek nevezünk; e hő pedig oly erős, a vonzás e parányi távolságokban oly hatalmas, hogy a gyémánt fehérizzóvá lesz, s a vegyület, mely a gyémánt és az oxygén atómjainak egyesüléséből támad, mint szénsavas gáz elillan.

49. Menjünk át a gyémántról a közönséges lángra. Itt van egy gázégető, melyből keskeny, magas gázláng nyúlik fel. Milyen e gázláng belalkata? Belsejét még el nem égett gáz alkotja, kivüle pedig a levegő oxygénje van. A gáz magvának külső felülete levegővel érintkezik, s itt ütköznek össze az atómok, és kölcsönös összeütődésök által itt fejtenek hőt és fényt. A láng részletes szerkezete kiváló figyelmet érdemel. Id: vágó ismereteinket Davy egyik legszebb vizsgálatának köszönjük. Világító gázunk úgynevezett szénhydrogén; s vegyileg egyesült szénből és hydrogénből áll. Ha az elégés tökéletlen, észrevehetjük, mint válik ki ezen átlátszó gázból a korom és lámpafösték. Benne van most is mind a kettő, de más anyagokkal átlátszó gázzá vegyülve. Itt tehát ennek az összetett gáznak felülete a levegő oxygénjével érintkezik; hőt juttatunk hozzá, s a vonzóerő rögtön és annyira fokozódik, hogy a gáz lángra lobban. Két társ között választhat az oxygén, s a melyikéhez jobban vonzódik, ahhoz csatlakozik. Elébb a hydrogénhez csatlakozik s szabaddá teszi a szenet. A szilárd szénnek számtalan sok részecskéje, szélylyel szórva az égő hydrogén között, erősen megmelegszik, parázszsá válik. E szénrészecskék fehérizzókká lesznek, s főképen nekik köszönjük lámpáink f é n y é t. A szén bizonyos idő mulva vegyül ugyan az oxygénnel s szénsavvá lesz — vagy legalább azzá kellene lennie —, de mielőtt a hydrogéntől, melylyel elébb vegyülve volt, átmenne

az oxygénhez, melyhez elvégre csatlakozik, egy ideig szilárd állapotban van jelen s a közben fénye ragyogásában részesít bennünket.

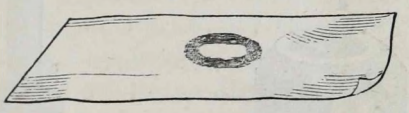
50. A gyertya égése elvben tökéletesen ugyanaz, mint a gázáram égése. Itt látnak egy darab viaszt vagy faggyút; közepében gyapotkanócz van, melyet meggyujtunk; ég és megömleszti a láng alatt lévő zsírt. A folyadék fölfelé emelkedik a kanóczban a hajcsővi vonzásnál fogva; a forróságban gőzzé lesz s e gőz nem egyéb, mint szénhydrogén, mely épen úgy ég, mint a gáz. Belül itt is égetlen gőz, kivül levegő s a kettő között azon réteg van, mely az összeütköző atómoknak csatatérül szolgál s melyen azok hőt és fényt fejtenek. Alig van szebb valami az égő gyertyánál: alant a kanócz mellett homorú mélyedés, részben telve megömlött anyagokkal; a folyadék felkuszó emelkedése és elgőzölgése; a láng alkata, karcsúan hegyződő alakja s e mellett a légáramok, melyek összefutnak, hogy a láng szükségleteit fedezzék! Szépsége, világossága s mozgékony volta miatt a láng kedvencz jelvényévé lett a szellemi lénynek. Mióta Davy a lángot szétbontotta, épen nem csökkent a gyönyör, melyet szemlélése okoz, sőt ellenkezőleg, csodálás tárgya az a gondolkodó szellemre nézve most inkább, mint valaha.



17-ik ábra.

51. Most már világos képet alkothatnak maguknak a gyertyaláng szerkezetéről. Maguk előtt láthatják az el nem égett magvat és az ezt környező égő réteget. E rétegen keresztül illannak el a magból folytonosan s mennek át a

légbe a gyertya alkatrészei. A gyertyaláng tehát üreges kúp, égő anyagból, Képzeljük, hogy e kúpot vízszintes irányban keresztül szelnők. Égő gyűrü állana akkor önök előtt. A következő módon valóban keresztülszelhetjük a gyertya lángját: e fehér papirosdarabkát vízszintes helyzetben lebocsátom a lángba, úgy hogy majdnem érinti a kanóczot. Figyeljék meg a papiros felső lapját; szenesül, de mily módon? megszenesült gyűrüt látunk rajta, mely tökéletesen megfelel a



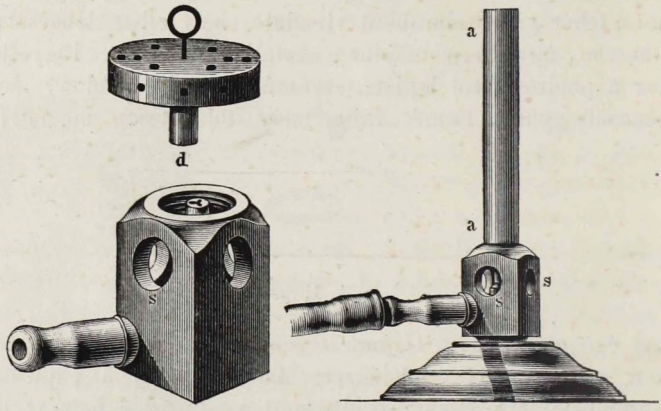
18-ik ábra.

láng égő gyűrüjének. Ugyanezt ismétlem a gázlánggal; s íme itt a gyűrü, melyet eléidézett. Látják, hogy a papiros a gyűrün belül érintetlen maradt, mert a papiros e helyére hat a gyertyának, vagy a gázáramnak égetlen gőze; szenesülés itt tehát nem állhat be.

52. Lámpáink fényét e szerint, legnagyobbrészt, a szilárd szénrészecskék jelenlétének köszönjük. E részecskék azonban csak az oxygén távollétében maradhatnak kötetlen állapotban, mert ez amazokat lefoglalni törekszik. Ha azon pillanatban, midőn a szénrészecskék a hydrogéntől, melylyel vegyülve voltak, elszabadulnak, annyi oxygén volna jelen, a mennyi azokat megköthetné: vége volna kötetlen állapotuknak, s mi meg volnánk fosztva fényöktől. Ha tehát a csőből kiözönlő gázba annyi levegőt keverünk, hogy ennek oxygénje egészen a láng szivébe hatolhasson, úgy a láng fényét eltüntethetjük.

53. Bunsen tanár egy külön gázégetőt gondolt ki a végből, hogy a szilárd szénrészecskéket gyors elégetés által megsemmisíthesse. Az égető, melyből a gáz kiözönlik, egy csőbe tétetik, mely az égetővel együtt ugyanazon magasságban át van lyukasztva. A levegő a nyilásokon beözönlik,

a gázzal összekeverődik, s e keverék a cső felső végén kiözönlik. A 19-ik ábra ily égetőt ábrázol. A gáz a nyilásos *ss* térbe ömölvén, itt levegővel keverődik s most mind a kettő



19. ábra.

együtt emelkedik fölfelé az *aa* csőben. *d* egy bogláralakú égető, melyet olyankor használunk, midőn a lángnak más alakot kivánunk adni. Most meggyújtom a keveréket, de a láng alig világit. Hőség itt a czél; s e nem világító láng sokkal forróbb a közönségesnél, mert sokkal gyorsabb és hatályosabb is benne az elégés. * Elzárván az *ss* tér külső nyilásait, ez által megszüntetem a levegő odajutását, s ime a láng azonnal világit. Beáll ismét a közönséges eset, midőn t. i. égő réteg veszi körül az égetlen gáz magvát. Valamely gáznak világító ereje megbecsülhető azon levegő mennyiségéből, mely a szilárd szénrészecskék lecsapódásának megátlására szükséges. Mennél tartalmasabb a gáz, annál több levegőre van szükségünk, hogy e hatást eléidézzük.

* E láng oly testnek, melyre csak sugárait veti, nem forróbb: sőt még oly forró sem, mint a közönséges láng; de igen is forróbb oly testre nézve, mely belé meríttetik.

54. London utczáin, minden szeles szombatestén, érdekes észleletet tehetünk, ha figyelemmel kisérjük a nagy gázlángoknak — milyeneket a mészáros-boltokban szokás alkalmazni — rögtöni s majdnem tökéletes kialvását. Szeles időben az oxygén mechanikailag hajtatik be majdnem a lángok belsejébe, s a fehér fény egy pillanat alatt kisérteties halvány-kékes lánggá változik. Ugyanezen hatás vehető észre az ünnepélyes kivilágitások alkalmával; a világosság hiánya itt is, úgy, mint a Bunsen-féle égetőben, annak tulajdonitandó, hogy elegendő oxygén van jelen, mely azonnal felemészti a láng szenét.

55. Midőn 1859-ben az Alpesekbe utaztam, feladatomul tűztem ki többi között, meghatározni a magasság befolyását az égés fokozatára. Szerencse a tudományra nézve, hogy dr. Frankland urat kértem meg, követne engem ez alkalommal s vállalná el az égésre vonatkozó kisérleteket. Magam a napsugárzást akartam tanulmányozni. Következő terv szerint jártunk el: hat szál, Chamouniban vett gyertyát gondosan megmérlegeltünk. Azután meggyujtottuk, egy óráig hagytuk égni a Hôtel de l'Unionban s megmérlegeltük a súlyveszteséget. Ugyanazon gyertyákat magunkkal vittük a Montblancra s 1859-ik év augusztus 21-kén reggel egy óra hosszat hagytuk égni egy sátor alatt, hol tökéletesen védve voltak a léghuzam ellen. Csodálkozás fogott el mindkettőnket, midőn oda fent láttuk a hat lángot. Mintha csak kisérteteit láttuk volna a lángoknak, melyeket ugyanazon gyertyák a Chamouni völgyében adtak. Sápadt, bágyadt voltukból azt kellett következtetnünk, hogy az égés erélye tetemesen csökkent. A visszatértünkkor eszközölt gondos mérlegelés azon váratlan tényt eredményezte, hogy a lángok tökéletesen annyi stearint fogyasztottak el odafent, mint alant. Az égés tehát odafent épen oly erélyes volt, mint idelent; daczára annak, hogy a magasság roppant mértékben megcsökkentette a láng világító erejét. E nevezetes tünemény leginkább a nagy magasságban lévő levegő nagyobb mozgé-

konyságának tulajdonítható. Az oxygén-részecskék aránylag könnyen hatolhattak be a lángba s megsemmisíthették a fényét, hatásuk gyorsasága által pótolván megcsökkent létszámukat. Azt találtam, hogy a levegő-atómok mozgékonyságát megkétszerezhetjük, ha a légköri levegő sürűségét felényire alászállítjuk.

56. Dr. Franklandot e kisérletek igen érdekes vizsgálatra indították. Megmutatta, hogy azon stearin-mennyiség, melyet a láng egy bizonyos idő alatt felemészt, messze határig független a levegő sürűségétől. Ennek oka az, hogy összenyomván a levegőt, növeljük ugyan a lánggal érintkező tevékeny részecskék számát, de majdnem ugyanazon mérvben csökkentjük mozgékonyságukat s lassítjuk az égést. Midőn szerfelett sok levegő veszi körül a lángot, hűtő befolyása oda fog hatni, hogy a szilárd szén-részecskék szabadon maradása tovább tartson, sőt még oda is, hogy végleges elégésök meggátoltassék. Dr. Frankland vizsgálataiból folyó szép kisérleti eredményeknek egyike az, hogy a halvány, füsttelen borszeszlángot, ha a körötte levő levegőt összenyomjuk, a gázláng világosságáig fokozhatjuk s kellő légsürítés által még füstössé is tehetjük, minthogy a közelében levő sürű oxygén most lomhábbá vált, mintsem hogy a szén tökéletes elégését eszközölhetné *.

57. De térjünk vissza az égésre vonatkozó elméletünkhöz. Lángjaink fényét és hevét annak tulajdonítjuk, hogy a levegő oxygénje és a világító gáznak, vagy a gyertyának alkatrészei egymásra zuhannak. Ha e Bunsen-féle égető lángjába vasreszeléket hintek: látják a csillagszerű sziporkázást, melyet az aczél elégése idéz elé. Ez esetben az aczél előbb addig hevül, míg a vonzóerő közötte és a levegő oxygénje között annyira nem növekszik, hogy vegyülésre birja mind a kettőt, s ezen röppentyűszerű fellobogás összeütközések eredménye. Az oxygén-atómoknak a kénatómokhoz való ütő-

* Lásd e mű végén a magyar fordításhoz készített függeléket.

dése okozza a hőt és lángot, melyet tapasztalunk, midőn ként levegőben, vagy tiszta oxygénben égetünk; a hatályos hő és a vakító fény, mely a phosphornak oxygénben való elégetésekor keletkezik, az oxygén- és phosphoratómok összeütközésének tulajdonitandó. Chlór és antimon összeütközése szüli azon fényt és hőt, mely e két anyag összekeverésénél keletkezik; s a réz- és a kénatómoknak egymásra való zuhanása az, mely a tömeg izzását okozza, midőn e két anyagot együttesen hevítjük valamely lombikban. Szóval, minden égést a kölcsönös vonzó erejök által egymásra zuhintott atómok összeütközésének kell tulajdonitanunk.

MAGY. AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

FÜGGELÉK A II. FEJEZETHEZ.

Kivonatok a „Novum Organum“ második könyvének huszadik aphorismusából.

Jól meg kell érteni a mit a mozgásról mondottunk, hogy úgy áll a hőhöz, mint a nem (genus) a fajhoz (species)-hez; nem azt, hogy a mozgás hőt, vagy a hő mozgást szülne (habár némelykor így van), hanem azt, hogy maga a hő semmi egyéb, mint mozgás. Ezen állítmányokat, a mennyire lehet, korlátozzuk, elejét veendők a félreértésnek.....

A hő közlődését, vagyis tova terjedő természetét, melynél fogva a meleg testhez érintett test megmelegszik, nem szabad összetéveszteni a hőnek lényegével. Más a hő és más a megmelegedés. Surlódás által hő létesíthető a nélkül, hogy megelőzőleg hőnek jelen kellett volna lennie.....

A hő tágító mozgás, melynél fogva a test azon van, hogy kitáguljon, nagyobb tért foglaljon el, vagy nagyobb méreteket vegyen fel mint előbb. Különösen nyilatkozik e sajátság a lángban, hol a füst vagy zsiros gőz szemmel láthatólag kitágul és lánggá fejlődik.

Ugyanez mutatkozik a forró folyadékban, mely szemlátomást dagad, emelkedik, hólyagokká tágul ki; s ez öntágitás annyira megyen, hogy a folyadék egészen más, sokkal tágultabb testté alakul át, u. m. füstté, párává, levegővé.....

* * *

Harmadik sajátsága a hőnek az, hogy oly mozgás, mely nem terjeszkedik egyenletesen az egész testen keresztül, hanem a kisebb részeken át, s egyúttal löktetve, taszítva és visszaveretve. Innét van az általa okozott váltakozó, rezgő, feltörekvő, felvillanó s a visszaütközés által újra felgerjesztett mozgás. Ebben keresendő a tüz és hő dühének oka.....

Ez abban is nyilvánul, hogy a levegő az osztályzatos üvegben akadály nélkül és egyenletesen tágulhatván, meleg nem vehető észre. Ép így a szél, ha zárt térből legnagyobb erővel tör is ki, nem fejleszt nagy meleget, mert a mozgásban az egész tömeg veszen részt a nélkül, hogy a részecskék váltakozó mozgásban lennének.....

E jellemző tulajdonság közösen meg van a melegben és a hidegben; az egyiknél ugyanis az összehuzó mozgásnak a tágulási törekvés, a másiknál a kitágító mozgásnak az összehuzódási törekvés szegül ellene.

* * *

Ezzel befejezzük az első szüretelést, vagyis észszerű vizsgálatát a hő lényegének. A hőnek röviden összefoglalt, (a mindenséghez, nem pedig egyedül az érzékekhez viszonyított) igaz meghatározása ez: a hő tágító, gátolt, a kisebb részecskéken át törekvő mozgás. E terjedés úgy módosul, hogy habár minden oldal felé törekszik, valamivel erősebben irányul még is fölfelé. E terjedést és törekvést a részecskék úgy módositják, hogy azt épen nem gátolják meg, sőt inkább még nagyobb hevességre ingerlik *.

*Kivonat Rumford grófnak ilyczimü értekezéséből: „Vizsgálódás a surlódás által gerjesztett hő eredetéről **“.*

Rumford gróf a müncheni hadszertárban ágyúfúrás felügyeletével elfoglalva, elcsodálkozott azon jelentékeny hőmennyiségen, melyre fúrás közben a fémágyú rövid idő alatt szert tett, és még inkább a fúró által lefejtett fémforgácsoknak jóval nagyobb — a forró vizét meghaladó forróságán. Ez arra indította őt, hogy következő kérdéseket vessen fel magában:

„Honnét ered a fennemlített mechanikai folyamat által tényleg létesitett hő?“

„A fémből lefejtett fémforgácsokból ered-e?“

Ha ez volna az eset, akkor a fémrészecskék hőfoghatóságának nem csak változnia kellene, hanem a részecskék által szenvedett ebbeli változásnak elegendő nagynak kellene lennie, hogy az összes kifejtett hő benne lelhesse magyarázatát. Semmiféle ily változás azonban nem történt; Rumford ugyanis azt találta, hogy a forgácsok hőfogha-

* Lásd a mü végén a magyar kiadáshoz készitett függeléket.

** An Enquiry concerning the source of the heat which is excited by friction (olvastatott a Royal Society előtt, 1798 év jan. 25).

tósága csak olyan volt, mint azon szálkáké, melyeket finom fürészszel vágtak le ugyanabból a fémből a nélkül, hogy e szálkák megmelegedtek volna. Ebből meg az következik, hogy a kifejtett hőt lehetetlen a fémforgácsok rejtett melegének szolgáltatnia. Rumford részletesen leírja e kisérleteket, s ezek csakugyan döntők.

Egy hengert csupán arra a czélra szánt, hogy súrlódással hőt fejlesszen; a hengernek tömör fenekéhez tompa fúró nyomakodott, magát a hengert pedig lovak forgatták tengelye körül. Hogy a kifejlődő hőt megmérhesse, kis lyukat fúratott a hengerbe és a lyukba kis higanyhőmérőt illesztett. A henger súlya 113,13 (avoir-du-poids) font volt.

Fúróúl egy lapos darab használtatott keményitett aczélból; vastagsága 0,63 hüvelyk, hossza 4 hüvelyk, szélessége pedig majdnem olyan volt, mint a henger fúrott lyukának a szélessége, t. i. $3^1/_2$ hüvelyk. A fúrott lyuk fenekének a fúróval érintkező felülete majdnem $2^1/_2$ négyszög hüvelyket tett. A levegő hőmérséke árnyékban, úgy mint a a hengeré, 60 F.-féle fokú volt a kisérlet kezdetén, 30 percz mulva pedig, mely idő alatt a henger 960-szor fordult meg tengelye körül, 130 F. fokra emelkedett.

Kivevén a fúrót, eltávolitotta a fémport, vagy inkább a lehámlott tömeget, mely a tompa aczélfúró által választatott le a henger fenekéről s azt találta, hogy e tömeg 837 szemert — gyógyszertári súly — nyomott. „Lehetséges-e — igy szól — hogy az e kisérletnél kifejtett jelentékeny hőmennyiséget (oly hőmennyiséget, mely 113 font súlyú ágyúfémnek legalább 70 F.-féle fokkal emelte tényleg a hőmérsékét) a fémpornak ily jelentéktelen mennyisége adhassa, és pedig csak is hőfoghatóságának megváltozása következtében?“

De nem is kell épen ragaszkodnunk e feltevés valószinütlen voltának állitásához; jusson eszünkbe, hogy tényleg s csak is e czélból tett döntő kisérletek eredménye szerint azon fém hőfoghatósága, melyből nagy ágyúkat öntenek, *nem változik észrevehetőleg*, ha ama fémet forgácsokká fürészeljük. Hogy pedig a hőfoghatóság, ha egyáltalán változhatik, tetemesen változnék, mikor a fémet kevésbbé éles fúróval osztjuk szét igen sok apróbb forgácsokká, e felvetésnek, úgy látszik, semmi alapja.

Hengerét ez után hosszúkás deszkaszekrénybe tette s úgy intézkedett, hogy a henger vizáthatlanúl foroghatott a szekrény közepében, mialatt a fúró erősen nyomta a henger fenekét. Midőn a készüléket megindították, 60 F. fokú volt a viz hőmérséke.

Rumford ezt irja: „E szép kisérlet sikere igazán meglepő volt; s az öröm, melyet nekem szerzett, dúsan jutalmazta a kisérletnél használt, bonyolult gépezet kigondolására és összeállitására fordított fáradságomat. A henger még csak rövid ideig forgott, midőn kezemet a

vízbe mártván és a henger felületét kivülről megérintvén, észrevettem, hogy hő fejlődik".

„Egy óra mulva a 18,77 font súlyú, vagyis $2^1/_2$ gallont mérő folyadéknak 47 fokkal emelkedett a hőmérséke; egészben véve tehát 107 fokú volt.

„További 30 percz, vagy a kisérlet kezdetétől számított egy óra és 30 percz mulva, 142 fokú volt a víz hőmérséke.

„A kisérlet kezdetétől számított két óra mulva 178 fokú volt a hőmérsék.

„Két óra és 20 percz mulva 200 fokú volt, s két és fél óra mulva a víz *tényleg forrott*"!

E kisérletre vonatkozólag tette Rumford a körülállók csodálkozásáról az első fejezetben közlöttem megjegyzéseket.

Gondosan megbecsüli ezután a hőmennyiséget, mely a készülék egyes részeiben volt s az egész összeget elegendőnek találja 26,58 font súlyú jéghideg víznek a forrás pontjára, azaz 180 F.-féle fokon való megmelegitésére. Gondos számitásából kitűnt, hogy e hőmennyiség egyenlő azzal, melyet 2303,3 szemer ($4^8/_{10}$ unczia) viasznak elégetése hoz létre.

Ezután meghatározza a gyorsaságot, melylyel e hő ki lett fejtve s igy következtet:

„E számitás eredményeiből nyilván való, hogy a tompa fúrónak a fémhenger fenekével való surlódása által egyenletesen, hogy úgy mondjam, szakadatlan áramban létre hozott hőmennyiség nagyobb annál, melyet kilencz viaszgyertya fejt ki, ha mindegyiknek $^3/_4$ hüvelyk az átmérője s mind a kilencz szál világos, nagy lánggal ég egyszerre.

„E munkát két ló végezte, de egy is végezhette volna. Ló erejével lehet tehát hőt fejteni; s szükség esetében élelmi szerek főzésére is fel lehetne e hőt használni. Nem gondolhatók azonban oly feltételek, melyek mellett előnyös lehetne a hőfejtésnek e neme, mert mindenkor több hőt nyerünk, ha a lónak fenntartására szükséges takarmányt használjuk fel tüzelő anyagúl.

(E hely igen nevezetes, mert arra mutat, hogy Rumford tisztán belátta, hogy az állatok ereje a takarmányból ered, s hogy az állati test semmiféle erőt nem teremt.)

„Mindezen kisérletek eredményei felett gondolkozván, azon nagy kérdéshez jutunk, mely a természettudósok között oly gyakran volt speculatio tárgya, s mely a következő: mi a hő? van-e valami, a mit tüzes fluidumnak, s van-e egyáltalán valami, a mit helyesen hőanyagnak lehetne nevezni?"

„Láttuk, hogy két fémfelület surlódása jelentékeny hőt idéz elé és bocsát ki minden irányban és folytonos áramban, megakadás

vagy megállapodás nélkül és a nélkül, hogy bármily jelét adná a csökkenésnek vagy kiapadásnak. E tárgyról elmélkedve nem szabad elfelejtenünk azon jelentékeny körülményt, hogy az e kisérletekben surlódás által keletkezett hőnek kimeríthetetlen a forrása. (A ritkábban nyomtatott szavak Rumfordnál is így vannak nyomtatva.) Alig szükséges még hozzá tenni, hogy olyasmi nem lehet anyagi állomány, a mit valamely elkülönített test, vagy testrendszer, határtalanul szolgáltathatott. Nekem úgy látszik, hogy nagyon nehéz, sőt talán lehetetlen is világos képzetet alkotni arról, a mi e kisérletekben létesül és közlödik, ha az más egyéb, mint *mozgás*."

Ha majd megirják a hő dynamikai elméletének történetét, valóban nem lesz szabad csak könnyedén említeni azt a férfiút, ki a korabeli tudományos hiedelemmel szemben oly kisérleteket tett, kisérletei felett úgy elmélkedett, mint Rumford az imént idézett vizsgálataiban. Erősebb érveket a hőnek anyagisága ellen, meggyőzőbbeket annak megmutatására, hogy a hő mozgás, a minek azt Rumford tekintette — azóta sem igen hoztak fel.

III. FEJEZET.

TÁGULÁS : AZ ANYAGNAK SZILÁRD, FOLYÉKONY ÉS LÉGNEMŰ ÁLLAPOTA. — HYPOTHESISEK A GÁZOK BELSŐ MIVOLTÁRÓL. — TÁGULÁSI EGYÜTTHATÓ. — VALAMELY GÁZZAL ÁLLANDÓ NYOMÁS MELLETT KÖZLÖTT HŐ. — VALAMELY GÁZZAL ÁLLANDÓ TÉRFOGAT MELLETT KÖZLÖTT HŐ. — A HŐ MECHANIKAI EGYENÉRTÉKÉNEK KISZÁMÍTÁSA MAYER ÁLTAL. — A GÁZOK TÁGULÁSA HŰLÉS NÉLKÜL. — A HŐMÉRSÉK ABSOLUT ZÉRUSPONTJA. — A SZILÁRD ÉS A FOLYÉKONY TESTEK TÁGULÁSA. — A BIZMÚTNAK ÉS A VÍZNEK SZABÁLYELLENES MAGAVISELETE. — A KRISTÁLYODÁS ERÉLYE. — A HUZALOK FESZÍTÉSÉNEK MELEGSÉGBELI HATÁSA. — A KAUCSUK SZABÁLYELLENES MAGAVISELETE.

FÜGGELÉK : MÉG NEHÁNY TÉNY A TÁGULÁSRA VONATKOZÓLAG. — KIVONATOK SIR. H. DAVY ELSŐ ÉRTEKEZÉSÉBŐL : A JÉG MEGOLVASZTÁSÁRÓL DÖRZSÖLÉS ÁLTAL.

58. Midőn először jöttünk e helyen össze, egy kovácspőrölyt ejtettem le egy ólomtömbre, s azt találtuk, hogy az ütés az ólmot megmelegitette. Ezelőtt azt hitték, hogy a pőröly ereje az ütközés következtében egyszerűen elvész. Rugalmas testekről úgy vélekedtek, hogy a test rugalmassága az erő egy részét visszaszolgáltatja s a leeső tömegnek visszapattanását okozza, de a rugalmatlan testek összeütközésénél, — ez volt a nézet — az ütés ereje tisztára elvesz. Mai ismereteink szerint ez fundamentalis tévedés ; nem ismerjük el, hogy valami elveszne, hanem azt teszszük fel hogy akkor, midőn a leeső pőröly mozgása megszünik, csak áthelyezés történik, nem pedig megsemmisülés. A tömegnek, mint egésznek a mozgása a tömeg atómjainak mozgásává alakul. A

mozgatott részecskék azonban apróbbak, az általok befutott utak csekélyebbek, semhogy a mozgást, mindamellett hogy heves, észre lehessen venni. Itt a képzelő erőnek kell segíteni. A szilárd testekben az atómoknak, melyeket az összetartó erő együvé fűz, képességet kell tulajdonitanunk, melynél fogva bizonyos határok között rezeghetnek. Atómjaikat ide-oda lengőknek kell képzelnünk, s mennél nagyobb a testtel közlött hőmennyiség, vagy mennél nagyobb a testnek surlódás, ütés, nyomás által juttatott mechanikai erő mennyisége, annál gyorsabb lesz az atómok rezgése, annál kiterjedtebb a mozgásuk.

59. Misem természetesebb mint, hogy az így rezgő atómok, melyeknek mindegyike nagyobb tér után iparkodik a maga mozgása számára, kölcsönösen félre szoritják egymást s ez által térfogatnagyobbodást eszközölnek azon testnél, melynek alkatrészeit képezik. E szerint a megmelegedés következménye közönségesen térfogatnagyobbodás. Az e szabály alóli nehány látszólagos kivételt majd utóbb közelebbi vizsgálat alá fogjuk venni. Az összetartás ereje tehát együtt tartja az atómokat, a hő ereje pedig szertébb hajtja: két erő küzködik egymással, s tőlük függ a testek tömecsszerkezete. Tegyük fel, hogy valamely testbe egyre több és több hő szállittatik. A hőszaporodás tovább és tovább kergeti egymástól az atómokat, az összetartás ereje pedig, mint valamennyi ismert erő, mind gyöngébben hat a szerint, a mint a székhelyéül szolgáló atómok közei nagyobbodnak. A mint a hő gyarapszik, ugyanazon mérvben gyöngül a vele ellentétes erő, míg végre az atómok annyira felszabadulnak az összetartás merev igája alól, hogy nem csak egy helyzet körül lenghetnek ide-oda, hanem még keresztül és kasul is gurulhatnak, vagy csúszhatnak. Az összetartás még nincs egészen megsemmisítve, mert az atómok még el nem szakithatók egymástól minden akadály nélkül, hanem annyira meg van már változtatva, hogy az atómok, szomszédjaik mellett, oldalvást is elmozdulhatnak. Ez az anyagnak folyékony állapota.

60. A folyékony tömeg belsejében az atóm mozgásának határt szabnak a körötte levők. De ha a folyadék belsejébe elegendő erősségü hőt vezetünk, úgy az atómok az összetartás utolsó bilincseit is széttörik s párabuborékokat képezve szerteszétröpülnek. Ha azonkivül a folyadék valamelyik felülete egészen szabad, azaz ha nincs korlátozva sem folyékony, sem szilárd testek által, könnyen elképzelhető, hogy a felületen rezgő atómok közül nehány el fog lódíttatni s bizonyos sebességgel ki fog száguldani a szabad térbe. Az összetartás befolyásától ilyképen megszabadított anyag gőz- vagy gázállapotban van.

61. Gondolataikat az atómmozgás általános képzetével megbarátkoztatni: ez most a czélom. A szilárd test atómjainak rezgéséről és a testnek ebből eredő tágulásáról már szólottam; úgy gondoljuk a dolgot, hogy az atómok egymás körül keringenek s fölteszszük, hogy a hő beszállítása növeli röperejöket s ez által szertébb hajtja azokat *. E csigástollra súlyt csatoltam. Ha e súlyt a levegőben körüllóbálom, tőlem távolodni törekszik, s a mint növelem a lóbálás gyorsaságát, a csigástoll ugyanazon mérvben hosszabb és hosszabb lesz s a távolság kezem és a súly között folytonosan növekszik. Gondoljuk, hogy e mozgás folytatódik mindaddig, míg a toll elpattan; a rákötött gömb elébbi pályájának érintőjében továrepülne, tehát úgy tenne, mint az az atóm, melyet a hő az összetartás ereje alól felszabadított, azon összetartásé alól, melyet kisérletünkben, habár kissé durván, a csigástoll összetartása ábrázolt. Legjelesebb tudósaink is még bizonytalanok abban, hogy mily képzetet kelljen magunknak a hőmozgás természetéről alkotnunk; fődolog azonban most csak az, hogy a hőt a moz-

* Ez volt Sir Humphry Davy hypothesise. (Lásd az e fejezethez tartozó függeléket.) „A tömecsörvények elméletének" teljes mathematikai kifejtését Rankine úrnak köszönjük. (Phil. Mag, 1851. vo. II, p. 509.)

gás egyik neméül ismerjük el; jellegének szabatosabb meghatározása későbbi buvárlatok feladata maradjon.

62. Azon nézetet, mely szerint az atómok mozgása keringő mozgás, a gázokra is kiterjeszthetnők s ilynemü mozgásból vezethetnők le tüneményeiket; de a gázrészecskékről épen az imént már más nézetet közöltem, melyet igen ügyesen alapitottak meg a legújabb időben * s mely szerint ama részecskék egyenes vonalokban száguldanak a térben. A haladó mozgás hypothesisének lehetne ezt nevezni, ellentétben a keringő mozgást feltételező, Davy-féle hypothesissel. Mindenkinek észre kellett már vennie, mily gyorsan terjed el a szobában valamely illatos anyagnak a szaga, s e tény jól megegyez a részecskéknek egyenes vonalú elröppenést tulajdonitó nézettel. Bebizonyitható azonban, hogy ha ezen elmélet helyes, ama részecskéknek másodperczenként több száz lábnyi sebességgel kellene tova haladniok. A szagnak e szerint még sokkal gyorsabban kellene elterjednie, mint valóban elterjed, s ezt fel lehetne használni ellenvetésül a fennebbi nézet ellen.

63. Ezen ellenvetésre ez a felelet: szagos részecskék utat kénytelenek maguknak törni a levegőrészecskék sokaságán keresztül, melyekkel szakadatlanúl összeütközésbe jönek. Rendkivül csekély egyre másra az az út, melyen valamely gázrészecske átrepülhet a levegőben a nélkül, hogy levegőrészecskébe ne ütődjék. Maga a levegő az, mely roppantul visszatartóztatja a benne tova terjedő illatot. Azt határozottan tudjuk, hogy midőn valamely folyadék felülete légüres térrel érintkezik, a folyadék párái ez esetben sokkal gyorsabban töltik be e tért, mint akkor, ha levegő van benne.

64. Nem nehéz kiszámitani az átlagos sebességet, melylyel a különböző gázok részecskéinek a haladó mozgás hypo-

* Joule, Krönig, Maxwell s mesterileg irt czikksorozatban Clausius.

thesise szerint mozogniok kell. Vegyünk például egy oly gázt, mely egy légnyomás, — tehát négyszöghüvelykenként 15 fontnyi nyomás — alatt áll; és zárjuk e gázt oly koczkaalakú edénybe, melynek minden éle egy hüvelyk hosszú: akkor a gáz súlyából kiszámithatjuk azon sebességet, melylyel a részecskének az edény falait ütniök kell, hogy ama 15 fontnyi nyomást ellensúlyozhassák. Azonnal belátjuk azt is, hogy mennél könnyebb a gáz, annál nagyobbnak kell lennie a részecskék sebességének, hogy meglegyen a kivánt erejök. Clausius szerint az oxygén, nitrogén, hydrogén atómjainak átlagos sebessége, az olvadó jég hőmérséke mellett, másodperczenként a következő:

oxygén	. . .	1514 láb
nitrogén	. . .	1616 „
hydrogén	. . .	6050 „

E föltevés alapján Joule már 1848-ban azt találta, hogy a hydrogén-atómok sebessége másodperczenként 6055 láb.

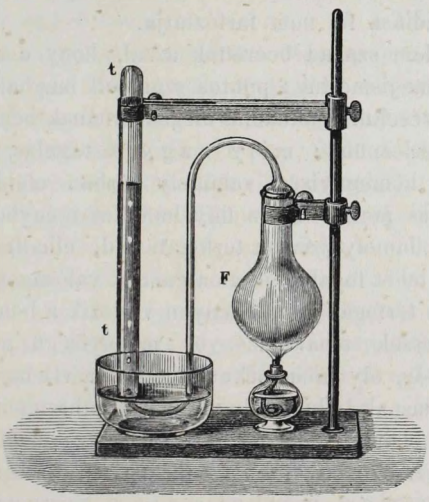
65. Ezen hypothesis szerint olyannak kell a légnemű testet képzelnünk, melynek részecskéi egyenes vonalú pályákon száguldoznak a térben s apró lövevények gyanánt hol egymásba, hol pedig az általuk betöltött tér falaiba ütődnek. E hólyag felényire van megtöltve levegővel. A légszivattyú üvegharangja alá teszem s a harang levegőjét kiszivattyúzom. A hólyag felpuffad s látható, hogy most már egészen megtölti a levegő; elébbi ránczai és horpadásai ugyanis egészen eltünnek. Honnét van a hólyagnak e tágulása? Mai elméletünk szerint onnét, hogy apró lövevények ütődnek belső felületéhez s a boritékot mindaddig nyomják kifelé, mig a hólyag feszültsége megmérkőzhetik a lövevények erejével. Mihelyt megint levegőt bocsátunk a harangba, a hólyag elébbi nagyságára zsugorodik össze. Most ugyanis e légrészecskék a hólyag külső felületét rohanják meg, befelé hajtják a burkolatot s a bent levő részecskéket egyúttal kényszerítik tüzök összpontosítására, mig végre a belül ható erő egyensúlyozza a kivülről hatót, s a burok nyugalomba jő. E hypothesis sze-

rint tehát mindazon hatások, melyek a megmelegített lég- vagy gőztől származnak, a gáztömecsek ütéseinek tulajdonitandók. Ez ütések sajátságos, jellemző módon ingerlik az idegeket; ezek a nyert mozgást az agyvelőbe vezetik, az agyvelő pedig hőnek nyilvánítja azt. Ily módon tehát a gőzfürdő forró helyiségébe léptünkkor érzett benyomást csak a gőzatómoknak testünkre irányított bombázása idézi elé. E hypothesist mint olyant terjesztem önök elé, melyet jelentékeny férfiak támogatnak; magam részéről sem mellette, sem ellene nem kivánok nyilatkozni.

66. Ha most a helyett, hogy a hólyagot az üvegharang alá tenném és a harang alól a levegőt kiszivattyúznám, hő által növelem a hólyagon belül levő atómok röpülő erejét: ezen atómok, habár aránylag csekély számúak, oly hévvel rohannak a burok belső felületére, hogy az hátrálni kénytelen; felduzzad s úgy látszik, hogy megtelik levegővel. Egyideig tüz közelében tartom a hólyagot; ime, valamennyi ráncza eltűnik. A hólyag felfogja a tűz kisugárzó hevét, megmelegszik s melegét érintkezés folytán közli a benne levő levegővel.

67. Egyszerű felvilágositása volt ez a hő kitágító erejének s hogy ugyanazon tényt még más módon is bemutassam, következő kisérletet készítettem elé. Itt van egy *F* lombik, melyben nincs egyéb mint levegő, s melyet az alatta álló kis borszeszlámpa segélyével megmelegiteni szándékozom. Egy hajlitott cső vezet a lombikból e csészébe, mely szines folyadékot tartalmaz, s melybe még egy másik, két láb hosszú, felül zárt, alul nyilt *tt* cső nyúlik, úgy hogy nyilt vége a folyadékba merül. A légnyomás — mint tudják — elég erős, hogy e csőben egy folyadékoszlopot megtartson s láthatják, hogy a cső egészen a csúcsig telve van szines folyadékkal. Az a cső, mely a lombikból jő, nyitott végével épen a függőlegesen álló *tt* cső alá nyúlik, úgy hogy a légbuborék, mely amabból netalán kiszabadul, emebben kénytelen felemelkedni. Megmelegitem a lombikot; a benne foglalt levegő,

a már említett okoknál fogva kitágul; a hajlított cső végén légbuborékok szabadulnak ki, a *tt* csőben felfelé emelkednek



20-ik ábra.

s gyorsan leszorítják a benne foglalt folyadékot. Néhány másodpercz multával levegő helyettesíti az egész folyadékoszlopot.

68. Egészen világos, hogy a hő által ekképen kitágított lég könnyebb, mint a közönséges, tágulatlan állapotában. Lombikunk könnyebb e kisérlet után, mint annak kezdetén és pedig annyival, a mennyit az egyenesen álló csőbe általment levegő nyom. Föltéve tehát, hogy egy könnyű tömlő ily léggel töltetnék meg, világos, hogy magaviselete a körötte levő lég irányában olyan volna, mint olajcseppé a vizben. Vizben az olajcsepp felfelé megyen, mert könnyebb a víznél. Ugy fog a mi tömlőnk is emelkedni a légkörben, ha meleg levegővel megtöltjük; ez a hő által emelt léggömbök elve. Ez edényben kevés csepű van, melyet segédem meggyujt s egy tölcsért borit reá, én pedig e papirgömb nyilását tartom majd

a tölcsér felé. Az égő csepütől felemelkedő meleg levegő bevonul a papirgömbbe s felpuffasztja; már észre lehet venni, hogy hajlandó az emelkedésre. Elbocsátom; felfelé evez, míg a terem padlása fel nem tartóztatja.

69. Nem szabad beérnünk azzal, hogy e tüneményeket nagyjából megismertük; pontos számbeli meghatározások nélkül felfedezéseink csakhamar megzavarnának bennünket. Most azt kell kérdeznünk: *mily nagy a tágulás*, melyet valamely adott hőmennyiség valamely gázban eléidézni képes? Ez nevezetes pont s egész figyelmünket igénybe veszi. Megmondván valamely gáznak térfogatát, de elhallgatván hőmérsékét, nem lehet fogalmunk ama gáznak valóságos mennyiségéről; mert a térfogat jelentékenyen változik a hőmérsék változtával. Vétessék tehát bizonyos mennyiségü gáz, például a mértékegység, oly hőmérséknél, melyen a víz fagyásnak, a jég pedig olvadásnak indul, melyet tehát a Fahrenheit-féle hőmérő 32-vel, a Celsius-féle pedig zérussal jelez; emeltessék e gáztömeg hőmérséke egy fokkal, s tartassék meg az alatt változatlanúl *a nyomás, melyet a gáz a környező buroknak minden egyes négyszöghüvelykére gyakorol*. A gáz kitágul, térfogata nagyobb lesz. Jelöljük e térfogatnövekvést a-val. Emeljük a hőmérséket még egy fokkal, $2a$ leszen a térfogatnövekvés; egy harmadik fok $3a$-nyi tágulást idéz elé, és így tovább. Látjuk tehát, hogy minden egyes hőfok, melylyel a gáz hőmérsékét növeljük, egy és ugyanazon mennyiséggel növeli a gáz térfogatát. Mekkora már most ez a mennyiség? Bárminő legyen a gáz térfogata a fagypont mellett: ha e hőmérséket egy Fahrenheit-féle fokkal emeljük, ez által a gáz térfogatát az előbbi térfogatnak $^1/_{490}$-ed részével növeljük. Ha pedig egy Celsius-féle foknyi a hőmérsékemelés, akkor a térfogatnagyobbodás annyi mint az eredeti térfogatnak $^1/_{273}$-ad része. Egy köbláb zérusfokú gáz, például, 1 és $^1/_{273}$ köbláb tért fog elfoglalni, ha hőmérsékét egy C.-féle fokra emeljük. Tizedes törtekben:

Egy térfogatú 0^0 C. fokú gázból

1° C. hőmérsék mellett lesz $1 + 0{,}00366$
2° C. „ „ „ $1 + 0{,}00366 \times 2$
2° C. „ „ „ $1 + 0{,}00366 \times 3$
térfogat és úgy tovább.

A 0,00366 állandó számnak — tágulás együtthatója a neve — s azt fejezi ki, hogy a gáz térfogata a zérus fok melletti térfogatnak ennyi hányadrészével növekedett, midőn hőmérséke a fagypont hőmérsékéről egy Celsius-féle fokra emeltetett. Ha Fahrenheit-féle fokokat használunk, természetes hogy ezen együttható csekélyebb lesz és pedig 9 s 5 viszonya szerint.

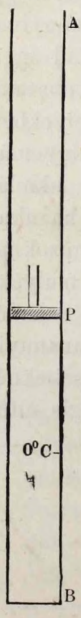
70. Igen nevezetes és nagy jelentőségű tény az, hogy valamennyi állandó gáz majdnem tökéletesen ugyanannyival tágul, midőn hőmérséke egy fokkal emeltetik. Ebből igen nagy valószinűséggel egy nevezetes következtetést vonhatunk azt t. i. hogy a hő munkája mindazon esetekben, melyekben valamely gázt kitágit, egyedül csak az állandó külnyomás legyőzésében áll; más szavakkal: a hőhatás nincs akadályozva a gázatómok kölcsönös vonzása által. Mert ha akadályozva volna, úgy jogosan azt várhatnók, hogy a gázoknál is a tágulásnak ugyanazon szabálytalanságait találjuk, melyekkel a szilárd és a cseppfolyó testeknél találkozunk. Szándékosan mondtam elébb, »majdnem tökéletesen ugyanannyival«, mert némely gáz, bár a közönséges hőmérsékeknél állandóan megtartja légnemű állapotát, némileg mégis eltér a szabálytól. Kitűnik ez a következő táblából:

a gáz neve	a tágulás együtthatója
hydrogén	0,00366
levegő	0,00367
szénoxyd	0,00367
szénsav	0,00371
nitrogénoxydul-gáz	0,00372
kénessav	0,00390

A hydrogén, a levegő és a szénoxyd igen jól egyeznek; némi csekély különbség mégis van együtthatóik között,

s a hydrogéné a legkisebb. A többieknél nagyobb eltérést tapasztalunk a szabálytól, s különösen tekintetbe veendő, hogy azon gázok, melyeknél ezen eltérés a legnagyobb, egyszersmind azok, melyek legközelébb állanak folyékonyodásuk pontjához. A táblában elésorolt gázok közül a három elsőt folyadékká sűríteni még eddig nem sikerült, a többit igen. Ez utóbbiak valóban t ö k é l e t l e n gázok, melyek bizonyos középállást foglalnak el a folyékony és a tökéletes gázállapot között.

71. Ennyire tisztában lévén, közeledjünk lassacskán egy érdekes, de nehéz tárgyhoz. Tegyük fel, hogy egy igen magas (*A B*, 21. ábra) henger, melynek keresztmetszete egy négyszöghüvelyk területű, bizonyos mennyiségű levegőt foglal magában. Legyen a hengernek *A* vége nyitott s legyen *P* oly dugattyú, mely a hengerbe légáthatlanul beillik s abban s u r l ó d á s n é l k ü l fel és alá tolható. E dugattyú súlyát, később adandó okoknál fogva, két fontra és egy unciára teszem. Álljon a dugattyú a kisérlet kezdetén például *P* ponton, s legyen e pontnak a henger *B* fenekétől mért távolsága 273 hüvelyk, a dugattyú alatti lég hőmérséke pedig 0° C. Ha e levegőt 0°-ról 1 C. fokra megmelegitjük, a dugattyú egy hüvelykkel fog feljebb emelkedni, tehát 274 hüvelyknyire álland a henger feneke felett; ha a hőmérséket két fokkal emeljük, 275 hüvelyket teend a dugattyúállás magassága; három foknyi hőmérsékemelés mellett 276 hüvelyket; tiz foknyi emelés mellett 283 hüvelyket, s ha a hőmérsék 273 C.-fokra emeltetnék, világos hogy akkor a dugattyú alatti légoszlop magassága 273 hüvelykkel fogna nagyobbodni; más szavakkal: ha a levegőt 0°-ról 273 C.-fokra megmelegitjük, t é r f o g a t a m e g k é t s z e r e z ő d i k.



21. ábra.

72. E kisérletnél bizonyos munkát végez a gáz. Ha kitágul s a *P* ponton túl terjeszkedik, legyőzni kénytelen a

légkör nyomását, mely egy-egy négyszöghüvelykenként annyi mint 15 font és legyőzni kénytelen a két font és egy unczia súlyú dugattyú nehézségét. Mivel pedig a dugattyú keresztmetszetének területe egy négyszög hüvelyk, a gáznak térfogata megkettőztetésénél kifejtett munkája egyenlő azon munkával, melyet kifejtene, a midőn 17 fontot és egy uncziát azaz 273 uncziát 273 hüvelyknyi magasságra emelne. Ez tökéletesen ugyanaz, mintha a levegő P felett egészen el volna távolítva, s oly dugattyú állana ott, melynek súlya 17 font és egy unczia.

73. Módosítsuk kisérletünket; ne engedjük hogy a gáz, mialatt melegíttetik, kitáguljon; akadályozzuk meg a tágulást az által, hogy a gázra gyakorolt nyomást a kellő mértékben nagyobbítjuk. Más szavakkal: azon legyünk, hogy a gáz térfogata állandó maradjon a melegítés tartama alatt. Tegyük fel, hogy hőmérséke a kisérlet kezdetén, úgy mint elébb, 0^0 C. és a reá gyakorolt nyomás, beleszámítva a dugattyú súlyát is, szintúgy mint elébb 273 unczia. Ha az elzárt léget 0 C. fokról 1 C. fokra megmelegítjük, vajjon mekkora súlyt kell P-hez csatolnunk, hogy a lég térfogata állandó maradjon? Épen egy uncziát. Kezdetben ugyanis 273 uncziányi nyomás alatt állónak gondoltuk a léget, a nyomás pedig, melyet tart, rugalmassága erejének a mértéke. Az által tehát, hogy a léget egy fokkal megmelegítettük, rugalmassága erejét a 0^0-nál meg volt rugalmassága erejének $^1/_{273}$-ad részével növeltük. Ha 2 fokra melegítjük, a nyomást két uncziával kell növelnünk, hogy térfogata állandó maradjon; három fokra való melegítésnél hárommal, s ha a hőmérséket 0 C. fokról 273 fokra emeljük, a súlynagyobbításnak is 273 uncziát kell tennie, azaz a nyomást meg kell kétszereznünk, hogy a térfogat állandó maradjon.

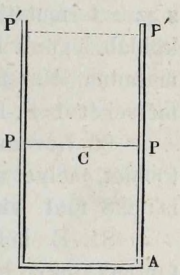
74. Csupán a könnyebbség kedvéért s hogy a törtszámokat elkerülhessem, tettem a nyomást a kisérlet kezdetén 273 uncziára. Lehet a nyomás bármilyen, ha a gáz hőmérséke egy C. fokkal emeltetik, ez mindig annyival fokozza

rugalmasságát, a mennyit a fagypontnál meglevő rugalmasságának $^1/_{273}$ része teszen, és ha a hőmérséket 273 fokra emeljük, ez által megkétszerezzük a gáz rugalmasságát, feltéve hogy a térfogat állandó maradott. Hasonlítsuk össze e kisérletet az elébbivel. A mannál bizonyos mennyiségű gázt 0 fokról 273 C. fokra melegitettünk, ez által megkétszereztük térfogatát s azt értük el vele, hogy 273 uncziát 273 hüvelyknyi magasságra emelt. E mennél ugyanannyi gázt 0 fokról 273 C. fokra melegitünk, de nem engedjük, hogy munkát végezzen, hanem állandóan megtartjuk a tér fogatát. A megmelegitett anyag mennyisége mind a két esetben ugyanaz; a hőmérsék, melyre az anyag melegittetett, szintén ugyanaz; de vajjon egyenlő-e mind a két esetben a léggel közlött absolut hőmennyiség? Korántsem. Feltéve, hogy 10 szemerre volna szükségünk valamely tüzelő-anyagból, hogy az állandó térfogatú gáz hőmérsékét 273 fokra emeljük akkor ugyanazon tüzelőből $14^1/_4$ szemert kellene elégetnünk, hogy az állandó nyomás alatt levő gáz hőmérsékét 273 fokra emeljük. Az ezen utóbbi esetben hozzátett $4^1/_4$ szemernek elégetése által kifejtett hő egyes-egyedül a súly emelésére fordittatik. A pontosabb számadások azt mutatják, hogy: a térfogat állandóságának esetében megkivántató hőmennyiség, úgy áll a nyomás állandósága mellett szükséges hőmennyiséghez, mint 1 : 1·421-hez.

75. E rendkivül nevezetes tény képezi az alapot, melyre a hő mechanikai egyenértékének első kiszámitását fektették. Oly pontot értünk itt el, mely megérdemli és igénybe is veszi teljes figyelmüket. Megkisértem végrehajtani önök előtt e számitást.

76. Legyen C egy hengeralakú edény, melynek keresztmetszete egy négyszöglábat teszen. Jelölje PP egy köbláb légnek a felszinét s legyen e lég hőmérséke 0^0 C. vagy 32^0 F. A hengernek A-tól P-ig számitott magassága tehát annyi

mint egy láb. Hevitsük e léget mindaddig, míg térfogata kétakkorává nem válik. Hogy ezt elérhessük, hőmérsékét, mint már elébb magyaráztuk, 273 Celsius-féle, vagy 490 Fahrenheit-féle fokkal kell emelnünk. A lég felszíne $P'P'$-en fog állani a kitágulás után, azaz egy lábnyira a kezdetben elfoglalt állása felett. Ámde PP-től $P'P'$-ig emelkedvén, visszaszorította a légkört; ez pedig 15 fontnyi nyomást gyakorol felszínének minden egyes négyszög-hüvelykére; más szavakkal: $144 \times 15 = 2160$ fontnyi súlyt emelt egy lábnyi magasságra.



22-ik ábra.

77. A lég hőfoghatósága annyi mint 0·24, a vizét vevén egységül. A mi egy köbláb légünk súlya pedig 1·29 unczia; e szerint tehát azon hőmennyiség, mely 1·29 unczia légnek 490 F.-féle fokra való megmelegítésére szükséges, annyi vizet melegítene meg 490 F.-féle fokra, a mennyinek a súlya valamivel kisebb mint 1·29 unczának a negyedrésze. Az 1·29 unczia légünkkel egyenértékű vízmenyiség $1{\cdot}29 \times 0{\cdot}24 = 0{\cdot}31$ unczia.

78. De 0·31 unczia víz 490 F.-féle fokra melegítve ép annyi meleget kíván, mint 152 unczia, azaz $9^1/_2$ font, 1 F.-féle fokra melegítve. Azon hő tehát, mely a mi egy köblábnyi légünkkel közöltetvén, e lég térfogatát kétakkorára növesztette s módot adott neki, hogy 2160 fontot egy lábnyi magasságra emeljen, ugyan e hőmennyiség $9^1/_2$ font víz hőmérsékét egy F.-féle fokkal emelhetné.

79. Ez esetben a lég *állandó nyomás alatt* melegittetett, s már hallottuk, hogy az a hőmennyiség, mely az állandó nyomás alatt álló lég hőmérsékének bizonyos számú fokkal való emelésére szükséges, úgy áll a hőmennyiséghez, melyet az *állandó térfogatú* gáz hőmérsékének ugyanannyi fokokkal való emelése igényel, mint 1·42: 1-hez. Ebből a következőre jutunk:

1·42: 1 = 9·5 font: 6·7 fonthoz,

s ez azt mutatja, hogy az a hőmennyiség, mely a mi egy köbláb légünk hőmérsékét azon esetben, ha térfogata állandó maradna, 490 F.-féle fokkal emelné, 6·7 font viznek a hőmérsékét 1 F.-féle fokkal fogná emelni.

80. Levonván 9·5 fontból 6·7 fontot, azt találjuk, hogy a hőtöbblet, melyet a léggel az esetben kell közölni, midőn tágulhat is: 2·8 font viz hőmérsékét 1 F.-féle hőfokkal emelhetné.

81. E hőtöbblet, előbbi magyarázatunk szerint, 2160 fontnak egy lábnyi magasságra való emelésére fordittatik. 2160 osztva 2·8-el annyi mint 771·4. Vagyis: az a hőmennyiség, mely 1 font viz hőmérsékét 1 F.-féle fokkal emeli, 771·4 fontot 1 lábnyi magasságra képes felemelni.

82. Ez uton haladott Mayer, heilbronni orvos, midőn 1842-dik év tavaszán a hő mechanikai egyenértékét számitgatta.

83. Mayer első értekezésében csak jelezve van az út, melyen az egyenértéket kereste; a számitás részletei nincsenek közölve. Ezen értekezésében mondotta ki az erő átalakitható és meg nem semmisithető voltát, s a hő mechanikai egyenértékét csak annyiban vette tekintetbe, a mennyiben az ő alapelveinek felvilágositására szolgált. Nyilvánvaló, hogy a szóban forgó munka csak előleges tudósitás-féle volt, melyben a szerző megállapitani kivánta az általa tett felfedezés idejét. Következő munkái kölcsönöztek nagy jelentőséget a bennök tovább kifejtett elméletnek. 1845-ben egy rendkivüli értékü és fontosságú iratot bocsátott a nyilvánosság elé a szerves mozgásról és táplálkozásról. Ezt 1848-ban „adalékok az ég dynamikájához“ czimü munkája követte, melyben nagy merészséggel, elmeéllel és teljességgel fejti ki a napnak meteóri elméletét. Ezek után következett még egy negyedik irat 1851-ben, s ez is, úgy mint a többi, magán viseli a nagy szellemi tehetség jellegét. Egészben és nagyban véve dr. Mayernek elvitázhatlan joga van, hogy mint igazi lángeszü férfiú a hő mozgási elméletének megalapitói között az első sorba állittassék.

84. Az 1843-ik év aug. 21-ikén Joule egy értekezést * adott át az akkor Corkban gyülésező brit természetvizsgálók társulatának. Ezen értekezés egy része „a hő mechanikai értéké"-nek meghatározását tárgyalja. Kisérletek hosszú sora előzte meg e nyilvános fellépést, úgy hogy Joule és Mayer munkái tökéletesen egyidejűek voltak. E terjedelmes vizsgálatok szerint ez egy font viznek egy F.-féle fokkal való melegitésére szükséges hőmennyiség egyenértékü:

1. 896 lábfonttal	5. 1026 lábfonttal
2. 1001 „	6. 587 „
3. 1040 „	7. 742 „
4. 910 „	8. 860 „

85. A vizet szük csöveken eresztvén át Joule

770 lábfont

egyenértéket talált.

86. 1848-ban a lég sürítésére vonatkozó kisérleteiből következő egyenértékeket nyerte:

823 lábfont	814 lábfont
795 „	760 „
820 „	

87. A mint a vizsgáló a tapasztalatokban gyarapodott, azon módon mind egyezőbbeknek találjuk eredményeit. 1845-ben a lapátos kerék által habart vizen tett kisérleteiből

890 lábfont

egyenértéket kapott.

88. Midőn az igy talált egyenértékeket összefoglalta s valamennyinek a középértékét vette, egyenértékül

817 lábfontot kapott.

89. Két kisérlet középértékeül 1847-ben

781 lábfontot nyert.

90. Végre 1849-ben, midőn mindazon elővigyázatbeli szabályokat alkalmazta, melyeket hét évi tapasztalataiból

---

* Phil. Magaz. 1843, vol. XXIII, p. 435.

meritett, a hő munkabeli egyenértékeül a következő számokat találta:

772·692 viz surlódása által; 40 kisérletből vett középérték
774·083 higany „ „ ; 50 „ „ „
774·987 öntöttvas„ „ ; 20 „ „ „

Joule ezen kisérletei a legnevezetesebbek közé tartoznak, melyek a physika körében valaha tétettek. Egymagukban is elegendők a hő mozgási elméletének szigorú bebizonyitására.

91. Joule az értekezésében eléadott okoknál fogva szabatos egyenértékül

772 lábfontot

állapitott meg.

92. Azon mód szerint, melyet Mayer 1842-ben követett, az egyenérték

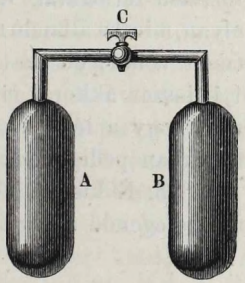
771·4 lábfont.

Az ily egyezés megnyugtatja a szellemet, a hő munkabeli egyenértékének helyes voltához a bizonytalanságnak legcsekélyebb árnyéka sem férhet.

93. Az iméntiekben röviden vázolt, halhatatlan kisérletek Joulet a legelsőrendü physikusok sorába helyezik. Mayer művei, némi részben, egy mélyelméjü intuitio bélyegét viselik magukon, mi azonban ő nála a kétségtelen meggyőződés erejére emelkedik. Joule munkái ellenben kisérleti bizonyitékok. Mayer úgy gondolta ki az ő elméletét s nagyszerüen alkalmazta; Joule pedig kidolgozta a magáét s a megdönthetetlen igazság erejével fegyverezte fel. Mayer, hiven honának szemlélődő ösztönéhez, nagy és fontos következtetéseket húzott jelentéktelen előzményekből; az angol pedig mindenekelőtt arra fordított gondot, hogy tényeket állapitson meg visszavonhatatlanúl. A tudománynak jövendőbeli történetirója, úgy gondolom, nem fogja e férfiakat mint antagonistákat elétüntetni. Mindenikét oly dicsőség illeti, mely nem egyhamar tünik el; mert egyik is ,másik is részt vett nem csak a hő mozgási elméletének megállapitásában, hanem

azon útnak a megnyitásában is, mely a világegyetem általános erélykészletének helyes megitéléséhez vezet.

94. Állapodjunk meg még egyszer, mielőtt ama befolyást tovább fejtegetnők, melyet a munkafejtés a gázzal közlendő hő mennyiségére gyakorol. Nem lehetséges-e a gázt úgy kitágitani, hogy munkát ne hajtson végre? E kérdésre a következő nevezetes kisérlet, melyet Gay Lussac tett először, ad feleletet. Itt van két, egyenlő nagyságú (*A* és *B*) rézedény; az egyik *A* légüres, a másik *B* levegővel telt. Ha a *C* csapot megfordítom, a *B*-ben lévő levegő *A*-ba özönlik át mindaddig, míg a nyomás mind a kettőben egyenlő nem lesz. A levegő munkát fejt, midőn saját részecskéit *B*-ből kihajtja; s előbbi kisérletekből már tudjuk, hogy a *B*-ben visszamaradt levegőnek meg kell hűlnie. A levegőrészecskék bizonyos sebességgel érkeznek *A*-ba, s hogy e sebesség létrejöhessen, arra a *B*-ben lévő levegő saját melegét kénytelen átengedni. De a részecskék csakhamar az *A* felületéhez ütődnek, haladó mozgásuk megszűnik, s igy *A*-ban ismét megkerül tisztára az a hőmennyiség, mely a *B*-ben eltünt. Keverjük össze az *A* és a *B* tartalmát; a levegőnek ugyanoly hőmérséke lesz, mint volt a kisérlet kezdetén. Munka nem tétetett, s igy hőfogyasztás sincs. Joule a hő mozgási elmélete szempontjából ismételte e kisérletet: annyi levegőt szoritott az egyik edénybe, hogy a nyomása huszonkét légkörével lett egyenlő, a másik edény pedig légüres volt. Midőn a gáz az egyikből a másikba átömlött, hőmérsék-emelkedés a két edényt környező és kellően habart vizben épen nem mutatkozott *. Tegyük fel ilyenformán, hogy a 21-ik ábrában látható henger felső vége el legyen zárva s a dugattyú felett



23-ik ábra.

* Phil. Mag. 1845, vol. XXVI, p, 378.

lévő fele légüres legyen; és tegyük fel, hogy alsó felében lévő levegő állandó térfogat mellett 273 fokra melegittessék. Ha már most a nyomás eltávolittatnék, a levegő kitágulna s megtöltené az egész hengert. E közben a légoszlop alsó része meghűlne, a felső pedig megmelegednék, s ha mind a két részt összekevernők, 273 fokú lenne az egész légoszlop hőmérséke *. Ez esetben a lég hőmérsékét 0 fokról 273 fokra emeljük s azután megengedjük, hogy a lég megkettőztesse térfogatát. Kezdetben és végén a lég hőmérséke ép olyan, mintha állandó nyomás mellett kitágult, vagy állandó súlyt emelt volna; de az ezen esetben megkivántató hőmennyiség 1,421-szer akkora, mint az első esetbeli. E különbség onnan van, hogy a lég az egyik esetben mechanikai munkát fejt, a másikban pedig nem.

95. E kisérletből kitűnik, hogy a gyérités egyedül még nem elegendő a légtömeg középhőmérsékének alábbszállitá-

---

* Nemrégiben jöttem reá, hogy Faraday (Researches in Chemistry and Physics, p. 221) említ egy esetet, melyben a szövegben idézett hatás meg volt figyelve. Faradaynek ez esetre vonatkozó magyarázata tanulságos példát nyújt az anyagi hőelmélet alkalmazására. A megfigyelés 1827-ben történt egy gyárban, melyben tovaszállitható gázt készitettek. „Gyakran megtörténik", irja Faraday, „hogy oly gázt, mely 30 légnyomás alatt állott, rögtön bebocsátanak e hosszú hengerekbe; csodálatos hatás mutatkozik ilyenkor. A hengernek azon vége, melyen a gáz beömlik, erősen meghül, az ellenkező vég hőmérséke ellenben tetemesen fokozódik. E hatás a gáz hőfoghatóságának megváltozásából ered, mert ott, hol a gáz az edénybe beömlik oly térekből, melyekben 30 légnyomás alatt állott, rögtön kitágul, hőfoghatósága nagyobb lesz, hőmérséke száll; ennélfogva tehát meghűti az edénynek azon részét, melylyel érintkezésben van. De ha a gázt, mely ilymódon vett fel hőt az edénytől, az utána jövő gázrészek a hengernek másik vége felé hajtják s ott összeszoritják, akkor csökken a hőfoghatósága s ez egy pillanat előtt elnyelt hőnek legalább egy részét visszaadja." A régi magyarázatra vonatkozó szavakat szórtabban nyomattam. Jelenleg tudjuk, hogy az itt feltételezett hőfoghatóságbeli változás nem létezik.

sára. Általános volt azon nézet, s még most is hallani néha, hogy a gáznál maga a puszta tágulás hűlést eszközöl, bármily módon jött légyen létre ama tágulás. A légkör felsőbb rétegeinek hideg voltát a lég tágulásának tulajdonították. Úgy vélekedtek, hogy az, a mit „hőfoghatóságnak“ neveztünk, nagyobb mértékben van meg a légnemeknél, ha gyérítve vannak, mint ha nincsenek; hogy tehát a hűlést a gyérítés következményének kell tekinteni. De azon hűlés, mely a légben beáll, midőn a lég tágul, valóban csak annak tulajdonitandó, hogy a hő munkává alakul. A hol nincs munkafejlesztés, ott az összes tömeg hűlése sem áll be. Mindez hogy világos legyen, gondolkodást kiván; de minden ilynemű erőfeszítés, melyet most magukra szabnak, meg fogja könnyíteni későbbi törekvéseiket, s ha még most talán nem is juthatnak odáig, hogy a dolgokat tökéletesen megértsék, ismételve türelmet kérek. Ne hagyják el tárgyunknak e részét a nélkül, hogy megkisérlenék azt megérteni; küzdjenek vele egyideig, de ne csüggedjenek, ha tiszta belátáshoz jutniok nem sikerülne.

96. Más, érdekes kérdésre kell most figyelmöket irányitanom. Láttuk, mint fokozza a hőmérsék emelése a gáz rugalmas erejét. Oly burokban, mely ki nem tágul, a bennzárt gáz a hőmérsék minden egyes fokával, bizonyos, határozott rugalmas erőbeli növedéket nyer, melyet a gázlövevények fokozott erélyének kell tulajdonitanunk. Ha 0 foktól felfelé számitunk, azt találjuk, hogy minden egyes fok, melylyel a hőmérséket növeljük, a rugalmas erőnek oly fokozódását idézi elé, mely $^1/_{273}$-ad része a 0 foknál meglevő rugalmas erőnek, hogy tehát a hőmérséknek 273 fokkal való emelése által megkétszerezzük a gáz rugalmas erejét. Tegyük fel, hogy ugyanez a törvény érvényes, midőn a zérus foktól l e f e l é számítunk, hogy tehát minden egyes fokkal, melylyel a gáz hőmérsékét alább szállitjuk, rugalmas erejét vagyis az ezen erőt szülő mozgást, az eredetileg meglevő rugalmas erőnek $^1/_{273}$-ad részével csökkentjük; világos, hogy

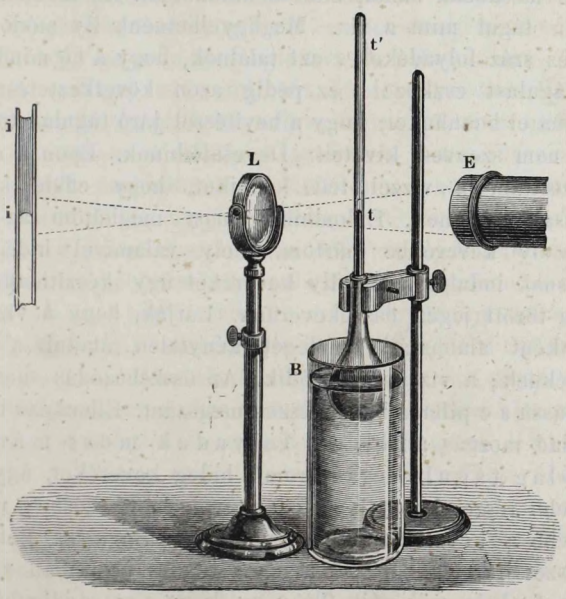
azon hőmérsék mellett, mely 273 C.-féle fokon állana a zérus alatt, a rugalmas erő teljesen megszünnék. Azon mozgásnak, melytől a rugalmas erő származik, itt meg kell szünnie, s itt elértük azt, a mit a hőmérsék zéruspontjának neveznek.

Kétségtelen azonban, hogy a valóságban minden gáz mielőtt ennyire lehülne, már eltér az összehúzódásnak fennérintett törvényétől, s szilárd testté válnék, még mielőtt elérné a —273 fokot vagyis az absolut zéruspontot. Sokkal alantabb áll ez minden eddig eléállíthatott alacsony hőmérséknél.

Ma már nem akarom e nehéz tárgygyal tovább erőltetni figyelmöket; hanem áttérek a folyadékok tágulásának kisérleti felvilágositására.

97. Itt van egy erősen bedugaszolt és alkohollal megtöltött lombik. A dugón át vizáthatlanul megyen *tt'* cső, melyben a folyadék körülbelül egy lábnyi magasan áll. Ha majd a lombikot megmelegitem, az alkohol kitágul s a csőben felemelkedik. De önöknek látniok kell emelkedését s hogy ezt lehetővé tegyem, a *tt'* csövet *E* villanylámpa elé állitom s erős fénynyalábot vezetek a *t'* pontra, melyben a folyadékoszlop végződik. Cső és oszlop meg vannak világitva. A cső elé *L* lencsét állitok fel oly távolságban, hogy az oszlopnak nagyitott *ii* képét ezen ernyőre vesse. Világosan látják, hogy hol végződik az oszlop, s mozgását, ha majd bekövetkezik, észrevehetik. Fölösleges megemlitenem, hogy a lencse megforditott képet vet az ernyőre s hogy, ha a folyadék kitágul, az oszlop vége lefelé fog haladni az ernyőn. Ezen *B* üvegedénybe meleg vizet öntök s felemelem úgy, hogy a lombik a vizbe merüljön. Figyeljenek e kisérletre mindjárt a kezdetben. A lombik most már meleg vizben van s oszlopunk felfelé halad az ernyőn, mintha összehúzódnék; megáll, most lefelé kezd haladni. E mozgását ezentúl megtartja. De honnét amaz első emelkedés? ez nem az alkohol összehúzódásának tulajdonitandó, hanem a lombik pilla-

natnyi kitágulásának. A hő ugyanis előbb a lombikkal közlődik; ez tehát kitágul, mielőtt még észrevehető hőmennyiség érhette volna el a folyadékot; onnét az oszlop



24-ik ábra.

esése. De a folyadék tágulása csakhamar felülmúlja az üvegét s az oszlop emelkedik. Ez által két dolog lesz szemlélhetővé: a szilárd üvegnek kitágulása hő által; s azon tény, hogy a folyadéknak általunk megfigyelt tágulása nem adja a folyadék térfogatának valódi növekedését, hanem csak azon különbséget, mely a folyadék és az üveg tágulása között létezik.

98. Itt van még egy lombik; olyan nagy, mint az előbbi; olyan csöve is van; de vizet tartalmaz. Ugyanoly állásba hozom mint az előbbit s ismétlem vele az imént

alkohollal tett kisérletet. Az első, a mit látnak, ismét az üveg tágulásának mulékony befolyása, utána következik a folyadék tartós tágulása; azonban észrevehetik, hogy ez itt sokkal lassabban halad, mint az alkoholnál. Az alkohol gyorsabban tágul mint a víz. Megfigyelhetnénk ily módon még száz és száz folyadékot, s azt találnók, hogy a hő mindegyikben tágulást eszközöl; ez pedig azon következtetésre csábíthatna el bennünket, hogy a hevítéssel járó tágulás törvény, mely nem szenved kivételt. De csalódnánk. Épen a czélból választottam a vízzel telt lombikot, hogy efféle kivételt mutassak önöknek. E lombikot most meghűtöm az által, hogy oly keverékbe mártom, mely valamivel hidegebb a fagyásnak indult víznél. Ily keveréket úgy készíthetünk, ha sót és törött jeget összekeverünk. Látják, hogy a vízoszlop lassanként alábbszáll; melegét kénytelen átadni a hideg keveréknek; a víz összehúzódik. Az összehúzódás most már igen lassú s e pillanatban egészen megszünt. Ellenkező irányú, lassúdad mozgás áll be, s a folyadék most már láthatólag tágul. Megkavarom a hideg keveréket, úgy hogy hidegebb részei jöjjenek az edénynyel érintkezésbe; mennél hidegebb a keverék, annál gyorsabb a tágulás. Látjuk, a természet itt megállapodik a maga rendes járásában s ellenkezőre fordítja szokásait. Tény az, hogy a víz addig húzódik össze, míg 39 F.-féle, vagy 4 C.-féle fokú hőmérséket el nem ér; e ponton megszűnik az összehúzódás. Ez a víz legnagyobb sürüségének a pontja. Innét lefelé egészen a fagypontig tágul s midőn jéggé válik, tágulása rögtönös és jelentékeny. A jég, tudjuk, úszik a vízen, mert e tágulás következtében könnyebb lett. Ha ismét hőt vezetünk hozzá, a változások sorozata megfordul: az oszlop alászáll s mutatja, hogy a hő összehúzódást hozott létre a folyadékban. Bizonyos idő mulva megszűnik az összehúzódás, és tartós tágulás áll be.

99. E tömecsbeli változások oly erővel mennek végbe, melynek épenséggel nem lehet ellenállani. Közönségesen oly

körülmények között történnek, melyek nem nyujtanak alkalmat, megfigyelnünk az e változások végbementénél működő erőt. De hogy mégis példát adhassak önöknek ezen erőre nézve, bizonyos mennyiségü vizet zártam e vaspalaczkba. A vas jó félhüvelyk vastag, a vízmennyiség csekély, de mégis elegendő, hogy az edényt megtöltse. A palaczk egy csavar által van bezárva, mely jól oda illik a nyakába. Itt van még egy másik ugyanolyféle s épen úgy elékészített palaczk. Mind a kettőt e rézedénybe teszem s hideg keverékkel veszem körül. Lassanként meghülnek, s a beléjök zárt víz mind közelébb jő legnagyobb sürüsége pontjához. Kétségtelen, hogy a víz e pillanatban be nem tölti az egész palaczkot; kis légüres tér keletkezik benne. De az összehúzódás csakhamar véget ér, s tágulás áll be; a légüres tér megtelik, s a víz, folyékony állapotából, lassanként a szilárd állapotba megyen át. Ezen állapotban nagyobb térre van szüksége, a merev vas pedig nem akar számára tért engedni. De a vas keménysége tehetetlen az atómok erejéhez képest. Mert ezek az atómok valóságos óriások, csakhogy alattomban. Hallják e recsecsenést? a kristályodó atómok szétrepesztik a palaczkot; most a másik is szétrepedt. Ime itt vannak a töredékeik; felismerhetik rajtok az edények vastagságát. Már most némi fogalmat alkothatnak maguknak azon erő nagyságáról, mely e palaczkokat szétrepesztette. *

100. Könnyen megérthetik most már azon hatást, melyet a téli fagyok, házaik vízvezető csöveire gyakorolnak. Itt van több darab ilyféle szétrepesztett csövekből. A kárt csak akkor veszik észre, midőn lanyha idő áll be, de a kár valóban a fagyok idejében történt; a csövek megrepednek s midőn a szilárd anyag ismét folyékony lesz bennök, a víz kifut a réseken.

---

* Egy hüvelyk vastag fémhengerek nem képesek egy kis galvántelep bontó hatásának ellenállani. Gassiot sok ily hengert repesztett szét elektrolytikai gázzal.

101. Alig szükséges egy szót is szólanom arról, hogy mily jelentősége van a víz fenn leírt tulajdonságának a természet háztartásában. Gondoljanak egy tavat s tiszta téli eget felette. A felszínen lévő víz meghűl, sürűbb lesz, nagyobb súlyánál fogva lesülyed, s az alant fekvő könnyebb lép helyébe. Rövid idő mulva ez is meghűl, ez is lesülyed. Ily módon tehát beáll bizonyos keringés, a midőn t. i. a hideg, sürü víz lesülyed, a melegebb és könnyebb pedig a felszínre emelkedik. Gondolják hogy ez így folytatódnék akkor is, mikor már a pöngő jég a felületen képződni kezd; a jég azonnal alámerülne, a mint képződnék * s e folyamat addig tartana, míg a tónak minden vize meg nem szilárdulna. Halála lenne ez a vízben lakó minden élő lénynek. De a természet épen akkor, midőn a dolgok válságos alakot öltenének, letér a közönséges útról; a víznek megengedi, hogy hűlés közben táguljon, s hogy a hideg víz, mintha zsír volna, úszszék az alatta levő melegebb víz felületén. Később aztán megszilárdul; de ez a szilárd test sokkal könnyebb levén az alatta fekvő folyadéknál, védő takaróul szolgál a mélység lakóinak.

102. Természetes, hogy az ily tények megragadják, és pedig joggal ragadják meg a kedélyt. Az élet vonatkozásai az élet feltételeihez, a czélnak és eszközeinek megfelelő volta, a mint ez a természetben minden lépten nyomon előtünik, — igaz —, a legnagyobb mérvben felébreszti a természetbuvár érdeklődését. De ha természeti tüneményekkel van

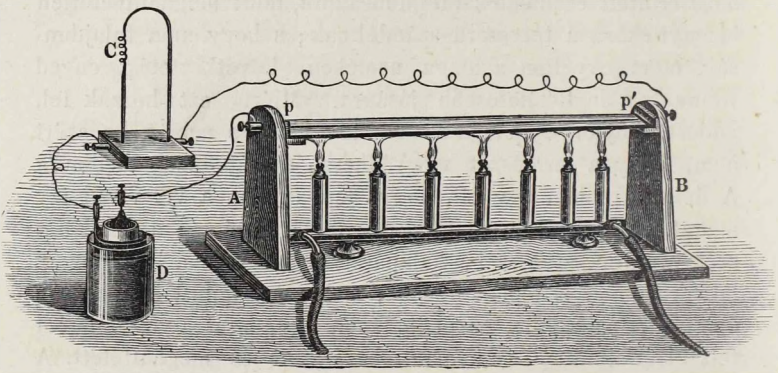
---

* William Thomson nemrég egy oly pontot érintett, mely megérdemli, hogy mindazok, a kik geologiai elméletekkel foglalkoznak, komolyan tekintetbe vegyék. Feltéve, hogy a föld kérge *összehuzódik*, midőn megszilárdúl — Bischoff kisérletei oda utalnak — úgy ebből az következik, hogy a föld kérge azonnal a mint képződött, behorpadott és elsülyedt volna. Ily körülmények között nagyon nehéz elgondolni, hogy folyékony mag körül szilárd réteg miként képződhetett; pedig közönségesen így vélekednek. Nasmyth úr azonban közli velem, hogy a megömlött sziklanemek *kitágulnak*, midőn megszilárdulnak.

dolgunk, gondosan kell őrködnünk az érzelmek felett. Gyakran oda visznek bennünket, hogy akaratlanul is túlhajtsunk a tények határain. Igy, például, hallottam hivatkozni a víznek most érintett csodálatos tulajdonságára, mint megdönthetetlen bizonyítékára a tervszerű szándéknak; s hogy ama tulajdonság, mert egyetlen a maga nemében, következtetést enged vonnunk a legtökéletesebb jóságra. »Miért« ezt hozzák fel, »miért kellene csupán a víznek így viselnie magát, ha azért nem, hogy a természet megvédhesse magát önmaga ellen?« A dolog azonban úgy áll, hogy nem csupán a víz viseli így magát. Látják, e vaspalaczk, nyakától egészen a fenekéig, szét van repesztve, s ha kalapácscsal szétverem, fémmagvat látnak benne. E fém a bizmút; mely megömlött állapotában öntetett a palaczkba, ez pedig épen úgy, mint a vízzel imént tett kisérletünknél, csavarral bezáratott és meghűttetett. A belezárt fém kihűlt, megszilárdult, kitágult; s a tágulás ereje elég nagy volt, hogy a vaspalaczkot szétrepeszsze. Itt ugyan nincsenek halak, melyeket meg kellene menteni, s az olvadt bizmút magaviselete mégis olyan mint a vizé. Egyszer mindenkorra kimondom, hogy a természetvizsgálónak, mint vizsgálónak czélokkal és szándékokkal nincs semmi dolga. Hivatása az, hogy nyomozza: »mi« a természet? és nem az, hogy *miért ilyen*? ámbár ő is mint mások, sőt még inkább mint mások, el lesz néha ragadtatva csodálatában azon titkok felett, melyek között él s melyeknek megoldására tanulmányai kulcsot nem szolgáltatnak.

103. Most már a szilárd testek tágulását kell elévennünk. Ezt következő módon teszem szemlélhetővé. E két *A* és *B* faczölöphöz *p* és *p'* sárgarézlemezkék szögecselvék. (25. ábra) Kezemben tartok két rudat; hosszaságuk egyenlő, az egyik sárgarézből van, a másik vasból. Látják, hogy egyik sem oly hosszú, hogy az egyik czölöptől a másikhoz érhetne. Ez okból *p* és *p'* mellé egy-egy farovátkot alkalmaztam; ezekre teszem a rudakat. A sárgarézlemezkék egyike kis Volta-telepnek *D* sarkával közlekedik, a másik lemezkétől fémhuzal

vezet *C* készülékhez, melyet az asztal átellenében látnak; e készüléktől is fémhuzal vezet egyenesen a telepnek másik sarkához. Az előttünk álló *C* készülék csak arra való, hogy



25-ik ábra.

egy kis platina-tekercset tartson, mely fehér-fényű izzásba jövend, mihelyt a telepből jövő villanyáram áthatol rajta. A vezető lánczolat egyetlen megszakadása jelen pillanatban csak a sárgaréz és a vasrúd elégtelen hosszától ered. Rövidebbek, semhogy a czölöpök közötti tért áthidalhatnák. A rudak alatt gázégetők állanak; ezeket meggyujtom, a rudak megmelegszenek, kitágulnak s nehány pillanat múlva egyik lemezkétől a másikig fognak nyúlni. Ha ez beáll, úgy az áram megindul, s a tényt, hogy a hézag át van hidalva, a platinahuzal rögtönös izzása fogja jelezni. A huzal még eddig fénytelen, tehát a híd még hézagos; de most már felvillan, annak jeléül, hogy vagy az egyik, vagy talán mind a két rúd annyira kitágult, hogy átér az egyik czölöptől egészen a másikhoz. Melyik a kettő közül? Eltávolítom a vasból valót, de a huzal még mindig izzó; visszateszem a vasat s elveszem a sárgarezet; íme a fény eltűnik. Tehát a sárgaréz volt az, mely a közt áthidalta. Egy példát látunk itt, nem

csak a tágulás általános tényére vonatkozót, hanem azon tényre is, hogy különböző testek különböző mérvben tágulnak.

104. A tágulás úgy a réznél, mint a vasnál igen csekély; megmérése végett különböző készülékeket gondoltak ki. Ily készülékeknek általában pyrometer a nevök. Van azonban egy eszközöm, melylyel a hatást sokszorozhatom; ez a közönséges pyrometernél sokkal hatásosabb. Ime itt van egy fennálló szilárd vasrúd, hossza két láb; felső végével egy tükör van kapcsolatban, mely a villanylámpából reá ejtett erős fénynyalábot a falra veti. Ha majd a vasrúd megrövidül, a tükör forogni fog egy bizonyos irányban ha pedig meghosszabbodik, a tükör forgása ellenkező irányú leend. Bármily csekély legyen a tükör mozgása, e hosszú fényes mutató nagyítva tünteti azt elé; hosszúsága mellett még az az előnye is van, hogy szögsebessége kétakkora mint a tüköré. Még az emberi lehelet is, ha a tömör vasrúd felé irányzódik, képes a fénynyaláb észrevehető mozgását eléidézni; ha pedig a vasrudat borszeszlámpa lángjával csak egy pillanatig melegítem, a fényes mutató lefelé mozog s a falon látható fényfolt teljes 30 lábnyi úton halad végig. Eltávolítom a lámpát, s a rudat kiengedem hűlni; összehúzódik, a fényfolt pedig vissza, felfelé halad a falon. Kevés alkoholt freccsentek a rúdra; ez által gyorsítom hülését; íme a fény gyorsabban halad felfelé, most pedig már ott áll a padlás szegélyén, a hol a kisérlet kezdetén állott. *

105. Megmutattam, hogy különböző testeknek különböző képességök van a tágulásra;** hogy például a sárgaréz, ha melegítjük, erősebben tágul mint a vas. Itt van két vonalzó, az egyik sárgarézből készült, a másik vasból; széles lapjaikkal úgy vannak egymáshoz szögecselve, hogy a mostani

* Az e kisérletnél használt készülék egészen más czélra volt számva; ez okból tehát csak az elvét közlöm.

** Nehány ismeretesebb anyag tágulási együtthatója az e fejezethez tartozó függelékben található.

hőmérsék mellett egyenes, összetett vonalzót alkotnak. De ha a hőmérsék megváltozik, a vonalzó nem marad egyenes; egyik oldala felé meggörbül, ha megmelegszik; másik oldala felé pedig, ha meghül. Ha megmelegszik, a sárgaréz erősebben tágul s a meggörbült vonalzónak domború oldalát képezi; ha meghűl, ismét a sárgaréz húzódik erősebben össze s a vonalzó homorú oldalát képezi. Természetes, hogy az ily tényeket tekintetbe kell venni, ha olyasmit szerkesztünk, a minél elkerülni kívánjuk a meggörbüléseket. Azon erőnek, melylyel a testek tágulnak, nem vagyunk képesek ellenállani semmiféle, eddig rendelkezésünkre álló, mechanikai segédeszközökkel. Ezek a tömecserők, habár oly igen csekély határok között hatnak is, mégis majdnem végtelen nagy hatalmúak. A mérnökök a hidegnek összehúzó erejét kidülni kezdő falak visszaállítására használták fel. Ha valamely test törékeny s egyik részét megmelegítjük, az ezáltal előidézett tágulás olyannyira nyomhatja, vagy feszegetheti a másik részt, hogy törés áll be. Forró víz gyakran széttöri az üveget, melybe öntetett, mert az üveg belső felületének rögtönös tágulását idézi elé. Hanem épen így törhet össze az üveg kemény hideg okozta, rögtönös összehúzódás következtében is.

106. Néhány palaczkom van itt, igen vastag üvegből; úgy készültek, hogy kifúvatván, rögtön meg lettek hűtve. A külső rétegek előbb hűltek s előbb keményedtek meg; a belsők lassabban hülhettek, de mire meghűltek, már kemény burok környezte őket. E burok ellen irányul most összehúzódásuk hatalmas ereje; ennek pedig az a következménye, hogy a palaczkok felületén fekvő részecskék igen feszült állapotban vannak, ugy hogy s a legkisebb karczolás is törést szül. Kvarczszemecskét dobok e palaczkba. A kemény kvarczból e parányi kis szálka, a mint rá esik, kipattantja a feneket. Itt vannak még az úgynevezett Róbert-csöppek vagy hollandi üvegkönyek; ezeket is úgy készítik, hogy üveget csöppekké olvasztanak, s e csöppeket rögtön meghűtik. A külső boríték viselni kénytelen a belső összehúzódás feszültségét; de e

feszültség oly egyenletesen el van az egész felületen terjedve, hogy egyik rész sem enged. Ha azonban a csöppnek e vékony csücskét letöröm, egy pillanat alatt porrá hull szét az egész tömeg. Ezen üvegkönyet vízzel telt kis üvegpalaczkba merítem s kiálló csücskét letöröm; a köny szétpattan és pedig oly erővel, hogy a víz által tovább vezetett ütése darabokra töri a palaczkot.

107. A tágulásnak egy igen különös hatását figyelte és magyarázta meg nehány évvel ezelőtt Moseley kanonok. A bristoli székesegyház chórusát ólomlemezekkel födték be. A födél hossza 60 láb volt a födélgerincz irányában, 19 láb és négy hüvelyk a lejtő irányában. Befödetett 1851-ben. Két év mulva azt találták, hogy az egész födélzet teljes 18 hüvelyknyire lecsúszott. A lefelé való mozgás lassacskán és folytonosan ment végbe azon időtől fogva, melyben a födelet feltették. Megkisérlették ugyan gátat vetni a mozgásnak az által, hogy szögeket vertek a födél szarufáiba, de siker nélkül, mert az erő, melylyel az ólom lefelé csúszott, elég nagy volt, hogy a szögeket kihúzza. A födél nem volt meredek s az ólom maradandólag fekhetett volna rajta a nélkül, hogy nehézségénél fogva lefelé kellett volna csúsznia. Mi lehetett tehát a mozgás oka? Egyszerüen ez: az ólom az éj és nap változó hőmérsékének behatása alatt állott. Nappal kitágult, mert a nap sugarai melegitették. Ha vízszintes síkon fekszik, tágulása minden irányban egyenletes, de mert lejtőn feküdt, szabadabban tágult lefelé mint felfelé. Ha ellenben az éj hidege következtében összehúzódott, akkor a felső része könnyebben húzódott össze lefelé mint az alsó része felfelé. Mozgása tehát tökéletesen olyan volt mint a földi gilisztáé. Nappal előre csúsztatta az alsó részét, éjjel pedig maga után vonta a felsőt, s ily módon két év alatt 18 hüvelyknyire csúszott lefelé. Bármi csekély hőmérsékbeli változás, — akár éjjel akár nappal — késztette a csúszásra. Moseley kanonok csakugyan azt találta,

hogy e hatás kiválóan a naponkénti hőmérsékbeli változásoknak volt tulajdonitandó.

108. Nemcsak különböző testek tágulnak melegités közben különböző mérvben, hanem egy és ugyanazon test is különböző irányokban, különféleképen tágulhat. A kristályokban az atómok szabályosan fekszenek egymás mellett, s bizonyos irányokban szorosabban csatlakoznak egymáshoz, mint más irányokban. Valószinű tehát, hogy sok kristályos test atómjai bizonyos irányokban szabadabban és szélesebb határok között lenghetnek mint más irányokban; ennek pedig az lenne a következménye, hogy az ily test, melegités következtében, különböző irányokban különféleképen tágulna. E mészpátkristályról, melyet kezemben tartok, Mitscherlich tanár bebizonyitotta, hogy kristálytani tengelye irányában erősebben tágul mint bármely más irányban. Sőt mi több, a kristály egészben véve kitágul ugyan — azaz a hő növeli ugyan a kristály térfogatát — de a tengelyére függélyes irányú vonalban összébbhúzódik. Sok más kristály is különböző irányban különféleképen tágul s nem kétlem, hogy a legtöbb szerves szövedék, ha megvizsgáltatnék, ugyanezen tüneményt mutatná *.

109. A természet tele van oly szabálytalanságokkal, melyeket semmiféle előrelátás nem jósolhat meg, felfedeztetésök csak kisérleti úton lehetséges. Temérdek test magaviselete után itélve, azt kellene következtetnünk, hogy a meleg mindig tágulást eszközöl, a hideg pedig mindig összehúzódást; de a viz és a bizmút közbelépnek, hogy a szabály alól kivételt csináljanak. Ha valamely fémet összesajtolunk, hő fejlődik; ha pedig fémhuzalt kifeszitünk, hideg keletkezik. Joule és mások experimentáltak e tárgyban s az imént felállitott tényt majdnem általánosan helyesnek találták.

110. E szabály alól egy feltünő kivétel — valószinű hogy több is van — már sok év óta ismeretes. E kivételt szemlélhetővé kivánom tenni egy kisérlet által. Segédem egy

* Lásd e mű végén a magyar kiadáshoz készitett függeléket.

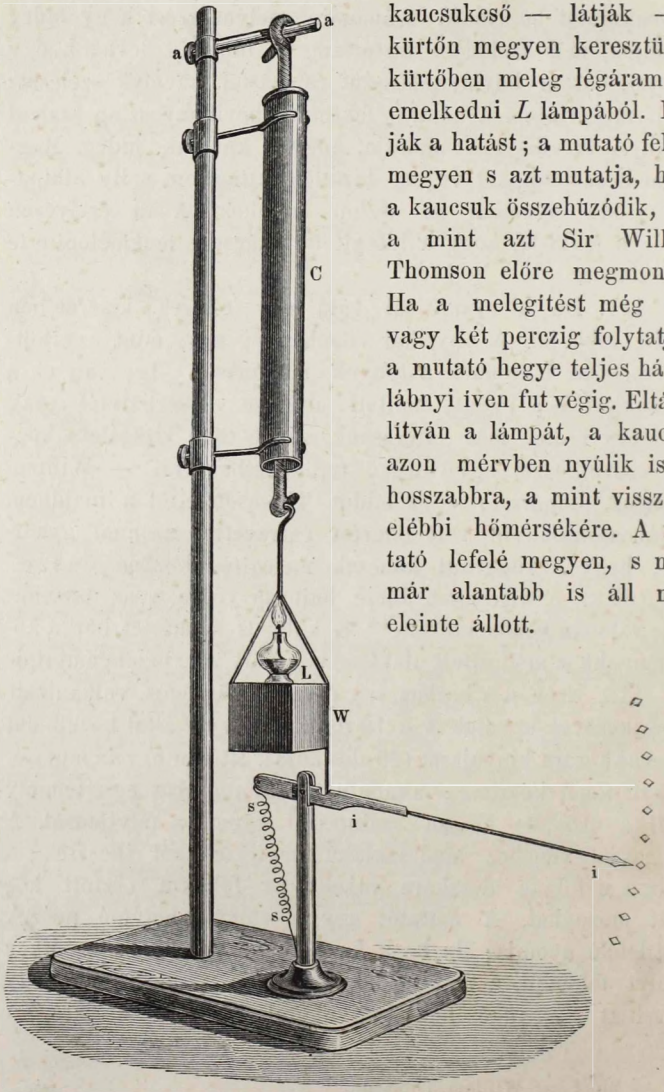
kaucsuktáblát hoz majd számomra, melyet azért hogy hideg maradjon, más szobában tartottam. A táblából levágok egy szeletet, három hüvelyk hosszút és másfél hüvelyk széleset; ezzel megérintem a hátára fektetett hővillanyoszlop szabad lapját. A tű elhajlása mutatja, hogy a kaucsuk hideg. Megfogom a szeletet két végén, hirtelen kitágítom s ily állapotában oda nyomom az oszlop lapjához. A tű erélyesen mozog s mutatja, hogy a kitágított kaucsuk megmelegítette az oszlopot.

111. De a szabálytól való egy eltérés kiséretében mindig több jár. A physikai világban ép úgy, mint az erkölcsiben, soha sincsenek a tények magánosan. Igy van ez a kaucsukkal is: imént említett eltérése a szabálytól csak része egy csomó más eltérésnek. Joule több vizsgálata közben szövetkezett egy kitűnő természetbuvárral — William Thomson* tanárral; — és midőn Thomson ettől a majdnem általános szabálytól való eltérést észrevette, azonnal gyanította, hogy a kitágított kaucsuk melegítés közben *összehúzódik*. A kisérletet Joule hajtotta végre, s az összehúzódás valóban bekövetkezett.** E különös kisérletet, bár a körülményekhez módositott alakban, mindjárt meg fogom mutatni.

112. Ezen *a a* karhoz egy darab közönséges, vulkanizált kaucsukcsövet erősitek s e 10 fontnyi *W* súly által körülbelül háromakkorára kinyujtom (26-dik ábra). Itt van egy *i i* mutató, könnyü fából készitve; akadály nélkül forogható egy tengely körül s erős és hosszú szalmaszál képezi a folytatását. A szalmaszál végéhez lándzsaalakú papirszeletkét illesztek; a lándzsa e fekete deszkára rajzolt és fokokra osztott kör felett mozoghat. A mutatót egy a súlytól lenyúló peczek most lefelé nyomja; de ha a kaucsuk netalán összehúzódik s a súlyt felemeli, a mutató követni fogja a súlyt, mert egy kifeszitett *s s* rúgó húzást gyakorol rövidebb karjára. A

* Most Sir William Thomson.

** Phil. Mag. 1857, vol. XIV, p. 227.



26-ik ábra.

kaucsukcső — látják — *C* kürtőn megyen keresztül. E kürtőben meleg légáram fog emelkedni *L* lámpából. Látják a hatást; a mutató felfelé megyen s azt mutatja, hogy a kaucsuk összehúzódik, úgy a mint azt Sir William Thomson előre megmondta. Ha a melegítést még egy vagy két perczig folytatjuk, a mutató hegye teljes három lábnyi íven fut végig. Eltávolítván a lámpát, a kaucsuk azon mérvben nyúlik ismét hosszabbra, a mint visszatér eléhbi hőmérsékére. A mutató lefelé megyen, s most már alantabb is áll mint eleinte állott.

FÜGGELÉK A III. FEJEZETHEZ.

Még néhány adat a tágulásról.

Jelenleg nem szándékozom részletesen taglalni mindazon tüneményeket, melyeket a melegítés okozta tágulás idéz elé; fiatalabb olvasóim érdekében azonban némely pótjegyzékkel ki fogom e fejezetet egészíteni.

A hosszbeli, terület- és térfogatbeli kitágulás együtthatója törtszám, mely azt mutatja, hogy hosszának, területének vagy térfogatának hanyadrészével tágult ki valamely test, midőn egy fokkal emeljük hőmérsékét.

Föltéve, hogy valamely négyzetes fémlemeznek egy-egy oldala annyi mint 1, s minden egyes oldal tágulása, a lemeznek egy fokkal való megmelegítése mellett, annyi mint a, akkor az új négyzetnek egy-egy oldala annyi mint $1 + a$, területe pedig

$$1 + 2a + a^2.$$

A melegítés okozta tágulásnál az a oly csekély, hogy négyzete majdnem elenyésző mennyiség; természetes ugyanis hogy a tört négyzete magánál a törtnél sokkal csekélyebb. Az a^2-t tehát a fennebbi képletben kitörölhetjük, anélkül hogy észrevehető hibát követnénk el, s így az új négyzet területe annyi mint $1 + 2a$;

$2a$ tehát a területbeli tágulás együtthatója, ebből pedig az következik, hogy a területbeli kitágulás együtthatóját megkapjuk, ha a hosszbeli együtthatót 2-vel szorozzuk.

Feltéve, hogy négyzet helyett koczkánk van, melynek minden éle annyi mint 1, feltéve továbbá hogy ezen élek mindegyike, egy fokkal melegítvén meg a koczkát, annyi mint $1 + a$, akkor a kitágult koczka térfogata

$$1 + 3a + 3a^2 + a^3.$$

Az a négyzetét itt úgy mint az előbbi esetben s még inkább a köbét, rendkivül csekély lévén az értéke, kihagyhatjuk; a kitágult koczka térfogata tehát annyi mint

$$1 + 3a$$

azaz a térfogatbeli kitágulás együtthatóját megkapjuk, ha a hosszbeli együtthatót 3-al szorozzuk.

Némely ismert anyagok tágulásának együtthatói benn vannak a következő táblában:

réz . . .	0·000017	0·000051	0·000051
ólom . . .	0·000029	0·000087	0·000089
ón	0·000023	0·000069	0·000069
vas . . .	0·0000123	0·000037	0·000037
horgany .	0·0000294	0·000088	0·000089
üveg . . .	0·000008	0·000024	0·000024

A második oszlopban vannak az 1 C.-féle foknak megfelelő hosszbeli együtthatók, a harmadikban a másodiknak háromszorosai, tehát az illető anyagnak térfogatbeli kitágulása; a negyedik oszlop magában foglalja ugyanazon anyagoknak térfogatbeli kitágulását, úgy a mint azt Kopp tanár közvetlen meghatározás folytán találta. Látni való, hogy a Kopp-féle együtthatók majdnem tökéletesen egyeznek azokkal, melyek a hosszbeli együtthatók háromszorosából eredtek.

Az üvegnek hosszbeli együtthatója 1 C.-féle fokra vonatkoztatva annyi mint: 0·0000080

a platináé: 0·0000088;

e szerint tehát a platina majdnem úgy tágul mint az üveg. Ennek a chemikusokra nézve nagy a jelentősége; gyakran kénytelenek ugyanis platina-huzalokat beolvasztani üvegcsövekbe, s ha e két anyagnak különböző volna a tágulási együtthatója, akkor az üveg szükségképen megpattanna, midőn összehúzódnék.

Hőmérő.

Folyékonyságát a víz a melegségbeli mozgásnak köszöni. Ha e mozgás kellően csökken, beáll a jegedés (a víz kristályodása). A hőmérsék, melynél a jegedés bekövetkezik, tökéletesen állandó, föltéve: hogy a víz ugyanazon egyenlő nyomás alatt áll. A tenger szintáján a víz, valamennyi éghajlat alatt, 32 F.-féle vagy 0 C.-féle fok mellett indúl jegedésnek.

Épen oly állandó azon hőmérsék, mely mellett a vízgőz megsürüdik, feltéve itt is hogy a nyomás ugyanaz marad. A víz fagyása és a

jég olvadása 32 F.-féle foknál, ha szabad úgy mondanom, érintkeznek egymással; ép így 212 F.-féle vagy 100 C.-féle foknál a vízgőz megsűrűdése és a víz forrása. Tehát 32 F.-féle fok a víz fagyási és a jég olvadási pontja; 212 F.-féle fok pedig a vízgőz megsűrűdési és a víz forrása pontja. Mind a kettő változatlan mindaddig, míg a nyomás ugyanaz marad.

Ebben tehát megbecsülhetetlen két szilárd pontunk van a hőmérsék megmérésére, s használják is erre az egész világon. A higany hőmérő alkatrészei egy gömb és egy hajszálcső, melynél a csatorna átmérőjének a cső minden pontján egyenlőnek kell lennie. A gömb és a csőnek egy része higanynyal töltetik meg. Ezután mind a kettő olvadó jégbe merittetik; a higany összehuzódik, az oszlop alább száll s végül megállapodik. A pontot, melyen megáll, meg kell jegyezni: ez a fagy-pont a hőmérőn. A készüléket most el kell az olvadó jégből távolitani s forró víz gőzébe tartani; a higany tágul, az oszlop emelkedik s végül eléri a pontot, melyen megállapodik. E pontot meg kell jegyezni: ez a forr-pont a hőmérőn. A fagypont és a forrpont közötti távolságot Réaumur 80, Fahrenheit 180, Celsius 100 egyenlő részre osztották; e részeket foknak nevezik. A Celsius-féle hőmérőnek százfokú hőmérő is a neve.

Réaumur és Celsius zérussal jelölik a fagypontot, Fahrenheit 32-vel, mert oly zéruspontból indult ki, melyet helytelenül a földön létező legnagyobb hideg pontjának képzelt. A Fahrenheit-féle forrpont tehát 212°, a Réaumur-féle 80°, a Celsius-féle ped g 100°.

Mivel e különböző fokok hossza 80 : 100 : 180 vagy 4 : 5 : 9 viszonyában áll, semmi sem könnyebb, mint az egyik fajta fokokat másfajta fokokká átváltoztatni. Ha Fahrenheit-féléket Celsius-félékké át akarunk változtatni : 5-el szorzunk és 9-el osztunk; ha pedig Celsius-féléket Fahrenheit-félékké kivánunk átváltoztatni: 9-el szorzunk és 5-el osztunk. E szerint tehát 20 C.-féle fok egyenértékű 36 Fahrenheit-félével; de ha azt akarjuk tudni, hogy a C.-féle hőmérőn 20 fokkal jelzett hőmérséket hány fokkal jelzi a F.-féle hőmérő, ama 36 fokhoz még 32-őt hozzá kell adnunk; a 20 C.-féle fokú hőmérsék tehát 68 F.-féle fokú lesz.

KIVONATOK DAVY ELSŐ TUDOMÁNYOS ÉRTEKEZÉSÉBŐL, MELYNEK CZIME: „A HŐRŐL, A FÉNYRŐL ÉS A FÉNYVEGYÜLETEIRŐL" *.

A testek szilárd, folyékony és légnemű halmozata a testek alkatába férközött h ő f l u i d u m mennyiségétől függ. Igy vélekednek a caloricusok. Ezt a testek atómjai közé férkőző, őket elválasztó,

* Sir Humphry Davy's Works, Vol. II.

érintkezésöket gátló anyagot úgy tekintik, mint a taszítás okozóját.

Más természetbuvárok mozgásnak tartották a hőt, azok t. i. a kiket a fluidum léte mellett felhozott bizonyítékok ki nem elégítettek, s a kik észre vették, hogy a hőt surlódás és ütés is létesíti. Az lévén a nézetem, hogy a taszító erő igaz okának felfedezése igen nagy jelentőségü a tudományra nézve, azon voltam, hogy a chemia e részét kisérletekkel kifürkészszem. E mindjárt leirandó kisérletekből azt következtetem, hogy a hő vagyis a taszító erő n e m a n y a g.

A taszító erő tüneményei nem függenek valami különös ruganyos fluidumtól: hőanyag nem létezik.

Egyelőre nem veszem tekintetbe a taszító erőnek a testre gyakorolt hatásait, s nem is kivánom e hatásokból bebizonyitani, hogy a hő mozgás, hanem kisérletekkel törekszem majd megmutatni, hogy nem anyag, s e közben a mathematikusok által „reductio ad absurdum"-nak nevezett módszert fogom követni.

Tegyük fel először, hogy a hőmérséknek surlódás és ütés okozta fokozódása az illető test hőfoghatóságának csökkentéséből ered. Ha ez igaz, úgy annak a hatásnak, a mi hőfoghatóságukat csökkenti és hőmérsékűket emeli, a testekben valamiféle változást kell előidéznie.

K i s é r l e t: két párlapú hasábot készitettem jégből * 6" hosszút, 2" szélesets $^2/_3$" vastagot; hőmérsékök 29 F-fokú volt. A hasábokat huzalokkal odacrősitettem egy-egy vasrúdhoz, s külön gépezetet alkalmaztam a czélból, hogy felületökkel érintkezve, nagyon hevesen dörzsölődjenek egymáshoz. Majdnem egészen vizzé alakultak át. E vizet összegyüjtöttem; 35 fokúnak találtam hőmérsékét, pedig már néhány perczig hidegebb légkörben állott. A jégdarabok csak érintkezésök felületén olvadtak, s jegen kivül más test nem vett részt a surlódásban.

E kisérletből kitünik, hogy a dörzsölés vizzé alakítja át a jeget. Az előbbi feltevés szerint csökkennie kellene tehát a hőfoghatóságnak; ismeretes azonban az a tény, hogy a viz hőfoghatósága sokkal nagyobb, mint a jégé. Bizonyos mennyiségü meleget kell a jégnek adni, hogy vizzé válhassék. Surlódás tehát nem csökkenti a testek hőfoghatóságát.

Kitünik továbbá e kisérletből, hogy a surlódásnál a hőmérsék nem az oxygénnek chemiai hatása következtében emelkedett, mert a jég nem vonz oxygént. Minthogy tehát a surlódással járó hőmérsékemelkedés nem a hőfoghatóság csökkentéséből ered, sem pedig a közbenjáró testek oxydálásából, csak azon feltevés marad hátra, hogy

* E kisérlet eredménye ugyanaz, ha viaszt, faggyut, gyantát vagy más csekély hőmérsék mellett olvadó anyagot használunk. Ütközés még a vasat is megolvaszthatja.

a hőmérsék emelkedése kívülről kapott hőmennyiségtől származik, mely hőmennyiségnek a szomszéd testektől kellett elvétetnie. A surlódásnak tehát e szerint oly változást kellene a testekben eléidéznie, melynél fogva képesek lennének hőt elvonni a velök érintkező testektől.

Kisérlet: egy óraművet szereztem, mely úgy volt szerkesztve, hogy a légszivattyúnak kiürített burája alatt meg lehetett indítani. A külső kerekek egyike vékony fémlemezzel érintkezett. Midőn az óramű járt, a kerék és lemez közti surlódás jelentékeny mennyiségű, megérezhető hőt létesített a nélkül, hogy oly testek környezték volna, melyek hőt közölhetnének vele. Ez után darabka jeget* vettem elé, s felső széle körül kis csatornát vésztem rajta. Vízzel megtöltvén e csatornát, az óraművet odaállítottam a jégre, de úgy, hogy a vízzel nem érintkezett. Igy berendezve, az egészet a bura alá helyeztem, melyet előlegesen szénsavval töltöttem meg s egyúttal bizonyos mennyiségű maró kálit is tettem a bura alá. A szénsavat kiszivattyúztam. A szivattyúzás és a maró kálinak a szénsav-gázra gyakorolt hatása következtében, úgy vélem, majdnem tökéletesen légüres tér keletkezhetett a bura alatt. Megindítván az óraművet, a [fémlemezen lévő] viasz gyorsan olvadott s bebizonyította, hogy a hőmérsék fokozódott.

A surlódás tehát hőanyagot gyűjtött össze, s e hőanyagot, előbbi feltevésünk szerint, azon testek közölték, melyek az óraművel érintkeztek. E kisérletnél jég volt az egyedüli test, mely az óraművel érintkezett. Ha a jég hőanyagot adott volna át, akkor a felületén lévő víznek meg kellett volna fagynia. A víz meg nem fagyott, a jég tehát nem adott át hőanyagot. A hőanyag a jéggel érintkező testektől sem eredhetett, mert azoktól csak a jegen keresztül juthatott volna az óraműhöz de a hő szaporodása vízzé olvasztotta volna a jeget.

A surlódás szülte hő tehát nem gyűjtetik össze, a szomszédos testektől; az első kisérlet pedig bebizonyította, hogy a hőmérséknek surlódás következtében beállott emelkedése nem ered a csökkentett hőfoghatóságból, sem az oxydálásból. De ha a hőt anyagnak tekintjük, úgy csakis e három mód valamelyike létesíthette. Mivel pedig, a mint e kisérletek mutatják, eme módok közül egyik sem létesítette a hőmérsék emelkedését, a hő anyagnak nem tekinthető.

E kisérletekkel tehát bebizonyítottuk, hogy caloricum vagyis hőanyag nem létezik.

---

* 32° F. volt a jég hőmérséke a kisérlet kezdetén s ugyanolyan a gépé. A kisérlet végén a gép leghidegebb része majdnem 33 foku volt, a jégé pedig és a környező levegőé csak olyan, mint a kisérlet kezdetén. Azon hő tehát, melyet a surlódás a gép különböző részeiben létesített, majdnem fél fontnyi fémnek legalább egy fokkal való megmelegítésére, és 18 szemer viasznak (ennyi volt használva) megömlesztésére volt elegendő.

Hosszas és heves surlódás következtében a szilárd testek kitágulnak; s ha hőmérsékök testünk hőmérsékénel magasabb, akkor azon sajátos érzéssel illetik a tapintás szervét, melynek meleg a közönséges neve.

Abból, hogy a hő kitágítja a testeket, világos, hogy atómjaiknak szertébb kell válniok, tehát elmozdulniok.

Már pedig surlódás és ütés okvetetlenül eléidézi a testatómok mozgását vagy rezgését, s ennél fogva egészen alaposan azt következtethetjük, hogy e mozgás vagy rezgés az, a minek „hő" vagy „taszitó erő" a neve.

A hőt, vagyis azon erőt, mely a testatómok közvetlen érintkezését gátolja s bennünk a meleg és hideg sajátságos érzetének az okozója, úgy határozhatjuk meg, mint a testatómoknak különös, valószinü hogy rezgő, a testatómokat szertébb választani törekvő mozgását. Reá illenék a taszitó mozgás elnevezése is.

Létezvén tehát taszitó mozgás, úgy gondolhatjuk a testatómokat, mint melyek két ellenkező erőnek befolyása alatt állanak: az egyik az, mely az atómokat közelébb hozza egymáshoz s melyet vonzásnak fogunk nevezni azért, mert e kifejezés kényelmes; a másik a taszitó mozgás. Ezen erők elseje egyesült hatása az összetartás vonzásának — melynél fogva az atómok egymással érintkezni törekszenek, — a nehézség-erő vonzásának, melynél fogva hajlamuk van nagy és összefüggő testtömegekhez való közeledésre; végül azon nyomásnak, melyet a rajtok fekvő testek, nehézségök következtében, gyakorolnok reájok.

A második erő következménye az atómoknak adott, mozgató vagy rendítő meglódításnak, mely az atómokat szerte hajtani törekszik, s melyet surlódás, ütés létesíthet vagy jobban mondva, fokozhat. Az összetartás vonzásának hatása, mint a testatómok egymáshoz való közeledésének fő oka, tökéletesen egyezik a nehézségerőnek a világegyetem nagy testtömegeire gyakorolt hatásával, a taszitó erő pedig a bolygók röperejével analóg.

Davy következőképen fejezi ki magát „Chemical Philosophy"-jének 94. és 95. lapján: „Rumford kisérleteiből kitűnik, hogy ugyanazt a darab fémet gyönge surlódás által melegen tarthatjuk addig, a meddig tetszik; ha tehát anyag volna a hő, mennyiségének kimerithetetlennek kellene lennie. Ha valamely testet lehűtünk, kisebb tért foglal el mint elébb; s ebből világos, hogy részecskéinek közeledniök kellett egymáshoz. Abból pedig, hogy a hő kitágítja a testeket, épen oly világos, hogy a test részecskéinek el kellett egymástól távolodniok. Mozgás tehát a hőtüneményeknek közvetetlen oka; közlődése törvényei pedig tökéletesen azonosak azokkal, melyek szerint a mozgás átvivődik.

„Minthogy hűtéssel valamennyi anyagot kisebb tér elfoglalására kényszeríthetünk, világos, hogy a testrészecskék között szükségképen léteznek térközök; minthogy minden test valamely más testtel, melynek csekélyebb a hőmérséke, közölheti a kitágító erőt, azaz megadhatja részecskéinek a kitágító mozgást, a legnagyobb valószínűséggel azt következtethetjük, hogy saját részecskéi is mozgásnak voltak birtokában. Minthogy pedig mindaddig, míg a hőmérsék ugyanaz marad, változás a részecskék helyzetében be nem áll, a mozgásnak, ha csakugyan megvan, rezgő, hullámzó mozgásnak kell lennie, vagy olyannak, melynél a részecskék saját tengelyök körül forognak, vagy olyannak, melynél egymás körül mozognak.

„Úgy látszik, hogy valamennyi hőbeli tüneményről számot adhatunk, ha felteszszük: hogy a szilárd testekben az atómok folytonos mozgásban vannak; hogy a legmelegebb testek atómjai a legnagyobb gyorsasággal, s legnagyobb határok közt rezgenek; hogy folyadékokban és ruganyos folyadékokban, a rezgő mozgáson kivül — e mozgást a ruganyos folyadékokban legerősebbnek kell tekinteni — az atómok még saját tengelyök körül is forognak; s e mozgás gyorsasága különböző és pedig legnagyobb a ruganyos folyadékokban; végül, hogy az atómok az aetherszerű anyagokban saját tengelyök körül forognak s elválnak egymástól, egyenes vonalokban röpülvén át a téren. A hőmérséket a rezgés gyorsaságától függőnek lehet gondolni; a hőfoghatóság fokozódását pedig azon térnek nagyobbodásától eredőnek; melyben a mozgás végbe megyen. A szilárd testeknek folyékony, vagy légnemű testekké való átalakulása közben bekövetkező hőmérsékcsökkenést megmagyarázhatjuk, ha felteszszük, hogy abban a pillanatban, melyben a test folyékony lett, vagy légneművé alakult, a rezgő mozgás csökkenése áll be, mert az atómoknak most már saját tengelyök körül is kell forogniok, vagy hogy rezgésök gyorsaságából veszitenek, mert e helyett most a téren át is mozognak.

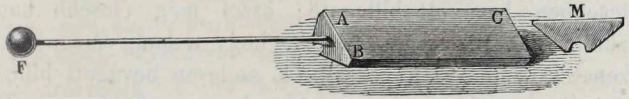
IV. FEJEZET.

TREVELYAN KÉSZÜLÉKE. — GORE KÖRÜLGURULÓ GOLYÓI. — A NYOMÁS BEFOLYÁSA AZ OLVADÁS PONTJÁRA. — A JÉG MEGOLVASZTÁSA ÉS MEGHASADOZTATÁSA NYOMÁS ÁLTAL. — A JÉG FELBONCZOLÁSA HEVÍTŐ SUGÁRNYALÁB ÁLTAL. — FOLYÉKONY VIRÁGOK ÉS KÖZÉPSŐ FOLTJOK. — A LEVEGŐTŐL MEGSZABADÍTOTT VÍZ MECHANIKAI TULAJDONSÁGAI. — A FOLYADÉKOK FORR-PONTJA; BEFOLYÁSOS KÖRÜLMÉNYEK. — HŐNEK MUNKÁVÁ ALAKULÁSA A GŐZGÉPEKBEN. — AZ IZLANDI GEYSEREK.

113. Mielőtt eddigi themánkat, a hőokozta tágulást, végkép elhagynók, még egy kisérletet szeretnék önöknek mutatni, mely érdekesen és csinosan illustrálja a hőnek mechanikai erélylyé való átalakulását. Azon tényt, melyet önöknek bemutatni kivánok, legelőször Schwartz nevű úr figyelte meg egy szászországi olvasztó műben. Bizonyos mennyiségű ezüstnek, mely fémkanálban megolvasztatott, meg kellett szilárdulnia; hogy a hülés gyorsabban menjen, egy üllőre öntötték. Rövid idő múlva sajátságos dongó hangot vettek észre a helyiségben; s végre azt találták, hogy a hang a forró ezüsttől eredt, mely rezegve feküdt az üllőn. Sok évvel később Arthur Trevelyan történetesen egy meleg forrasztó vasat használt s azt épen oly történetesen egy darab ólomra tette. Valami különös zöngés ébreszté fel nem sokára figyelmét; e zöngés, rövid keresés után, a forrasztórúdtól eredőnek bizonyult. Schwartz ezüstjéhez hasonlón most a forrasztó rúd rezgett. E felfedezést Trevelyan igen érdekes vizsgálat tárgyává tette. Meghatározta a legjobb alakot, melylyel a billegetőnek — így nevezik most a rezgő töme-

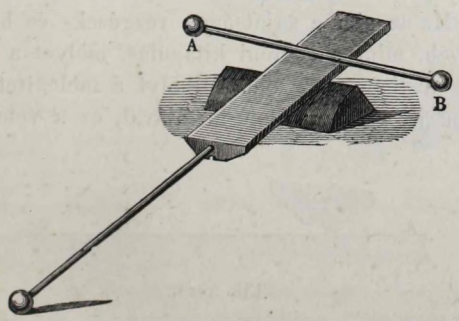
get — birnia kell, s e készülék Európa-szerte »Trevelyan készüléke« nevezet alatt ismeretes. Az óta Forbes, Seebeck, Faraday, Sondhaus foglalkoztak e tárgygyal, valamint magam is; de az idevágó ismereteink legnagyobb részét Trevelyannek köszönjük és Seebecknek.

114. Itt van egy ily billegető sárgarézből; hossza *AC* (27. ábra) 5 hüvelyk, szélessége 1·5 hüvelyk, az *F* gombba végződő nyél hossza pedig 10 hüvelyk. A billegető-



27-ik ábra.

nek hátulsó oldalán végig fut egy csatorna; az egésznek keresztmetszete *M*-en látható. A készüléket valamivel magasabbra melegítem a víz forr-pontjánál s egy ólomtömbre teszem; a gomb az asztalon nyugszik. Gyorsan ismétlődő, heves kopogást hallanak, de a billegetőnek e kopogást okozó rezgését nem látják. Reáfektetem tehát e sárgarézrudat *AB* (28. ábra), melynek két végére egy-egy gömb van

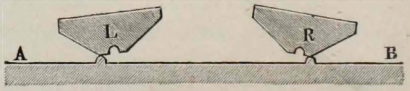


28-ik ábra.

illesztve. Ennek következtében sokkal lassúbb lesz a rezgés; könnyen szemmel tarthatják a rúdnak és a golyóknak inga-

szerű mozgását. E mozgás addig fog tartani, míg a billegető képes a tartóval, melyen nyugszik, hőt közölni. Igy lassítjuk a rezgést; de gyorsíthatjuk is az által, hogy szélesebben bevágott billegetőt használunk. Ennek az oldalai nem hajolnak annyira ki, mint az előbbiéi; az utóbbi tehát egy rövidebb inga szerepét játszsza, a miért is gyorsabban fog lengeni. Ha úgy teszem az ólomra, mint az előbbit, erős tiszta hanggal tölti be a helyiséget. Lökései szabályosan ismétlődők s efféle zenévé olvadnak össze. Itt van egy harmadik még szélesebben bevágott billegető; ezzel még élesebb hangot idézhetek elé. Bizonyára tudják, hogy a hang magassága a rezzenetek számával növekszik. E szélesen bevágott billegető előbbeinél gyorsabban rezeg, azért ad magasabb hangot. Mozgásának láthatóvá tételére egy oly mutatót fogok használni — a fénysugarat — mely súlytalan levén, a billegető járását nem fogja lassítani. E végből a billegetőre egy simára csiszolt ezüstlemezke van ráerősítve, egyszerűen egy csavar segélyével. E lemezre rávetem most a villanylámpa fényét, mely onnan íme erre az ernyőre verődik vissza. Ha a billegető rezeg, vele rezeg a fénynyaláb is, de kétakkora szögsebességgel; íme látják a fehér ernyőn a rezgő és széles szalaggá nyujtott fényfoltot.

115. Mi az oka e sajátságos rezgések- és hangoknak? Semmi egyéb, mint a rögtöni kitágulás, melyet a hő a billegetőt tartó testben idéz elé. Mihelyt a melegített billegető érintkezésbe jő a maga ólom-tartójával, ez a vele közlődött

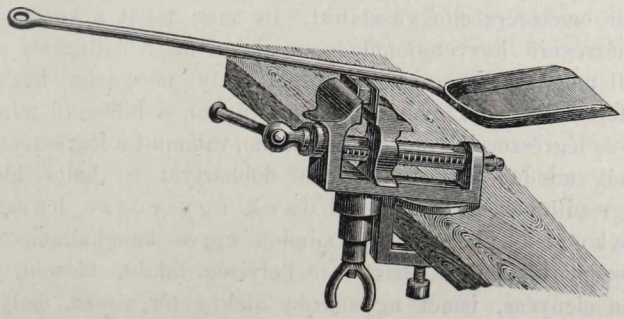


29-ik ábra.

melegség következtében, az érintkezés helyén rögtön kidomborodik egy keveset. A billegető e dombról lebillen a túlsó oldalra s valahol másutt érinti meg az ólmot. Ott új

emelkedés támad s a billegető megint visszabillen. Legyen *A B* (29. ábra) az ólom felülete, *R* pedig a forró billegetőnek a keresztmetszete, akkor *R*-nél képződik az emelkedés, ha a billegető jobb felé, *L*-nél pedig ha bal felé bukik; a domb mind két esetben rögtön eltűnik, mihelyt megszűnik a forró billegetővel való érintkezés. Ennek pedig az a következménye, hogy a billegető, míg elég magas a hőmérséke, ide-oda löketik, s kopogásainak gyors sorozata által zenei hangot idéz elé.

116. E csavarfogóba két ólomlemezkét csíptettem be; éleik szabadok s körülbelül félhüvelyknyi távolságban állanak egymástól. Keresztül fektetek rajtok egy hosszú, hevített sárgarézrudat. A rúd először az egyik élen nyugszik, de ez az érintkezés helyén mindjárt kitágul s a rajta fekvő rudat fellöki. Ekkor az a másik élre esik, ez is fellöki. Igy tovább és tovább rezeg mindaddig, míg a rúd elegendő meleget közölhet az ólommal. Erre különben e szenes lapát is épen



30-ik ábra.

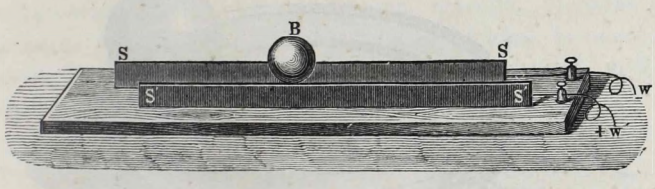
oly alkalmas lesz, mint az előre idekészített sárgarézrúd. A hevített szenes lapátot az ólomélekre fektetem; épen úgy rezeg ide-oda, mint a rúd (30. ábra). Megjegyzem mellesleg, hogy a szenes lapáttal, vagy a fütő kampóval is eléidézhetünk hangokat, melyek ép oly lágyak, ép oly zeneszerűek lesznek,

mint az iméntiek ; föltéve hogy e szerszámokat a megkivánt módon fektetjük az ólomtömbre s a nyelet úgy támasztjuk meg, hogy a surlódás el legyen kerülve. Hevített karika, ólomlemezre fektetve, rezgésbe hozható s szintén zönghet, valamint a forró réz- vagy ezüstpénz is.

117. Érdekes e kisérlet a természeti erők összefüggése szempontjából is. A testek atómjait majdnem végtelen kicsinyeknek kell gondolnunk, de egyszersmind majdnem végtelen soknak is. Azt, hogy a hozzávezetett melegség egy-egy atóm rezgésbeli táglatát növeszti, lehetetlen észrevenni ; észrevehetővé válik azonban e növekedés, ha az atómoknak majdnem végtelen sokaságán sommázódik. Ily sommázódás, majdnem pillanat alatt végbemenve, hozza létre a mi esetünkben azt a kis emelkedést s hintázza ide-oda a billegető nehéz tömegét. Itt a hő közvetetlenül alakul át közönséges mechanikai mozgássá. A felbillentett tömeg a nehézségerőnél fogva ismét visszaesik s az ólomtömbbel összeütközvén, majd ugyanazt a hőmennyiséget pótolja neki vissza, mely a billegető emelésére elfogyasztatott. Itt meg tehát a közönséges nehézségerő közvetetlenül hővé alakul át. A billegetőt azon felül még oly közeg veszi körül, mely mozgásba hozható. E terem levegője nehány tonnát nyom, a billegető minden egyes légrészecskét megrezdít benne, valamint a légrészecskék ismét minden egyes itt levő dobhártyát és halló ideget megrezdítenek. E szerint a hőnek egy része hanggá alakult át. Végül pedig minden egyes hanghullám, mely e szoba levegőjén átsiet s e helyiség falain, ülésein, párnáin elenyész, ismét ugyanazon alakra tér vissza, melylyel e hatások körjárata kezdődött, — tudniillik a hő alakjára.

118. Most egy másik különös hatásról fogok szólani, melynek ismeretét Gorenak köszönjük s melyet az elébbihez hasonló módon magyarázhatunk meg. Látják e kettős sinsort. Két rézszalag (*SS* és *S'S'* 31. ábra) egymástól körülbelül egy hüvelyknyi távolságban, élére van állítva. E vékony fémből készült üres *B* gömböt a sinekre teszem. Ha meglököm,

végig gurul, de külső indítás nélkül meg nem mozdul helyéről. A két sint *w w* huzalok által egy Volta-telep két sarkával összekötöm. A villanyáram az egyik sinen át a golyóba



31-ik ábra.

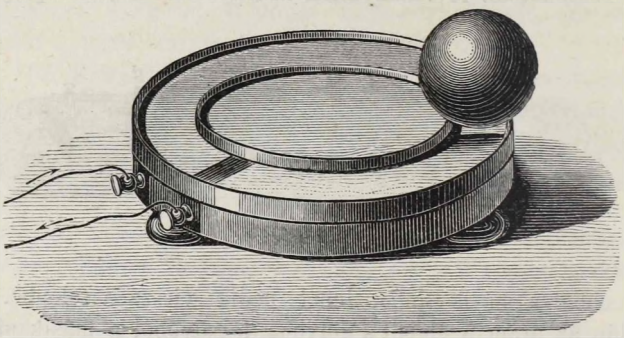
jut, ebből a másik sinbe, innét pedig vissza a telepbe. De midőn az áram a sinből a golyóba, a golyóból a másik sinbe megyen át, az érintkező pontokon ellenállásra bukkan, s mindenütt, a hol a villanyáram ellenállásra talál, hő fejlődik. A hő e pontokon a sint kidudoritja. Tessék figyelni a hatásra; a golyó, mely az imént veszteg volt, nyugtalankodni kezd. Eleinte csak izeg-mozog a nélkül, hogy elgurulna; most csakugyan gurulni kezd; megáll, s ismét visszafelé gurul. Futása fokozatosan növekszik, most már tovább is ment mint akartam; egészen legurult a sinekről s földre estében jól megsértette magát.

119. Még egy készüléket látnak itt, melyet magának Gore úrnak köszönök s melynél a sinek egyközepű karikapár alakjában vannak felállítva. Midőn az áram láncza össze van kapcsolva, az *F* gömb (32. ábra) körben gurul.* Ily könnyű gömböket Gore, villanyáram nélkül, egyedül az által is meggördíti, hogy forró, köralakú rézsinekre teszi őket; a *gurító* erő ez esetben ugyanaz, mint Trevelyan készülékében a *billegető* erő.

120. Valamely testnek folyékony állapotból szilárd állapotra való változása, legtöbb esetben, a test összehúzódá-

* Phil. Mag. vol. XV., pag. 521.

sával jár. Itt van például egy kerek üvegtányér; kevés víz van benne. A vízre bizonyos mennyiségű megömlesztett



32-ik ábra.

viaszt öntök egy olvasztókanálból. A viasz fél hüvelyk vastagságú folyékony réteget képez a víz fölött. Hűlni hagyjuk a két folyadékot, s ha mind a kettő hideg lett, azt találjuk, hogy a viasz, mely most egészen elfödi a víz felszínét s körös-körül oda illeszkedik az üveghez, összehúzódott; a viaszlepény kerülete sokkal kisebb lesz a tányér kerületénél.

121. A viasz tehát kitágul, midőn szilárd állapotból folyékony állapotba jut. Hogy folyékony állapotba juthasson, részecskéinek szertébb kell egymástól tolatniok, mert a folyékonyságra szükséges a feltétel, hogy bizonyos szabad tér legyen az atómok között. Feltéve, hogy a viasz tágulásának külső mechanikai erő által útjába állanánk; feltéve például, hogy szilárd viaszszal egészen megtöltött, erős edényünk volna, mely a benne levő tömeg tágulása ellenében hatalmas ellenállást gyakorolhatna: mit gondolnak mi történnék, ha az ily edényben foglalt viaszt folyékonynyá akarnók tenni? Ha a viasz szabad, akkor a hő csak a viasz tömecseinek vonzó erejét kénytelen leküzdeni; de az erős edényben nem csupán e vonzó erőt, hanem még az edény ellenállását is le

kell küzdenie. Ebből pedig azonnal arra következtethetünk, hogy nagyobb hőmennyiség kell a viasz megömlesztésére, ha a viasz nyomás alatt áll, mint ha szabad; vagy más szavakkal: a nyomás emeli a viasz olvadása pontját. E következtetést a kisérlet tökéletesen igazolja. Hopkins és Fairbairn nyomás által 20 egész 30 F. fokkal is emelték némely anyagok olvadáspontját, melyek mint a viasz, midőn megszilárdulnak, jelentékenyen összehúzódnak.

122. A most említett kisérletek egy igen nevezetes elmélkedésre vezették Hopkins urat. Tudva van, hogy a föld hőmérséke fokozatosan emelkedik, a mint mélyebben hatolunk a gyomrába. Kiszámították a mélységet, melyen alól valamennyi földi testnek megömölve kellene lennie. Hopkins ellenben megjegyzi, hogy a mélyebb rétegek, a felettök fekvő tömegek roppant nyomása következtében, megömlésökre magasabb hőmérséket kivánnának mint azok, melyek a föld felületén fekszenek. Ebből meg azt következteti, hogy a föld szilárd kérge sokkal vastagabbb annál, melyet a számítás úgy ad, ha föltesszük, hogy a felső és az alsó rétegek olvadáspontja ugyanaz. Sir William Thomson * pedig azon következtetésre jött, hogy a nap és hold dagály- és apályszülő vonzása annyira megmásitaná a föld szilárd kérgét (ha csak roppant keménynek nem gondoljuk), hogy a tengerapály, a praecessió és nutatió tüneményeinek észrevehetőleg csekélyebbeknek kellene lenniök a mostaniaknál. Hopkins úr már elejti a geológok azon következtetését, mely szerint a föld oly olvadt magból áll, melyet csak valami 20 mérföld vastag szilárd réteg borítana. E kéregnek, az ő következtetése szerint, legalább is 160 mérföld vastagnak kellene lennie. Sir William Thomson pedig nagyon valószinűtlennek tartja, hogy 4—500 mérföldnél vékonyabb réteg képes lehetne a föld alakját, a nap és a hold árszülő erői ellenében, úgy és oly szilárdsággal megtartani, hogy a ten-

* Proceed. of the Royal Society, Vol. XII, pag. 103.

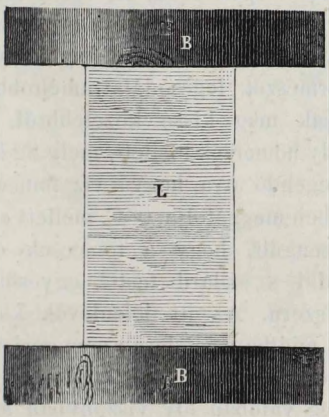
gerapály, a praecessió és a nutatió tüneményei a jelenlegi módon mehetnének végbe.

123. A jég magaviselete homlokegyenest ellenkezik a viaszéval. Folyékonyodás közben a jég *összehúzódik*; atómjainak nagyobb tér kell, ha szilárd tömeget képeznek, mintha ugyanazon hőmérsék mellett folyékony állapotban vannak. Ezt kétségkivül a jég kristályos szerkezetének kell tulajdonítanunk. Ha a kristályitó erő is közreműködik, úgy a tömecsek vonzódó sarkai akként kerülnek össze, hogy a tömeg belsejében az atómok között nagyobb hézagok maradnak szabadon. A dolgot olyformán gondolhatjuk, hogy az atómok éleikkel csatlakoznak egymáshoz és hogy midőn él élhez áll, középpontjaik távolabb esnek egymástól. Bár mint legyen is a dolog, annyi bizonyos, hogy a részecskék középpontjai szertébb mennek, midőn a szilárd állapot beáll. A hülés tehát ezt a szertébbállást és ennek következtében a térfogat növekedését előmozditja. Világos, hogy a nyomás ez esetben a megszilárdulásra szükséges tágulásnak ellene van; s ép ez okból a nyomás hajlandóbbá teszi a vizet a folyékony állapotban való megmaradásra. Igy megfontolván a dolgot, arra a következtetésre jönnénk, hogy a nyomás *alábbszállitja* a megszilárdulás közben táguló anyagok olvadás pontját.

124. Elméleti szempontból James Thomson tanár vizsgálta meg e tárgyat először; következtetéseit testvérének, Sir William Thomsonnak kisérletei tökéletesen igazolták.

125. Ez elveket egy meglepő kisérlettel fogom felvilágositani. Itt van egy négyszögletü tuskó, tiszta jégből; magassága körülbelül $1^1/_2$ hüvelyk, átmérője pedig egy hüvelyk. Hőmérséke most 0^0 C. De ha e tuskót nyomásnak vetem alá, olvadása pontja alábbszáll; s az összenyomott jég már zérus alatt olvadni kezd. Mostani hőmérséke tehát magasabb annál, mely mellett olvad, ha össze van nyomva. E jégtuskó úgy van kifaragva, hogy fagyása rétegei merőlegesek a magas-

ságára. * Két puszpáng tábla közé állítom az *L* jégoszlopot s a táblákkal együtt kis vízsajtó lemezei közé helyezem. Villanylámpámból pedig egy fénynyalábot vezetek a jégen keresztül; e fény-nyaláb előbb vízen ment át s ez által meg



33-ik ábra.

lett fosztva jégolvasztó képességétől.** A lámpa fénye áthatol tehát az anyagon a nélkül, hogy olvadást eszközölne benne. A sajtó előtt álló lencse a jégnek nagyított képét veti az ernyőre. Megindítván a vízsajtót, a jégoszlop a két puszpáng tábla között lassanként összenyomatik. Ime észrevehetik, hogy sötét sávok kezdenek képződni, melyek harántosan fekszenek a jégoszlopban és merőlegesen a nyomás irányára. Épen a tömeg közepén tűnnek elé; folytatott nyomás mellett pedig a régiek kiterjednek és újak csatlakoznak hozzájok. E sávok most már az egész oszlopot keresztülbarázdolják. Mik lehetnek

---

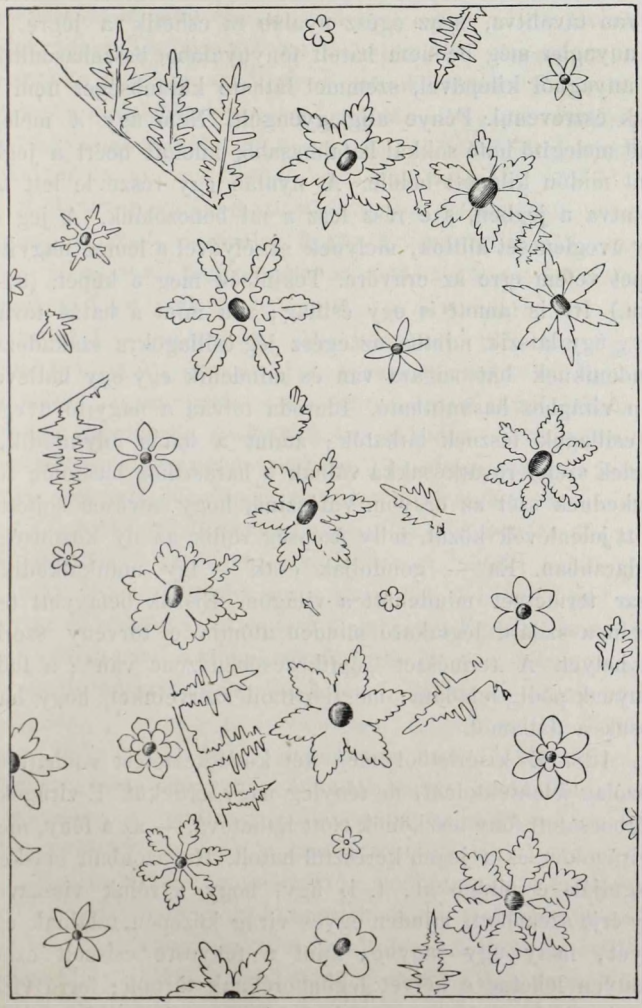
* A német kiadásban hozzá van téve: „ez átlátszó darabot ugyanis egy nagyobb jégdarabból vágtam ki s az ebben lévő légbuborékok irányából azonnal meghatározhattam a fagyás rétegeit.

** A hősugár „megszitálásáról“ utóbb következő fejezetben leszen szó.

e sávok? Semmi egyebek, mint folyékony rétegek, melyeket rövidítve látnak; de ha az oszlopra rézsútosan tekintenek, a rétegek lapjait is megláthatják. Folyékonynyá tettük a jeget oly sikokban, melyek merőlegesen állanak a nyomás irányára; s épen ezen, az egész tömegben elterjedt rétegek okozzák, hogy az oszlopot oly levelesnek látjuk.

126. A víz, mind szilárd, mind folyékony, mind légnemű alakjában, a természet legcsodálatraméltóbb anyagai közé tartozik. Vizsgáljuk meg kissé közelebbről. A melegségbeli mozgás minden oly hőmérsék mellett, mely 32 F., vagy 0 C. foknál magasabb, elegendő arra, hogy a víz tömecseit merev testté való egyesülésökben meggátolja; 0° C. mellett ellenben e mozgás már annyira gyengült, hogy a tömecsek erősen kezdenek egymáshoz tapadni s szilárd testté egyesülni. Egyesülésök azonban törvényszerű. Az itt jelenlévők közül nem egynek talán úgy látszik, mintha e jégdarab nem gerjeszthetne nagyobb érdeklődést és nem nyujtana több szépséget mint egy darab üveg; de az üveg valóban oly viszonyban áll hozzá, mint a piaczi lárma Händel valamely oratoriumához. A jég zene, az üveg lárma; a jég rend, az üveg zűrzavar. Az üvegben a tömecserők kibonthatatlanul összekuszált pamatot képeznek; a jégben pedig szép, rendes kelmévé vannak összeszőve. Azon leszek, hogy világossá tegyem önök előtt e kelme csodálatos szövését.

127. De hogyan bontsam szét e jeget? A napfény, vagy ennek hiányában, villanylámpánk fénye lesz az a bonczoló, mely e munkával megmérközik. Eltávolítván előbb azon anyagot, melylyel a fénynyalábot utolsó kisérletünknél megtisztítottam, a lámpa fényét közvetetlenül vezetem e tiszta jégtáblán keresztül. A sugár darabokra szedi e kristály-épületet, s építészeti rendjét fordított sorozatban bontja szét. Csöndesen és rendesen rakta össze a kristályodás ereje a tömecseket, csöndesen és rendesen szét fogja azokat ismét szedni a villanyfény. A lámpa előtt egy öt négyzethüvelyk keresztmetszetű s egy hüvelyk vastagságú jéglemez áll, átszelve a lámpa



34-ik ábra.

sugarai által. Az utóbbi kisérletünkben használt víz most már el van távolítva, s az egész nyaláb rá eshetik a jégre. Ha az anyagba még be nem hatolt fénynyalábot összehasonlítjuk az anyagból kilépővel, szemmel látható különbséget nem fogunk észrevenni. Fénye alig gyengült. Nem úgy a melege. Mint melegítő ható sokkal hatalmasabb, mielőtt beért a jégbe, mint midőn kilépett belőle. A nyaláb egy része le lett tartóztatva a jégben, s e rész lesz a mi bonczolónk. A jég elé egy üveglencsét állítok, melynek segélyével a lemez nagyított képét vetem erre az ernyőre. Tekintsék meg e képet. (34-ik ábra.) Itt is amott is egy csillag; s a mint a hatás tovább tart, úgy látszik mintha az egész jég csillagokra szakadozna, mindeniknek hat sugara van és mindenik egy-egy hatlevelű szép virághoz hasonlítható. Ide-oda tolván a nagyító üveget, új csillagok lesznek láthatók; amint a hatás folytatódik, a levelek szélei rovátkosakká válnak s haraszthoz hasonlón terjeszkednek szét az ernyőn. Valószinű, hogy kevesen sejtették az itt jelenlévők közül, mily szépség rejlik az ily közönséges jégdarabban. És — gondolják csak — így munkálkodik a pazar természet mindenütt a világon. Éjszak befagyott tengerein a szilárd jégtakaró minden atómja e törvény szerint lelt helyet. A természet „építkezésében zene van“; a tudománynak pedig feladata: megtisztitani szerveinket, hogy hallhassuk a dallamot.

128. E kisérletből még két következtetést vonhatunk: látszólag jelentéktelent, de tényleg nagy érdekűt. E virágokat az átbocsátott fény teszi önök előtt láthatóvá, — az a fény, mely a virágokon és a jegen keresztül hatolt. Ha azonban másként vizsgálják e virágokat, t. i. úgy, hogy a róluk visszavert fény érje szemöket, minden egyes virág közepén találnak egy helyet, mely úgy ragyog, mint a fényesre csiszolt ezüst. Könnyen lehetne e helyet légbuboréknak tartani; forró vízbe merités által azonban az e foltot környező jég leolvasztható, a folt pedig azon pillanatban, midőn feltárult, összeesik s a buboréknak semmi nyomát sem lehet látni. A folt egészen

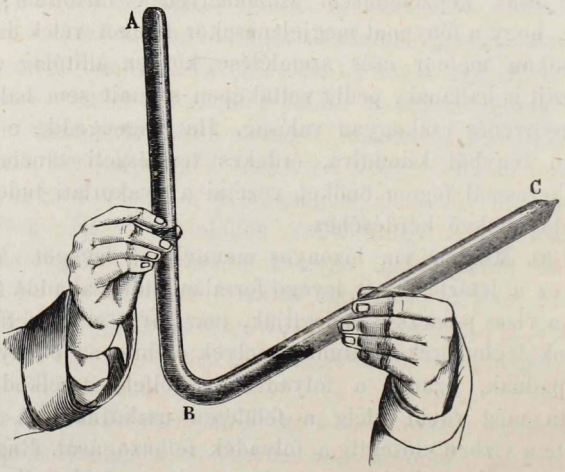
üres. Látják, mily következetesen működik a természet az ő műveleteiben, mily szigorúan hajtja végre a törvényeket. Tudjuk, hogy az olvadó jég összehúzodik, e tény jő itt is napvilágra. Az a víz, melyből e virágok állanak, nem töltheti be egészen azon jégnek a terét, melyből kiolvadott. Szükséges tehát, hogy minden ily víz-virág keletkezését légüres tér képződése kisérje.

129. E szép ábrákat először szemlélvén, úgy rémlett előttem, mintha csörrenést hallanék abban a pillanatban, midőn a közepes folt, rögtön képződött fénypont gyanánt, megjelent. Úgy hallatszott, mintha a jég megrepedt volna. Eleinte csak képzelődésem szüleményének tartottam; gondoltam, hogy a fénypont megjelenésekor hangot vélek hallani, mint sokan meteor-esés szemlélése közben állitólag valami zörgő zajt is hallanak, pedig voltaképen semmit sem hallanak. De e csörrenés csakugyan valóság. Ha megengedik, e jelentéktelen tényből kiindulva, érdekes természeti tünemények során keresztül fogom önöket vezetni a gyakorlati tudomány egyik távolfekvő kérdéséhez.

130. Minden víz bizonyos mennyiségű levegőt zár magába; ez a letartóztatott levegő forralás által szabaddá tehető. Midőn a vizes palaczkot melegitjük, már jóval a víz felforrása előtt sok légbuborékot látunk, melyek eleinte az edény falaihoz tapadnak, azután a folyadékban fölfelé emelkednek s gyakran még rövid ideig a felületen uszkálnak. A levegő jelenléte a vízben elősegiti a folyadék felbuzogását. Rugalmas toll módjára hat, midőn a víz tömecseit szertébb tolja s igy a légnemű állapotba való átmenetöket elősegiti.

131. Ha a víz tömecseinek bensőbb érintkezését ellenző levegő el van távolitva, a tömecsek sokkal szorosabban csatlakoznak egymáshoz. A víz összetartása nagyban fokozódik, ha eltávolitjuk belőle a levegőt. Ime itt van egy üvegedény, levegőtől megtisztitott vízzel. A levegőnek, e rugalmas pufogónak eltávolitásából többi között az származik, hogy az ily víz szilárd testéhez hasonlító koppanással esik le; innét vette

e készülék a vízkalapács nevet. Hallják, mint csattan, midőn a cső megfordítása következtében az alsó véghez ütődik. Itt van egy másik (*A B C*, 35. ábra), V alakú cső; ez arra való, hogy megmutassuk, mennyire megváltoztatja a hosszú forralás a víz összetartását. A vizet, mely a hajlott csövet nem tölti be egészen, a V csőnek először egyik karjába hajtom s e véggel az asztalra kopogok. Kapcsolatlan, csilingelő hangot hallanak eleinte. Míg e csilingelést hallják, addig a víz nem érintkezik igazán a cső belső felületével. Amint a kopogást folytatom, a hang változását veszik észre.



35-ik ábra.

A csilingelés megszünt; kemény hang következik, mintha két szilárd test ütődnék egymáshoz. Felemelem a csövet s a vízoszlopot felfordítom, de a víz *AB*-ben marad. Tömecsei oly erősen tapadnak a cső oldalaira s oly bensőleg kapaszkodnak egymásba, hogy a víz eltér a folyékony testek magaviseletétől; vonakodik követni a nehézség törvényeit.

132. Ennyit az összetartás növekedéséről. De ép ez az összetartás képesíti a folyadékot arra, hogy ellenálljon a felforrásnak. Az oly víz, mely a benne rejtőzködő levegőtől ekként megszabadittatott, rendes forrpontján felül 35—40 C. fokkal is hevíthető anélkül, hogy felforrna. De vigyázzanak rá, hogy mi fog történni, ha e víz csakugyan forrásba jő. Roppant hőtöbblete van; az egymáshoz csatlakozó tömecsek végre szétválnak, de oly hevesen, mint a hirtelen törésig feszitett rúgó; a forrás robbanássá válik. A víz ezen érdekes tulajdonságának felfedezését Donny úrnak köszönjük Gentben.

133. De forduljunk ismét jegünkhöz. Fagyása közben a víz a maga kristályos architekturájából tökéletesen kicsukja a levegőt. Az idegen testek mind kiszorúlnak belőle, s a jég nem foglal magában feloldott levegőt. Feltéve tehát, hogy darab tiszta jeget oly körülmények között olvasztunk el, melyek lehetetlenné teszik, hogy a levegő hozzáférhessen, akkor olyan víz támad, melynek legmagasabb fokú az összetartása. Ha aztán e víz melegittetnék, a fennleirt hatásokat kellene mutatnia. Faraday bebizonyitotta, hogy ez csakugyan úgy van. Tiszta jeget terpentinolaj alatt elolvasztott s azt találta, hogy az igy képződött folyadékot lehet hevíteni jóval a forrponton túl is s hogy e folyadéknak melegség szülte felbuzgása a robbanás hevességével megy végbe. Alkalmazzuk e tényeket a hatlevelü jégvirágokra és kis csillagalakú középpontjukra. E virágok oly helyen keletkeztek, hova a levegő be nem hatolhatott. Képzeljenek egy ilyen, képződésben lévő s lassanként nagyobbodó virágot. A folyadék összetartása oly nagy, hogy inkább behúzza magával kamrája falait, sőt még ki is tágúl inkább, csak ne kelljen elszakadnia. De midőn a kamara nagyobb és nagyobb lesz, elvégre túlnagygyá válik a folyadék számára az a tér, melyet betölteni törekszik. Utójára is szétszakad; innen a hallható csörrenés és innen a légüres tér.

134. Vessünk még egy utolsó pillantást az összefüggések eme szövedékére. Igen figyelemre méltó tény az, hogy

sok gőzmozdony épen abban a pillanatban robban szét, midőn elhagyja a szint, mely alatt egy ideig csendesen állott, és midőn a gépfelvigyázó a gőzcsapot épen felnyitja. Ha már most a kazánban foglalt víz oly hosszú ideig forrott, hogy a benne volt levegő mind kihajtatott, úgy ennek a folyadéknak kisebb nagyobb mérvben oly erős összetartása lesz, minőre az imént figyelmeztettem önöket. Legalább elgondolható, hogy az elindulást megelőzött nyugvás ideje alatt hőfelesleg gyülhetett össze a gőzkazánban. Ha pedig a hőnek ily összegyülemlése csakugyan végbemenne, úgy ennek okvetetlenül az lenne a következése, hogy a gépész, midőn a csapot kinyitja, e mechanikai beavatkozása által megtörné az összetartást, és egy pillanat alatt robbantó erejü gőz képződnék. Nem mondom hogy így *van*, de ki mondhatja, hogy *nincs* úgy? A ható, melylyel az imént foglalkoztunk, valóban létezik és elegendő hatalmas, hogy a neki tulajdonított hatásokat eléidézze, feltéve, hogy müködése feltételei csakugyan be is állanak.

135. Midőn a vízbe több-több meleget, vagy más szóval több-több mozgást szállítunk, atómjai nagyobb és nagyobb számban szabadulnak el a felszinéről. Végre közeledünk ahhoz, mit a folyadék forrpontjának neveznek; e ponton a gőzképződés nem szoritkozik többé csupán a szabad felszinre, hanem legerősebb az edény fenekén, melyre a forróság behat. Ha a víz üvegedényben forr, látni lehet, mint emelkedik a gőz a fenékről egészen a felszinig, a hol gyakran, kupolaalakú folyadékhártyába burkolva, egy ideig uszkálni szokott. Hogy ily buborékok keletkezhessenek, bizonyos akadályok győzendők le. Első: a víz tapadása az edényhez; és ezen erő változik az edény anyaga szerint. Üvegedényben például, két három fokkal is emelheti a tapadás a forrás pontját; fémedényeknél ez lehetetlen. A tapadás gyakran szabálytalanul és lüktetve győzetik le; a folyadék e magaviselete bizonyos sók hozzákeverése által fokozható, úgy hogy a felbuzgás hangos dörömböléssel jár, sőt mi több,

az elválás némely esetekben oly hirtelen és oly heves, hogy a folyadék egyszerre csak mindenestől kiszökken az edényből.

136. A folyadék forrását gátló második akadály a folyékony atómok kölcsönös vonzása; láttuk pedig, hogy ezen erő hatalmassá válhatik, ha a folyadék egészen megszabadúl a benne rejlő levegőtől. Ez nem csak a vízre, hanem más folyadékokra is igaz, például minden aetherre és minden alkoholra. Ha aetherrel vagy alkohollal telt kis lombikot légszivattyúval hozunk közlekedésbe, a folyadék hevesen felbuzog, mihelyt a légszivattyú működni kezd; de ha a lombikból minden levegő el lett távolítva, járhat a szivattyú sokszor hosszú ideig, a folyadék buzogása még sem mutatkozik, mert ekkor már csak a szabad felszín szolgáltat gőzöket.

137. Arra, hogy a gőz a folyadék belsejében buborékokat képezhessen, még más két akadályt is le kell győznie, t. i. a felette levő víz súlyát és a víz felett levő légkör súlyát. A légkör befolyása következő módon tehető szemlélhetővé. Ebben a kis ónedényben kevés víz van, melyet e kis lámpa forrásban tart. A folyadék feletti tért a jelen pillanatban gőz tölti be, mely e csapon kifelé özönlik. A csapot bezárom, a lámpát eltávolítom, az edényre pedig hideg vizet öntök. A bennmaradt gőz megsürűdik; a rugalmas párna, mely az edény falait a légkör nyomása ellenében kifelé szorította, el van távolítva, s lássák a hatást. A légkör nyomása behorpasztja s összegyűri az edény falait. E nyomás négyzethüvelykenként 15 fontra rúg; hogy állhat meg tehát az oly gyönge jószág, a milyen a gőzbuborék, a víz felszínén? Csak úgy, hogy a benne levő gőz rugalmas ereje épen oly nagy mint a külső légköré; a folyékony burok két rugalmas párna között van, melyek tökéletesen semlegesítik egymást. Ha a gőz volna az erősebb, akkor a buborék belülről kifelé pattanna; ha pedig a levegő volna az erősebb, akkor a buborék kívülről behorpasztatnék. Ez szabja meg

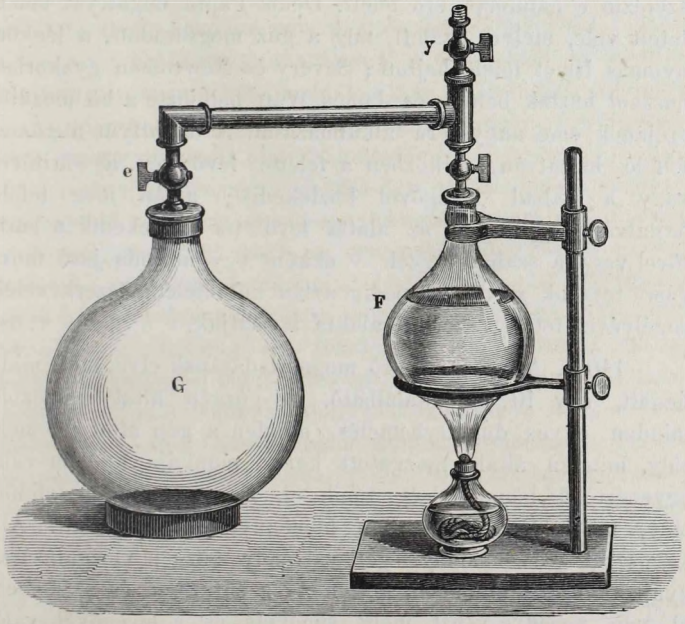
a folyadék forrpontjának helyes értelmezését. Az a hőmérsék az, melynél a folyadék gőzének feszereje tökéletesen egyensúlyozza a légkör nyomását.

138. Midőn valamely hegyre felmegyünk, a felettünk levő légkör nyomása csökken és ezzel karöltve alászáll a forrás pontja is. 1859-ik év augustus havának egyik reggelén a forró víz hőmérséke a Mont-Blanc csúcsán 84,97° C. volt, tehát körülbelől 15 fokkal alább állott mint a tengerszínén. 1858-ik év augustus 3-án a Finsteraarhorn csúcsán 86,11° C. volt a forró víz hőmérsége. Monte Rosa csúcsán pedig 84,96 C. fokon állott 1858-ik év augustus 10-én. E megfigyelések azt mutatják, hogy a forrás pontja a Monte Rosa hegyen és a Mont-Blancon majdnem ugyanaz, habár ez utóbbi 500 lábbal magasabb amannál. A barométer állásának változásai azonban tökéletesen megmagyarázzák e rendhagyást. A forrás pontjának csökkenése minden 590 lábnyi emelkedésnél 1 F. fokot teszen*; azon hőmérsékből tehát, mely mellett a víz forr, következtethetünk a hegy magasságára. Londonban azt szokták mondani, hogy a jó thea készítéséhez forró víz szükséges; ha ez igaz, úgy ez az ital a maga tökélyében meg nem szerezhető az Alpesek magasabb állomásain.

139. Tegyünk most egy kisérletet, hogy a forrás pontjának a külső nyomástól való függését kimutassuk. Itt van egy *F* (36. ábra) üveglombik, vízzel megtöltve; itt egy másik *G*, mely sokkal nagyobb amannál s melyből a levegő ki van szivattyúzva. Csapok rendszere úgy köti e két lombikot össze, hogy közlekedésbe hozhatom őket egymással. A kisebb edényben foglalt víz már egy ideje forr, miközben gőze az *y* csapon át illan el. Most eltávolítom a borszeszlámpát, e csapot pedig úgy fordítom, hogy a levegő ki legyen csukva. A víz megszűnik forrni s tiszta gőz foglalja el a lombikban a víz feletti tért. Engedjünk időt a víznek, hogy kissé meghűlhessen. Néha-néha egy-egy gőzbuborékot

* Lásd e mű végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

látnak emelkedni, mert a felette álló gőznek, a mint lassacskán sürűdik, csökken a nyomása. Hideg vizet öntvén a lombikra, gyorsitom a sürűdést, a gőzbuborékok szaporodnak. Heves forrásba hozhatnám a vizet, ha az egész lombikot



36-ik ábra.

hideg vizbe meríteném. Az *F*-ben levő viz most már csendes, s közönséges forrpontjánál nehány fokkal alább áll. Megfordítván a *C* csapot, útat nyitok a gőznek a kiszivattyúzott *G* edénybe; a mint a nyomás *F*-ben enged, a benne levő viz forrni kezd, a megsürűdött gőz pedig — láthatják — eső gyanánt permetez végig a *G* edény falain. Ha a *G* edényt hidegen tartjuk s ez által a benne foglalt gőzt meggátoljuk, hogy az *F*-ben levő viz felszinére visszahathasson, úgy a kis lombik vize jó sokáig fog bugyborékolni és forrdogálni.

140. Erős melegítés a gőz rugalmas erejét óriásivá teheti. Worcester marquis ágyúkat repesztett szét vele; szerencsétlen gőzkazán-robbanásaink nagyon is szemlélhetővé teszik erejét. Az emberi ügyességnek még is sikerült uralmat szerezni e hatalmas erő felett. Denis Papin dugattyút emeltetett vele, melyet azalatt, mig a gőz megsürüdött, a légköri nyomás ismét lefelé hajtott; Savery és Newcomen gyakorlati hasznot húztak belőle; és James Watt befejezte a hő mozditó erejének eme nagyszerü alkalmazását. A dugattyút a gőzzel felfelé hajtatván, miközben a felette levő tér a sűritővel vagy a szabad levegővel közlekedik; aztán meg lefelé hajtatván, miközben az alatta levő tér közlekedik a sűritővel vagy a szabad léggel — ekként egy ide-oda járó mozgásra teszünk szert; ezt pedig aztán különféle müszerkezetek segélyével tetszés szerinti alakra hozhatjuk.

140 *a*. Azonban az erő megmaradásának elve, mint mindenütt, úgy itt is előtalálható. A gőzgép által eszközölt minden egyes dugattyúemelés, minden a gép által fölemelt súly, minden általa mozgatott kerék munkája fejében vele egyenértékü hőmennyiség tünik el. Egy tonna szén, midőn elég, tökéletesen megszabott hőmennyiséget szolgáltat. Alkalmazzuk e szénmennyiséget valamely gőzgép mozgatására, gyüjtsük össze mindazon hőt, mely a sűritőben és a gépben el van terjedve s azt, mely sugárzás és a levegővel való érintkezés folytán veszendőbe ment: úgy azt találjuk, hogy e hőmennyiség csekélyebb annál, melyet az egy tonna szénnek egyszerü elégetése szolgáltatott volna, és pedig oly mennyiséggel csekélyebb, mely a végrehajtott munkával tökéletesen egyenértékü. Feltéve, hogy e munkával 7720 fontnyi súlyt egy lábnyi magasságra lehetett emelni, akkor a szén által fejlesztett hő annyival marad el a maximumától, a mennyi épen elegendő volna egy font viz hőmérsékének 10 F.-féle fokkal való emelésére. Ezen elméleti következtetést Hirn mérnök Colmárban számos, nagy mérvben és rend-

kivüli kitartósággal keresztülvitt, bonyolódott kisérletek által tényleg be is bizonyitotta.

140 *b*. Azon gőzgépben, melyet Hirn alkalmazott, a gőz 146° C. hőmérsék mellett ment át a kazánból a hengerbe. Sürítőjének 46 C.-féle fokú volt a hőmérséke. A gép expansióval dolgozott, azaz a gőz a hengerbe ömölhetett s egész nyomását kifejthette mindaddig, mig a dugattyú egész útjának egy bizonyos részét hátra hagyta. Ekkor a gőz elzáratott s a dugattyú további útján végig már csak a hengerben levő gőz tágitó ereje által hajtatott.

140 *c*. A dugattyú feletti tér ez esetben a sürítővel közlekedett; s ha az expansió tökéletes volna, akkor a dugattyú alatti gőznek azon időben, midőn a dugattyú a maga legmagasabb állását érte el, oly nyomást kellene birnia, mely a sürítő hőmérsékének megfelel. Ha felteszszük, hogy az expansió valóban ily tökéletes volt, valamint azt is, hogy a táguló gőz tökéletesen gőzállapotban maradott, akkor Regnault kisérleteinek alapján kiszámithatnók, hogy az összes hőnek mily hányadrésze alakult át munkává. Ily számitások folytán azt találjuk, — és pedig az érték csekély volta miatt nem csekély megütközéssel találjuk, — hogy Hirn kisérleteiben a hőnek $^1/_{19}$ része sem alakult volna munkává.

140 *d*. Másrészt pedig Hirn arra a tényre jött, hogy a kazánban lévő gőztől átvett hőnek $^1/_8$ része fogyasztatott el mechanikai hatásokra. A kisérleti eredmény tehát ellentétben volt a számitással. Egy nevezetes elméleti következtetés azonban — melyre először Rankine és közvetetlenül utána s tőle függetlenül Clausius, a mechanikai hőelmélet e két előharczosa jutott — megmagyarázza a fennebbi ellenmondás okát. A gőz azon hevének kiszámításánál, melyet a sürítőbe léptekor bir, föltette Hirn, hogy a kazántól átvett összes gőz — az expansió közben — csakugyan gőzállapotban is marad. Rankine és Clausius bebizonyitották, hogy ez lehetetlen. Megmutatták, hogy a telitett gőz — úgy tágulván ki,

mint Hirn kisérleteiben történt — részben lecsapódik s páramelegének egy részét visszaadja. És valóban, még mielőtt ez okról valami bizonyosat lehetett volna tudni, a gépszerkesztők az által háritották el e lecsapódás káros befolyását, hogy a hengert egy köpönyeggel vették körül, melynek béllésébe a kazánból forró gőzt vezettek. A gőzből és folyadékból álló keveréknek, kitágulása után lépvén a sűritőbe, kevesebb a heve, mintha csupa gőzből állana. Ez az oka annak, hogy a kiszámitottnál nagyobb mennyiségű hő válik munkává. Hozzá tehetem még, hogy a gőznek tágulása közben való lecsapódását Hirn úr kisérletekkel bebizonyitotta *.

140 *e.* De ha a végrehajtott munka az összes hőnek csak $12^1/_2$ százaléka, úgy ez roppant veszteségre mutat; és e veszteséget semmi módon sem lehet a gőzgépben kikerülni, minthogy a munkává átalakitandó hő mennyisége két dologtól függ, ugyanis attól, hogy milyen a gőz hőmérséke akkor, midőn a hengerbe ömlik, és milyen, midőn a sűritőbe lép. Mennél nagyobb a hőmérsékbeli különbség a kezdet és a vég között, annál nagyobb a munkává átalakitott hő mennyisége.

De hogy az egész hőt munkává alakitsuk, oly sűritő kellene, melynek hőmérséke az absolut zérus-ponton tartatnék **.

141. Mostani tárgyam azonban azt kivánja, hogy többet foglalkozzam a természettel mint a mesterséggel; ez okból csak futólag érinthetem az emberi ügyesség diadalát, mely a gőznek a mindennapi élet szükségeire való alkalmazásában nyilvánul. A ki valaha járt Woolwich műhelyeiben vagy

---

* Lásd e mű végén a magyar kiadáshoz készitett függeléket.

** Valamely testnek absolut hőmérséke az absolut zérusponttól számitott hőmérsék. (l. a 96. §.) Igy az olvadó jégnek e ponttól számitott hőmérséke 273° C. Legyen a gőznek hőmérséke a kezdetben annyi mint T, vég-hőmérséke pedig t, mindkettőt az absolut zérusponttól számitván, akkor az összes hőnek munkává átalakitott részlete a legkedvezőbb körülmények között sem lehet több, mint $\frac{T-t}{T}$.

valamely más nagyobb gyárban, hol nagy mérvben alkalmaznak gépeket, annak helyes fogalma lehet arról, mily hatalmas segitsége van az embernek a melegség mozgató erejéből. E mellett nem szabad feledni, hogy a forgó kerekek, a vésük, a gyalúk, a fúrók és a fürészek, melyek a tömör vasba csak úgy nyomúlnak be, mintha sajt volna, — hogy mindezek a tüzkemencze belsejében egymásba ütköző atómoktól kapják mozditó erélyöket. Az atómok mozgása közlődik a gőzkazánnal, azután a vizzel, melynek részecskéi szétrázatván, oly taszitó erővel röppennek szét, mely a közlött hővel lépést tart. A gőz nem egyéb, mint az a közbenjáró, mely az atómmozgásnak mechanikai mozgássá való átalakulását közvetiti. Az ekként nemzett mozgás a maga nemzőjét ismét előidézheti. Tekintsék meg a gyaluló és a fúró szerszámokat; vizáramokat vezetnek át rajtok, hogy hidegek maradjanak. Emeljék fel a göndör vasforgácsokat, melyeket a gyalú leszedett; oly forrók, hogy nem tarthatják a kézben. A mozgató erő itt a maga eredeti alakjára tért ismét vissza, a gép munkája arra használtatott fel, hogy ugyanaz a hatalom legyen ismét helyreállitva, melytől a gép munkaképessége származott.

142. Most egy természetes gőzgépre fordítom figyelmöket; oly gőzgép ez, mely már régóta a világ csodái között foglalt helyet. Az izlandi nagy Geyser-ről szólok. Izland felülete a tengerparttól lassanként emelkedik a belseje felé, hol a talajnak magassága a tengerszin felett körülbelül 2000 láb. E magaslaton, mint talapzaton, állanak a Jöküll-ök, Izland jéghegyei, melyek az éjszak-keleti irányban mind két oldalon tova vonúlnak. E hegylánczon vannak a sziget működő vulkánjai, s a meleg források is a fentebbi irányt követik. Az e hegyekből kinyúló hasadékokból és torkokból időközönként roppant gőztömegek, sziszegve és bőgve, ömlenek ki; s ha e kiömlés valamely barlang nyilásánál megy végbe, úgy a zaj, a barlang visszacsengése következtében, gyakran dörgésszerü robajjá fokozódik. Alább, a likacsosabb rétegek-

ben, gőzölgő pocséták láthatók; undorító, feketéskék, agyagos tészta forr bennök, melyből néha idomtalan buborékok fortyannak fel s szétrepedvén, iszapos habjukat 15 vagy 20 lábnyi magasságra is felröpitik. A hegyek lábától fölfelé terjednek a glecscserek, a hegyormokat pedig hómezők koronázzák. A glecscserek üregeiből és repedéseiből roppant viztömegek ömlenek ki, itt-ott vizzuhatagok gyanánt rohanva át a jégbástyákon s gyakran mérföldekre ellepve a vidéket, mielőtt végleges kimenetelt lelnének. Ekként nagy kiterjedésü posványok keletkeznek. E viz egy részét felfogják a talaj repedései és hasadásai s lefelé szivárogtatják a mélységben fekvő, forró sziklákig; itt pedig a földalatti téreken átáramló vulkáni gázokra bukkan; a viz és gázok ez után együtt vonúlnak tovább, hogy az első megfelelő alkalommal, gőzkitörés vagy meleg forrás alakjában, jőjjenek a napfényre.

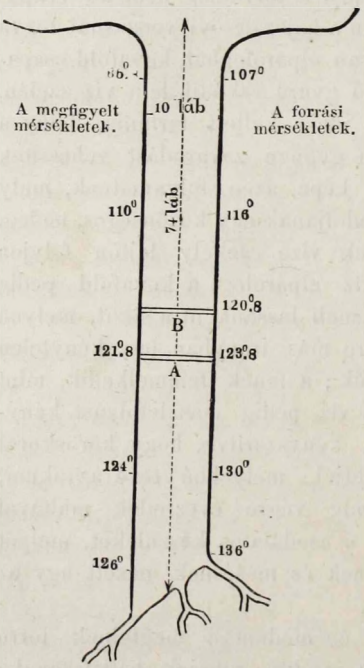
143. Legnevezetesebb e források között a nagy Geyser. 74 láb mély és 10 láb tágas csőből áll; a cső felső része egy viztartóba nyilik, melynek átmérője éjszakról délre 52, nyugatról keletre pedig 60 láb. A csőnek és a viztartónak belseje gyönyörü sima, kovanemü és oly erős vakolattal van béllelve, hogy a pörölyütéseknek ellenáll. Az első kérdés ez: hogyan épült e csodálatos cső és hogyan lett e tökéletes vakolattal bevonva? Vegyi vizsgálatok azt mutatják, hogy a Geyser vize feloldott kovaföldet tartalmaz; s igy azt gondolhatnók, hogy a viz e kovaföldet a cső és a medencze falaira lerakta. A dolog azonban nem igy van. Fenéküledéket e viz nem ad; bár meddig tartogassuk, szilárd anyag nem válik ki belőle. Eldugaszolhatjuk s évekig igy tarthatjuk, tiszta marad mint a kristály s csapadék képezésére legcsekélyebb hajlamot sem mutat. A kérdésnek imént adott megoldása még azon feltevésre is vezetne, hogy a csőnek hüvelyét valami idegen ható alkotta, a viz pedig csak a béllést adta hozzá. A medencze azonban 40 láb magas domb tetején fekszik s egyszerü megtekintése is szemmel láthatólag mutatja, hogy a Geyser maga alkotta e dombot.

Mialatt e dombot felépitette, az alatt forrásának egy a dombban felvonuló csővet kellett alkotnia; ebből pedig az következik, hogy maga a Geyser volt csövének is épitője.

144. Ha geyser-vizet pároló csészébe öntünk, úgy ez fog történni: az edény közepén a folyadék nem ad csapadékot, de a falakon, melyeken a hajszálcsövi vonzásnál fogva felemelkedik s ez okból gyorsan elpárologhat, kovaföld-csapadékot lelünk. Kovaföldből álló gyürü rakódik le a viz szélén, de az elpárolgásnak már jó ideig kellett tartania, hogy a viz közepében még csak igen gyönge zavarodást vehessünk észre. E kisérlet mikroskópi képe azon folyamatnak, mely Izlandban megyen végbe. Gondoljanak egy közönséges, meleg, kovatartalmú forrást, melynek vize csekély lejtőn folyjon lefelé. Az ekként föltárt viz elpárolog, a kovaföld pedig visszamarad. E csapadék fölemeli lassanként a sikot, melyen a viz foly, úgy hogy ez végre más irányban lesz kénytelen folyni. Itt is ugyanaz történik; a fenék felemelkedik, mint az imént emlitett esetben, a viz pedig más lefolyást kénytelen keresni. Arra van tehát kényszeritve, hogy köröskörül vándoroljon, lerakva kovaföldjét, mélyebbé téve az aknát, melyben el van helyezve; míg végre évezredek múltával felépitette az egyszerű forrás e csodálatos készüléket, melyet oly hosszú időig csodaszerűnek és mesésnek nézett úgy az utazó, mint a természetbúvár.

145. Kitörés előtt cső és medencze megtelnek forró vizzel; helylyel-közzel földet rendítő robajok hallatszanak; mindeniket a medenczebeli viz heves felkavarodása követi. A csőben levő viz emelkedik, a medencze közepén kipúposodik s túlömlik. Világos, hogy e detonatiók azon gőznek tulajdonitandók, mely a Geyser csövét tápláló vizvezetékekben képződött. E gőz kifelé törekszik a csőnek hidegebb vizén keresztül, itt rögtön megsürűdik s a detonatiókat idézi elé. Bunsen tanárnak sikerült meghatározni a Geyser csövének hőmérsékét a talptól egészen a csúcsig, és pedig nehány perczczel egy nagyobb kitörés előtt. E megfigyelések azt a

rendkivüli tényt mutatták, hogy a viz a csőnek egy pontján sem érte el forrása pontját. Az ide mellékelt rajz (37. ábra) egyik oldalán állanak a tényleg megfigyelt hőmérsékek, a másikon pedig azok, melyek mellett a viznek forrnia kellene, tekintetbe véve úgy a légkör nyomását, mint az illető pont felett álló vizoszlopét. A legkisebb eltérés a forrponttól az *A* pontban van, 30 lábnyira a fenék felett; de még itt is 2 Celsius fokkal alantabb áll azon hőmérséknél, melynél forrnia lehetne. Ily körülmények között hogyan jöhet létre a kitörés?



37-ik ábra.

146. Tessék figyelembe venni az *A* pontnál levő vizet, melynek hőmérséke csak 2 C. fokkal áll a forrás pontja alatt; s emlékezzenek vissza arra, hogy a vizoszlop a detonatió hallattakor emelkedik. Tegyük fel, hogy az a gőz, mely a cső talpához közel fekvő mellékágakból betódul, hat lábbal magasabbra emelje a geyser-oszlopot — ez oly magasság, mely a megfigyelés határain belül esik —; ekkor tehát az *A*-ban levő viz *B*-be lesz áttéve. Forrpontja *A* mellett 123·8°, valóságos hőmérséke pedig 121·8°; *B*-ben azonban csak 120·8° a forrpontja. Ha tehát a viz *A*-ból *B*-be jut, több a heve, mint a mennyi a felforrásra kellene. E hőtöbblet azonnal gőzt fejleszt; a vizoszlop feljebb emelkedik s csök-

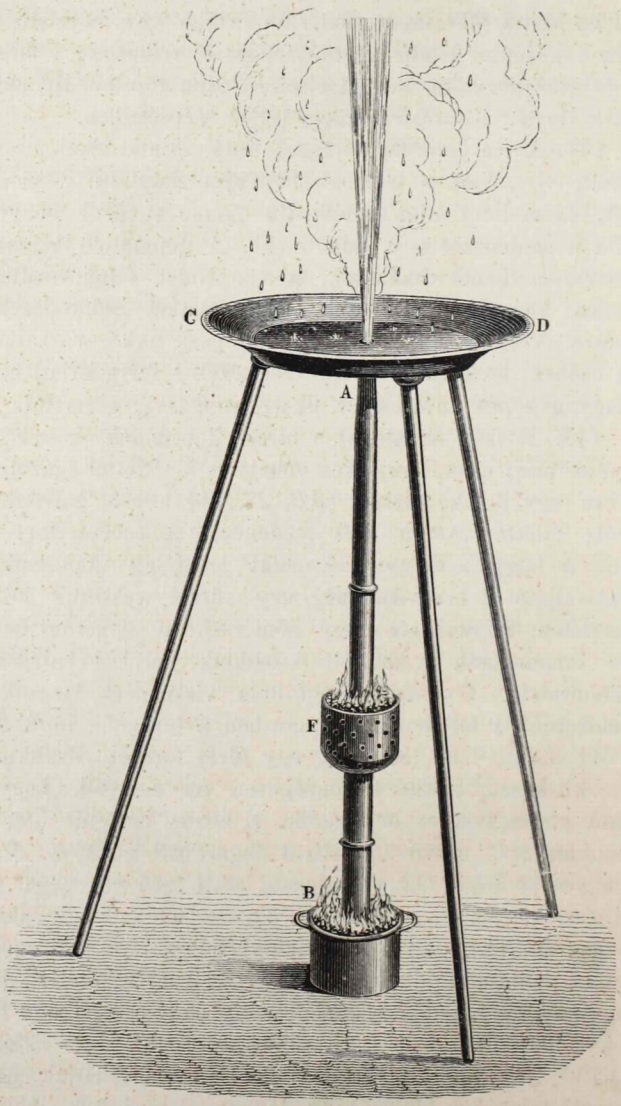
kenti az alatta álló víz terhét. Még több gőz képződik; a tömeg a középtől lefelé rögtön felforr és felbuzog; a felette levő és gőzfellegekkel kevert vizet a légbe röpíti s ilymódon beáll a Geyser kitörése a maga teljes szépségében.

147. A víz, miután a léggel való érintkezése folytán meghűlt, visszaesik a medenczébe, újra megtölti a cső egy részét, lassanként újra emelkedik benne s végül megtölti megint a medenczét úgy, mint elébb. A detonatiók bizonyos időközökben ismét hallhatók, a víz ismét felpúposodik a medencze közepében. De ezek csak hasztalan erőlködések a kitörésre. Valóságos kitörést ugyanis csak akkor várhatunk, ha a csőben levő víz annyira megközeliti forrpontját, hogy csakugyan képes az oszlopot sikeres magasságra emelni.

148. E szép elméletet a híres Bunsennek köszönjük. Legyünk most azon, hogy ezen elméletet kisérlettel igazoljuk. Itt van egy 6 láb hosszú (*AB*, 38. ábra) cső, galvanisált vasból; fölötte van a *CD* medencze. A csővet lent tűz heviti, s hogy a Geyser állapotát lehetőleg utánozzuk, a csővet aljától 2 lábnyira még egy tűzzel veszszük körül. Kétségtelen, hogy a víz nagy hőmérséke a geysercső megfelelő magasságán a hevitett kősziklák helyi behatásának tulajdonitandó. A csővet megtöltöm vízzel; ez lassanként megmelegszik s minden öt-öt perczben a levegőbe röpittetik.

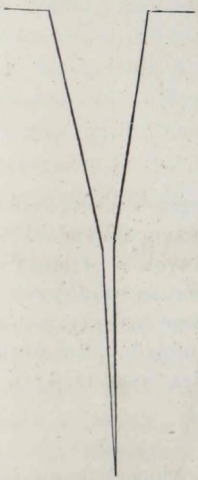
149. Van Izlandban még egy híres forrás; Strokkur a neve; kitöréseit pedig közönségesen az eszközli, hogy a nyilása göröngyökkel betömődik. E forrás hatásait utánozhatjuk, ha *AB* csővünk nyilását dugaszszal elzárjuk. Megtörtént; a hő fokozódik, s a dugasz alatt levő gőz végül oly erős lesz, hogy a dugaszt kilöki. Ha ez bekövetkezik, akkor a nyomásától hirtelen megszabadult víz felfrecsesen a levegőbe. E terem padlása majdnem 30 lábnyira van a padló felett, de a vízsugár elérte a padlást is, most pedig nagy csöppekben hull lefelé. A 39-ik ábrában a Strokkur keresztmetszete látható.

150. Sok más kitörő forrás hatásait utánozhatjuk, ha e geysercső-mintának nyilását oly dugaszszal zárjuk be, melybe



38-ik ábra.

különböző hosszaságú és átmérőjű üvegcsövek vannak beszúrva. Igy például könnyen eléállithatjuk a meg-megszakadó kitöréseket; vízzáporok és heves gőzáramok gyorsan, egymás után elétörnek s e mellett a víz 15 vagy 20 lábnyira is felhajtja sugarát. E kisérletek bebizonyitják, hogy a cső maga elegendő ok a Geyser kitöréseire. Nem szükséges tehát, úgy mint eddig, vízzel és gőzzel telt földalatti üregek jelenlétének föltevéséhez folyamodnunk.



39-ik ábra.

151. Rövid gondolkodás után be fogják látni, hogy a Geyser működésének szükségképen határ van szabva. Ha az akna oly magasságot ért el, hogy a mélyen fekvő helyein levő víz, a megnövekedett nyomás miatt, el nem érheti forrpontját, akkor a kitörések okvetetlenül meg fognak szünni. A forrás azonban ez után is lerakja a kovaföldet s gyakran fog »Laug«-ot, azaz vízmedenczét képezni. Az Izlandbeliek közül többnek mélysége 40 lábra is megy. Szépségük leirhatatlan, mondja Bunsen. Felszinükön bodor gőz játszadoz, vizök a legtisztább azúr, s ily szinűre festi ez a víztartó falain lévő phantastikus kérgesedéseket is; a fenéken pedig gyakran látható az egykor hatalmas Geyser torka. Izlandban találni nyomokat, melyek egykor nagyszerű, de most már megszünt Geyserek működéseire utalnak. Lehet találni dombokat, melyeken az aknát görgeteg tölti be; a víz pedig valamerre a föld alatt keresett magának utat s más működbe vonúlt vissza. Előttünk áll tehát a Geyser mint ifjú, mint férfi, mint aggastyán s mint halott. Ifjúságában mint egyszerű meleg forrás, férfi korában mint kitörő oszlop, agg korában mint csendes »Laug«; és halála utánra megmarad a szétrombolt akna és az elhagyatott domb, mintegy emlékeül az egykor tevékeny életnek.

V. FEJEZET.

A MOZGÁSI ELMÉLET ALKALMAZÁSA A FAJHŐ ÉS REJTETT HŐ JELENSÉGEIRE. — AZ ERÉLY ÉRTELME : LEHETSÉGES ÉS TÉNYLEGES ERÉLY. — A TÖMEGSERŐK ERÉLYE. — KISÉRLETI MUTATVÁNYOK A FAJHŐ- ÉS REJTETT HŐRŐL. — A VÍZ VEGYÜLÉSE, SŰRŰDÉSE ÉS MEGMEREVEDÉSÉNEK MECHANIKAI EGYENÉRTÉKE. — SZILÁRD SZÉNSAV. — A FOLYADÉKOK GÖMBÖLYDED ÁLLAPOTA. — A GÖMBÖLY LIBEGÉSE SAJÁT GŐZÉN. — A VÍZ ÉS HIGANY MEGFAGYÁSA VERESIZZÓ TÉGELYBEN

152. A tapasztalt hegymászó, midőn az Alpeseken nehéz vállalatba fog, lassú léptekkel kezdi meg napi feladatát, hogy ereje az előbbi megfeszítés következtében ne lankadt, hanem edzett legyen a valódi megpróbáltatás idejére. Mi is ma nehéz vállalat küszöbén állunk. Lássunk a munkához ugyanazon szellemben, ne a lelkesedés tüzével, mely a munka alatt elalszik, hanem szilárd és türelmes akarattal, vissza nem riadva a felmerülő nehézségektől.

153. Ez az ólomsúly — mint látják — a terem padlásához erősített csiga körül futó zsinórnak egyik végére van kötve. A föld és a súly, mint tudjuk, kölcsönösen vonzódnak egymáshoz; a súly most a földön nyugszik s bizonyos nyomást gyakorol annak felületére. A föld és a súly most *érintkeznek egymással*, kölcsönös vonzódásuk a mennyire lehet, ki van elégítve; s *mozgás*, hogy egymáshoz közeledjenek, lehetetlen. A mi a nehézségbeli vonzást illeti, a mozgáslétesítés lehetősége azonnal megszűnik, mihelyt a két, egymást vonzó test tényleges érintkezésbe jő egymással.

154. A súlyt felhúzom. Most 16 lábnyi magasban függ a padló felett s itt ép oly mozdulatlanúl vesztegel, mint elébb a földön; és mégis, amint térközt idéztem elé a padló és a súly között, ez utóbbinak viszonyait egészen megváltoztattam. Az által, hogy a súlyt emeltem, mozgást szülő erőt kölcsönöztem neki. Most gyakorolhat hatást, melyet míg a padlón feküdt, gyakorolnia lehetetlen volt; eshetik s esése közben mozgásba hozhat valamely gépet, vagy más munkát fejthet. A munkafejtésre való képességét „erély"-nek (energiának) fogjuk nevezni, mely kifejezés rövid és alkalmas; így aztán használhatjuk a „lehetséges erély" kifejezést is, afféle mozdító erőt értvén alatta, milyet például a mi felhúzott súlyunk kifejthetne, de melyet valóságos esés által még ki nem fejtett; nevezhetnők ugyanazt, mint némely kitünő buvárok teszik „potentiális erély"-nek is. Ez a potentiális erély vagy munkafejtő képesség, jelen esetünkben, a nehézség húzásától származik, azonban e húzás még nem változott át mozgásra. De íme elbocsátom a zsinórt, a súly esik s másodperczre 32 lábnyi sebességgel éri el a padlót. Esése minden pillanatában lefelé húzatott a nehézség által, s végleges mozgásereje mindezen egyes pillanatnyi hatásoknak az összege. Az esés közben hatóvá lett a súly erélye; s ekkor már tényleges (actualis) erélynek nevezhető, ellentétben a lehetséges munkával. Mozgási erélynek is nevezték, ellentétben a potentiális erélyel. „A mozgás ereje", még így is nevezhetnők az erélyt, melylyel súlyunk lefelé esik. A fő dolog az, hogy a készletben levő erélyt a tényleges erélytől meg tudják önök különböztetni. Fogadjuk el egyszer mindenkorra Rankine műszóit és nevezzük a készletben lévő erélyt lehetségesnek, a működésben levőt pedig ténylegesnek. Ha mindamellett néha ily kifejezéseket használnék, mint: „potentiális erély", „mozgási erély", vagy „a mozgás ereje", könnyű lesz felfogniok e kifejezések igazi értelmét.

155. Súlyunk 16 lábnyi magasságról indult; lássuk, mi történt vele, míg az egész esésből az első lábat megfutotta.

Az összes húzás, ha szabad e kifejezést használnom, mely az esés alatt érvényre jő, most már annyival csökkent, a mennyi az egy lábnyi úton való esésre kellett. 15 láb magasságon egy lábnyival kevesebb erély-készlete van, mint a mennyie volt 16 láb magasságon, de a 15′ magasságon már annyi tényleges vagy mozgási erélye van, a mennyi a készletbeli veszteséggel épen egyenértékű, s a mi, ha ellenkező irányban alkalmaztatnék, a súlyt ismét annak eredeti magasságára fogná emelni. E szerint: amint a lehetséges erély fogy, helyébe mindjárt tényleges erély lép. E két erély-mennyiség összege az egész világegyetemben állandó. Erélyt vagy munkát teremteni vagy megsemmisíteni ép úgy nem lehet, mint nem lehet anyagot teremteni vagy megsemmisíteni, s az anyagi világegyetem minden tüneménye csakis az erélynek alakváltásaiban áll. A most kifejezett elv „az erély megmaradásának törvénye“ név alatt ismeretes.

156. Még nincs itt az ideje szerves folyamatokról szólanom, de ha karom tömecseinek állapotát megvizsgálhattuk volna, mialatt ama súlyt a magasba felhúztam, azt találtuk volna, hogy e mechanikai cselekmény véghezvitele közben az erélynek valami más alakjából fogyasztottam amazzal egyenértékű mennyiséget. Ezen erély, mint később látni fogjuk, a hő. Ha gőzgép emelné a súlyt, ezen emelés közben a kifejtett munkával tökéletesen egyenértékű hőmennyiség tünnék el. E súly körülbelül egy fontot nyom s hogy 16 lábnyi magasságra emeltessék, arra körülbelül annyi hő volna szükséges, mint egy köbhüvelyknyi levegőnek egy Fahrenheit-féle fokkal való melegítésére. Ugyanaz ezt a hőmennyiséget viszont e súlynak 16 lábnyi magasságról való leesése létesíthetné.

157. Könnyen belátható, hogy tetemesen több hő használtatnék fel a súly emelésére, ha tetemesen nagyobb volna a nehézség ereje. Minél nagyobb volna a vonzóerő, annál több hő kellene annak legyőzésére, s viszont annál nagyobb volna a hőmennyiség, melyet a leeső test kifejtene, midőn a földdel összeütköznék.

158. Belátván tehát, hogy hőt fogyasztunk, midőn ezen ható segélyével valamely súlyt a földtől elválasztunk s hogy az elfogyasztott hőmennyiség a legyőzött vonzó erő erélyétől függ: most e fogalmaknak nagyobb terjedelmet kell adnunk, átvivén azokat az észrevehető tömegekről az észrevehetetlenekre. Az értelemnek ép oly könnyű két, egymást kölcsönösen vonzó atómnak elválasztását gondolni, mint valamely súlynak a földtől való elválasztását elképzelni. Már volt alkalmunk szólani a tömecserők hatályosságáról, s e tárgyra itt ismét vissza kell térnünk. A testeknek szorosan egymáshoz csatlakozott atómjai, daczára annak, hogy kölcsönösen érintkezőknek nem képzelhetjük őket, mégis rendkivül nagy vonzást gyakorolnak egymásra. A közönséges mechanikai erőből igazán hihetetlen mennyiség kellene a szilárd vagy csepegő testek atóm-közeinek oly mérvü tágitására, hogy ez által észrevehető módon nagyobbodnék a test térfogata. Ép igy nagyon jelentékeny erőre volna szükség, hogy valamely szilárd vagy csepegő test részecskéit annyira együvé sajtoljuk, hogy ez által a test észrevehető veszteséget szenvedne térfogatában. Hasztalan kisérlettem meg egy puha fém sürüségét nyomás által állandóan nagyobbitani. A vizet, mely oly könnyen enged a belémártott kéznek, hosszú ideig egészen összenyomhatatlannak tartották. Roppant erőket működtettek reája, de a helyett, hogy összehúzódott volna, inkább átizzadt a fémedénynek — melyben tartatott — likacsain keresztül s harmatképen lepte el annak felületét.* Hatalmas és fortélyos

* A következő kivonatot, mely e kisérletre vonatkozik, barátomnak, Spedding úrnak köszönöm:

„Bizonyos, hogy a ritkásabb testek (p. a levegő), mint már mondva volt, tetemesen összehúzódhatnak; de a megtapintható testek (p. a víz) sokkal nehezebben és sokkal kevésbbé nyomhatók össze. Hogy egyáltalában mennyire nyomhatók össze, azt a következő kisérlettel vizsgáltam meg: csináltattam egy üres ólomgolyót, melybe mintegy két pint férhetett és mely elegendő vastag volt, hogy hatalmas erőket is kibirhasson; miután lyukat fúrtam bele, megtöltöttem vízzel

módon most már összenyomhatjuk a vizet, de rendkivül nagy erő kell hozzá. Ha tehát tömecserőket kivánunk legyőzni, hozzájok hasonlókkal kell azokat megtámadnunk. A mit a mechanikai erő, közönséges mérvű kezelése mellett, végezni képtelen, végzi azt a hő. A megmelegitett testek kitágulnak, s hogy e tágulás létrejöhessen, le kell győzni a tömecsek vonzását. És minthogy nagyok a legyőzendő vonzások, következtethetjük, hogy megfelelően nagynak kell lennie a velök megmérkőzni képes hőmennyiségnek is.

159. És most feszült figyelemért kell esedeznem. Feltéve, hogy bizonyos hőmennyiséget közlünk e darab ólommal, mi lesz a hőből az anyagon belül? Két különböző czélra fog alkalmaztatni, két különböző nemű munkát fog végezni. Egy része a mozgás azon nemét gerjeszti, mely az ólom hőmérsékét növeszti s melyet hőmérő segélyével észre lehet venni; de egy másik része arra kényszeriti az atómokat, hogy új állást foglaljanak, s ezen rész, mint hő elveszett. Ez

---

és aztán a lyukat beforrasztottam olvasztott ólommal, úgy hogy a golyó megint egészen szilárd lett. Erre a golyó két szembenéző oldalát egy súlyos pörölylyel összelapitottam, mi közben a víznek okvetetlenül össze kellett huzódnia, a golyó levén, minden egyenlő felületű alak között, a legnagyobb térfogatú; és mikor már a kalapálásnak nem volt többé sikere, prést is használtam a viz összenyomására, mindaddig míg a víz nem birván már el több nyomást, át kezdett finom harmatképen szivárogni a szilárd ólmon. Kiszámitottam aztán az összenyomás közben veszitett tért, és azt következtettem belőle, hogy enynyivel huzódott össze a víz a hatalmas nyomás alatt." (Baco: „Novum Organum" 1620-iki kiadás, vol. IV. pag. 209). — R. Leslie Ellis jegyzete vol. I. pag. 324: „Ez talán a legjelentékenyebb Baco kisérletei között, s különös, hogy a későbbi irók oly kevéssé ügyeltek reá. Valami 50 évre a Novum Organum megjelente után tette közzé a florenczi Academia del Cimento titkára, Megalotti egy hasonló kisérlet leirását; azóta általánosan „florenczi kisérlet" néven nevezik."

Megemlítendő, hogy Leibnitz a florenczi kisérletről szólván (Nouveaux Essais), a golyót aranyból lévőnek (pag. 229, Erdmann) mondja, holott a florenczi akademikusok világosan megmondják, hogy miért adtak előnyt az ezüstnek, úgy az arany mint az ólom felett.

esetben az ólomatómoknak szertetolása, mely kölcsönös vonzásuk ellenére történik, egészen hasonszerű súlyunknak a nehézségerő ellenére történt fölemelésével; és hőveszteség az eredmény mind a két esetben. Megkisérlem, még pontosabban keresztülvinni a két folyamat összehasonlitását. Feltéve, hogy egy bizonyos erőmennyiség fordítandó súlyunk emelésére, s hogy ezen erő két részre osztódik, az egyik rész a súlynak valóságos emelésére alkalmaztatván, a másik pedig arra használtatván, hogy a súly, midőn emelkedik, az ingáéhoz hasonló lengésbe hozassék s lengései még ehhez folytonosan gyarapodjanak is mind sebességben, mind tágasságban. Ez analogonja lenne annak, a mi akkor történik, midőn az ólomba hőt szállitunk. Az atómok szertébb tolatnak, de mialatt hátrálnak, mind hevesebben és hevesebben rezegnek is. Az ólommal közlött hő tehát ketté oszlik: egyik része az atómokban lehetséges erélylyé, másik része pedig tényleges erélylyé válik. Az utóbbit az atómzene bizonyos neméül lehetne tekinteni, egyedül a zeneszerű rész lévén képes hőmérőnkre hatni vagy pedig idegeinket ingerelni.

160. Ez esetben tehát a hő nem csak tényleges erélyt kölcsönöz az atómoknak, de olyasmit is végez, a mit *belső munkának** lehetne nevezni; munkát fejt a melegitett test belsejében, az atómokat új állások elfoglalására kényszerítvén. Ha a test meghül, úgy a melegedés közben legyőzött erők ismét hatókká lesznek, s az atómok szertetolásakor elfogyasztott hő ismét szabaddá lesz, mihelyt az atómok régi helyökre térnek.

161. A vegyészek meghatározták a különböző anyagok atómjainak viszonylagos súlyát. A hydrogén-atóm súlyát 1-nek vévén, az oxygéné annyi mint 16. Egy fontnyi hydrogénhez tehát tizenhatannyi atóm kell, mint a hány atóm egy font oxygénben van. Nyilván való, hogy az egy fonthoz szükséges atómok száma az atómsúlylyal visszásan arányos. Most egy igen finom

* Lásd Clausius kitünő értekezéseit.

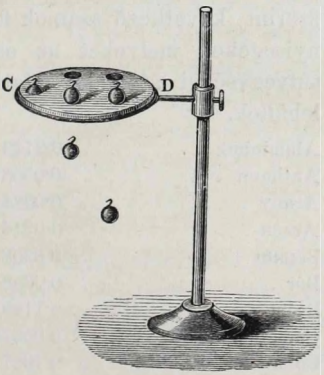
és nagy fontosságú tárgyhoz közeledünk. Dulong és Petit, valamint Regnault és Neumann kisérletei szerfelett valószinüvé teszik, hogy az elemek atómjai akár kicsinyek, akár nagyok, akár könnyebbek, akár nehezebbek, egyenlő hőmérsék mellett, abból az erélyből, mit hőnek nevezünk, egyenlő mennyiséget birnak; a könnyebbek ugyanis gyorsasággal pótolják tömegbeli fogyatkozásukat. Egyenlő hőmérsék mellett tehát minden egyes hydrogénatómnak ugyanannyi mozgási erélye van mint minden egyes oxygénatómnak. De mert egy font hydrogénben tizenhatannyi atóm van jelen mint egy font oxygénben, kell hogy, ugyanazon hőmérsék mellett, az előbbi 16 annyi hőt is tartalmazzon mint az utóbbi.

162. Ebből meg az következik, hogy ha egy font hydrogén hőmérsékét nehány fokkal — például 50-ről 60-ra — emelni akarnók, 16 annyi hőre volna szükségünk, mint a mennyit egy font oxygén igényelne ugyanazon körülmények között. Viszont pedig egy font hydrogén, mely tiz fokkal lehül, 16 annyi hőn fogna túladni mint egy font oxygén, melynek hőmérséke ugyanannyi fokkal alábbszáll. Mivel a nitrogén atómsúlya annyi mint 14, az előbbivel azonos következtetés útján, eredményül azt nyerjük, hogy egy font hydrogén 14 annyi hőt tartalmaz, mint egy font nitrogén. E következtetést, mint azonnal látni fogjuk, a kisérlet igazolja.

163. Oxygénben és hydrogénben azonban észrevehető „belső munka“ nem végzendő, mert észrevehető mekkoraságú tömecsvonzást itt nem kell legyőzni. De a szilárd és csepegős testeknél azon különbségeken kivül, melyek a súlyegységben foglalt atómok számától erednek, még oly különbségek is vannak, melyek a belső munkára szükséges hőfogyasztásból származnak. Ebből világos, hogy a különböző testekben meglevő absolut hőmennyiségeket a hőmérsék egyáltalában meg nem határozza. Ha például egy font vizet egy foknyira kivánunk melegiteni, harminczannyi hőre van szükségünk, mint midőn egy font higanyt ugyanannyira akarunk megmelegiteni. Viszont pedig egy font viz, midőn egy foknyira lehül, har-

minczannyi meleget ad át mint egy font higany ugyanazon körülmények között.

164. Engedjék meg egy egyszerű kisérlet által felvilágosítanom a különbségeket, melyek az egyes testek között léteznek a bennök foglalt hőmennyiséget illetőleg. Egy viaszlepény van itt; átmérője hat, vastagsága félhüvelyk. Ezen edényben pedig olaj van, melynek hőmérséke most 180 ° C. A forró olajban golyók vannak különböző fémekből: vas, ólom, bizmút, ón és rézből. Most valamennyinek egyenlő a hőmérséke t. i. az olaj hőmérséke. A golyókat kiszedem az olajból s *CD* viaszlepényre rakom, mely e lombiktartó gyürűjén fekszik. A golyók olvasztják az alattok lévő viaszt s belé sülyednek. Sülyedésök azonban különböző gyorsasággal történik. Vas és réz a többinél hathatósabban nyomulnak az olvasztható tömegbe; legközelébb jár utánok az ón, míg az ólom és a bizmút egészen hátra maradnak. A vas most már átesett, követi a réz, az ónnak alsó része még kibúvik a lepény alsó lapjából, de tovább már nem képes hatolni, míg az ólom és a bizmút csak csekély mélyedést okoztak, alig sülyedtek felényire a viaszlepénybe.



40-ik ábra.

165. Ha tehát különböző anyagokból egyenlő súlyokat veszek, azokat mind megmelegitem — teszem például 100 fokra — s meghatározom külön-külön a hőmennyiséget, melyet egyenként adnak, midőn 100 fokról 0 fokra lehűlnek: a különböző anyagok számára igen különböző hőmennyiségeket kell találnom. Jeles természetbúvárok úgy oldották meg e feladatot, hogy megfigyelték az időt, mely a testnek a meghűlésre kell. Mennél nagyobb ugyanis a hőmennyiség,

melyet az atómok birnak vagy melyet kiadnak, annál hosszabb idő kell a testnek, hogy lehüljön. A viszonylagos hőmennyiségeket, melyeket a különböző anyagok kiadnak, még úgy is meghatározták, hogy az anyagokat megmelegitették, azután hideg vizbe meritették s megfigyelték az egyik részen nyert s a másikon veszitett hőt. Még más módon is megoldották e feladatot, meghatározván a jégmennyiséget, melyet különböző anyagok folyékonynyá tettek, midőn 100 Celsius-féle fokról 0 fokra, vagy 212 Fahrenheit-féle fokról 32 F. fokra lehültek. E különböző módszerek egyező eredményeket adtak. Regnault, a hires franczia természetvizsgáló szerint következő számok fejezik ki a viszonylagos hőmennyiségeket, melyeket az egyes, alább megnevezett anyagok súlyegységei átadtak, mialatt 98 C.-féle fokról 15 C. fokra lehültek.

Aluminium	0·2143	Nátrium	0·2934
Antimon	0·0508	Nikkel	0·1086
Arany	0·0324	Ólom	0·0314
Arzén	0·0814	Ón	0·0562
Bizmút	0·0308	Osmium	0·0311
Bór	0·2352	Palladium	0·0593
Bróm	0·1129	Phosphor (szilárd) . .	0·1887
Cadmium	0·0567	Phosphor (alaktalan) .	0·1700
Cobalt	0·1067	Platina	0·0329
Ezüst	0·0570	Réz	0·0952
Gyémánt	0·1469	Rhódium	0·0580
Higany	0·0333	Selen	0·0827
Jód	0·0541	Silicium	0·1774
Iridium	0·0326	Szén (tiszta)	0·2414
Kálium	0·1696	Tellúr	0·0474
Kén (termés-)	0·1776	Thallium	0·0336
„ (nem régen olvasztott)	0·2026	Vas	0·1138
Lithium	0·9408	Víz	1·0080
Magnézium	0·2499	Wolfram	0·0334
Mangán	0·1217	Zink	0·0955

E tábla futólagos megtekintéséből kiderül, hogy miért olvasztották át a viaszt a vas- és a rézgolyók? nagy fajhevük következménye volt az; mig az ólom és a bizmút-golyók

ezt tenni nem voltak képesek. Ép úgy kitűnik a táblából, hogy az ón azt a helyet foglalja el, melyet a viaszszal tett kisérletünk kijelölt számára s hogy a víz több hőt enged át mint bármely más, rovatunkba felvett anyag.

166. E táblában mindenik szám azt jelenti, mit eddig a melléjök írt anyagok »fajhevének« vagy »hőfoghatóságának« neveztek. E különbségeket azok, a kik a hőt fluidumnak tekintették, mint már elébb említettem, azon mondással magyarázták, hogy az egyik anyagban több van ebből a fluidumból mint a másikból. A »fajhő« és »hőfoghatóság« kifejezéseket jövőre is baj nélkül használhatjuk, ismervén már ez ezen kifejezések által jelölt hatások valódi természetét. Megjegyzésre méltó tény az, hogy a fajhő ugyanazon mérvben növekszik, a melyben az atómsúly csekélyedik és viszont; úgy hogy a fajhő és az atómsúly szorzata, majdnem valamennyi esetben, jóformán állandó mennyiség. Egy már elébb tett észrevételünket példázza ez, mely szerint t. i. a könnyebb atómok gyorsasággal pótolják tömegbeli hiányukat.

167. A tömecsmozgásban és a belső munkában szereplő erők mekkorasága, ha közönséges mechanikai mértékkel méretik, óriási nagy. Itt van egy font vas; ha ez 0 C. fokról 100 C. fokra melegíttetik, a 0 foknál levő térfogatának körülbelül $^1/_{800}$-ad részével tágúl ki.

Ámbár e térfogatnagyobbodást a legélesebb szem sem birná észrevenni, mégis arra, hogy az atómokkal az e hőmérsékemelkedésnek megfelelő mozgás közöltessék s hogy azok a fennemlített kis téren át szerte tolassanak, — arra mégis oly hőmennyiség szükséges, mely elegendő volna körülbelül nyolcz tonnának egy lábnyi magasságra való emelésére. A nehézségerő igazán elenyészik, ha e tömecserőkkel hasonlítjuk össze; a föld részéről az 1 fontnyi tömegre gyakorolt húzás, az e tömeg saját tömecseinek vonzásához képest, annyi mint semmi. Még finomabb példával szolgál a víz. A víz 4 C. vagy 39 F. fok felett és alatt tágúl, 4 C. fok

mellett érvén el legnagyobb sűrűségét. Feltéve, hogy egy font víz $3^1/_2$ C. fokról $4^1/_2$ C. fokra, tehát egy foknyira melegíttetik, térfogata mindkét hőmérsék mellett ugyanaz marad; az atómok középpontjai nem tolatnak szertébb s bár a térfogat változatlan, mégis annyi hő közöltetett a vízzel, mely ha mechanikailag alkalmaztatnék, 1390 fontnak egy lábnyi magasságra való emelésére elegendő volna. A hő ez esetben nem tesz egyéb belső munkát, mint azt, hogy a vízatómokat elfordítja. Érintőleges mozgás által elválasztja az atómok vonzó sarkait, de középpontjaikat ugyanazon távolságban hagyja mind a két esetben. Az itt fejtegetett képzetek nehezek lehetnek azoknak, kik ily tanulmányokhoz nincsenek szokva, de mégis mindenki tisztán fogja azokat maga elé állíthatni, kinek türelme van, velök elég ideig foglalkozni.

168. Látjuk ebből, hogy azon belső munkán kívül, mely az atómok szertetolásában áll, még más nemei is vannak a belső munkának. Roppant mennyiségű belső munka fejlődhetik viszont, ha az atómközéppontok a helyett, hogy távolodnának egymástól, közelednek egymáshoz. Sarkerőktől, azaz olyanoktól, melyek bizonyos atómpontokból indulnak ki s bizonyos irányokban hatnak — szerzik a kristályok részarányos alakjukat; s ezen erők legyőzését, miután hőfogyasztással kapcsolatos, egyszersmind térfogatcsekélyedés követheti. Bebizonyítja ezt a víznek és a bizmútnak magaviselete a folyékonyodáskor.

169. A légnemüek fajhevére vonatkozólag a legnevezetesebb kisérleteket Regnaultnak köszönjük. Regnault meghatározta a hőmennyiségeket, melyeket egyszer az egyenlő súlyú, másszor az egyenlő térfogatú gázok és gőzök igényelnek, hogy ugyanannyi hőfokon át melegíttessenek. E megbecsülhetetlen vizsgálatok eredményeiből ide igtatunk egykettőt, megjegyezvén, hogy egységül a víz fajheve vétetett:

Egyszerű gázok:

	fajhő	
	egyenlő súly	egyenlő térfogat
levegő . . .	0,237	
oxygén . . .	0,218	0,240
nitrogén . . .	0,244	0,237
hydrogén . .	3,409	0,236
chlór	0,121	0,296
bróm	0,055	0,304

170. Következtetés útján már kihoztuk, hogy egyenlő súly mellett a hydrogénnek 16-annyi a melege mint az oxygéné, s 14-annyi mint a nitrogéné; mert egyenlő súly mellett a hydrogén 16-annyi atómból áll mint az oxygén, s 14-annyiból mint a nitrogén. E következtetést, mint e számokból látjuk, a kisérlet igazolja.

Minthogy azonban e gázokban egyenlő térfogat mellett az atómok egyenlő számmal vannak jelen, azt következtetjük, hogy egyenlő térfogatok fajhevének mindig egyenlőnek kell lennie. Oxygén, nitrogén és hydrogénnél csakugyan majdnem egyenlő. Chlórnál és brómnál ellenben azt találjuk, hogy ezek jelentékenyen eltérnek a többi gázoktól. Ugyde a bróm *gőz*, a chlór pedig oly gáz, mely ha összenyomatik, könnyen folyékonyodik. Ez okból nagy hőmennyiség kell e két esetben arra, hogy az atómok kölcsönös vonzóereje legyőzessék. E vonzóerő az oxygén, a hydrogén és a nitrogénnél észrevehetetlen. Innét van, hogy a bróm és a chlór fajheve, egyenlő térfogat mellett, magasabb.

171. Bizonyos egyszerű gázok összetett gázokká egyesülnek a nélkül, hogy térfogatuk megváltoznék. Egy térrész chlór például egy térrész hydrogénnel egyesülvén, *két* térrész sósavas gázt alkot. Más esetekben térfogat-csökkenés követi a vegyülést. Két térrész nitrogén például egy térrész oxygénnel egyesül, hogy két térrész nitrogénoxydul-gázt képezzen. Ez esetben a vegyülés folytán három térrész két térrészszé sürüdött. Regnault azt találja, hogy a térfogatokat nem vál-

toztató, összetett gázoknak egyenlő térfogat mellett ugyanazon fajhevük van, mint az oxygén, a hydrogén és a nitrogénnek; ellenben azoknak, melyek a térfogatokat változtatják, más is a fajhevük.

Összetett gázok sűrűdés nélkül.

	fajhő	
	egyenlő súly	egyenlő térfogat
nitrogénoxyd .	0,232	0,241
szénoxyd . .	0,245	0,237
chlórhydrogén .	0,185	0,235

Ezen összetett gázok fajheve, egyenlő térfogat mellett, ugyanaz mint a már említett három egyszerű gázé.

172. Összetett gázok; három térrész két térrészszé sűrűdve.

	fajhő	
	egyenlő súly	egyenlő térfogat
szénsav . . .	0,217	0,331
nitrogén-oxydul	0,226	0,345
vizgőz	0,480	0,299
kénessav . . .	0,154	0,341
kénhydrogén .	0,243	0,286
szénkéneg . .	0,157	0,412

173. Itt azt találjuk, hogy az egyenlő térfogatok fajhevét kifejező számok különböznek az egyszerű gázokéitól és különböznek egymás között is. Megjegyzésre méltó pedig, hogy a viz fajheve körülbelül kétakkora mint a vizgőzé, s szintúgy kétakkora mint a jégé.

174. Egyenlő súlyokat hasonlítván össze, a viz fajheve 1 lévén, a levegőé 0,237. Egy font viz tehát egy hőfoknyi veszteséggel körülbelül 4·2 font levegőt melegíthet meg egy foknyira. Azonban a viz 770-szer nehezebb a levegőnél; következésképp, ha egyenlő térfogatokat vetünk egybe, egy köblábnyi viz egy hőfoknyi veszte-

séggel 770 × 4·2 = 3234 köbláb levegőt melegíthetne meg egy foknyira.

175. Itt önként szembeötlik ama nagy befolyás, melyet a tenger az égalji végletek mérséklésére gyakorol. Az oczeán magába szedi a nyár hevét, melyet télnek idején ismét visszaad. Ez részben az ok, miért nem jőnek elé a szigetek égalji viszonyaiban oly nagy hőmérséki különbségek. Szigeten a nyár sohasem érheti el a szárazföldi nyár forróságát; viszont pedig a tél soha sem oly hideg a szigeten mint a continensen. A szárazföldön több helyütt oly gyümölcs terem, melyet a mi angol nyarunk meg nem érlel, de ugyanazon tájakon ismeretlen a mi téli zöldünk, mert nem állja ki az ottani telet. Izlandban a tél általában szelidebb mint Lombardiában.

176. Eddig azon hőmennyiségekre fordítottuk figyelmünket, melyek a szilárd és a folyékony testek tömecsváltozásai által fogyasztatnak el, s föltettük, hogy e változások közben a testek szilárdak, illetőleg folyékonyak maradnak. Most meg pedig azon tüneményeket veszszük szemügyre, melyek a halmazállapot-változással járnak együtt. A szilárd test, ha eléggé hevíttetik, megolvad; s a kellően hevített folyadék légneművé lesz. Vegyük példaképen a jeget s kövessük létének egész körjáratában. E jégtömb, melyet itt látnak, 10 C. fokú a zérus alatt. Hevítsük; a hozzá erősített hőmérő a zérusfokra emelkedik, s e ponton a jég olvadni kezd. A hőmérőben levő higany, mely egész odáig emelkedett, most megakad haladásában s tökéletesen veszteg marad. Tovább is folytatom a hőszállítást, de hőmérsékemelkedés be nem áll, s csak akkor kezd a higany ismét emelkedni, midőn az utolsó jégdarab is eltűnt a hőmérő gömbjéről. Most újra emelkedik s 30, 60, 100 fokot ér el. Ekkor gőzbuborékok mutatkoznak a vízben; a víz forr s a hőmérő 100 fokon ismét veszteg marad.

177. De a jég olvadása és a víz elgőzölgése közben a hőszállítás folyvást tartott. Csupán a jég olvasztására annyi

hőt kellett közölni, a mennyi szükséges volna ugyanoly súlyú víznek 79·4 C. fokkal való melegítésére, vagy arra, hogy 79·4-szer annyi súlyú egy fokkal megmelegíttessék. Hogy pedig egy font vizet 100 fokú hőmérsékű gőzzé változtassunk át, 537·2-annyi hőre volna szükségünk, mint a mennyit egy font víz egy fokkal való melegítésére igényel. Az előbbi szám, t. i. 79·4° C. (vagy 143° F.) azt jelenti, a mit eddig a víz »rejtett hevének« neveztek; ez utóbbi szám pedig, t. i. 537·2° C, (vagy 967° F.) a gőz rejtett hevét ábrázolja. Azok, kik először használták e kifejezéseket, jól tudták, hogy az olvasztás és a forralás egész tartama alatt hőszállítás történik, de mert e hőt a hőmérő nem jelezte, azt koholták róla, hogy elrejtőzött. Azt vélték, hogy a hőfluidum ismeretlen módon elrejtőzik a víz és a gőz tömecsközeibe. Jelen elméletünk szerint az olvasztásra fordított hő fölemésztődik, az atómoknak lehetséges erélyt kölcsönözvén. Lényegében egyenértékű a súlyemeléssel. Igy a mi például a gőzt illeti: itt a hő arra használtatik fel, hogy a folyékony atómokat szerteszét hajtsa, mind nagyobb és nagyobb mennyiségű lehetséges erélylyel ruházván fel őket. A gőz, ha megfosztjuk hevétől, megsűrűdik; a tömecsek akkora mozgási erélylyel zuhannak egymásra, mely felér az elválasztásukra fordítottal. Ugyanaz a hőmennyiség, mely előbb elfogyasztatott, most ismét megjelenik.

178. A folyékonyodás cselekedete belső munka: oly munka, mely az atómoknak más állásokba való elhelyezésére fordíttatik. Az elgőzölgés cselekedete legnagyobbrészt szintén belső munka, melyhez azonban még külső munka is adandó. Ez utóbbi abban áll, hogy a légkör, midőn a folyadék gőzzé válik, visszaszoríttatik.

179. A tüzelőanyag hőfejtő erejének első, tökéletes meghatározását a már sokszor említettem kitűnő férfiúnak köszönjük. Rumford minden egyes anyag hőfejtő erejét annyi víz súlya által fejezte ki, a mennyinek hőmérsékét az illető anyag súlyegysége, ha tökéletesen elégne, egy fokkal feljebb-

emelné. Igy például ha egy font szén $2^2/_3$ font oxygénnel szénsavvá vegyül, annyi hőt fejt, a mennyi 8000 font víznek egy C. fokkal való feljebbmelegítésére elegendő. Ép így, egy font hydrogén nyolcz font oxygénnel vizzé vegyülvén, annyi hőt fejt, mely 34,000 font víznek egy C. fokkal való feljebbmelegítésére elégséges. A szénnek és a hydrogénnek hőfejtő ereje tehát úgy áll, mint 8:34. Rumford adatait a Favre és Silbermann által legközelébb keresztülvitt, igen pontos kisérletek teljesen igazolják.

180. Irányozzuk most figyelmünket e csodálatos anyagra: a vízre s kisérjük őt létének különböző szakain keresztül. Alkatrészei: a hydrogén és az oxygén szabad atómjai, melyek kölcsönösen vonzódnak egymáshoz és egymásra zuhannak. Az atómok e cselekedetének munkaértékét könnyen megállapithatjuk. Egy font víznek egy C. fokkal való melegitése egyenértékű 1390 lábfonttal; 34000 font víznek tehát egy C. fokkal való melegitése 34000×1390 lábfonttal egyenértékű. E szerint azt találjuk, hogy egy font hydrogénnek nyolcz font oxygénnel való egyesülése, munkaértéke szerint becsülve, felér 47 millió fontnak egy lábnyi magasságra való emelésével. Gondolom, hogy nem estem túlságba, midőn azt állitottam, hogy a nehézségerő, a mint a föld közelében nyilatkozik, igazán elenyésző mennyiség a tömecserőkhöz képest. Oly csekélyek a távolságok, melyek az atómokat egyesülésök előtt egymástól elválasztják, hogy mérésök lehetetlen, és mégis, midőn e távolságokat befutják, elegendő sebességre tesznek szert, hogy a fentmondott roppant erővel zuhanjanak egymásra.

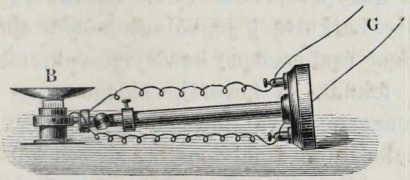
181. Az egyesülés után az anyag gőzállapotban van, mely gőz alászáll 100 C. fokra s az után vízzé sürüdik. Először az atómok egymáshoz rohannak, hogy a chemiai vegyületet képezzék; azután e vegyület atómjai egymásra zuhannak, hogy folyadékot képezzenek. E cselekedet mechanikai értékét is könnyen kiszámithatjuk: 9 font gőz, mely vízzé válik, annyi hőmennyiséget fejt, melylyel $537{\cdot}2 \times 9 = 4833$

font víz hőmérséke egy C. fokkal, vagy $967 \times 9 = 8703$ font víz hőmérséke egy F.-féle fokkal emeltessék. Ha az első számot 1390-nel, a másodikat 772-vel szorozzuk, szorzatul kerekszámban 6,720,000 lábfontot kapunk, mint csupán csak a sürüdésnek munkaértékét.* A legközelebbi zuhanás a folyékony állapotból le a megfagyás állapotába való zuhanás, s e cselekedet mechanikai értéke 993564 lábfonttal egyenlő. Kilencz fontnyi vizünk e szerint, eredeténél és további átalakulása alatt, három nagy meredekségen zuhan le: erélyre nézve az első zuhanás egy tonna súlynak 22320 lábnyi mélységbe való esésével egyenértékü; a második zuhanás egy tonnának 2900 lábnyi magasságról való esésével azonos, és a harmadik egyenlő egy tonnának esésével 433 lábnyi magasságról. Láttam az Alpesek zord kőlavináit a kőszirtek meredek falain füst és dörgés közt lezuhanni: rohamuk megdermeszté a szemlélőt. De megint láttam hópelyheket oly csendesen szállingózni, hogy még a törékeny tük sem sérültek meg, melyekből ama pelyhek állanak; és mégis e finom anyagnak egy gyermek által tovavihető mennyisége, hogy vizgőzből eléállíttassék, oly erőfejtést igényel, mely elég volna, hogy a legnagyobb kőlavinának — mit valaha láttam — szétzúzott sziklatömbjeit felragadja s két oly magasra felröpítse, mint a melyről alázuhant.

182. Nem lesz helyén kivül itt nehány kisérletet bemutatni, azon hőhatásokra vonatkozókat, melyek a halmazállapot változásai mellett beállanak. Hővillanyoszlopomat háttal fektetem le az asztalra; mezitelen *B* lapjára vékony ezüstcsészét teszek s ebbe langyos vizet öntök: a tü egészen 90°-ig halad s állandóan elhajlitva hetven fokon marad. Ez után kevés porrátörött salétromot (nem többet mint a mennyi

* Rumford kisérleteiben a sürüdés melege bele volt foglalva a hevítő erő számértékébe. Levonván a föntebbi számot a hydrogén és oxygén vegyülésére találtból, még mindig 40 millió lábfont marad a vegyület mechanikai értékeül.

egy háromfilléres befödésére volna szükséges) szórok a csészére; s úgy hagyom, hogy feloldódjék. A salétrom előbb tűz közelébe tétetett; tehát mind a víz mind a por melegítve



41-ik ábra.

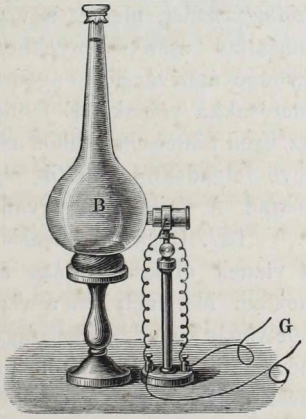
volt. Látják mily hatást idéz elé a kettőnek összekeverése. A salétrom feloldódik a vízben, s hogy e változás létesíttessék, mindazon hő elfogyasztatik, melyet a salétrom és a víz szobánk hőmérséke feletti többletképen birtak; sőt még ennél is több használtatik fel. A tű, mint látják, nem csak a zérusra esik, hanem a másik oldal felé is megy egy darabig s azt mutatja, hogy az oszlop tetemesen meghűlt.

183. Kiöntvén a meghűlt folyadékot, ismét meleg vizet öntök belé s egy csipetnyi konyhasót szórok a vízbe. Midőn a sót beszórtam, a tű akkor hetvenen állott; most esik, eléri a zérust s a hideget jelző oldal felé mozog. De a hatás nem oly erős mint az előbbi esetben. A rejtett hőre vonatkozólag tehát ugyanazon különbségeink vannak, melyeket a fajhőre nézve már kiderítettünk. A csészét újból megtisztitom, ismét más vizet öntök belé s darabka czukrot teszek a vízbe. A czukor olvasztására elfogyasztott hőmennyiség észrevehető: a folyadék meghűl, de a hűlés sokkal csekélyebb mint az előbbi két esetben. Theájokat a legtudományosabb módon hűtik, midőn édesítik; s ugyanazt teszik, midőn sót szórnak a levesökbe, s ha csupán a hűlésre lennének tekintettel és nem a jó ízre is, salétromot használván, a hülést méginkább gyorsíthatnák.

184. Törött jégből és sóból álló keveréket használtunk egy előbbi alkalommal, hogy kemény hideget idézzünk elé. Só és jég összekevertetvén halmazállapotukat változtatják, s ennek következményeképen a keverék hőmérséke több foknyira a víz fagypontja alá esik. Itt van egy rakás óraüveg, ónlevélbe burkolva s jégből és sóból álló keverékbe mártva. Minden óraüvegben kevés víz volt, melyben a következő üveg feküdt. A keverék hidege most valamennyit egy szilárd hengerré fagyasztotta össze.

185. Megfordítom a folyamatot, s azon hőt mutatom be önöknek, mely akkor fejlődik, midőn folyékony testek szilárdakká válnak. Előbb azonban megmutatom, hogy kénsavas nátron, midőn feloldódik, hőt rejt el. Ezen anyagot oly módon vizsgálván meg, mint előbb a salétromot, látják, hogy míg a kristályok olvadnak, a villanyoszlop meghül. Tegyük meg a kiegészítő kisérletet. Itt van egy nagy, hosszúnyakú üvegedény, kénsavas nátron oldatával telve. Ez anyagot segédem tűz felett oldotta fel tegnap a műhelyben; a palaczkot megtöltötte az oldattal s nyílását darab hólyaggal gondosan befödvén, ezen tábla mögé helyezte, hol az éjen át nyugodtan állott. A folyadék e pillanatban túl van telítve kénsavas nátronnal. A forró víz ugyanis többet oldhatott fel belőle mint a hideg, s most sokkal alantabb áll a hőmérséke annál, melyet a telítés pontja megkiván. Túltelített állapotban úgy tartjuk meg a folyadékot, hogy tökéletes nyugalomban hagyjuk s nem engedjük, hogy valamely idegen test bele essék. Az egészen nyugodtan álló víz például, ily módon több foknyira hűthető le a fagypont alá. Sokan önök közül talán észre vették, hogy hideg téli éj után, kiöntéskor a víz rögtön megfagyott mosdókorsójukban. Hideg tájakon ez nem szokatlan. A kénsavas nátronnak ezen oldatban levő részecskéi úgy vannak, mintha valamely mélység szélén állanának: lezuhantásukra elég az, hogy ugyanazon anyagból apró, homokszemnyi kristályocskát dobjunk az oldatba. Tessék figyelni arra, a mi most történik: a palaczk még most tiszta

folyadékot tartalmaz; belé dobom ezen parányi kristályocskát; nem sülyed le, a tömecsek összecsatlakoznak körülötte, úgy hogy szilárd anyagot képeznek, melybe a kristály mintegy befalazódik. A szabad állapotból kötött állapotba való átmenetök egészen lassanként történik. Látják, mint halad a szilárdulás a palaczk nyakában lefelé. Oszlopom mezitelen felülete a palaczk domború részével érintkezik s a galvanométer tűje zérusra mutat. A kristályodás még nem érte el a folyadékot az oszlop közelében; de látják, hogy már közeledik feléje. Most szilárdul az oszlop közelében levő folyadék; tekintsék meg a hatást: az atómok, mialatt szilárd alakot vesznek fel, hőt fejtenek. E hő közlődik az üveghüvelylyel, mely a maga részéről megmelegíti az oszlopot, s mint látják a tű 90-re siet. A megszilárdulás által észrevehetővé vált hőmennyiség tökéletesen egyenlő azon hőmennyiséggel, mely a folyékonyodás közben elrejtőzött.



42-ik ábra.

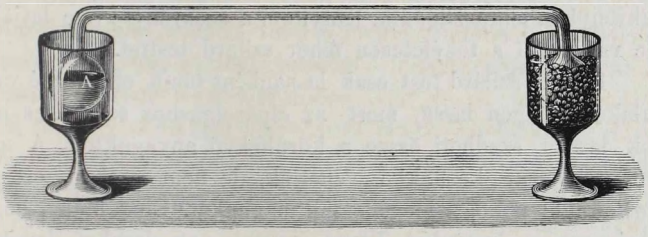
186. E kisérletekben a folyadékok rejtett hevével foglalkoztunk; engedjék meg most, hogy figyelmöket nehány oly kisérletre fordítsam, melyek a gőzöknek úgynevezett rejtett hevét, vagy más szavakkal, azon hőmennyiséget teszik láthatóvá, mely lehetséges erélylyé változik, midőn valamely test folyékony állapotból gázneműbe megyen át. Oszlopomat, mint elébb, hátára fektetem, mezitelen lapjával felfelé; e lapra teszem a már használt ezüst csészét, melyben most kevés, szándékosan melegített, illékony folyadék van. A tű mozog s meleget jelez. De alig érte el a 90 fokot, már is vissza tér, a zérusra esik s az ellenkező oldal felé röpül. Az itt használt folyadék kén-aether; nagyon illékony, s az

elpárolgás oly gyorsan megy végbe, hogy az imént vele közlött hőt csakhamar elfogyasztja s az után az oszloptól is hőt von el. Az aethert eltávolitom s gyöngén melegitett alkohollal helyettesitem. A tű, úgy mint elébb, a meleget jelző oldalon halad. Az alkohol elpárolgásának siettetésére e kis fúvót használom; látják, mint esik a tű s most 90 fok mellett áll a hideg oldalon. A viz közel sem oly illékony mint az alkohol, de ezen berendezés mellett mégis megmutathatom a hőfogyasztást, melyet a viz elpárolgása eszközöl. Vizet néha mázatlan cserépedényekben tartunk, melyek a folyadéknak gyönge átszivárgást engednek s igy a külső felületükön harmatosakká válnak. E felületen elpárolgás megyen végbe, s az ezen tömecsmunkához szükséges hő nagyrészt az edényben levő folyadéktól vonatik el, minek következtében a viz hüvös marad. A vajhüsitők ugyanerre az elvre vannak szerkesztve.

187. Hogy a hülésnek azon fokát mutassam meg, melyet a viznek elpárologtatása által elérni lehet: egy készüléket hoztam ide, melyben a viz csak a saját gőze által eszközölt hőelvonás következtében fagy meg. E készülék k r y o p h o r nak neveztetik és Dr. Wollaston találmánya. Következő módon készül. E két golyó egyikébe *A* kevés vizet kell önteni, a másikat *B* izzitani s egy részét finom nyilásu csővé kell kihúzni. Az után forralni kell az *A*-ban foglalt vizet mindaddig, mig a kifejlödött vizgőzök a *B* golyó csövén elillanható levegőt egészen ki nem hajtják. Ha ez megtörtént, azaz ha a golyókban és a golyókat összekötő csőben tiszta gőz van, akkor a nyilás forraszcső segélyével beolvasztandó. A készülékben tehát van viz és vizgőz, a levegőnek majdnem minden nyoma nélkül. Hallják, hogy a viz csörren benne, épen úgy, mint elébb a vizkalapácsban.

188. Az egész folyadékot az *A* golyóba futtatom, melyet üres pohárba tettem, hogy a léghuzam ellen megvédjem. Az ü r e s *B* golyót pedig hideg keverékbe mártom. E golyó meghül s hidege az *A*-ban levő folyadékból kifejlödött gőzt ismét vizzé sűriti. E sűrités után új gőzmennyiségek fejlöd-

hetnek, s a tartós elgőzölgés jobban és jobban hűti a gőztadó vizet, úgy hogy 15 vagy 20 percz alatt jéggé fogna változni.



43-ik ábra.

Itt van csakugyan az átlátszó szilárd tömeg, mely egy másik fél óra előtt működésbe hozott készülékben képződött. A hűlésnek ezen egész folyamata úgy történik, hogy az atómmozgás az egyik golyóból a másikba vitetik át, megfelelő pótlás nélkül.

189. A hőfogyasztásra, melyet a halmazállapot változása okoz, a legmeglepőbb példát szolgáltatja azon anyag, melyet ebben az erős vasedényben tartok fogva. E palaczk ugyanis roppant nyomás következtében folyékonynyá lett szénsavat zár magában. Közönséges viszonyok között a szénsav, mint tudjuk, gáz. Itt van egy üveg, ily gázzal megtöltve; szemmel nem lehet a közönséges levegőtől megkülönböztetni, de elárulja a természetét, midőn a gyertyát eloltja. Felnyittatván a vaspalaczk csapja, megszűnik a savra gyakorolt nagy nyomás; a folyadék forr s úgyszólván rögtön gázzá porlódik, s e gáz rendkivül hevesen özönlik ki a nyiláson. Áramát szemmel kisérhetik; egy fehér anyag keverődik vele össze, mely nyolcz, egész tiz lábnyira fuvatik a levegőn keresztül. Miből áll ezen anyag? szénsav-hóból. A folyékony állapotból a légneműbe való átmenet által okozott hideg oly tetemes, hogy a szénsavnak egy része tényleg hóvá fagy s kis pelyhek alakjában összekeveredik a kiözönlő gázzal. Alkalmas edény segélyével e havat fel lehet fogni. Itt van egy hen-

geralakú szekrény két toldalékcsővel; most már ezeken kell a gáznak kiözönlenie. A kavargó áramot most is látják jobbra és balra, de a megfagyott tömegnek nagy része a szekrényben marasztalódik. Kinyitom a szekrényt; íme látják: tele van ezzel a tökéletesen fehér szilárd testtel.

190. E szilárd test csak lassanként tűnik el; gőzzé való átalakulása igen lassú, mert az elpárolgáshoz szükséges hőt csak lassan szedheti össze a körülfekvő anyagoktól. A szilárd szénsavat kezünkbe vehetjük, de nem szabad erősen szoritanunk, nehogy megégessük magunkat. Elég hideg, hogy megégesse a kezünket. Vízbe mártok egy darabot belőle; látják, hogy hólyagok szállanak fel a vízben; e hólyagok tiszta szénsavból állanak. Felfogom e gázt s megmutatom, hogy meg van benne a közönséges módon előállított szénsavnak minden tulajdonsága. Egy darabot a számba teszek, vigyázva, hogy ezen idő alatt ne vegyek lélegzetet; most egy gyertya felé lehellek s lehelletem eloltja a lángot. Hogy lehet az ily hideg anyagot baj nélkül szájban tartani? Ily hideg vasdarab bizonyosan komoly sérülést okozna.

191. Víz meg nem olvasztja e havat, de kén-aether megteszi; s ha ebből bizonyos mennyiséget öntök a szilárd szénsavra, oly anyagot nyerek, melynek roppant nagy a hűtőképessége. Itt van nehány vastag, szabálytalan üvegdarab, összetörött poharak fenekei. Egy darabot teszek reájok a szilárd szénsavból s ezt aetherrel megnedvesítem. Ugy-e hallják az üvegek recsegését? Szétrepedtek, mert a kemény hideg következtében összehúzódtak.

192. Ezen edénybe darab papirost teszek, a papirosra vagy két font higanyt öntök, erre kevés szilárd szénsavat rakok s kevés aetherrel leöntöm. Tudják, hogy a higany megfagyasztására igen mély hőmérsék szükséges; de itt a higany megfagyott. Önök elé fektetem, mint szilárd tömeget, melyet pőrölyözhetek s késsel vághatok. E huzal, melyet azért tettem a higany alá, hogy ezt vele kiemelhessem, erősen hozzáfagyott. Kiemelem tehát a higanyt s vízzel telt üveg-

edénybe mártom. Folyékonyodik s lefelé csörgedez a vizben; de minden higanyszál megfagyasztja a vele érintkező vizet s igy minden higanyszál körül egy-egy jégcső képződik, melyen a folyékony fém lefolyik. A végtelenbe lehetne e kisérleteket sokszorozni; úgy vélem azonban: eleget tettem, hogy az elpárolgás hidegét kideritsem.

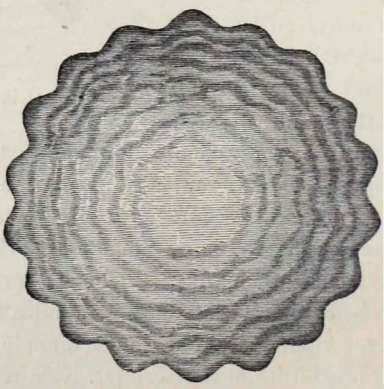
193. A gőz-képződéssel összefüggő tüneményeknek egy igen sajátságos osztályára kell még önöket figyelmeztetnem. Itt van egy széles porczellántál *B*, forró vizzel megtöltve; s itt van egy ezüstcsésze *S*, melyet vörös izzásig hevitek. Mi történik majd, ha az ezüstcsészét a vizre teszem? Természetesen igy felelnének: világos, hogy a csésze azonnal a vizzel közli melegét s a viz hőmérsékére hül le. De ilyesmi be nem áll. Alsó lapján a csésze rövid idő alatt annyi gőzt fejleszt, hogy általa megvédetik a vizzel való érintkezéstől; vagy ha elébb kifejtett hypothesisünk nyelvén fejezzük ki magunkat: a csésze alsó lapján elszabaduló tömecslövevények zápora, midőn az alsó laphoz ütődik, lebegve tartja a csészét. Ez addig tart igy, mig a csésze hőmérséke annyira nem csökken, hogy nem képes többé a gőznek oly feszerőt kölcsönözni, melyet a lebegve tartás megkiván. Ekkor érintkezésbe jő a vizzel, mit hirül ad a fémnek közönséges serczegése, valamint a fém felett támadó gőzfelleg.

44-ik ábra.

194. Most megforditom a kisérletet. Nem teszem a csészét a vizre, hanem vizet öntök a csészébe, de ez utóbbit elébb vörös izzásig hevitem a lámpa felett. A forrás zúgását nem hallják, sem a viz sziszegését, midőn vizet öntök a forró medenczébe; a csöpp saját gőzén gurul, azaz fenntartják a felülete alatt elszabaduló lövevények az által, hogy beléütődnek. Eltávolitom a lámpát s a csészét hülni hagyom addig, mig képtelen lesz oly feszerejü gőzt fejleszteni, mely a csészét

elbirja. A folyadék most már érinti a fémet s azon pillanatban, midőn ezt teszi, hevesen felforr s mint látják, gőzfelleg képződik a csésze felett.

195. Helyeikről nem láthatják ezt a lapított és körülguruló gömbölyt; azon leszek, hogy azt önöknek mégis megmutassam. Ha sikerül, igen szépet fognak látni. A csöpp alatt folytonosan gőz képződik, mely ép oly folytonosan oldalt kimenekülni törekszik. Ha a csöpp meglehetősen sík lapon nyugszik, nehezítve van az oldalak felé való kitörés, s a gőz a csöpp közepén tör magának utat felfelé. Itt azonban úgy intézkedtem, hogy a gőz az oldalakon illanhasson el. Néha megtörténik, hogy a kiözönlés rhytmusos; a gőz szabályos löktetésekben áramlik ki, s vízcsöppünk gyönyörű szép boglárrá idomul. Itt van egy ily csöpp: gömbölyű, folyékony tömeg, két hüvelyknyi átmérővel s szépen bemetszett kari-



45. ábra.

mával. Hogy a csöppet megvilágítsam, reá vezetem a villanylámpa sugarát, s egy üveglencsét tartván feléje, reménylem, hogy képét a terem padlására vagy arra az ernyőre vethetem. Most egészen világos a kép s 18 hüvelyk átmérőjű idomot képez, melynek karimájáról rhytmusosan, mintegy zeneszóra

özönlik ki a gőz. Ha kevés tentát öntök a folyadékra, hogy sötétebb szint nyerjen, körrajza ugyan élesebb lesz, de elvész a felület gyöngyfénye. Elvonván tőle a hőt, a hullámzó mozgás fentartja magát egyideig, azután lassanként szűnik, végül a karima egészen sima lesz. A csepp tökéletesen mozdulatlan, — folyékony gömböly. Most meg rögtön szétterjeszkedik a felületén, mert érintkezés állott be — s a „gömbölyded állapot" véget ért.

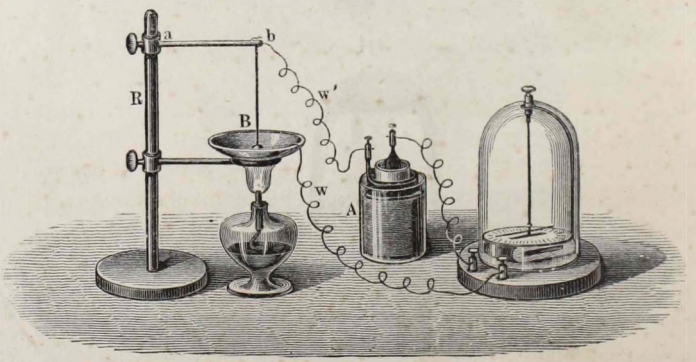
196. Ezt az ezüst edényt, felfelé fordított fenékkel, a villanylámpával szemben helyezvén el, kerekded körrajzának optikai képét, egy üveglencse segélyével, ezen ernyőre vetem. E kis szivacsot alkoholba mártom s a hideg csésze felett ki-

46-ik ábra.

nyomom, úgy, hogy a csöppek a fém felületére essenek; nagyított képöket láthatják az ernyőn s észrevehetik, hogy midőn a felfordított csészére esnek, kiterjeszkednek s felületén lefelé csörgedeznek. Most megmelegítem a csészét egy alája helyezett lámpa által. Tessék figyelmezni a most történőkre:

a csöppek, midőn a szivacsot kinyomom, úgy esnek mint elébb, de midőn érintkezésbe jőnek a csészével, nem terjednek szét mint elébb, hanem mint folyékony golyók lefelé gurulnak a csésze felületén. Lássák, mint ugrálnak és tánczolnak, mintha rugalmas tollakra estek volna, a mi valóban úgy is van. Minden csöpp, midőn a forró felületet találja, végig gurul rajta, gőzt fejleszt; s e gőz az, mely a csöppet az érintkezés határán túl emeli, a csöpp és a felület közötti tapadást megakadályozza s a csöppnek gömb vagy gömbölyded alakját megtartania engedi.

197. Ime egy más berendezés, Poggendorff tanártól ered s elmésen teszi szemlélhetővé a megakasztott érintkezést a csöpp és azon lap között, melyen a csöpp nyugszik. A csöpp felvételére szánt *B* ezüstcsészétől *w* huzal vezet a galvanométer delejtűje körül futó huzal egyik végéhez; e huzal másik vége *A* galvánelem egyik sarkával közlekedik. Ugyanezen elem ellenkező sarkától *w'* huzalt vezetek *R* lombiktartónak *ab* mozgatható karjához. A csészét megmelegítem, vizet öntök

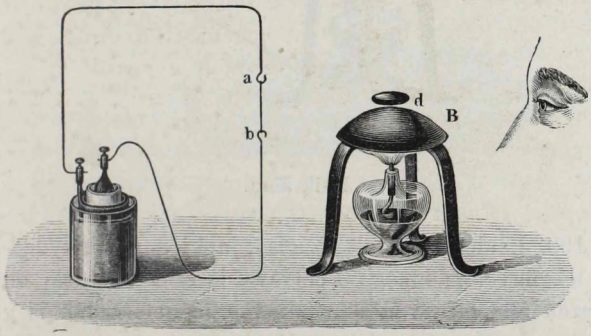


47-ik ábra.

belé s huzalomat lefelé tolom, úgy hogy hegyével a gömbölyded tömegbe merüljön. Mozgás a galvanométer tűjén nem vehető észre, pedig itt csak a csöpp alatti hézag lehet az,

mely a villanyáram körjáratát megakasztja. Ha a csöpp érintkeznék a csészével, az áram átmenne. Bebizonyitom. Eltávolitom a lámpát, a gömbölyded-állapot nem sokára véget ér s a folyadék érintkezni fog a fenékkel. Megtörtént s ime a tü azonnal oldalt röpül.

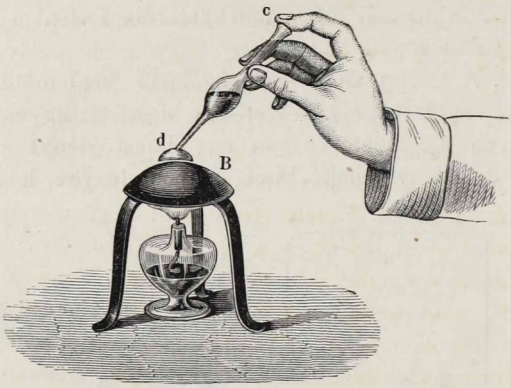
198. A csöpp és a csöppet tartó forró felület közötti hézag tényleg látható is. Következő kisérletet egyes szemlélő is könnyen megtehet. Vegyen egy lapos edényt s fordítsa meg, de az edény feneke kissé mélyedt legyen, hogy e mé-



48-ik ábra.

lyedésben egy csöppet tarthasson. Hevitse az edényt borszeszlámpán s csöppentsen reá egy csöpp, kevés alkohollal kevert tentát. Ezután feszitsen ki egy *ab* platinahuzalt függőlegesen a csöpp mögött s tegye e huzalt izzóvá villanyáram által. Szemét most a csöpp alsó lapjának szintájába helyezvén, a vörösizzó huzalt a csöpp és a csöppet tartó edény közötti résen keresztül láthatja. Engedjék meg, hogy ezt önöknek megmutassam. A *B* edényt, mint elébb, felfelé fordított fenékkel a villanylámpa elé helyezem, a csészét megmelegitem s egy pipettából óvatosan csöppentek reá egy csöppet. Ha e csöpp a lapnak kellő helyén nyugszik s ha az átellenben levő lencse helyesen be van állitva: akkor kirivó fénysávot fognak

látni a csöpp és az ezüst között, mi arra mutat, hogy e fénysugár a csöpp alatt áthatolhatott s az ernyőre eshetett.



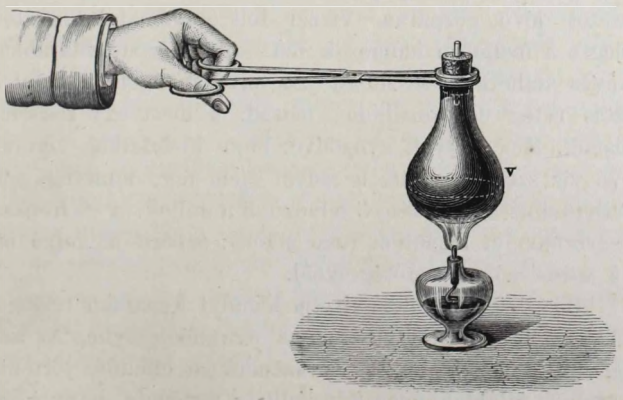
49-ik ábra.

199. Leidenfrost volt az első, a ki a gömbölyded-állapotot megfigyelte; s még 50 példával is szolgálhatnék, melyek mindezen állapotra vonatkoznak. Sőt még folyadék is gurulhat valamely más folyadékon. Ha e vörösizzó rézgolyót forró vízzel telt tálba meritem, hangos sziszegés támad, melyet az elszabadult gőz okoz; még nincs érintkezés a folyékony és a szilárd test között: de ha a golyót feküdni hagyjuk, míg meghűl, végtére érintkezésbe jő a folyadékkal s a víz oly hevesen felzajdul, hogy minden felé kifortyog a medenczéből.

200. Boutigny e tárgynak új érdeket kölcsönzött újabb időben, midőn az ide tartozó esetek mezejét jelentékenyen kiterjesztette s különféle rendkívüli hatásokat ezen okokra vezetett vissza. Nedves kezet sérülés nélkül át lehet vonni a megolvasztott fémnek áramán keresztül. Magam láttam, a mint Boutigny nedves kezével belemarkolt a megömlesztett vasba s a mint ujjaival kicsapta a folyékony fémet az olvasztótégelyből. A kovács megnyalhatja a fehérizzó fémet, nem kell félnie, hogy megégeti a nyelvét, a kifejlődő gőz megóvja

a fémmel való érintkezéstől; és midőn az imént számba tettem a megfagyott szénsavat, ezen anyag gőze mentett meg a sérüléstől. Boutigny ugyanazon védő befolyásnak tulajdonítja sokaknak csodálatos megmenekülését a középkori tűzpróbáknál. Még meg kell említenem, hogy a tudomány férfiai nem fogadták el a gömbölyded-állapotnak Boutigny-féle magyarázatát. Azon kisérletek, melyeket önök láttak, nyilvánvalóvá teszik mindenki előtt e tünemények valódi okát.

201. A gőzkazán-robbanásokat is annak tulajdonították, hogy a kazánban foglalt vizen beáll a gömbölyded-állapot s a rögtöni gőzfejlődést és a reá következő, forró fémmel való érintkezést vették fel a robbanás okául. E dologról kevesebbet tudunk, mint kellene. A kisérleti természettan egész csomó hatásképes okot hozott a napvilágra, mely okok e rettenetes katastrophát eléidézhetik, de a gyakorlati tudomány még nem volt képes meghatározni, hogy mely fokig lesznek ezen okok hatókká. A rögtönös gőzképződést egy kisérlet által mutatták meg. Megteszem e kisérletet. Itt van egy rézedény *V*, dugasz-



50-ik ábra.

szal nyakában. A dugaszon fél hüvelyk hosszú keskeny cső megy át. Megtüzesitem a rézedényt s ezután kevés vizet

öntök belé, mely tehát e pillanatban gömbölyded-állapotban van. Most az edényt bedugaszolom — a víz gömbölyded-állapota alatt kifejlődött gőz az üvegcsövön elillan — azután eltávolítom a lámpától s vagy két perczig várakozom A víz nem sokára érintkezésbe fog jőni a fémmel. Megtörtént, s a dugasz mintha lőpor robbant volna, meglehetős erővel röpül fel a magasba.

202. A gömbölyded-állapot lehetővé tesz egy valóban rendkivüli kisérletet. Ez abban áll, hogy valamely folyadékot meg lehet fagyasztani vörösizzó edényben. Boutigny vizet fagyasztott kénessav segélyével egy vörösizzó olvasztótégelyben és Faraday higanynyal tette ugyanazt, szilárd szénsav segélyével. Megkisérlem ez utóbbi kisérletet ismételni, de tegyük meg a kezdetet vízzel. Itt van egy üres, sárga rézgolyó; átmérője két hüvelyk; szinig megvan töltve vízzel. Egy huzal, mely a golyó nyeleképen fog szolgálni, belé van csavarva. Ezen platina olvasztótégelyt vörösizzásig hevitem s nehány morzsa szilárd szénsavat teszek belé, a savra pedig kevés aethert öntök. A két anyag közül egyik sem jő érintkezésbe az olvasztótégelylyel, mind a kettőt megóvja attól a köröttök lévő gőzpárna. Vízzel telt golyómat lebocsátom a tömegre s óvatosan halmozok reá szilárd szénsavdarabkákat, s kevés aethert öntök hozzá. Az olvasztótégelyen belül lévő tésztás réteg nagyon hideg marad, s most egy recsegenést hallanak. Meg vagyok győződve, hogy kisérletünk sikerül. A fagyó víz szétrepesztette a golyót épen úgy, mint egy előbbi kisérletünknél a vasedényt. Kiveszem a golyót, a szétrepesztett sárgarézhüvelyt lehántom róla s ime: szilárd jéggolyó búvik ki a vörösizzó olvasztótégelyből.

203. Bizonyos mennyiségü higanyt kúpalakú rézkanálba öntök s ez utóbbit besülyesztem az olvasztótégelybe. Az aether meggyúlt a tégelyben, s ez szándékom ellenére történt. A kisérletnek tulajdonképen úgy kellene történnie, hogy a szénsavas gáz — a bányák fojtólege — megóvja az aethert a meggyuladástól. De a higany mégis meg fog fagyni. Kiveszem a kanalat a tűzből a lángon keresztül; ime itt van benne a megfagyott fém.

VI. FEJEZET.

A MELEGÍTETT LEVEGŐ TOVAVITELE. — SZELEK. — FELSŐ ÉS ALSÓ PÁSZTA-SZELEK. — A FÖLD FORGÁSÁNAK HATÁSA A SZELEK IRÁNYÁRA. — A VÍZPÁRÁK BEFOLYÁSA AZ ÉGHAJLATRA. — EUROPA, MINT AZ ATLANTI TENGER SÜRITŐJE. — AZ ESŐZÉS IRLANDBAN. — A GOLF-ÁRAM. — A HÓ KÉPZŐDÉSE. — JÉGKÉPZŐDÉS HÓBÓL — GLECSCSEREK. — A GLECSCSER-MOZGÁS TÜNEMÉNYEI. — AZ ÖSSZEFAGYÓDÁS. — A JÉG IDOMÍTÁSA NYOMÁS ÁLTAL. — HAJDANI GLECSCSEREK.

204. A mai órát nehány oly hőtünemény tárgyalására kivánom szentelni, melyek nagyban fordulnak elő a természetben. Ilyenek mindenekelőtt a szelek. Látják e csillárfajta gázégetőket; rendeltetésök e termet kivilágitani, ha a nappali világosság fel van tartóztatva vagy ha már eltünt. Ezek azonban nem csupán a világitás kedveért vannak ide állitva, hanem a végett is, hogy a termet szellőztessék. A levegő, a gázlángoktól megmelegitve, kitágul és függőleges áramban, mohósággal kivonúl a légkörbe. Ekkép a terem levegője szakadatlanul felfelé húzódik s helyébe friss készletnek kell betódulnia, hogy a veszteség ki legyen pótolva. Kandallóink léghuzama nem egyéb, mint függőleges szél, mely a levegő tüzön való megmelegedésének köszöni keletkezését.

205. E darabka barna papirost meggyujtom, a láng felfelé tart. Eloltom a lángot, a füstölgő szélek melegitik a levegőt s áramokat idéznek elé, melyek a füstöt felfelé viszik. A füstölgő papirost egy nagy üvegedénybe teszem s az edény nyakát jól bedugom, hogy a füst ki ne mehessen. Ime, középett felemelkedik a füst a könnyü levegővel, fent oldalaslag kiterjed, meghül s az edény falain mint valami

felhőzuhatag lefelé esik. E nehéz vaslapiczka sötét izzásig van hevítve. Ha csak így tartom a levegőben, nem láthatják a róla felemelkedő légáramokat. Elárulják azonban magukat a verő-fényre gyakorolt hatásuk által. Beteszem a lapiczkát a villanylámpa fénynyalábjába, árnyéka itt látható az ernyőn. A fénynek és az árnyéknak e hullámos vonalai a hevített levegő felfelé tartó áramlását jelezik. Itt van e vaskanál s benne darab kén; ezt addig hevítem, míg meggyúlad, azután pedig oxygénnel telt palaczkba mártom. Így ragyogóbb is, erélyesebb is lesz az elégés, a palaczk levegője heves mozgásra kerekedik. A kén füstje lehetségessé teszi, hogy szemmel tarthassák a vihart, melyet a levegő hevítése támasztott a palaczkban. Szándékosan használom a »vihar« szót, mert a földet pusztító orkánok nem egyebek, mint nagyszerű példái ugyanazon hatásnak, melyet az üvegpalaczkban idéztünk elé.

206. Szeleink a nap melegétől származnak. Légtenger fenekén élünk, melyen a napsugarak könnyen átmehetnek s melyet közvetetlen hatásuk által csak kevéssé zavarnak meg. E sugarak azonban, a hol érik, megmelegítik a föld felületét, a hol pedig az oczeánt találják a víz elpárolgását eszközlik. A föld felületével érintkező levegő részes lesz az ottani melegségben; kitágúl s a légkör magasabb régióiba emelkedik*. Ép így emelkednek a párák is a tengerből, s könnyűségénél fogva bizonyosan levegőt is ragadnak magukkal. A hol a sugarak függőlegesen esnek a földre, — tehát a napfordúlók között —, ott legerősebben melegítik a földet. Ott légáramok emelkednek fel s oldalvást éjszaknak és délnek a sarkok felé folynak le, a sarktájak melegebb levegője ide áramolván, hogy betöltse a helyet, melyet a meleg és könnyű lég elhagyott. E szerint szakadatlan keringés támad. Nehány napja a következő kisérletet tettem egy orosz gőzfürdő forró szobájában. Kitárván az ajtó szárnyát, égő viaszgyertyát tartottam az ajtó fele magasságában. A gyertya lángja egyene-

* Lásd e mű végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

sen felfelé tartott. Aztán a padlóra tettem a gyertyát; a láng erősen befelé hajlott a szobába; végre az ajtó felső végéhez tartottam, a láng erősen hajlott kifelé. Ott tehát két áram vagyis szél volt, melyek egymás felett vonúltak el, ellenkező irányban mozogva. Ugyanazon módon vonúl tova félgömbünk felett egy áram az egyenlítőtől éjszak felé, míg egy másik az egyenlítő felé áramlik; amaz a légkör felső, emez pedig alsó rétegeiben folyik. Ezek a felső és alsó pászta-szelek.

207. Ha a föld mozdúlatlan volna, e két áram egyenesen éjszak és dél felé rohanna; de a föld minden 24 órában egyszer megfordul tengelye körül, nyugatról keletre. E körülforgás következtében a levegőnek óránkénti sebessége az egyenlítőn 1000 angol mértföld. Tudják, hogy mi történik, midőn valaki vigyázatlanúl lép ki a még mozgó kocsiból. Még részt veszen a kocsi mozgásában s midőn a lába a földet éri, előre bukik a mozgás irányában. Ez teszi majdnem mindenkor halálossá a gőzkocsiról való leugrást, midőn a vonat még teljes erővel mozog. Mennél inkább távolodunk az egyenlítőtől, annál inkább csekélyedik a föld forgásából eredő sebesség s a sarkokon egyenlővé válik a zérussal. E sebesség a szélességi egyközű kör sugarával arányos s azon arányban fogy, melyben e körök kisebbednek. Képzeljék, hogy egy ember az egyenlítőtől rögtön oly helyre tétetik át, melyen a forgás szülte sebesség óránként csak 900 mérföld legyen. Amint földet érne, óránként 100 mértföldnyi sebességgel dobatnék kelet felé; ennyi levén a különbség az egyenlítőbeli sebesség — melylyel megindult — és a földfelület azon helyének sebessége között, hol most tartózkodik.

208. Hasonlóképen áll a dolog a levegővel, midőn az egyenlítőtől a sarktájak felé megy át és viszont. Az egyenlítőn a lég sebessége ugyanaz, mint a földfelületé ugyanott, s midőn e helyet elhagyja, nemcsak éjszak felé, hanem kelet felé is igyekszik és így az e kettő között fekvő eredő-irányt kénytelen követni. Mennél tovább halad éjszaknak, annál inkább elterelődik eredeti irányától, annál inkább fordul

kelet felé, s azzá lenni törekszik, a mit nyugati szélnek neveznénk. Ennek ellenkezője történik az éjszak felől jövő árammal. Lassú mozgású helyekről sebesebb mozgású tájakra megyen át; a föld elébe jő. Mint éjszaki szél kerekedett fel, de a mondott okból elébb éjszakkeletivé s azután mindig keletiebbé válik, mennél inkább közeledik az egyenlitőhöz.

209. Az elmélkedés ugyan eléggé világosan bizonyitja, hogy a szél nem fújhat egy irányban a nélkül, hogy egyenlő légmennyiség ellenkező irányba ne áramlanék, mert hiszen a veszteségnek ki kell valamely módon pótoltatnia; mind a mellett az elmélkedésen kivül más egyéb is van, a mi a felsőbb áram létének ismeretére vezet bennünket. A forró övbeli tartományokban ugyanis néha nagy magasságban fellegeket látnak, melyek a földszinén levő tartós szélhez képest ellenkező irányban vonúlnak. Ha valamely könnyü testet elég nagy erővel röpithetnénk fel a magasságba, úgy, hogy az alsó áramlaton áthatolna és a felsőt elérné, e test mozgásának iránya megmutatná a felső szél irányát. Emberi erő e kisérletet meg nem teheti; s mégis megtétetett. Hamujokat a vulkánok az alsó áramlaton keresztül röpitették s a helyekről, melyekre a hamu később lehullott, következtetést lehetett vonni a szél irányára, mely azt vitte. Dove tanár »Witterungsverhältnisse von Berlin« czimü müvében a következő példát hozza fel: »Aprilis 30-áról május 1-ére éjjel erős ágyúzáshoz hasonló robbanásokat hallottak Barbadosban, úgy hogy St. Anne erőd őrsége egész éjjel fegyverben maradt. Május 1-én virradatkor a láthatár keleti részét derültnek látták, az ég többi részét fekete felleg borította; e felleg csakhamar kiterjedt kelet felé is és ama világos helyet is bevonta s végre oly sötétséget okozott, hogy a szobákban még az ablakok helyét sem lehetett megkülönböztetni. Hamuzápor kezdett esni, mely a fák ágait lehajlitotta és megtördelte. Honnét jött e hamu? A szél iránya szerint azt kellett volna gondolni, hogy az Azórok fokáról jött; a hamu azonban St. Vincentnek Morne Garou nevü

vulkánjából való volt, pedig St. Vincent 20 földrajzi mérföldnyire fekszik nyugat felé. Hamvát ugyanis a vulkán az alsó pásztán keresztül a felsőbe röpítette. Egy második, hasonló nemű példa 1735. január 20-án fordult elő. — 24-én és 25-én, Jamaikában finom hamuzápor homályba ejtette a napot. E hamvat a 800 angol mérföldnyire levő Coseguina hegy röpítette fel. A lakosok csak igy tudták meg, hogy az elébb hallott robbanások nem ágyúlövésektől eredtek. A hamvat csak a felső pászta hozhatta, mert Jamaika éjszakkeletre fekszik a hegytől. E kitörés egyúttal szép bizonyítékot ad arról is, hogy a felemelkedő légáram a magasban ketté oszlik, mert hamu Conway hajóra is esett, midőn ez Coseguinától délnyugatra, 700 angol mérföldnyi távolságban, volt a csöndes tengeren.«

210. »A felső áramot még az Andeseknek legmagasabb csúcsain sem éri el az utazó. Hogy tehát a Morne Garou és Coseguiná-hoz hasonló, alacsony vulkánokból kiröpített hamu e magasságot túlhaladja, borzasztónak kell lennie a kitörés erejének. Csakugyan olyan is volt az mind a két esetben. Coseguina bömbölését San Salvadorban, tehát 200 földrajzi mérföldnyi távolságban hallották. Unio, révváros Conchagua nyugati partján, 43 óráig tartó teljes sötétségbe ejtetett. Miután kissé derengni kezdett, azt vették észre, hogy a lehullott hamu tömege a partot 800 lábnyira benyújtotta a tengerbe. Morne Garou e kitörése nagyszerű vulkáni hatások lánczolatának utolsó szemét alkotja. 1811-ik évben juniustól juliusig, heves földrengés, füst és lángok között, az Azóroknak San Miguel nevű szigete mellett, Sabrina sziget emelkedett ki a 150 láb mély tengerfenékből annyira, hogy 300 lábnyi volt a víz tükre felett a magassága, kerülete pedig egy angol mérföld lett. Azután a kis Antillákat rendítették meg a vulkáni erők, utóbb pedig Mississippi, Arkansas és Ohió völgyeit. De a rugalmas erők itt sem találtak rést s Columbiának éjszaki partjain kisérlették meg a kitörést. Márczius 26-ika Caracasban mint rendkivüli forró nap kezdődött; a

levegő tiszta, az ég felhőtlen volt. Nagy csütörtök levén, El Quartel de San Carlos tanyán egy ezred sorkatonaság már fegyverben állott, körjáratra menendő. A nép a templomok felé áramlott. Hangos földalatti dörgést hallottak, és mindjárt utána heves földrendülés állott be, úgy, hogy a 150 láb magas Alta Gracia templom, melyet 15 láb vastag gyámoszlopok tartottak, csak hat láb magas halommá lett, apróra zúzódott törmelékek halmává. Estve felhőtlen volt az ég, s a majdnem teli hold szelíd fénynyel tekintett le a főváros romjaira, melyek 10,000 lakost temettek el. Kimenekvést azonban a vulkáni erők itt sem találtak. Aprilis 27-én végre sikerült Morne Garounak egy teljes századig zárt tölcsérét megnyitniok, s oly távolságig mint Vezuvtól Párisig — felzendült a kiszabadult fogoly örömrivalgása.

211. E földtekén a déllők közül kettőn végig vonom a kezemet. E déllők a gömb egyenlítőjén egy lábnyira vannak egymástól, s e távolság itt annyi, mint körülbelül 1000 angol mérföld a földfelületen. Éjszak felé mindinkább közelednek egymáshoz, az éjszaki sarkon pedig összetalálkoznak. Világos, hogy azon szélnek, mely az egyenlítőn e két déllő között kerekedik fel, mindig szűkebb és szűkebb mederbe kellene szorulnia, ha egyenesen a sarkok felé tartana. Ha a föld nem volna gömb, hanem henger, akkor beállhatna az egyenletes keringés a henger közepétől mind a két vége-, és innét vissza a közepe felé. A földön azonban ez lehetetlen; egyszerűen azért, mert a sarkok körüli tér nem elegendő, hogy befogadhassa az egyenlítő levegőjét. Az egyenlítőbeli levegő, a mint meghűl, lebocsátkozik; s a vissza felé való áramlás beáll, még mielőtt a lég a sarkokhoz érkezett volna, — és ez többé kevésbbé szabálytalanul történik. Azonkívül a két áram, a helyett hogy egymás felett folyna, gyakran egymás mellett halad s e szerint oly légfolyókat alkot, melyek folytonosan változtatják medröket.

212. Ezek légkörünk nagy áramlásai, melyek azonban a szárazföldnek és a víznek szabálytalanul szétosztott volta

miatt, lényeges változásokat szenvednek. Csekélyebb terjedelmű szeleket a melegnek, hidegnek és az elpárolgásnak helybeli feltételei is idéznek elé. Vannak az Alpokban szelek, melyeket helyi hatások keltenek s melyek a hegységek nyilásain néha rohamosan, pusztító hevességgel zúdulnak lefelé. A glecscseres magaslatokról jövő légáramok enyhébben lengedeznek. Azután vannak szárazföldi és tengeri szeleink, melyek a parti talaj hőmérsékének nappal és éjjel beálló különbségétől erednek. A reggeli nap megmelegíti a tengerpartot s a lég függőleges emelkedését idézi elé; ekkor a levegő a tengertől a szárazföld felé áramlik. Sugárzásánál fogva estve a föld felülete erősebben hűl mint a tenger; a feltételek tehát most már ellenkezők, — a partnak nehéz levegője a tenger felé áramlik.

213. E szerint a forróövi melegség egy részét légies futár viszi a sarkokhoz; s ezzel biztosítva van a földi meleg egyenletesebb szétosztása. Éjszak felé röptében a levegőt azonban egy másik anyag is kiséri, tudniillik a vízgőz, melyről tudják, hogy tökéletesen átlátszó. Képzeljék el a forró övek oczeánját: hogy onthatja az a párákat. A pára pedig, könnyűségénél fogva, elősegíti a vele összetársult levegő emelkedését. Fölemelkedés közben mind a kettő kitágúl: 16000 lábnyi magasban levegő és gőz kétakkora tért foglalnak el mint a tenger szinén. Hogy e tért kivívhassák maguknak, rugalmas erejökkel a levegőt minden irányban visszafelé tolni, — munkát fejteni kénytelenek, e munkát pedig csak a kezdetben magukkal vitt meleg rovására sikeresithetik.

214. A gőz, ekként lehűlve, gázalakban tovább meg nem maradhat. Lecsapódik, felhőket alkot, a felhő pedig lehull mint eső, és a szélcsend tájain, vagyis ott, hol a nap a zeniten áll s hol a levegő legelébb szabadul meg vize terhétől, rendkivül sok eső esik. A nap függőleges állása azonban nem esik mindenkor ugyanazon egyenközű kör fölé; a két napforduló között ugyanis hol éjszakra tér az egyenli-

tőtől, hol pedig délre. Ha délre van az egyenlítőtől, akkor az egyenlítő éjszaki oldalán lévő földfelület nem fekszik többé a szélcsönd regiójában, hanem olyanban, melyen átfoly a szélcsönd tájai felé tartó, északi légáram. E légáramban csak kevés a vízgőz, levegője pedig, éjszakról dél felé vezető útjában, mind jobban-jobban megmelegszik; száraz széllé válik s a gőzök felvételére való képessége mindinkább fokozódik. Ezen elmélkedésből kiderül, hogy a napfordulók között fekvő, minden egyes helynek meg van a száraz és nedves évszaka; száraz, midőn a nap az egyenlítő másik oldalán, nedves pedig, midőn a zeniten áll.

215. Az egyenlítőn fölkerekedett és a sarkok felé folyó, felső áram a mint lassanként hűl és sűrűdik, úgy ereszkedik is a föld felé. Teneriffa fokán már annyira alászáll, hogy körülfogja a hegy ormát. Ha a szél a hegy tövénél ellenkező irányú, úgy az utas észreveheti, hogy az egyenlítőtől jövő áram épen a csúcs felett siklik el. Tovább, éjszak felé e szél még alább száll, úgy hogy végre egészen eléri a föld felületét. Európát leginkább ezen egyenlítői áram özönli el. Londonban az évnek 8 vagy 9 hónapján át délkeleti szelek uralkodnak. De vegyék tekintetbe, mily befolyást kell ennek gyakorolnia éghajlatunkra. Az egyenlítői oczeán nedvessége hozzánk érkezik, felruházva munkaképességgel; tömecsei el vannak választva és így alkalmatossá vannak téve az összecsappanásra, tehát hőfejlesztésre is. Hogy úgy mondjuk, rejtett meleggel rakódva érkezik meg. A mi éjszaki légkörünkben beáll a sűrűdés, és az ekkor kifejtett hő fő oka éghajlatunk szelíd hőmérsékének. Ha a föld nem forogna, az afrikai száraz, forró szelek vonulnának el felettünk, de a forgás azon szelet tereli Európába, mely a mexikói öbölben kerekedett fel. Ez az oka, hogy az atlanti oczeánban összegyűjtött, rejtett hőbeli készletnek Európa az átvevője. A britt szigetek e nedvesség és meleg legnagyobb részét a maguk számára tartják vissza, s e körülmény csatlakozik a már fentebb említetthez — a víz nagy fajhevéhez

— hogy éghajlatunkat a végletektől megóvja. E környülállások között lesznek oly zöldek mezőink, s oly rózsás az angol leányok arcza.

216. A víznek, e csodálatos anyagnak egy másik tulajdonságát, azt t. i., melynek valószinüleg leginkább köszönheti meteorologiabeli szerepét, alább fogjuk tárgyalni.*

217. Mennél inkább haladunk Európában kelet felé, annál csekélyebb a vízbeli csapadékok mennyisége. A levegő mind szegényebb és szegényebb nedvességben. Már szigeteink keleti és nyugati partjai között is észrevehető a különbség; helyi körülmények szintén hatalmas befolyással vannak a csapadék mennyiségére. Dr. Lloyd úgy találja, hogy Irland nyugati partjának évi középhőmérséke vagy két fokkal magasabb a keleti parténál, ugyanazon tengerszín feletti magasság s a szélességnek ugyanazon foka mellett. Az esőnek összes mennyiségét, mely 1851-ik évben a sziget különböző helyein esett, a következő tábla mutatja:

A megfigyelés helye.	Az eső magassága hüvelykekben.
Portarlington	21,2
Killough	23,2
Dublin	26,4
Athy	26,7
Donaghadee	27,9
Courtown	29,6
Kilrush	32,6
Armagh	33,1
Killybegs	33,2
Dunmore	33,5
Portrush	37,2
Burincrana	39,3
Markree	40,3
Ca tletownsend	42,5
Westport	45,9
Cahirciveen	59,4

Tekintetbe vévén e táblát, dr. Lloyd megjegyzi:

* Lásd a XI. fejezetet.

218. »1-ör, hogy nagy a különbség az évi esőmennyiségre nézve a különböző helyek között, melyek négynek kivételével, mind csak nehány lábnyira fekszenek a tenger tükre felett; a legnagyobb mennyiség ugyanis (Cahirciveenben) majdnem háromakkora mint a legcsekélyebb (Portarlington-ban.)«

219. 2-or, hogy azon helyek, melyeken legkevesebb eső esik, vagy a sziget belsejében fekszenek, vagy a sziget keleti partján; azok pedig, melyeken legnagyobb az esőzés, vagy magán a nyugati parton vannak, vagy annak közelében.«

220. »3-or, hogy az eső mennyisége nagyon függ valamely hegylánczolatnak vagy hegycsoportnak a közelétől s hegyek szomszédságában mindig jelentékenyen nagyobb, kivéve, ha a hely éjszakkeletre fekszik a hegységtől.«

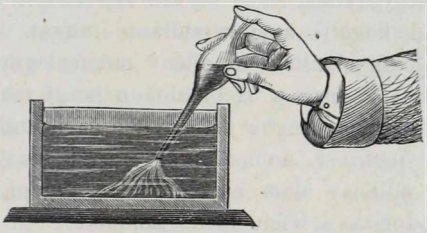
»Portarlington például a Slievebloomtól éjszakkeletre fekszik; Killough északkeletre a Mourne-lánczolattól; Dublin északkeletre a Wicklow-lánczolattól és úgy tovább. Másrészt pedig azon állomások, melyeken legnagyobb az esőzés, mint Cahirciveen, Castletownsend, Westport és a többi, magas hegységek közelében fekszenek, hanem más irányban mint amazok. *

221. A hőnek ezen megoszlását, melyet a megmelegitett levegő az által eszközöl, hogy egyik helyről átmegy a másikra, a hő t o v a v i t e l é n e k nevezték el, megkülönböztetésül a vezetés folyamatától, melyet a maga helyén fogok tárgyalni. Hasonló módon oszlik meg a hő a folyadékokban is. Ezen üvegczellát (5. ábra *C.*), mely meleg vizet foglal magában, a villanylámpa elé helyezem s nagyitott képét egy

---

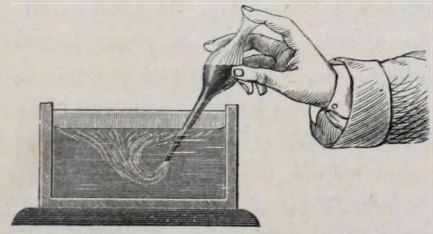
* Sir John Herschel táblája szerint legtöbb eső esik Cherra-Pungee-ben (Meteorol. 110 etc.), hol az évi esőzés 592 hüvelyk. Mélyebben bebocsátkozni a meteorologiába nem lehet feladatom; legtökéletesebb és legpontosabb utasitást e tekintetben Sir John Herschel és Dove tanár kitűnő müveiben találhat az olvasó.

gyüjtő lencse segélyével az ernyőre vetem. Most a pipetta végét bevezetem az üvegedény vizébe s kevés hideg vizet bocsátok ki lassacskán belőle. Sugártörés tekintetében különbség van a meleg és hideg viz között, s épen e különbség teszi lehetővé, hogy megláthassák, miként esik a nehéz hideg



51-ik ábra.

viz a könnyebb, melegebb vizen keresztül. Még jobban sikerül e kisérlet, ha darab jeget úsztatok a meleg viz felszinén. A jég, mialatt olvad, hosszú, nehéz sávokat bocsát az edény feneke felé. Most megfordítom a kisérletet; a czellába hideg vizet öntök s meleget a pipettába. Itt ovatosan kell a dologhoz látni, nehogy nyomatékosan lépjen be a viz,



52-ik ábra.

mert ez mechanikailag hajtaná lefelé. Észreveszik az eredményt. A pipetta vége a czella közepében van s látják, hogy a viz, midőn beömlik, gyorsan felfelé fordúl s elárasztja a felületet körülbelül úgy, mint hasonló esetben az olaj tenné.

222. Ha vizzel telt edényt alulról melegítünk, az odaszállított hő, tovavitel folytán, terjed szét. A villanylámpa segélyével megláthatják épen úgy a fölfelé emelkedő áramok irányát, mint azokét, melyek lefelé mennek, hogy a könnyebb víznek a helyét elfoglalják. Ebben az edényben biborfesték van, melynek darabkái nem sokkal nehezebbek lévén a víznél, szabadon követik a víz áramlása irányát. Látják, hogy a festékdarabkák elválnak az edény megmelegített fenekétől, középett fölemelkednek s az oldalokon ismét lebocsátkoznak. Nagy mérvben megy végbe e tovavitel az izlandi Geyserben. Ha darabka papirost dobnak a Geysercső vize közepébe, a papiros egy pillanat alatt az oldalokhoz szalad, innét pedig magukkal sodorják a lefelé menő áramok.

223. Az oczeánban részint ez okból, részint talán a szelek hatása következtében is, áramok keletkeznek, szétterjesztve a hőt s ekként hatalmas befolyást gyakorolva az éghajlatra. Ez áramok között a legjelentékenyebb s reánk nézve a többinél sokkal fontosabb a Golf-áram; az egyenlítő tájáról jőve, átszeli az atlanti oczeánt s a mexicói öblön megy keresztül, melytől nevét kapta. Ott, a hol a floridai utat elhagyja, 28. C. fokú a hőmérséke, innét Amerika partját követi egészen a Fear-fokig. Itt északkeleti irányt vesz fel, átszeli az atlanti oczeánt s végre Irland és általában Európa éjszaknyugati tengerpartjait mossa. E meleg víztömeg főhatása, mint előre várható, különösen télen jut érvényre. Ekkor tökéletesen kiegyenlíti a hőmérsékbeli különbséget, melynek — a földrajzi fekvés következtében — északi és déli Britannia hőmérséke között lennie kellene. Ha januáriusban a Csatornából kiindúlva, Shetland szigetek felé haladunk, mindenütt ugyanazt a hőmérséket találjuk. Az egyhevü vonal tehát akkor északról dél felé vonúl. E víz jelenléte teszi nyugati Európa éghajlatát egészen különbözővé Amerika szemközt fekvő partja éghajlatától. A Hudson-folyó például Rómával egy szélesség alatt fekszik, évenként mégis három hónapon át be van fagyva. Ha januáriusban Bostonból

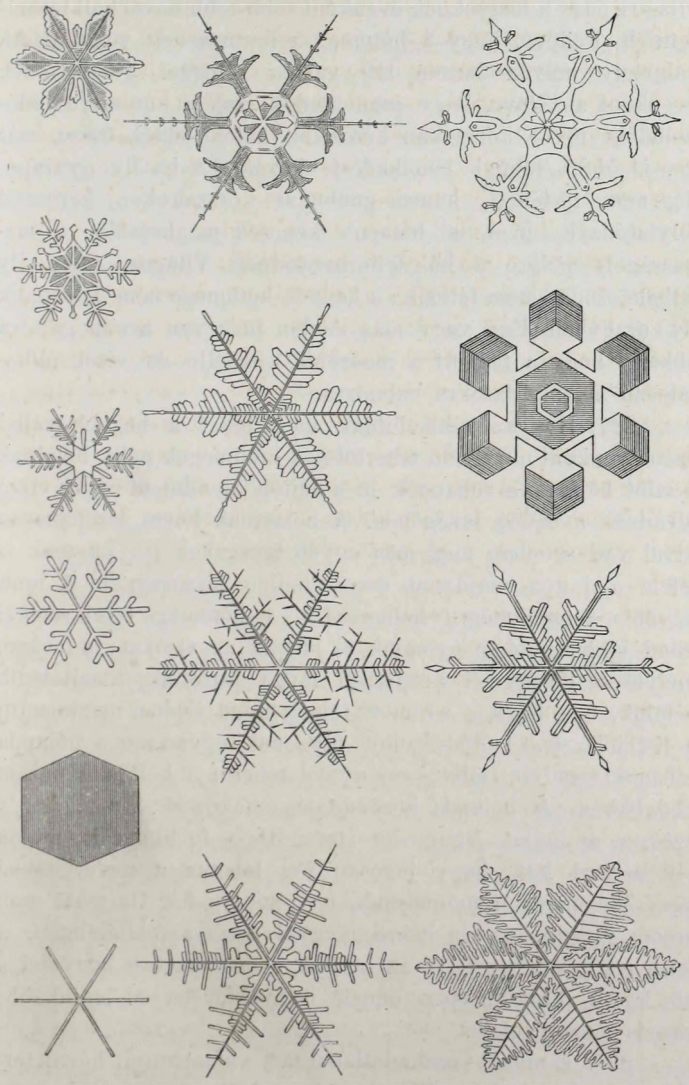
St. John sziget környékére s innét Izland felé haladunk, mindenütt ugyanazt a hőmérséket találjuk. A hammerfesti kikötőnek nagy hasznára van, hogy egész éven át tiszta a jégtől. Ennek oka a Golf-áram, mely az Éjszaki-fokot mossa s az odavaló éghajlatra oly befolyást gyakorol, hogy éjszak felé menve, egyes helyeken melegebb tájakra jutunk. Azon különbség alapján, mely éjszaki Európa és Amerikának keleti partjai között létezik, Halley azt gyanitotta, hogy a föld északi sarka megváltozik; hogy ez előtt valahol a Behring-út közelében feküdt, s hogy az erős hideg, melyet e tájakon tapasztalunk, az előbbi sarknak a hidege, mely még el nem múlt tökéletesen, bár a tengely már megváltoztatta a maga irányát. Most azonban már tudjuk, hogy Európa szelid éghajlatának valódi oka a Golf-áram s a melegségnek szelek és gőzök okozta megoszlása. Amerika nyugati partján a Rocky-Mountainek és a Csöndes tenger között Európáéhoz hasonló éghajlatot találunk.

224. Európa e szerint az atlanti tenger sűritője, — és pedig a hegyek a fősűritők Európában. E mellett a megsürüdött gőz nem folyékony, hanem szilárd alakban ereszkedik a hegyekre, feltéve, hogy a hegyek eléggé magasak. Keressük fel a vizet születése helyén s igy kövessük majd további pályáján. A fellegek a levegőben lebegnek; innét támadt a gyanitás, hogy kis vizbuborékokból állanak tömör vizgömbök helyett, üres vizhüvelyeket képezvén. Bizonyos azonban, hogy a vizrészecskék, ha eléggé aprók, határozottan hosszú ideig ellebeghetnek a levegőben anélkül, hogy buborékocskákat kellene képezniök. Bizonyos továbbá az is, hogy nagy magasságban meg van a vizrészecskéknek a képességök: lecsapódásuk alatt vagy után, kristályos alakot ölteni. E mellett pedig erőket működtetnek, melyeket eddig tömecserőknek szoktunk tekinteni s melyeket oly csoportosúlásoknak, milyenek a buborékok alkotására szükségesek, nem tulajdonithatunk.

225. A tökéletesen kiképződött hó nem szabálytalan halmazata a jégrészecskéknek; nyugodt levegőben ugyanis a vizatómok a legválogatottabb idomokká rendezkednek. Látták ama hatlevelű virágokat, melyek a jégtömbben mutatkoznak, midőn hőnyalábot bocsátunk át a jégen. A nyugodt légkörben képződött hókristályok ugyanazon minta szerint alkotvák. Az atómok hatszögletű csillagokká rendezkednek. A középponti magból hat küllő lövell ki, s mindegyikét 60 foknyi szög választja el a másiktól. E főbordákból finomabb csúcsok ágaznak ki jobbra és balra, csalhatatlan pontossággal megtartva a hatvan fokú szöget; ezekből meg ismét még finomabbak nyúlnak le ugyanazon szög alatt. Ama hatlevelű virágok csodálatosan változatos alakúakká idomúlnak. Hímjök olyan, mintha a legfinomabb fagyott patyolat volna s szögleteik körűl gyakran más-más, apróbb boglárok csüngenek. Szépség szépségre van halmozva, mintha a természet rábízott munkájához fogván, abban örömét találná, hogy eszközei gazdagságát még a legszűkebb határok között is megmutassa. *

226. E fagyott virágok alkotják a hegyek havát; ezek nehezkednek az Alpok csúcsaira, hol az időjárás csakhamar szétrongálja finom épitményeiket. Újra esnek minden télen, s minden nyáron újra eltűnnek. De e szakonként váltakozó cselekedetek nem egyenlítik ki egymást tökéletesen. Egy bizonyos vonal alatt túlnyomó a meleg, ez pedig tökéletesen elolvasztja a télen esett hómennyiséget. E vonal felett túlnyomó a hideg; a leesett hó mennyisége felülmúlja az elolvadott mennyiségét; bizonyos évi felesleg tehát fekve marad. Télen egészen a síkságokra nyúlik le a hó, nyáron egészen a *hóvonalig* visszavonúl, azon bizonyos határvonalig, melyen a nyár melege épen annyi havat olvaszt, a mennyi télen át esett, s mely felett az örök hó tája kezdődik. De ha a hóvonal felett évenként bizonyos felesleg fekve marad,

* Lásd az 53-ik ábrát.



53-ik ábra.

világos, hogy a hegyeknek évenként több-több hóval kell terheltetniök. Feltéve, hogy a hótömeg a fentnevezett vonal felett, valamely helyen három láb vastag réteggel gyarapodnék évenként s feltéve, hogy ezen üledék csak a keresztyén időszámítás rövid korszakán keresztül halmozódnék össze, már így is 5580 lábnyi emelkedést okozna. És ha ily gyarapodás nem történeti, hanem geologiai korszakokon keresztül folytatódnék, nem is lennénk képesek megbecsülni a magasságot, melyre a hó feltornyosodnék. Világos, hogy ily felhalmozódás nem létezik; a hegyek hótömege nem fokozódik ily arányban. Egy vagy más módon meg van a nap gátolva abban, hogy a tengert a medréből kiemelje és vizét állhatatosan a magaslatokra halmozza.

227. Hogyan szabadulnak meg tehát a hegyek vállai ezen évenként növekedő tehertől? A hótömegek néha leválnak s mint hólavinák rohannak le a lejtőkön, odalent pedig vízzé olvadnak a meleg levegőben. A hólavinák heves lerohanásán kivül van azonban még más egyéb mozgásuk is: kúsznak is lefelé a lejtőn, majdnem észrevehetlen lassúsággal. A mint ugyanis réteg rétegre halmozódik, a hótömeg felső rétegei mind jobban-jobban nyomják és sürítik az alsókat; a levegő, melyet a hó szemei kezdetben fogva tartottak, kisajtolódik belőlük, úgy hogy e nyomott tömeg mind jobban megközeliti a jég jellegét. Tudják, mint függenek egymáson a hólapda szemcséi; tudják, mily keménynyé tehetik a hólapdát pajzán kedvökben. A hólapda kezdődő jég; fokozzák nyomását, s egészen át fogják jéggé változtatni. De még akkor is, midőn oly szilárd lett, hogy jogosan jég lehetne a neve, többé kevésbbé enged a nyomásnak, úgy, mint a hó. Ha tehát ezen anyag eléggé magas halommá gyül össze a földfelületen, a felső rétegek kiszoritják az alsókat, s természetes, hogy ha a hó lejtőn fekszik, épen ennek irányában enged leginkább; vagyis mozog lefelé.

228. E mozgás szakadatlanul tart valamennyi, hóval terhelt hegység lejtőin, a Himalayán, az Andeseken, az Alpokon.

De e mozgáson kivül, melynek alapja abban van, hogy maga az anyag enged a nyomásnak, még egy másik mozgás is létezik t. i. a hajlott medren végig. A sürített hó egész tömegben halad a hegylejtőn lefelé, lecsiszolja a sziklák durva felületét és simítja kemény lapjaikat. A hatalmas csiszolónak alsó oldala szinte kap karczokat és barázdákat a szikláktól, melyek felett tovább csúszott. De mennél tovább halad e nyomott hó lefelé, annál melegebb tájakat ér el, annál dúsabban olvad s néha egészen el fogy, még mielőtt a lejtő talpához érkeznék. Néha azonban tágas és mély völgyek fogadják be az ekként leérkező jeges tömeget. E völgyekben tovább sürittetik, lassan, de megmérhetően halad rajtok lefelé, utánozván mindenben, ami a mozgást illeti, a folyóvíz mozgását. Ekként messzire halad a jég az örök hó határvonala alá, míg végre annyi olvad el belőle odalent, a mennyi felülről hozzászállittatik, s itt el van érve a pont, melyen a jégfolyó — a glecscser — végződik. A hóvonal alatt nyáron csak *jég* van, a hóvonal felett pedig a felületen télen-nyáron hó. A hóvonal alatti részt *glecscsernek*, a hóvonal felettit pedig *oromhónak* nevezik. Az oromhó táplálja a glecscsert.

229. Előfordulhat, hogy különböző, jéggel telt völgyek egy völgygyé torkolódnak össze; ez esetben a mellék-glecscserek egy közös glecscser-törzsé forrnak össze. A fővölgy és a mellékvölgyek is gyakran kanyarodnak; a mellék-glecscserek kénytelenek tehát megváltoztatni a maguk irányát, hogy a főglecscsert alkothassák. A völgy tágassága is gyakran változó; szük nyilásokon kénytelen a glecscser átszorulni s ismét kitágulni, miután a nyilásokon áthaladt. A glecscser közepe gyorsabban mozog mint az oldalai, és a felszín gyorsabban mint az alap. A leggyorsabb mozgás csapása ugyanazon törvényt követi, melyet a folyóvíz követ áramlásánál, a középvonalnak egyik oldaláról a másikra vonulván, a szerint a mint a völgy kanyarulata változik. Az Alpokban a legtöbb nagy glecscser közepe nyáron 2 lábnyi utat tesz naponként. A Mer-de-Glace-on, Montanvert átellenében vannak helyek,

melyeknek nyáron 30 hüvelyknyi napi mozgásuk van, télen pedig csak félakkora gyorsaságúak.

230. Az, hogy a jég alkalmazkodni képes a csatornához, melyen tovavonul, kitünő vizsgálókat arra a föltevésre indított, hogy a jég nyúlós állomány; s a tüneményeket első megtekintése támogatni is látszik e föltevést. A glecscser kiszélesedik, hajlik, szükül s közepe gyorsabban mozog mint az oldalai. Csalhatatlanul ugyanilyen volna a nyúlós anyag magaviselete is. De hogy a jég valamely feszitésnek engedni képes, vagy hogy szétömölhetik, úgy, mint a szirup, méz vagy kátrány, azt még a legfinomabb, e czélból tett kisérletekből sem lehetett kisütni. De talán létezik valamely más physikai tulajdonság, melynek a glecscserjég alkalmazkodó képessége tulajdonitható?

231. Engedjék, hogy lépésről lépesre közeledjünk e tárgyhoz. Tudjuk, hogy a folyadék szabad felületén állandóan gőz fejlődik, hogy a felületen lévő részecskék gáznemű állapotuk szabadságát elébb érik el, mint azok, melyek a folyadék belsejében vannak. Természetszerüen azt várhatjuk, hogy a jégnél is igy áll a dolog, s hogy ha valamely jégtömeg hőmérsékét az egész tömegben fokozzuk, a felületen lévő részecskék lesznek az elsők, melyek a folyékony állapotbeli nagyobb szabadságra vergődnek, mert hiszen itt legalább egy oldalon tökéletesen szabadok a köröttök lévő részecskék hatásától. Feltéve tehát, hogy két jégdarabnak minden részében zérus fokú a hőmérsék; s hogy e darabok ezen hőmérsék mellett olvadni kezdenek a felületökön, ugyan mi lesz az eredmény, ha olvadó felületökkel egymáshoz illesztődnek; Ezzel ama síkokat mintegy a jég középpontjába helyezzük? itt pedig az atóm mozgását gátolják a környező szomszédok. Jogosan feltehetjük, hogy a folyékony állapotbeli szabad mozgás minden ponton, a hol a síkok érintkeznek, gátolva lesz, s a két darab ott egymáshoz fog fagyni. Tegyük meg a kisérletet. E két jégdarabot az imént fürészeltem szét egymástól s lapos felületökkel most egymásra fektetem őket.

Egy másodpercznyi érintkezés elegendő. Ime, összefagyódtak s ha az egyiket megfogom, mind a kettőt fölemelhetem.

232. Ez ama hatás, melyre Faraday először figyelmeztetett 1850-ben, juniusban s mely most összefagyódás (regelatio) név alatt ismeretes.* Forró nyári napon egyszer be mentem egy boltba, melynek kirakatában jégdarabok voltak kitéve egy medenczében; a boltos engedelmével megmarkoltam a legfelsőt, s az egész, egyes darabokból álló hegyet egyszerre kiemeltem a medenczéből. A jégdarabok érintkezésök pontjain egymáshoz voltak fagyva, pedig a hőmérő akkor 27 C. fokon állott. Még meleg vízben is beáll e tüneméný. Itt van egy medencze, tele oly meleg vízzel, minőt a kezem épen hogy eltűrhet; belé meritem e két jégdarabot s egymáshoz illesztve, egyideig ott tartom. Összefagytak, daczára, hogy meleg víz környezte őket. Faradaynek egyik csinos kisérlete a következő: több kis jégdarabot teszünk vízzel telt tálba, mely elég mély, hogy a jégdarabkák úszhassanak. Ha az egyik csak egy ponton is érinti a másikat, pillanat alatt beáll az összefagyódás. Úgy intézhetjük a dolgot, hogy a jégdarabkák sorban érintkezzenek egymással s ha ekkor a végsőt megfogjuk, a többit is utána húzhatjuk. Ha két jégdarabot, melyek ekként összetartanak érintkezésök pontjain, meghajlitani törekszünk, törés áll be s az eddig összefagyódott pontok rögtön elválnak, de ugyan e pillanatban más pontok érintik meg egymást, s ezek között azonnal beáll az összefagyódás. Lehetséges volna ekként egy jégkereket jéglapon tovaguritani; az érintkező helyek szakadatlanul és recsegve válnának el egymástól a folytonos töredezés következtében; de az összefagyódás ép oly gyorsan más ily pontokat állitana helyettök. Az összefagyódás tulajdonságánál fogva a jég sok oly tüneményt mutathat, melyek közönségesen csak nyúlós testeknél fordulnak elé.

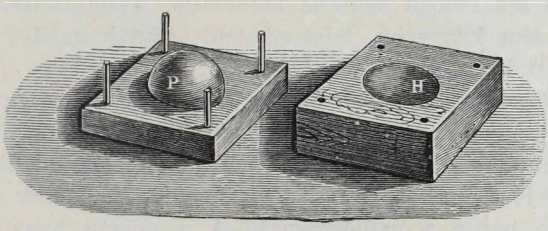
---

* A regelatio elnevezést Dr. Hooker ajánlotta Huxley úrnak és nekem, midőn a glecscserekről szóló első értekezésünket közzétettük.

233. Itt van például egy egyenes jégrúd. Ha ezt lassankint oly minták során menesztem át, melyeknek mindegyike görbébb az előtte valónál, végtére félkörré idomíthatom. Az egyenes rúd törik, ha a görbített mintába szoritom, de ha a nyomást folytatom, új felületek érintik egymást s helyreáll a tömegnek megszakasztott kapcsolata. Egy maroknyit veszek e kis jégdarabkákból s összenyomom; érintkezésök pontjain egymáshoz fagynak és egységes tömeget képeznek. A hógolyó idomitása, Faraday megjegyzése szerint, ugyanezt az elvet teszi szemlélhetővé. Zérus fokúnak és nedvesnek kell lennie a hónak, hogy összefagyhasson. Ha zérus fok alatt áll, olyan a magaviselete, mint a sóé. A svájczi gleccserek magasabb tájain levő hóhidakon az átkelést gyakran csak a hószemcsék összefagyódása teszi lehetségessé. Az Alpokban utazó óvatosan lép a tömegre s ezzel azt éri el, hogy a hószemcsék között beáll az összefagyódás. Ily módon pedig oly szilárd alapot nyer, a milyen az összefagyódás cselekedete nélkül épen nem volna elérhető. Azok, a kik ily utakhoz nincsenek szokva, borzadalmas vállalatnak nézhetik a néha száz lábnyi mélységű repedéseket békózó hóhidakon való végig gyaloglást.

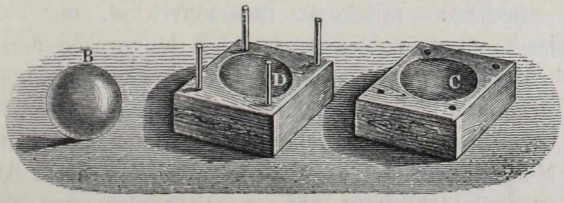
234. Ha a jégdarabkákból e tömeget még jobban összesajtolom, még közelebbi érintkezés áll be közöttök. Kezemmel azonban egészen sürüre össze nem nyomhatom; e mintába teszem tehát a tömeget. A minta puszpángfából, lapos henger formájára van készitve. Reáfektetem még e lapos puszpángfa darabot s mind a kettőt kis vizsajtó lemezei közé tévén, a jégtömeget erősen benyomom a mintába. A törmelékből erősen összefüggő jéglepény lett. A lepényt beteszem e lencsealakúlag kivájt mintába s újra sajtolom. Természetes, hogy a nyomás összezúzza a lepényt, de igy új pontok érintik ismét egymást, s a tömeg most már jéglencsévé vált. A lencsét e félgömbalakú (*H*, 54. ábra) mélyedésbe fektetem s deszkát teszek reá, melynek félgömbalakú *P* dudorodása van, nem töltvén be egészen a minta mélyedését. A tömeget ismét

besajtolom s a még egy pillanat előtt lencsealakú jeget a két félgömbalakú felület közötti térbe szorítom. Eltávolítván a minta dudorodásos födelét, egy üvegszerű jégcsésze belső



54-ik ábra.

felületét látják. Kiveszem a mintából, íme itt van a félgömbalakú csésze; megtölthetnők hideg borral, egy csöpp sem folyna ki belőle. — E tömbből bizonyos mennyiségű jeget levakarok egy vésűvel, a szivacsos anyagot e félgömbidomú (*C*, 55. ábra) mintába teszem; belészorítom; több jeget rakok reá s végül egy másik félgömbidomú *D* mélyedést helyezek fölébe. E két mélyedés golyóként veszi közbe a tömeget.



55-ik ábra.

Ha a sajtót ismét működtetjük, összetartóbbá teszszük az állományt. Még több jeget rakok reá s folytatom a sajtolást. A tömeg keményebb és keményebb lesz. Ime, önök előtt áll egy hólapda *B*, milyet még soha sem láttak. Golyó, kemény tiszta jégből. Látják tehát, miként tömöríthető a jég erős nyomás által. Az összefagyódás tulajdonságánál fogva, mely

az érintkező felületeket mintegy összeragasztja, bármely, tetszés szerinti alakot adhatunk a jégtörmeléknek. Ha érdemes volna megtenni a kisérletet, jégkötelet készithetnék e tömbből s a kötelet csomóba köthetném. Természetes, hogy semmi sem könnyebb, mint alkalmas minták segélyével kis szobrokat készíteni belőle.

235. Könnyen belátható, hogy az ily tulajdonsággal felruházott anyag az Alpok szük nyilásain is átszorul, hajlik, alkalmazkodik az alpesi völgyek kanyarulataihoz és különböző mozgást is enged a maga részeinek anélkül, hogy csak nyoma is lenne benne a nyúlósságnak. A nyúlósság hypothesise, melyet Rendu állitott fel először s melyet Forbes tanár oly ügyesen kidolgozott, valóban számot ad a tüneményeknek egyik feléről. A hol nyomás forog a kérdésben, ott a jég magaviselete látszólag olyan, mint a nyúlós anyagé, de a hol feszültség játszik szerepet, ott tökéletesen megszünik a hasonlatosság.*

236. Röviden leirtam tehát a jelenleg létező gleccserek tüneményeit, a mennyiben e tünemények mai tárgyunkkal kapcsolatosak; de az, a ki tudományosan fürkészi át a hegyi tájakat, csakhamar találkozik tüneményekkel, melyek oly időbe viszik vissza szellemét, melyben lényegesen más volt a dolgok állapota, mint mainap. A félreismerhetetlen nyomok, melyek megmaradtak, mutatják, hogy hajdan nagy gleccserek terültek el oly helyeken, honnan már sok évezred előtt eltüntek. Menjenek például az Aar-gleccserhez a berni Alpokban és vegyék tekintetbe azt, a mit a gleccser jelenleg mivel; nézzék meg a gleccser oldalain fekvő sziklákat; nézzék meg, hogy a tovacsúszó jég hogyan gömbölyitette le, hogyan csiszolta és karczolta azokat; s ha szemök és elméjök, türelmes és sokféle gyakorlat folytán, ügyes lett e dologban, menjenek a gleccseren le annak vége felé, mindig szemök

* A gleccserek és tüneményeik további leirására nézve utalnom kell e czimü iratra: „Glaciers of the Alps", Murray, London.

előtt tartván a glecscser tevékenységének nyomait. Ha pedig a jég véget ér, menjenek tovább a völgyön lefelé egészen a Grimselig: mindenütt fogják észlelni ugyanazokat a félreismerhetetlen jeleket. A völgy medréből kiemelkedő sziklák gömbölydedek, mint a bárány háta. Ezek a Charpentier és Agassiz-féle »roches moutonnés«. Látni fogják rajtok a jégvéste szélesebb csatornákat és a kavicshorzsolta finomabb karczolásokat is, azon kavicséit, melyet a glecscser csiszoló szer gyanánt vitt magával az alsó lapján. Igy lett a Grimselnek valamennyi sziklája lesimítva. Menjenek a Haslivölgyön lefelé s tekintsék meg a sziklafalakat jobbra és balra. Azon kulcs nélkül, melynek most már — úgy hiszem — birtokában vannak, talányok országában lennének; de e kulcscsal minden meg lesz fejtve; mindenütt megtalálják az ismeretes karczokat, csatornákat és barázdákat. Azt fogják látni, hogy a völgy derekán a kősziklák egyes helyeken kupolaalakú tömegekké vannak reszelve, más helyeken pedig oly simára csiszolva, hogy ha átmenni akarnak rajtok, lépcsőket kell vágniok, még akkor is, ha a lejtő csak kevéssé hajlott. És ha még tovább is kivánják folytatni a vizsgálatot: a Meyringen felé vezető egész út bővelkedik e nyomokban. A hajdani glecscserek nyomainak felismerésében való gyakorlásra ennél jobb talaj nem található.

237. Hasonló nyomok találhatók a Rónavölgyben; 80 mértföldre lehet azokat a völgyben nyomozni, míg végre a genfi tóban tűnnek el; de a Jura hegylejtőin, a Waadt-Canton másik oldalán, ismét napvilágra jönek. E mészlejtők hosszában, mindenütt a Montblanc granittömbjei vannak szétszórva. A nagy Rónavölgynek jobbra és balra eső mellékvölgyei is mutatják, hogy egykor jéggel voltak telve. Az Alpok olasz oldalán pedig, ha lehetséges volna, még jobban meglepnének bennünket a glecscsermaradványok, mint az északi oldalon. Nagyoknak látszanak ugyan a mai glecscserek, ha egész kiterjedésökben átvizsgáltuk őket, de elődeikhez képest még is csak pygmaeusok biz' azok.

238. Nemcsak Svájczban — nem csupán a most létező glecscserek szomszédságában — fedezhetők fel az egykori jég jól ismert nyomai; Cumberland dombjain majdnem oly világosan meg vannak, mint az Alpokban. A hol a meztelen szikla hosszú ideig ki volt téve az időjárás behatásának, ott a finomabb jelek a legtöbb esetben eltűntek s az egyedüli ismertető, mely megmaradt, a sziklák szemölcsös alakja. De ha eltávolítjuk a védő földréteget, mely a sziklát fedi, gyakran épen oly élesen karczolt és simára csiszolt kőlapok tünnek elé, mint azok, melyeket az alpesi glecscserek karczoltak és csiszoltak. Az egykori jég nyomai Scawfell táján is megjelennek, mind a »roches moutonnés« mind a »blocs perchés« alakjában; s a tények bőségben vannak, melyek mindazt mutatják, hogy Borredan hajdanában glecscseres jég által volt borítva. Ép így éjszaki Walesben oly világos nyomokat hagytak a hajdani glecscserek a sziklákon, hogy az időtlen idők, melyek azóta lefolytak, még a felszínre vésett bélyegeiket sem voltak képesek eltörölni. Snowdon körül temérdek bizonyíték található. Irland délnyugati partjain emelkednek a Magillycuddy-i Reek-ek, rézsutosan hajolva alúlról felfelé s hideg csúcsaikkal felfogva az atlanti oczeán nedves szeleit. Bő ott a lecsapódás; s Killarneyben esős idő a rendes állapot. E nedves vidéken minden kőszirtet dús növényzet fed, de a párák, melyek most lanyházó, termékenyítő eső alakjában szállanak le, egykoron hóalakban estek, hogy nagyszerű glecscserek táplálói legyenek. Jég töltötte be egykoron a »Fekete-Völgyet« s e jég simította a »Biborhegy« lejtőit, midőn lefelé mozgott a »Felső-Tóhoz.« Azon egész területet, melyet jelenleg a tó foglal el, egykor jég borította, s minden sziget, mely most a tó tükréből kiemelkedik, egy-egy glecscser-kupola. A phantastikus nevekre, melyeket e sziklák közül soknak adtak, azon különböző alakok nyújtottak alkalmat, melyeket a szikláknak a felettök tovacsúszott hatalmas gyalú kölcsönzött. Éjszak-Amerikában is találhatók ily glecscser-nyomok. De a legnevezetesebb észleletet e tárgyunkra

vonatkozólag nemrég Dr. Hooker tette syriai útjában; azt találta ugyanis, hogy Lybanon híres czédrusai hajdani glecscsersánczokon nőnek.

239. Régi feladat a természettudósok számára: megállapítani a feltételeket, melyek mellett e roppant jégtömegek képződhettek; tanúlságos lehetne az időről időre megkisérlett megoldások átnézete. Új hypothesist én ugyan nem állíthatok fel, de úgy látszik, hogy lehetséges határozottabb irányt adni és szabatosabb czélt tűzni vizsgálatainknak, mint a melylyel azok eddig dicsekedhetnek. Mindazon természetvizsgálók, kiknek e tárgyra vonatkozó iratait ismerem, azt hitték, hogy itt a h i d e g nek megmagyarázása forog kérdésben. Néhány kitűnő férfiú azon nézetben volt, hogy a glecscserkorszak alacsony hőmérséke a napsugárzás ideiglenes csökkenésének tulajdonitandó. E nézet még most is talál védőkre. Mások azt gyanitották, hogy naprendszerünk, a világtéren keresztül való mozgása közben, alacsony hőmérsékű régiókon vándorolt át, s hogy a hajdani glecscserek az alatt keletkeztek, mialatt naprendszerünk e régiókon keresztül haladott. Mások ismét a szárazföldnek és a víznek más beosztásával gondolták a hőmérséket alább szállithatni. Ha különben jól értettem meg ama kitűnő férfiak iratait, kik a fennebbi hypothesiseket javasolták és védték, úgy látszik nekem, hogy legtöbben egészen mellőzték azt a tényt, mely szerint a glecscserek hajdani roppant kiterjedése ép oly határozottan bizonyitja a meleg befolyását, mint a hideg hatását.

240. Egymagában a hideg nem képes glecscsereket eléállitani. Fújhatnak itt Londonban télen át a legélesebb, éjszakkeleti szelek a nélkül, hogy egy hópelyhet is hoznának magukkal. A hidegnek alkalmas tárgyra van szüksége, melyen dolgozhassék; e tárgy pedig — a levegő vízgőzei — a hő szülötte. Adjunk más alakot a glecscser-kérdésnek. A vízgőzök rejtett melege azon hőmérséknél, mely mellett ama gőzök a forró öv alatt keletkeznek, körülbelül 1000 F.-fok, mert a rejtett meleg azon mérvben emelkedik, a mint

alábbszáll a hőmérsék, mely mellett az elpárolgás végbe megy. Egy font víz tehát, mely az egyenlitőn elpárolgott, ezer annyi meleget fogyasztott el, a mennyi egy font víz hőmérsékét egy F. fokkal emelné. De azon hőmennyiség, mely egy font vizet egy fokkal melegitene, egy font öntött vasat 10 fokkal melegithetne meg. Hogy tehát az oczeán vizéből egy font az egyenlitőn gőzzé alakuljon, annyi hőt igényel, a mennyi egy font öntöttvas hőmérsékének 10,000 F. fokkal való emelésére elegendő. Az öntöttvas olvadása pontja azonban 2000° F. E szerint tehát a nap, minden egyes font vizgőz előállitására, annyi hőt ad át, a mennyit öt font vas kivánna, hogy olvadása pontját elérje. Gondoljunk már most valamennyi régi glecscsert a maga jégtömegével ötakkorára nagyitva és gondoljunk az igy sokszorozott jégtömeg helyébe épen annyi fehérizző, olvadó öntöttvasat: akkor tökéletes képünk lesz a napnak azon tevékenységéről, melyet a régi glecscserek eléállitásánál kifejtett. Képzeljük a hideg jég helyére a forró vasat; vizsgálódásunknak rögtön az lenne a czélja: megfejteni, miért volt a glecscser-korszaknak oly magas a hőmérséke. Valószinű, hogy igy a fenn elsorolt hypothesiseknek épen visszáját állitanák fel.

241. Teljesen világos, hogy a glecscserek keletkezhetésének forrását végkép elzárnók, ha a napnak gyöngébb hatást tulajdonitanánk, eredett légyen e gyöngülés, akár a kisugárzás háborításából, akár abból, hogy az egész naprendszer alacsonyabb hőmérsékű régiókba lépett. A hegyi jég teméntelen tömegei csalhatatlanul arra utalnak, hogy a vizgőzök megfelelő mennyiségben voltak jelen és hogy következkezésképen a nap részéről is meg volt a kellő hatás. Ha valamely pároló készülékben szaporitani akarnák a lepárolt mennyiséget, úgy bizonyára nem fognák csökkenteni a mérsékletet, mely a sűritésre szükséges lenne, bizonyára nem távolitanák el a tüzet a forraló kazán alól. De ha jól értem a dolgot, épen igy cselekedtek azon vizsgálók, a kik a hajdani glecscsereket a nap melegének csökkentése által töre-

kedtek megmagyarázni. Egészen világos, hogy az, a mire a hajdani gleccserek keletkezéséhez leginkább szükségünk van, az egy javított sűrítő. Mákszemnyit sem engedhetünk el a nap hatásából. Ha valamire, úgy több gőzre és oly hatalmas sűrítőre van szükségünk, mely annyira csökkentse e gőz hőmérsékét, hogy az ne mint záporeső, hanem mint hó essék a földre. Úgy látszik nekem, hogy ez tereli a feladatot arra az egyetlen útra, mely a feloldásra fog vezetni.

Jegyzet. Ha jeget idomítani szándékozunk, tanácsos a mintát meleg vízzel előbb megnedvesíteni; így könnyebb a sajtolt tömeget kivenni. A 234. §-ban említett jégcsésze átmérője $2^1/_2$—3 hüvelyket tehet, de a csésze vastagságának nem kell meghaladnia az $^1/_4$ hüvelyket. Az én mintáim kúpalakú dugóval vannak felszerelve; csak kopogtatni kell a dugón, a jég csakhamar elválik a mintától.

VII. FEJEZET.

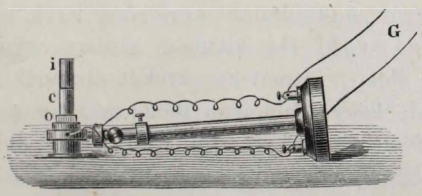
A HŐVEZETÉS MOZGÁS TOVÁBBADÁSA. — JÓ VEZETŐK ÉS ROSZ VEZETŐK. — A FÉMEK HŐVEZETŐ KÉPESSÉGE; A HŐVEZETŐ ÉS VILLANYVEZETŐ KÉPESSÉG VISZONYOSSÁGA. — A HŐMÉRSÉK BEFOLYÁSA A VILLANYVEZETÉSRE. — A TÖMECSSZERKEZET BEFOLYÁSA A HŐVEZETÉSRE. — A FAJHŐ ÉS A HŐVEZETÉS VISZONYA. — A RUHÁZAT ELMÉLETE; RUMFORD KISÉRLETEI. — A MECHANIKAI SZÖVEVÉNY BEFOLYÁSA A HŐVEZETÉSRE. — A KAZÁNOK BEKÉRGESEDÉSE. — BIZTOSÍTÓ LÁMPA. — A FOLYADÉKOK ÉS GÁZOK VEZETŐ KÉPESSÉGE; RUMFORD ÉS DESPRETZ KISÉRLETEI. — A HYDROGEN-GÁZ HŰTŐ HATÁSA. — MAGNUS KISÉRLETEI A GÁZOK VEZETŐ KÉPESSÉGÉRŐL.

242. Azt hiszem, most már eléggé megbarátkoztunk tárgyunkkal, hogy megtudhassuk különböztetni a hő okozta, észrevehető mozgást magától a hőtől. A hő nem a szél zúgása, nem a láng lobogása, nem a víz felbuzogása, sem a hőmérő-oszlop emelkedése és nem is azon mozgás, mely a gőzt megeleveníti, midőn az őt szorongató kazánból kiözönlik. Ezek mind mechanikai mozgások; a hő átalakulhat ilyenekké, de maga a hő: *tömecsmozgás*. A testek tömecsei azonban, ha szorosan vannak csoportosítva, nem rezeghetnek anélkül, hogy kölcsönösen ne közöljék egymással a mozgást. A hőnek ezen atómról atómra terjedő mozgására kell most már figyelmünket fordítanunk.

Itt van egy csipővas; alig vehető észre a hőmérséke. Érzem, hogy nehéz és kemény test, de se nem melegíti, se nem hűti kezemet. Tűz közelében feküdt, s tömecseinek mozgása e pillanatban történetesen ugyanaz, mint az én idegeimé. Ez az oka, hogy se nem ad, se nem vesz tőlem meleget; s

így nem is változhatik meg sem a csipővas mérséklete, sem az én érzésem. Ha azonban a csipővas hegyét tűzbe tartom, megmelegszik; a tűzzel érintkező tömecsek erősebb rezgésre kerekednek. A rezgő atómok szomszédjaikba ütköznek, ezek pedig az övéikbe; s e módon megzendül a tömecszene az egész rúd hosszán. Ez esetben a mozgás atómról atómra közlődik s utoljára a csipővas másik végén is megjelenik. Ha most érintem meg, mozgása közlődik idegeimmel s fájdalmat idéz elé. Azt mondjuk, hogy a rúd forró; kezemet pedig — népiesen szólva — megégettem. Már elébb fejtegettük, hogy a hő továbbvitele azon neme az odább szállításnak, melynél a hő, az anyag egész tömegével együtt, vándorol odább. Azt a tömecsközi odábbszállítást ellenben, melynél minden egyes *atóm* a maga szomszédjától kapja a mozgást s azt ismét másoknak adja át, maga pedig saját helyén marad, *hővezetésnek* nevezik.

243. Engedjék meg, hogy a vezetés e sajátságát minden pompa nélkül tegyem szemlélhetővé. Egy tálam van itt, tele meleg vízzel; e vízbe beteszek egy vashengert, melynek 1 hüvelyk az átmérője, 2 hüvelyk a hossza; e henger lesz az én hőforrásom. A hővillanyoszlopomat lefektetem az asztalra és pedig úgy, hogy meztelen lapja felfelé forduljon. E lapra



56-ik ábra.

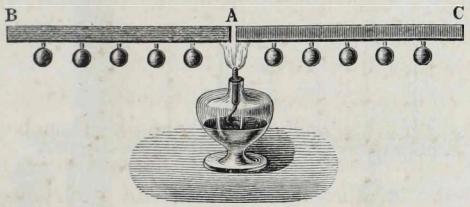
c rézhengert állítok, melynek hőmérséke jelenleg a szoba hőmérsékével egyenlő. Látják, hogy a galvanométer nem mutat elhajlást. Megtörölgetvén a meleg *i* hengert, oda állítom

az oszlopon nyugvó hideg hengerre. A felső henger is csak vérmelegű, de látják, hogy alig van időm e megjegyzésre, már is oldalt röpül a tű s jelzi, hogy a meleg egészen az oszlop felületéhez hatolt. E szerint a tömecsmozgás, mely a meleg vízből a vashengerre ment át, a vashengerből közlődött a rézhengerrel, innen pedig néhány másodpercz alatt az oszlop lapjára szállott által.

244. Különböző testekben különböző fokban van meg a tömecsmozgás közlésének, vagyis a hő vezetésének képessége. A rézben például, melyet az imént használtunk, magas fokban van meg e képesség. Eltávolítván a rézhengert, üveghengert állítok helyére; elébb azonban vissza engedem a tűt térni zérus fokra. Vashengeremet újra beteszem a meleg vízbe, s miután megmelegedett, odaállítom az üveghengerre. Mozgás azonban a tűn nem mutatkozik és jó sokáig tartana, mire bekövetkezhetnék. Már is három annyi ideig várakoztunk mint elébb a rézhengernél; s látják, a tű még mindig mozdulatlan. Fa-, kő-, kréta-, és tűzálló agyag-hengereket állítok az oszlopra, sorban egymásután; s mindegyiknek a felső végét megmelegítem azon módon mint elébb; annyi idő alatt azonban, a mennyit mi egy kisérletre szánhatunk, ezen anyagok közül egyik sem képes a hőt átvezetni az oszlopra. Ezen anyagok tömecsei annyira össze vannak kuszálva vagy bonyolodva, hogy képtelenek a mozgásnak egymással való akadálytalan közlésére. Ezek a testek mind rosz hővezetők. Ha ellenben, sorban egymásután, horgany-, vas-, ólom-, bizmút-hengereket állítanék az oszlopra, az tünnék ki, hogy valamennyiben megvan a képesség a mozgásnak tömegükön keresztül való, gyors tovavezetésére. Ezek tehát, fával, kővel, krétával, üveggel és agyaggal összehasonlítva, mind jó hővezetők.

245. Általában a fémek a legjobb hővezetők, de a szabály itt sincs kivétel nélkül. Vezető-képességökre nézve maguk a fémek is észrevehetőleg különböznek egymástól. Ezt megmutatandó, vasat és rezet hasonlítok össze egymással.

Itt van két, (57-ik ábra *AB* és *AC*) végökkel összeérő rúd, viaszszal odaragasztott fagolyókkal, melyek rendre egyenlő távolságban vannak az érintkezés pontjától. Oda, hol a végek



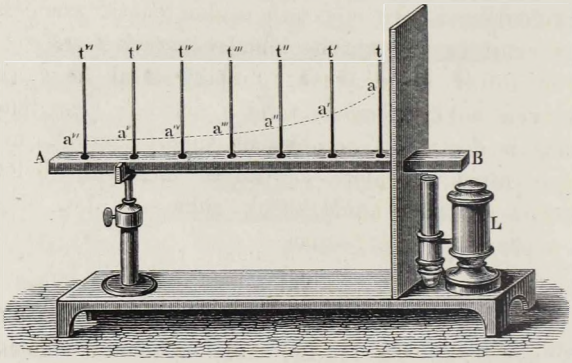
57-ik ábra.

összeérnek, borszesz-lámpát teszek, a rudak végeit megmelegítendő. A hő jobbra és balra el fog bennök terjedni. *AB* rúd vasból van, *AC* pedig rézből; a hő nagyobb darabra terjed el a rézben — ez a jobb vezető — s következésképp több golyó esik le ezen az oldalon.

246. Azon első kisérletek egyikét, melyek a kölönböző testek hővezető képességének pontosabb meghatározására vonatkoztak, Franklin indítványozta. A kisérletet Ingenhouss tette meg s következőképen járt el: különböző anyagokból készült pálczákat viaszszal vont be, a végöket forró olajba mártotta s megfigyelte, hogy mily darabon olvadott el a viasz minden egyes pálczán. A jó vezetőkön nagyobb darabon olvadt el, s az elolvadt távolság mértékét adta az illető rúd vezető-képességének.

247. Fourier más módszert indítványozott, melyet aztán Despretz keresztül is vitt. *AB* (58-ik áb.) fémrudat képvisel. E rúdba lyukak vannak beesztergályozva, kis hőmérők befogadására. A rúd végére hőforrás gyanánt borszesz-lámpa állíttatik. A hő tovaterjed a rúdban s először az *a*-val, utána az *a'*-al, azután az *a''*-al és úgy tovább jelölt hőmérőket éri el. A higany egy ideig emelkedik a hőmérőkben, bizonyos idő mulva azonban állhatatossá válik a rúd állapota, s vala-

mennyi hőmérő állandó hőmérséket mutat. Mennél jobb a vezető, annál csekélyebb a különbség két-két, egymásután következő hőmérő állása között. A hő fogyása, vagy, ha sza-



58-ik ábra.

bad mondanom, e s é s e a rúd forró végétől a hideg vége felé erősebb volt a rosz vezetőkben mint a jókban; s a hőmérők által jelzett hőmérsékbeli fogyatékból következtethetünk a rúd vezető-képességére s számokban is kifejezhetjük e képességet. Wiedemann és Franz urak — igen értékes vizsgálódások közben — ugyanezen módszer szerint jártak el, csakhogy hőmérő helyett megfelelően módosított hővillanyoszlopot használtak. A nevezett vizsgálók által talált, számos és igen érdekes eredmények összevonva a következők:

Az anyag neve:	Vezető képesség hőre	villanyosságra
ezüst	100	100
réz	74	73
arany	53	59
sárgaréz	24	22
ón	15	23
vas	12	13
ólom	9	11
platina	8	10
új ezüst	6	6
bizmút	2	2

248. E tábla mutatja, hogy a fémek vezetőképességökre nézve nagyon különböznek egymástól. Ha például az ezüst vezetőképességét 100-nak teszszük, úgy az újezüsté csak 6. E különbséget igen egyszerű módon tehetik szemlélhetővé, ha egy ezüst és egy újezüst kanalat tesznek forró vízzel telt edénybe. Rövid idő mulva azt fogják találni, hogy az ezüstkanál nyele sokkal forróbb, mint a másiké; s ha ennek is, amannak is a nyelére darabka phosphort tesznek, az ezüstön lévő rövid idő alatt elolvad és meggyúl, holott az a hő, melyet a másik kanál közöl, soha sem lesz elég erős, hogy a phosphort meggyujtsa.

249. Misem érdekesebb a természetvizsgálóra nézve, mint a különböző természeti erők kapcsolatát és vonatkozásait nyomozni. Azt tudjuk, hogy ezen erők kölcsönösen függenek egymástól, azt is tudjuk, hogy egymásba kölcsönösen átalakíthatók, de nagyon bizonytalanok vagyunk még abban, hogy mi ezen átalakulásnak tulajdonképen a módja. Sok okunk van azt következtetni, hogy mind a hő, mind a villanyosság: a mozgásnak nemei; kisérletekből tudjuk, hogy villanyossággal hőt nyerhetünk, hővel pedig villanyosságot, például a hővillanyoszlopban. A hőmozgás természetéről ugyan meglehetősen tiszta fogalmunk van, vagy legalább hiszszük, hogy van; de hogy mily átalakuláson kell e mozgásnak keresztül mennie, hogy mint villanyosság jelenjék meg, ebbeli eszméink még igen nyersek — vagyis erről, még ekkoráig, voltaképen mit sem tudunk.

250. A fentebbi tábla azonban nevezetes kapcsolatot mutat a hő és a villanyosság között. Wiedemann és Franz urak a fémek hővezető képességét kifejező számok mellé hozzá jegyezték azon számokat is, melyek ugyanazon fémeknek a villanyosság vezetésére való képességét ábrázolják. A két számsor egészen együtt halad: a jó hővezető, jó villanyvezető is, és a rosz hővezető a villanyosságot is rosszul ve-

zeti.* Ebből azt következtethetjük, hogy ugyanazon physikai tulajdonság, mely a hő tovább adásában közben jár, egyaránt jár közben a villanyosság tovább adásában is. A két erőnek e közös fogékonysága kapcsolatra mutat köztök, melyet kideríteni jövő vizsgálatok feladata fog lenni.

251. Az bebizonyított tény, hogy a hőmennyiség, melyet bizonyos erősségű villanyáram valamely huzalban kifejt, arányos a huzal ellenállásával.** E tekintetben úgy képzelhetjük az atómokat, mint hogyha keresztbe volnának fektetve, sorompók gyanánt, a villanyáram útjába; — a villanyáram beléjök ütődik, közli velök a mozgását s ily módon megmelegíti a huzalt. A jó vezetőket pedig úgy képzelhetjük, hogy a villanyáram szabadon csúszik el az atómok között anélkül, hogy észrevehető mértékben zavarná őket. Három darab platinahuzal függ itt önök előtt; minden darab négy vagy öt hüvelyk hosszú. E huzalokat három darab ezüsthuzal köti össze, s ezek is oly hosszúak és oly vastagok, mint amazok. Az összetett huzalon keresztül húsz Grove-féle elemű telepnek ugyanazon egy áramát bocsátom át; s íme, három fehérizzó és három sötét helyet látnak. A fehérizzó részek a platina-, a sötétek pedig az ezüstrészek. Az áram hevesen neki ront a platina tömecseinek, az ezüstatómok között pedig nagyobb akadály nélkül, könnyedén tovább csúszik: így aztán különböző hőhatásokat szül a két fémben.***

252. Most azt akarnám önöknek megmutatni, hogy a hőmozgás gátolja a villanyos mozgást. Ezt a kis platinalámpát, mely az asztal átellenében áll, már az előbbiekből ismerik. Nem egyéb mint egy kis tekercs platinahuzalból, alkalmas módon ráerősítve egy sárgaréz állványra. A teker-

---

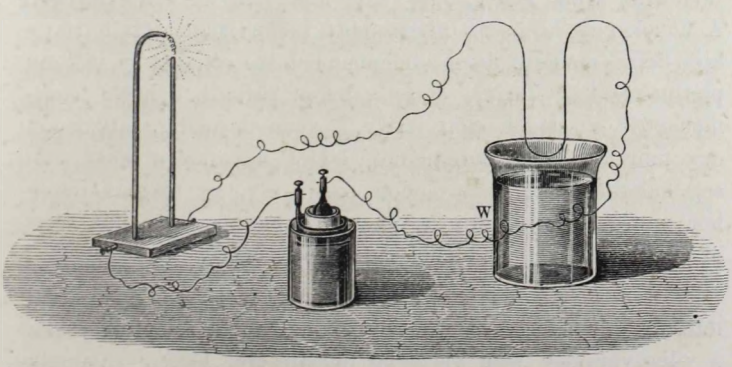
* Forbes ezt már előbb megjegyezte. Phil. Mag. 1834 vol. IV, pag. 27.

** Joule Phil. Mag. 1841, vol. XIX, pag. 263.

*** Nem lehetne az atómokat környező sűrített éter vivője a villanyos áramnak?

csen átvezethetek villanyáramot s izzóvá tehetem huzalát. Látják azonban, hogy ezen kivül két láb hosszú platinahuzalt is illesztettem a lánczba s midőn az áramlást megindítom, ugyanazon áram fut végig e huzalban és a tekercsben is. Ime, vörösizzóvá lett mind a kettő, vagyis mind a kettő erélyes tömecsmozgásban van. Amit most be akarok önöknek bizonyítani, az abban áll, hogy a hőmozgás, melyet a villanyosság a két láb hosszú húzalban létesitett s melynél fogva a huzal izzó, akadályára van az áram átvonulásának. A villanyosság e szerint saját maga állitott gátat a maga útjába. Ha e huzalt meghűtjük, tágasabb kaput nyitunk a villanyosságnak az átvonulásra. De ha több villanyosság mehet át, úgy az jelentkezni fog a platinatekercsen, és pedig úgy, hogy fehér izzásig fokozza a vörösizzást. A fény erősségében történő változást mindenki észre fogja vehetni.

253. Vörös izzó huzalomat tehát vízzel telt (*W*, 59 áb.) edénybe mártom; a lámpa egyszerre oly fényes lesz, hogy nem lehet bele nézni. Ha a huzalt kiveszem a vízből s meg-



59-ik ábra.

engedem, hogy a hőmozgás itt is fejlődhessék, az áram azonnal csökken és a lámpa gyöngébb fényűvé válik. Most ismét bemerítem a huzalt, mindig mélyebbre és mélyebre: észre-

veszik, mily vakító már a fény, még tovább sülyesztem be, úgy hogy a két láb hosszú huzal egészen a víz alá kerül, a fokozódott áram maximumra emeli a lámpa fényét. Ime, egyszerre kialszik! A vezető láncz megszakadt, a villanyos áramlás szaporodása megolvasztotta a huzaltekercset.

253. *a.* Itt jó lesz egy oly tárgyat legalább futólag megérintenünk, melynek kimerítő tárgyalása a physikának más fejezetébe tartozik. Tudjuk, hogy a villanyáramot, mely legutóbbi kisérletünkben a huzalt hevítette, a Volta telepében végbemenő vegyhatás tartja fenn. A telepben, többi között, oxygén horganynyal vegyül; valóságos elégés ez, habár folyadék belsejében megy is végbe. De hisz saját testünk is így ég! Itt is, úgy mint minden más esetben, bizonyos mennyiségű horganynak elfogyasztása ugyanazt a változatlan hőmennyiséget létesíti. Feltéve, hogy e telep két sarkát kitünő vezetővel, p. vastag rézhuzallal kötném össze, a villanyosság áramlani, a horgany pedig fogyni fog, de észrevehető melegség a telepen kivül még sem fog fejlődni. Hadd járjon az áram addig, mig egy font fogy el a horganyból. A hőnek egy bizonyos megszabott mennyisége jött létre, s ezen összes melegség benn a telepben keletkezett. De ha vékony platinahuzallal kötjük össze a telep sarkait, e huzal megmelegszik s szemök előtt izzik. Tartson ez addig, mig ismét egy font fogy el a horganyból. Ismét ugyanaz a hőmennyiség keletkezik, de más módon oszlik el; egy része a telepben van, a másik pedig a vezetőhuzalban; s ha e két részt összeadjuk, ismét az előbbi összeget nyerjük.

253. *b.* Minden hőegységért tehát, mely a telepen kivül létesül, egy hőegység vonatik el magától a teleptől; és ha a villanyáramot nem külső hő létesítésére, hanem valamely gép forgatására alkalmaznók, vagy arra, hogy valami más külső munkát végezzen, úgy a véghezvitt munkával egyenértékü hőmennyiséget vonnánk el a teleptől. Ezek nem puszta elméleti következtetések; igazolva vannak Favre kitünő

kisérletei által, s így az erő megtartásának elve a Volta telepre nézve is be van bizonyitva.

254. Térjünk vissza ismét a vezetés tárgyalására. A látszat szerint a hideg, ép úgy mint a meleg, tovavezethető. Itt van egy rézhenger; pillanatig kezemben tartom, megmelegszik. Odaállítom a hővillanyoszlopra, a tű egészen a 90-ik fokig halad s meleget jelez. E hengerre egy másikat állítok, mely darab ideig jégbe lévén téve, meghidegült. Várakozzunk egy pillanatig: a tű mozog, eléri a zérust s egészen a 90-ik fokig halad a hideg oldalán. Az analogia azt gyaníttathatná önökkel, hogy a hideg ép oly módon vezettetik a felső hengerről az alsó felé, mint a meleg az előbbi kisérletünkben. Nincs is nekem kifogásom a »hideg vezetése« kifejezés ellen, ha a valódi physikai folyamatnak tiszta ismerete mellett használjuk. A valódi folyamat pedig ez: az alsó, meleg henger saját melegét vagy mozgását előbb a felső, hideg hengernek adja át s miután saját melegéből kifogyott, az oszlopban bennlévőt veszi igénybe. Előbbi kisérleteinkben a mozgás vezetése az oszlop *felé* történt, most ellenben az oszlop *tól* elvezetődik a mozgás. Mind a két esetben mozgás terjedésével van dolgunk; a megmelegedés vagy a lehülés pedig csak attól függ, hogy mily *irányú* e terjedés. E szándékosan hűtött hengereknek egyikét odaállítom az oszlopra; heves elhajlás áll be a hideg irányában. Feltegyük-e már most, hogy a hideg valami meglevő dolog, a mi az oszloppal közöltetett? Nem. Ez esetben az oszlop a meleg test; tömecsmozgása felülmúlja a hengerét; s midőn a kettő érintkezésbe kerül egymással, az oszlop kiegyenliteni törekszik a különbséget. Saját mozgásának egy részét átengedi a hengernek, elszegényül saját bőkezűsége következtében; lehül, s lehülését mutatja a delejtű.

255. Eltávolitván a fémhengert, épen oly hőmérsékű fahengert állítok helyette az oszlopra. A fától eredő hűtés igen gyönge s az ebből eredő elhajlás igen jelentéktelen. Miért nem hat a hideg fa úgy, mint a hideg fém? Egy-

szerűen azért, mert a meleg, melyet az oszlop a fával közlött, ennek alsó lapján van összehalmozva és a rosszúl vezető fán keresztül el nem illanhat úgy, mint a fémen át elillant; ennek következtében a fa csekélyebb hőmennyiséget von el az oszloptól, mint a réz. Hasonló hatás jő létre, ha az oszlopot emberi idegek helyettesítik. Ha hideg szobába lépnek s kezökkel sorban megérintik a csipővasat, a kandallót, a székeket és a szőnyeget, e tárgyak különböző hőmérsékűeknek fognak látszani: a vas hidegebbnek fog látszani a márványnál, ez hidegebbnek a fánál és úgy tovább. Kezökkel tökéletesen az történik, a mi az oszloppal történt utolsó kisérletünkben. Felesleges hozzátennem, hogy az elébbinek ellenkezője áll be akkor, ha meleg szobába lépnek, azaz olyanba, mely melegebb önnön testöknél. Kétségtelenül fájdalmat éreznének, ha orosz fördőben fémlemezre feküdnének, míg ellenben semmi fájdalmat sem éreznek, ha fa-padra feküsznek. Igen magas hőmérsékeket lehet elviselni, ha a testet megóvjuk a jó vezetőkkel való érintkezéstől. Igy példáúl lehetséges, hogy oly helyiség melegének baj nélkül kitegye az ember a testét, melyben tojást lehet főzni és beefsteaket sütni.

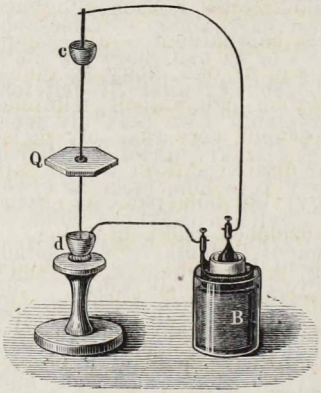
256. Az utóbbi kisérlet magyarázata megérdemel nehány perczig tartó figyelmet. Kapcsolatban állanak e kisérlettel a Blagden és Chantrey nevek. E derék férfiak ugyanis oly hőmérséknek tették ki magukat egy sütőkemencze belsejében, mely jelentékenyen magasabb volt a víz forrása pontjánál. Hasonlítsuk össze a két élő lény állapotát az ugyanazon kemenczébe teendett két márványszoborral. A szobrok lassanként megmelegednének s végül felvennék a sütőkemencze levegőjének hőmérsékét, holott az élő embereknél ugyanazon viszonyok között nem fokozódott a hőmérsék. Ha ezeknél is beállott volna a hőmérsék fokozódása, testök szöveteinek okvetetlenül szét kellett volna rongáltatniok, mert a hőmérsék, melynek magukat kitették, elegendő leendett, hogy megpárolja izmaikat a maguk levében. A vér melegét azonban

alig változtatja a külső hőmérsék fokozódása. E meleg ugyanis a helyett, hogy a test hőmérsékét emelné, a test alkatrészeinek halmazállapotát változtatja meg; a bőr vizét bőven hajtja ki a likacsokon s gőzzé változtatja. A hő lehetséges erélylyé alakul át; a munkafejtés közben elfogyasztódik. Ez — ha szabad e kifejezést használnom — a lecsapoló cső, melyen a hőfelesleg elvonúl; s ez az oka, hogy az ember vérének hőmérséke a legkülönbözőbb éghajlatbeli feltételek mellett is ugyanaz marad. A lapplandi vére csak oly meleg mint a hinduć; s az angol, ki az éjszaki sarktól a déli sark felé utaz, aligha fogja találni, hogy vére hőmérséke az egyenlítő alatt fokozódott és a sark közelében csökkent volna.

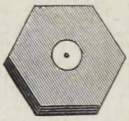
257. Ha a hőközlés lassanként történik, — s ez mindíg így van, midőn a testet rosz hővezetők veszik körül — úgy a hőnek ép oly gyors az eléadott módon való elfogyasztása mint az odavezetése. De ha a hőközlés — például jó vezetővel való érintkezésnél — oly gyors. hogy a hőnek amaz ártalmatlan munkaalakba való átvitele nem történhetik a megkivántató gyorsasággal, úgy a testnek szövetei sérülést szenvednek. Némelyek azt hirdették, hogy az élő testnek ezt a nagy hőmérsékkel daczolni tudó képességét úgy kell tekinteni, mint valami őrtálló hatást, mely egyedül az életerő sajátsága. Kétséget ugyan nem szenved, hogy az állati szervezet valamennyi folyamata kapcsolatban van az állat élet-tevékenységével, de az itt leírt folyamat ugyanoly fajta, mint az, mely a jég olvadásánál vagy a viz elpárolgásánál is végbe megy, s egyszerűen abban áll, hogy a hő nem a hőmérsék emelésére, hanem munka végzésére fordíttatik.

258. Eddig különböző testek vezető képességét hasonlítottuk össze egymással; de egy és ugyanazon testnek is különböző lehet a vezetőképessége különböző irányokban. Némely kristályok úgy vannak alkotva, hogy a hőmozgás bizonyos atómsorok hosszában nagyobb könnyűséggel halad, mint másokon. Itt van például egy nagy hegyi kristály — kvarcz-kristály —; hatszögű oszlopot képez s ha teljes volna,

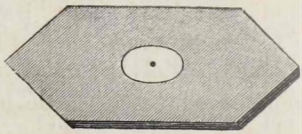
még két, hatlapú gúlába végződnék. A hő könnyebben halad a kristály tengelye irányában, mint arra merőlegesen. Sénarmont igen egyszerű módon bizonyitotta be e tényt. Két



60-ik ábra.



61-ik ábra.



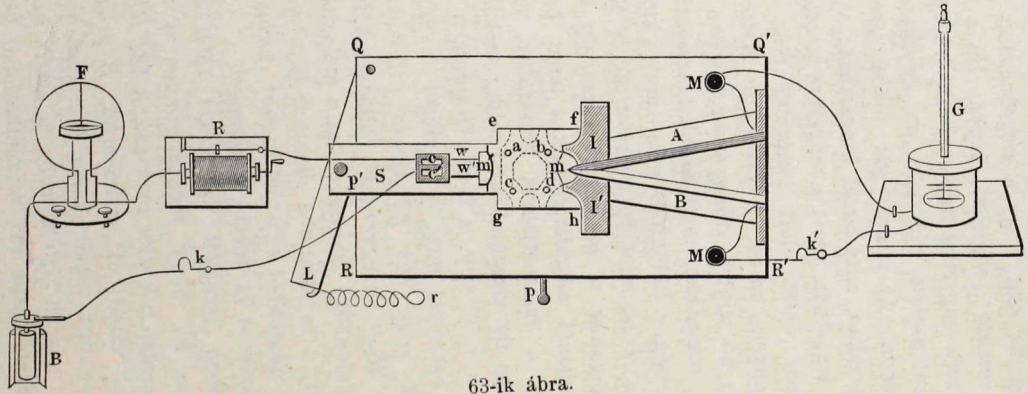
62-ik ábra.

kvarczlemezem van itt; az egyik a tengelyre merőlegesen (61-ik ábra) van metszve, a másik (62-ik ábra) a tengelylyel egyközüen. Mind a kettő be van vonva fehér viaszszal, mely teveszőr-ecsettel mázoltatott reá. Közepükön át vannak fürva s a lyukba finom tű van dugva, melyet villanyáram fog heviteni. A *B* telep adja majd az áramot; *c* egy kis fakupak, melynek fenekén keresztül megy a tű; *d* egy másik kupak, melybe a tű hegye benyúlik; *Q* pedig az átfürott kvarcz lemez. Mindegyik kupakban egy csöpp higany van. Midőn az áram *c*-ből *d* felé fut, megmelegiti a tűt; a hő pedig minden irányban elterjed. A viasz elolvad ama hely körül, melyből a hő kiindul. Azon lemezen, mely a tengelyre merőleges irányban van metszve, tökéletes kört képez a megolvasztott viasz. Kiindulása pontja körül a hő itt ugyanazon gyorsasággal terjedett, a viaszt minden irányban egyenlő darabon olvasztotta el. Ugyan e kisérletet a másik lemezkével is

megteszem: a viasz olvadni kezd; de látom, hogy kört nem képez. A hő gyorsabban terjed a tengely hosszában, mint azzal keresztben; s ez az oka, hogy a megolvasztott viasz kör helyett tojásdad vonalat (ellipsist) képez. Ha a viasz megszilárdult, a két lemez nagyított képét az ernyőre vetem, hogy láthassák a megolvasztott viaszkört az egyiken s a tojásdad alakot a másikon. Az izlandi pát jobban vezet a kristálytani tengely hosszában, mint azzal keresztben; a turmalin kristály ellenben legjobban vezet a tengelyre merőleges irányban. Bizmút, a már önök előtt ismeretes fém, egy bizonyos irányban könnyen hasad. Svanberg és Matteucci kimutatták, hogy úgy a hő mint a villanyosság, jobban vezetődik e hasadó lapok irányában, mint azokkal keresztben.

259. A vezetőképesség e különféleségére nézve kitűnő példaképen szolgál a fa. Több mint 20 év előtt de la Rive és de Candolle megvizsgálták a fa vezetőképességét s a vizsgálat alá vett öt fanemnél megállapították a tényt, hogy a továbbadás gyorsabb a fa rostjainak hosszában, mint azokkal keresztben. Ők az ily vizsgálatoknál addig szokásos módszer szerint jártak el, t. i. úgy, a hogy Despretz a fémek vezető képességét határozta meg. A kérdéses anyagból készült pálczának egyik vége egy hőforrással érintkezett mindaddig, míg be nem állott az egyensúlyi állapot. A hőmérsék, melyre a pálcza, különböző távolságokban a melegített végtől számítva, szert tett, a fa fúrataiba illesztett hőmérőkkel méretett meg. Ezen adatokból egy jól ismert formula segítségével meghatározhatták a fa vezető képességét.

260. A 63-ik ábrában lerajzolt készüléket több év előtt a czélból gondoltam ki, hogy meghatározzam a fa különböző irányaiban végbemenő hőközlés gyorsaságát. $QQ'RR'$ hosszúkás alzat mahagoni fából; A antimonrúd, B pedig bizmútrúd. E két rúd egyesített végeit szoros érintkezésben tartja az elefántcsontból készült II' szorító; a másik két vég egy másik darab elefántcsontba van mozgathatlanul beillesztve. E két végtől két platinahuzal vonúl a kis MM



63-ik ábra.

63-ik a ábra.

elefántcsont-csészékhez; a csészékben egy-egy higanycsöpp van, melybe a huzalok belemerülnek. Az *II'*-ból két orom áll ki előre, melyeket egy feszes hártya köt össze, úgy, hogy ekként a kis *m* kamara minden oldalról be van rekesztve. E kamrába benyúlik a bizmút és az antimon érintkező részének ékalakú vége. E kamrának elefántcsont a feneke. *S* egy fatolóka, mely *L* emeltyű segélyével egy rézsútosan bevágott vályúban könnyedén tolható előre és hátra. Az *L* emeltyű *Q* csap körül forog s a tolókának vizszintes hasítékába kap, melybe *p'* szögecscsel oda van szögezve. Az emeltyűbe egy hosszúkás nyílás van vágva; e nyíláson átmegy a *p* szögecs, az emeltyű pedig oldalvást kis mozgástért nyer. Igy el van érve, hogy az emeltyű a tolókát egyenes vonalban hajtsa előre. A tolókán az *II'* ormaival szemben két előre nyúló hegy látható, ezekre is finom hártya van kifeszitve. Ekként keletkezik az *m* kamara, melynek három falát és fenekét fa határolja, előrészét pedig a kifeszitett hártya. Többszörösen ide-oda hajlitott, rácsozatfélét képező vékony platinahuzal az *m* kamarába hátulról be van téve s a tolóka végébe egy kalapácsütéssel beerősitve. Ezután a huzal-rácsozat le lett ráspolyozva, úgy, hogy a huzalnak ezen műtét után csak félakkora a vastagsága s az egésznek egyenletesen síma lap a felülete. A tolókának és a huzalnak közös felületén igen vékony csillámlemezke fekszik, csupán a végből, hogy meggátolja a kamarába teendő higanycsöpp és a platinahuzal között a vezető érintkezést. *ww'* huzalvégek *cc'* kis mélyedésekbe vezetnek, melyek elefántcsont lemezben ki vannak vájva s higanynyal megtöltve. A tolóka végét a meghajlitott huzallal együtt a 63-ik a ábra mutatja. *efgh* derékszögű térség az alapot képező mahagóniban ki van metszve, alulról pedig csavarokkal oda van erősitve egy sárgarézlemez. E lemezen (a metszést a pontozott vonal mutatja) négy kúpalakú kis elefántcsontoszlop áll s habár úgylátszik, hogy ezen oszlopok az antimón és a bizmútrúddal

ugyanazon egy síkon állanak, csúcsaik mégis valóban 0,3 hüvelykkel alább állanak a mondott síknál.

261. Koczka alakúvá metszvén a megvizsgálandó anyagot, huzalfogó segélyével odaállítjuk a négy (*a b c d*) támaszra, a tolókát pedig a koczka felé csúsztatjuk úgy, hogy a koczka jól beszoruljon az *II'* elefánt csontdarabok ormai és az *S* tolóka közé. Mivel az *m* és *m'* kamarák higanynyal telvék, e higany gyöngén odaszorítja a hártyákat a koczkához; ily módon biztosan eszközölhető az okvetetlenül szükséges egyenletes érintkezés.

A megoldandó feladat a következő: helyeztessék el egy pontosan megmérhető erejű s minden pillanatban könnyen megszerezhető hőforrás a koczkának azon oldalán, mely a tolóka végén lévő *m'* hártyával érintkezik; s méressék meg azon hőmennyiség, mely egy perez alatt hatolt át a koczkán keresztül a másik oldalra.

262. A megkivántató tulajdonságú hőforrás létesítése czéljából következőképen jártam el: *B* kis villanytelep; árama legelébb az *F* tangensbuszolhoz megyen, aztán végigfut e készülék gyürűjén, eltereli a gyürű közelében álló delejtűt; innen az *R* rheostathoz halad. E készülék egy serpentin hengerből áll, melyre újezüst-huzal csavarmenetesen van felgombolyítva. Forgatván a készülék forgatóját, a nagy ellenállású huzalból tetszés szerint nagy darabot, tehát tetszés szerint nagy ellenállást szőhetünk be a villany-láncza s ezzel kényünk, kedvünk szerint szabályozhatjuk az áram erősségét. E két, utóbb említett készülék csak arra való, hogy napról napra tökéletesen változatlanúl megtarthassuk az áram erősségét. Az áram a rheostatból a *c* higanycsészikéhez áramlik, innét a hajlított huzalon át vissza a *c'* csészikéhez, ezekből pedig a telepnek másik sarkához.

263. A hajlított platinahuzalt gyöngén megmelegíti a rajta átfolyó villanyáram. A melegséget az *m'* kamarában lévő higany a kamara előrészén kifeszített hártyához vezeti s e hártya ily módon közvetetlen hőforrása a koczka bal

oldalának. A hőmennyiséget, mely megszabott időben vonul át e hőforrástól a másik oldalra és pedig a koczka tömegén keresztül, azon elhajlással mérjük, melyet e hő a galvanométer tűjén idéz elé. *G* az e czélra használt, a bizmúttal és antimónnal összekötött galvanométer. A galvanométerből huzalok vezetnek az *MM* higanynyal telt csészikékhez, melyeket, mint már elébb megjegyeztük, platinahuzalok kötnek össze az *A*-val és a *B*-vel.

264. A higanynak a bizmútra gyakorolt oldó hatása ismeretes; ha e két fém érintkezik egymással, azonnal amalgam képződik. Hogy a hővillanyelemek e hatás ellen megvédessenek, ugyanoly hártyával fedvék be, minő az *m* és *m'* kamarák egyik falát képezi.

265. A kamarák hártyáit, mielőtt a koczka közéjök tétetnék, a mögöttök lévő folyékony tömeg kissé kidudorítja, úgy, hogy egy pár puha és kissé kidomborult párnát képeznek. Midőn a koczkát a maga támaszaira állítjuk s feléje toljuk a tolókát, ezzel ama két párnát laposssá nyomjuk s igy igen tökéletes érintkezést eszközlünk. A koczka biztosan be van foglalva a szemközt álló ormok közé, mert oldallapja nagyobb a hártya felületénél;* a tolókát pedig ez alatt a *p* szögecshez odaerősített rúgó tartja egy bizonyos helyzetben. Kisérletezés esetében következő az eljárás: miután megnéztük vajjon zérusra mutat-e a galvanométer tűje, midőn a hővillanyláncz zárva van, e lánczot *k'* kulcscsal megszakítjuk. A Volta-féle lánczot bizonyos pillanatban, melyet az óra másodpercz mutatója jelez, *k* kulcscsal bezárjuk s az áramnak 60 másodperczig tartó áramlást engedünk; a hatvanadik másodpercz végén bal kezünkkel megszakítjuk a Voltalánczot *k*-nál; a hővillanyláncot pedig ugyanazon pillanatban *k'* kulcscsal bezárjuk. A galvanométer tűje azonnal elhajlik s ezen első elhajlást feljegyezzük. Természetes, hogy az elhajlás nagysága azon hőmennyiségtől függ, mely a kisérlet tartama alatt,

* A koczka minden oldala 0·3 hüvelyk.

a koczka tömegén keresztül az antimon és bizmút érintkezése helyéhez jutott. Leolvasván az elhajlást, a koczkát eltávolítjuk s a készüléket hülni hagyjuk, míg ismét zérusra nem mutat a galvanométer tüje.

266. Kisérleti módszerünk a leirás szerint igen bonyolódottnak látszhatik; de a valóságban nem az. Egyetlen figyelő is könnyen uralkodhatik az egész készülék felett. A kis villanytelep huzalai napról napra háborítatlanul megmaradnak, s a mint helyreállitjuk a kapcsolatot közöttök és a telep között, kisérletkészen áll a készülék.

267. Három, egymásra merőleges irány van a fában, melyekről az anyag egyszerü megtekintése után is kimondhatjuk már, hogy ezek szükségképen a tömecsbeli hatások által vannak megszabva. Az első vonal egyközü a rostokkal, a másik merőleges a rostokra és azon farétegekre, melyek a fa évi növekedését mutatják, a harmadik merőlegesen irányul a rostokra s egyközü vagy inkább érintőleges a farétegekkel. Többféle fából egy-egy koczkát vágattam ki úgy, hogy a koczka két lapja egyközü volt a farétegekkel, kettő merőlegesen állott reájok, a két utolsónak iránya pedig a rostokra volt merőleges. E három irány szerint volt vizsgálandó a fában végbemenő hővezetés gyorsasága. Hozzá tehetem még, hogy a fa valamennyi esetben jól kifejlődött és száraz volt.

268. A koczkát először úgy állitottam a négy *a b c d* támaszra, hogy az áramlásnak *m'*-től *m* felé menő vonala egyközü volt a rostokkal, s megfigyeltem az elhajlást, melyet a 60 m. p. alatt áthatolt meleg idézett elé. A koczka állását ezután úgy változtattam meg, hogy a rostok függőlegesen állottak; az *m'* és *m* közötti áramlás pedig derékszöget képezett a rostokkal és egyközü volt a farétegekkel; az egy percz mulva beállott elhajlást ismét leolvastam. Végre 90 fokra fordítottam meg a koczkát úgy, hogy a rostok még mindig függőlegesen állottak, az áramlás iránya pedig derékszöget képezett a rostokkal és a farétegekkel. E két utóbbi irány

összehasonlításánál különös gondot kell fordítani a készülék kezelésére. Hogy a rostok irányában nagyobb a hőközlés gyorsasága, azt kevésbbé finom kisérlettel is szemlélhetővé tehetjük; de a rostokra merőleges irányokban meglévő gyorsaságok között oly csekély a különbség, hogy a hatás különféleségét csakis nagy gonddal s a legtöbb esetben csak számos kisérlet után sikerül biztosan megállapítani.

269. A következő tábla e vizsgálatok nehány eredményét tartalmazza s maga fogja magát magyarázni.

A faneme.	A tű elhajlása.		
	I. Egyközüen a rostokkal.	II. Merőlegesen a rostra, egyközüen az évgyürükkel.	III. Merőlegesen a rostra és az évgyürükre.
1. Amerikai nyirfa	35°	9,0°	11,0°
2. Tölgyfa	34	9,5	11,0
3 Bikkfa	33	8,8	10,8
4. Karamandel-fa	33	9,8	12,3
5. Juharfa	31	11,0	12,0
6. Lándzsa-fa	31	10,6	12,1
7. Puszpángfa	31	9,9	12,0
8. Tikfa	31	9,9	12,4
9. Rózsafa	31	10,4	12,6
10. Chinafa	30	10,7	11,7
11. Zöld ébenfa	29	11,4	12,6
12. Diófa	28	11,0	13,0
13. Büs kőrisfa	28	11,0	12,0
14. Kakaófa	28	11,9	13,6
15. Szantálfa	28	10,0	11,7
16. Tulipán-fa	28	11,0	12,1
17. Kámforfa	28	8,6	10,0
18. Olajfa	28	10,5	13,2
19. Kőrisfa	27	9,5	11,5
20. Fekete tölgyfa	27	8,0	9,4
21. Almafa	26	10,0	12,5
22. Barkócza	26	10,2	12,4
23. Gesztenyefa	26	10,1	11,5
24. Szikamór	26	10,6	12,2
25. Mahagónifa (Honduras) . .	25	9,0	10,0
26. Berzsenyfa	25	11,0	13,9
27. Tiszafa	24	11,9	12,0
28. Szilfa	24	10,0	11,5
29. Platanus	24	10,0	12,0
30. Babérfa (Portug.)	24	10,0	11,5
31. Spanyol mahagónifa . . .	23	11,5	12,5
32. Skót fenyű	22	10,0	12,0

270. E tábla megerősíti azon eredményeket, melyeket de la Rive és de Candolle a fának a rostok irányában való magasabb vezetőképességére vonatkozólag kaptak. Azonkivül bebizonyitja, mily csekély befolyása van magának a sürűségnek a vezetés gyorsaságára. Úgy látszik, hogy ebben nincs valami általános, vagy csak megközelitőleg is általános szabály. Az amerikai nyírnek például — viszonylagosan könnyű fa — kétségkivül nagyobb a vezetőképessége, mint bármely más, a lajstromban álló fáé, holott a barkócza, melynek 1·426 a sürűsége, meglehetősen alant áll. Másrészt a tölgy és a karamandel-fa (ez utóbbi oly kemény, hogy a vadak éles hadi fegyverekre használják) majdnem legelül állanak a táblában, a skót fenyű pedig és más könnyebb fák, majdnem legalul.

271. Ha végig tekintünk a tábla második és harmadik számsorán, azt találjuk, hogy a vezetés gyorsasága valamennyi esetben azon irányokban a legnagyobb, melyek a fás rétegekkel derékszöget képeznek. A tömecshatás törvénye tehát a fában végbemenő hővezetésre vonatkozólag következőkép fejezhető ki:

mindazon pontokon, melyek nem feküsznek az élőfa közepében, három különböző s egymásra merőleges iránya van a fának a hővezetést illetőleg. Az első és a legfőbb tengely egyközü a fa rostjaival; a második a — középső — merőleges a rostokra és a farétegekre; a harmadik — a legkisebb — pedig merőleges a rostokra és egyközü a rétegekkel.

272. De la Rive és de Candolle még megjegyezték, hogy a fának gyönge hővezetése keresztben a rostokkal előnyös azon meleg megtartására, melyet a fa a talajtól nyer. E sajátságnak köszönhető, hogy a fa ellenállhat a hőmérsék rögtönös változásának s valószinü, hogy e változás károsan hatna, ha a fának nem volna meg ama sajátsága. Ellenáll úgy a belső melege rögtönös elvonásának, mint a külső meleg rögtönös odaszállitásának. A természet azonban még

többet tett, bevonván a fát oly anyagú kéreggel, mely még roszabbul vezet, mint a fa a maga legkedvezőtlenebb irányában. Következőkben látják azon elhajlásokat, melyeket különböző fáknak a kérgéből vágott koczkái adtak, és pedig a fakoczkákkal egyenlő nagyság mellett és ugyanazon viszonyok között.

	elhajlás	a megfelelő elhajlás a fánál.
bükkfa-kéreg	7°	10,8°
tölgyfa-kéreg	7	11,0
szilfa-kéreg	7	11,5
fenyű-kéreg	7	12,0

A hő ezen esetekben a kéreg belső felületétől kifelé vezettetett.

273. Azon átlagos elhajlás, melyet a fakoczka keresztben irányult áramlás mellett idézett elé, annyi mint

$$12^0;$$

ugyanoly nagy koczka hegyi kristályból (tiszta kovaföld)

$$90^0$$

elhajlást okoz.

274. Hogy a hegyi kristálynak még bizonyos fémeknél is nagyobb a vezetőképessége, azt igen valószinűvé tették a kisérletek.

275. Következő számok mutatják néhány más, szerves szövet vezetőképességét:

rozmár-fog	16
keletindiai elefánt agyara . . .	17
halcsont	9
rhinoceros-szarv	9
marha-szarv	9

276. A szerves szövetek alkotására használt anyagok csupa olyanok, melyek jól ellenállanak a hőmérsék rögtönös változásainak.

277. Még közelebről felvilágosítják e pontot a következő eredmények. Az alább elésorolt anyagok mindegyike koczka alakúvá tétetvén, oly vizsgálatnak vettetett alá, mely minden tekintetben hasonló volt a fával és a kvarczczal tett vizsgálathoz. Míg a kvarczkoczka 90 fokú elhajlást ad, addig

a pecsétviasz-koczka	. . . . .	0^0
talpbőr	»	0^0
méhviasz	»	0^0
enyv	»	0^0
guttapercsa	»	0^0
kaucsuk	»	0^0
vérmogyorómag	»	0^0
mandolamag	»	0^0
főtt ürűizom	»	0^0
nyers borjuizom	»	0^0

278. Az itt megnevezett anyagok növényi és állati termények, s kisérleteink bebizonyítják, hogy mennyire áthatlan mindegyikök. Azon elvből indulván ki, hogy a melegnek rögtönös odavezetése vagy elvonása árt a növények és az állatok egészségének, belátjuk, hogy az alkotásukra megválasztott anyag legjobban van kiszámítva eme változások elkerülésére.

279. Figyelmöket most egy oly kisérletre szeretném fordítani, mely talán képtelennek tűnhetik fel első tekintetre. Itt van egy rövid hasáb bizmútból s itt egy másik épen oly nagy, de vasból. Mindeniknek az egyik végét fehér viaszszal vonom be, azután pedig forró vízzel telt edény födőjére odaállítom úgy, hogy a bevont vég felfelé forduljon. A hőmozgás el fog terjedni a hasábokban, de kérem tessék megfigyelni a viasz olvadását. Már lágyul, de hol előbb? a bizmút hasábon. A fehér szín ez utóbbiról már egészen eltűnt s a viasz átlátszó folyékony réteggel vonja be a fémet, holott a vason lévő még el nem olvadott. Hogyan egyeztethető össze ez az eredmény azzal a ténynyel, melyet a vezetőképesség táblája

mutat s mely azt mondja, hogy a vas vezetőképessége úgy áll a bizmútéhoz, mint 12 : 2. A mostani kisérletben meg a bizmút látszik jobb vezetőnek. Megfejtjük e talányt, ha a fajhő tábláját veszszük segitségül (165. szakasz); itt ugyanis azt találjuk, hogy mig a vas fajheve 0,1138, a bizmúté csak 0,0308. A vas tehát több, mint háromakkora absolut hőmennyiséget kiván mint a bizmút, ha bizonyos számú hőmérő-fokra akarjuk megmelegiteni. Habár a vas sokkal jobb hővezető mint a bizmút, s e pillanatban is minden időegységben sokkal nagyobb hőmennyiséget vesz fel: hőmérsékének emelkedése mégis csak lassú, atómjainak nagyobb száma vagy talán a jelentékenyebb belső munka miatt. A bizmút ellenben a vele közlött hőnek nagy részét azonnal hőmérséke fokozására fordithatja s ebből az látszik, mintha felülmúlná a vasat azon mozgás tovább adásában, melytől a hőmérsék ered.

280. Egészen világosan látható ezekből, hogy mily hibás az a felfogás, melyet sok tankönyvben és tanárjelöltjeink feleleteiben gyakran találunk — a már emlitett Ingenhousz-féle kisérletre vonatkozólag. Közönségesen úgy vélekednek, hogy mennél *gyorsabban* olvad a viasz, annál jobb a vezető. Ez csak úgy igaz, ha a rosz és a jó vezetőnek egyenlő a fajheve, más esetekben azonban, mint utolsó kisérletünk bizonyitja, egészen téves lehet. A helyes eljárás — mint már megjegyeztem — abban áll, hogy be kell várni, mig úgy a vas, mint a bizmút hőmérséke megállapodik, azaz, mig a két fém közül mindegyik annyi mozgást vesz fel a hőforrástól és annyit vezet tovább, a mennyit egyáltalán felvenni és tovább adni képes. Ha ez megtörtént, úgy azt találjuk, hogy a vas sokkal több hőmennyiséget képes tovavezetni, mint a bizmút. Emlékeznek a Trevelyan-készülékkel tett kisérletre; meggyőződtek róla, hogy a billegető tartójául oly testet kell választani, mely erősen tágulhat. Legalkalmasabb erre az ólom, mert erősen tágulhat. A horgany tágulási együtthatója valamivel nagyobb ugyan mint az ólomé, e czélra még sem használható úgy, mint az ólom. Oka pedig az, hogy a hor-

gany fajheve több mint háromszorosa az ólomének, s így az a melegség, melyet a billegető érintkezése folytán közölne a horganynyal, csak harmadrész-akkora hőmérsékemelkedést idézhetne elé a horganyban, mint az ólomban; már pedig a hőmérsékemelkedéssel lépést tart a tartónak helyi tágulása.

281. Ezen elmélkedések azt is mutatják, hogy a fákkal tett kisérleteinkben az egy percz alatt átvezetett hőmennyiség, ha szigorúan veszszük a dolgot, mindaddig nem tekinthető a fa vezetőképességének kifejezéseül, míg be nincs bizonyítva, hogy a különböző fák fajheve valóban egyenlő. Ez utóbbi tekintetben azonban kisérletek még nem tétettek. De azért kisérleteink közül azok, melyek a tömecsszerkezet befolyását illetik, megtartják helyességöket; itt ugyanis csak a különböző irányokat hasonlítjuk össze egymással ugyanazon koczkában. A mi még a szerves szöveteket illeti, hozzátehetem, hogy vezetőképességök végtelen csekély akkor is, ha elég időt engedünk nekik, hogy annyi mozgást vegyenek fel valamely hőforrástól, a mennyit felvenni képesek. Ezek valóban nagyon rosz hővezetők.

282. E tökéletlen vezetőképességnél fogva kitünően alkalmasak a ruházatra a gyapjúkelmék. Megóvják a testet a hőnek rögtönös hozzájutásától vagy elvonásától. E tulajdonságuk, a rosz hővezetés, szembetünően észrevehető: ha darab jeget flanellba göngyölgetünk. Az ekként betakart jég nem egy könnyen olvad. Hideg napon a gyapjú ruházat gátolja az ember testét, hogy hőmozgását a külvilággal közölje. Meleg napon ellenben ugyanaz az anyag megvédi a jeget a külső meleg felvételétől. Állatok, melyek hideg tájakon élnek, már a természettől kapják a szükséges ruházatot. Különösen a madarak, melegebb lévén a vérök mint az emlősöké, vannak ráutalva e védelemre. Tollakkal vannak felruházva, melyeknek közeit pehely tölti be; a pehely pedig, tömecsszerkezeténél és mechanikai szövésénél fogva, talán a legeslegrosszabb hővezető. Itt ismét egy uj példánk van arra az összhangzó

viszonyra, mely az élet és az életfeltételek között mutatkozik. Ilyes vonatkozásokkal a természetbúvár szüntelenül találkozik.

283. A fáradhatatlan Rumford nagy gonddal tett egy rakás kisérletet, hogy megvizsgálja az emberi ruházatul használt anyagok vezetőképességét.* Módszere a következő volt: egy hengeralakú s egyik végén gömbbel végződő üvegcsőbe higany-hőmérőt függesztett, úgy, hogy a hőmérő a cső tengelyében, a hőmérő gömbjének középpontja pedig e cső gömbjének középpontjában állott. A két gömb közötti tért azon anyaggal töltötte be, melynek vezetőképessége vizsgálat alá volt veendő. E készüléket forró vízben melegítette, azután törött jégből és sóból álló hideg keverékbe mártotta s megfigyelte az időt, mely az illető anyagnak kellett, hogy 135 F. fokkal lehüljön. Ezen időt a következő tábla mutatja:

A környezet:	másodperczek
sodrott selyem	917
finom len	1032
gyapot	1046
gyapjú	1118
tafota	1169
nyers selyem	1264
hód-bőr	1296
dunnalúd pelyhe	1305
nyúlbőr	1312
fahamu	927
szén	937
lámpakorom	1117

284. E vizsgálatból kitűnt, hogy a nyúlbőr a fenn elésorolt anyagok között legnagyobb ellenállást fejt ki a hő átmenete ellen.

285. Jelentékeny befolyása van a hő átvezetésére azon test mechanikai állapotának, melyen a hő átmegy. Világ-

* Phil. Trans, 1792. p. 48.

gosan bizonyítja ezt a nyers és a sodrott selyem közötti különbség a Rumford-féle táblában. A tiszta kovaföld, hegyi kristály alakjában, jobb vezető mint a bizmút vagy az ólom; de ha porrá törjük a kristályt, e poron keresztül csak lassan terjed el a melegség. Az átlátszó kősó igen bő, a közönséges asztali só pedig igen szük hővezető. Itt van egy vagy két darab asbest: ez egy kovanemű, rostos anyag; kezemre teszem s vörösizzó vasgolyót fektetek reá; látják, hogy baj nélkül tarthatom a golyót, mert az asbest letartóztatja a meleget. Észszerű tehát a feltevés, hogy ezen anyagnak e rostos szétoszlása gördít akadályokat a hővezetés útjába. Mozgás lévén ugyanis a hő, a tömecsbeli kapcsolat minden megszakításának zavarólag kell hatnia e mozgás átvitelére. Asbestben levegő választja el a kovavegyület rostjait; terjedésénél tehát a mozgás szilárd testről az igen könnyű levegőre, kénytelen átmenni s erről ismét az aránylag nehéz szilárd testre. Könnyű belátni, hogy a mozgás csak nagyon tökéletlenül közlődhetik e különnemű szövedékeken keresztül. Még világosabban mutatják ezt az állati bőrök, mert itt a mellett, hogy a szőrszálak közeit levegő tölti be, maguk a szőrszálak is rosz vezetők. Megtörtént, hogy jégtáblán elterülő hamurétegen izzó láva folyt le, s a jég el nem olvadt, mert megvédte a hamu csekély vezető képessége. A félig homokkal rakott fataligákon vörösizzó vasgolyók szállíthatók az ágyúnyilások elé. A jeget fűrészpor közé rakjuk, ha nem akarjuk, hogy megolvadjon; szénpor is nagyon rosz hővezető. Fűrészpor, szén, polyva azonban, mert igen gyulékonyak, néha nem használhatók. Ily esetekben előnyösen használható az őrlött gipsz. A gipsz ugyanis már szilárd, kristályos állapotában is sokkal roszszabb vezető mint a kovaföld; meglehetős biztossággal következtethetjük tehát, hogy megőrlött állapotban sokkal nagyobb az áthatlansága mint a homoké, melynek minden egyes szemcséje jó vezető. Ha a gőzkazánt őrlött gipszköpönyeg

venné körül, ez jelentékenyen csökkentené a kazán hőbeli veszteségét.

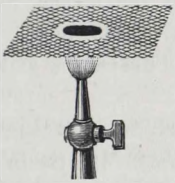
286. A víz közönségesen némely feloldott ásványokat foglal magában. Midőn ugyanis átszivárog a földön, kisebb vagy nagyobb mennyiséget old fel azon anyagokból, melyekkel érintkezik. Mésztartalmú vidékeken, például, mindig bizonyos mennyiségű szénsavas mész van benne; az ilyen víznek *kemény víz* a neve. Gyakran gipszet is foglal magában. Elpárolgásnál csak a víz illan el, az ásvány pedig hátra marad, gyakran oly nagy mennyiségben, hogy a víz már nem képes oldott állapotban megtartani. Némely forrásokban szénsavas mész van, ha az ily víz kijő a földfelületre s a levegőn elpárolog, úgy az ásvány lecsapódik s kérget képez a növényeken és köveken, melyeken a víz lecsörgedezett. Ugyanez történik a víz forralásakor; az ásvány-anyagok csapadékot képeznek, s nálunk Londonban alig van vizes üst, mely ásványos kéreggel be ne lenne vonva. E körülmény gyakran komoly bajokat szül a gőzkazánoknál. E kéreg ugyanis rosz hővezető s oly vastaggá válhatik, hogy tetemesen megnehezíti a hő átmenetét a vízhez. Az ebből keletkezhető bajra egy példát hozok fel. Ime ez itt egy darab egy gőzhajó-kazán belsejéből. A hajó majdnem tönkre jutott szénhiány miatt. Vitorla-gerendákat s minden kézrekeríthető fát kénytelenek voltak elégetni, hogy a hajót behajtsák a kikötőbe. A vizsgálatnál e vastag kérget találták a kazán belsejében. A kéreg leginkább szénsavas mészből áll, melynek rosz vezetőképessége miatt, felette sok tüzelőanyagot voltak kénytelenek elégetni, hogy a szükséges gőzmennyiséget fejleszthessék. Valószinüleg ez az oka, hogy némely kazánokban oly nehezen forr fel a víz.

287. Itt helyén lesz egy-két példát fölemliteni, megmutatandó azt, mint gátolják a jó vezetők a hőt az egy helyen való összegyülemlésben. E két golyó egyenlő nagy; az egyik fa, a másik réz, s fehér papirossal vannak bevonva. Mindegyik alá egy-egy borszesz-lámpát állitok. Természetes,

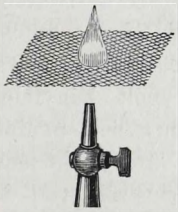
hogy a hőmozgás mind a két golyóval közlődik; az egyik azonnal tovább vezeti a mozgást, a láng érintkezése pontjától el, az egész tömegén keresztül, holott a másikban e gyors vezetés nem áll be; a mozgás tehát felhalmozódik azon a helyen, melyet a láng nyaldos. Ime itt a hatás; megfordítom a fagolyót, a papiros egészen megszenesedett; megfordítom a fémgolyót, itt a papiros nem csak hogy meg nem szenesedett, sőt ellenben n e d v e s lett a megsürüdött vizes gőzöktől, melyeket a láng hozott létre. Itt van egy henger, szorosan bevonva papirossal; középpontját lámpa fölé tartom s úgy forgatom, hogy a láng az egész hengert körül nyaldossa. Élesen kijelölt fekete sávot látnak, melynek egyik oldalán szenesedni kezd a papiros, a másikon pedig fehér marad. A henger egyik fele sárgarézből van, a másik fából, s a fekete sáv e két anyag érintkezése vonalát jelöli. A papiros, ott a hol a fát födi, meg van szenesedve, ott pedig a hol a sárgarezet födi, nyomát sem mutatja az elégésnek.

288. Ha közönséges puskagolyónak összes mozgató erejét valamely nehéz ágyúgolyónak adnók át, e golyót csak kevéssé mozgatnók. Feltéve, hogy a puskagolyó két unciát nyomna és 1600 lábnyi sebességgel mozogna másodperczenként, akkor ugyanazon mozgató erő, 100 font súlyú ágyúgolyóra alkalmazva, e golyóval csak 32 lábnyi sebességet közölne. Ugyanezen eset áll a lángnál is, melynek ugyan nagyon gyors a tömecsmozgása, de nagyon csekély a súlya; mozgásának tehát, ha valamely nehezebb testre vitetik át, jelentékeny veszteséget kell szenvednie a gyorsaságban. Itt van például egy darab huzalfátyol, melynek közei elég tágasak, hogy szabadon átbocsássák a levegőt; s itt egy világosan égő gázláng. E lángra tévén a huzalfátyolt, azt kellene vélni, hogy a láng átcsap a huzal szemein keresztül; de egy szikra sem hatol át (64. ábra) s az elégés csupán csak a fátyol alatti térre szorítkozik. Eloltom a lángot s megengedem, hogy meg nem gyúlt gáz ömöljék a gázégetőből, a huzalfátyolt pedig az égető fölé tartom. Most a gáz szabadon áramlik át a fo-

nadék szemein. Meggyujtom a fátyol felett; ime itt a láng, de nem terjed lefelé az égetőig (65. ábra). E között és a huzalfonadék között körülbelül négy hüvelyknyi sötét közt



64-ik ábra.



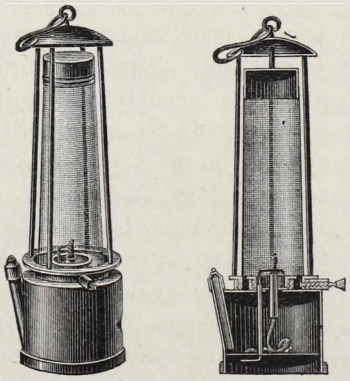
65-ik ábra.

látnak; gáz van benne, mely meg nem gyúl mindamellett, hogy körülményei szerfelett kedvezők az elégésre. Látják tehát, hogy e fémszövet a lángot feltartóztatja, habár a gáznak szabad átmenetet enged. És miért történik ez? Arra, hogy a gáz meggyúljon, bizonyos melegség szükséges; de midőn a huzalfonadékot a láng fölé tartjuk, vagy a lángot a fonadék fölé, akkor a könnyü, lobogó tárgy mozgását a viszonylagosan nehéz szövetre viszszük át. A tömecsmozgás gyorsasága, mert annyiszor nagyobb tömegü anyaggal közlődik, oly jelentékenyen gyengül, hogy a meggyúlást a szövet másik oldalán nem képes többé eszközölni.

289. A borzasztó szerencsétlenségek, melyeket kőszénbányáinkban a robbanások idéznek elé, sajnos, nagyon is ismeretesek mindnyájunk előtt. Tudják, hogy e robbanások oka oly gáz jelenlétének tulajdonitandó, mely a szénrétegekben tiszta szénből és hydrogénből képződik. Ha e gáz elegendő levegővel keverődött össze, meggyuladása robbanással jár, a midőn a gáz szene a levegő oxygénjével szénsavvá vegyül, a gáz hydrogénje pedig a levegő oxygénjével vizet alkot. A robbanás lángja megégeti a bányászokat, s ha ez meg nem ölné őket, megfúlnak a szénsavban, mely ugyanakkor képződik. Magát az eredeti gázt »csapó légnek« ne-

vezik a bányászok, a szénsavat pedig »gonosz lég« vagy »fojtó lég«-nek. Sir Humphry Davy, meggyőződvén a huzalfátyolnak, önök előtt imént bemutatott, hatásáról, e fátyolt oly lámpa szerkesztésére alkalmazta, mely lehetővé teszi a bányásznak, hogy robbanó légbe is bevihesse a mécsest. A biztosító lámpa behozatala előtt aczél és kova szikráival volt kénytelen a bányász beérni; e szikráktól a csapólég meg nem gyulad.

290. Davy közönséges olajlámpát huzal-fátyolokból készült hengerrel vett körül (66. ábra). Míg tiszta lég táplálja e lámpát, addig közönséges olajlámpa világosságával



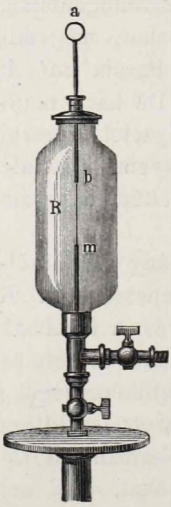
66-ik ábra.

ég a lángja, de ha a bányász csapó lég tartalmú körbe jő, úgy a láng nagyobb lesz, világossága pedig csökken, mert a helyett, hogy tiszta oxygén táplálná, gyulékony gázok fogják részben körül. A láng e nagyobbodását úgy tekintse a bányamunkás, mint intést a visszatérésre. De ha a robbanó keverék a külső légtől egészen a belül lévő lángig, a szövet szemein keresztül, terjedne is, az elégés még sem fog a huzalfátyolon át közlődni. Majdnem világtalan láng foglalhatja el a lámpa egész belsejét, robbanás még sem következik be. Ha azonban a fátyol valahol ki van szakadva, vagy valahol

megrozsdásodva, mit a láng nyaldosása is gyorsít, úgy ez eléidézné a robbanást. Sőt a lámpának nyugtalan ide-oda mozgatása a levegőben mechanikailag hajthatja kifelé a lángot a szövet szemein keresztül. Szóval, a lámpa kezelése értelmességet és óvatosságot kiván. Sajnos, hogy az egyik sincs meg mindenkor a bányásznál; ennek pedig az a szerencsétlen következménye, hogy a biztosító lámpa daczára is még mindig történnek robbanások. Nem volna-e jó, ha a bányamunkásoknak, férfiaknak úgy, mint a fiúknak, kézzelfoghatólag, kisérletekkel mutatnák meg a fentleirt hatásokat, még mielőtt engedelmet kapnak bemenni a bányába. Puszta intések nem verik a munkás fejébe az óvatosságot. De ha a munkásnak alkalma volna tiszta és szemlélhető képzetet szerezni a vigyázatlanság következményeiről, e benyomás sokáig szolgálhatna neki intésül, midőn már rég eltűnt a puszta szavak hatása.

291. Engedjék meg, hogy most még néhány szót szólhassak a folyadékok és a gázok vezetőképességéről. E tárgyban Rumford számos kisérletet tett, melyek a fogalmak tisztaságáról s a kivitel ügyességéről tanúskodnak. Nézete az volt, hogy a folyadékoknak egyáltalán nincs vezetőképességök; különbséget tett a hőnek tovaviteltől származott szállítása és a valóságos vezetés között; s hogy folyadékaiban a tovavitelt kikerülje, felülről melegitette azokat. Így azt találta, hogy egy hevített vashenger melege nem volt képes 0,2 hüvelyk vastag-faolaj rétegen keresztül terjedni; jég felett vizet forralt fel egy üvegcsőben anélkül, hogy a jég elolvadott volna. Despretznek későbbi kisérletei azonban mutatják, hogy a folyadékoknak van, bár gyengén, de valóságosan, vezetőképességök is. Rumford a gázok vezetőképességét is tagadta, habár jól ismerte tovaszállító képességöket. A gázok hővezetését legközelébb Magnus, berlini tanár vette ismét elé, s e kitűnő búvár hiszi, hogy döntő kisérletekkel bebizonyította, mikép a hydrogén fém gyanánt vezeti a melegséget.

292. A légnek tovavitelből származott hűtő hatása következő módon tehető szemlélhetővé. E platinatekercsbe villanyáramot vezetvén, vörös izzóvá lesz. Most egyenes vonallá húzom ki a tekercset, ime az izzás rögtön alábbhágy — önök már nehezen fogják látni. Az izzás azért csökkent, mert a hideg lég szabadabban hozzáférhet a kinyújtott hu zalhoz. Itt van még egy *R* (67. ábra) üvegedény; tetszés szerint kiszivattyúzható; fenekéhez függőlegesen oda van erősítve egy fémpálcza, felső végén pedig egy másik pálcza van, melyet légáthatlanúl záró nyél segélyével fel és alá tolhatok, úgy, hogy a két pálcza végét tetszés szerinti távolságra állíthatom egymástól. A pálczákat most két hüvelyk hosszú platinahuzal köti össze, melyet villanyárammal tetszőleges erősen hevíthetek. E kis teleppel helyreállítván az összeköttetést, a huzal izzik, de csak úgy, hogy izzása alig látható; hiszen csak egy elem árama heviti. Lég fogja körül a huzalt, s e lég kétségkivül elvonja melegének egy részét. Kiszivattyúzom az edényt, ime a huzal sokkal erősebben izzik, mint elébb. Levegőt bocsátok be; a huzal azonnal elalszik s tökéletesen fekete lesz. Ha friss levegő többé be nem hatol, ismét megjelenik az előbbi gyenge izzás. A betóduló légáram elvonúl a huzal felett és sötétülését okozza, ehhez hasonló módon hat azon áram, melyet a huzal maga kelt, midőn a körötte lévő levegőt megmelegíti. A huzal lehűtése mind a két esetben nem tulajdonítandó valóságos hővezetésnek, hanem csak tovavitelnek.



67-ik ábra.

293. Még sokkal magasabb fokúvá tehetjük e hatást, ha levegő helyett hydrogént használunk. Ezen érdekes észleletet Grovének köszönjük, s ez szolgált Magnus búvárlatainak kiinduló pontjául. Az üvegedény most ki van szivattyúzva,

a huzal majdnem fehér-izzó. A levegőnek csak az lenne a hatása, hogy vörös-izzásra szállítaná le a fehér-izzást; de tessék figyelni a hydrogén hatására. E gáz beléptekor a huzal tökéletesen elalszik s még akkor sem jő ismét izzásba, midőn a gáz megtöltötte az edényt s megszünt a beáramlás. A most alkalmazott villanyáram két elemből jő; hármat veszek, — a huzal csak gyöngén világit; öt elem erősebb izzást létesit, de a huzal most is csak a vörös-izzásnál marad. Ha nem a hydrogén volna jelen, a most alkalmazott áram biztosan elolvasztaná a huzalt. Lássuk úgy van-e? Megkezdem a szivattyúzást; az első szivattyúhúzások csak alig észrevehető hatást idéznek elé; tovább is folytatom; ime a hatás láthatóvá kezd lenni. A huzal fehér lesz s úgylátszik, hogy vastagabb. Némi távolságból lúdtollnyi vastagnak látszik. Most olvadni készül, még tovább szivattyúzok, a fény rögtön elalszik, — a huzal elolvadt.

294. A hydrogéngáznak e rendkivül nagy hűtőképességét közönségesen a hydrogénrészecskék mozgékonyságának tulajdonitották; e mozgékonyságnál fogva ugyanis a hydrogénben könnyebben állhatnak be áramlások, mint bármely más gázban. Magnus tanár azonban valóságos vezetőképesség hatásának tartja a huzal lehülését. Hogy az áramlásokat megakadályozza, — bár nem szüntetheti meg — hydrogéngázzal telt, vékony üveghenger tengelyen vezette keresztül a platinahuzalt. Ez esetben csak vékony gázréteg födte a huzalt s e mellett alig lehetett gondolni közönséges értelemben vett áramlásokra, s mégis úgy oltotta el e réteg az izzó huzalt, mintha ez hydrogénnel telt nagy edényen keresztül lett volna vezetve. Magnus tanár egy edénynek felső zárt végét melegitette meg s azt találta, hogy a hő ezen edényből, a némi távolságban felállitott hőmérőhöz gyorsabban jutott azon esetben, ha az edényben hydrogén volt, mint akkor, ha lég volt benne. Sőt még akkor is igy állt a dolog, ha az edény meg volt töltve laza gyapottal vagy dunnalúdpehelylyel. Itt — mondja — áramlások nem képződ-

hettek; valóságos hővezetés, nem pedig tovavitel juttatta a hőt a hőmérőhöz.

295. Bármily szépek és elmések is e kisérletek, nézetem szerint még sem bizonyitják be véglegesen a hydrogén vezetőképességét. Feltéve, hogy a huzal, Magnus tanár kisérletében, hydrogénnel telt tágas henger tengelyének hosszában lett volna kinyújtva, úgy a huzal megmelegitése esetében, közönséges értelemben vett tovavitellel volna dolgunk. Hová jut végtére az igy szétszórt melegség? Látni való, hogy magának a hengernek adatik át, s szükebbé tévén a hengert, csak gyorsitjuk az átvitelt. A henger szükitését folytathatjuk, mig végre egészen szük csövet nyerünk; a középpont és a külső oldal közötti tovavitel tovább is fog tartani, s hűtő hatása ugyanaz marad. Saját melegét a gáz átadván a nehéz csőnek, gyorsan lehül s kész ismét hőt elvonni a huzaltól. A mi pedig a felülről megmelegitett edényt illeti, itt mathematikailag vizszintes felület és tökéletesen egyenletes hőbehatás kivántatnék, azonfelül pedig élesen el kellene a hőt választani az edény oldalaitól, hogy a tovavitel meg legyen gátolva. A dunnalúdpehely és a gyapot közeiben is észrevehetővé teheti magát a hydrogénnek, a tovavitel szolgálatában álló, mozgékonyága; és ha mindent számitásba veszek, nézetem szerint még nyilt kérdésnek kell tekinteni a gázok vezetőképességének kérdését. *

* Abban a nézetben vagyok, hogy a folyadékok vezetőképessége is további vizsgálatokat kiván. E véleményemet számos kisérletre alapitom, melyeket e kérdésre vonatkozólag tettem.

VIII. FEJEZET.

HŰLÉS MOZGÁSBELI VESZTESÉG; HOVÁ LESZ EZ A MOZGÁS? — E KÉRDÉSRE VONATKOZÓ KISÉRLETEK A HANGTAN KÖRÉBŐL. — E KÉRDÉSRE VONATKOZÓ KISÉRLETEK A FÉNYTAN KÖRÉBŐL. — A KIÖMLÉSI ÉS A HULLÁMZÁSI ELMÉLET. — A FÉNY HULLÁMOK HOSSZA ÉS A REZZENETEK SZÁMA. — A SZÍN PHYSIKAI OKA. — A SZÍNKÉP LÁTHATATLAN SUGARAI. — HEVITŐ SUGARAK A VÖRÖSÖN TÚL. — VEGYÍTŐ SUGARAK A KÉKEN TÚL. — A SUGÁRZÓ HŐ ÉRTELMEZÉSE. — A SUGÁRZÓ HŐ VISSZAVERŐDÉSE LAPOS ÉS GÖRBE FELÜLETEKRŐL: TÖRVÉNYEI EGYEZŐK A FÉNY TÖRVÉNYEIVEL. — KISÉRLET KÉT HOMORÚ TÜKÖRREL.

FÜGGELÉK: A ZENGŐ LÁNGOKRÓL.

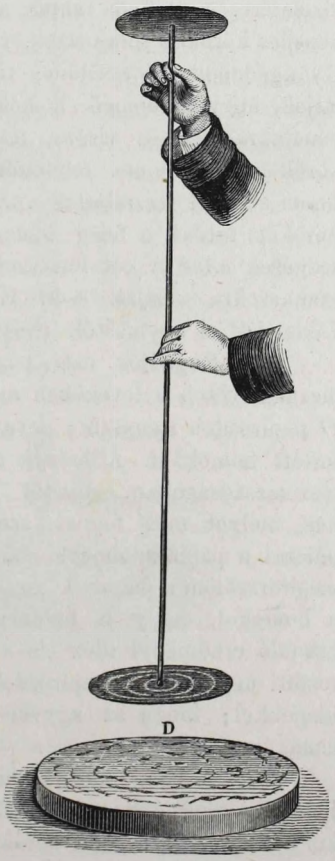
296. A tárgyunk körébe tartozó első nagy szakasznak elértük a végét. Ekkoráig a melegséget a szilárd, folyékony és légnemű testekkel való kapcsolatában tárgyaltuk. Azt találtuk, hogy a hő képes mindezen testek térfogatát megváltoztatni. Láttuk továbbá, hogy szilárd testeket folyékonyakká, folyékony testeket gőzökké alakíthat át; végre, hogy szilárd testekben vezetés következtében terjed el, folyadékokban és gőzökben pedig tovavitel útján oszlik meg. Most az lesz a feladatunk, fölkeresni a melegséget léte oly körülményei között, melyek tökéletesen különböznek az eddig tekintetbe vett körülményektől.

297. E hevített rézgolyó fel van függesztve a levegőben. Látjuk, hogy izzó; de az izzás fogy, a golyó elsötétül; köznyelven szólva, a golyó kihűl. A hőnek természetéről mondottakból tudjuk, hogy e kihűlést a tömecsek mozgásbeli veszteségének kell tartanunk. De mozgás nem veszhet el; valahol meg kell lennie. Hová lett a golyó tömecsmozgása?

Talán azt felelnék, hogy a levegő vette át; részben igazuk volna: a golyó felett levegő áramlik, megmelegedett rajta s oszlopként emelkedik felfelé. Ezt könnyen láthatóvá tehetjük, ha ernyőre vetjük a villanylámpának elébb a hevített levegőn áthaladott fényét. De a golyó nem az összes tömecsmozgást, sőt nagyobb részét sem, ily módon veszíti el. Ha légüres térben függene, ott is kihűlne. Rumford, a kit oly gyakran említettünk, egyes selyemszálra kis hőmérőt függesztett egy üveggömb közepébe. E gömb légüressé volt téve higany segélyével; s Rumford azt találta, hogy a hősugarak a légüres téren keresztül hatoltak, bizonyságául annak, hogy a hő-átadás független a levegőtől. Davy, kinek készüléke előttem áll, megmutatta, hogy a villanyfény sugarai szabadon mennek át valamely légüres téren. Magunk is könnyen ismételhetjük e kisérletet. Eléveszem a már használt boritót (67. ábra) s eltávolitván az akkor szétrongált platinahuzal maradványait, a két *mn* és *ab* huzalvéghez egy-egy darabkát illesztek gázszénből. A tért légüressé teszem, a széncsúcsokat összeillesztem s villanyáramot bocsátok egyik csúcstól a másikhoz. A mint e csúcsokat kissé eltávolitom egymástól, megjelenik a villanyfény. A készülék mellett áll a hővillanyoszlop, hogy a sugarak egy részét felfogja. A galvanométer tüje azonnal oldalt repül; a légüres téren áthaladott sugarak hatottak reá.

298. Mivel közlődik hát a hűlő golyó mozgása, ha nem a levegővel? Jobb lesz, ha apró léptekben közeledünk a kérdés megoldásához. Az emberek nagyot haladtak a tudományban, midőn az iránt tiszta belátásra jutottak, hogy mi módon terjed a hang a levegőben. Nevezetes volt különösen az a kisérlet, melylyel Hauksbee 1705-ben a Royal Society előtt megmutatta, hogy légüres térben a hang nem terjedhet. A hangbeli rezgéseknek a levegőben való terjedését szeretném most önöknek bebizonyitani. E harang felfelé van fordítva szájával, s oda van erősítve egy állványhoz. Hegedűvonóval meghúzom a harang szélét, hallják a zöngését; a

harang rezeg, s ha homokot hintek lapos fenekére, e homok rendes idommá sorakozik, vagy ha vízzel töltöm meg, szép fodrok képződnek a víz felületén. E fodrok azt mutatják, hogy a harang midőn zeneg, négy rezgő részre oszlik s hogy a rezgő részeket nyugvó vonalak választják el egymástól. E finom papirlevelet szorosan kifeszítettem egy karikára; könnyen betörhető dob lett belőle. Ha a rezgő harang fölé tartom, de úgy, hogy ne érintkezzék vele, meghallják a papiros remegését. Még kissé lazán áll; tűzfelé tartván, erősebben kifeszítem s azután ismétlem az előbbi kisérletet. Most már nem hallják a remegést; helyette erős zenehangot hallanak, a harangéhoz csatlakozót. Alább bocsátván és fölebb emelvén vagy jobbra-balra mozgatván a papirhártyát, a hang — jól hallhatják — majd erősbödik, majd gyöngül. Itt van egy kisebb dob; függőleges helyzetében a harang körül vezetem; ha fél hüvelyknyire közeledik a haranghoz, valóságos bőgést lehet hallani. A harang mozgása átadódik a levegőnek, innen pedig a hártyának, s ez is zengő testté válik.



68-ik ábra.

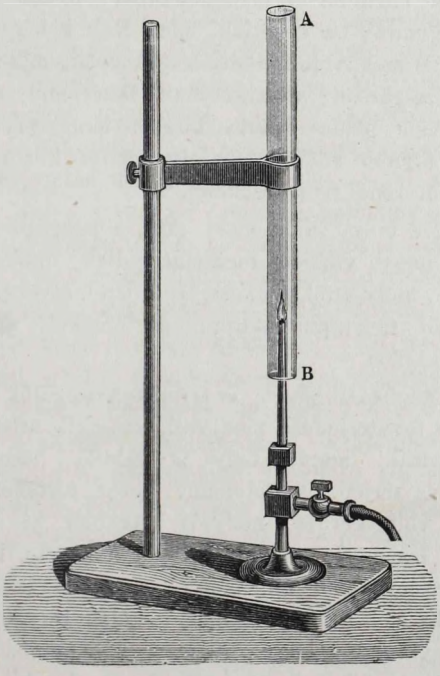
299. E két sárgarézlemez *A* és *B* (68. ábra) fémpálczával van összekötve. A lemezek barnára vannak bronzolva

s finom fehér homokkal behintve. A sárgarézpálczát megfogom a közepén bal kezem mutató- és hüvelykújjával s függőleges helyzetben tartom, jobb kezembe pedig porrátört gyantával behintett flanellt fogván, a pálczát hosszában végig dörzsölöm. A hangot hallják, de figyeljenek a homok magaviseletére. Egyetlen rántás arra indította, hogy csupa egyközepes körökbe sorakozzék. E köröket mindnyájan láthatják. Gyöngédebben dörzsölöm; tiszta, halk hangot hallanak s látják, hogy a remegő homok lassanként megint azokra a vonalakra mászik vissza, melyeket elébb alkotott. Most a körök az alsó lemez felületén oly élesen határolvák, mintha finom ecsettel rajzoltattak volna. Ugyanoly nemű, egyközepű köröket látnak a felső lemezen is. A pálczában eléidézett rezgések mind a két lemezzel közlődtek s mindeniket rezgő szakaszokra osztják szét. E szakaszokat nyugvó vonalak választják el egymástól, melyeken a homok veszteg marad.

300. Engedjék meg, hogy megmutassam, miként származnak odább a levegőben az alsó lemez rezgései. A padlón *D* papirosdob nyugszik; egyaránt van behintve sötét színűre festett homokkal. Állhatnék az asztalon, állhatnék a padlás tőszomszédságában, mindíg ugyanazt az eredményt látnók, melyet most fognak szemlélni. A lemezeket összekötő pálczát a papirosdob fölé tartva, a gyantás flanellel erősen megdörzsölöm a pálcza hosszát. Egyetlen rántás arra indította a homokot, hogy e hálóalakú mustrát alakítsa. Egészen hasonló eredményt idéz elé a hang a fül dobhártyáján; megrezdíti úgy, mint a papirosdobot; mozgása közlődik a halló idegekkel; innen az agyvelőbe jut s felébreszti bennünk a hang érzetét.

301. A hang mozgásának levegőben való tovább terjedésére még egy meglepőbb kisérlettel is szolgálhatok. E kis nyílásból gázáramot bocsátván ki, piczinke, karcsú lángra tehetünk szert, melyet a gázcsap forgatása által valami fél hüvelyknyire lecsökkenthetek. Bevezetem aztán a lángot e 12 hüvelyk hosszú *AB* üvegcsőbe (69. ábra) s most enged-

jék, hogy megszólítsam. Ha elég ügyes leszek, a helyes hangot eltalálni, a láng felelni fog; rögtön rákezd majd egy dallamos éneket s énekel mindaddig, míg a láng ég. A gázégetőt úgy teszem be a csőbe, hogy csak néhány hüvelyk-



69-ik ábra.

nyire legyen befödve. Ha a cső mélyebben állana, a láng önmagától megzendülne, mint az ismeretes chemiai harmonikában; a jelen elrendezés mellett azonban meg nem szólalhat addig, míg nem parancsolom. Most egy hangot éneklek; bocsánat, ha nem ütne ki zeneszerűen. A láng nem felel; nem a helyes nyelven szólítottam meg. Erre a kissé magasabb hangra azonban felszökken, s e nagy gyülekezet minden

tagja hallhatja énekét. Elhallgattatom énekét s messzebb megyek tőle. Most már, miután kitaláltam a neki való hangot, bizonyosan fog sikerülni a kisérlet, és 20 vagy 30 lábnyi távolságról énekre indíthatom a lángot. Háttal fordulok hozzá s úgy éneklem az előbbi hangot; látják, mily engedelmes hangomra; ha szólítják, felel. Egy kis gyakorlat kell csak hozzá: s megparancsolhatják a lángnak, mikor énekeljen és mikor hallgasson; a parancsnak feltétlenül engedelmeskedik. Meglepő példa ez arra, hogy a hangszerv rezgései a levegőn át tovább adódnak és oly testtel közlődnek, mely hatásuk iránt rendkívül érzékeny. *

302. De mire valók most ezek a hangtani kisérletek? csak arra, hogy világos fogalmat adjak önöknek a hőnél történtekről; hogy attól, a mi megtapintható, átvezessem önöket ahhoz, a mi megtapinthatatlan, az érzékek országából az elmélet országába.

303. Megismerkedvén a természetvizsgálók a hang keletkezése és tovaterjedése módjával, analogia útján némelyek azt gyanitották, hogy a fény is valami hasonló módon keletkezik és terjed. A tudomány egész történetében talán még nem volt kérdés, melyről nagyobb hévvel vitáztak volna. Sir Isaac Newtonnak az volt a nézete, hogy a fény parányi részecskékből áll, melyek a fénylő testekből kisugároznak. Ez volt a híres kiömlési elmélet. Huyghens, Newton kortársa úgy találta, hogy a részecskék e bombázása nagyon bajosan fogható fel, s hogy különben is alig hihető, hogy a részecskék, ha elképzelhetetlen sebességükkel kilökethetnének is a térbe, egymásközött még se zavarodjanak össze. E

* Nem tartozik ugyan tárgyunkhoz, de mivel e kisérlet iránt oly sokan érdeklődtek, az e fejezethez tartozó függelékben két rövid értekezést nyomattam le, melyekben e kisérlet terjedelmesebben le van irva. A lángok és a füstoszlopok hangra rendkívül érzékeny kémszerek. A vízsugár szintén igen érzékenynyé tehető. Hatásuk bőven le van irva Tyndall „On Sound“ czimü művének VI. előadásában.

híres tudós abban a nézetben volt, hogy a fényt a hangéhoz hasonló rezgések idézik elé. Euler támogatta Huyghenst s érveinek egyike, habár nem valódi physikai, oly sajátságos és oly különös, hogy méltónak tartom az ismétlésre. Különböző érzékeinkről elmélkedik s arról, hogy mikép hatnak reájok a külső benyomások. »A mi a szaglást illeti« mondja, »tudjuk, hogy anyagi részecskék idézik elé, melyek valamely illékony testből erednek. A hallásnál semmi sem válik el a zengő testből, s a tapintásnál magát a testet kell érintenünk. A távolság, melyből érzékeink a testeket észre veszik, a tapintásnál semmi, a szaglásnál csekély, a hallásnál jelentékeny, a látásnál pedig a legnagyobb. Nagyobb tehát a valószinűség a mellett, hogy a tovaterjedésnek ugyanazon neme áll a hangra és a fényre nézve, mint a mellett, hogy a fény ugyanazon módon terjed mint a szag. Nagyobb a valószinűség, hogy a fénylő testek magukviselete nem olyan mint az illékonyaké, hanem olyan mint a hangzóké.«

304. Newton tekintélye elnyomta e férfiak nézetét, s a hullámzás elmélete versenytársával, a kiömlés elméletével mindaddig nem is mérkőzhetett, mig egy lángeszű férfiú, ki e termekben működött, ismét elé nem vette e tárgyat. Dr. Thomas Youngot, ez intézetben a természettan hajdani tanárát, illeti a halhatatlan dicsőség, hogy ellene tudott szegülni a tekintély áramlatának s hogy biztos alapra tudta felépiteni a hullámzás elméletét. Nagy dolgok vitettek véghez e termekben, de ennél nagyobbak aligha. És Youngot a hangra vonatkozó vizsgálatai vezették a fényt illető következtetésekre. Ő is, mint mi e pillanatban, az ismeretesről az ismeretlenre lépett át, a megtapinthatóról a megtapinthatatlanra. Young óta e tárgyat sok lángeszű dolgozat gazdagitá és fejleszté, de az ő neve mellé csakis egy nevet akarok társitani — egy oly nevet, mely ha e kérdésről van szó, emlitetlenül nem maradhat, t. i. Augustin Fresnel nevét.

305. A fény, a jelenleg általánosan elfogadott elmélet szerint, a fénylő test részecskéinek rezgő mozgásában áll. De

hogyan közlődik e mozgás látó szervünkkel? A hang közege a levegő. A fény tüneményeinek a legfinomabb és a legdöntőbb kisérletekkel eszközölt vizsgálata azon következtetésre vitte a természetvizsgálókat, hogy a világtért végtelenül rugalmas anyag tölti be, melyben a fényrezzenetek haladnak. Szükséges, hogy e tárgyban tökéletesen tiszta fogalmaik legyenek. Az értelem nem ismer különbséget a nagy és a kicsiny között: mint értelmi cselekedet ép oly könnyen elképzelhető a rezgő atóm, mint a rezgő ágyúgolyó; és nem is nehezebb az *étert* elgondolni — így nevezik a tér betöltőjét — mint akár azt elképzelni, hogy a tér kocsonyával van betöltve. E dolgot tehát így képzeljék: a világító testek atómjai rezegnek s e rezgésöket közlik az éterrel, mely szintén megrezdül s hullámokban terjeszti odább a rezgéseket. E hullámok a szemfényen bejutnak, áthatolnak a szemgolyón s reá esnek a hátulfekvő reczehártyára. Ne feledjék el, hogy e művelet ép oly tárgyias és ép oly tisztán gépies, mint a hullámok ütődése a tengerparthoz. Az éter mozgása közlődik a reczehártyával, innen eljut a látó idegeken az agyvelőbe, hol az öntudatnak mint fény mutatja be magát.

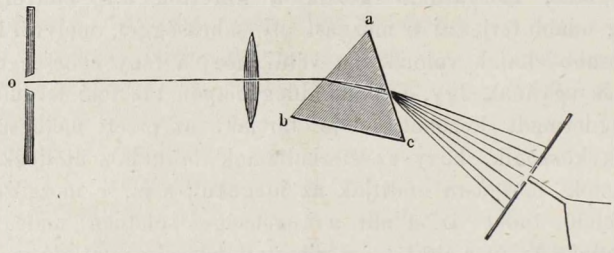
306. A fehérizzó szénkúpok képét, melyek a villanyos fényt szolgáltatják, reávetem az önökkel szemközt álló ernyőre. A csúcsok először egymáshoz illesztendők s azután választandók szét. Tessék megfigyelni a hatást. Fénylővé lesz először az érintkezés pontja, s látják, mint terjed aztán az izzás a szén hosszában lefelé egy bizonyos darabra. Tudják, hogy ez tényleg nem egyéb, mint mozgás odábbadása. Megszakítván a villanyáramot, a csúcsok rövid ideig még izzók maradnak. Fényök mindinkább hanyatlik; most már egészen sötétek. De megszűntek-e már sugározni? Korántsem. E pillanatban még bőven bocsátják a sugarakat, melyek ugyan nem képesek észrevehetően megindítani a látás idegeit, de az emberi test más idegeire még mindig hatnak. A természetvizsgáló, alanyi érzetekre való vonatko-

zás nélkül, szemléli a dolgokat; s ama sötét sugárzás az ő szeme előtt egynemű azzal, mely a fény benyomását idézi elé. E dolgot így kell képzelniök: a hevített test részecskéi mozognak, mozgásukat közlik a köröttök levő éterrel, ez pedig odább terjeszti e mozgást oly sebességgel, melyről legalaposabb okaink vannak azt vélni, hogy a fény sebességével egy és ugyanaz. Így, midőn hideg napon tűz felé fordulnak s megdermedt kezöket feléje tartják, az érzett melegséget annak köszönik, hogy az éterhullámok bőrükhöz ütődnek. E hullámok mozgásra indítják az idegeket, s az e mozgásnak megfelelő tudat az, a mit a közönséges életben melegnek nevezünk. Az éter által tovaterjesztett hőt vizsgálat alá venni: ez lesz a következő előadások faladata. Ez alakjában »sugárzó hő« a neve.

307. E tárgy kutatására van egy megbecsülhetetlen eszközünk: a hővillanyoszlop. Előlapja most lámpakorommal van bevonva, mely a sugárzó hőt hatalmasan szedi magába. A készüléket arczom elé tartom. Arczom sugárzó test; sugarai találják az oszlopot s villanyosságot gerjesztenek; a galvanométer tűje 90 fokig halad az egyik oldalon. Eltávolítván az oszlopot a hőforrástól, s a tűt nyugalomba engedvén jönni; egy darab jeget teszek az oszlop elé. Látják, hogy a tű az ellenkező oldal felé hajlik, mintha hideg sugarak találták volna a készüléket. De ez esetben az oszlop a meleg test; ez sugározza ki melegét a jég felé. Az oszlop felülete lehűl s a tű 90 foknyira halad a hideg oldalán. Oszlopunk tehát nem csak a közvetetlen érintkezéssel közlött, hanem a sugárzó hő vizsgálatára is alkalmas. Egy fontos vizsgálatra azonnal fogjuk alkalmazni; t. i. azon kérdésben, miként van elosztva a melegítő erő a villanyfény szinképében.

308. Előbb e szinképet mutatom meg önöknek. Tiszta fehér fényből egy keskeny sugárnyaláb áthalad az O résen, (70-ik ábra) aztán e kétszer domború lencsén és az *abc* hasábon. A hasáb sík-lapokból van összerakva és szénkénegnek nevezett folyadékkal megtöltve. E folyadék ragyogóbb szinképet ad

mint az üveg, s azért a használatban czélszerűbb az üveghasábnál. A fehér sugár most szét van bontva alkotó színeire — vörös, narancs, sárga, zöld és kékre. A hosszú kék tért



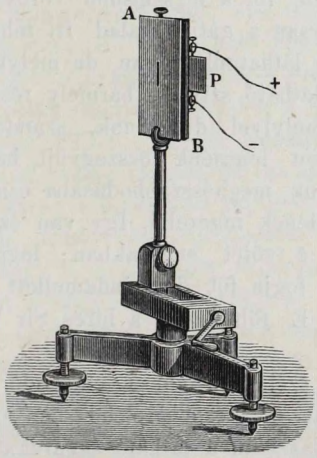
70-ik ábra.

közönségesen kék, indigó és violarészekre osztják. E színeken lassan átvezetek egy különös szerkezetü hővillanyoszlopot, megvizsgálandó a szinek melegitő erejét. E közben majd észlelni fogják az oszloppal kapcsolatos galvanométer tűjén a gyakorolt hatást.

309. A kisérletet e szép készülékkel teszszük meg (71. ábra) melyet Melloni tervezett s melyet Rumkorff a tőle megszokott ügyességgel készitett. Itt e nyélre erősítve egy kicsiszolt *AB* sárgarézlemezt látnak. A nyél vizszintes szánon áll, melyet csavar segélyével ide-oda lehet mozgatni. Ha az elefántcsontból készült forgatót egy irányban forgatjuk, a sárgarézlemez előre mozog, ha pedig ellenkező irányban forgatjuk, a lemez visszafelé megy; s e mozgás oly lassanként és oly szabatosan eszközölhető, hogy $^1/_{2000}$ hüvelyknél is csekélyebb lehet a távolság, melyre még biztosan és könnyen eltolhatom az ernyőt. Keskeny, függőleges rést látnak a lemezen s mögötte valami sötétet. Feketített előlapja ez a *P* hővillanyoszlopnak, melynél az elemek csak egy sorban állanak, nem pedig négyszögben, mint a másik készüléken. Úgy állitom, hogy a szinkép különböző részei e résre eshessenek. E közben mindenik rész annyi hőt közöl

az oszloppal, a mennyije van s e meleget jelezni fogja a galvanométer tűje.

310. Keskeny, de ragyogó szinkép esik most az *AB*



71-ik ábra.

lemezre; a rés azonban egészen a szinképen kívül van. Megindítván a forgatót, a rés lassanként a szinkép violavégéhez közeledik; most reá esik a fény, de a tű nem mozog észrevehetőleg. Az indigóban még szintén veszteg marad, a kékben sem mozdúl s szintoly kevéssé a zöldben. Már a sárga esik a résre, s talán önök is látják a tű megmozdulását, de az elhajlás igen csekély, habár a szinkép legvilágitóbb része hat az oszlopra. * Áttérek vele a narancsra, mely kevésbbé világít a sárgánál, észre veszik, hogy a hő növekszik, ámbár a fény csökken; a tű tovább halad. A vörösben, mely még a narancsnál is kevésbbé fénylő, legnagyobb mértékben nyilvánúl a látható szinkép melegítő ereje.

* A galvanométer, melylyel dolgozom, eléadásokra való nagy készülék.

311. De hisz a látszat szerint igen természetesnek is vélhetik, hogy az ilyen tüzes vörös szin a többinél jobban melegit. Tessék azonban jól figyelni. Az oszlopot egészen kiviszem a szinképből, túl a legszélsőbb vörösön is. A galvanométer tüje gyorsan a gátig szalad. Itt tehát hevitő szinkép van, melyet nem láthatunk ugyan, de melynek hőhatása sokkal nagyobb a látható szinkép bármely részénél. A villanyfény ugyanis, melylyel dolgozunk, számtalan sok sugarat lövell ki, melyeket lencsénk összegyüjt, hasábunk megtör s melyek szinképünk meghosszabbodásába esnek, de melyek a látószervet képtelenek ingerelni. Igy van ez a napfényben is. A nap gazdag e sötét sugarakban; legnagyobb részöket ugyan a légkör fogja fel, de mindamellett nagy sokaságban érnek hozzánk. E fölfedezést a hires Sir William Herschelnek köszönjük.

312. Jelen czélunkra ennyi elegendő. A villanylámpa vegyes sugárzását egy későbbi előadásban szándékozom megszitálni, különválasztván a látható sugarakat a láthatatlanoktól, s majd ez alkalommal be is fogom mutatni a sötét sugárzásra vonatkozó legújabb felfedezéseket.

313. A látható szinkép tehát a sugárzó hatásnak csak egy bizonyos, meghatározott részét ábrázolja. E részen belől a sugarak oly viszonyban állanak szervezetünkhöz, hogy a fény érzetét idézik elé. A látható részen túl is van sugárzás, és pedig *mind a két oldalon*; ezek a sötét sugarak. Azok, melyek a vörösön túl esnek, hőt képesek gerjeszteni, míg amazok, melyek a violán túl esnek, chemiai hatást képesek eléidézni *. Ez utóbbi sugarak láthatókká tehetők: szabatosabban szólva, azon rezgések vagy hullámok, melyek most a violán túl esnek az ernyőre, mindamellett, hogy a látás érzetét képtelenek eléidézni, kényszeritethetők, hogy más testre esvén s mozgásukat vele közölvén, a violán túl fekvő, sötét tért fényes, megvilágitott térré változtassák. Az e kisér-

* Lásd a mű végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

lethez való eszközök már elő vannak itt készítve. Fehér papirosszalag szolgál erre, melynek alsó fele kénsavas chininoldattal van megmosva, felső fele pedig természetes állapotában hagyva. Ha a papirost úgy tartom, hogy a praeparált, és a természetes állapotban maradt két fél határvonala vízszintesen áll, úgy e vonal két egyenlő részre osztja a színképet; a felső rész változatlan marad, s ezzel összehasonlíthatják majd az alsót, melyen a színképet meghosszabbodva fogják láthatni. Ime látják a hatást. Nehány hüvelyk széles, pompásan fluorizáló szalag támadt, hol az imént még minden sötét volt. Eltávolítván a praeparált papirost, a fény is eltűnik, ha visszahelyezem, ismét elétör s a lehető legszemlélhetőbb módon mutatja, hogy a közönséges színkép látható határai korántsem határai a sugárzó hatásnak. E kénsavas chininoldatba bemártok egy ecsetet s a papiros felé frecsesentem; a hova az oldat csöppen, ott elétör a fény. Hogy a violán túl sötét sugarak vannak, az már régóta ismeretes. Thomas Young ismerte, experimentált velök, de a tárgy tökéletes ismeretét Stokes tanár kitűnő vizsgálatainak köszönjük. Ő tette eme sugarakat a fenn leírt módon láthatókká.

314. Hogyan képzeljük tehát a sugarakat: a láthatókat és láthatatlanokat, melyek az ernyőn e nagy tért betöltik? Miért láthatók közülök némelyek, s mások miért nem? Miért különböznek a láthatók szinek által? Van-e valami az éter hullámzásaiban, a minek, mint physikai oknak, a szinezetet tulajdonítani lehet? Jegyezzék meg először azt, hogy a hasáb az egész fehér sugarat félre tereli, azaz megtöri; de a viola jobban el van oldalvást terelve, mint az indigó, az indigó jobban mint a kék, a kék jobban mint a zöld, a zöld jobban mint a sárga, a sárga jobban mint a narancs, s a narancs jobban mint a vörös. A szinek törelme különböző, s ezokból választhatók el egymástól. A törelem egy bizonyos fokozatához egy bizonyos szin tartozik, és más nem. De miért kell az egy bizonyos törelmű fénynek a vörös érzetét keltenie s a

más törelműnek a zöld érzetét? E kérdés arra vezet minket, hogy pontosabb vizsgálat alá vegyük ez érzetek okát.

315. Lényeges segitségünkre lesz ebben nehány, a hangtan körébe tartozó tünemény taglalása. Gondoljanak elméjökben egy ide-oda rezgő hárfahúrt; előbbre haladva összébb tolja az előtte levő levegőrészecskéket s ekként a levegő *sűrűdését* idézi elé. Visszafelé menvén, a mögötte lévő részecskék ismét szertébb állanak s ekként a levegő *ritkulását* idézi elé. A húr ismét előre halad és sűrűdést idéz elé, mint elébb; visszamegy és ritkulást idéz elé. Ekként a levegő, mely a húr hangját tovább viszi, sűritett és ritkitott részletek szabályos sorozatává idomúl. E sűrűdések és ritkulások tovaterjedésének sebessége másodperczenként körülbelül 1100 láb.

316. A sűritett és ritkitott részlet együttvéve alkotja azt, a mit egy hanglöketnek vagy *hanghullámnak* neveznek. A hullám hossza az a távolság, mely egy sűritett rész középpontja és a legközelebbi sűritett rész középpontja közé esik. Mennél gyorsabban rezeg a húr, annál gyorsabban követik egymást a löketek s annál csekélyebb minden egyes hullám hossza. E különbségektől függ a hang *magassága* a zenében. Ha a hegedűs magasabb hangot kiván eléidézni, reá tévén újját, megrövidíti a húrt s ezzel növeli a rezgés gyorsaságát. Ha a pont, melyet lefog, épen *felezi* a húrt, *oktávját* kapja azon hangnak, melyet a húr ad, ha mint egész rezeg. Fiúkat választanak az énekkarba a magasabb, férfiakat a mélyebb hangok számára, mert a fiu hangszervei gyorsabban rezegnek mint a férfi hangszervei. A szúnyog dongása magasabb a cserebogárénál, mert a kisebb rovar nagyobb számú löketeket indíthat másodperczenként a fül felé.

317. Ezek után most már meg van nyitva az ösvény a szin physikai okának tökéletes megértéséhez. E színkép ugyanaz a szemnek, a mi a zenei skála a fülnek; különböző szinei a különböző magasságú hangokat ábrázolják. Azon rezgések, melyek a vörös érzetét idézik elé, lassúbbak s az éterhullámok, melyeket létrehoz, hosszabbak azoknál, melyek

a viola érzetét idézik elé; a többi szineket pedig oly hullámok hozzák létre, melyeknek hossza e két határ közé esik. A hang hullámainak hossza, úgy mint a fény hullámaié, valamint a löketek száma, melyeket e hullámok a fülnek vagy a szemnek juttatnak, pontosan meg van határozva. Tegyünk egy egyszerű számítást. A fény sebessége a téren át, másodperczenként 192,000 angol mértföld, ami annyi mint 12,165,120,000 hüvelyk. Minthogy pedig a kisérletekből az derült ki, hogy egymásmellé rakva a vörös fénynek 39,000 hulláma férne el egy hüvelyken; szorozzuk 192,000 mértföldben foglalt hüvelykek számát 39,000-rel, úgy megtudjuk, hogy a vörös fénynek hány hulláma fér el 192,000 mértföldön. Ez annyi mint 474,439,680,000,000. E hullámok mind egyetlen egy másodperez alatt lépnek a szembe. E majdnem hihetetlen nagy számú hullámok által kell a reczehártyának találtatnia, hogy a vörös érzete idéztessék elé az agyvelőben. Hogy pedig a viola érzete idéztessék elé, még sokkal nagyobbnak kell lennie a löketek számának. A violafény hullámaiból 57,500 megy egy hüvelykre, s így 699 billió lökés szükséges másodperczenként e szín érzetének létesítésére. A szinkép többi szineinek magassága, mint már említettük, a vöröstől a violáig fokozatosan emelkedik.

318. A violarészen túl oly sugarak vannak, melyek magasabbak, a vörösön túliak pedig csekélyebb magasságúak, hogysem láthatók lennének. A fény tüneményei e tekintetben is megfelelnek a hang tüneményeinek. Ha ellenmondást nem foglalna magában, mondhatnók, hogy vannak oly hangok, melyek magasabbak, és olyanok, melyek mélyebbek, hogysem hallhatók legyenek. Szabatosan szólva, vannak hullámok, melyeket rezgő testek a levegőben tovaindítanak s melyek mindamellett, hogy szabályosan ismétlődve ütik a fület, a hang érzetét még sem képesek fölgerjeszteni. Meglehet, hogy a rovarok hallanak hangokat, melyek egészen elkerülik a mi észrevételünket; sőt magoknál az emberi lényeknél is meg van az, hogy ugyanazt a hangot az egyik fülszaggatónak találja, a

másik épen nem hallja. Látásunk és hallásunk érzéke csak egy bizonyos területre szorítkozik a fény és a hang észrevétele közben; s e terület határain túl, akár jobbra, akár balra, ha a tárgyias ok valóban megvan is, idegeink általa nem ingereltetnek.

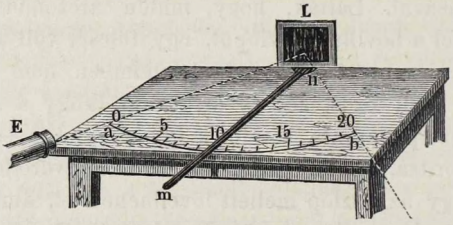
319. Ha tehát e vörösizzó rézgolyót önök elé teszem s megfigyelik fénye tűnését, tökéletesen tiszta fogalmuk lesz arról, a mi itt történik. A golyó atómjai rezegnek, de ellenálló közegben rezegnek, mely elszedi mozgásukat s minden irányban, hihetetlen gyorsasággal tovább terjeszti. Azok a rezgések, melyek fényt képesek létesíteni, már elfogytak; a golyó egészen sötét, de atómjai még mindig rezegnek, az éter pedig minden oldalról felfogja rezgésöket s tovaterjeszti. A golyó hűl, a mint tömecsmozgásából veszít, de semmiféle hütés, melynek tényleg alá lehetne vetve, sem volna képes egészen megfosztani mozgásától. Azaz: valamennyi test hőt sugároz, bármilyen legyen is a hőmérséke. Az itt jelenlévők mindegyikének testéről hullámok indulnak ki, melyek közül nehány ép a hűlő golyót találja s pótolja veszített mozgásának egy részét. De a mozgás, melyet a golyó így nyer, sokkal csekélyebb annál, melyet átad, s e kettő közötti különbség a golyónak mozgásbeli vesztesége. Míg ezen állapot tart, addig a golyó hőmérséke folytonosan csökken s csökken mindaddig, míg a hőmennyiség, melyet átad, egyenlő nem lesz azzal, melyet felvesz. Ennek beálltával állandó a hőmérséke. Így önök és valamely test között, mely előtt állanak s melynek hőmérséke egyenlő az önökével, folytonos a sugárcsere, habár nincs tudatuk arról, hogy hőt vesznek fel. Minden tömegnek valamennyi, felületbeli atómja kiküldi a maga hullámait, melyek keresztül hatolnak a velök ellenkező irányban mozgókon; s minden egyes hullám megtartja a maga egyediségét a többi hullámok szövevényében. Ha az átvett mozgás összege nagyobb mint az átadotté, megmelegedés a következmény; ha pedig az átadott mozgás összege nagyobb mint

az átvetté, akkor hűlés áll be. Ebben áll — a hullámelmélet nyelvén szólva — a Prevostféle „kicserélődés elmélete.“

320. Foglalkozzunk most egy darab ideig a fény és a sugárzó hő visszaverődése között levő analogiának kisérleti megállapításával. Látták, hogy, midőn arczommal szemben állítottam fel a hővillanyoszlopot, egy tölcsér volt az oszlophoz oda erősítve, melyet előbbi kisérleteimben nem használtam. E tölcsér belül ezüstözött s arra való, hogy a sugarakat a hővillanyoszlop lapjára terelje s igy a gyönge sugárzás hatását szaporitsa. Teszi pedig ezt a visszaverődés által. A helyett, hogy az oszlop mellett lövellnének el, amint sok közülök tenné, ha a visszaverő el volna távolitva, a sugarak az ezüstözött felületet érik s onnan az oszlop felé verődnek. A hatás szaporodását igy lehet megmutatni. Az oszlopot, visszaverője nélkül, ide állitom az asztal végére, s négy vagy öt lábnyi távolságra a forró, de nem vörösizző rézgolyót helyezem el. Mozgást a galvanométer tüjén bajosan vesznek észre. Most anélkül, hogy valamin változtatnék, a visszaverőt reá erősitem az oszlopra; ime, a tű azonnal 90 fokig halad s bebizonyitja, hogy a hatás szaporodott.

321. E visszaverődés törvénye tökéletesen azonos a fény visszaverődésének törvényével. Hadd forditsak nehány pillanatot e tárgy közelebbi vizsgálatára. Nézzék e látszólag szilárd, világító hengert, mely villanylámpánkból ered s útját oly világosan jelzi a sötétté tett szoba porán. Ha úgy intézkedem, hogy a sugár e tükörre essék, a tükör visszaveri s ennek következtében a sugár most a terem padlását éri. A vizszintes sugár itt a *bevetődő*, a függőleges pedig a *visszavert* sugár; s a fénynél — sokan tudják ezt önök közül — az a törvény, hogy a bevetődés szöge egyenlő a visszaverődés szögével. A bevetődő és a visszavert sugárnak egymással képezett szöge ez esetben 90 fokú, s ilyenkor a két sugár 45—45 fokú szöget képez a tükör felületére állitott merőleges vonallal.

322. Az asztalnak *E* (72. ábra) szögletére állítom a villanylámpát, az asztal mögé *L* tükröt, magára az asztalra pedig, a mint látják, egy nagy körív *ab* van rajzolva. A tü-



72-ik ábra.

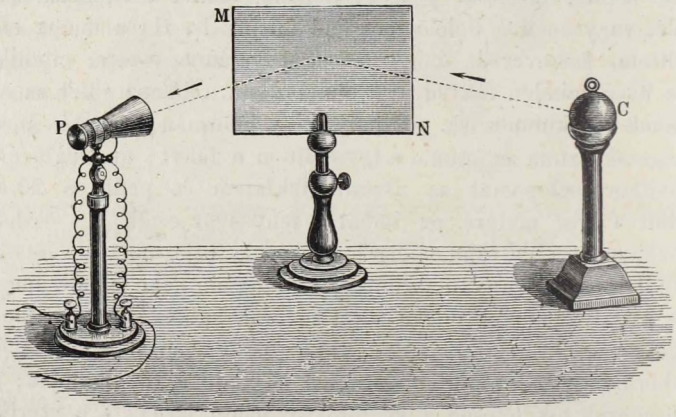
körre egy hosszú, egyenes lécz van erősítve, mely mutatóul fog szolgálni s egyúttal a tükör forgatására is, a mi lehetséges, mert a tükör karikákon nyugszik. A szemközt ülők láthatják, hogy a lécz egyenes vonalba esik a tükörben látható képével, tehát merőleges a tükör síkjára. Az ív a középvonaltól jobbra és balra tíz-tíz egyenlő részre van osztva, a jelzés *E* mellett kezdődvén zérussal s így haladván tovább az ív mentében a 20-al jelölt fokig. A léczet először úgy állítom, hogy a lámpából kiinduló sugár vonalában feküdjék. A sugár most a tükörre esik, merőlegesen találja s mint látják, bevetődése vonalában verődik vissza. Most az 1-esre fordítom a pálczát; íme látják, a visszavert sugár végig megy az asztalon s metszi a 2-est; a kettesre fordítom, a sugár a 4-en áll; hármasra fordítom, a sugár 6-on áll; ötösre fordítom, a sugár 10-en áll; a tizesre fordítom s a sugár most a 20-on áll. A bevetődő és a visszavert sugár között, középett foglalok állást; kinyujtom karjaimat; újjaim hegyével érintem a két sugarat: az egyik épen annyira fekszik a merőlegestől bal felé, mint a másik jobb felé. A bevetődés szöge egyenlő a visszaverődés szögével. Egyúttal azt is bebizonyítottuk, hogy a sugár kétakkora gyorsasággal mozog, mint a mutató. A

visszavert sugár szögsebessége — így szokták ezt kifejezni — kétakkora mint a sugarat visszaverő tüköré.

323. Azt már látták, hogy e fehérizző széncsúcsok bőven sugározzák a sötét sugarakat — tiszta hősugarakat, melyeknek nincs semmi világító erejök. Most meg akarom mutatni, hogy ezen, a lámpából kiinduló hősugarak tökéletesen a fénysugarak törvényeit követik. Itt van egy darab fekete üveg, oly fekete, hogy át nem látni rajta, bárha a villanylámpa felé, vagy épen a delelő nap felé tartjuk is. Ha a lámpa elé állítom, észreveszik, hogy a sugárnyaláb egyszerre eltűnik. Ez üveg minden fénysugarat elmetsz, de a lámpa sötét sugarainak — különösnek találhatják — jóformán átlátszó. Most megszakasztom az áramot s így eloltom a fényt; ez meglévén, hővillanyoszlopomat az asztalra fektetem és pedig a 20-al jelölt fokra, melyre az imént a fénysugár esett. Az oszlop közlekedik a galvanométerrel, melynek tűje most a zéruson áll. Újra meggyujtván a lámpát, fény ugyan nem jelenik meg, de a galvanométer tűje a sötét sugarak hatása következtében egészen a 90-ik fokig halad. Ha az oszlopot mostani állásából jobbra vagy balra eltolom, azonnal csökken a tű elhajlása; a hősugarak tökéletesen a világítók nyomain járnak s e szerint a bevetődés szöge náluk is egyenlő a visszaverődés szögével. Ha ismétlem a fénynyel elébb tett kisérleteket, s a mutatót egymásután 1, 2, 3, 4, 5 és i. t. jelölt fokra tolom, kitűnik, hogy a visszavert sugár szögsebessége a sugárzó hőnél is kétakkora mint a tüköré.

324. Ugyanezen törvényt követi a tűz melege. Ezen önlevél nem valami czifra visszaverő; de czélomnak megfelel. Az asztal végén áll a hővillanyoszlop, a másikon pedig az ón-visszaverő. A galvanométer tűje most a zérusra mutat. Úgy fordítom a visszaverőt, hogy a reá eső hő az oszlop felé legyen kénytelen sugározni. Ime, a hő most találja a készüléket: a tű azonnal jelzi megérkezését. Tessék megfigyelni a tűz, a visszaverő és az oszlop állását; látják, hogy a bevetődés szöge egyenlő a visszaverődés szögével.

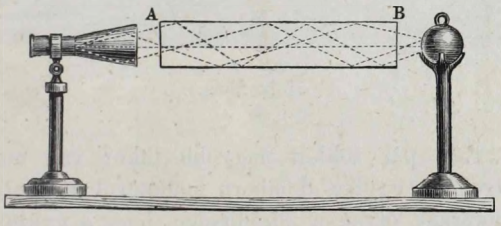
325. E kisérleteknél azonban a hő fénynyel van, vagy volt kapcsolatban. Hadd mutassam meg, hogy ama törvény oly sugaraknál is helyt áll, melyek valóban sötét testekből áramlanak ki. Itt van e sötétvörös izzásig hevített *C* (73. ábra) rézgolyó; ha pillanatra vízbe mártjuk, fénye tökéletesen elalszik, de a golyó még meleg marad és sugárzó hőt még



73-ik ábra.

mindig bocsát ki. Felteszem e gyertyatartóra, hogy alá legyen támasztva. *P* oszlopom tölcséres visszaverőjét *C*-től elfordítván, az oszlopot úgy állítom, hogy közvetetlenül a golyónak egyetlen egy sugara se érhesse. A tű a zéruson marad. *MN* ónlevelet úgy állítom, hogy felületének egyik pontjától a golyóhoz vont vonal ugyan oly szöget képezzen az ónvisszaverő síkjára bocsátott merőlegessel, a milyet ezzel az oszloptól ugyanazon ponthoz vont vonal képez. A kúpos visszaverő tengelye ez utóbbi vonalban fekszik. A golyó sugarai, úgy a mint a törvény kívánja, visszapattannak a visszaverő felületéről és az oszlopot érik; látják a tűnek erre bekövetkezett gyors mozgását.

326. A golyónkból kiáramló hősugarak egyenes vonalokban haladnak át a téren, úgy, mint a fénysugarak; s erősségük e közben ugyanazon törvény szerint fogy, mint a fény erőssége. Igy e golyó, mely az oszlop tőszomszédságában 90 fokra hajtja a galvanométer tűjét, 4 láb és 6 hüvelyknyi távolságban alig mutat észrevehető hatást. Sugarai minden oldal felé szétszóródnak s csak kevés éri el közülök az oszlopot. Most azonban e 4 láb hosszú óncsövet (74. ábra *AB*) állítom be a golyó és az oszlop közé. A cső belül fényesre van csiszolva, tehát alkalmas a visszaverésre; s azon sugarak, melyek ferdén találják felületét, egyik oldalról a másikra veretnek vissza s így jutnak az oszlophoz. Látják a hatást:

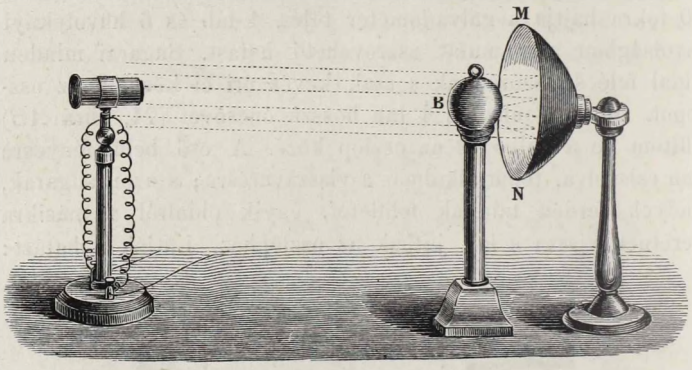


74-ik ábra.

a tű, mely az imént nem mutatott észrevehető hatást, most gyorsan halad egészen a gátakig.

327. Eleget időztünk már a sugárzó hőnek *sík felületekről* való visszaverődésénél; forduljunk egy pillanatra a görbe felületeknél történő visszaverődéshez. E homorú (*MN* 75-ik ábra) tükör ezüstözött rézből készült. A meleg *B* rézgolyót 18 hüvelyknyi távolságban állítom fel az oszloptól, melyről a kúpos visszaverő le van véve; a tűn aligha vesznek észre mozgást. Az *MN* visszaverő tükör alkalmas állásban, egy gyertya mögé téve, a gyertya sugarait összegyűjtené s fényhenger alakjában verné vissza. Igy gyűjti most össze s így veri vissza a *B* golyó által kibocsátott hősugarakat. Ter-

mészetes, hogy e sötét hősugarak nyomait nem láthatják úgy, mint a világítókéit, de a galvanométer elárulja hatásukat; íme, a készülék tűje 90 fokra siet.

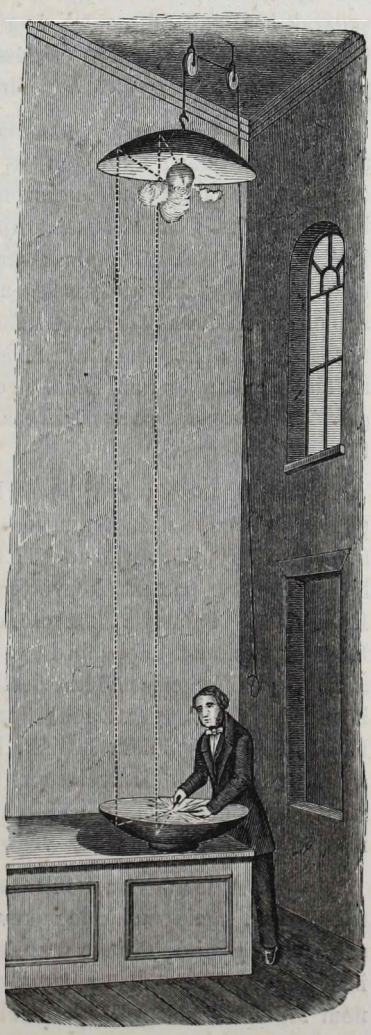


75-ik ábra.

328. Egy pár sokkal nagyobb tükör van most önök előtt, melyeknek egyike domború felületével az asztalon fekszik. E tükörnek olyan a görbültsége, hogy a gyujtópontjába tett világító tárgynak szétágazóan reá eső sugarait egyközüen veri vissza fölfelé. Megteszem e kisérletet: a villanyfényes széncsúcsokat beállitom a gyujtópontba; együvé hozom s azután kissé eltávolitom egymástól; a villanyfény ráesik a tükörre, a tükör pedig a teremnek megvilágitott pora által jelzett függőleges, ragyogó hengert vet fölfelé. Ha e kisérletet megfordítanók s egyközű sugárnyalábot vezetnénk a tükörre, a tükör visszaverné a nyaláb sugarait és gyujtópontjába terelné azokat össze. Ezt is megtehetjük a padlásra függesztett tükör segélyével. Ha e függő tükröt felhuzzuk úgy, hogy 20 vagy 25 láb magasan álljon az asztal fölött, akkor az imént a padlásra esett sugarakat felfogja. A felső tükör gyujtópontjában darabka olajozott papiros függ, hogy láthassák: mint gyülnek össze a sugarak a gyujtópontban. Észreveszik, mily

élénken meg van most a darabka papiros világítva; nem az alulról jövő, közvetetlen sugarak világítják meg, hanem azok, melyeket a tükör visszavert s összegyűjtött.

329. Valószinűleg sokan ismerik önök közül a fénynek rendkivüli hatását a chlór- és hydrogénből álló keverékre. E hatást egy új módon akarom megmutatni. Ez átlátszó kollodiumgömbben ily gázkeverék van. Lebocsátván a felső tükröt, a gömböt egy a tükörre erősitett horogra akasztom, úgy, hogy most a gyujtópontban lebeg. A tükröt (76. ábra) ismét felhuzzuk egészen a padlásig, s a széncsúcsokat, úgy, mint elébb, beállitom az alsó tükör gyujtópontjába. A mint a csúcsokat szélyeltolom, abban a pillanatban felrobbannak a gázok. Ne feledjék, hogy ez a *fény* hatása. A kollodium gyulékony anyag, s ebből azt következtethetnék, hogy a széncsúcsok *melege* gyujtotta meg a kollodiumot s hogy



76-ik ábra.

ez viszont meggyujtotta a gázokat. De íme lássák; míg beszélek, a gömb egyes rongyai hullnak le az asztalra. A világító sugarak hatástalanul mentek át a gömbön s robbanásra indították a gázokat; a gázok elégéséből eredő chlorhydrogénsav pedig megóvta a gyulékony burkot az elégéstől.

330. A tükröt ismét lebocsátom s más gömböt függesztek a gyujtópontjába; hydrogén és oxygénből álló keverék van benne. E keverékre a fénynek nincs észrevehető hatása. Felhuzván a tükröt, az alsónak gyujtópontjába befektetem e vörös izzó rézgolyót. A tükör visszaveri s összegyüjti a hősugarakat, úgy, mint az előbbi kisérletben a világítókat. De a hősugarak a burokra hatnak, melyet szándékosan befeketitettem, hogy felfoghassa a hősugarakat. A hatás nem oly rögtönös, mint az előbbi volt; de íme, most megtörtént a robbanás, s a golyónak nyomait sem látják; a gyulékony anyag tökéletesen föl van emésztve.

331. A felső tükröt ismét lebocsátom s forró vízzel telt palaczkot függesztek a gyujtópontjába. A hővillanyoszlop az alsó tükör gyujtópontjában áll; felső lapját felfelé fordítottam, hogy a meleg palaczk közvetetlen kisugárzásának tegyem ki. Észrevehető hatást a közvetetlen sugarak elé nem idéznek. Most az oszlopot lefelé fordítom felső lapjával. Ha már most a hő és a fény egyenlően viselik magukat, úgy a palaczk hősugarainak, melyek a tükröt találják, e tükör gyujtópontjában kell összegyülniök. Látják, hogy ez csakugyan úgy van; a tű, melyet a közvetetlen sugarak észrevehetőleg meg sem mozdítottak, most egészen a gátakig csap. Az elhajlás iránya világos; a tű vörös vége önök felé mozog.

332. A forró vízzel telt palaczk helyére más palaczkot függesztek, melyben hideg keverék van. Ha oszlopomat az alsó tükör gyujtópontjába fektetem, s ha az oszlop felső lapja ismét egyenesen a felső palaczk felé fordul, észrevehető hatás nem fog mutatkozni. De ha lefelé fordítom, akkor a tű mozog. Figyeljék meg a mozgás irányát; a vörös vég felém hajlik.

333. Nem úgy tűnik-e a dolog elé, mintha a felső gyujtópontban függő test hideg sugarakat bocsátana ki, melyeket az alsó tükör összegyüjt épen úgy, mint előbbi kisérletünkben a hősugarakat gyüjtötte össze. A tények tökéletesen megegyeznek egymással s úgy látszik, hogy ép úgy jogunkban áll e kisérletből azt a következtetést vonnunk: miszerint vannak hideg sugarak is, melyek összegyűjthetők, valamint az előbb a hősugarak létére és összegyüjtésére következtettünk. De a tulajdonképi tényállást, sokan önök közül, bizonyára már felfogták. Az oszlop meleg test; azon hőt, melyet a kisugárzásnál veszített, a felső, forró palaczktól nyert hőmennyiség, az előbbi kisérletben, nemcsak kiegyenlítette, de felül is multa. Most ellenkezőleg áll a dolog; azon hőmennyiség, melyet az oszlop kisugároz, túlnyomó ahhoz képest, melyet nyer s ennek következtében meghűl. A csere reá nézve nem előnyös; hőbeli vesztesége csak részben van visszapótolva, ennek pedig szükségképi következménye a galvanométer tűjének a hideget jelző elhajlása.

FÜGGELÉK A VIII. FEJEZETHEZ.

A csövekben égő gázok hangjáról *.

Nicholson Journal-jának 1802. évi első kötetében olvasható, hogy azon hangokat, melyeket a hydrogénnek csövekben való elégetése hoz létre, legelőször Olaszországban idézték elé. Dr. Higgings ugyanott megmutatja, hogy ő e hangokat 1777-ben fedezte fel, azt figyelvén meg, miként képződik a vizgőz üvegedényben, karcsú hydrogénáram lassú elégetése által. Chladni említi „Akustik"-jában, — 1802, 74. l. — hogy De Luc „Új eszmék a meteorologiá"-ról czimű művében beszél s magyarázatot is ad rólok, de helytelent. Chladni pedig megmutatta, hogy az ekként eléidézett hangok azonosak oly nyitott síp hangjával, melynek hossza egyenlő a lángot körülfogó cső hosszával. Sikerült is neki ugyanabban az egy csőben előállítani a cső hangjához az oktávát, egyszer pedig az oktáva quintjét. G. De la Rive a „Journal de Physique" 1802. évi folyamában megjelent értekezésében a vizgőznek váltakozó összehúzódására és tágulására vezeti vissza e hangokat, s ily módon igyekszik megmagyarázni keletkezésöket. Nézetét egy csomó igen szép és elmés kisérletre alapítja, melyeket hőmérői gömbökön hajtott végre. Faraday 1818-ban fogott e tárgyhoz ** s megmutatta, hogy e hangok eléidéztetnek akkor is, ha az üvegcsövet 100 C. foknál magasabb hőmérsékű lég környezi is. Hogy pedig nem a vizgőznek tulajdonitandók, ezt azon ténynyel bizonyitotta be, hogy szénoxyd elégése is idézhet elé ily hangokat. E hangokat Faraday egymásután következő robbanásoknak tulajdonitja, mely robbanásokat a kiáramló hydrogénsugárnak és a légkör oxygénjének időnkénti vegyülése okozza.

---

* Phil. Magaz. 1857. juliusi szám. John Tyndall, F. R. S.

** Journal of Science and the Arts vol. V, p. 271.

Hogy a hang magasságának a láng nagyságától való függését eddig észrevették volna, arról nincs tudomásom. E pontra akarom előbb a figyelmet irányítani.

Égő hydrogénsugarat 25 hüvelyk hosszú csővel borítottam le; az előidézett hang alaphangja volt a csőnek.

12½ hüvelyk hosszú csövet tévén ugyanazon láng fölé, a cső nem adott hangot.

A lángot a mennyire csak lehetett, kisebbítettem s leborítottam az utóbb említett csővel; tiszta dallamos hangot adott, oktávját annak, melyet a 25 hüvelyk hosszú csővel nyertem.

Ugyane lángot leborítottam a 25 hüvelyk hosszú csővel; most már nem alaphangját adta, hanem ugyanazt, melyet a félakkora hosszaságú cső adott.

Ebből azt látjuk, hogy a gyorsaság, melylyel a robbanások egymás után következnek, a cső hosszától függ ugyan, de ahhoz még a láng nagyságának is van beleszólása; a hangot előidézendő láng hosszának olyannak kell lennie, hogy vagy a csőnek mint egésznek, vagy a cső harmonikus részeinek rezgésével egyhangúlag robbanhasson. Egy 6' 9" hosszú csővel a hangoknak oly sorát kaptam, melyeknél a rezzenetszámok 1, 2, 3, 4, 5-nek viszonyában állottak. Elértem pedig ezen eredményt úgy, hogy változtattam a láng nagyságát s a lángot különböző mélységig merítettem a csőbe.

E kisérletek megmagyarázzák a hangoknak több előadó által említett szeszélyes természetét. Mindamellett mindig el lehet érni, hogy a hangok tiszták és lágyak legyenek, csak a lángot kell úgy szabályozni, hogy megfeleljen a cső hosszának. *

Faraday úr kisérletei óta e tárgyról tudtommal csak a legújabb időkben bocsátottak valamit a nyilvánosság elé. A Poggendorff-féle Annálok egyik utóbbi számában gróf Schaffgotsch érdekes kisérletet ir le, melyet Poggendorff tanár nehány megjegyzése tárgyává tesz. Hangot kapott közönséges világitógáz-áram elégetése által s azt találta, hogy a láng élénken izeg-mozog, mihelyt az ember a láng hangját énekli. Ezzel a láng izgése-mozgása annyira fokozható, hogy a láng el is alszik bele. Gr. Schaffgotsch nem irja le a feltételeket, melyek mellett a kisérlet sikerül, s épen e feltételek keresésében fáradozván, jutottam ama tények birtokába, melyek e rövid czikk legfőbb tárgyát alkotják. Megjegyzem még, hogy gr. Schaffgotsch eredményét biztosan

* Egy 14½" hosszú csővel és parányi gázsugárral hangot és ennek oktávját állítottam elé anélkül, hogy a gázmennyiséget megváltoztattam volna. A láng képes volt saját méreteit megváltoztatni, mind a két hanghoz alkalmazkodni.

megkapjuk, ha úgy intézkedünk, hogy a gáz elég nagy nyomás alatt álljon és igen szűk nyiláson ömöljék ki.

Az első kisérletekre csúcsba futó sárgaréz gázégetőt használtam, $10^1/_2$ hüvelyk hosszút, körülbelül $^1/_{20}$ hüvelyk átmérőjü felső nyilással; ha a szó a kellő hangot eltalálta, oly világos volt a csőben zengő gázláng ingadozása, hogy több száz egyén egyszerre láthatta.

A zengő lánghoz nehány lábnyira szirénát helyeztem el s a készülék hangját lassanként magasabbra emeltem. Midőn a láng s a sziréna hangja a teljes egyhanghoz közeledett, a láng elkezdett remegni, fel s alá szökdelni a csőben. Az egyes szökkenések közötti időközök mind nagyobbak lettek, mindaddig, mig a tökéletes egyhang be nem állott. Ekkor a mozgás egy pillanatra megszünt, de újra rákezdődött, midőn a sziréna hangja tovább emelkedett. A szökdelés mind gyorsabb és gyorsabb, végre oly gyors lett, hogy többé már nem lehetett megkülönböztetni.

E kisérlet mutatja, hogy a lángnak gr. Schaffgotsch által észrevett szökdelése azon h a n g l e b e g é s e k optikai kifejezése volt, melyek a tökéletes egyhang határán innen és túl mindig bekövetkeznek. Észre lehet venni, hogy e lebegések pontosan összeegyeznek a láng kinyúltával és összehúzódásával. E lebegések táján innen és túl a sziréna hangja nem idézett elé látható mozgást a lángban. Ami a szirénára nézve áll, áll az emberi hangra nézve is.

Mialatt igy ismételtem és módositottam e kisérleteket, egy izben legnagyobb meglepetésemre, azt vettem észre, hogy a csőben némán égő láng, amint szavammal a cső hangját csak véletlenségből eltaláltam — a láng egyszerre dallani kezdett. Újjamat a cső végére téve, elnémítottam a dallamot, s midőn ez után az előbbi kisérletet ismételtem, ugyanaz volt ismét az eredmény.

A szirénát úgy állítottam a láng mellé, mint előbb. A láng nyugodtan égett a csőben, de midőn a készülék legmélyebb hangjából kiindulva, azt mind magasabbra emeltem, abban a pillanatban, melyben a sziréna hangja a gázlángot körülfogó csőnek hangját érte el, hirtelen kinyúladt; megkezdte dallását s folytatta, midőn a sziréna már meg is szünt zöngeni.

A fenn leirt gázégetővel és 12″ hosszú, $^1/_2$—$^3/_4$″ belső átmérőjü csővel ezt az eredményt könnyen és biztosan el lehet érni. A csőhöz tartozó hangnál magasabb vagy mélyebb emberi hang nem idéz elé látható hatást; a szó hangmagasságának a hallható hanglebegések táján kell feküdnie.

Változtatván a cső hosszát, az eléidézett hangot is megváltoztatjuk, s e szerint kell szavunkat is módositanunk.

Hogy a láng remegése, melyről az imént szólottam, tökéletesen összeegyez a hanglebegésekkel, azt igen jól meg lehet mutatni oly villával, mely egyhangú a csővel. Ha a villát úgy terheljük, hogy ez által a lánggal való teljes egyhangjából kissé kizavarjuk, ez után megütjük és a láng közelébe hozzuk, ugyanazon időközökben látjuk a szökdelést, melyekben a hang lebegéseket halljuk. Ha pedig a hangvillát együtt zengő korsó vagy palaczk fölé tartjuk, ezer ember láthatja egyszerre a szökdelést és hallhatja a hanglebegéseket. Változtatván a villa terhét, vagy módosítván kissé a lángot, megváltoztatjuk a gyorsaságot, melylyel a lebegések egymást követik, de a szökkenés mindig ugyanabban a pillanatban éri a szemet, melyben a hanglebegés a fület.

A hangvillával ugyanazokat az eredményeket kaptam, mint az emberi szóval vagy a szirénával. Rezgő hangvillát neki megfelelő cső fölé tartván, az ebben levő néma gázláng azonnal megzendült. Sorban vettem a csöveket $10^1/_2$-től 29 hüvelyk hosszúságig — s mindig sikerrel. A következő kisérletet lehetne tenni: a skála hangjait eléidézni képes csövek sorban állanak és alkalmas gázlángokat borítanak; csönd uralkodik. Egy zenész 20 vagy 30 rőfnyi távolságban eljátszsza a skálát valamely erős hangszeren. Az egyes hangok szavára azonnal megszólalna a megfelelő csőben égő gázláng.

Meg kell azonban jegyeznem, hogy az általam használt lánggal, ha 11 vagy 12 hüvelyk a cső hossza, a kisérlet könnyen megtehető ugyan, de ha a csövek hosszabbak, már akkor bajosabb a lángot meggátolni abban, hogy önmagától, azaz külső indítás nélkül, is meg ne zendüljön.

A fő pont, melyre ügyelni kell, a következő. Hogy a láng, mondjuk 12 hüvelyk hosszú csőben, a legnagyobb erősséggel zönghessen, egy bizonyos, határozott állást kell elfoglalnia. Ha a csövet feljebb emeljük, úgy, hogy a láng kevésbbé nyúljék belé, csökkentjük a hang erősségét s végre oly *A* pontot érünk el, melyen a zöngés egészen megszünik. E pont körül, egy bizonyos távolságig nyugodtan és csöndesen fog a láng égni, a meddig tetszik; de megzendül, mihelyt szavunkkal felgerjesztjük.

Ha a láng igen közel van az *A* ponthoz s ha emberi szó vagy a hangvilla hangja felgerjeszti, egy ideig felelni fog, az után elhallgat. Ezen elhallgató pontnál kissé feljebb, ha nem gerjesztjük, nyugodtan ég; de ha zöngésre birtuk, tovább is zöng. Ilyen, a külső behatások iránt nem nagyon érzékeny lánggal, *képes voltam az eddig leírt hatást megfordítani* s a zöngést szavammal vagy a villával, tetszésem szerint elnémítani, és pedig a láng kioltása nélkül.

Azt találtam, hogy az ily lángot engedelmessé lehet tenni a parancs iránt; zöngött és elnémult, a mint a kisérlettevőnek tetszett.

A kéz összecsapása, felrobbanás, a lángot körülfogó csőnek rázása, a nem helyes hang éneklése — mindez eredménytelen, ha a berendezés jól el van találva. Kétséget nem szenved, hogy e megzavaró módok mindegyike érdekli a lángot, de a löketek nem sommázódnak úgy, mint midőn a cső hangja rezzenti meg. Úgy látszik, hogy a láng épen úgy, mint talán a dobhártya is, egyes lökések iránt süket; s hogy úgy, mint ennél, sommázódniok kell a löketeknek, hogy kellő mozgást létesítsenek. Ha két villa között csak fél hang a különbség, ez már elegendő, hogy az egyik zöngésre bírja a lángot, a másik pedig képtelen legyen e hatásra.

Azt mondottam, hogy szavunkat a lángot befogó cső hangjának magasságára kell emelni: helyesebben mondva, azon hangig, melyet a láng ad zengése közben. E hang valamivel mindig magasabb a lángot befogó cső hangjánál, s ennek így is kell lennie a rezgő légoszlop magasabb hőmérséke miatt. Valamely nyilt cső például, mely a föléje tartott villa hangját leginkább erősíti, e hangnál magasabbat ad, ha zengő lángot vesz körül. Jóval hosszabbnak kell a csőnek lennie, hogy az utóbbi hangot adhassa.

Mi már most a lángnak mivolta, mialatt zöng? Ez a legközelebbi kérdés, melyre röviden figyelmeztetni kivánok. Puszta szemmel nézvén a lángot, úgy látszik, hogy változatlan; de vajjon valóban változatlan-e? Ha felteszszük, hogy minden lökéssel a lángnak physikai változása jár, e változást a puszta szem nem vehetné észre, mert erre nagy a gyorsaság, melylyel a löketek egymás után következnek. Folytonosnak látszanék a láng fénye ugyanazon oknál fogva, melynél fogva a vízsugárnak megzavarodott része kapcsolatosnak látszik, pedig alkalmas eszközökkel be lehet bizonyitani, hogy a vízsugárnak e része különvált csöppekből áll. Ha a láng képét gyorsan végigmenesztjük a reczehártya különböző részein, az így lerajzolódott kép jellegében nyilvánúlni fognak a periodikus löketeket kisérő változások.

Vettem egy 3′ 2″ hosszú s körülbelül 1½″ belső átmérőjü csövet, s olajképző (közönséges gáz is megteszi) gáznak kis lángja fölé állítván, a csőnek alaphangját kaptam. Midőn fejemet ide-oda mozgattam, a láng egy csomó különböző képekre oszlott szét. A képeknek egymástól mért távolsága fejem mozgásának gyorsaságától függött. E kisérlet sötétté tett eléadó terembe való. 6′ 9″ hosszú csövet s nagyobb lángot alkalmazván, még könnyebb volt elérnem a képek elválását.

Elérjük ezen eredményt úgy is, ha szinházi látó csövet ide-oda mozgatunk a szemünk előtt.

Legkényelmesebben figyelhetjük meg mégis a lángot tükör segélyével; látható így, vagy magában a tükörben, vagy valamely ernyőre vetve.

Egy hüvelyk hosszú, közönséges gázláng elé 33 centiméter gyútávú lencsét állítottam, a láng mögé pedig papiros ernyőt függesztettem fel, mintegy 6 vagy 8 lábnyi távolságban. A lencse mögött kis tükör állott, hogy a lencsén átment fényt felfogja s visszavesse az ernyőre. Ha a lencse helyesen volt beállítva, a lángnak megfordított, éles képe jelent meg az ernyőn. Midőn a tükör mozgott, a kép félretolódott s ha eléggé gyors volt a tükör mozgása, úgy a kép, a reczehártyára gyakorolt benyomás tartósságánál fogva, szakadatlan fényszalagot rajzolt. A tükröt megállítottam s a lángot a 6' 9" hosszú csővel boritottam le. A láng abban a pillanatban, melyben zöngeni kezdett, megváltoztatta alakját, de képe ez után is élesen körvonalozva maradott az ernyőn. A tükör mozgása közben most már egészen más eredmény jött létre: szakadatlan fényszalag helyett a zengő láng külön-külön képeinek sora volt látható. E képeknek egymástól való távolsága a mozgás sebessége szerint változott; s természetes, hogy a visszaverő alkalmas forgatása mellett a képek gyűrűt képeztek. E kisérlet igen szép és sötét teremben nagy közönségnek is megmutatható.

Még következőképen módositottam e kisérletet: háromoldalú fahasábnak oldallapjait derékszögű tükörüveg-lemezekkel fedvén be, a hasábot egy szálra függesztettem fel úgy, hogy tengelye függélyesen állott lefelé. Sodorván a szálat, a hasáb forgásba került s mert úgy függött, hogy három oldala egymás után felfogta a lángból eredett és az előtte álló lencsén keresztül ment sugarakat: a képeket rávetette az ernyőre. E képek a mozgás kezdetén csak kissé voltak elválasztva, de mind jobban elváltak egymástól, a mint a gyorsaság a maga maximuma felé közeledett. Ezen túl ismét összébb kerültek s végül fényes csipke-fajtába olvadtak össze. A szál visszasodródásánál a hatásoknak ugyanazon sora állott be, csak a mozgás volt ellenkező irányú. E kisérleteknél a csőnek azon fele, mely az ernyő felé fordult, lámpakorommal volt bevonva; a gázláng sugarai tehát közvetetlenül nem érhették az ernyőt. *

---

* Midőn e kisérletek már meg voltak téve, Wheatstone úr a következő helyre volt szives figyelmeztetni, mely azt bebizonyítja, hogy, a zengő lángok megfigyelése kedvcéért, forgó tükröt ő már előbb használt: „hydrogén-gáz lángja, ha szabad levegőben ég, szakadatlan kört mutat a tükörben; de ha hangot ad valamely csőben, a fényerősségnek szabályos megszakadásait lehet észrevenni. E megszakadások láncz-forma külsejüek s a lángnak, a zengő légoszlop rezgésével lépést tartó, összehuzódását és kitágulását ábrázolják. (Phil. Trans. 1834, p. 586.)

De milyen a láng állapota két-két kép közötti időközben? A közönséges gáz, vagy az olajképző gáz lángja a benne izzó szénrészecskéknek köszöni fényét. Ha a fénylő gázláng felé fúvunk, hangot hallunk, valóságos kis robbanást; s az ilyen szuszszal eltünővé tehetjük a fényét. Viharos éjszakákon, a kirakatok mellett égő és szélnek kitett lángok gyakran elsötétülnek s kék lánggal égnek. Hasonlóképen megfoszthatja ragyogó fényétől az égő szengázt a közönséges forrasztócső. Ebből azt következtettem, hogy minden egyes robbanás beálltával, melynek ismédlődése adja a zenei hangot, oly tökéletessé vált az elégés, hogy a lángban lévő valamennyi szilárd szénrészecskét felemésztett. Azt is gyanítottam azonban, hogy az ernyőn levő képek, ha közelebbről megvizsgáltatnak, kékszínü közök által lesznek egybekapcsolva, melyek halványabbak, hogy sem a vetitéskor észrevehetők lennének. És sok esetben ez csakugyan igy is volt.

A következő eredményre azonban nem voltam elkészülve: olajképző gáznak lehetőleg kis lángja fölé 3' 2" hosszú csővet állitottam; zöngése közben a láng kinyúlt, fényének egy részét elvesztette, de ragyogó maradt egészen a csúcsáig; a mozgó tükörben gyöngysorhoz hasonló, gyönyörű fényvonal gyanánt tünt elé; minden gyöngy előtt kis, világító csillag állott, a csillag mögött pedig pompás kék fényü pont. E pont előtt és után, a mennyire a dolgot megitélhettem, tökéletesen sötét volt a tér a legközelebbi fényes csillagig. Ha ráérek, közelebbről meg fogom e tüneményt vizsgálni; de a mennyire a dolgot eddig megitélhetem, a láng csakugyan a zengő lökésekkel összhangzásban oltatott el és gyujtatott meg.

Ha néma, de emberi hanggal az imént leirt módon gerjeszthető láng csőben ég, s ha a mozgatott tükörben eléidézett, szakadatlan fényes vonalát szemléljük, e vonal abban a pillanatban, melyben szavunkat a kellő hang magasságáig emeltük, ragyogó gyöngyök sorára bomlik szét. Ez oly kisérlet, melynél csinosabbat nem ismerek. E kisérletnél meglehetős távolságban állhatunk a lángtól s hátat is fordithatunk neki.

Az is igen érdekes, ha megfigyeljük a változásokat, melyek a gyöngysoron akkor állanak be, mikor oly hangvillát tartunk a láng csöve fölé, mely hanglebegéseket adhat a lánggal. Lehet a hangvillát együttzengő palaczk felett is tartani s ezzel együtt a cső mellé állitani. Ezen eredmények részletesebb leirásába nem akarok bocsátkozni. Úgy hiszem eleget mondtam, hogy a kisérlet-tevőket e hatások ismétlésére inditsam, melyeket ha maguk szemlélhetnek, nagyobb lesz örömük annál, melyet leirásommal szerezhetnék nekik.

Hangtani kisérletek *.

(Gr. Schaffgotsch értekezésének fordítása.)

Mind a két végén nyitott üvegcső, ha szánkkal bele fúvunk gyöngén, de világosan adja alaphangját, azon legmélyebb hangot, mely neki, mint nyitott orgonasípnak megfelel. Ha nyilásainak egyikére tenyerünkkel ráütünk s kezünket hirtelen elrántjuk, egymás után két hangot ad, először a fedett orgonasíp alaphangját, utána pedig az imént említett — a nyitott orgonasíphoz való, egy oktávával magasabb hangot. Megmelegítvén a csővet, ezen alaphangok, melyek közül csak a magasabbról lesz szó, mint tudva van, magasabbak lesznek; ezt azonnal észre vehetjük, ha kivülről hevített, vagy benne égő gázláng által megmelegített csővet megfúvunk. 242 m. m. hosszú, 20 m. m. tágas cső, például, egész hosszában hevítve s megfúva, még a vörös izzás beállta előtt, nagy terczczel magasabbra emelt hangot ad, két vonásos gisz-t t. i. két vonásos *e* helyett. Ha oly gázláng ég a csőben, melynek hossza 14 m. m., alsó szélessége pedig 1 m. m., hangja két vonásos fisz-re emelkedik. Ugyane láng 273 m. m. hosszú, 21 m. m. tágas üvegcső hangját két vonásos *d*-ről két vonásos *e*-re emeli. E két, ez után röviden *E* csőnek és *D*-csőnek nevezendő cső szolgált a következő kisérletek közben. E kisérleteknek csak az a czéljuk, hogy egy ismeretes és legkevésbbé sem meglepő tény feltünő módon tétessék szemlélhetővé. A tény pedig ez: valamely csőnek légoszlopa zengő mozgásba kerül, ha kivüle megzendül a cső alaphangja, vagy az ehhez közel rokon hang, például az oktáva. A légoszlop rezgéseinek jelenlétét füstoszlop, gázáram és gázláng tette észrevehetővé.

1) Parázsló, füstölgő viaszgyertya a függőlegesen tartott *E*-cső alatt áll; a füst egyenletes fonal gyanánt vonul át a csővön. Ettől 1,5 méternyi távolságban valaki az egy vonásos *e*-t énekli. A füst fodrozódik s úgy látszik, hogy egy része a csőnek felső, más része pedig az alsó nyilásán röpittetik kifelé.

2) Két gázégető, közel egymáshoz, ugyanazon gázvezető csővel áll kapcsolatban. Mind a kettőnek 1—1 m. m. a nyilása, mind a kettőből gáz áramlik kifelé; az egyik alulról a *D*-csőnek mintegy ötöd részeig nyúlik be a csőbe, a másikon 3 m. m. magas gázláng ég. 1,5 m. távolságban egy vonásos *d*-t énekelnek; a gázlángocska azon-

---

* Poggendorff's Annalen 101. kötet, 471. lap, I-ső szakasz.

nal vastagabb és magasabb lesz, és következésképp növekszik a térfogata; a külső égetőből tehát ez alatt nagyobb gázmennyiség áramlik ki, s ez csak úgy magyarázható, hogy a cső belsejében lévő égetőből kiözönlő gázáram csökkentve van.

3) 1 m. m. nyilásu gázégető csúcsa alulról vagy 80 m. m.-nyire benyúlik a *D*-csőbe s 14 m. m. hosszú gázlángot táplál. 5,6 m. távolságban egy vonásos *e* énekeltetik ; a láng azonnal elalszik. Ugyanez áll be, ha a távolság 7 m., a láng magassága 10 m. m. s ha az énekelt hang vonásos d i s z.

4) Közelről a g i s z hang is eloltja az utóbb említett lángot. Tapsolás, széktolás, nyitott könyv becsapása s más ilyes zaj nem gyakorol efféle hatást.

5) 0,5 m. m. nyilásu gázégető csúcsa alulról 60 m. m.-nyire nyúlik be a *D*-csőbe s 3 m. m. egészen 3,5 m. m. átmérőjü gömbidomú gázlángocskát táplál. A gázcsapot lassanként fordítván, mind jobban korlátozzuk a gázkiömlést. A láng rögtön és pedig jóval kinyúlik s keskenyebbé válik, megközelíti a henger alakját, egészen kékre festődik, a csőben pedig éles, két vonásos *d* zendül meg; beállott a chemiai harmonikának nevezett, 80 év óta ismeretes tünemény. Még tovább fordítjuk a csapot, a hang még erősebb lesz, a láng hosszabb és keskenyebb — végre elalszik.

A kis gázlángra az énekelt vagy valamely hangszerrel eléidézett *d* vagy egy vonásos *d* és u. t. ép úgy hat, mint a gáz kiömlésének korlátozása. Megjegyzendő, hogy a láng annál érzékenyebb, mennél kisebb s mennél mélyebben nyúlik az üvegcsőbe.

6) A *D*-csőben égő láng 2 egészen 3 m. m. hosszú; 16,3 méternyi távolságban egy vonásos *d* énekeltetik. A láng azonnal felölti a szokatlan alakot, a csőben megzendül a két vonásos *d* s tovább is zeng.

7) Az előbbi kisérletbeli két vonásos *d* megzendül. Közelben erős hangon énekli valaki az egy vonásos *d*-t; a láng túlságosan kinyúlik és elalszik.

8) A láng csak 1,5 m. m. hosszú; egy vonásos *d*-t énekelnek. A láng csak pillanatra zendül meg két vonásos *d*-ben (néha talán magasabb *d*-ben is) és azonnal elalszik. Hatnak e lángra még valamely szabályozható ajaksípnak különböző *d*-i is, a harmoniumnak contra Dje, *D*je, *d*-je, egy vonásos és két vonásos *d*-je; e hatalmas hangszernek azonban egyetlen c i s z-e vagy d i s z-e sem hat. Az úgynevezett gyermekklarinét-nek három vonásos *d*-je is hat, de csak egészen közelről. Az énekelt hang is hat, ha belélegzés által keletkezett (ez esetben két vonásos *d*); vagy ha a száj el van a lángtól fordítva.

9) Egészen Közelről az énekelt *g* is hat.

A zajnak is van befolyása, de nem mindeniknek; néha a legerősebb és a legközelebbi sincs hatással; világos, hogy azért, mert a gerjesztő hangot nem foglalja magában.

10) A láng nyugodtan ég a *D*-csőben; hossza vagy 2,5 m. m. A mellék szobában, melynek nyitva az ajtaja, egy széknek mind a négy lábával egyszerre toppantunk a deszka-padlóra. Azonnal beáll a chemiai harmonika tüneménye. Természetes, hogy egészen kis láng csak pillanatig zöng; a székkel okozott zaj eloltja. A megütött tamburin is hat néha, de nem mindig.

11) A láng zengve ég a *D*-csőben; a csövet feljebb emeljük mind addig, a míg ezt úgy tehetjük, hogy a láng közönséges állapotába vissza ne essék. 1,5 m. távolságban éneklik az egy vonásos *d*-t, erősen és rögtönösen meg-megszakítva. A harmonika hangja elnémul, a láng nyugodt és el nem alszik.

12) Ugyanaz történik, ha tenyerünket a cső felső nyilása felett, annak tő szomszédságában legyezgetve mozgatjuk, s ekként hatást gyakorlunk a cső léghuzamára.

13) A *D*-csőben két gázégető áll szorosan egymás mellett; az egyik, melynek 0,5 m. m. a belső átmérője, nyilásával 5 m. m.-rel alább áll a másiknál, melynek 1 m. m. az átmérője. Gázáram ömlik mind a kettőből. Ezen áramok függetlenek egymástól, a szükebb égetőbeli egészen gyönge s meggyujtva körülbelül 1,5 m. m. hosszú, nappal alig látható lánggal ég. 3 m. távolságban éneklik az egy vonásos *d*-t. Az erős áram azonnal lángra kap, mert az alatta égő lángocska kinyúlik s éri a hegyével. Ha a hangnak erős a behatása, a kis láng elalszik, s a láng tényleg átmegy az egyik égetőről a másikra. A gyönge áram nem sokára ismét meg szokott a nagy lángon gyúlni; s ha ezt magát kioltjuk, minden kész a kisérlet ismétlésére.

14) Ugyanazt az eredményt adja a székkel való toppantás vagy más efféle zaj. Belátható, hogy zöngével vagy zajjal ily módon, tetszésünk szerint nagy gázlángokat hozhatunk létre s mindenféle más mechanikai hatásokat eszközölhetünk, feltéve, hogy súlyok által feszített szálat úgy húzunk a csövön át, hogy midőn a láng kinyúlik, a szálat meggyujtani kénytelen.

15) Meredten nézvén a chemiai harmonika lángjára s e közben gyorsan mozgatván fejünket jobbra és balra, szaggatott fénysávot látunk, a fénylő testek szakadatlan fényszalagja helyett. Különvált lángok állanak egymás mellett. Gyakran pedig fogazott és csipkézett idomokat látunk, kivált akkor, ha méterekre megy a csőnek, — és centiméterekre a láng hossza.

E kisérlet a szemnek mozgatása nélkül is nagyon könnyen sikerül, ha a lángot szinházi csövön át nézzük s a csőnek tárgylencséjét gyorsan ide-oda vagy körben mozgatjuk; épen úgy sikerül, ha a lángot hevesen rázott kézi tükörben szemléljük. Ez különben csak módosítása azon kisérletnek, melyet Wheatstone már régebben leirt és megmagyarázott s melyre óramű által forgatott tükör szolgált. *

---

* Bizonyára igazságom volt, hogy figyelmeztettem a közönséget ezen és az általam a nyilvánosság elé bocsátott értekezés hasonlóságára. Az értekezésemben leirt tényeket május 6-án és a következő napokon figyeltem meg, a feljebb előhozott eredményeket pedig Poggendorff tanár april 30-án közölte a berlini tudományos akadémiával. Schaffgotsch úr maga volt szíves, értekezését nekem Chamouni-ba átküldeni, több hétre saját értekezésem megjelenése után; s addig mit sem tudtam arról, hogy az e tárgyra vonatkozó kisérleteit folyta ta.

Dolgoztunk, függetlenül egymástól; a mennyiben azonban a leirt tünemények kettönk között közösek, az elsőbbségnek minden érdeme Schaffgotsch grófot illeti. J. T.

MAGY. AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

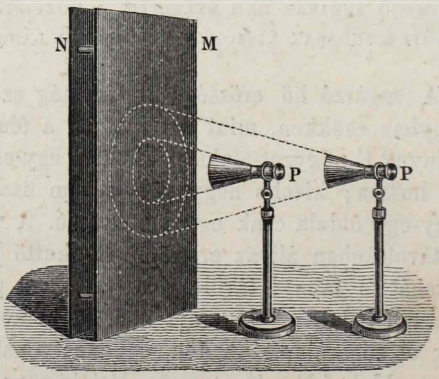
IX. FEJEZET.

A TÁVOLSÁG SZERINTI CSÖKKENÉS TÖRVÉNYE. — A HANGHULLÁMOK HOSSZREZGÉSÜEK, A FÉNYHULLÁMOK HARÁNTREZGÉSÜEK. — KÜLÖNBÖZŐ TESTEK TÖMECSEI, MIDŐN REZEGNEK, A MOZGÁSNAK KÜLÖNBÖZŐ MENNYISÉGÉT KÖZLIK AZ ÉTERREL. — SUGÁRZÁS: MOZGÁS KÖZLÉSE AZ ÉTERREL. — ELNYELÉS: MOZGÁS ÁTVÉTELE AZ ÉTERTŐL. — A JÓL SUGÁRZÓ FELÜLETEK JÓL IS NYELNEK. — SZOROSAN RÁFESZÜLŐ GYAPJU-TAKARÓ KÖNNYÍTI A HŰLÉST. — AZ ARANYLEVÉL VÉDŐ BEFOLYÁSA — A TESTEK ATÓMJAI BIZONYOS HULLÁMOKAT FELFOGNAK, MÁSOKAT ÁTBOCSÁTANAK. — ÁTLÁTSZÓSÁG ÉS HŐ-ÁTBOCSÁTÓSÁG — A HŐ-ÁTBOCSÁTÓ TESTEK GYÖNGÉN SUGÁRZANAK. — A SUGÁRZÓ HŐ „MINŐSÉGÉNEK" ÉRTELMEZÉSE. — AZ ELNYELETÉS NÉLKÜL ÁTMENŐ SUGARAK NEM MELEGÍTIK A KÖZEGET. — A VILÁGÍTÓ ÉS SÖTÉT SUGARAK VISZONYA KÜLÖNBÖZŐ LÁNGOKBAN.

334. A sugárzó hő erőssége a távolság szerint ugyanazon viszonyban csökken, mint a fény. Mi a fény csökkenésének törvénye? E négyzet-alakú papiroslap egy-egy oldalának két láb a hossza; kisebb négyzetté hajtom össze, olyanná, melynek egy-egy oldala csak egy láb hosszú. A villanylámpa 16 lábnyi távolságban áll az ernyőtől. E kettő között, épen középett, tehát 8 lábnyi távolságban tartom a papirosnégyzetet. A lámpa födetlen, kamrája nem fogja körül; lencsék nem terelik el sugarait; szabadon, egyenes vonalban iramodnak minden oldal felé. Az ernyőn látják a papirosnégyzet árnyékát. Megmérjük ezen árnyék határait; s kibontjuk a papirosnégyzetet, hogy ismét meg legyen az első nagy négyzetünk. A hajtásokon láthatják, hogy területe épen négyakkora, mint a kisebbé. Ha e nagy lapot az ernyőre tartom,

tökéletesen elfödi azon területet, melyet elébb a kisebbnek árnyéka foglalt el.

335. A fénynek bizonyos mennyisége esett tehát a kis négyzetre, midőn ez középett függött, a lámpa és az ernyő között; s ugyanazon fénymennyiség most már, mivel ama négyzet el van távolítva, az ernyőnek négyakkora területén oszlik szét. De ha ugyanaz a fénymennyiség négyakkora területen oszlik szét, ezzel szükségképen negyedrésznyire meggyérül elébbi erőssége. Negyedrésznyire csökkentjük tehát a fényerősséget, ha a fényforrástól mért távolságot megkétszerezzük. Egészen hasonló kisérlettel bebizonyíthatnók, hogy háromszorozván a távolságot, kilenczedrésznyire csökkentjük az erősséget; s hogy négyakkora távolság mellett az erősség csak tizenhatodrésze az elébbi erősségnek; szóval: bebizonyíthatjuk így azon törvényt, hogy a fény erőssége épen úgy csökken, a mint a távolság négyzete növekszik. Ez nem egyéb, mint ama híres törvénynek, a »visszás négyzetek törvényé«-nek alkalmazása a fényre.



77-ik ábra.

336. De én azt mondottam, hogy a hő is ugyanazon törvény szerint csökken. Figyeljék meg a kisérletet, melyet önöknek most kivánok mutatni. Itt van egy keskeny ónedény

MN (77-ik ábra), melynek egyik oldala egy négyzetrőfnyi területű; s látják, hogy lámpakorom lepi el az egész lapot. Az edény tele van forró vízzel; ennek következtében e nagy felület sugárzó hő forrásává lesz. A *p* hővillanyoszlopra felteszem a kúpos visszaverőt, de nem azért, hogy mint visszaverőt használjam, mert fekete papirosból készült s tökéletesen a falaihoz illő bélést tolok belé. Ez pedig a ferdén reá eshető hőt nem hogy visszaverné, sőt ellenkezőleg valamennyi ferde sugarat tökéletesen lefog. Az oszlop kapcsolatban van a galvanométerrel s visszaverője oly közel áll e nagy, sugárzó felülethez, hogy az oszlop felülete körülbelül 6 hüvelyknyi távolságban van tőle.

337. A galvanométer tűje mozog; most állandóan 60 fokra mutat s ott is fog maradni mindaddig, míg a sugárzó felület hőmérséke állandóan ugyanaz marad. Most lassanként eltávolitom az oszlopot a felülettől; tessék megfigyelni a galvanométerre gyakorolt hatást. Természetesen azt fogják várni, hogy a mint az oszlopot visszavonom, úgy fog a hő erőssége is csökkenni s hogy megfelelően csökken majd a galvanométer tűjének elhajlása is. Az oszlop most kétakkora távolságban van, de a tű nem mozdul; háromakkora távolságban a tű még mindig veszteg marad. Négy-, öt-, tizszerezhetjük a távolságot, a tü megmarad a maga 60 fokú elhajlásán. Valóban, egészen úgy látszik, hogy az erősség semmit sem csökken a távolság növekedtével.

338. Első pillanatra úgy látszik, hogy e kisérlet megczáfolja a visszás négyzetek törvényének érvényességét a hőre nézve; Melloni pedig épen ebből bizonyitotta be, a lehető legelmésebb módon, e törvény helyességét. Követni fogom okoskodását. Tessék gondolni, hogy ez az üres kúp egész az oszlopig meg volna hosszabbitva. E meghosszabbitás körben metszené a sugárzó felületet s e kör az egyedüli része a felületnek, melynek sugarai elérhetik az oszlopot; valamennyi más sugarat lefog a kúpnak nem visszaverő bélése. Ha az oszlopot tovább tolom, hogy a távolságot megkétszerezzem,

akkor a meghosszabbított kúpnak és a sugárzó felületnek közös átmetszése oly kört foglal be, melynek épen négyakkora a területe mint az előbbi köré; háromakkora távolság mellett a sugárzó felület kilenczakkora s ha a távolság meg van tízszerezve, akkor a sugárzó felület meg van százszorozva. De az elhajlás állandósága azt bizonyítja, hogy a sugárzó felület nagyobbodását az erősség csökkenése tökéletesen semlegesíti; már pedig a felület a távolság négyzete szerint növekszik, a távolság négyzete szerint kell tehát a hő erősségének is csökkennie. E kisérlet tehát, mely ama törvénynek látszólag ellenmondott, épen e törvényt bizonyítja be a legegyszerűbb és a legdöntőbb módon.

338. *a.* Föntebb szólottam arról a meggyérülésről, melyet a fény szenved, ha nagyobb felületen oszlik szét. Ez azonban nem fejezi ki tisztán a valódi tényállást. Az erősség csökkenése mind a két esetben, úgy a fénynél, mint a sugárzó hőnél, valóságban mozgás csökkenése. A mint egy-egy hullám átmegy rajta, minden egyes éterrészecske egy teljes ide-oda járást végez. Mozgása két határpontján egy pillanatra veszteg el, középett pedig, a két határpont között, legnagyobb a sebessége. A fény erőssége e legnagyobb sebesség négyzetével arányos. Egy-egy éterrészecske rezzenete hosszát a műnyelv a rezgés tágasságának (amplitud-nak) nevezi; s a fény erőssége e tágasság négyzetével is arányos. Be lehet pedig bizonyítani, hogy úgy a legnagyobb sebesség, valamint a tágasság visszásan aránylanak a kisugárzó ponttól mért távolsággal. E szerint tehát az e pontból eredő fény és hő erősségének is az e ponttól mért távolság négyzetével visszás arányban kell állania. E feladat különben az elméleti mechanika körébe vág.

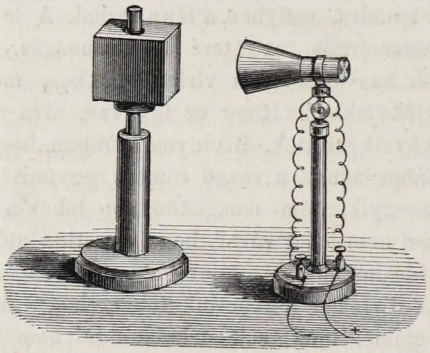
339. Térjünk vissza egy pillanatra a sugárzó hőre vonatkozó alapképzeteinkhez. Eredete: az anyag végső részecskéinek mozgása, oly mozgás, melyet az éter átvesz és hullámokban terjeszt tovább. E hullámokban az éter részecskéi nem úgy rezegnek, mint a levegő részecskéi a hanghullámok-

ban; de az erősség mind a két esetben ugyanazon törvény szerint változik.* A levegő részecskéi ide-oda mozognak ugyanabban az irányban, melyben a hang terjed, az éter részecskéi is ide-oda mozognak, de *harántosan* (merőlegesen) azon vonalra, melyben a fény terjed. A levegő hullámmozgása hosszmozgás, az éteré harántmozgás. Az éterhullámok inkább hasonlítanak a vízhullámokhoz, mint a hangot előidéző léglöketekhez. Hogy ez így van, arra optikai tüneményekből következtettek. Bizonyos azonban, hogy az éterben előidézett háborgásnak a rezgő tömecs egyéniségétől is kell függenie; az egyik atóm mozgékonyabb lehet a másiknál; s azt épenséggel nem lehet várni, hogy egyetlen atóm oly nagy háborodást idézhessen elé, mint valamely rendszerben rezgő atómcsoport. Biztosan feltehetjük tehát, hogy ha különböző testeket megmelegítünk, e testek atómjai nem fogják, valamennyi esetben, egyenlő mértékben megrezditeni az étert. Valószinű, hogy némelyek közülök a mozgásnak nagyobb mennyiségét közlik vele, mint mások; azaz: némelyek bővebben fognak sugározni, mint mások; mert a sugárzás, szabatosan értelmezve, nem egyéb, *mint a testrészecskék mozgásának közlődése az őket körülfogó éterrel, mely a mozgást tovább terjeszti.*

340. Vessük most e nézetet a kisérlet próbája alá. E koczkaalakú edény (*C*, 78-ik ábra) Leslie-féle koczkának neveztetik azért, mert Sir John Leslie ily alakú edényeket használt a sugárzó hőre vonatkozó szép vizsgálataiban. A koczka ónból van; egyik oldallapja azonban vékony aranyréteggel van bevonva, a másik lapja ezüsttel, a harmadik rézzel, a negyedik pedig vizahólyagmázzal. Megtöltjük forró vízzel; mindig egyenlő távolságban tartjuk a *P* hővillanyoszloptól s négy lapját egymásután az oszlop felé sugároztatjuk. A forró aranyfelület, a mint látják, alig idéz elé elhajlást; épen oly hatástalan a forró ezüstfelület, valamint a rézfelület

* Vesd össze: „Tyndall on Sound" pag. 11.

is; de ha a mázos felületet fordítom az oszlop felé, a hő árama rögtön meggyarapszik s a tű egészen a gátakig halad. Ebből azt következtetjük, hogy a máz atómjai, mozgásra



78-ik ábra.

indíttatván a koczkában lévő forró víz által, valamely physikai oknál fogva több mozgást közölnek az éterrel, mint a fémek atómjai; más szavakkal, a máz jobb sugárzó mint a fémek. Hasonló eredményt kapunk, ha ezen agyag és ezüst theaedényt hasonlítjuk össze; forró vízzel meg van töltve mind a kettő; s íme látják, hogy az ezüstnek csak csekély a hatása, holott az agyagedény sugárzása oly bőséges, hogy a tű egészen a 90-ik fokig halad. Pléh- és üvegedényt megtöltvén forró vízzel, kitűnik, hogy az üveg részéről sokkal nagyobb a sugárzás, mint a pléh részéről.

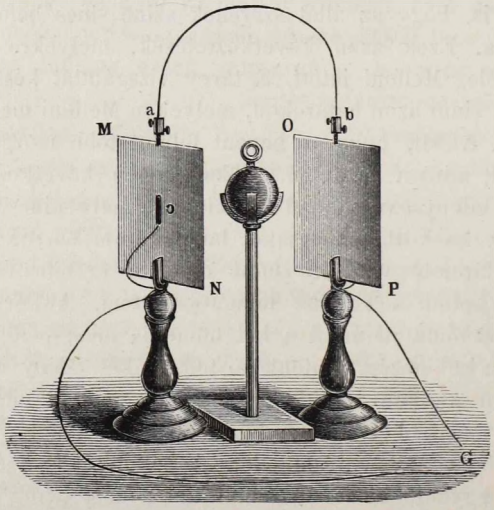
341. Gyakran hallottak a szinek befolyásáról a sugárzásra s valószinű, hogy egyúttal sok olyat, a mit a kisérlet nem igazol. E koczkának egyik oldallapja fehér festékkel van bevonva, a másik karminnal, a harmadik lámpakorommal, a negyedik mez nélkül maradt. Megtöltvén a koczkát forró vízzel s elébb a fekete felületet állítván szembe az oszloppal, a tű elhajlik s most állandóan 65 fokra mutat. A koczka forgatható asztalkán nyugszik, melynek segélyével a fehér

oldallapot fordíthatom az oszlop felé; a tű megmarad a maga előbbi állásában, bizonyságául annak, hogy a fehér felületnek épen oly bőséges a sugárzása, mint a fekete felületé. Most a vörös felületet fordítom az oszlop felé; változás a tű állásában be nem áll. A meztelen felületet fordítom oda: a tű azonnal visszafelé megy s ezzel a fémes felületnek csekélyebb sugárzását jelzi. Ugyan e kisérleteket ismételhetjük oly koczkával, melynek oldallapjait bársony födi, az egyiket fekete bársony, a másikat fehér, a harmadikat vörös. A hatás tökéletesen az, melyet az előbbi kisérletnél tapasztaltunk: a három bársonyfelület egyenlően sugároz, a fémes felületnek pedig gyöngébb a sugárzása. E kisérletek mutatják, hogy az ember testét takaró ruházat sugárzása független a ruházat szinétől, valamint azt is, hogy az állat szőrének szine sincs befolyással a sugárzásra. Ezek azon következtetések, melyekre a *sötét hőt* illetőleg Melloni jutott. E tárgy vizsgálatát később jóval túl fogjuk vinni azon határokon, melyeken Melloni megállott.

342. Abból, hogy a bevont felület több mozgást közöl az éterrel, mint a meztelen, szükségképen következik, hogy a bevont edény gyorsabban hűl mint az, mely nincs bevonva. E két koczka közül az egyiket lámpakorom boritja, a másik fényes. Háromnegyed óra előtt mind a kettőbe forró vizet öntöttem, mind a kettőbe hőmérőt tettem. Akkor egyenlő hőmérséket mutatott mind a két hőmérő; most pedig két fok közöttök a különbség. Különböző tehát a két edény hűlésének gyorsasága s épen az hűl gyorsabban, melyet lámpakorom borit. E másik két edény közül az egyik fényes, a másik szorosan be van vonva flanellel. A beléjök tett hőmérők fél óra előtt egyenlő hőmérséket mutattak; most pedig a bevont edény hőmérséke két vagy három fokkal áll alább, mint a bevonatlané. Szokás a theaedényeket gyapjútakaróval melegen tartani; de a takarónak nagyon lazán kell odafeküdnie, mert ha szorosan simulna a theakazánhoz, úgy, hogy ez akadály nélkül, közvetlen érintkezés folytán, közölhetné vele melegét, akkor a takaró, a mint láttuk, növelné a hőbeli veszteséget,

melyet csökkentenie kellene; s igy többet ártana, mint használna.

343. Az e tárgygyal kapcsolatos érdekes jelenségek sorában a legérdekesebbek egyike azon kölcsönösség, mely a testeknek az éterrel mozgást közlő vagyis sugárzó, és az étertől mozgást átvevő vagyis elnyelő képessége között áll fenn. Ami a sugárzást illeti, már összehasonlitottuk a lámpakormot és a fehér festéket a fémfelületekkel; most össze fogjuk hasonlítani ugyanezen anyagokat az elnyelőség szempontjából. E két óntábla *MN*, *OP* (79-ik ábra) közül az egyik *OP* fehér festékkel van bevonva, a másik bevonatlan maradt; szemközt és egyközűen állitom fel egymással a táb-



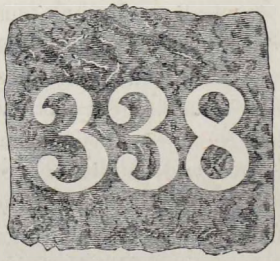
79-ik ábra.

lákat, úgy, hogy körülbelül két láb legyen közöttök a távolság Mindenik tábla széléhez egy-egy csiptető csavar van forrasztva; e csavarokat *ab* rézhuzal köti össze s igy maguk a táblák is kapcsolatban állanak egymással. A táblák hátulsó

lapjához, egyik végével oda van forrasztva egy-egy bizmút-rudacska; a rudacskák másik végéhez, *e*-hez pedig rézhuzal van forrasztva. E rézhuzalok ismét csiptető-csavarokba végződnek; ezek pedig kapcsolatban állanak a *G* galvanométertől jövő huzal végeivel. Ebből beláthatják, hogy az egész szakadatlan láncolatot alkot, melybe a galvanométer is be van iktatva. Már önök tudják, mire valók a bizmút-rudacskák. Ha meleg újjamat a bal oldalomon fekvő rudacskára teszem, azonnal megindúl a villanyáram, melynek útja a bizmúttól az ón felé vezet, azután a két táblát összekapcsoló rézhuzalon át a galvanométerhez, innen pedig azon ponthoz, melyből az áram kiindúlt. A galvanométer tűje nagy ivet fut meg; a vörös vég önök felé megy. Most a másik tábla hátulsó lapján lévő bizmútra teszem az újjamat; ennek következménye, mint látják, e nagy elhajlás az ellenkező oldal felé. Elvévén az újjamat, a forrasztás helye meghűl, a tű pedig ismét a zérus pontra tér vissza.

344. A két ónlemez között, tökéletesen a középen, áll ez a tartó, melyre melegített rézgolyót fogok tenni. A golyó mind a két tábla felé sugározza majd melegét, de a jobb oldal felé irányúlt sugarak a bevont felületre esnek, a bal felé irányúltak pedig a meztelen fémes felületet találják. Ha mind a két felület egyenlően nyeli el a sugárzó hőt, ha mind a kettő egyenlő könnyűséggel veszi át az éterhullámok mozgását, úgy a hátulsó lapon levő bizmút-forrasztáshelyeknek egyenlően meg kell melegedniök s az egyik semlegesíti a másikat. De ha az egyik felület többet nyel el, mint a másik, a galvanométer tűjének elhajlása lesz a következmény; s az elhajlás iránya jelezni fogja a többet elnyelő testet. A golyó most már a tartón van; s íme, a tűnek gyors és erős elhajlása arról tanúskodik, hogy a bevont felület az erősebb nyelő. Ugyane módon összehasonlítom az ónnal a lámpakormot és a mázt, s azt találom, hogy a két utóbbi sokkal többet nyel az elsőnél.

345. A legvékonyabb fémburkolat is nagyon meggátolja a testet a sugárzó hő elnyelésében. Itt van egy »arany-papiros«-levél — az arany rajta nem egyéb, mint igen vékonynyá vert réz, — a levél hátulsó lapját vörös higany-jodid födi. Sokan tudják önök közül, hogy a meleg e jodid vörös színét szétrongálja és világos sárga színné változtatja. Lefektetem a levelet egy deszkára, szines, festett lapjával lefelé; a felső, fémes felületre pedig czifra idomban papirosdarabkák vannak ragasztva. E vörösizzó lapátot többször végigvezetem a levél felett; a lapát erősen sugároz a levél felé; de tudjuk, hogy sugarai nagyon különböző mérvben nyeletnek el. A fémes felület csak keveset nyel, de a papiros felületek mohón nyelik a hőt. Megfordítván a levelet, ime látják, hogy a jodid a fémes rész alatt semmit sem változott, a papirdarabkák alatt fekvőnek a szine ellenben egészen szét van rongálva, s ekként az alsó lapon azon idomoknak tökéletes másolata keletkezett, melyek a levélnek ellenkező felületére ragasztvák. Egy másik e fajta példáért Hill úrnak tartozom köszönettel. A 80-ik ábrában látható festett fadarab felé tüz



80-ik ábra.

árasztotta a maga sugarait. A fára aranypapirossal volt nyomva e szám: 338. A festék köröskörül felhólyagosodott, megpörkölődött; holott a számok alatt változatlan maradt úgy a festék, mint a fa. A vékony fémmez elegendő volt

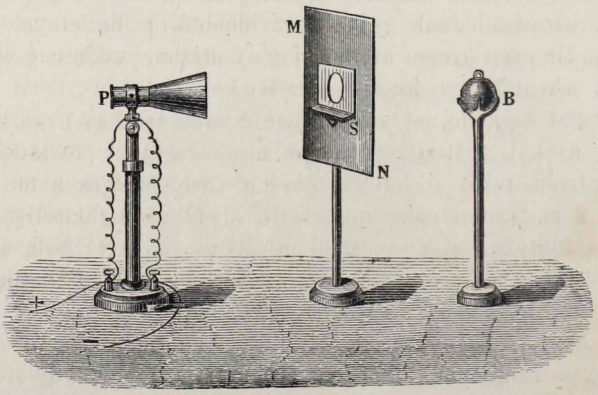
arra, hogy a hőnyelést meggátolja, a számok körül fekvő felületet pedig az elnyelőség dúlta szét.

346. A fényvivő éter betölti a csillagok közeit; nagy egészszé csatolja össze a világegyetemet; lehetségessé teszi a fénynek és erőnek kölcsönös kicserélődését a csillagok között. De e finom anyag még mélyebben behatol; körül fogja a szilárd és folyékony anyagok egyes atómjait. Az átlátszó testek azért ilyenek, mert atómjaik és az éter oly kapcsolatban állanak egymással, hogy a fényt nemző hullámok átmehetnek rajtok a nélkül, hogy mozgásuk az atómokra át vivődjék. A szines testek némely hullámokat elnyelnek, de azokat, melyektől a maguk színét nyerik, elnyelés nélkül átbocsátják. Kénsavas rézoxydnak ezen oldata például a kék hullámokat akadály nélkül bocsátja át, holott a vöröseket elpusztitja. Szinképet vetek az ernyőre, s a fényt most ezen oldaton bocsátom keresztül; íme látják, hogy a szinkép vörös vége el van metszve. E darab vörös üveg ellenben azon körülménynek köszöni színét, hogy a vörös hosszabb hullámai átbarangolhatnak rajta, a rövidebbek pedig elnyelődnek benne. Ha ezen üveget állitom a fény útjába, csakis egy élénk, vörös sávot hagy az ernyőn. E kék folyadék tehát azon sugarakat fogja le, melyeket a vörös üveg átbocsát; s a vörös üveg azokat metszi el, melyeket a folyadék tovaterjeszt. Egyesitvén tehát e kettőt, tökéletes sötétséget kellene kapnunk s ez csakugyan meg is lesz. Mind a kettőt a fény útjába állitván, az egész szinkép eltűnik. E két átlátszó test egyesitése a szurokéhoz vagy féméhez hasonló átláthatlanságot idéz elé.

347. A fény útjába állitott hypermangánsavas káli oldata a szinképnek két végét bocsátja át akadály nélkül, látják a vörös részt, s látják a kéket, s közöttök a koromsötét teret. A szinkép sárga részét a folyadék könyör nélkül elpusztitotta; atómjai között a sárga sugarak át nem mehetnek, holott a vörösek és a kékek az atómok közein, észrevehető akadály nélkül, átjutnak. Innen van e folyadék pompás

szine. A villanylámpával két láb átmérőjű fénykört vetek az ernyőre, s egyúttal közbe teszem a folyadékot. Van-e ragyogóbb valami, mint e kör szine? Ferdén állitván a lámpát, egy prizmát iktatok be; ime az ibolyarész külön van választva a vöröstől. Egymástól világosan elválasztott, két szines kört — ibolyát és vereset — látnak, melyek középett fedik egymást s ugyanott a folyadékon áthatolt, összetett fény szinezetét mutatják.

348. E szerint a testek a fényhullámok irányában mintegy válogatósaknak mondhatók; kiszemelnek némelyeket a lemészárlásra, másokat pedig szabadon áteresztenek. Ha valamely test bizonyos hosszúságú hullámokra nézve átlátszó, az nem vonja maga után, hogy más hosszúságú hullámokra nézve is átlátszó legyen; és ebből bátran következtethetjük azt, hogy ha valamely test a fényre nézve átlátszó, nem kell szükségképen a sugárzó hőre nézve is átlátszónak lennie. E következtetést tökéletesen igazolja a kisérlet. Ezen óner-



81-ik ábra.

nyőnek (*MN*, 81-ik ábra) a közepében nyílása van s a nyílás mögött hozzászögecselt asztalkája. Az ernyő egyik oldalán álló, alkalmas tartóra sötétvörös, izzó rézgolyót teszek; hő-

villanyoszlopom pedig a másik oldalon áll. A golyó sugarai átmennek az ernyő nyilásán s az oszlopot érik. A tű mozog, végül megáll állhatatosan 80 fokon. Most az *S* asztalkára ¼ hüvelyk vastagságú és lepárolt vízzel megtöltött üvegedényt állítok, hogy minden sugár, mely az oszlopot éri, a vízen legyen kénytelen átmenni. Mi történik? A tű visszamegy majdnem a zérusra; alig képes egyetlen-egy sugár a golyóból a vízen áthatolni. Azon hullámokra nézve, melyek a golyóból indulnak, a víz majdnem tökéletesen átlátszatlan, holott a fénysugarakra nézve rendkivüli mértékben átlátszó. Mielőtt a vízzel telt edényt eltávolitanám, hozzá hasonló, de egy másik átlátszó folyadékkal, szénkéneggel telt üvegedényt állítok mögéje, úgy, hogy most midőn a vízzel telt edényt eltávolítom, az uj folyadék födje el a nyilást. Mi történik most? a tű gyorsan halad előre s nagy ivet fut meg; ugyanazon sugarak tehát, melyek a vízen át nem hatolhattak, a szénkénegben könnyü átjáratot lelnek. Ugyanigy, ha alkoholt phosphorchloriddal hasonlitok össze, azt találom, hogy a hevitett golyónk által kibocsátott sugarakra nézve az első majdnem tökéletesen átlátszatlan, holott ugyanazok a sugarak a másodikon szabadon átmehetnek.

349. Igy van ez a szilárd testeknél is. Egy üvegtáblát, melynek nagyon tiszta az üvege, tartóra állítok, hővillanyoszlopom és a forró vízzel telt koczka közé. Mozgás a tűn nem vehető észre. Az üvegtáblát tiz olyan vastag kősótáblával helyettesitem; látják, mily gyorsan mozog a tű, mig gátjai fel nem tartóztatják. E sugarakra nézve a kősó kitünően átlátszó, mig az üveg jóformán átlátszatlan.

350. Ezekért és számtalan más, ezekhez hasonló eredményekért Melloninak tartozunk köszönettel, kit úgy lehet tekinteni, mint tárgyunk e részének megteremtőjét. A sugárzó hő átbocsáthatóságának megjelölésére a *diathermensia* szót hozta javaslatba. A hőátbocsáthatóság oly vonatkozásban áll a sugárzó hőhöz, mint az átlátszóság a fényhez. A helyett, hogy már most közölném önökkel a szilárd és folyékony tes-

tek hő-átbocsáthatóságára vonatkozó meghatározásaimat, elébb ama nagy olasz természetvizsgálónak tábláiból szemelek ki egy kisebb gyűjteményt. E meghatározásban Melloni négy különböző hőforrást használt: Locatelli lámpa lángját; platina-huzal-tekercset, melyet alkohol-lámpa tartott fehér izzás-

Az anyag neve. Mindenik át van számítva $^1/_{10}$ hüvelyknyi (2, 6 mm.) közös vastagságra.	Az átbocsátott hő a teljes sugárzás százalékaiban.			
	Locatelli-lámpa.	Fehérizzó platina.	Réz 400 C. fokon.	Réz 100 C. fokon.
1. Kősó	92,5	92,3	92,3	92,3
2. Sziciliai kén	74	77	60	54
3. Fluórpát	72	69	42	33
4. Beryll	54	23	13	0
5. Kettős pát	39	28	6	0
6. Üveg	39	24	6	0
7. Hegyi kristály (tiszta).	38	28	6	3
8. Füstös kvarcz . . .	37	28	6	3
9. Chrómsavas káli . . .	34	28	15	0
10. Fehér topáz	33	24	4	0
11. Szénsavas ólomoxyd .	32	23	4	0
12. Kénsavas baryt . . .	24	18	3	0
13. Földpát	23	19	6	0
14. Amethyst (viola) . . .	21	9	2	0
15. Mesterségesborostyánkő	21	5	0	0
16. Bórsavas nátron . . .	18	12	8	0
17. Turmalin (sötétzöld) .	18	16	3	0
18. Gummi (közönséges) .	18	3	0	0
19. Selenit	14	5	0	0
20. Czitromsav	11	2	0	0
21. Borsavas káli	11	3	0	0
22. Terméss borostyánkő .	11	5	0	0
23. Timsó	9	2	0	0
24. Sárgaczukor	8	1	0	0
25. Jég	6	0,5	0	0

ban; 400 C. fokra hevített rézlemezt; és 100 C. fokra hevített rézlemezt. A legutóbb említett esetben forró vízzel megtöltött rézkoczka felülete szolgált hőforrásul. A kisérleteket következő módon tette: meghatározta magának a forrásnak sugárzását, azaz, azon galvanométeri elhajlást, melyet a hőforrás idézett elé, midőn csak levegő volt közötte és a hővillanyoszlop között; ezután közbeiktatta a hőátbocsáthatóság tekintetében megvizsgálandó anyagot, s feljegyezte a most beállott elhajlást. Ezen elhajlás fejezte ki az illető anyag által átbocsátott hőmennyiséget. A megelőző táblában 25 különböző anyag által átbocsátott hőmennyiségek vannak feljegyezve és pedig akként, hogy 100 fejezi ki a hőforrás teljes sugárzását.

351. E tábla mindenekelőtt azt mutatja, mily szerfelett különböző mérvben bocsátják át a hőt a különböző szilárd testek. Mutatja továbbá azt is, hogy az elésorolt testek hőátbocsáthatósága, egyetlen egyet kivéve, a hő minőségével változik. Mind a négy forrás hevét egyedül a kősó bocsátja át egyenlő mértékben. Ne téveszszük szem elől azt, hogy a világító sugarak hősugarak is egyúttal; hogy ugyanaz a sugár, mely a látó idegre esvén, a fényérzetet idézi elé, ha a test más idegeit éri, hőérzetet idéz elé. A fénylő hősugaraknak azonban csekélyebb hullámhosszuk van, mint a sötét hősugaraknak, s minthogy tudjuk, mily különbözően nyelik a testek a különböző hosszúságú hullámokat, részben már előre el vagyunk készülve az előbbi táblában foglalt eredményekre. Míg tehát a mondott vastagságú üveg a Locatelli-lámpa sugarainak 39 százalékát, a fehérizzó platina sugarainak 24 százalékát bocsátja át, csak 6 százalékot bocsát át a 400 C. fokú hőforrás sugaraiból, s épen nem bocsátja át azokat a sugarakat, melyeket a 100 C. fokú hőforrás küld ki. Azt is látjuk, hogy a tiszta jég, mely a fényre nézve oly átlátszó, a lámpa sugarainak csak 6 százalékát, a fehérizzó platina sugarainak csak 0,5 százalékát bocsátja át, a két utolsó forrásnak pedig valamennyi sugarát elmetszi. Mindezekből az tűnik ki, hogy

a Locatelli-lámpából kibocsátott sugarak nagyobb részének sötét sugarakból kell állania. Világító sugarak a mondott vastagságú jegen átmennek anélkül, hogy észrevehetően nyeletnének el; s azon tény, hogy e jég a Locatellilámpa sugarainak 94 százalékát szétrongálja, azt bizonyítja, hogy e sugaraknak nincs világító erejök. Az átlátszóság befolyása tekintetében nagyon tanulságosak a tiszta és a füstös kvarcz. Itt van a két anyag: az egyik teljesen átlátszó, a másik pedig sötétbarna, s e két példány mégis csupán csak a világító sugarak átbocsátására nézve mutat különbséget. A tiszta kvarcz 38 százalékot bocsát át a lámpa sugaraiból, a füstös kvarcz 37 százalékot; a többi három hőforrás sugarait mind a két anyag egyenlően bocsátja át.

352. Melloni azt hitte, hogy a kősó mindennemű hősugárra tökéletesen átlátszó, a táblában kimutatott 7,7 százaléknyi veszteség nem az elnyelésnek, hanem a kősólemez két felületén végbemenő visszaverődésnek levén betudandó. De la Prevostaye és Desains pontos vizsgálatai azonban bebizonyítják, hogy ezen anyag különböző mértékben bocsátja át a különféle nemű hőt; s Balfour Stewart azon nevezetes tényt állapította meg, hogy a kősó különösen rosz átbocsátó azon sugarakra nézve, melyeket ugyanezen anyag, megmelegíttetvén, maga sugároz. E fontos tárgyra még visszatérünk.

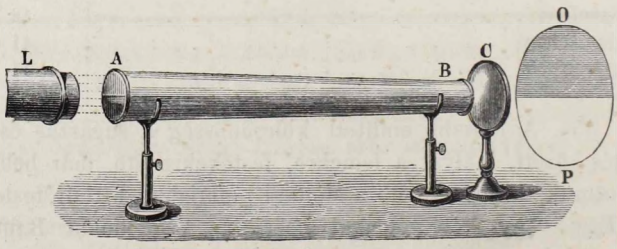
353. A következő, hasonlóképen Mellonitól kölcsönzött táblában adva van a hő átmenete 19 különféle folyadékon keresztül. Üvegkéménynyel fölszerelt Argand-lámpa volt a hőforrás; a folyadékok üvegoldalú edénybe voltak zárva, a folyékony réteg 9,21 milliméter vagyis 0,36 hüvelyk vastagságú levén. A táblából kitűnik, hogy a folyadékok, hőátbocsátó képességök tekintetében, épen úgy különböznek egymástól, mint a szilárd testek; s különösen megjegyzendő, hogy a víz, bár halmazállapota változott, mégis előbbi helyén marad.

A folyadékok neve; 9,21 mm. vastagság.	Átbocsátott hőmennyiség, a teljes sugárzás százalékában.
szénkéneg	63
kettős chlórkén	63
phosphorchlorür	62
terpentinolaj	31
faolaj	30
naphta	28
levendulaolaj	26
kén-aether	21
kénsav	17
ammoniakfolyadék	15
salétromsav	15
absolut alkohol	15
kálihydrát	13
eczetsav	12
faeczetsav	12
tömött czukoroldat	12
kősóoldat	12
tojás fehére	11
elpárolt víz	11

354. A föntebb említett kölcsönösség a sugárzás és elnyelés között, melyet a fémekre, festékekre stb. már bebizonyítottunk, kiterjeszthető a Melloni táblájában foglalt testekre is. Egy vagy két példával beérjük. A példákat Balfourt Stewartnak nagyon tanulságos értekezéséből kölcsönöztem. E rézedényben a vizet gyönge forrdogálásban tartjuk. Az edény lapos rézfödelére üveg és kősólemezeket rakok s ott hagyom, míg át nem veszik a födél hőmérsékét. Egy ily hevített kősólemezt e tartóra tévén, szemközt felállítom a hővillanyoszloppal; az elhajlás oly csekély, hogy alig vehető észre. Eltávolítván a kősót, hevített üveglemezt állítok helyébe; a tű nagy ívet fut meg s szemlátomást mutatja, hogy az üveg, mely a sötét hősugarakat erősebben nyeli, jobban is

sugározza. Sajnos, hogy a timsó olvadása pontja az e kísérletben használt hőmérsék alatt áll; de bár nem oly magas is a hőmérséke mint az üvegé, láthatják, hogy sugárzás tekintetében felülmulja az üveget; a galvanométerre gyakorolt hatás még jelentékenyebb, mint az, melyet az előbbi kísérletnél tapasztaltunk.

355. Az elnyelés a nyelő testen b e l ü l történik; s hogy észrevehetővé váljék, a testnek bizonyos vastagsága kell hozzá. Áll ez úgy a fényről, mint a sugárzó hőről. Nagyon vékony sörréteg (pale ale) majd oly szintelen mint a vízréteg; az elnyelés csekélyebb, semhogy azt a határozott szinezetet eléidézhetne, melyet a sör akkor mutat, midőn nagyobb a tömege. A lepárolt víz, ivópohárba öntve, nyomát sem mutatja a szinnek; de az itt előkészitett kisérlet meg fogja önöknek mutatni, hogy ezen átlátszó folyadéknak, ha elegendő a vastagsága, határozottan észrevehető szine van. A 15 láb hosszú *AB* (82-ik ábra) cső vízszintesen fekszik; végeit lapos üveglemezek födik: egyik végén az *L* villanylámpa áll, melyből



82-ik ábra.

egy nyalábot a csövön át fogunk bocsátani. A cső most felényire van meg töltve vízzel és pedig úgy, hogy a víznek felülete a csövet vízszintesen két egyenlő részre osztja. A fénynyaláb egyik fele tehát a levegőn fog átmenni, a másik fele pedig vizen. *C* lencse az előtte levő csővégnek nagyitott képét fogja vetni az ernyőre. Ez *OP* képet most már látják. Két félkörből áll; az egyiket a vizen átmenő fény adja, a

másikat az, mely a levegőn halad át. A félkörök egymás mellett állván, könnyen összehasonlíthatók. Észrevehetik, hogy míg a levegőn keresztül haladó fénysugár félköre vakító fehér, a vizen keresztül haladóé szép, gyöngéd kékes-zöld szint mutat. Növelvén a vastagságot, melyen a fénynek át kell mennie, sötétebbé teszszük a szint. Ez pedig azt bizonyítja, hogy a fénysugarak elpusztítása a nyelő testen b e l ü l történik s nem csupa felületes hatás.

356. Melloni bebizonyította, hogy ugyanez a sugárzó hőről is áll. Kisérleteinél 2,6 m.m. volt a használt lemezek vastagsága; de ha a lemezek vastagságát csökkentjük, ezzel nagyobb hőmennyiség átmenetét teszszük lehetővé; s ha valamely nagyon rosz átbocsátónak tömegéből kellően vékony réteget veszünk, ezzel majdnem a kősóéval egyenlő átbocsátást érhetünk el. Hogy mily befolyása van a lemez vastagságának a lemez hőátbocsátó képességére, azt a következő tábla mutatja.

A lemezeknek milliméterekben kifejezett vastagsága.	Különböző vastag üveglemezeken átbocsátott hőmennyiség: a teljes sugárzás százalékaiban.			
	Locatelliféle lámpa.	Fehérizzó platina.	400 C. fokú réz.	100 C. fokú réz.
2,6	39	24	6	0
0,5	54	37	12	2
0,07	77	57	34	12

357. Látjuk tehát, hogy 2,6 m.m-ről 0,07 m.m-re csökkentvén az üveglemez vastagságát, ezzel növeljük az átbocsátott hő mennyiségét, és pedig a Locatelli-féle lámpára nézve 39 százalékról 77 százalékra, a fehérizzó platinára nézve 24-ről 57-re, a 400 C-féle fokú rézre nézve 6-ról 34-re, a

100 C-féle fokú rézre nézve pedig a tökéletes átlátszatlanságról 12 százaléknyi átbocsátóságra.

358. A selenitlemez (gipsz) vastagságának az átbocsátott hőmennyiségre gyakorolt befolyását a következő tábla mutatja:

A lemezeknek vastagsága millimétereken.	Különböző vastag selenitlemezeken átbocsátott hőmennyiség: a teljes sugárzás százalékaiban.			
	Locatelli-lámpa.	Fehérizzó platina.	400 C. féle fokú réz.	100 C. féle fokú réz.
2,6	14	5	0	0
0,4	38	18	7	0
0,01	64	51	32	21

E kisérletek ismét azt bizonyítják, hogy a hőnyelés a testeken belül történik és nem a felület hatása.

359. A napsugár szétbontása a nap színképét idézi elé, világítót a közepében, melegítőt az egyik végén és vegyileg hatót a másikon. E szerint a nap különnemű sugarak forrása s alig lehet kétségbe vonni, hogy a többi hőforrások is — akár fénylők, akár sötétek — osztozkodnak e különneműségben. Ha általában az ily kevert sugarak valamely hőátbocsátó anyagba lépnek, úgy némelyek ott marasztaltatnak, mások pedig átbocsáttatnak. Tegyük fel, hogy oly sugárnyalábunk van, mely már átment valamely hőátbocsátó lemezen s ejtessük e sugarat megint ugyanoly anyagú lemezre; úgy e második lemez már szükségképen jobb átbocsátója lesz a reá eső hőnek, mint a milyen átbocsátója volt az első lemez annak a hőnek, mely reá esett. Az első lemez t. i., feltéve, hogy elegendő vastag, nagy részben már kioltotta azon sugarakat, melyeket a lemez anyaga elnyelni képes; és természetes, hogy a felmaradt sugarak most már könnyebben mennek át a

második, ugyanoly anyagú lemezen. Az első lemez »megszitálta« a sugarat, s ezen »átszűrt« sugárnak ugyanazon anyagra nézve nagyobb az áthatoló ereje, mint az eredeti sugáré.

360. Ezen áthatoló képességet közönségesen úgy tekintették, mint a hő minőségének tanúbizonyságát; azt mondják, hogy az átszűrt sugár heve minőségben különbözik a szűretlen sugár hevétől. Jellegét azonban egyetlen egy sugár és egyetlen egy hullám sem változtatta meg, csak bizonyos alkotó részek vétettek el az összes sugárból; s ezen elvétel megváltoztatja azon arányt, melyben a sugár más anyagon átbocsátódik. Ez a tulajdonképi jelentése a »minőség« kifejezésnek, ha e kifejezést a hőre alkalmazzuk. Ha valamely lámpa sugarának útjába 2,6 m.m. vastagságú lemezeket állítunk egymásután: kősóból, timsóból, kettős chrómsavas káliból és selenitből, s ha az e lemezekből kilépő hő ismét ugyanoly vastag lemezek sorozatára esik, akkor e hőnek száz-száz egységéből következő mennyiségek bocsáttatnak át:

kősó	92,3
timsó	90,
chrómsavas káli	71,
selenit	91.

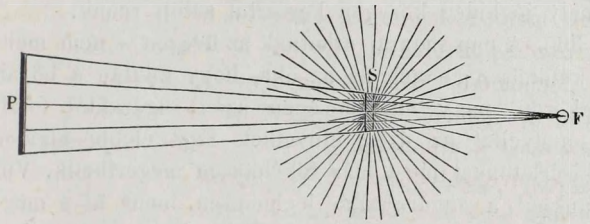
361. Összehasonlítván ezen eredményt a 350-ik szakaszhoz tartozó táblával, azt találjuk, hogy a chrómsavas káli a Locatelli-lámpa által kisugárzott összes hőből amott csak 34 százalékot bocsátott át; itt pedig 71 százalékot. Az összes kisugárzásból a selenit csak 14 százalékot bocsát át, holott oly sugárból, melyet selenitlemez már átszűrt, 91 százaléknak enged átjáratot. Ugyan e megjegyzés a timsóra is alkalmazható; a szűretlen sugárból ugyanis csak 9 százalékot bocsát át, az átszűrtből pedig 90 százalékot. Kősónál ellenben az átszűrt és szűretlen sugárnak átbocsátása ugyanaz, mert ezen anyag jóformán egyaránt bocsátja át mindazon sugarakat, melyek itt használtattak. E példákban feltételeztem,

hogy a kősóból kijövő sugár kősón megy keresztül; a timsóból kijövő pedig timsón és úgy tovább; előre várható azonban, hogy a sugárnak valamely anyag által eszközölt megszitálásakor azon viszonynak is meg kell változnia, melyben e sugarat más anyag fogja átbocsátani.

362. Ez észrevételeket egy oly kisérlettel kivánom befejezni, mely a legszembeötlőbb módon be fogja bizonyitani a sugárszűrés befolyását. Itt van egy igen érzékeny különbzetes léghőmérő, tiszta üveggolyóval. Kezem leggyöngébb érintése a hőmérő folyadékoszlopának sülyedését okozza. Vessük most a villanylámpa összegyűjtött, hatalmas sugarát a hőmérő üveggolyójára. A gyujtópont épen a golyóra esik, s a benne levő levegőt temérdek erősségü sugárnyaláb járja át; mindamellett a folyadékoszlopon legcsekélyebb sülyedés sem vehető észre. Midőn e kisérletet először mutattam meg egy itt jelenlévőnek, érzékei bizonyságának sem akart hitelt adni; pedig igen egyszerű a dolog magyarázata. A sugarat, még mielőtt a golyót érhetné, átszürte az összegyűjtésére szolgáló üveglencse; s azután 12 vagy 14 lábnyi levegő hosszán menvén át, nincsenek többé oly alkatrészei, melyeket a levegő elnyelhetne. Ez az oka, hogy a sugár átmegy üvegen és levegőn anélkül, hogy ezt vagy amazt megmelegitené. A hővillanyoszlopot azonban megmelegitheti; csak egy pillanatig is hasson reá, ez is elegendő, hogy élénken elterelje a galvanométer tűjét. Az üveggolyónak azon részét, melyet a sugár talál, befeketitem lámpakorommal; ime látják a hatást: a hő elnyeletik, a levegő kitágul s jelentékenyen leszoritja a hőmérő oszlopát.

363. Üveg kályhaernyőket használunk, mert a tűznek kellemes fényét átbocsátják, melegét pedig lefogják; ennek az az oka, hogy a tűz által kisugárzott hőnek sokkal nagyobb része sötét, ezt pedig az üveg át nem bocsátja. Veszteség természetesen soha sincs. Az a hő, melyet az ernyő elnyel, megmelegiti az üveget; az éterhullámok mozgása közlődik a szilárd test tömecseivel. De azt mondhatnák ellenvetésül,

hogy e körülmények között magának az üvegnek hőforrássá kellene válnia, hőnyelése tehát nekünk mitsem használna. A tény így van ugyan, de a következtetés alaptalan. Az ernyőnek íme ez a hatása: legyen *F*-ben (83. ábra) valamely tűz, melynek sugarai egyenes vonalokban esnek valakire, a ki



83-ik ábra.

P-ben van. Míg az ernyő nincs közbeállítva, minden sugár a maga egyenes útján halad *P* felé. Most felállítjuk az ernyőt *S*-ben; az ernyő felfogja a hőt és megmelegszik, de a helyett, hogy a sugarakat eredeti irányukban átbocsátaná, kisugározza azokat, mint meleg test, minden irányban. Ez az oka, hogy az összes, általa lefogott meleget át nem adhatja annak, a ki *P*-ben van. E hőnek egy részét csakugyan átadja, de jóval nagyobb részét *P*-től eltereli s más irányokban szétszórja.

364. Hol a hullámok elnyeletés nélkül folytatják útjokat, ott hőmozgás nem közlődhetik; láttuk ezt a léghőmérőnél. A hús megsülhet a tűzön, s körülötte hideg lehet a levegő mint a jég. Magas hegyeken igen hideg lehet a levegő, bár a nap izzóan süt fejünk felett; a napsugarak, melyek, ha bőrünket érik, majdnem kiállhatatlan melegek, nem képesek csak egy kevéssé is megmelegíteni a levegőt, s csupán csak a teljes árnyékba kell visszavonulnunk, hogy a légkör hűvösségét megérezzük. Soha sem szenvedtem a nap hevétől annyit, mint midőn a „Corridor"-ról lementem a Mont-Blancnak Grand-Plateau-jára, 1857-ik év augustus 13-án. Társam és én

a csipőkig hóban állottunk, s a nap mégis kiállhatatlan izzóan sütött reánk. Belépvén a Dôme du Gouté árnyékába, azonnal megváltoztak érzeteim; a levegőnek itt jéghideg volt a hőmérséke, pedig e levegő nem volt észrevehetően hidegebb annál, melyen a nap sugarai átmentek. Nem is a forró levegővel való érintkezés okozta szenvedésünket, hanem a sugárzó hő, mely jéghideg közegen keresztül sütött reánk.

365. A nap sugarai áthatnak az üvegen s nem melegítik meg különösen; ennek az az oka, hogy miután a hő átment a légkörön, nagy részben épen azon sugaraktól fosztódott meg, melyeket az üveg elnyelhet. Egy előbbi alkalommal tett kisérletünket most már tökéletesen megérthetik. Villanylámpánkból a sugárnyaláb jéglemezen ment át s meg nem olvasztotta a jeget. E sugár, mielőtt a jégre esett, vízzel telt üvegedényen ment át; a víz átszűrte a sugarat, megtartván azt a meleget, melyet a jég elnyelhet s oly nagy mértékben tartotta azt meg, hogy majdnem forrása pontját érte el a kisérlet alatt. Érdemes e helyen megjegyezni, hogy a folyékony víz és a szilárd jég egyenlő átbocsátói és egyenlő nyelői ugyanazon sugárnak; *szitául* lehet használni az egyiket a másik számára. Ez az eredmény azt jelenti, hogy ez esetben a hőnyelés minőségére a halmazállapotbeli különbség nincs befolyással. Könnyű bebizonyítani, hogy az a sugár, mely a jegen átment s a jeget meg nem olvasztotta, valóban hősugár volt. Ejtessük e sugárt hővillanyoszlopunkra, ime a tű hevesen halad egészen a gátakig.

366. A visszatartott hősugarak általán véve emelik a test hőmérsékét, mely által elnyelettek. De ha a nyelő test 0 Celsiusfokú jég, lehetetlen, hogy e jégnek emelkedjék a hőmérséke. Mit cselekszik tehát ekkor az elnyelt hő? Belső olvadást eszközöl; szétszedi a kristályatómokat s létre hozza azon gyönyörű folyékony virágokat, melyeket egy alkalommal már megmutattam önöknek.

367. Láttuk, hogy az átlátszóság nem bizonyság a hőátbocsáthatóságra nézve; hogy a test, mely a világító hullá-

moknak nagyon átlátszó, nagyon rosz átbocsátója lehet a sötét hullámoknak. Valamely test ismét a fényre nézve teljesen átlátszatlan lehet s a hőt mégis meglehetős nagy mértékben átbocsáthatja. Itt van még más, ugyanily példa. A villanylámpának összehajló fénykúpja áthuzódik a szoba porán; látják a pontot, melyben a sugarak összekerülnek; 15 lábnyira van a lámpától. E pontot jól megjegyzem egy pálcza végével. E kősólemez oly vastagon be van vonva korommal, hogy semmiféle fényt, nem csak e terem gázlángjaiból jövőt, de még magát a villanyfényt sem bocsátja át. Ha e kormos kősólemezt beállítjuk a fény útjába, úgy a fény le lesz tartóztatva, de a pálcza vége megtaláltatja velem a gyujtópont helyét. Beállítom az oszlopot a gyujtópontba; fénysugarat nem látnak reá esni, de a tűnek élénk mozgása azonnal elárulja a lelki szemnek, hogy e helyen, honnan a fénysugarak eltűntek, a hősugarak gyujtópontja van.

368. Azt gondolhatnák talán, hogy azon hőt, mely az oszlopot éri, a korom elébb elnyelte s azután önálló hőforrásként továbbsugározta. Melloni minden ilyes ellenvetésnek elejét vette; de azt hiszem, hogy egyik kisérlete sem oly döntő ezen ellenvetés elhárítására, mint épen az, melyet az imént mutattam önöknek. Ha a kormos kősó volna a hőforrás, akkor a sugarak nem egyesülhetnének itt a gyujtópontban, mert hiszen a só *ezen oldalán* van a gyűjtőlencsének. Azt is látják, hogy ha az oszlopot kissé félretolom, de úgy, hogy e mellett még mindig a kormos kősó felé fordul, a tű visszamegy egészen a zérus fokig. Melloni még azon felül megmutatta, hogy az a hő, mely az oszlopot éri, egészen független a kősó állásától. Tehetjük a kormos kősólemezt 15 lábnyi vagy 1 lábnyi távolságra az oszloptól: az eredmény ugyanaz marad; ez pedig nem állhatna, ha maga a kormos só volna a hőforrás.

369. E sötét üveggel ismételvén a kisérletet, az eredmény, a mint látják, ugyanaz. Az üveg jelentékeny mennyiséget *ver vissza* a lámpa fénye és hevéből, s ha kissé

rézsútosan tartom a sugár irányára, akkor láthatják a visszavert részt. Az üveget ezen állásában befedem átlátszatlan lámpakoromréteggel s ezzel arra kényszerítem, hogy ne csak azon világító sugarakat nyelje el, melyek most belé esnek, hanem azokat is, melyeket az imént visszavert. Mi az eredmény? Habár az üveg most többet nyel el, mégis megszünt hatással lenni az oszlopra; a tü visszatér a zérusra s ezzel megint bizonyítja azt, hogy az a hő, mely az első esetben hatott az oszlopra, egyenesen a lámpától jött s a fekete üvegen csak átsugárzott, úgy, mint a fény valamely átlátszó anyagon átsugároz.

370. A kősó valamennyi sugarat átbocsát, világítót és sötétet; a timsó pedig, ha olyan a vastagsága, mint már mondottuk, Melloni szerint* csak a világító sugarakat bocsátja át; e szerint tehát a kősó és a timsó közötti különbség kifejezi a sötét sugárzás értékét. Ennek nyomán Melloni a világító és a sötét sugarak arányát, az ime következő három forrásra nézve, ekként állapította meg:

forrás:	világítók	sötétek
olajlámpa	10 . . .	90
fehérizzó platina	2 . . .	98
borszeszlámpa	1 . . .	99

E szerint tehát az olaj lángja által sugárzott hőből 90 százalék, a fehérizzó platina sugározta hőből 98 százalék, abból pedig, melyet a borszeszlámpa sugároz, teljes 99 százalék jut a sötét sugárzásra.

---

* Később meg fogjuk tudni, hogy ez tévedés.

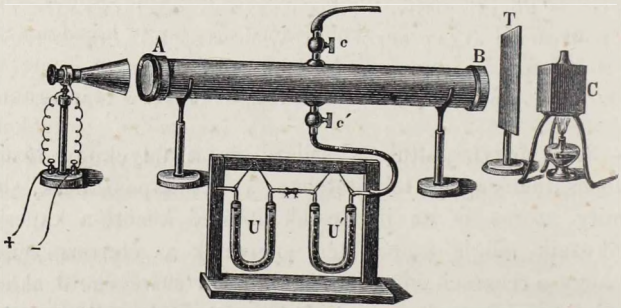
X. FEJEZET.

A GÁZOK HŐNYELÉSE — AZ ITT HASZNÁLT KÉSZÜLÉK. — A KEZDET NEHÉZSÉGEI. — A LEVEGŐ ÉS AZ ÁTLÁTSZÓ EGYSZERŰ GÁZOK HŐÁTBOCSÁTHATÓSÁGA. — AZ OLAJKÉPZŐ ÉS AZ ÖSSZETETT GÁZOK HŐGÁTLÓSÁGA. — A GŐZÖK HŐNYELÉSE. — A GÁZOK HŐSUGÁRZÁSA. — KÖLCSÖNÖSSÉG A HŐSUGÁRZÁS ÉS HŐNYELÉS KÖZÖTT. — A TÖMECSBELI ALKAT BEFOLYÁSA A SUGÁRZÓ HŐ ÁTMENETÉRE. — A SUGÁRZÓ HŐ ÁTMENETE ÁTLÁTSZATLAN TESTEKEN. — A HŐSPECTRUM ELVÁLASZTÁSA A SZÍNKÉPTŐL, ÁTLÁTSZATLAN HASÁB ÁLTAL.

371. Megvizsgáltuk a szilárd és a folyékony testeket hőátbocsáthatóságuk tekintetében s azt tapasztaltuk, hogy bármily szoros is az ily testek atómjai között a kapcsolat, atómközeik mégis szabad tért engednek az éterrezgéseknek, úgy hogy e rezgések sok esetben, minden észrevehető akadály nélkül, átvonulhatnak az atómok között. Más esetekben azonban azt találtuk, hogy a tömecsek a beléjök ütköző hőhullámokat feltartóztatták, hanem e közben maguk váltak mozgási középpontokká. Tapasztaltuk továbbá, hogy a tökéletesen átbocsátó testek, áteresztvén önmagukon a hőhullámokat, nem szenvedtek semmiféle hőmérsékbeli változást; ama testek ellenben, melyek a hőáramot feltartóztatták, hőnyelésök folytán, megmelegedtek. Magán a jegen keresztül is bocsátottunk át erős hősugarat; de mivel e sugár a fajta volt, melyet a jég le nem tartóztat, átment a nagyon érzékeny anyagon anélkül, hogy a jeget megolvasztotta volna. Most a légnemű testekkel kell foglalkoznunk; ezeknél annyira ki vannak tágítva az atómközök s a tömecsek oly tökéletesen fel vannak oldva minden kölcsönös kapcsolat alól, hogy majdnem feljogosítva

érezhetjük magunkat, azt következtetni, hogy a gázok és gőzök teljesen tárt kaput nyitnak a hőhullámoknak. Egészen a legujabb időkig csakugyan ez volt az általános nézet. E következtetés levegővel tett kisérletekre volt fektetve, mely nyomát sem mutatta a hőnyelésnek.

372. De minden következő év gyarapítja ügyességünket a kisérlettételben; s a jobb meg jobb módszerek fölfedezése lehetővé teszi, hogy vizsgálatainkat a sikerre nagyobb kilátással ismételhessük. Vizsgáljuk meg tehát még egyszer a légköri levegő hőátbocsáthatóságát. De tegyünk előbb egy elékészitő kisérletet. Itt van egy üres ónhenger *AB* (84. ábra);



84-ik ábra.

4 láb a hossza s majdnem 3 hüvelyk az átmérője. E hengeren bocsátjuk majd át a sugárnyalábot. Szükséges azonban, hogy a hőnek a levegőn való átmenetét a légüres téren való átmenetével hasonlithassuk össze. Ki kell tehát a hengert szivattyúznunk, s e czélból eszközökről kell gondoskodnunk, hogy hengerünk végeit kellően bezárhassuk. Itt gördül utunkba az első kisérletbeli nehézség. Általános szabály szerint ugyanis a sötét hő mohóbban nyelődik el, mint a világító; mivel pedig nagy mértékben átbocsátó test hőnyelését szándékozunk észrevehetővé tenni, nagyon valószinü, hogy czélunkat úgy fogjuk elérni, ha valamely sötét hőforrás sugárzását fogjuk alkalmazni.

373. Csővünket tehát oly anyaggal kell elzárnunk, mely épen az ily hőnek enged szabad átmenetet. Üveget használjunk e czélra? Megtekintvén a 350-ik szakaszban közlött táblát, azt találjuk, hogy az ily hőt az üveglemezek épen nem bocsátják át; fémlemezekkel is csak úgy zárhatnók be csövünket, mint üveglemezekkel. Itt észre fogják vehetni, mint használja fel az egyik észlelő eredményeit a másik; — s mint növekszik a tudomány azáltal, hogy az előbbi vizsgálatok czélja csakhamar eszközévé válik a későbbieknek. Ha Melloni fel nem fedezi a kősó hőátbocsátó tulajdonságait, most meg lennénk akadva, nem tudván magunkon segíteni. Egy ideig mindamellett zavarban voltam, mert nehéz volt kapnom eléggé tiszta és a cső végeinek befödésére elég nagy kősólemezeket. De a tudomány munkásának, ha elmondja: mire lenne szüksége, nem kell sokáig várakoznia. Ily szives támogatásnak köszönöm e becses anyagból való lemezeket, melyeket az *A* és *B* foglalók segélyével légáthatlanul rácsavarhatok a cső két végére.* Két záró csapot is látnak a hengeren megerősítve,

---

* Egy időben, midőn nagy szükségem volt kősólemezekre, a „Philosophical Magazine"-ban nyilvánítottam ebbeli szükölködésemet, s azonnal kaptam választ Sir John Herscheltől. Levele kiséretében mindjárt nagy darab kősót küldött. Levele kivonatát közleni fogom, mert kiderül belőle, hogy mi czélra volt tulajdonképen ama só szánva. Dr. Szabónak, az 1862. évi nemzetközi kiállítás magyar biztosának is mély köszönettel tartozom; ő általa jutottam a kősóból aránylag nagy bőségre. Köszönet még Fletcher úrnak Nortwichben és Corbett úrnak Bromsgroveban szives készségökért. Ezen elismerő nyilatkozatimon kivül hálásan meg kell köszönnöm a württembergi kormánynak azon igen szép darab sót, melyet az utolsó párisi közkiállításon a maga osztályában kiállított.

Itt következik a kivonat Sir John Herschel leveléből: „Értekezésemnek a Philos. Trans. 1840-ben történt közzététele után nagyon kivántam az üveghasábok és lencsék befolyását mellőzni s biztosan megtudni, vajjon az én elszigetelt βγδε hőfoltjaim a spectrumban napi vagy földi eredetüek-e? Kősó volt az elkerülhetetlen kisegítő s miután sokáig és hasztalanul fáradoztam, hogy eléggé nagy és tiszta példányok birtokába juthassak, a boldogult Dr. Sommerville — a mint egy

az egyik *c* a légszivattyúval áll kapcsolatban, melylyel a csővet kiszivattyúzhatom, a másikon *c'* pedig levegőt vagy valamely más gázt bocsáthatok a csőbe.

374. A henger egyik végén Leslie-féle koczka áll, telve forró vízzel s bevonva lámpakorommal, hogy nagyobb legyen a sugárzása; a másik végén áll a hővillanyoszlop, melytől huzalok vezetnek a galvanométerhez. A henger *B* vége és a *C* koczka közé *F* önernyő van közbeállítva. Ha ezt az ernyőt félretolom, úgy a *C*-ből kiinduló hősugarak áthaladnak a hengeren s azután a hővillanyoszlopra esnek. Kiszivattyúzván a henger levegőjét, kissé félretoljuk az ernyőt; a sugarak légüres téren áthaladnak s az oszlopra esnek. Az ernyőt, a mint látják, csak részben vontam félre; a most átbocsátott hő által eszközölt állandó elhajlás 30°.

375. Száraz levegőt bocsátok a hengerbe; tehetem pedig ezt a *c'* csappal, melytől hajlékony kaucsukcső vezet az *U* és *U'*-val jelölt, meghajlított üvegcsövekhez. *U* tele van maró káli oldatában áztatott horzsakődarabokkal s arra való, hogy a rajta átvonuló levegőnek bármily parányi szénsavát letartóztassa. *U* tele van kénsavban áztatott horzsakődarabokkal

---

barátomtól hallottam Cheshire-ben — szives volt nekem e nagyon szép darabot átküldeni, melyet most Önhöz juttatok. Nagyon szét van ugyan hasadozva, nem kétlem azonban, hogy még elég nagy darabok vághatók ki belőle lencsékre és hasábokra, kivált ha akár a lencsék, akár a hasábok össze lesznek ragasztva.

„Nem voltam azonban elkészülve a darab feldolgozására — a mi bizonyára igen kényes és nehezen keresztülvihető művelet; — az volt a szándékom, hogy a kiállő szögleteket l e o l v a s z t o m stb. s addig n y a l o m, míg kellő alakja nem lesz; e dolgot ugyan soha sem tévesztettem el szemem elől, de mindeddig nem juthattam hozzá s félre tettem. Egy vagy két évvel később utána nézvén, sajnálatomra azt találtam, hogy szétfolyás következtében a só sokat veszitett. Körül vettem tehát hóval, vas abroncsos agyagedénybe tettem s Arnott-féle kályhával fütött szobában egy felső polczra helyeztem, s ott hagytam mostanig.

„Ha némi haszonnal járónak véli leirt kisérletemet, tessék azt kérem úgy, a mint leirtam, ismételni s ezen nekem mindig jelentékenynek látszó kérdést tisztába hozni.“

s arra való, hogy elnyelje a levegő vizgőzeit. A levegő tehát, midőn a hengerbe jut, meg van fosztva szénsavától és vízpáráitól. Most beömlik; mutatja ezt a légszivattyú higanyoszlopa; tessék a tűre figyelni, a mint a levegő belép a hengerbe. Ha a levegő belépte csökkenti a hengeren át történő sugárzást, ha a levegő oly anyag, mely észrevehető mértékben képes feltartóztatni az éterhullámokat, úgy ennek a galvanométeri elhajlás csökkenésében kell nyilvánulnia. A cső most már tele van levegővel, de változást a tű fekvésében nem vesznek észre s akkor sem vennének változást észre, ha közvetetlenül a készülék mellett állanának. Az így megvizsgált levegő, úgy látszik, csak úgy átbocsátja a sugárzó hőt, mint maga a légüres tér.

376. Megváltoztatván az ernyő állását, megváltoztathatjuk az oszlopra eső hőmennyiséget; ha tehát lassanként, odább-odább vonom az ernyőt, ezzel azt idézhetem elé, hogy egymásután 40, 50, 60, 70, 80 fokú legyen a tű elhajlása; s a közben, mig a tű ezen állások valamelyikét elfoglalja, ismételhetnők az imént tett kisérletet. Változást azonban a tűnek állásában egyszer sem látnának. Ugyanez lesz az eset, ha befelé tolván az ernyőt, 20 vagy 10 fokúvá csökkentem az elhajlást.

377. Az imént tett kisérlet egy a természethez intézett kérdés, s hallgatását tagadó válasz gyanánt lehetne venni. Tagadást azonban a természetvizsgálónak nem szabad oly könnyedén elfogadnia, s nem is vagyok benne bizonyos, vajjon a lehető legjobb alakban tettük-e kérdésünket? Elemezzük kissé azt, a mit tettünk s vegyük először tekintetbe azon esetet, melyben legcsekélyebb, azaz 10 fokú az elhajlás. Tegyük fel, hogy a levegő n e m tökéletes átbocsátó s hogy a csövön átmenő hőnek csekély, talán ezred részét csakugyan feltartóztatja, hogy minden ezer sugár közül egyet lefoglal; észrevehetnők-e e hatást? Az ily elnyelés, ha csakugyan beállana, az elhajlást 10 foknak ezredrészével vagy egy foknak századrészével csökkentené, ez pedig oly csökkenés, melyet

még akkor sem volna lehetséges látniok, ha a galvanométernek tőszomszédságában állanának.* Az oszlopra eső összes hőmennyiség az itt feltételezett esetben oly jelentéktelen, hogy ennek csekély része, ha elnyeletnék is, valóban kikerülné a megfigyelést.

378. De mi nem szorítkoztunk csekély hőmennyiségekre; ugyanaz volt az eredmény, midőn 10^0 helyett 80 fokú volt az elhajlás. Esedeznem kell, hogy figyelmöket megfeszítsék s hogy egy darabig valamivel nehezebb téren kövessenek. Tisztán érthetővé szeretném tenni a galvanométer egyik nevezetes sajátságát.

379. A tű a zérus fokon állván, essék az oszlopra oly hőmennyiség, mely egy fokú elhajlást képes eléidézni. Tegyük fel, hogy a hőmennyiség ezután növekszik s két, három, négy, öt fokú elhajlást idézzen elé egymásután; akkor az ezen elhajlásokat eléidéző hőmennyiségek 1 : 2 : 3 : 4 : 5 viszonyában állanak egymáshoz. Az a hőmennyiség, mely 5 fokú elhajlást létesít, épen ötakkora mint az, mely egy fokú elhajlást okoz. De ezen arányosság csak addig áll, míg az elhajlás bizonyos határon túl nem megy; mert a mint a tű tovább és tovább terelődik a zérustól, mindig csekélyebb sikerrel hat reá az áram. Világositsuk ezt fel egy példával: a hajócsigán dolgozik egy matróz, az emeltyűre mindig merőlegesen irányitja erejét; mert ha ferdén irányitaná, erejének csak egy része fordittatnék a hajócsiga forgatására. Igy van ez a mi villanyáramunkkal is, ha a tű nagyon ferdén áll az áram irányára, úgy az áram erejének csak egy része fordittatik a tű mozgatására. Innét van, hogy habár a hőmennyiséget tökéletesen kifejezheti az általa gerjesztett áram erőssége, s a mi esetünkben csakugyan ki is fejezi; a nagyobb fajta elhajlás még sem lehet igaz mértéke az oszlopra eső hőmennyiségnek, mert nem az egész áramnak, hanem csak egy részének hatását mutatja.

* Nem szabad elfelejteni, hogy itt galvanométeri, nem pedig hőmérői fokokról van szó.

380. Az önök előtt álló galvanométernek olyan a berendezése, hogy az elhajlás szögei körülbelül a 30-ik fokig arányosak a hőmennyiségekkel. Az a mennyiség, mely a tűnek 29-ik fokról 30-ik fokra való hajtására szükséges, tökéletesen akkora mint az, mely 0 fokról 1 fokra hajtja a tűt. De a 30-ik fokon túl megszűnik az arányosság. Az a hőmennyiség, melyet a tűnek 40-ik fokról 41-ik fokra való hajtása igényel, három akkora mint az, mely a tűt 0 fokról 1 fokra hajtja s hogy ugyanaz a tű 50-ik fokról 51-ik fokra tereltessék, erre ötannyi hő kell, mint arra, hogy 0 fokról 1 fokra tereltessék; hogy 60-ról 61-re tereltessék, arra hét annyi-, hogy 70-ről 71-re hajtassék, tizenegy annyi-, hogy pedig 80-ról 81-re mozgattassék, arra ötven annyinál is több hő kell, mint arra, hogy 0 fokról 1 fokra hajtassék. Mennél magasabb számú fokok felé haladunk, annál nagyobb az egy foknyi elhajlás által kifejezett hőmennyiség; mert a tűt mozgató erő csak egy része azon erőnek, mely a huzalban valóban kering, s ennélfogva csak egy részét fejezi ki az oszlopra eső hőnek.

381. A galvanométer magasabb fokainak értékét, később leirandó művelet segélyével,* ki lehet fejezni alacsonyabb fokokban. Tapasztalni fogjuk, hogy míg a 10, 20, 30 fokú elhajlások oly hőmennyiségeket ábrázolnak, melyeket 10, 20, 30 számok fejeznek ki, már a 40 fokú elhajlás oly hőt ábrázol, melyet 47 fejez ki; az 50 fokú elhajlás olyat, melynek 80 a kifejezője; a 60, 70, 80 fokú elhajlások pedig oly hőmennyiségeknek felelnek meg, melyek az elhajlásokhoz képest még nagyobb viszonyban növekednek.

382. Mire vezet bennünket ez az elemzés? azt hiszem, jobb módszerre fog bennünket tanitani a természet vallatásában. Megfontolván ugyanis a dolgot, azt találjuk, hogy ha kicsinynyé teszszük az elhajlás szögét, az oszlopra eső hőmennyiség oly jelentéktelen, hogy ha egy része elnyelet-

* Lásd a függeléket a jelen fejezet végén.

nék is, e résznek ki kellene kerülnie a megfigyelést; ha pedig hatalmas hőáram által nagygyá teszszük az elhajlást, a tűnek akkor olyan a fekvése, melyből csak tetemes hőnövekvés vagy hőcsökkenés következtében mozdíthatja ki. Az összes sugárzásnak 1000-ed része az első esetben határozottan csekély volna a megmérésre; a második esetben az 1000-ed nagyon jelentékeny lehetne ugyan, de még sem volna képes észrevehető mértékben hatni a tűre. Ha például 80 fokúnál nagyobb az elhajlás, oly hőmennyiséget, mely a galvanométeren 15 vagy 20 alsóbb foknak felelne meg, nehezen lehetne észrevenni.

383. Most világosan elénk van szabva feladatunk; oly nagy hőárammal kell dolgoznunk, melynek kis törtrésze nem elenyésző csekély, s tűnket e mellett még is a maga legérzékenyebb helyzetében kell megtartanunk. Ha ez sikerül, határtalanul fokozhatjuk experimentáló hatalmunkat. Ha a gáz az összes hőnek egy részét, — bár igen csekély részét — letartóztatja, *úgy e rész absolut értékét növeszthetjük, növesztvén az egészet, melynek az elnyelt rész egy bizonyos hányada.*

384. Szerencsére e feladat valóban feloldható. Tudják, hogy ha a hővillanyoszlop ellenkező oldalaira melegséget szállítunk, a keletkezett áramok többé kevésbé semlegesülnek s ha a két oldalt jutó melegség egészen egyenlő mennyiségű, úgy teljes semlegesség jön létre. A csövön áthaladó hőáram jelenleg 80 fokra tereli a galvanométer tűjét; feltárom az oszlopnak másik, hasonlóképen kúpos visszaverővel felszerelt oldalát s ez elébe is forró vízzel telt koczkát állítok; íme látják, azonnal csökken a tű elhajlása.

385. Kellően állított ernyő segélyével úgy szabályozható az oszlop hátsó oldalára eső hő, hogy tökéletesen semlegesíti azt, mely az oszlop előlapját találja. Ez most megvan; a tű a zéruson áll.

386. Két hatalmas és egymással tökéletesen egyenlő hőáramunk van tehát, melyek az oszlop ellenkező oldalait

találják, s melyek közül az egyik kiürített hengerünkön megy át. Ha a levegő a hengerbe beömlik s ha e levegő bármi hatást gyakorol a hőre, a most meglévő egyenlőségnek meg kell háborittatnia. Ha a levegő a csövön áthaladó hő egy részét letartóztatja, úgy a másik hőforrásnak túlsúlyra kell vergődnie; a tűnek, mely most legérzékenyebb állásában van, el kell tereltetnie. Az elhajlás nagyságából pedig pontosan kiszámíthatjuk a hőnyelést.

387. Ime vázoltam azon készülék körrajzát, melylyel a gázok és a sugárzó hő közötti vonatkozást vizsgálnunk kell. A használt kémszerek azonban oly hatalmasak s egyúttal oly finomak, hogy az oly durva készülék, mint az imént vázolt, meg nem felelne czélunknak. De most már nem lesz nehéz a tökéletesebb készülék szerkezetét és használatát megérteniök, azon készülékét, melylyel a gázok hőnyelésére és sugárzására vonatkozó kisérletek tétettek.

388. *S* és *S'* (1-ső rajzlap a könyv végén) között van a kisérleti henger: üres, belül csiszolt sárgarézcső; *S* és *S'*-nél vannak a hengert légáthatlanul záró kősólemezek; az *S* és *S'* közötti távolság a most leirandó kisérleteknél 4 láb. *C* a hőforrás, öntött rézkoczka, megtöltve vízzel, melyet *L* lámpa folytonosan forral. *C* koczkához oda van szögecselve az *F*-el jelölt rövid henger; átmérője akkora, mint a kisérleti hengeré, melylyel *S*-nél légáthatlanul összekapcsolható. E szerint a *C* hőforrás és a kisérleti henger *S* vége között *F* előkamra van, melyből a levegő kiszivattyúzható, úgy, hogy a hőforrásból kiinduló sugarak az *SS'* hengerbe léphetnek anélkül, hogy levegő által előlegesen átszűretnének. Hogy a hő a *C* forrásból vezetés folytán át ne mehessen az *S*-nél levő lemezre, arra az *F* kamarát körülfogó *V* edény való. Ezen edényben ugyanis hideg vízáram kering szakadatlanul; a vízáram az edény fenekéig érő *ii* csövön ömlik az edénybe és *ee* elvezető csövön vonul ki belőle. A kisérleti cső és az előkamra egymástól függetlenül állanak kapcsolatban az *AA* légszivattyúval, tehát önállóan megtölthető és kiüríthető

mindakettő. Itt megemlíthetem, hogy a kisérleti henger, későbbi berendezésében, a légszivattyútól elválasztva állott, vele hajlékony csővel levén összekötve. Ezzel tökéletesen kikerültem a légszivattyú működésekor mindig beálló rázkódtató mozgást. *P* a hővillanyoszlop; állványára erősítve, a kisérleti henger végéhez tétetik s két kúpos visszaverővel van fölszerelve. *C'* a pótkoczka a *C* sugárzásának semlegesítésére. *H* a szabályzó csap, melyet nagyon finoman ide-oda lehet tolni. *NN* igen érzékeny galvanométer, melyet *P* oszloppal *ww'* huzalok kapcsolnak össze. Az *OO* fokozott csőről (a rajzlap jobb oldalán) és az *MK* toldalékról (a kisérleti cső közepén) adandó alkalommal szólandunk.

389. Bajosan tarthatnám figyelmöket ébren, ha említést akarnék tenni mind azon nehézségekről, melyek az e készülékkel tett első vizsgálatokat ostromolták, vagy ha a számtalan elővigyázati rendszabályt elészámlálnám, melyeket az itt használt két hatalmas hőforrás tökéletes kiegyenlítése tett szükségessé. Azt hiszem, hogy tizezrével lehetne számlálni a kisérleteket, melyek csak a légköri levegővel tétettek. Gyakran megtörtént, hogy egy hét, sőt két hét folytán is egyezők és kielégitők voltak az eredmények; s már úgy látszott, hogy megvannak a szabatos kisérletek pontos feltételei, s ime, a következő napon tett vizsgálat tönkre zúzta az előbbi alapra fektetett reményeket, s az egész kérdésnek újra kezdését parancsolta megváltoztatott feltételek között. Az ily tapasztalatok azok, melyek a kisérletezőt visszariasztják. Harcz ez, — a sok, homályos, bonyolódott, kellemetlen mellékkörülményekkel és nehézségekkel, melyek a vizsgálatnak eleinte útjába gördülnek, midőn még nem is tudjuk, fog-e a fáradság valamikép használható eredményre vezetni; e harcz nehezíti és ritkítja a felfedezéseket. De a kisérletezőnek, különösen a fiatalnak, tudnia kell, hogy minden esetre nyer belső becsében, csak komoly legyen a törekvése. Az a tudat, hogy a mennyire eszközei engedték, tökéletesen átvizsgálta a maga tárgyát, az az érzet, hogy még akkor sem riadt vissza semmi-

féle munkától, midőn e munka elvégre is törekvéseinek eredménytelenségét mutatta, mindez — még ha tagadó is az eredmény — erőt ad neki a jövendő alkotásra.

390. De vissza a dologra. Eleinte egészen elhanyagoltam a légköri nedvességet és a szénsavat, azt vélvén, mint sokan utóbb is tették, hogy ezen anyagok, mert rendkivül csekély a mennyiségök, nem hatnak észrevehetőleg a sugárzó hőre. De csakhamar rájöttem, hogy e feltevés egészen tévútra vezetett. Szárítóul először chlórmeszet használtam, de el kellett hagynom. Azután kénsavval nedvesített horzsakövet alkalmaztam, de e mellett sem maradhattam meg. Végül tiszta üvegdarabokban állapodtam meg, melyeket kénsavval nedvesítettem s tölcséren egy U-alakú csőbe öntöttem. Úgy találtam, hogy ez a legjobb berendezés; de itt is a legnagyobb gondra volt szükség. Az U cső mindenik szárát felül egy réteg száraz üvegdarabbal kellett befedni, mert ha a dugóból csak porszemnyi darabka, vagy a tűfej huszadrészénél nem nagyobb pecsétviasz-szemecske érte a kénsavat, már akkor helytelenül ütöttek ki az eredmények. Azon felül gyakran kellett a szárító csöveket változtatni, mert a légkörbeli szerves anyag, bár mily parányi volt is a mennyisége, bizonyos idő mulva még is zavarólag hatott.

391. A szénsav letartóztatására tiszta karrarai márványt darabokra törtem, maró kálival megnedvesítettem s ezzel egy U-alakú csövet megtöltöttem. Ezek azon segédeszközök, melyeket a gáz szárítására és szénsavának letartóztatására most használok; végleges megállapodásom előtt azonban az I-ső rajzlapon előtüntetett berendezést tettem a levegő szárítására. Az *YY*-al jelölt üvegcsövek mindegyike 3 láb hosszú volt és chlórmészszel volt megtöltve; mögöttök állott az *RZ*-vel jelölt U-alakú cső, horzsakővel és kénsavval. A levegőnek tehát az első esetben 18 lábnyi úton kellett járnia chlórmeszen keresztül, azután végig kellett haladnia a kénsavas csövön, s csak úgy mehetett be az *SS'* kisérleti csőbe. Levegő helyett, más gázok bejuttatására volt a *GG* gáztartó

szánva. Most folyó vizsgálataimnál e berendezéssel, mint már említettem, felhagytam, az egyszerűbb sikeresebbnek mutatkozván.

392. Mind az *F* előkamra, mind az *SS'* kisérleti cső ki lévén ürítve, a *C* hőforrás sugarai átmennek az előkamarán, az *S*-nél levő kősólemezen, a kisérleti csövön, az *S'*-nél levő lemezen; s végre a *P* oszlopnak előlapjára esnek. E sugárzást semlegesíti a *C'* pótkoczka sugárzása; a tű zéruson áll. E szerfelett szigorú próbát legelébb is a száraz levegőre fogjuk alkalmazni; ezzel kezdjük kisérleteinket. A levegő beömlik a kisérleti hengerbe; önök azonban távol vannak s mozgást nem vehetnek észre a galvanométer delejtűjén; a kisérletezésnek e hatalmas módszerével sem vagyunk képesek a levegőben a hőnyelést észrevenni. Úgy látszik, hogy atómjai egyetlen egy hőhullámot sem képesek letartóztatni; gya korlatilag véve, *olyan a levegő a hősugarakra nézve mint az ür.* Oxygén, hydrogén és nitrogén, ha gondosan meg vannak tisztítva, a légköri levegővel egyformán, t. i. semlegesen viselik magukat.

393. A most leirandó vizsgálatok előtt azt vélték, hogy a gázok egyátaljában mind igy viselik magukat. Lássuk, vajjon igy áll-e a dolog? E gáztartó olajképző gázt foglal magában; közönséges világító gáz is megfelelne czélomnak. Az olajképző gáznak a fényre nézve tökéletes átlátszósága legvilágosabban kitünik, ha megengedjük, hogy a levegőbe áramoljék. Semmit sem látnak; a gázt nem lehet a levegőtől megkülönböztetni.

A kisérleti cső ki van szivattyúzva, a tű a zéruson áll. Figyeljék meg a hatást, midőn olajképző gázt bocsátunk be. A tű azonnal megindul; az átlátszó gáz letartóztatja a hőt, mint valami át nem bocsátó test. Midőn a cső tele van gázzal, a végleges és állandó elhajlás 70 fokra rúg.

394. Állitsunk most egy fémernyőt a *P* oszlop és a kisérleti cső *S'* vége közé, ezzel tökéletesen elvágván a csövön átmenő sugárzást. Az oszlopnak a fémernyő felé fordult ol-

dala, mert kisugároz, gyorsan elszórja a maga melegét; hőmérséke most a terem hőmérsékével egyenlő. Az oszlopra jelenleg tehát csak a pótkoczka sugárzása hat s 75 fokú elhajlást idéz elé. A kisérlet kezdetén mind a két koczkának egyenlő volt a sugárzása; e 75 fokú elhajlás tehát a csövön átmenő *teljes sugárzásnak* felel meg azon esetben, midőn a cső ki van szivattyúzva.

395. Legyen hőegységünk azon hőmennyiség, mely a tűnek 0 fokról 1 fokra való hajtására szükséges, akkor a 75 fokú elhajlást

276 hőegység

és a 70 fokú elhajlást

211

hőegység fejezi ki.

A 276-ra menő összegből tehát 211-et tartóztatott le az olajképző gáz; ez pedig az egésznek körülbelől hét kilenczedrésze, vagy körülbelől 80 százaléka.

396. Nem úgy tűnik-e fel önöknek a dolog, mintha kősólemezűnkre, midőn a gáz belépett, rögtön valami hőáthatlan réteg csapódott volna le? Ez az anyag azonban nem rakódik le semmiféle réteggé. Ha a szárított gáz árama csiszolt kősólemezre áramlik, legcsekélyebb homályosodást sem vesznek észre. Azon felül a kősólemezek, ha szükségesek is a pontos mérésre, nem szükségesek akkor, ha csupán e gáz elnyelő képességének megmutatása forog kérdésben. Itt van egy nyitott öncső, az oszlop és a sugárzó hőforrás közé tolva; olajképző gáz áramlik belé lassacskán e gáztartóból; íme látják, hogy a tű egészen a gátakig röpül. Nézzék, mily keveset bocsátok be a gázból. A nyitott csövet megtisztítom, légáramot bocsátván rajta keresztül; a tű a zéruson áll s most e csapot kinyitom és bezárom oly gyorsan, a mint csak lehet. Egyetlen egy gázbuborék lép a csőbe e rövid időköz alatt; s még is látják, hogy jelenléte következtében 70 fokra csap a galvanométer tűje. Távolítsuk el a csövet; csak szabad levegő legyen az oszlop és a hőforrás között, s

bocsássunk e térbe olajképző gázt a gáztartóból. Semmit sem látnak a levegőben, de a tűnek 60 foknyi iven való futása a hősugarak e láthatlan korlátjának jelenlétét hirdeti.

397. Be van tehát bizonyitva, hogy azon éterhullámokat, melyek az oxygén, nitrogén és hydrogén atómjain akadálytalanul átcsúsztak, az olajképző gáz tömecsei hatalmasan feltartóztatják. Fogunk találni egyéb átlátszó gázokat is, melyek összehasonlithatatlanúl felülmúlják a levegőt. A gázatómok számát tetszésünk szerint csökkenthetjük s ezzel megváltoztathatjuk az elnyelt éterhullámok mennyiségét. A légszivattyúra egy légsúlymérői cső van erősitve, melynek segélyével megmért gázmennyiségek bocsáthatók be. A kisérleti cső ki van szivattyúzva; lassan fordítván a csapot, szemmel tartom a higanyt a légsúlymérői kémlőn, s az olajképző gáznak addig engedek beáramlást, mig egy hüvelykkel nem sülyeszti a higanyoszlopot. Megfigyelem a galvanométert s leolvasom az elhajlást. Meghatározván ily módon az egy hüvelyknyi nyomású gáz által előidézett hőnyelést, újra bebocsátok gázt s a két hüvelyknyi nyomású gáz eléidézte hőnyelést határozom meg. Ezt igy tovább folytatva, következő hőnyeléseket kapunk az 1—10 hüvelyknyi nyomásokra:

Olajképző gáz

nyomás hüvelykekben	hőnyelés
1	90
2	123
3	142
4	157
5	168
6	177
7	182
8	186
9	190
10	193

398. Az itt felvett egység azon hőmennyiség, mely akkor nyeletik el, ha a kisérleti csőbe egy légnyomású

szárított levegőt bocsátunk. A fennebbi tábla, például, mutatja, hogy az egy harminczad légnyomású olajképző gáznak 90 akkora a hőnyelése, mint egy egész légnyomású levegőé! Itt föl van téve, hogy a száraz levegővel telt csőnél 1 fok az elhajlás; valószinű, hogy az még ennél a parányi mennyiségnél is csekélyebb.

399. Azt is mutatja e tábla, hogy minden, az előbbihez hozzá adott, egy hüvelyknyi nyomású gázmennyiségnek csekélyebb a hatása, mint az előtte bebocsátotté. Az első egy hüvelyk egymagában 90 sugarat tartóztat le, a második csak 33-at, holott ha már 9 hüvelyknyi nyomás van a csőben s még egy hüvelyket adunk hozzá, e mennyiség csak három sugarat dúl szét. Ez tulajdonképen előre volt várható. A kiinduló sugarak száma véges s a legelébb bebocsátott, 1 hüvelyk nyomású, olajképző gáz annyira megritkította e sugarak sorait, hogy az utána bebocsátott, szintúgy 1 hüvelyk nyomású gáz pusztításának természetesen csekélyebbnek kell lennie. E pusztításnak csökkennie kell, a mint a gáz által elpusztítható sugarak száma csökken, mindaddig, míg végül valamennyi elnyelhető sugár el levén távolítva, a fentmaradt hő akadálytalanul mehet át a gázon.*

400. Oly csekélynek tevén fel azonban a legelébb bebocsátott gázmennyiséget, hogy az általa letartóztatott hőnek elenyésző csekély legyen a mennyisége, úgy jogosan várhatjuk, hogy a letartóztatott hőmennyiség, legalább eleinte,

* Az éterhullám, mely egy sugárzó pontból minden irányban elterjed, az egyarántos közegben gömbhüvelyt alkot, mely a fény vagy sugárzó hő sebességével terjeszkedik. A *fénysugár* vagy a *hősugár*: egy a hullámra merőleges vonal; e sugarak tehát, az itt felvett esetben, ama gömbhüvely félátmérői. E szó „sugár" a szövegben egyjelentésűnek van véve a *hőegység* kifejezéssel, csupán a körülírás elkerülése végett. Ha tehát azt mondjuk, hogy az *egy légnyomású* levegő által letartóztatott hőmennyiség annyi mint 1, akkor az $^1/_{30}$ légnyomású olajképző gáz által letartóztatott hőmennyiség annyi mint 90.

arányos lesz a jelenlevő gázmennyiséggel; hogy kétannyi gáz kétakkora hatást, háromannyi gáz háromakkora hatást idéz elé, vagy általában, hogy a hőnyelés, bizonyos határok között, arányos a gáz sürüségével.

401. E gondolatot megvizsgálandók, fel fogjuk használni a készüléknek egyik, az előbbi leirásban mellőzött részét. *OO* (I. rajzlap) fokokra osztott üvegcső, melynek egyik vége vízzel telt *B* edénybe nyúlik. A csövet fent *r* csap zárja; *dd*-ben chlórmész-törmelék van a gáz szárítása végett. Az *OO* csövet először vízzel töltjük meg, egészen az *r* csapig, azután olajképző gázt bocsátunk belé alulról, óvatosan egyes buborékokban, mig a víz ki nincs szoritva helyéből. A gázt *r* csapon át bebocsátjuk a kisérleti hengerbe; a mint a gáz a kisérleti csőbe áramlik, a *B*-ben lévő víz feltódul az *OO* csőbe, melynek minden egyes osztóvonala $^1/_{50}$-ed köbhüvelyknyi térfogatot ábrázol. A gázból mindig többet és többet bocsátunk a csőbe, s minden térfogatra nézve külön meghatározzuk a hőnyelést.

402. A következő táblának első függőleges számsora a kisérleti csőbe bocsátott gázmennyiségeket mutatja, a második a megfelelő hőnyelést, melyet a számítás ad, feltéve, hogy a hőnyelés a gáz sürüségével arányos.

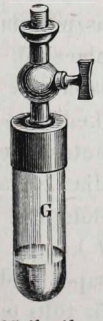
Olajképző gáz

mértékegység: $^1/_{50}$ köbhüvelyk.

a gáz mértéke	hőnyelés megfigyelt	hőnyelés kiszámított
1	2,2	2,2
2	4,5	4,4
3	6,6	6,6
4	8,8	8,8
5	11,0	11,0
6	12,0	13,2
7	14,8	15,4
8	16,8	17,6
9	19,8	19,8
10	22,0	22,0
11	24,0	24,2
12	25,4	26,4
13	29,0	28,6
14	30,2	30,8
15	33,5	33,0

403. E tábla bizonyságot tesz azon feltevés helyességéről, hogy igen csekély gázmennyiségeknél a hőnyelés arányos a gáz sűrűségével. De tessék kissé fontolóra venni, mily gyér az a gáz, melylyel mi itt dolgoztunk. Kisérleti csövünk térfogata 220 köbhüvelyk. Képzeljenek $^1/_{50}$ köbhüvelyk gázt e térben eloszlódva, úgy fogalmuk lesz azon légkörről, melyen a hősugaraknak első kisérletünknél át kellett haladniok. E légkörnek olyan a nyomása, mely $^1/_{11000}$-ed része a közönséges levegő-ég nyomásának. A légszivattyúval kapcsolatban álló higanyoszlopot nem nyomná alább, mint egy angol hüvelyknek $^1/_{367}$-ed részével. S a hősugarakra gyakorolt hatása mégis tökéletesen megmérhető, mert hőnyelése bőven kétakkora, mint egy egész légnyomású száraz levegőé.

404. Az olajképző gázt, hőnyelő ereje bármily rendkívülinek lássék is az előbbi kisérletek alapján, a különböző gőzök e tekintetben még is felülmulják. Ezeknek hatását a sugárzó hőre akarom most megmutatni. Ez (85. ábra) üvegedény sárgaréz födővel van boritva, melyre egy csapot légáthatlanúl fel lehet csavarni. Kevés kén-aethert öntvén a palaczkba s tökéletesen kiszivattyúzván belőle a folyadék feletti levegőt, oda csavarom a most légürés kisérleti csőre. A tű a zéruson áll. Megnyitván az üvegedény csapját, a kén-aethergőz a kisérleti csőbe ömlik; a légsúlymérői kémlő higanyoszlopa alább száll s ha épen egy hüvelyknyire esett, akkor meggátlom a gőz további beáramlását. Abban a pillanatban, melyben a gőz belépett a csőbe, megindult a galvanométer tüje s most 65 fokot mutat. Bebocsáthatok még egy hüvelyknyit, s ismét meghatározhatom az elnyelést, azután egy harmadik, egy negyedik hüvelyknyit s minden egyes esetre külön meghatározom a hőnyelést. Az ekként nyert eredmények megvannak a következő táblában; s a harmadik sorban, összehasonlítás kedvéért, be van igtatva az olajképző gáz megfelelő hőnyelése.



85-ik ábra.

Kén-aether

nyomás hüvelykekben	hőnyelés	az olajképző gáz megfelelő hőnyelése
1	214	90
2	282	123
3	315	142
4	330	154

405. E nyomásoknál a kén-aether gőze körülbelül $2^2/_3$ annyit nyel el a sugárzó hőből, mint az olajképző gáz. Arányosság azonban a gőz mennyisége és a hőnyelés között nem mutatkozik.

406. De úgy, a mint az olajképző gázról elmélkedtünk, elmélkedhetünk a kén-aetherről is. Tegyük fel, hogy elég csekélylyé teszszük az egyszerre bebocsátott gőzmennyiséget, akkor a sugaraknak összes mennyiségéhez képest elenyésző csekély lesz az először szétdúlt sugarak száma, s valószinű, hogy legalább eleinte arányosság fog kitűnni a gőz sürüsége és hőnyelése között. Megvizsgálandó, vajjon igy áll-e a dolog, a készüléknek az általános leirásból kihagyott másik részét használtam. *K* (I. rajzlap) a már leirt, sárgaréz födelű kis palaczkok egyike. E födél erősen oda van csavarva a *c'* csaphoz. *c'* és *c* csapok — ez utóbbi a kisérleti csővel közlekedik — között *M* kamra van, melynek belső térfogata pontosan meg van mérve. *K* palaczk egy részét aether foglalja el, a többit aethergőzök, mert levegője, a folyadékban feloldottal együtt, el lett távolitva. Miután az *SS'* cső és az *M* kamra kiszivattyúztattak, a *c* csapot be kell zárni, a *c'* csapot pedig ki kell nyitni, minek következtében tiszta aethergőz tölti meg az *M* kamrát. Ha a *c'* csapot ezután bezárjuk és a *c*-t kinyitjuk, úgy az *M* kamrában levő gőz az egész kisérleti csőben szétoszlódik s ekkor meg lehet hőnyelését határozni. Igy mindig több és több mértéknyi gőzt bocsátunk a kisérleti csőbe s minden egyes esetre nézve feljegyezzük az eléidézett hatást.

407. A következő táblában használt mértékegységnek $^1/_{100}$ köbhüvelyk volt a térfogata.

Kén-aether

mértékegység $^1/_{100}$ köb hüvelyk.

a mérték egységek száma	megfigyelt hőnyelés	kiszámított hőnyelés
1	5,0	4,6
2	10,3	9,2
4	19,2	18,4
5	24,5	23,0
6	29,5	27,6
7	34,5	32,2
8	38,0	36,8
9	44,0	41,4
10	46,2	46,0
11	50,0	50,6
12	52,8	55,2
13	55,0	59,8
14	57,2	64,4
15	59,4	69,0

408. Itt azt találjuk, hogy az első 11 mértékegységre nézve áll a sürűség és a hőnyelés közötti arányosság, azontúl pedig mind jobban növekszik az eltérés.

409. Kétséget nem szenved, hogy az imént felhozott törvénynek, $^1/_{100}$ köbhüvelyknél csekélyebb mértékegység esetében, még nagyobb az érvényessége. Alkalmas helyiségben tökéletes pontossággal meg lehetne határozni $^1/_{10}$ részt azon hőnyelésből, melyet az első mérték idézett elé; ez pedig $^1/_{1000}$ köbhüvelyknyi gőznek felelne meg. De mielőtt a gőz a csőbe ömlött, csak 12 hüvelyknyi, azaz akkora volt a feszültsége, a mekkora feszültség a műhely hőmérsékével járt; ezt pedig 2,5-el kell szoroznunk, hogy a légkör nyomását megkapjuk. E szerint $^1/_{1000}$ köbhüvelyknyi gőznek a nyomása, feltéve, hogy e gőz 220 köbhüvelyknyi belsejü csőben oszlódnék szét, egy légnyomásnak $^1/_{220} \times {}^1/_{2,5} \times {}^1/_{1000} = {}^1/_{550000}$-ed részét képezné. Valóban bámulatos, hogy az ily gyérített, átlátszó gáznak a sugárzó hőre gyakorolt hatását egyáltalában meg lehet mérni.

410. Az aetherrel és az olajképző gázzal tett kisérleteink nem azt mutatják csupán, hogy e gázalakú testek, a közönséges légköri nyomásnál, akadályt gördítenek a rajtok átmenő sugárzó hő útjába; és nemcsak azt mutatják, hogy e gázok tömecsközei e nyomásnál képtelenek szabad átmenetet engedni az éterhullámoknak, hanem azt is mutatják, hogy midőn sürüségök az egy légköri nyomáshoz valónál temérdekszer kisebb is, még igy sem elég tágas az átjárás, hogy a hullámok akadály nélkül átmehessenek. Maguknak az egyes tömecseknek szerkezetében kell valaminek lenni, hogy bár oly gyéren vannak is elhintve, mégis képesek a hőhullámokat elpusztítani. Az elpusztítás azonban csak az alakra vonatkozik; valóságos veszteség itt sincs. Száraz levegőn átmennek a sugarak anélkül, hogy a levegőt észrevehetőleg megmelegitenék; ily szabadon az olajképző gázon és aethergőzön át nem mehetnek, de minden hullám, mely a hősugártól elvétetik, az elnyelő gáz tömegében önmagával egyenértékü mozgást hoz létre, emeli a gáz hőmérsékét. Átruházás ez, nem pedig megsemmisités.

411. Mielőtt a most használt hőforrást megváltoztatnám, forditsuk figyelmünket egy pillanatig némely állandó gázoknak a sugárzó hőre gyakorolt hatására. A kisérleti csőbe bocsátott gázmennyiségek megmérésére a légszivattyúhoz csatolt légsúlymérői kémlő szolgált. A szénoxyd hőnyelését kifejező számok a megfelelő nyomások mellett állanak. Egységül az egy légnyomású levegőnek hatása vétetett, melynek feltevésünk szerint egy fokú elhajlás a kifejezője.

Szénoxyd

nyomás hüvelykekben	megfigyelt hőnyelés	kiszámított hőnyelés
0,5	2,5	2,5
1,0	5,6	5,0
1,5	8,0	7,5
2,0	10,0	10,0
2,5	12,0	12,5
3,0	15,0	15,0
3,5	17,5	17,5

A harmadik függőleges sor számai itt is úgy, mint az előbbi esetekben, azon föltevés alapján számittattak ki, hogy a hőnyelés a gáz sürüségével egyenes arányban van. Mutatják pedig e számok, hogy az első hét mértéknél, vagyis egészen 3,5 hüvelyknyi nyomásig, csakugyan áll az arányosság; de megszünik, ha a gázmennyiségek nagyobbak. 0,5 hüvelyk helyett például 5 hüvelyk lévén az egység, következő eredményeket nyerünk:

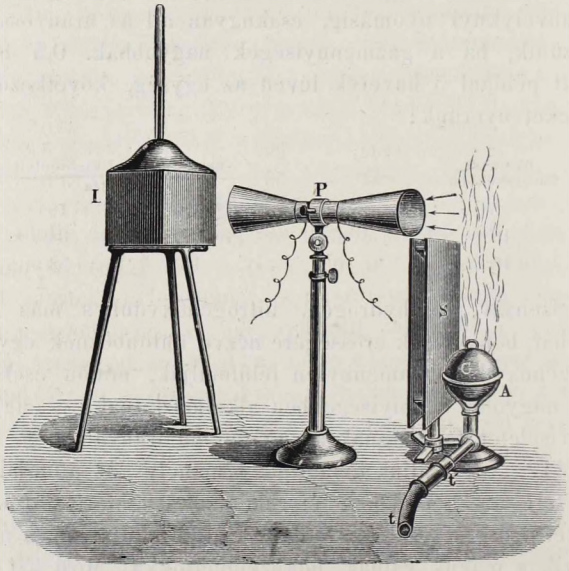
nyomás hüvelykekben	megfigyelt hőnyelés	kiszámított hőnyelés
5	18	18
10	32,5	36
15	45	53

Szénsav, kénhydrogén, nitrogénoxydul s más gázok, — habár hőnyelésök erősségére nézve különböznek egymástól s a szénoxydot valamennyien felülmulják, midőn csekélyebb vagy nagyobb mennyiségekben alkalmaztatnak, — ugyan ily magaviseletet tanusitanak a sugárzó hő irányában.

412. Azt találjuk tehát, hogy némely gáz atómjai majdnem teljesen képtelenek éterhullámokat letartóztatni; más gázokéi pedig, ugyanazon hullámok által találtatván, a mozgást átveszik s maguk válnak hőközéppontokká. Most azt fogjuk megvizsgálni, hogy a különböző gázok mire képesek az utóbbi tekintetben. Puhatoljuk ki, vajjon ez atómokat és tömecseket, melyek oly különböző mértékben veszik át a mozgást az étertől, nem jellemzi-e az, hogy különböző mértékben is képesek mozgást kölcsönözni az éternek; vagy a szokott kifejezéssel élvén: miután már tanultunk valamit a különböző gázok *hőnyelő* képességéről, most már puhatoljuk ki *sugárzó* képességöket.

413. Hozzá foghatunk e kutatáshoz a következő készülékkel. *P* (86. ábra) a két visszaverővel felszerelt hővillanyoszlop; *S* kettős ernyő csiszolt ónból; *A* Argandféle égető, két egyközepüen átfürt gyürüvel; *C* rézgolyó, melyet kisérlettétel közben nem egészen a vörösizzásig hevitünk; tt' a

gáztartóhoz vezető cső. Az égetőre fektetett, forró golyó megmelegíti a vele érintkező levegőt; e levegő a magasba emelkedik s e közben bizonyos mérvben hat az oszlopra. E hatás



86-ik ábra.

semlegesítésére szolgál egy nagy Leslie-féle koczka, melyet a levegőnél nehány fokkal melegebb vízzel megtöltünk, s az oszlop ellenkező oldalára állítunk. A tüt így zérusra hozzuk; s ha ez meg van, akkor a gázt, kis vízoszlop nyomásával, kifelé hajtjuk az égető nyilásain. A kihajtott gáz a golyót találja, végig csúszik ennek oldalain s meleg áramképen emelkedik az oszlop előtt. E melegített gáz hősugarai a nyilak irányában áramlanak az oszlop felé, s a galvanométer tűjének erre bekövetkezett elhajlása jelezi a sugárzás erősségét.

414. A kisérletek eredményeit a következő táblának második függőleges sora foglalja magában; számai azon leg-

szélsőbb határt adják, melyre a tű kicsapott, midőn az illető gáz sugarai az oszlopra estek.

	Sugárzás	Hőnyelés
levegő . .	észrevehetetlen	észrevehetetlen
oxygén . .	„	„
nitrogén . .	„	„
hydrogén . .	„	„
szénoxyd . .	12°	18,0°
szénsav . .	18°	25,0°
nitrogénoxydul	29°	44,0°
olajképző gáz	53°	61,0°

415. Az utolsó függőleges számsorba az illető gáznak azon hőnyelése iratott be, mely 5 hüvelyknyi nyomásának felel meg. Összehasonlítván e számsorokat, látjuk, hogy a sugárzás és hőnyelés karöltve jár; vagyis, hogy a tömecs, mely a hősugarat letartóztathatja, ugyanazt egyszersmind kibocsáthatja, és pedig arányos mértékben; más szóval: a légnemü testek képessége az étertől mozgást kapni és az éternek mozgást kölcsönözni — e két képesség viszonyos egymással.

416. Jegyezzük meg, hogy itt a gázoknál az eredmények teljesen függetlenek az összetartás befolyásától. Szilárd és folyékony testeknél a részecskék többé-kevésbbé rabszolgaságban vannak s egyénileg szabadoknak nem tekinthetők. Például a sugárzás- és a hőnyelésbeli különbséget a timsónál és a kősónál bizvást lehet annak tulajdonítani, hogy a kristályodó erő a részecskéket különböző jellegü halmozattá csoportosítja. Ellenben az olajképző gáznak és a légköri levegőnek ebbeli különbsége ily módon meg nem magyarázható; oly különbség az, mely ezen anyagoknak egyes individuális tömecseitől függ. A gázokon tett kisérleteinkkel tehát oly mélységig puhatolhatjuk az atómok alkatának kérdését, melyet a szilárd és a folyékony testekre nézve el nem érhetünk.

417. Tartózkodtam ekkoráig a gázok hőnyelő képességéről, az eddig ismert készülékkel szerzett eredmények

alapján, teljes táblázatot terjeszteni önök elé, tudván azt, hogy még egy más készülékkel nyert eredmények a tartalékban vannak, melyek a tárgyat még jobban ki fogják deriteni. Elvében e második berendezés egyenlő az elsővel, fontosabb változás csak kettő történt rajta. Az első abban áll, hogy hőforrásul nem a forró vizes koczkát használtam, hanem rézlemezt, melyet egy Bunsen-féle gázégetőnek szabályosan égő, vékony lángja nyaldos. A mostani új előkamrának hátulját a hevített rézlemez képezi, s az előkamra most is, mint elébb, önmagában is kiszivattyúzható. A második változás az, hogy az *SS'* sárgarézcsövet ugyanoly átmérőjű, 2 láb 8 hüvelyk hosszú üvegcső pótolja. A készülék többi részei változatlanul maradnak, a mint voltak. A gázokat a már leirt módon vezettem a kisérleti csőbe, a hőnyelés erejét pedig a gáz beömlése után beállott galvanométeri elhajlásból számitottam ki.

418. A következő tábla magában foglalja a különböző gázok viszonylagos hőnyelését, egy légnyomású lévén a közös feszültség. Megjegyzendő, hogy ha a sárgarézcső használtatott volna, még nagyobbak lennének a levegő és a többi gázok közötti különbségek, de akkor e táblából azon gázokat, melyek a sárgarezet megtámadják, ki kellett volna rekesztenem.

Név	Hőnyelés, 30 hüvelyknyi nyomás.
levegő	1
oxygén	1
nitrogén	1
hydrogén	1
chlór	39
chlórhydrogén	62
szénoxyd	90
szénsav	90
nitrogénoxydul	355
kénhydrogén	390
mocsárlég	403
kénes sav	710
olajképző gáz	970
ammoniak	1195

419. A legérzékenyebb és leghatalmasabb kémszerekkel sem sikerült még meghatároznom az oxygén, a nitrogén, hydrogén és a levegő közötti különbséget. Rendkívül csekély ezen anyagok hőnyelése; valószinű, hogy az általam felvettnél is csekélyebb. Mennél tisztábbak voltak az imént nevezett gázok, annál közelébb járt hatásuk az üresség hatásához. És ki állíthatja, hogy a legjobb szárító készülék is igazán tökéletes lenne? hiszen még azt sem tudjuk, vajjon a tiszta kénsav is nem ad-e a maga gőzéből valamicskét a rajta átvonuló gázoknak s nem okozza-e ez által, hogy a valódinál nagyobbnak tűnjék elé a gázok hőnyelése. A csapokat meg kell olajozni s így ezek is közölhetnek parányi tisztátalanságot a rajtok átáramló gázokkal. De bár mint álljon is a dolog, annyi bizonyos, hogy mennél tisztábban állítjuk elé a gyöngébben ható gázokat, annál inkább fognak növekedni a hőnyelésnek itt bemutatott, roppant különbségei.

420. Egy légnyomásnál az ammoniaknak legalább 1195-akkora a hőnyelése, mint a levegőé. Fémernyőt állítván az oszlop és a kisérleti cső közé, a tű kissé megindul, de oly csekély a mozgása, hogy önök épen nem láthatják. Mit mond e kisérlet? azt, hogy ezen ammoniak, mely a mi kisérleti csövünkben oly átlátszó mint a levegő, melyet lélegzünk, hőforrásunk sugárzó hevének mégis oly rosz átbocsátója, hogy a közbeállított fémernyő alig növeli a hő átmenetének gátlását. Valóban azt kell hinnünk, hogy ez az átlátszó gáz a hősugarakra nézve most oly koromsötét, mintha tenta, szurok vagy valamely más átlátszatlan anyag töltené meg kisérleti csövünket.

421. Egy légnyomású oxygén, nitrogén, hydrogén és levegő oly csekély hatású, hogy egészen hasztalan volna a kisérlet: hatásukat egy légnyomásnál csekélyebb feszültségek mellett meghatározni akarni. Ha csakugyan lehetséges volna ily meghatározást tennünk, úgy az utolsó táblában adott különbségnél még erősebben tűnnék fel a közöttök és a többi gázok között lévő különbség. Azt tudjuk, hogy az erő-

sebben ható gázoknál az a rész nyel a hősugarakból legtöbbet, mely legelőször jut a kisérleti csőbe, s a legutoljára bebocsátott rész sok esetben végtelen parányi hatást gyakorol. Ha tehát nem egy légnyomás mellett hasonlítanók össze a gázokat, hanem egy hüvelyknyi közös nyomás mellett, biztosak lehetnénk benne, hogy jóval nagyobbnak találnók a legkevesebbet és a legtöbbet nyelők közötti különbséget. Azt már tapasztaltuk, hogy csekély hőnyelés esetében az elnyelt hőmennyiség arányos a jelenlévő gázmennyiséggel. Feltéve, hogy ez áll a levegőről és a többi megemlített, gyöngén ható gázokról; feltéve, hogy egy hüvelyknyi nyomás mellett hőnyelésök $^1/_{30}$ részét képezi annak, melyet 30 hüvelyknyi nyomás mellett tanusítottak, úgy a viszonylagos hatások a következők. Megjegyzem, hogy az egyes gázoknak egy hüvelyknyi nyomáshoz való hőnyelését, az első négyet kivéve, esetről esetre, közvetetlenül, kisérlet által határoztam meg.

Név	Viszonylagos hőnyelés egy hüvelyknyi nyomásnál
levegő	1
oxygén	1
nitrogén	1
hydrogén	1
chlór	60
bróm	160
szénoxyd	750
szénsav	972
brómhydrogén	1005
nitrogénoxyd	1590
nitrogénoxydul	1860
kénhydrogén	2100
ammoniak	5460
olajképző gáz	6030
kénessav	6480

422. Mily roppant különbséget tárnak fel a fentebbi kisérletek a különböző gázok legvégsőbb részecskéinek alkatára és jellemére nézve! a levegő, az oxygén, nitrogén, hydrogén által letartóztatott egy-egy sugár helyett, 5460

sugarat semmisít meg az ammoniak, 6030-at az olajképző gáz, és 6480-at a kénessav. Szemben ezen eredményekkel, mintegy indíttatva vagyunk megkísérteni, vajjon nem láthatnók-e magukat az atómokat is, hogy lelki szemünkkel megkülönböztessük azon valódi physikai tulajdonságokat, melyeken ama különféleség alapszik. A tömecsek az anyag részecskéi, melyek rugalmas közegbe merítve, felveszik e közeg mozgását s közlik vele a magukét. Alaptalan-e a remény, hogy a sugárzó hőt elvégre az atómok alkatának mintegy *tapogatójául* fogjuk alkalmazhatni s az atómoknak a hősugarakra gyakorolt hatásából, magára az anyag legvégsőbb részecskéinek mechanismusára fogunk következtethetni?

423. Nincs-e már most is némi bepillantásunk az atómok alkata és a hőnyelés közötti vonatkozásba? Emlékeznek az aranynyal, ezüsttel és rézzel tett kisérleteinkre; emlékezetökben maradt, hogy mily gyönge sugárzók és mily gyönge hőnyelők e testek (340. és 341. §.). Megmelegítettük forró vízzel, azaz vízzel való érintkezés által mozgást közöltünk atómjaikkal; e mozgást azonban csak nagyon lassan közölték az éterrel, melyben rezegtek. Hogy pedig e testek atómjai majdnem akadálytalanul rezegnek az éterben, arra az időtartam hosszaságából lehet következtetni, mely az űrben való kihülésökre kivántatott. De azt is láttuk, hogy ha azon mozgást, mely atómjaik birtokában van s melyet ezek az éterrel közölni nem képesek, érintkezés folytán máz, lámpakorom, mész, vagy épen flanell- vagy bársony-burkolattal közlik, e testek jó kisugárzók lévén, a közlött mozgást gyorsan adják át az éternek. Ugyanez bizonyult be az üvegről és az agyagedényről.

424. Miben különböznek e jó kisugárzók az imént említett fémektől? Egy lényeges pontban —, a fémek *elemek*, a többi itt elésorolt anyagok pedig *összetett testek*. A fémekben egymagában rezeg minden atóm, a máznak, bársonynak, agyagedénynek, az üvegnek atómjai pedig csoportokban rezegnek. És most azt látjuk, hogy ugyan e jelen-

tékeny tény más egyszerű testeknél is felmerül, pedig e testek annyira különböznek a fémektől, hogy nagyobb különbséget képzelni sem igen lehet. Az oxygén, nitrogén, hydrogén és a levegő elemek, vagy elemek keverékei s mind a sugárzás, mind a hőnyelés tekintetében rendkívül gyarlóknak mutatkoztak. Rezegnek az éterben s mozgató erejökből alig vesztenek valamit.

425. Nagyon meglepő a chlór és bróm állása az utolsó táblában. A chlór rendkívül sürű és hozzá még szines gáz is; a bróm még sötétebb szinü gőz; s hőforrásunk hevének átbocsátása tekintetében mégis mind a kettő sokkal magasabban áll, mint bármely átlátszó, összetett gáz a táblánkban. Hydrogénnel vegyülvén akár a chlór, akár a bróm, átlátszó vegyület származik; de e chemiai folyamat, mely a fénynek könnyebb átmenetet eszközöl, megnehezíti a hő átmenetét; a chlórhydrogén többet nyel mint a chlór, és a brómhydrogén többet, mint a bróm.

426. Sőt vegyük a brómot folyékony állapotában. Az ezen üvegczellába zárt mennyiség elég vastag, hogy a lámpa vagy a gyertya fényét tökéletesen elmesse, de ha a czella elé gyertyát, mögéje pedig hővillanyoszlopot állítunk, a tű gyors mozgása megjelenti a hőnek a brómon történt átmenetét. E hő tisztán a gyertya sötét sugaraiból áll, mert a fény, a mint már mondottam, tökéletesen elmetsződik. Vigyük el a gyertyát s tegyük helyébe a nem egészen vörös izzásig hevített rézgolyónkat, a tű egyszerre a gátakig röpül s mutatja, hogy a bróm jó átbocsátója azoknak a hősugaraknak, melyeket a golyó kisugároz. Nézetem szerint lehetetlen szemünket behúnynunk, midőn oly egyezők a bizonyságok arra, hogy a szabad atómok kényökre rezegnek az éterben, holott rezgő rendszerekké egyesülvén, az éter hullámai körülöttök összetorlódnak, s ennek következtében, mint összetett tömecsek, nagyobb mozgásmennyiséget közölnek az éterrel, mint vegyülésök előtt közölhettek volna.*

* Saját nézetemet, a tömecsnek mint egésznek és a tömecset alkotó atómoknak viszonylagos sugárzó képességéről még nem szeretném kimondani.

427. De kétségkivül feltünik önöknek, hogy a lámpakorom, mely szintén elem, mégis a legjobb hőnyelők és hősugárzók közé tartozik. De vizsgáljuk meg egy kissé ezen anyagot. A közönséges lámpakoromban sok tisztátalanság találkozik; sokféle szénhydrogén van benn, e sürített állapotban; e szénhydrogének pedig hatalmas hőnyelők és hősugárzók. A lámpakormot e szerint, úgy a mint azt eddig használtuk, nem igen lehet elemnek tekinteni. Ámde a szénhydrogénféléket nagy részben eltávolitottam belőle, a midőn vörösizzó állapotában, chlórgáz-áramot vezettem rajta keresztül; de azért ezután is csak oly jó nyelője és sugárzója volt a hőnek, mint azelőtt. Ám jó, de m i a lámpakorom? a chemikusok azt fogják önöknek mondani, hogy a gyémántnak allotróp alakja, s csakugyan itt van egy gyémánt, mely nagy forróságban faszénné változott. Az allotróp alkatot pedig régóta annak tulajdonitják, hogy a testrészecskék különféleképen vannak elrendezve; gondolható tehát, hogy ezen elrendezés, mely oly jelentékeny physikai különféleséget okoz a lámpakorom és a gyémánt között, talán olynemü atómcsoportosulásból áll, mely arra kényszeriti a testet, hogy vegyület gyanánt hasson a sugárzó hőre. Valamely elemnek ily berendezése, habár kivételes, de mégis lehetséges. Később be fogom önöknek bizonyitani, hogy tényleg és igen feltünőleg mutatkozik ez a körülmény a nagyon érzéketlen oxygénnek allotróp alakján.

428. De a lámpakorom a valóságban nem is oly áthatlan, mint önök talán gondolják. Melloni kimutatta róla, hogy váratlan fokban átbocsátja az oly sugárzó hőt, mely alacsony hőmérsékü forrásból indul ki. Az itt elékészitett kisérlet megerősitendi Melloniét. E kősólemez, mert füstölgő lámpa felett tartatott, oly vastagon be van vonva korommal, hogy a legvakitóbb gázláng sem csillan át rajta. A kormos lemez és e forró vízzel telt edény között, mely hőforrásul fog szolgálni, egy ernyő áll. A hővillanyoszlop a kormos lemez másik oldalán foglal helyet. A mint az ernyőt eltávo-

litom, a tű azonnal elhagyja a zérust s végső és állandó elhajlása 52°. A sót tökéletesen megtisztítom s meghatározom a most már koromtalan lemezen átmenő sugárzást: annyi mint 71°. Az 52 fokú elhajlásnak, a mi szokásos egységünk szerint kifejezett, értéke annyi mint 85, a 71 fokúé, vagyis az összes sugárzásé körülbelül annyi mint 222. Az összes sugárzás tehát úgy áll a kormon átment sugárzáshoz mint

$$222 : 85 = 100 : 38$$

azaz, a lámpakorom-réteg 38 százalékot bocsátott át a reá vetődő hőből.

429. A sötét testek hőátbocsáthatóságára vonatkozólag később még sokkal nyomatékosabb példákat is fogok bemutathatni, mint a minőt a korom tüntet elé. Futólag említsünk nehányat. A methyljodid jódnak mint elemnek, és methylnek mint gyöknek a vegyülete. Fénynek tévén ki e vegyületet, a jód egy része, mint rendesen, szabaddá lesz és sötétbarna színűvé teszi a folyadékot. A hőnek a folyadékokon való átsugárzását illető kisérletek sorában, összehasonlítottam a methyljodid egy igen sötét szinezetű példányának hőátbocsáthatóságát a tökéletesen átlátszó methyljodidéval; különbség e kettő között nem mutatkozott. Az a jód, melynek oly nagy volt a fényre gyakorolt hatása, a sugárzó hőt alig érdekelte észrevehetőleg. Itt vannak a számok, melyek százalékban fejezik ki az összes sugárzásnak azon részét, melyet az átlátszó és a szines folyadék letartóztatott.

	hőnyelés százalékokban
Methyljodid (átlátszó)	53,2
„ (a jód által erősen színezett)	53,2

A hőforrás ez esetben villanyáram által világos vörösizzóvá tett tekercs volt, platinahuzalból. A folyadékon keresztül nézve, látható volt a vörösizzó tekercs. Jódot tettem tehát a folyadékba, hogy sötétebb legyen a szine. Oly átlátszatlan lett már, hogy a világos gázlángnak a fényét tökéletesen elmetszette, de a sugárzó hőt illető átlátszósága, a jód e hozzátétele által, nem változott észrevehetőleg. Természetes,

hogy a világító hő elmetszetett, ennek azonban az összes sugárzáshoz képest oly csekély volt a mennyisége, hogy a kisérleteknél észre nem lehetett venni.

430. Ismeretes dolog, hogy a jód könnyen oldódik szénkénegben; vékony rétegekben ezen oldat szine ragyogó, bíborvörös; de nagyobbacska vastagságú rétegekben a fényre nézve tökéletesen átlátszatlanná tehető. Annyi jódot oldottam fel az imént megnevezett folyadékban, hogy üvegczellába öntve, már 0,07 hüvelyknyi vastagságnál, az igen világos gázlángnak a fényét is letartóztatta. Midőn pedig ezen átlátszatlan oldatot az átlátszó szénkéneggel hasonlítottam össze, következő eredményeket nyertem:

	hőnyelés
szénkéneg (átlátszatlan)	12,5
„ (átlátszó)	12,5

A jód oly sokaságának jelenléte tehát, melyen a legragyogóbb fény sem birt áttörni, a platina-tekercsből kiáramlott hőre nem volt megmérhető hatással.

431. Ugyan e folyadékot oly üvegczellába öntöttem, melyben 0,27 hüvelyk volt a vastagsága; azaz, oly oldatból, mely már 0,07 vastagság mellett is átlátszatlan a fényre nézve, majdnem négyakkora vastagságú réteget használtam. Következők az eredmények:

	hőnyelés
szénkéneg (átlátszó)	18,8
„ (átlátszatlan)	19,0

Az e két mérés közötti különbség a megfigyelésbeli hibák határain belül fekszik.

432. A villanylámpa fényét szétbontottam már jelenlétökben, s a fény szinképét fehér ernyőre vetettem. Átlátszó szénkéneg-hasábot használtunk e czélra. A folyadékot ékalakú, lapos oldalú üvegedény foglalja magában. Jó messzire húzza a szineket egymástól és sokkal szebb hatást idéz elé, mint a milyet üveghasábbal lehetne nyerni. Kis szinképet vetek most e keskeny ernyőre, mely mögé a hővillanyoszlopot álli-

tottam. Az oszlop kapcsolatban van az asztal előtt álló nagy galvanométerrel. A szinkép, a mint látják, körülbelül $1^1/_2$ hüvelyk széles és 2 hüvelyk hosszú; szinei, mert tömören állanak egymás mellett, nagyon élénkek. Ha az ernyőt eltávolitanám, a szinkép vörös és vörösön túli része vetődnék az ernyő mögött álló oszlopra, s hővillanyáramot biztosan eléidézne. De a fényből semminek sem szabad a készülékre esnie, mert azt szeretném önöknek megmutatni, hogy oly szinképünk is van, melyet nem láthatnak s hogy a nem világító szinkép tökéletesen elválasztható a világítótól. Itt van egy másik hasáb; szénkéneggel van megtöltve, melyben jód oldatott fel. Eltávolitván az átlátszó hasábot, épen helyére állitom az átlátszatlant. A szinkép eltünt; a fénynek nyoma sincs az ernyőn, de van még rajta hevitő szinkép. A villanylámpa sötét sugarai átmentek az átlátszatlan folyadékon, megtörettek, úgy, mint a világitók, s most, bár láthatatlanul, reávetődnek az önök előtt álló ernyőre. Bebizonyithatom. Eltávolitom az ernyőt; fény nem éri az oszlopot, de a reá vetődő hő erőszakosan oldalvást löki a nagy galvanométer tűjét.

433. A gázok hatása a sugárzó hőre már meg volt mutatva az üvegből készült kisérleti csövünkkel és új hőforrásunkkal. Engedjenek most visszatérnem az ugyan e készülékkel vizsgált gőzök hatására. Itt van több üvegpalaczk; mindegyike fel van szerelve sárgarézfödéllel, melyre egy csapot lehet csavarni. Mindegyikbe bizonyos mennyiségü illékony folyadékot öntök, s minden egyes folyadékra külön palaczkot használván, lehetetlenné teszem a gőzök összekeverődését. Minden egyes palaczkból óvatosan eltávolitom a levegőt, nem csak azt, mely a folyadék felett van, hanem azt is, mely a folyadékban feloldva van; ez utóbbi, midőn a palaczkot szivattyúzzuk, buborékokban távolódik el. Palaczkomat most ráerősitem a kiürített kisérleti csőre s a gőzt bebocsátom, de úgy, hogy a folyadék e mellett fel ne forrjon. A légszivattyú higanyoszlopa sülyed s ha már megvan a

kivánt sülyedés, akkor megszüntetem a beömlést. Ekként vizsgáltattak meg a következő táblában elésorolt anyagok gőzei, rendre 0,1, 0,5 és 1,0 hüvelyknek megfelelő nyomás mellett.

	Gőzök hőnyelése különböző nyomásnál		
	0,1	0,5	1,0
szénkéneg	15	47	62
methyljodíd	35	147	242
benzol	66	182	267
chloroform	85	182	236
methylalkohol	109	390	590
amylén	182	535	823
kén-aether	300	710	870
alkohol	325	622	
hangya-aether	480	870	1075
eczet-aether	590	980	1195
propionsavas aethyloxyd	596	970	
bórsav-aether	620		

434. E számok egy légnyomású száraz levegő hőnyelésére vonatkoznak, mint egységre; azaz, a szénkéneggőznek $^1/_{10}$ hüvelyknyi nyomás mellett 15 akkora a hatása mint a légköri levegőé 30 hüvelyknyi nyomás mellett; az $^1/_{10}$ hüvelyknyi nyomású bórsav-aether pedig 620-szor erősebben hat, mint egy egész légnyomású levegő. Ha a levegőt és a bórsav-aethtert 0,01 hüvelyknyi közös nyomás mellett hasonlítjuk össze, úgy a bórsav-aether hatása valószinüleg 180,000-szer is nagyobb, mint a száraz levegőé.

434. *a.* Hogy a gőzök nyelik a sugárzó hőt, ezt általánosságban megmutatni könnyű; s ha mennyiségi eredményeket nem kivánunk, nyitott cső is megfelel czélunknak. Sőt a cső is nélkülözhető; résen bocsáthatjuk a gőzt a hőforrás és az oszlop közötti szabad levegőbe. Példaképen nehány eredmény, melyre ez egyszerű módon jutottam, elegendő lesz a módszer felvilágosítására. Két koczkát használtam, mindeniket forró vízzel megtöltve, s a tűt a szokott módon állítottam a zérusra. Kaucsuktömlőből — közönséges fúvó is megfelelne a czélnak — száraz levegőt hajtottam egy U-alakú

csövön keresztül. E cső üvegdarabokkal volt megtöltve, az üvegdarabok pedig azon folyadékkal voltak nedvesítve, melynek gőzét vizsgálat alá kellett venni. A gőzzel vegyes levegő, szemközt az oszloppal, a szabad levegőbe áramlott; s midőn a galvanométer tűje félre csapott, e mozgásának legvégsőbb határát megfigyeltem és feljegyeztem.

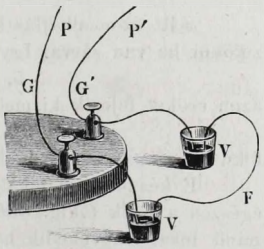
A szabad levegőbe kiözönlött gőz	A tű félre-csapásának legvégső határa
kén-aether	118°
hangya-aether	117
eczet-aether	92
amylén	91
szénkéneg	61
baldrián-aether	32
benzol	31
alkohol	31

Itt az illékonyság befolyása önként észrevételi magát. Természetes, hogy a hatás a kibocsátott gőz mennyiségétől függ, ez pedig oly mennyiség, mely megint egyenest a folyadék illékonyságától függ. Nagyobb illékonysága teszi azt, hogy itt a szénkéneg képes felül múlni a különben sokkal hatásosabb alkoholt.

FÜGGELÉK A X. FEJEZETHEZ.

Leirom itt a módszert, melyet a galvanométeri fokok értékeinek meghatározására Melloni ajánlott, mivel könnyűség, gyorsaság és pontosság tekintetében nem enged kivánnivalót. A módszer Melloninak saját — La Thermochrose, 59-ik lap — leirása szerint a következő :

Két VV' edénykét félig meg kell tölteni higanynyal s külön két huzal által összekapcsolni a galvanométer G és G' végeivel. Az így elrendezett huzalok és edények semmit sem változtatnak a készülék hatásán; a rendesen használt P és P' huzalok akadály nélkül vezetik a villanyáramot az oszloptól a galvanométerbe. De ha a két edényt F huzal által összekapcsoljuk, úgy az áramnak egy része e huzalon vonul át s tér az oszlophoz vissza; ez pedig csökkenti a galvanométeren átáramló villanyosság mennyiségét s kisebbíti egyúttal a tű elhajlását.



87-ik ábra.

Tegyük fel, hogy e fogással élve, negyedére vagy ötödére szállítjuk le a galvanométeri elhajlást, vagy is más szavakkal, tegyük fel, hogy a galvanométer tűje, melynek — valamely állandó és az oszloptól egy bizonyos távolságban álló hőforrás behatása alatt — 10 vagy 12 fokú volt az elhajlása, csak 2 vagy 3 fokra mutasson, midőn a külső huzal az áram egy részét eltereli. Állítom, hogy változtatván a hőforrás és az oszlop közötti távolságot s megfigyelvén minden egyes esetben a t e l j e s és a c s ö k k e n t e t t elhajlást, kezünkben lesz minden adat, mely a tű elhajlása és az ezen elhajlást okozó erő közötti viszony meghatározására szükséges.

Világosabbá teendő a magyarázatot s egyúttal példát adandó az eljárásra, közlöm a számokat, melyeket egyik galvanométerem szá mára, e módszer alkalmazása által, nyertem.

Megszakítván a külső vezető kört, s a hőforrást oly távolságban állítván fel az oszloptól, hogy csak 5 fokú elhajlást idézzen elé, csatoljuk be az F huzalt V és V' közé. A tű e közben 1·5 fokra esik. Ujra megszakítván a két edény között az összeköttetést, s a hőforrást közelébb és közelébb hozván az oszlophoz, úgy, hogy sorban a következő elhajlásokat idézze elé:

5^0, 10^0, 15^0, 20^0, 25^0, 30^0, 35^0, 40^0, 45^0

Minden egyes beállítás után igtassuk be a huzalt a V és V' közé; a talált elhajlások legyenek:

$1{\cdot}5^0$, 3^0, $4{\cdot}5^0$, $6{\cdot}3^0$, $8{\cdot}4^0$, $11{\cdot}2^0$, $15{\cdot}3^0$, $22{\cdot}4^0$, $29{\cdot}7^0$

Felvéve már most, hogy azon erő, mely egy fokkal tereli el a tűt, annyi mint e g y, és feltéve, hogy az elhajlás az első fokok határán belül, arányos az elhajlást okozó erővel, akkor 5 lesz az első megfigyelésbeli erő kifejezője. A többi erőket könnyen kapjuk a következő arányból:

$$1{\cdot}5 : 5 = a : x$$

tehát

$$x = \frac{5}{1.5}\, a = 3{\cdot}333.a \text{ *}$$

a itt azon elhajlás képviselője, mely beáll, midőn a külső vezetőkör be van zárva. Igy azt találjuk, hogy

5, 10, 15·2, 21, 28, 37·3

azon erőket fejezik ki, melyek a

5^0, 10^0, 15^0, 20^0, 25^0, 30^0

fokú elhajlásoknak felelnek meg.

E készüléknél tehát az erők meglehetősen arányosak az ivekkel, egészen a 15-ik fokig. Odébb megszűnik az arányosság, s a különbség mind inkább növekedik, ha az elhajlás nagyobbodik. Ez okból a 30-ik fokon túl nincs megtéve a számitás, mert az a értéke itt már átlépi az arányosság határát.

A közben fekvő fokoknak megfelelő erőket könnyen meg lehet határozni vagy számítás által, vagy rajzszerű szerkesztés utján, mely utóbbi e meghatározásokra tökéletesen elégséges.

Ily módon ezeket találjuk:

fokok . .	13°,	14°,	15°,	16°,	17°,	18°,	19°,	20°,	21°.
erők . . .	13,	14·1,	15·2,	16·3,	17·4,	18·6,	19·8,	21,	22·3.
különbségek	1·1,	1·1,	1·1,	1·2,	1·2,	1·2,	1·2,	1·3.	
fokok . .	22°,	23°,	24°,	25°,	26°,	27°,	28°,	29°,	30°.
erők . . .	23·5,	24·9,	26·4,	28,	29·7,	31.5,	33·4,	35·3	37·3.
különbségek	1·4,	1·5,	1·6,	1·7,	1·8,	1·9,	1·9,	2.	

* Azaz valamely csökkentett áram úgy áll a hozzá tartozó teljes áramhoz, mint bármely más csökkentett áram a hozzátartozó teljes áramhoz.

A 13-ik fokot megelőzőkről e táblában nincs szó, mert e határok között az elhajlásnak és a neki megfelelő erőnek tökéletesen egy az értéke.

Ismervén az első 30 fokhoz tartozó erőket, semmi sem könnyebb mint a 35, 40, 45 és a tovább következőkhöz tartozókat meghatároznunk.

E három ívnek kisebbitett elhajlásai:

$$15{\cdot}3^0,\ 22{\cdot}4^0,\ 29{\cdot}7^0$$

Vegyük ezeket külön, s kezdjük az elsőn. Először is 15^0 fentebbi számitásunk szerint annyi mint 15·2; azonfelül a 0·3 értéket megkapjuk, ha e törtet 1·1-gyel, t. i. a 15 és 16 fok közé eső különbséggel szorozzuk. A következő arány ugyanis nyilván való:

$$1 : 1{\cdot}1 = 0{\cdot}3 : x$$

ebből

$$x = 0{\cdot}3$$

A 35-ik foknak megfelelő csökkentett elhajlás tehát nem $15{\cdot}3^0$, hanem $15{\cdot}2^0 + 0.3^0 = 15.5^0$. Hasonló módon okoskodván, azt találjuk, hogy 40 és 45 fok számára a csökkentett elhajlások nem $22{\cdot}4^0$ és $29{\cdot}7^0$, hanem $23{\cdot}5 + 0{\cdot}6 = 24{\cdot}1^0$ és $35{\cdot}3 + 1{\cdot}4 = 36{\cdot}7^0$. Most már csak a $15{\cdot}5^0$, $24{\cdot}1^0$ és $36{\cdot}7^0$ fokokhoz tartozó erőket kell meghatároznunk.

Felhasználván a 3·333.*a* kifejezést, ezt találjuk:

erők . . . 51·7, 80·3, 122·3

fokok . . 35, 40, 45.

Összehasonlitván e számokat az előbbi táblabeliekkel, látjuk, hogy galvanométerünk érzékenysége jelentékenyen csökken, ha 30 foknál nagyobb elhajlásokat használunk.

XI. FEJEZET.

ILLATOS ANYAGOK HATÁSA A SUGÁRZÓ HŐRE. — AZ OZON HATÁSA A SUGÁRZÓ HŐRE. — A GÁZOK ÉS GŐZÖK HŐNYELÉSÉNEK ÉS HŐSUGÁRZÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA MINDEN, A GÁZALAKU TESTEN KIVÜL FEKVŐ HŐFORRÁS NÉLKÜL. — A SUGÁRZÁS A FÖLD LÉGKÖRÉN KERESZTÜL. — A LÉGKÖR VIZGŐZEINEK HATÁSA A SUGÁRZÓ HŐRE. A VÍZGŐZÖK HŐNYELŐ ÉS HŐSUGÁRZÓ EREJE ÉS A METEOROLOGIAI TÜNEMÉNYEK KÖZÖTTI VONATKOZÁS.

FÜGGELÉK: MÉG NÉMELY RÉSZLET A NEDVES LEVEGŐ HATÁSÁRÓL.

435. Az illatok és általában a kigőzölgések már rég óta magukra vonták a gondolkodó férfiak figyelmét, s kedvelt példákul szolgáltak az „anyag oszthatóságá"-ra. Soha egy chemikus sem mérte meg a rózsa illatát, de mi a chemikus mérlegénél sokkal pontosabb kémszernek vagyunk birtokában. E kémszer a sugárzó hő. Azon eredmények után, melyeket az elébbi fejezetben terjesztettem önök elé, nem fognak csodálkozni, ha azt állitom, hogy ha valaki önök közül csak egyet szippant agancsszeszes üvegcséjéből, az illékony anyagnak e közben kiszabadult mennyisége erősebb hatást gyakorol a sugárzó hőre, mint az oxygénnek és nitrogénnek e szobában foglalt összes mennyisége. Tegyük meg e próbát más illatokon s nézzük meg, vajjon — majdnem végtelenül gyérített voltuk daczára — nem gyakorolnak-e megmérhető hatást a sugárzó hőre?

436. Nagyon egyszerű módon fogunk benne eljárni. Itatós papiros darabkák, széle-hossza mindeniknek ugyanaz, mintegy két hüvelyk hosszú hengerekké vannak összegöngyölítve.

A papirhengerkéket megnedvesítjük, egyik végöket zamatos olajba mártván; az olaj a hajcsöves vonzásnál fogva felkúszik a papirosba, mig az egész henger nedves nem lesz. Ezután beteszszük a hengert oly átmérőjü üvegcsőbe, hogy tele legyen vele, de szorongás nélkül. Ez üvegcsövet most már beigtatjuk a szárítókészülék és a kisérleti cső közé. A kisérleti cső ki van ürítve, és a tű a zéruson áll. Megnyitván e csapot, az itatós papiros redőin száraz levegő vonul át lassacskán. E levegő felveszi a zamatos olaj illatát s magával viszi a kisérleti csőbe. Egységül az egy légnyomású száraz levegő hőnyelését veszszük fel; s világos, hogy a hőnyelésnek mindazon többletét, melyet e kisérletek mutatnak, a levegőt kisérő illatnak kell tulajdonítanunk.

437. A következő tábla tömör áttekintésben tünteti elé a benne elésorolt anyagok hőnyelését, az imént említett egységre vonatkoztatva.

Illatszerek.

név	hőnyelés
pacsuli	30
szantálfa	32
geránium	33
szegfüolaj	34
rózsaolaj	36
bergamot	44
neroli	47
levendulavirág	60
czitromolaj	65
narancsolaj	67
kakukfü	68
rozmarin	74
babér-olaj	80
székfü-virág (pipitér)	87
cassia-olaj	109
levendulalevél	355
ánizs	372

438. Az e csőben foglalt levegőatómok számát, az illatszerek atómjainak számához képest, majdnem végtelen nagy-

nak kell tekintenünk; s mégis ez utóbbiak noha nagyon gyéren vannak közbehintve, a levegőnél mennyiszerte több hőt tartóztatnak le: a pacsuli 30 annyit, a rózsaolaj 36 annyit lekaszabol, a kakukfű 74, a levendulalevél 355-ször és az ánizs 372 annyit. Balgaság volna, az e kisérleteknél használt anyagok mennyiségéről okoskodni. Valószinű, hogy egy pár millióval szorozva, érné csak el a közönséges levegő nyomását. E szerint —

A lágy szellő,
Mely violaágyon piheg,
Lopva és osztva illatot

oly hatónak köszöni lágyságát, mely végtelenül gyérítve bár, még is erősebben gátolja a földi sugárzást, mint az egész légkör a violaágytól fel az egekig.

439. A zamatos olajokkal tett kisérletek függelékeképen illatos füvekkel is foglalkoztam. Néhányat közülök a Covent Gardeni piaczról kaptam; a közönséges szólásmóddal élve: el voltak száradva, azaz nem zöldek, hanem fonnyadtak voltak. Még is tartok tőle, hogy a velök nyert eredményeket nem lehet tiszta eredményekül venni, vizgőzök hozzákeverődésének lehetősége miatt. A növény illatos részeivel 18 hüvelyk hosszú és 1/4 hüvelyk átmérőjü üvegcsövet tömtem meg, melyet a kisérleti csővel való összecsatoltatása előtt, egy külön légszivattyúval kötöttem össze s nehány perczig száraz levegőt eresztettem át rajta. Ez után a kisérleti csőhöz kapcsoltam s úgy bántam velök, mint elébb a zamatos olajokkal; csak az volt az egyedüli különbség, hogy a füvek nem két, hanem 18 hüvelyk hosszú tért foglaltak el.

A kakukfűnek harminczhárom akkora volt a hatása, mint a közötte vezetett levegőé.

A borsos mentának harmincznégy akkora volt a hatása, mint a levegőé.

A zöld mentának harmincznyolcz akkora volt a hatása, mint a levegőé.

A levendulának harminczkét akkora volt a hatása, mint a levegőé.

Az ürömnek negyvenegy akkora volt a hatása, mint a levegőé.

A fahéjnak ötvenhárom akkora volt a hatása, mint a levegőé.

A mint már említettem, lehetséges, hogy ezen eredményeket megzavarta a vízgőzök behatása; ezek mennyiségének különben észrevehetetlennek kellett lenni.

440. Van még egy a chemikusra nézve nagy érdekű anyag, melyet a sugárzó hő kémszerének alá fogunk vetni, s melyet csak oly csekély mennyiségben nyerhetünk, hogy a mérést majdnem kikerüli. Azt a rendkivüli anyagot értem, melynek ozon a neve. Tudjuk, hogy e test a tevőleges áramvégen szabadul ki, midőn vizet bontunk villanyáram segélyével. Három különböző vízbontó czellát szerkesztettem, hogy megvizsgáljam az ozon hatását. Az elsőnél (1-ső szám) az áramvégekül használt platinalemezek területe körülbelül négy négyzethüvelyk, a másodiknál (2-ik szám) használt lemezeké két négyzethüvelyk, a harmadiknál (3-ik szám) alkalmazottaké pedig csak egy négyzethüvelyk volt.

441. Hogy különböző területű áramvégeket használtam, annak következő az oka: midőn először alkalmaztam sugárzó hőt az ózon vizsgálatára, oly bontókészüléket szerkesztettem, melyben, az áram ellenállásának csökkentése végett, igen nagyok voltak a platinalemezek. Az így nyert oxygén, melyben az ózonnak lennie kellett volna, alig mutatta ezen anyag kémhatásait. Alig színtelenítette a jódkáliumot s majdnem minden hatás nélkül volt a sugárzó hőre. Egy másik, kisebb lemezű bontókészüléket használván, a hatás igen eltökélt volt, úgy a jódkáliumra, mint a sugárzó hőre. Mivel pedig lehetetlen volt e különbséget más oknak tulajdonítani, mint a lemezek különböző nagyságának, a fennleírt három czellával dolgozva, alaposabban vizsgáltam meg a dolgot. Legyen a villanybontásbeli, tiszta oxygén hatása annyi mint egy, akkor

az oxygént kisérő ozonnak hatását a következő tábla mutatja :

czellák száma	hőnyelés
1-ső számú	20
2-ik számú	34
3-ik számú	47

442. Az ozon azon csekély mennyiségének tehát, mely az oxygént kisérte s mely emennek mennyiségéhez képest elenyésző, az első lemezpárnál 20-akkora, a harmadik lemezpárnál pedig 47-akkora volt a hatása, mint az oxygéné. E kisérletekkel meggyőzőleg ki van mutatva a lemezek nagyságának, vagy más szavakkal, az áram s ü r ü s é g é n e k — a folyadékba lépésekor meglevő sűrüségnek — befolyása az ózon képződésére.

443. Szeleteket vágtam le a 2-ik számú czella lemezeiből, úgy hogy e lemezek még kisebbek lettek a 3-ik számú czellabelieknél. E kisebbitést a sugárzó hőre gyakorolt hatás növekedése követte; 34-ről egyszerre

65-re

szökött a hőnyelés.

A 2-ik számbeli kisebbitett lemezek itt felülmúlják a 3-ik számbelieket, melyek az első kisérleteknél legnagyobb hatást gyakoroltak.

Kisebbitettem ez után a 3-ik számbeli lemezeket úgy, hogy valamennyi között legkisebbek lettek. Ekkor

85

volt a 3-ik számú czellában kifejlődött ozonnak hőnyelése. Látjuk tehát, hogy fogyasztván az áramvégek nagyságát, növesztjük a sugárzó hőre gyakorolt hatást.

Tudva lévő dolog, hogy a hő nagyon megrontja az ozont, s mert gyanitottam, hogy a legutóbb használt kis áramvégek mellett hő fejlődött a czellában, törött jég és só keverékével raktam körül a czellát. Hidegen tartva

136-ra

emelkedett a kifejlődött ozon hőnyelése.

444. Ezen eredmények tökéletesen megegyeznek azokkal, melyekre de la Rive, Soret és Meidinger urak jöttek, habár kisérletezésünk módszere között épen nincs hasonlatosság. Az ily egyezés csak erősítheti bizodalmunkat, melyet a tömecsbeli mibenlét puhatolása körül a sugárzó hőbe helyezünk. *

---

* Meidinger azzal kezdi értekezését, hogy kimutatja az eltérést a kisérlet és elmélet között, midőn vizet szétbontunk alkatrészeire. A kellőnél csekélyebb volt ugyanis az oxygén mennyisége, s e hiány nagyon határozottan mutatkozott, ha nagy volt az áram erőssége. Meidinger azt találta, hogy e különbség megszünt, ha az elektrolytet megmelegitette; ekkor ugyanis meglett az oxygénnek kellő mennyisége. Ebből azonnal azt következtette, hogy a különbség az ozon képződésének tulajdonitandó. De hogyan hat ezen anyag az oxygén csökkentésére? Ha e hiány az ozon nagy sürüségére rovandó, úgy ezen anyagnak a meleg által eszközölt szétdulatásakor, helyre kell állania az oxygén igazi térfogatának. Erős hevités azonban, mely az ozont szétdúlta, meg nem változtatta a térfogatot; s ebből Meidinger azt következtette, hogy az a hatás, melyet ő megfigyelt, nem az oxygénnel keverve maradt ozontól eredett. Végül arra a következtetésre jutott s ezt kielégitő kisérletekkel be is bizonyitotta, hogy az oxygénbeli veszteség hydrogénsuperoxydtól ered, mely az ozon hatása következtében a vizben képződik; ily módon oxygén elvonatik a csőtől, melybe gyülemlenie kell. Meidinger, valamint előtte de la Rive, különböző nagy áramvégekkel tett kisérleteket s azt találta, hogy az oxygénbeli veszteség sokkal jelentékenyebb akkor, ha kisebb az áramvég, mint ha nagyobb. Ebből pedig Meidinger azt következtette, hogy az ozon képződését könnyiti az áram sürüségének azon helyen való gyarapodása, melyen az áramvég és az elektrolyt találkoznak. Ugyanezen következtetésre vezetnek a sugárzó hővel tett fennebbi kisérletek is. Két dolog között nem lehet nagyobb különbség, mint e két módszer között van. Meidinger az eltünt oxygént kereste s megtalálta a folyadékban; én a szabaddá lett oxygént vizsgáltam s azt találtam, hogy az ehhez kevert ozon menynyisége növekedett, midőn az áramvégnek csökkent a nagysága. Hozzá tehetem még, hogy elolvasván Meidinger értekezését, a kisérleteket az én vizbontó czelláimmal ismételtem s azt találtam, hogy azok, melyek legnagyobb hőnyelést adtak, egyúttal legnagyobb hiányt mutattak a szabaddá lett oxygénben.

445. A föntebbi kisérletekben fejlődött ozonmennyiségek közönséges eszközökkel egyáltalában megmérhetetlen csekélyek lennének. S még is a sugárzó hőre gyakorolt hatása oly nagy, hogy e tekintetben az olajképző gázzal vagy a bórsav-aetherrel is vetekedik. Egyenlő tömeg mellett mind a kettőt felülmulná. Az általam megvizsgált elemi gázok között egy sincs, mely csak közelítőleg is úgy viselné magát, mint az ozon. Lengéseiben hatalmasan meg kell az étert rezdítenie. Ha az ozon oxygén, úgy csoportokká egyesült oxygénatómokból kell állnia. Vajjon csakugyan oxygén-e vagy a hydrogénnek valami vegyülete, e kérdésnek feloldását következő módon kisérlettem meg. A hő szétdúlja az ozont. Ha az ozon csupán oxygén, úgy a hő közönséges oxygénné alakitaná; ha pedig mint némely chemikusok vélték, hydrogénvegyület, úgy oxygénné és még vizgőzzé változtatná. Egymagában a gáz az oxygénnek semleges hatását tanusitaná a kisérleti csőben, de valószinű, hogy a gáz meg a vizgőz, észrevehetően erősebb hatást gyakorolnának. A villanyos vegybontáskor fejlődött és megszárított gázt először vörös izzásig hevitett üvegcsövön át egyenesen vezettem be a kisérleti csőbe, azután pedig megszárítás nélkül, közvetetlenül vezettem be. Biztosan eddig nem állapithattam meg különbséget a szárított és nem szárított gáz között, s ha a hevités csakugyan fejlesztett is vizgőzöket, úgy az eddig alkalmazott kisérleti segédeszközök nem voltak elegendők a vizgőzök fölfedezésére. Ez okból most még megmaradok azon hitben, hogy az ozont az elemi oxygén atómainak rezgő csoportokká való egyesülése alkotja s hogy a hevités e köteléket felbontja s az atómokat egyenként engedi rezegni. Ily módon képtelenekké válnak az atómok, úgy a mozgás letartóztatására, mint annak gerjesztésére, holott rendszerekké egyesülve képesek lehetnek mind a kettőre*.

* Az ozon alkatára vonatkozó fentebbi következtetésemet oly időben tettem, melyben az ozont a legnagyobb tekintélyek egyes atómokból állónak, a közönséges oxygént pedig atómcsoportnak tartották. Chemiai vizsgálatok azóta azt a nézetet alapitották meg, mely a sugárzó hővel tett fentebbi kisérletekből vezettetett le.

446. Oly tényekre fogom most irányozni figyelmöket, melyek igen megleptek és megzavartak engemet, midőn azokat megfigyeltem. Egy alkalommal annyi alkoholgőzt bocsátottam a kisérleti csőbe, hogy egy hüvelyknek 0,5 részével leszoritsa a higanyoszlopot. E gőz 72 fokú elhajlást okozott. Mialatt a tű e magas számra mutatott s mielőtt a gőzt kiszivattyúztam volna, száraz levegőt eresztettem a csőbe s azalatt, mig beáramlott, véletlenségből a galvanométerre pillantottam.

447. Meglepetésemre a tű hamarosan a zérusra esett s aztán 25 fokig haladott a másik oldalon. A hatástalan légnek belépte nem csak semlegesitette az elébb megfigyelt hőnyelést, sőt még jelentékenyen fel is billentette a mérleget, az oszlopnak a hőforrás felé néző oldala javára. Ismételvén e kisérletet, a tű 70 fokról zérusra ment s innét 38 fokra a másik oldalon. Kén-aether-gőznek csekély mennyisége hasonlóképen 30 fokú elhajlást idézett elé: s midőn száraz levegővel töltöttem meg a csövet, a tű gyorsan a zérusra esett s 60 fokra csapott át az ellenkező oldalon.

Látván e rendkivüli hatásokat, először azt gondoltam, hogy a gőzök hőgátló hártyákként csapódtak le a kősólemezekre; s hogy a levegő, midőn belépett, e hártyákat eltávolitotta s szabad átmenetet szerzett a hőforrás hevének.

448. Azonban csak rövid meggondolás kellett e föltevés eloszlatására. A hártyák eltávolitása legfeljebb azon állapotot állithatta volna ismét vissza, mely a gőznek a csőbe való lépte előtt volt. Az elgondolható, hogy a tűt visszaterelhette volna zérusra, de nemleges elhajlást nem idézhetett elé. Még is szétszedtem a csövet s pontos vizsgálat alá vetettem a kősólemezeket. Csapadékot, a milyet gyanitottam, nem vehettem észre. A só, mialatt a gőzzel érintkezett, tökéletesen átlátszó maradt. Hogyan lehet tehát a fennleirt hatásokat megmagyarázni?

449. A hőhatást, mely a levegőnek valamely űrbe való beáramlásakor létesül, már ismerjük. Tudjuk, hogy a levegő

a boritó oldalaihoz ütődvén, megmelegszik. Lehetséges-e, hogy a levegő az így támadt hőt az alkohollal és az aethergőzökkel közölvén, s ezek azt az oszlop felé sugározván, az elnyelt hő ne csak pótoltassék, hanem még többlet is származzék? A *döntő kisérlet* itt magától kinálkozik. Ha a megfigyelt hatást csakugyan annak kell tulajdonítani, hogy a levegő megmelegszik, midőn a légritkított térbe, melyben a gőzök vannak, beáramlik; akkor ugyanazt a hatást úgy is meg kell kapnunk, ha az eddig használt hőforrásokat egészen eltávolítjuk is. Ez pedig arra az új s az első pillanatban tökéletesen paradoxnak látszó feladatra vezet bennünket: határoztassék meg valamely gáznak vagy gőznek sugárzása és hőnyelése, a *gázalakú testen kívül levő hőforrás nélkül*.

450. Állítsuk fel tehát készülékünket, elhagyván mind a két hőforrást. Itt van az üvegcsövünk; egyik végét kősólemez zárja, a másikat üveglemez, mert arra most nincs szükségünk, hogy a hő e végen átmenjen. A galvanométerrel közlekedő oszlop a sólemez előtt áll. Külön hőforrás most ugyan nem hat az oszlopra, még is látják, hogy a tű nem épen a zéruson áll meg. E szoba falai ugyanis és a körül ülő emberek mind meg annyi hőforrások, melyeket hogy semlegesítsek és a tűt a zérusra tereljem, az oszlopnak hidegebb oldalát meg kell kissé melegítenem. Megtehetem pedig ezt minden nehézség nélkül, langyos vízzel telt koczkát állítván fel egy bizonyos távolságban. A tű most a zéruson áll.

451. Ki lévén a kisérleti cső szivattyúzva, most belé eresztem a levegőt, míg meg nem tölti. A levegő most meleg; mindenik atóm rezeg, s ha ezen atómoknak elegendő erejök volna, hogy mozgásukat az éterrel közöljék, úgy minden egyes atóm kiinduló pontja volna egy-egy hullámsornak, mely az oszlop lapját találná. De önök alig vehetnek észre mozgást a galvanométer tűjén, s ebből azt következtethetik, hogy a lég sugározta hőnek rendkivül csekély a mennyisége. Az elhajlás mindössze 7 fok.

452. De még e hét foknyi elhajlás sem tulajdonitható a levegő sugárzásának. De hát minek? Kinyitván a cső egyik végét, béllés gyanánt darabka fekete papirost teszek bele; e papiros nem egyéb, mint oly gyürü, mely 12 hüvelyknyi hosszan födi a cső belső felületét. Zárjuk be ismét a csövet s ismételjük a kisérletet. A levegő beömlik; de tessék a türe nézni: már is végig repült a hét foknyi iven. Ime, látják e darabka papiros-béllés befolyását. A levegő megmelegiti e papirost s ez sugározza oly dúsan az oszlop felé. Ugyanezt, habár csekélyebb mértékben, kell tennie a cső felületének is, s véleményem az, hogy e felület sugárzásának és nem magának a levegő sugárzásának kell tulajdonitanunk az imént nyert hét foknyi elhajlást.

453. El lévén a papiros-béllés a csőből távolitva, levegő helyett nitrogénoxydult bocsátunk a csőbe; a tű 28 fokra csap s mutatja, mennyivel nagyobb e gáz sugárzása a levegőénél. Ha a légszivattyút megindítjuk, a csőben lévő gáz meghül; s az oszlop kölcsönöz neki meleget. Ime 20 foknyi elhajlás az ellenkező oldalra lett a következmény.

454. Nitrogénoxydul helyett olajképző gázt bocsátok a kiüritett csőbe. Azt már láttuk, hogy e gáz jelentékenyen hőnyelő és sugárzó. Atómjai most meg vannak melegitve s ugyancsak megmutatják erejöket. A tű 67 foknyi ivet fut meg. Hadd adjon a gáz túl a melegén, a tű pedig térjen vissza a zérusra. Járatván a szivattyút, a csőben lévő gáznak be állott hülése 40 fokú elhajlást idéz elé a hideg oldalán. E tények biztosan megadják a nyitját az alkoholnál és az aethergőznél elébb megfigyelt rejtélyes hatásoknak.

455. Nevezzük a gáznak az űrbe való beömlése okozta megmelegedését, kényelem kedvéért, dynamikai megmelegedésnek, kisugárzását dynamikai kisugárzásnak és hőnyelését, midőn szivattyúzás következtében meghül, dynamikai hőnyelésnek. Ha e kifejezéseket elfogadjuk, akkor a következő tábla megmagyarázza maga magát. Azon

legszélsőbb határ van benne adva, meddig a tű akkor lengett, midőn a gáz a kisérleti csőbe lépett.

A gázok dynamikai sugárzása.

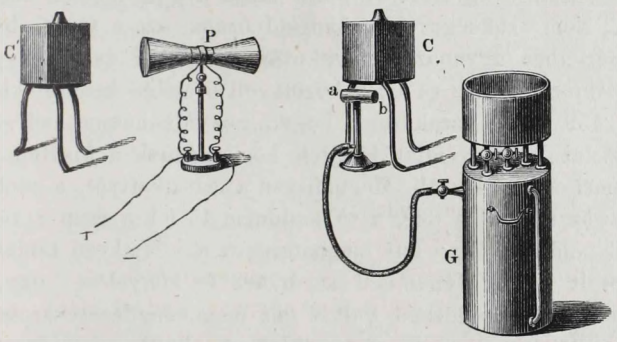
Név	Az első lengés határa
levegő	7 °
oxygén	7
hydrogén	7
nitrogén	7
szénoxyd	19
szénsav	21
nitrogénoxydul	31
olajképző gáz	63

456. Észreveszszük, hogy a sugárzó erőknek ezen új meghatározás által nyert rendje ugyanaz, melyet elébb, egészen különböző módszert alkalmazva, találtunk. Nem szabad elfeledni, hogy a dynamikai sugárzásnak felfedezése nem régi dolog s hogy erre vonatkozólag még nincsenek kikutatva a tökéletes pontosság feltételei; de annyi bizonyos, hogy a kisérletnek e módja a pontosság legmagasabb fokáig vihető.

457. Térjünk most vissza gőzeinkhez. Velök foglalkozván, azon leszek, hogy oly két hatást egyesitsek, melyek az első pillanatban tökéletesen ellentéteseknek látszanak. Azt már láttuk, hogy valamely csiszolt, fémes felületnek rendkivül csekély a sugárzása, de azt is, hogy e sugárzás igen bő, ha máz födi a felületet. A fém atómjai közvetitőre szorulnak, midőn mozgást kell közölniök a térbeli éterrel* s e közvetitőjök a máz. Bemázolhatják a fémes felületet valamely hatásos gázréteggel is. Azon berendezéssel, melyet maguk előtt látnak, képes vagyok a *G*

* Ha megváltoztathatnók vagy a világtérben lévő közegnek a nevét vagy azt a nevet, melyet a chemikusok bizonyos illékony folyadékoknak adtak, ez nagyon czélszerü volna, mert bajosan kerülhetjük ki, hogy félre ne értessünk, midőn ugyanazt a szót használjuk oly egészen különböző tárgyak kifejezésére. (Lásd a magyar kiadáshoz készitett függeléket.)

(88. ábra) gáztartóban lévő olajképző gázból finom áramot kibocsátani *ab* hasitott csővön keresztül, úgy, hogy *C* koczkának melegitett felületén vonuljon végig. Most a gáz még



88-ik ábra.

nem foly ki s *C*-nek sugárzását *C'* semlegesiti; de ime megindítom az áramot s habár a koczka felületének okvetetlenül meg kellett hülnie, mert hiszen kénytelen volt az elvonuló gázt megmelegiteni, hatása mégis a sugárzás fokozásában nyilvánul. A mint a gázáram megindul, megindul a tű is s 45 foknyira hajlik el.

458. Ezen esetben fémet vontunk be gázzal, de érdekesebb és finomabb az a hatás, midőn *valamely gáznemű testet más gázzal mázolunk be*. E palaczkban valamelyes eczet-aether van, melyről tudják, hogy illékony anyag és igen erős hőnyelő. Odaerősitem e palaczkot a kisérleti csőhöz s úgy intézkedem, hogy annyi gőz ömöljék a csőbe, amennyi félhüvelykkel nyomja le a higanyoszlopot. Jelenleg tehát félhüvelyknyi nyomású gőz van a csőben. E gőzt mázul fogom használni. Az oxygén lesz azon elemi anyag, arany, ezüst vagy réz helyett, melylyel a csőben lévő gőz be fog mázolódni. A tű e pillanatban zéruson áll. Száraz oxygén ömölvén a csőbe, e gáz dynamikailag megmelegszik, de tudjuk, hogy nem képes melegét kisugárzani; a jelen körülmények

között azonban érintkezés áll be közötte és az eczet-aether gőze között, s midőn hőmozgását közvetetlen ütközés folytán a gőzzel közli, ez tovább küldheti a mozgást az oszlop felé. Tessék a tűre figyelni: 70 fokra hajtja a gőztömecsek sugárzása. Nem szükséges újra hangsúlyoznom azt a tényt, hogy e kisérletben ugyanaz a vonatkozás van a gőz és az oxygén között, mely a máz és a fém között volt az előbbi kisérletekben.

459. Kissé várakozunk, hogy a gőz túladhasson melegén; e gőz az oxygén által kifejtett hőmozgásnak a kisütője. A tű ismét a zéruson áll. Megindítván a légszivattyút, a csőben lévő gőz meghűl s ime, a tű majdnem 45 fokra csap a zérus másik oldalán. Igy lett meghatározva a következő táblában elésorolt gőzök dynamikai sugárzása és hőnyelése; oxygén helyett azonban levegő volt a gőz megmelegitésére szolgáló anyag. Itt is úgy, mint előbb, a tűnek első lengése van följegyezve.

A gőzök dynamikai sugárzása és hőnyelése.

	elhajlás	
	sugárzás	hőnyelés
1. Szénkéneg	14°	6°
2. jódmethyl	20	8
3. benzol	30	14
4. jódaethyl	34	16
5. methylalkohol	36	18
6. amylchlorid	41	23
7. amylén	48	26
8. alkohol	50	28
9. kén-aether	64	34
10. hangya-aether	69	38
11. eczet-aether	70	43

460. Itt 11 különböző nemű gőzt használtunk a levegő bemázolására; s azt találjuk, hogy a hőnyelés tökéletesen azon rendben gyarapodik, melyben a külső hőforrásokkal tett kisérleteknél gyarapodott. Azt is látjuk, mily tökéletesen megfelel egymásnak a dynamikai sugárzás és hőnyelés, s mint növekszik és fogy egyik a másikkal.

461. Az anyagnak azon csekély mennyisége, mely a sugárzó hőre gyakorolt e hatások némelyikénél tekintetbe jő, már meg volt említve; s most egy kisérletet kivánok leirni, mely e mennyiségre nézve az eddigieknél még meglepőbb például fog szolgálni. A bórsav-aether gőzének hőnyelése felülmulja (lásd a 433-ik §.) az eddig megemlített, valamennyi anyag hőnyelő képességét, s feltehető, hogy dynamikai sugárzása is lépést tart hőnyelésével. A kisérleti csövet kiszivattyúzzuk, oly tökéletesen, a mint csak lehet; s annyi bórsav-aether gőzt bocsátunk belé, a mennyi $^1/_{10}$ hüvelykkel nyomja le a higanyoszlopot. A barométer ma 30 hüvelyken áll; a csőben lévő gőz nyomása tehát most annyi, mint egy légnyomásnak $^1/_{300}$ része.

Száraz levegőt eresztvén a csőbe, e levegő megmelegíti a gőzt s a dynamikai sugárzás 56 fokú elhajlást idéz elé.

Megindítván a légszivattyút, addig csökkentem a csőben a nyomást, míg 0,2 hüvelykre nem esik; ez pedig annyi, mint a légnyomásnak $^1/_{150}$ része. A bórsav-aether gőzéből egy bizonyos rész bennmarad a csőben. E maradék nyomása, $^1/_{150}$ része a csőbe először bebocsátott gőz nyomásának. Ismét száraz levegőt bocsátván be, 42 fokú a gőzmaradék dynamikai sugárzása által eléidézett elhajlás.

Jártassuk újra a légszivattyút mindaddig, míg 0,2 hüvelyk nem lesz a légnyomása. A csőben maradt aethergőz mennyisége most megint $^1/_{150}$ része annak, mely az utolsó kisérletben jelen volt. E maradék dynamikai sugárzása 20 fokú elhajlást ad.

Két további kisérlet, ugyanily módon megtéve, 14 és 10 fokú elhajlást adott. Most az a kérdés, milyen volt a bórsav-aether gőz sürüsége ez utóbbi két elhajlás esetében? Feleletet ad e kérdésre a következő tábla.

A bórsav-aether gőzének dynamikai sugárzása.

Nyomás a légnyomás hányadrészeiben		elhajlás
$\frac{1}{300}$		56°
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{300} =$	$\frac{1}{45000}$	42
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{300} =$	$\frac{1}{6750000}$	20
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{300} =$	$\frac{1}{1012500000}$	14
$\frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{150} \times \frac{1}{300} =$	$\frac{1}{151875000000}$	10

462. A levegő megmelegítvén a cső belsejét, egymagában 7 fokú elhajlást idéz elé. A 10 fokú elhajlást tehát nem lehet egyedül a gáz sugárzásának tulajdonítanunk. Tíz fokból hetet levonva, maradna három fok. De ha szabad egészen mellőznünk az utolsó kisérletet, nem lehet benne kétségünk, hogy a 14 fokú elhajlásnak legalább felét a bórsavas aether-gőzök maradékának kell tulajdonítanunk; ezt pedig, mint a mérésekből látjuk, 1000 millióval kellene szoroznunk, hogy megüsse a közönséges légköri levegő nyomását.

463. Még egy más, figyelemre méltó gondolat ötlik itt elénk. Kisérleti csövünkbe annyi olajképző gázt bocsátottunk, amennyi belé fért s ekkor meghatároztuk a gáz dynamikai kisugárzását. Vegyük már most tekintetbe e meleg-sugárzó gázoszlop állapotát a kisérlet alatt. Világos, hogy e gázoszlopnak a hővillanyoszloptól legtávolabb eső részei, az előttök levő gázon keresztül kénytelenek sugárzani s hogy a gázoszlopnak előrésze sokat nyel el azon sugarak közül, melyek a hátul eső részekből indulnak ki. Kétséget nem szenved, hogy elég hosszúvá tévén gázoszlopunkat, az elöllevő részeknek olyan volna a hátulsók sugárzására gyakorolt hatása, mint valamely áthatlan ernyőé. Elhagyván tehát gázoszlopunknak a hővillanyoszloptól legtávolabb eső részét,

ezzel csak igen csekély mértékben csökkentenők a sugárzás mennyiségét, mely a hővillanyoszlopot tényleg eléri.

464. Hasonlítsuk most össze valamely gőznek dynamikai sugárzását az olajképző gázéval. A gőzöknél csak félhüvelyknyi nyomást használtunk, a gőz sugárzó tömecsei tehát sokkal távolabb állanak egymástól, mint a 60-akkora nyomás alatt lévő olajképző gáz tömecsei; ebből pedig az következik, hogy a gőzoszlop hátsó részei sugárzásának aránylag szabad az útja, melyen ama sugárzás a hővillanyoszlopot elérheti. E szemlélődésből kitünik, hogy a kisebb nyomású gőznél a cső hosszának nagyobb része működik a sugárzás javára, mint a nagyobb nyomású olajképző gáznál. Ez ismét azon következtetésre vezet, hogy ha a csövet rövidebbé teszszük, ezzel a sugárzást erősebben csökkentjük a gőznél, mint a gáznál. Vizsgáljuk meg elmélkedésünket kisérlet által.

465. A következő négy anyag dynamikai sugárzását — 2 láb és 9 hüvelyk lévén a kisugárzó oszlop hossza, — meghatároztam, s a melléjök irt elhajlásokat találtam:

olajképző gáz	63°
kén-aethergőz	64
hangya-aether	69
eczet-aether	70

Legcsekélyebb dynamikai sugárzást tanusitott ez esetben az olajképző gáz.

466. Egészen hasonló módon, de 3 hüvelyk — az előbbinek $^1/_{11}$ része — hosszú csővel tett kisérletek következő elhajlásokat adtak:

olajképző gáz	39°
kén-aethergőz	11
hangya-aether	12
eczet-aether	15

Okoskodásunk tehát teljesen igazolva van. Be van bizonyítva, hogy a hosszú csőben a gőz dynamikai kisugárzása felülmúlja a gázét, a rövidben pedig a gáz dynamikai sugár-

zása múlja felül a gőzét. Az eredmény bebizonyítja, ha bizonyítás még egyáltalán szükséges, hogy a gőztömecsek, habár a légben csak igen ritkásan vannak is elhintve, valóban ezek a sugárzás középpontjai.

467. Szándékosan kerültem eddig a mi világunkban legfontosabb gőzre, a vízgőzre való minden hivatkozást. Tudják, hogy e gőz mindig el van terjedve légkörünkben. A legderültebb nap sem ment tőle, sőt az Alpokban épen a legtisztább ég gyakran a legcsalfább, mert kék színét a levegő vízgőztartalmának gyarapodása még kékebbé teszi. Arra tehát nem szükséges emlékeztetnem, hogy vízgőzről lévén szó, nem olyasmit értünk alatta, a mi látható; a vízgőz nem köd, nem is felhő, sem pedig párafüst. Mindezek vízzé sürüdött gőzből képződtek; de a valódi gőz, melylyel foglalkozni akarunk, láthatatlan, átlátszó lég. A légkörben mindenütt el van terjedve, habár igen különböző arányban.

468. Bebizonyítandó, hogy a bennünket most környező levegőben van vízgőz, egy rézedény áll az asztal előrészén, mely egy órája meg lett töltve törött jégből és sóból álló keverékkel. Akkor fekete volt a felülete, most pedig fehér; egészen ellepte a dér, mely úgy képződött, hogy a vízgőzök az edény falain előbb vízzé sürüdtek, azután megfagytak. E fehér tömeg levakarható, s a mint a fagyott gőz le van szedve, ismét előtünik az edény fekete felülete. Most már annyi van lekaparva a megfagyott gőzből, hogy egy tisztességes hólabdát csinálhatok belőle. Menjünk egy lépéssel tovább. E havat beteszem egy mintába s jégtömbbé sajtolom össze önök előtt. Ezzel pedig, ki sem menve a szobából, kisérletileg megmagyaráztuk a glecscserek csinálódását eleitől végig. Az edény befödésére használt üveglemezen, a gőz nem fagyott meg, csak összesürüdött, de oly bőségesen, hogy a lemezt oldalvást tartván, patakban foly le róla a víz.

469. E gőznek csekély a mennyisége. Légkörünknek körülbelül $99^1/_2$ százaléka oxygén és nitrogén; a többi 0,5-ből

0,45 a vízgőz*; a maradék szénsav. Ha még nem tudnók, hogy végtelen csekély mennyiségű anyag is gyakorolhat a sugárzó hőre hatást, úgy kétségbe eshetnénk azon, vajjon észlelhető mérvű lesz-e légkörünk vízgőzének hatása? És valóban, egy ideig elhanyagoltam ezen anyag hatását, s alig hittem az első eredménynek, midőn műhelyünk vízgőzének hatását 15-akkorának találtam, mint azon levegőét, melyben a vízgőz el volt terjedve. Ez azonban még épenséggel nem fejezi ki a vízgőznek és a száraz levegőnek valódi viszonyát.

470. E pontot felvilágosítandók, visszatérünk előbbi (1-ső rajzlap) berendezésünkhöz, sárgarézcsövet használván, és a két hőforrást a hővillanyoszlop ellenkező oldalaira helyezvén. Előbb a száraz levegővel tett kisérletet ismétlem, ilyen levegőt eresztvén a kisérleti csőbe. A tű nem mozog észrevehetőleg. Ha egészen közel lennének, körülbelül egy foknyi mozgást láthatnának. S még csekélyebb volna a hatás, ha egészen tiszta levegőt kaphatnánk. Még egyszer kiszivattyúzzuk a kisérleti csövet s belé bocsátjuk e szoba levegőjét és pedig közvetetlenül s nem a szárítókon keresztül. Látják, a mint a levegő belép, a tű is megindul s végleges elhajlása 48°. A tű állandóan fog e számra mutatni mindaddig, míg a hőforrások állhatatosak maradnak és a levegő benn marad a csőben. E 48 fokú elhajlás 72-vel kifejezett hőnyelésnek felel meg, vagyis azon vízgőz, melyet e szoba levegője ma foglal magában, 72-akkora hatást gyakorol a sugárzó hőre, mint maga a levegő.

471. Ezen eredményre könnyen, de még is csak kellő gondossággal juthatunk. Száraz levegőt nedvessel hasonlítván össze, okvetetlenül szükséges, hogy az anyagok tiszták le-

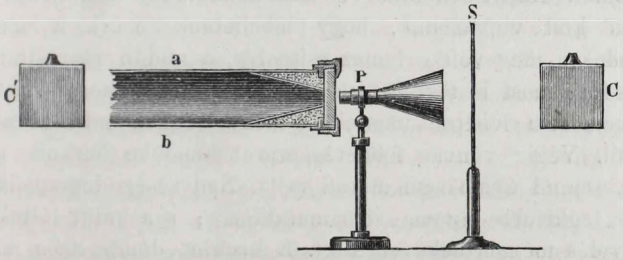
* E csekély sürüség indította Magnus tanárt arra, hogy midőn első kisérleteit tette a levegő vizgőzével, ezeket mondja: „már előre is világos, hogy az ily gőznek nem lehet észrevehető befolyása.“ Ha a máskülönben oly óvatos vizsgáló úgy vette volna vizsgálat alá a tárgyat, mint mi az előbbi kisérletekben, úgyhiszem, nem mondta volna ez állitását.

gyenek. Hónapokig dolgozhatunk tökéletlen szárítókkal és soha sem kapunk oly levegőt, mely a sugárzó hőre való hatásnak majdnem teljes hiányáról tanuskodnék. A szerves tisztátalanságoknak oly mennyisége, mely szemmel ki nem vehető, elegendő, hogy ötven akkorává növeszsze a levegő hatását. Ismervén a hatásokat, melyeket bizonyos esetekben az anyagnak majdnem végtelen csekély mennyisége eléidézhet, jobban el vannak e tényekre készülve, mint én voltam, midőn azok először felébresztették figyelmemet. Az imént nyert kisérleti eredménynek pedig, feltéve hogy helyes, oly nagy befolyása lesz a meteorologia tudományára, hogy magát ezen eredményt csakis a leggondosabb vizsgálat után szabad elfogadnunk. Mindenek előtt tessék e darab kősót megnézni; a másik szobából hozattam ide, hol vízmedencze mellett állott, de látható nedvességgel nem érintkezett. Nedves lett. A kősó nedvszívó anyag s felületén könnyen megsűríti a nedvességet. Itt van egy csiszolt lemez ugyanazon anyagból, s most egészen száraz. Rálehellek s íme, a nedvességhez való vonzalma azt okozza, hogy lehelletem gőze a vékony levelkék színeit * igen szépen mutató hártya alakjában lepi el felületét. A 353-ik §-beli táblából tudjuk, hogy a kősó oldata mily rosz átbocsátója a hősugaraknak, s így kérdés támad: vajjon nem mértük-e mi a kősólemezünkre lecsapódott efféle oldat vékony rétegének hatását, midőn az imént nem szárított levegővel tettünk azon hiszemben kisérletet, hogy tisztán a levegő vízgőzeinek hatását mérjük?

472. Ha vigyázatlanul dolgozunk, vagy ha a sólemezeket szántszándékkal megnedvesítjük, könnyen kaphatunk víz-

* Ha a csiszolt kősólemeznek olyan az állása, hogy a reá eső fénysugarat valamely ernyőre veti; s ha a lemez előtt egy lencse áll és pedig oly helyzetben, hogy a lemez csiszolt felületének képe az ernyőn keletkezzék; és ha ekkor üvegcsövön keresztül lehelünk a kősólemez felé, azonnal keletkeznek gyürük a legszebb szivárványszínekben, melyeket százan és százan láthatnak egyszerre. A szinek sorrendje ugyanaz, mint a Newton-féle gyürükön.

gőzcsapadékot. E pontra nézve minden tapasztalt kisérlettevő csakhamar tisztába jő magával; de a helyes kisérletezésnél az a fődolog, hogy azon körülmények mind kizárassanak, melyek a természethez intézendő, világos és egyszerű kérdéseket behomályositják és összebonyolitják. Most támasztott gyanúnk elháritására meg kell mindenekelőtt a sólemezeket vizsgálnunk; ha kellően végeztük a kisérletet, úgy a nedvesség legkisebb nyomának sem szabad a felületen mutatkoznia. Hogy még biztosabbá tegyem e kisérlet sikerét, valamit változtatok készülékünk berendezésén. Hővillanyoszlopunk, a maga két visszaverőjével együtt, eddig egészen kívül állott a kisérleti csővön. Most leveszem az oszlopról a bal oldalon lévő visszaverőt és betolom a kisérleti csőbe. A visszaverő üres kúpja fel van hasitva az alján (89. ábra),



89-ik ábra.

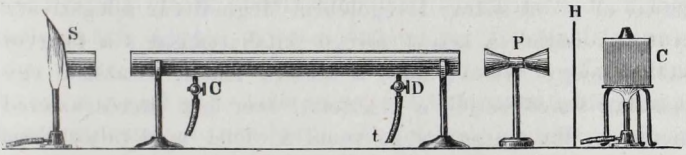
(ez az I-ső rajzlapbeli felállitás azon egyetlen különbséggel, hogy a *P* oszlop egyik visszaverője most benn van a csőben), úgy hogy saját feszülésénél fogva szorosan oda nyomódik a cső belső felületéhez. A visszaverő külső és a cső belső felülete közötti tér meg van töltve olvadt chlórmész-darabkákkal, melyeket huzalfátyol akadályoz a kihullásban. Ez megtörténvén, a kősólemezt ismét visszaerősitem. Ha most még az oszlop lapját közel állitom a kősólemezhez, de úgy, hogy egymással ne érintkezzenek, akkor a felállitás be van fejezve.

473. Először is megjegyzendő, hogy az a sólemez, mely a hőforrás közelében áll, soha sem nedvesül meg, főltéve,

hogy nem nagyon durvák a kisérletek. Minthogy közel áll a hőforráshoz, ennek melege a legparányibb nedvességet is képes elűzni felületéről. A veszedelemnek a másik lemez van kitéve s épen azért, hogy egészen szárazak maradjanak e másik lemez szélei, használunk chlórmeszet. E lemez széleit tehát nedves levegő el nem érheti, közepére pedig, melynek területe körülbelül egy négyzet hüvelyk, az egész sugárzást rávetjük. A priori is beláthatjuk, hogy nedvhártyának itt lehetetlen összegyülnie; s a tény igazolja következtetésünket. Megvizsgálván ismét, mint elébb, e terem száraz és nem szárított levegőjét, azt találjuk most is, hogy a nem szárított hetvenakkora hatást idéz elé mint a szárított. A tűt most a nem szárított levegő hőnyelése tereli el; hagyjuk e levegőt a csőben, csavarjuk le a sólemezt s vizsgáljuk meg felületét. Nagyitó lencsét is használhatunk e czélra, de nagyon kell vigyáznunk, hogy lehelletünk ne érje a lemezt. Gondosan meg volt e lemez csiszolva, a midőn ráerősitettük a csőre; most is tökéletesen sima. Üveg vagy hegyi-kristály felülete sem lehetne mentebb a nedvességnek minden nyomától. Végig vonván felületén száraz kendőbe burkolt újamat, semmi nyom sem marad rajta. Nedvesség lecsapodásának legkisebb nyoma sem mutatkozik; s a mint láttuk, a hőnyelés még is bekövetkezett. E kisérlet döntő azon feltevés ellenében, hogy a megfigyelt hatások nem a vizgőznek, hanem a sósvizes hártyának volnának tulajdonitandók.

474. De még mindig fennmaradhatna az a kétely, hogy talán mégis jelen van a nedvesség, habár nyomát sem fedezhetjük fel. E kételyt következő módon háritjuk el: a kisérleti csövet leoldom az előkamráról s mind a két sólemezt eltávolitom. A cső most mind a két végén nyitva van, s majd e nyitott csőbe bocsátván száraz és nedves levegőt, összehasonlitom a sugárzásra gyakorolt hatásukat. Itt is, úgy mind minden más esetben, a kisérlettevőnek érvényesiteni kell gyakorlati tapintatát. Egyfelől a hőforrás, másfelől az oszlop is ki van téve a szabad levegőnek; a legparányibb rázkódás,

az egyiket vagy a másikat érvén, az általunk keresett hatást vagy megzavarná, vagy egészen elrejtené. A levegőnek e szerint, úgy a hőforrás, mint az oszlop közelében, a legcsekélyebb rázkódás nélkül kell a kisérleti csőbe bevezettetnie. A kisérleti cső hossza most 4 láb és 3 hüvelyk; a *C* csap (90. ábra) egy kaucsuk-tömlővel áll kapcsolatban, melybe közönséges levegő van, szorítva egy rátett súlynak gyönge



90-ik ábra.

nyomása által. A másik, *D* mellett lévő csapot *t* hajlékony cső a légszivattyúval köti össze. *C* csap és a kaucsuktömlő közé illesztjük a szárító csöveket; s ha a csapot kinyitjuk, a levegő lassacskán átmegy a szárító csöveken s bevonul a kisérleti csőbe. Ezzel egyidejüleg a légszivattyú lassan dolgozik, minek következtében a száraz levegőt *D* felé vonjuk. A *C* csap és az *S* hőforrás köze 18 hüvelyk; *D* csap és *P* oszlop között pedig 12 hüvelyk. A *C* pótkoczka és a *H* ernyő ugyanarra a czélra valók, mint elébb. Elszigetelvén ekként a cső közép részét, a száraz levegőt nedvessel cserélhetjük fel, vagy a nedveset szárazzal, anélkül, hogy bármily mozgás érné akár a hőforrást, akár az oszlopot.

475. Most a csőben a műhely közönséges levegője van; s a galvanométer tűje állandóan a zérusra mutat. Ez után oly levegőt bocsátok *C*-n át a nyitott csőbe, mely a szárító készüléken ment át s mialatt bevonúl, a légszivattyúval dolgozom a fennebbi leirás szerint. Jegyezzék meg a hatást. A midőn a száraz levegő belép, a tű megindul s mozgásának

iránya mutatja, hogy több hő megy át most, mint az imént. Az, hogy a műhely levegőjének helyét száraz levegő foglalta el, a hősugarak jobb átbocsátójává tette a csövet. Az így nyert végleges elhajlás 45°. E helyen a tű veszteg marad s a száraz levegőnek további bevezetése által e ponton túl nem hajtható.

476. Szüntessük meg a száraz levegő bevonulását s a légszivattyú járását. A tű visszafelé megy, de nagyon lassan s ezzel azt jelzi, hogy a külső levegő vízgőze szintén lassan terjed el a cső száraz levegőjében. Megindítván a légszivattyút, gyorsítjuk a száraz levegő kitakarodását s a tű gyorsabban megy vissza; most a zérusra mutat. Százszor egymásután ismételhetjük e kisérletet, nem lesz eltérés az eredményben. Ha száraz levegő vonul a csőbe, a tű változatlanul 45 fokra megy s a hőátbocsáthatóság gyarapodását árulja el; ha ellenben nem szárított levegő lép a szárított helyébe, a tű visszamegy a zérusra s hőnyelés gyarapodásáról tanúskodik.

477. De a légkör ma nincs telítve vízgőzökkel; következésképen ha telítve volna, még erősebb hatást várhatnánk. Eltávolítom a szárító készüléket s *U*-alakú csövet teszek a helyébe. E cső tele van párolt vízzel nedvesített üvegdarabkákkal. Most ezeken vonul át a tömlőből kiszorított levegő, s ha egyúttal a légszivattyút is jártatjuk, a műhely nedves levegőjét még nedvesebbel cseréljük fel. Nézzék az eredményt. A tű mozog és pedig oly irányban, mely a hőnyelés gyarapodásáról tanúskodik. A végleges elhajlás 15°.

478. Lényegében tehát itt is ugyanarra az eredményre jutottunk, mint előbb, mikor kősólemezek zárták csövünket; nem lehet tehát a hatást a lemezek felületére lecsapódott nedv-hártyának tulajdonítani. Legyen pedig még megjegyezve, hogy e kisérletekben, ha helyesen vannak téve, a szeszélyeskedésnek vagy bizonytalanságnak nyoma sem látszik. Különböző napokon és évszakokban tétettek; a cső le volt véve és ismét visszatéve; híres férfiak megjegyzései, kik megszem-

lélték a kisérleteket és vizsgálat alá vették az eredményeket, tekintetbe vétettek; de eltérést a közlött eredményektől nem lehetett észlelni. Bármiféle lég vonul be a csőbe, mindenkor föllép az illető lég jellemző hatása; a tű a legteljesebb ellenőrzés alatt áll; szóval, a szilárd vagy folyékony testekkel tett kisérletek közül egynek sem oly biztos a sikere, mint a száraz és nedves levegővel imént tett kisérleteké.

479. Könnyen kiszámíthatjuk az összes sugárzás azon százalékát, melyet a közönséges levegő *C* és *D* pontok között nyelt el. Ha ezt az önernyőt a kisérleti cső és a hővillanyoszlop közé állítjuk, úgy a hőforrások egyike tökéletesen el lesz vágva, s a másik hőforrás által eszközölt elhajlás az összes sugárzást ábrázolja. Megtartván az eddig felvett egységet, ezen elhajlás körülbelül 780-nak felel meg, az egység azon mennyisége levén a hőnek, mely a tűt 0 fokról 1 fokra hajtja. A 45 fokú elhajlás 62 egységnek felel meg; 780-ból tehát ez esetben 62-t nyelt el a nedves levegő. Százalék szerint a következő arány fejezi ki a hőnyelést:

$$780 : 100 = 62 : 7{,}9$$

A légköri levegőnek azon gőze tehát, mely *C* és *D* között volt a csőben, majdnem 8 százaléknyi hőnyelést okozott. A tökéletesen telített levegő jóval nagyobb hőnyelést ad.

480. Bekövetkezik pedig e hőnyelés, noha a hő már a forrástól a *C* felé, és *D*-től az oszlop felé vezető útjában félig-meddig átszűrődött. Azon felül még valószinű, hogy a nedves levegőt csak félig-meddig pótolta a száraz. Más kisérleteknél 4 láb hosszú s belül csiszolt csövet használván, azt találtam, hogy a légkör gőze közép szárazságú napon 10 százalékot nyelt el hőforrásunk sugárzásából. Ha a földet hőforrásnak tekintjük, úgy hevéből a földfelülettől mért 10 lábnyi magasságig már legalább 10 százaléknak le kell tartatnia. * Ezen egyetlen

* Teljes okom van hinni, hogy a hőnyelés még ennél is jóval jelentékenyebb.

tény is figyelmesekké tesz bennünket arra, mily roppant befolyásúnak kell lennie a vízgőz ezen újabban felfedezett tulajdonságának a meteorologia tüneményeire.

480. *a*) De még sem háritottunk el minden kifogást. Arra figyelmeztettek, hogy műhelyünk levegője tisztátalan lehet, s a londoni levegőben szétoszlott szénrészecskékre is utaltak, mint a vízgőznek tulajdonított hőnyelés lehető okára. De a fennebbi eredményeket úgy is megkaptam, ha a készüléket kivittem a műhelyből; elékerültek e teremben is. Azonfelül levegőt hozattam különböző helyekről, áthatlan tömlőkben: Hyde Park-, Primrose Hill-, Hampstead Heath-, Epsom Downs-ról (a Grand Stand közeléből); egy mezőről Newport mellett, Wight szigetén; St. Catharine's Downból, Wight szigetén; a tengerpartról Black Gang Chine mellett. Mindezen helyek levegőjének vizgőze, a fennleirt módon vizsgálva, 70 akkora hatást gyakorolt mint a levegő, melyben e vízgőz szét volt oszolva.

481. Ez után következő módon tettem kisérleteket. A műhelyből való levegőt addig szárítottam és tisztítottam, míg hőnyelése csekélyebb lett egy-nél. A tisztított levegőt átvezettem *U* alakú csövön, mely tele volt párolt vízzel nedvesített, de máskülönben tökéletesen tiszta üvegdarabkákkal. A szárított levegő semmi hatást sem mutatott, bizonyságául annak, hogy a bajt okozható anyagok mind el voltak belőle távolítva; midőn pedig az *U*-csövön átvonult, tiszta vízgőznél nem vehetett fel egyebet. A kisérleti csőbe így bebocsátott gőznek 90 akkora volt a hatása, mint azon levegőé, mely e gőzt magával vitte.

482. De a helyes és tudományos kritika még ezzel sem éri be. Az a cső, melylyel e kisérleteket tettem, belül csiszolva van, s következésképp azt lehetne gyanítani, hogy a nedves levegő gőze, midőn bevonul, lecsapódik a cső felületére, csökkenti e felület visszaverő erejét s a külszín szerint ép oly

hatást okoz, mintha hőnyelés ment volna végbe. Erre először azt lehet felelni, hogy a letartóztatott hőmennyiség a jelenlévő lég mennyiségével arányos. Mutatja ezt a következő tábla, adva lévén benne a nedves levegő hőnyelése 5-től egészen 30 hüvelyknyi higanyoszlopnak megfelelő nyomásig.

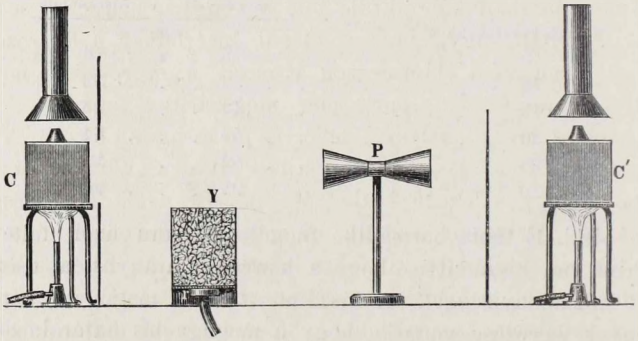
Nedves levegő.

Nyomás hüvelykekben	megfigyelt hőnyelés	kiszámított hőnyelés
5	16	16
10	32	32
15	49	48
20	64	64
25	82	80
30	98	96

483. E tábla harmadik, függőleges sora azon feltevés szerint van kiszámítva, hogy a hőnyelés arányos a csőben lévő gőzmennyiséggel. A kiszámított és a megfigyelt eredmények egyezése mutatja, hogy a megfigyelés határain belül ez csakugyan úgy van. Nem lehet feltételezni, hogy oly szabályos hatásokat, mint a milyenek ezek, melyek oly összevágók a más gőzök, sőt állandó gázok csekély mennyiségeivel nyert eredményekkel, a cső felületén végbemenő gőz sürüdésének kelljen tulajdonítani. Továbbá még az is áll, hogy midőn a csőben lévő levegő nyomása 5 hüvelyknyi volt, egy hatodrésze sem volt benne azon gőznek, mely e tér telítésére szükséges. A legszárazabb nap sem közeliti meg ezt a szárazságot. Hogy pedig sürüdés, különösen oly sürüdés állhasson itt elé, mely a visszaverő belső felületére hatva, épen a jelenlevő anyaggal tökéletesen arányos hőmennyiséget romboljon le, azt alig lehet elgondolni.

484. Kívánságom azonban az volt, hogy e fontos kérdés megoldásában a puszta okoskodás, ha még oly következetesnek lássék is az, egészen számkivetve legyen. Elhatároztam tehát, hogy nem csak a kősólemezeket hagyom el, hanem még a kisérleti csövet is, s a szabad körlég egy részét majd

mással fogom pótolni. E czélra a következő berendezésről gondoskodtam: *C* forró vizzel telt koczka szolgál hőforrásul. *Y* felfelé álló üres sárgarézhenger, melynek szélessége 3,5 hüvelyk, magassága pedig 7,5 hüvelyk. *P* a hővillanyoszlop, *C'* a pótkoczka. *C'* és *P* között áll egy beigazító ernyő, az oszlop hátulsó lapjára eső hő szabályozása végett. Az egész



91-ik ábra.

berendezést egy borító födte, melynek belső terét ónlevelek egyes osztályokra osztották; ezek pedig lazán be voltak töltve papirossal vagy lószőrrel. Szükségesek voltak ezen, csak lassanként kitalált elővigyázati rendszabályok azért, hogy meg legyen gátolva a helybeli áramok képződése és visszatartóztatva a külső levegő szabálytalan hatása. A most mérendő hatás ugyanis igen csekély; el kell tehát minden okot távolítani, mely zavart idézhetne elé s csorbát ejthetne a hatás világosságán és tisztaságán.

485. A henger alsó vége alá gyürüalakú *r* gázégetőt állítottam, melytől egy cső vonult a levegővel telt kaucsuktömlőhöz. A henger tele volt párolt vizzel nedvesített hegyikristály darabkákkal. A levegő tehát, a nyomásnak alávetett kaucsuktömlőből gyöngéden hajtva, lassan benyomúlt a kristály-darabkák közé; itt megrakódott vizgőzökkel s tovább

áramlott az oszlop és a *C* koczka között lévő térbe. A tű előbb a zéruson állott, de a mint a telített levegő a hengerből emelkedni kezdett, mindjárt megindult s végleges elhajlása 5° lett. Az elhajlás irányából kitűnt, hogy a telített levegő gyarapította az oszlop és a *C* koczka között lévő tér átlátszatlanságát.

486. A kvarcz-darabkákat ez után eltávolítottam s friss chlórmészdarabkákkal raktam tele a hengert, melyeken a levegő átvonult, úgy, mint az előbbi kisérletben a kvarczon. Mialatt azonban a chlórmeszen átvonult, nagy részben megfosztatott vízgőzétől s most már megszárítva foglalta el a közönséges levegő helyét a hőforrás és az oszlop között. A tű megindult, s 10 foknyi állandó elhajlást ért el; az elhajlás iránya mutatta, hogy a levegő közbelépte növelte a tér hőátbocsáthatóságát. Helyesen osztván be a levegő bevonulását, a tű kibillenését 15 egészen 20 fokra lehetett emelni. Eltérést ezen eredményektől a kisérlet ismétlése nem mutatott. A telített levegő mindannyiszor növelte a hőforrás és az oszlop közötti térben az átlátszatlanságot, a száraz levegő pedig mindannyiszor a hőátbocsáthatóságot. El voltak tehát hagyva nem csak a kősólemezek, hanem maga a kisérleti cső is, s az eredmények, a mennyiben a vízgőznek a sugárzó hőre gyakorolt hatását illetik, mind teljesen összevágók. *)

486. *a*) E nézetek támogatására sok figyelemre méltó észleletet tett közzé Richard Strachey ezredes, a kitünő meteorolog és királyi mérnök. És bizonysága annál nagyobb értékű, mert oly megfigyeléseken alapszik, melyek jóval előbb tétettek, még mielőtt valamit tudtunk volna a vízgőznek imént kifejtett tulajdonságáról. E fontos értekezésből, mely a Philosophical Magazine 1866. juliusi számában jelent meg, a megfigyeléseknek csak egyetlen egy jellemző sorozatát fogom idézni. Történtek pedig azok 1850-ik év márczius havának 4-ik és 25-ik napja között, mely időben „az ég feltünően

* Lásd e mű végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

tiszta maradt, holott a vizgőz mennyisége nagyon változott". Az első függőleges sor a vizgőz feszültségét adja, a második pedig a hőmérőnek esését délutáni $6^h\ 40^m$-től reggeli $5^h\ 40^m$-ig.

A gőz feszültsége		a hőmérő esése
0,888	hüvelyk	6,0°
0,849	„	7,1
0,805	„	8,3
0,749	„	8,5
0,708	„	10,3
0,659	„	12,6
0,605	„	12,6
0,554	„	13,1
0,435	„	16,5

Az egészben vett eredményt lehetetlen félreérteni. Hideg éjszakákon a hőmérő esését, mint a sugárzás erősségének kifejezőjét, megszabja a levegőben foglalt átlátszó vizgőz sokasága. A gőz jelenléte gátolja a sugárzás okozta veszteséget, távolléte pedig kedvez a sugárzásnak s elémozditja az éjszaka hidegét.

487. Később még más, nyomós bizonyitékokat csatolunk az itt felhozottakhoz. Nem időzöm vala e tárgynál oly sokáig, ha oly fontos nem volna. Kötelességemnek tartottam elébe állani minden ellenvetésnek, hogy a meteorologok a legkisebb aggodalom nélkül értékesithessék e kisérletek eredményeit. Tudományukra a nyert eredmények számtalanféleképen alkalmazhatók; s csak sajnálatomat fejezhetem ki, hogy ismereteim hiányossága nem engedi, magamnak megtennem a kellő alkalmazásokat. Engedelmökkel mind a mellett megérintek nehány pontot, melyek többé-kevésbbé szoros kapcsolatban látszanak lenni az imént megállapitott tényekkel.

488. Meg kell pedig mindenekelőtt jegyezni, hogy a gőz, mely oly mohón nyeli a hőt, bőven is sugározza azt. E ténynek nagy mértékben kell szerepelnie a forróöv alatt. Tudjuk ugyanis, hogy a nap roppant gőztömegeket emel ki

az egyenlítői oczeánból s hogy közvetetlenül alatta, a szélcsöndek táján, a gőz megsürüdéséből keletkezett eső özönben szakad. E dolgot eddig a fölemelkedő levegő tágulásával járó hülésnek tulajdonitották, s e hülés, mint igazi ok, csakugyan elé is idézi az aránylagos hatást. De magának a gőz sugárzásának is kell befolyást gyakorolnia. Gondoljanak egy oszlopot telitett levegőből, mely az egyenlítői oczeánról felemelkedik; egy darabig az ezen levegőbe keveredett gőzt majdnem tökéletesen telitett levegő környezi. A fölemelkedő gőz sugároz, de a környező gőzbe sugároz. Kirchhoff pedig bebizonyitotta, hogy akármely gőz sugárzásának ugyan a fajta gőz kiválóan rosz átbocsátója. Fölfelé emelkedő oszlopunk sugárzását tehát egy darabig felfogja a körülfekvő gőz, s nagy részét vissza is téríti. Sürüdés, ily körülmények között, nem állhat be. A levegő vizgőzeinek sokasága azonban gyorsan csökken, a mint a magasba emelkedünk. Hooker, Strachey és Welsh megfigyeléseiből kitünt, hogy a vizgőzök feszültsége erősebben csökken, mint a levegőé. Gőzoszlopunk tehát végre túl van emelve a védő ernyőn, mely kiterült fölötte, emelkedése kezdetén. Gőzüres térben van. E térbe pedig akadály és visszapótlás nélkül sugározhatja melegét; s bizonyos, hogy egyrészt az ekként bekövetkezett hővesztésnek kell tulajdonitanunk a gőz megsürüdését és záporszerü földre szakadását.

489. Hasonló megjegyzések illenek a gomoly-felhők képződésére a mi szélességi fokaink alatt. Az ily felhő feje oly gőzoszlopnak, mely a föld felületéről fölemelkedik s megsürüdik, mihelyt egy bizonyos magasságot elért. A látható felhő tehát: vizgőzzel telt, láthatatlan légoszlopnak a tetőzete. Bizonyos, hogy az ily oszlop csúcsának, ha egyszer kiemelkedett a földet környező, alacsonyabb gőzernyőből s a szabad térbe meredez, sugárzás következtében meg kell hülnie. Már egyedül e hatásban meg van bizonyos mértékben a felhők képződésének physikai oka.

490. A hegyek sürítők gyanánt hatnak, egyrészt saját tömegök hidege által; e hideget pedig annak köszönik, hogy magas a fekvésök. Felettök nem terül eléggé sürű gőzernyő, hogy felfogja melegöket; hevök tehát visszapótlás nélkül áramlik a térbe. Mutatja e veszteséget a hőmérő gyors esése, a nap eltávozta után. Ezen esés pedig nem a levegő sugárzásának tulajdonitandó, hanem a föld, vagy maga a hőmérő sugárzásának. E szerint két hőmérő között, melyek közül az egyik kellően beburkolva, igazán megmutatja az éji levegő hőmérsékét, a másik pedig szabadon sugároz a tér felé, nagyobb lesz a különbség, ha magasabban, mintha alacsonyabb helyen vannak. A megfigyelés tökéletesen igazolja e következtetést. Martins és Bravais urak például a Mont-Blanc Grand-Plateau-ján 24 F. fokúnak találták az ily két hőmérő között a különbséget, mig Chamouniban csak 10 F. fokú különbséget észleltek.

491. De a hegyek azért is hatnak sürítők gyanánt, mert a nedves szeleket fölfelé terelik s ezzel a levegő kitágulását eszközlik. Az igy eléidézett hűlés ugyanaz, mely a meleg légoszlopnak a légkörben való közvetetlen fölemelésével karöltve jár; a fölszállt levegő munkát fejt s ehhez képest fogy saját melege. Ezen okok mellett tekintetbe kell vennünk még az ekként felszálló nedves levegőnek sugárzó erejét is. E levegő túlemelkedik a föld közetlen közelében levő vizes réteg védelmén, melegét tehát szabadon árasztja a térbe és ezzel saját magát süríti. Úgy gondolom, nem lehet a felett kétségünk, hogy a viz sugárzó erejének, *melyet minden halmazatában* tanusit, nagy szerepet kell játszania a hegyi vidékeken. Mint gőz kisugározza melegét a térbe s elésegíti a sürüdést; mint folyadék kisugározza melegét a térbe s elémozdítja a fagyást; mint hó kisugározza melegét a térbe s azt eszközli, hogy a felületek, melyekre esik, sokkal erősebb sürítőkké válnak, mint milyenek máskülönben lettek volna. A víznek rendkivül nagy képessége van hőmozgást

közölni a világtérben lévő éterrel, s e tulajdonsága sok csodálatos tulajdonságai között nem a legkevésbbé fontos.

492. Általában könnyen elillanhatna a hő a föld felületéről, úgy mint a magasban lévő gőztömegekről, ha vízgőz nem lenne a földet környező levegőben. A sugárzó hő átbocsátását illetőleg, a légkör fő testének valóban olyan a magaviselete, mintha jóformán üres volna. Oly tájékon, melynek száraz a légköre, gyorsan be kell következnie a meghidegülésnek a nap lenyugvása után. Már maga ezen egyetlen ok hatása is elegendő, hogy a holdat hozzánk hasonló lényekre lakhatatlanná tegye. Kisugárzását nem gátolják vízgőzök, s így roppant nagynak kell lennie havi maximuma és minimuma között a különbségnek. Ugyanezen okná fogva majdnem tűrhetetlen a tél Tibetben. Nézzék, mint hajlanak télen éjszakról Ázsia felé az egyhevű vonalak, bizonyságául annak, hogy e tájék hőmérséke alacsony. Humboldt kiemelte az e kontinens benső részeinek »hidegítő erejét«, s ellenmondott azon nézetnek, hogy e hidegítés a magas fekvésből megmagyarázható; mert hiszen vannak nagy földterületek, melyek nem nagyon magasan fekszenek a tengerszín felett, s mégis igen alacsony a hőmérsékök. Humboldt azonban nem ismervén az imént vizsgáltuk befolyást, úgy hiszem, ezért hanyagolta el a hidegnek legfontosabb okozóját. Rendkívül nagy a hűlés éjjel, ha a levegő száraz. Ha a vízgőzök csak egy éjszakára távolíttatnának el Angolország légköréből, úgy ezzel karöltve járna mindazon növényeknek elpusztulása, melyeket a fagyás hőmérséke megöl. Szaharában, a hol »a talaj tűz, a szél pedig láng« gyakran alig tűrhető az éjszaka hidege. Jég is képződik e tájon éjszakán át. Ausztráliában is nagy a hőmérsék naponkénti változása s közönségesen 40 és 50 fokra rúg a különbség. Szóval, biztosan meg lehet előre jósolni, hogy mindenütt, a hol a levegő száraz, nagy is egyszersmind a hőmérsék naponkénti változása. Ez azonban egészen más, mintha azt mondanám, hogy ott leszen nagy a hőmérsék változása, a hol a levegő tiszta. A fény-

nek jó átbocsátása tökéletesen összefér a hő rosz átbocsátóságával. A légkör tele lehet vízgőzökkel, bárha sötétkék felettünk az ég boltozata; s ily esetekben, mind a mellett hogy a levegő »tiszta«, mégis visszatartóztatóra bukkanhat a föld sugárzása.

493. És itt könnyen megmagyarázhatunk egy tapasztalást, mely Lesliet nyilván zavarba hozta. E híres experimentator egy készüléket szerkesztett, melyet aethrioskopnak nevezett el, s melynek az ég felé irányult sugárzás meghatározására kellett szolgálnia. A készülék két üveggolyóból állott; ezeket egy üvegcső kötötte össze, melynek oly szük volt a csatornája, hogy kis folyadékoszlop saját tapadásánál fogva megállhatott benne. Az alsó *D* (92. ábra) golyó, fémburkolattal védve, a levegő hőmérsékét vette fel; a felsőt *B*, mely be volt feketítve, *C* fémcsésze fogta körül, azon czélból, hogy e golyót a föld kisugárzása ellen megvédje.

92-ik ábra.

494. »E készülék« mondja, a feltaláló, »ha tiszta időben kiteszszük a szabad levegőre, mindenkor, éjjel és nappal jelezni fogja a magasabb regiókból lefelé bocsátott hideg hatását . . . Meglepő e készülék érzékenysége, mert a folyadék emelkedik és esik azonnal, a mint felhő vonul el. De nem mindenkor tűnik elé ily világosan a változások oka. Néha, midőn szép kék az ég boltozata, az aethrioskop $^{50}/_{1000}$ fokú hideget jelez, holott más napokon, melyeken a levegő szintoly tisztának látszik, alig $^{30}/_{1000}$ fokú a hatás.«

Ezen anomalia egyedül a levegőben foglalt vízgőz különbségének tulajdonitandó, s maga Leslie is következő szavakban foglalja össze a vízgőz hatását: »valószinű, hogy a levegőben foglalt hygrométeri nedvesség nyomása* hat a készülékre«. Azonban nem a nyomás teszi e hatást. A láthatatlan vízgőz meggátolta jelenlétével ugyanis az aethrioskop kisugárzását, távollétekor pedig a készülék szabadon bocsáthatta sugárzását a térbe. A föld sugárzására vonatkozó kisérleteket illetőleg, a »tiszta nap« kifejezésnek újabb értelmezést kell adni. Bizonyos, például, hogy pyrheliométerrel tévén kisérleteket**, két nap, mely látszólag egyenlően tiszta, egészen különböző eredményeket adhat. Azt is tudjuk, hogy e készülék kisugárzása gyakran olyankor is bukkan akadályokra, midőn nem lehet látni felhőket. Ha azonban láthatókká tehetnők a légkör alkatrészeit, a gőzt is beleértve, akkor ugyancsak láthatnók ezen eredménynek az okát.

495. Egy másik érdekes és e tárgygyal közel vonatkozásban álló pont, a *felhőtlen esőnek* elmélete. Melloni ezt irja: »azon rendkivül finom esőt, mely az évnek szép szakában, tiszta időben, mindjárt a nap lenyugvása után esik, sok iró a levegő sugárzásából eredő hidegnek tulajdonitja.« »De mert nincs« folytatja tovább, »biztos adatunk arra, hogy a tiszta, átlátszó, rugalmas folyadékok fel vannak-e ruházva kisugárzó erővel***, megfelelőbbnek látom é. u. t.« — Ha csak ez volna a *felhőtlen esőnek* elméletében az egyedüli nehézség, akkor az elmélet megállana, mert most már be van bizonyitva, hogy rugalmas folyadékok valóban birtokában vannak azon kisugárzó erőnek, melyet az elmélet feltételez. A hülés azonban nem a *levegő* sugárzásának tulajdonitandó,

* Lehetséges, hogy „pressure“ (nyomás) nyomda-hibából áll „presence“ (jelenlét) helyett.

** Lásd a XIV. fejezetet.

*** E kifejezés jelezi, hogy milyen volt a hőtan álláspontja a gázalakú testekre vonatkozólag azon időben, melyben az itteni kisérletek megindittattak.

hanem egyedül magának azon test sugárzásának, melynek sürüdése a *felhőtlen esőnek* eléidézője.

496. Legyen megengedve még hozzá tennem, hogy a mennyire a dolgot eddig megitélhetem, a vizgőz és a folyékony viz ugyanazon nemű sugarakat nyeli el; ez pedig csak más alakja azon állitásnak, hogy a tiszta viznek ugyanaz a szine van, mint a viz gőzének. A légkör tehát, a vizgőz jelenlétének következtében, kék szinű. Már meg volt emlitve, hogy az égboltozat kék szine úgy, mint a távol fekvő domboké *sötétebb*, ha nagyobb a levegőben foglalt vizgőzök mennyisége. Világos azonban, hogy azon anyagnak, mely *változást* idéz elé a szin fokozatában, magában a szinezet létesitésében is közre kell működnie. Vajjon az égnek kék szine — a meteorologiának legnehezebb kérdése — megmagyarázható-e ebből, azt ez alkalommal nem kivánom kutatni*.

---

* A gázok hőnyelésére és sugárzására vonatkozó vizsgálataimmal kapcsolatban, örömmel emlékezem meg azon gyors és értelmes segitségről, melylyel Becker úr — West Strand, Elliot czége — kezemre járt. Becker úr egészen pontosan ismeri a kisérletekhez szükséges készülékeket.

A légköri sarkultság okára vonatkozó elmélkedést egészen elhagyom, mert attól tartok, hogy nagyon eltérnék a tárgyamtól. Megjegyzem azonban, hogy a hő sarkitása azon csillámoszlopok által lőn bebizonyitva, melyekkel J. D. Forbes tanárnak először sikerült a sarkitás tényét megállapitania.

JEGYZET. Magnus tanár egy legközelébb megjelent értekezésében ellentmond azon nézeteknek, melyeket a megelőző szakaszban a vizgőz hatásáról kifejtettem. Kitünő barátom kisérleteit és elmélkedéseit, (melyek nem győztek meg) kellő figyelembe fogom venni, mihelyt idővel rendelkezem**.

JEGYZET. E kötet XV. fejezete az ég fénye szinének és sarkultságának van szentelve.

** Lásd e mü végén a magyar kiadáshoz készitett függeléket.

FÜGGELÉK A XI. FEJEZETHEZ.

Kivonatok „a föld légkörén való átsugárzásról" tartott előadásból.

Senki sem szerzett még fogalmat a vonalról Euklid értelmezéséből: „hosszúság szélesség nélkül". Valóságos physikai vonalról veszszük e fogalmat, oly vonalról, melyet tollal vagy rajzónnal vonunk, melynek tehát van szélessége. E fogalmat azután az abstractio művelete által mind jobban és jobban összeegyeztetjük az értelmezés feltételeivel. A physikai jelenségekkel is épen így áll a dolog; a láthatatlan fogalmában úgy segítünk magunkon, hogy a láthatóból megfelelő képeket alkotunk magunknak, s azután tisztázzuk képzeteinket a kellő fokig. A képzet határozottsága, midőn physikai jelenségekkel van dolgunk, a legnagyobb hasznú, még akkor is, ha alkotásakor némi tekintetben a pontosság ellen vétenénk is. Nagy kérdés valójában, vajjon a physikai kutatásban jártas buvár találhatna-e valaha nyugtot, ha nem alkotna magának valamiképen fogalmat azon folyamatokról, melyek érzékei körén kívül esnek s melyekből az érzékileg észrevehető tünemények erednek.

Midőn a légkörön át történő sugárzásról szólunk, szükséges, hogy határozott physikai képzeteket kapcsolhassunk úgy a „légkör", mint a „sugárzás" kifejezéshez. Ismeretes dolog, hogy légkörünk nagyjában két elemből van összetéve, oxygénből és nitrogénből. Ezen elemi atómokat apró golyócskáknak képzelhetjük, melyek sürün szét vannak hintve abban a térben, mely földünket közvetetlenül körül veszi. Légkörünk körülbelől 99½ százaléka ezekből áll. Ezen atómokhoz keveredve vannak még benne egyebek, teljesen elütő jellegüek: a szénsav, az ammoniak, a vízgőz tömecsei vagy atómcsoportjai. Ezen anyagokban különböző atómok állottak össze, kis atómrendszereket képezvén. A víznek tömecsében például két hydrogén-atóm egy oxygén-atómmal egyesült, s e tömecsek kis triádok gyanánt keverednek a nitrogén és oxygén monádjai közé, melyek a légkörnek nagy tömegét alkotják.

»Ezen atómok és tömecsek külön vannak egymástól, de egy közös medium karolja át valamennyit. Légkörünkben még egy másik és finomabb légkör is van, melyben mint lebegő szemcsék a nitrogén és az oxygén atómjai lógnak. E finomabb légkör nem csak atómot kapcsol atómhoz, hanem csillagot is csillaghoz; s valamennyi nap és valamennyi csillag fénye tulajdonképen egy neme a zenének, melyet a világközi lég visz odább. Ha világosan felfogták e képet, úgy egy lépéssel tovább mehetünk. Képzeljük, hogy az atómok e közegben nem csupán lebegnek, hanem még rezegnek is. Az atómok e mozgása teszi azt, a mit melegségüknek nevezünk. »A mi bennünk meleg« jól mondja Locke, „magukban a testekben nem egyéb, mint mozgás". Továbbá képzeljük, hogy e mozgás közlődik a mediummal, melyben az atómok rezegnek, s hogy e mozgás hullámosan tovagyürüzik felfoghatatlan gyorsasággal egészen a tér határáig. A mozgás ezen alakját, mely nincs hozzá fűzve a közönséges anyaghoz, hanem a világközi mediumon fut végig, sugárzó hőnek nevezzük; és ha képes a látás idegeit ingerelni, úgy fénynek hivjuk.

»Be van bizonyítva, hogy a vízgőz láthatatlan gáz. Gőzt vízszintes irányban nagy erővel kieresztettek egy csőből, mely kis kazánnal állott kapcsolatban. A megsürüdött gőz fellegének útját erősen megvilágították villanylámpa fényével. A mit azonban láttak, az nem volt gőz, hanem vízzé sürüdött gőz. A gőzsugár látható végén túl a felleg valóságos gőzzé oszlott szét. Lámpát tartottak a sugár alá különböző pontokon; a felleg élesen elmetsződött e pontokban s egészen eltűnt, ha a láng a kiáramlás nyílása közelében állott. A lámpa melege tökéletesen meggátolta a lecsapódást. Ugyane gőz megsürüdött és jéggé fagyott egy edény felületén, mely hideg keveréket foglalt magában. A jéggé fagyott gőzből, az edény felületéről annyit le lehetett vakarni, hogy jókora kis hógolyó formálódott belőle. A villanylámpa fénynyalábja még át is volt vezetve egy légszivattyú borítóján. Egyetlen egy húzás a légszivattyúval lecsapódást eszközölt a borító alatt levő vízgőzben; a fénynyaláb szépen megvilágította a csapadékot, a hátul álló ernyőn pedig gazdagon szinezett udvar támadt, a borítóban levő kis felleg okozta fényhajlítás eredményeképen.

»A hőhullámok földünkről a légkörön keresztül a világtér felé sietnek. Utjokban e hullámok a nitrogén és oxygén atómjaiba és a vízgőz tömecseibe ütköznek. Minthogy ez utóbbiak oly gyéren vannak elhintve, nem igen gondolhatnók rólok, hogy a hőhullámoknak gátul szolgáljanak. Azt hihetnők, hogy a nagy térközök, melyek a gőztömecsek között vannak, tárt kapuk a hőhullámok átmenetére; és hogy ha e hullámokat egyáltalában valami letartóztatja, ezt azon anyagoknak kellene tenniök, melyek a légkörnek 99½ százalékát képezik.

Három vagy négy év előtt azonban az előadó azt találta, hogy a vízgőznek e parányi mennyisége 15-annyi hőt tartóztat le, mint maga a levegő, melybe hintve van. Később azt észlelte, hogy a száraz levegő, melylyel e kisérleteket tette, nem volt egészen tiszta, s hogy mennél tisztább lett a levegő, annál inkább közeledett az üresség jellegéhez; és a vízgőznek aránylag mindinkább növekedett a hatása. Kitűnt, hogy a gőz 30, 40, 50, 60, 70-szer nagyobb erővel hatott mint a levegő, melyben el volt oszolva; s nem lehetett kétség a felett, hogy a Royal Institution hallgató terme levegőjében levő vízgőz az előadás alatt 90- vagy 100-szor több hőt nyelt el, mint a szoba levegőjének igazi tömege. Az egyes atómokra gondolva, körülbelől minden 200 nitrogén és oxygén-atóm közé csak egyetlen 1 vízgőztömecs esik. Ez az egy 80-szor hatalmasabb mint ama 200; ha pedig egy nitrogén vagy egy oxygénatómot hasonlítunk össze a vízgőz tömecsével, azt következtethetjük, hogy az utóbbinak 16000-akkora a hatása, mint egynek az elébbiek közül.

»Nem lehet kétség a felett, hogy ezen anyag rendkivül rosz átbocsátója a sötét hő sugarainak, s különösen azon sugaraknak, melyeket a föld küld ki, miután a nap által megmelegíttetett. Oly takaró a vízgőz, mely Anglia növényéletének szükségesebb, mint az embernek a ruha. Tünjék el egyetlen egy nyári éjszakára a vízgőz abból a levegőből, mely ez ország felett elterül, s bizonyosan meghal minden oly növény, melyet a fagyás hőmérséke megölhet. Mezőink és kertjeink melege pótolatlannl kiáramlanék a térbe, s a nap oly sziget felett kelne fel, melyet a fagy vas marka szorit össze. Lokális gát a vízgőz, mely a hőmérséket gyarapítja a föld felületén; a gátnál azonban végre is bekövetkezik a túlömlés, igy aztán mindent átadunk a világtérnek, a mit a naptól vettünk.

A nap fölszívja az egyenlítői oczeán vízgőzeit; fölemelkednek, s e közben egy ideig gőzernyő terül el felettök és köröttök. Mennél magasabban emelkednek azonban, annál inkább közelednek a tiszta, üres térhez; és ha könnyűségöknél fogva áttörnek a földfelület közelében levő gőzernyőn, mi történik azután?

Mondtuk, hogy atómot atómhoz hasonlítva, egy vízgőzatóm * hőnyelése 16000-akkora, mint egy légatómé. De a hőnyelő képesség tökéletesen kölcsönös és arányos a sugárzó képességgel. Ennélfogva egy vízgőzatóm 16000-szer nagyobb erővel fog kisugározni, mint egy légatóm. Gondolják már most e hatalmas sugárzót a térben, hol nincs ernyő, mely gátat vet sugárzásának. Kiárasztja a maga melegét a térbe, meghül, megsürüdik s a forróövi eső szakadás a következmény.

* Lásd e mü végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

Kétséget nem szenved, hogy a levegő kitágulása is hüti a gőzt, de ha vízözönökről kell számot adni, úgy a gőz saját sugárzása okozta hülésének is nagy szerepet kell vinnie. Mint gőz válik el az eső az oczeántól s mint víz tér hozzá vissza. És mi történt azzal a temérdek hőkészlettel, mely a gőznek a folyékony állapotba való menete által szabaddá lett. Nagy része, kétségkivül, szétszóródott a térben kisugárzás folytán. Hasonló megjegyzések illenek a mi szélességi fokaink alatt képződő gomolyfelhőkre is. A megmelegített levegő, gőzzel telve, oszlopokban emelkedik fölfelé s áthatol a földet környező gőzernyőn ; minden ily oszlop csúcsa, a tér felé sugárzás folytán, elszórja melegét, gomolyfelhővé sürüdik s látható tetőzetet alkot a vizgőzzel telített láthatatlan légoszlopon. Számtalan más meteorologiai tüneményt fejthetünk meg, ha tekintetbe veszszük a vizgőz sugárzó és hőnyelő tulajdonságait.

A gőz sugárzó ereje arányos hőnyelő erejével. A szárított és nem szárított levegő dynamikai kisugárzására vonatkozó kisérletek bebizonyították, hogy mint sugárzó ez utóbbi előnyben van. A következő kisérlet, melyet Dr. Frankland a Royal Institution hallgató termében tett, nagy közönségnek mutatta be e hatást. Egy parazsas melegitő, 14 hüvelyk magas és 6 hüvelyk átmérőjü, két lábnyi távolságra volt téve a hővillanyoszlop elé. Magának a melegitőnek sugárzását egy fémernyő fogta fel Azon elhajlást, melyet a forró szénsav fölemelkedő oszlopának kisugárzása idézett elé, gondosan semlegesitette az előadó egy a hővillanyoszlop ellenkező lapja felé sugárzó állandó hőforrás által. Ez meglévén, vizgőz-áramot hajtottak felfelé, függőleges irányban, a melegitőn keresztül. A galvanométer tüje elhajlott, gyorsan és erősen. Ha a gőzáramot megakasztották, a tü visszatért a zérusra. Gőzáram helyett légáramot hajtottak a melegitőn keresztül s a csekély hatás azt mutatta, hogy a hővillanyoszlop meghült, a helyett hogy melegedett volna. E kisérletben Dr. Frankland a vizgőzt nem a levegővel hasonlitotta össze, hanem a sokkal erősebben ható szénsavval s bebizonyitotta, hogy a sugárzás tekintetében a vizgőznek elsőbbsége van. *

Hooker »Himalayan Journals«-jében — első kiadás II. köt. 407. lap — olvasható, figyelemre méltó, itt következő megjegyzése is e tárgyra vonatkozik: »számos felületes észleletből azt következtetem, hogy 7400 lábnyi magasságon 52 fokra vagy a levegő hőmérséke felett 37 C. fokra rúg a közép hatás, melyet a napsugarak feketitett gömbü hőmérőre gyakorolnak. . . . Ezen eredmények, habár jóval felülmúlják a Calcuttában szerzetteket, még sem sokkal nagyobbak —

* Phil. Mag. vol. XXVII, p. 326.

ha egyáltalán nagyobbak — azoknál, melyek India síkságain vétettek észre. Jelentékenyen emeli a hatást a fekvés magassága. 10,000 lábnyi magasságban lévén, deczemberben, reggel 9 órakor láttam, hogy a hőmérő higanya 56 C. fokra hágott, holott a szorosan mellette fekvő árnyékolt hónak —5½ C. fokú volt a hőmérséke. 13000 lábnyi magasban, januárius havában, reggel 9 órakor 37 fokon állott és a különbség 38 fokra rugott; 10 órakor reggel pedig 46 fokon, 45 fok különbséggel, holott napköltekor a sugárzó hőmérő a havon —18 C. fokra esett

Ez óriási különbségeket, melyek az árnyékolt és a nem árnyékolt levegő, továbbá a levegő és hó között mutatkoznak, kétségkívül annak kell tulajdonítani, hogy aránylag igen csekély e magasságban a vízgőz mennyisége. A levegő képtelen meggátolni akár a nap akár a föld sugárzását; s ez az oka, hogy a meleg maximuma a napon és a hideg maximuma az árnyékban oly annyira eltérnek egymástól. Ugyanezen ok magyarázza meg a különbséget Calcutta és India síkságai között.

Dr. Livingstone »Délafrikai utazás«-ában meglepő példákat említ, hogy mily különböző az éjszakai hűlés, ha száraz és ha nedves a levegő. Déli Középafrikában azt találja, hogy a hőmérő juniusban reggel 6-foktól 11 C. fokig mutat; délben 34 egészen 36 fokra; a közepes különbség tehát napkelte és dél között 27 fok. Valószínű, hogy a különbség még nagyobb lett volna, ha a hőmérőt nem sátra árnyékában függeszti fel, melyet a közelben található legvastagabb fa alatt ütött fel. Hozzá teszi még azonfelül, hogy a hideg nagyon éles a nap melege után. Ezen évszakban a Balondák reggel 9 és 10 óra előtt el nem hagyják a tüzet. Minthogy itt oly kemény volt a hideg, Linyantiban bizonyosan fagyott; attól tartottam tehát, hogy veszedelem éri ottani fiatal fáimat.« *

Dr. Livingstone ez után átszeli a continenst s Zambesi folyóhoz ér az év elején. Itt 27-ről 7 C. fokra estek vissza a hőmérsékbeli különbségek. Következőleg írja le a változást, melyet akkor érzett, midőn a folyó völgyébe lépett: »Meglepett bennünket, hogy a mint a Zambesi folyót kisérő hegylánczolat közé érkeztünk, az esők melegek lettek. Napkeltekor a hőmérő 28 és 30 között állott, délben a leghüvösebb árnyékban, egy árnyékos fa alatt felütött kis sátramban, 36 és 38 között, napnyugtakor pedig 30 fokot mutatott. Elüt ezen eredmény valamennyi, a continens belsejében tett észleleteinktől.« **

Tovább haladván a folyó torkolata felé, január 16-án még a következőket észleli: »a Zambesi itt (Zumbo mellett) nagyon

* Livingstone's Travels, p. 484.
** Livingstone's Travels, p. 575.

széles, hanem sok lakott szigetet képez. 16-án egy ilyennek átellenében háltunk; Shibanga a neve. Az éjszakák melegek voltak, mert a hőmérsék 27 foknál nem szállt alább; sőt napnyugatkor 33 fokú volt. A vizet még az edény körül csavart nedves gyolcscsal sem lehetett hűsíteni.« *

Középausztráliában még nagyobbak a naponkénti hőmérsékbeli változások. A következő kivonat W. S. Jevonsnak »Ausztrália és Ujseeland klimájára vonatkozó néhány adatáról« szóló értekezéséből van véve: »Az ausztráliai continens belsejében rendkivül emelkednek a hőmérsék ingadozásai. Rettenetes ott nyáron a levegő melege, mint Sturt kapitány mondja, ki a déli szélesség 30° 50′ és a keleti hosszúság 141° 18′ alatt lévén, ezeket irja: »árnyékban a hőmérő naponként vagy 47 fokra emelkedett, a napsugarak közvetetlen behatása alatt pedig 60 egész 65 fokra hágott.« És egy másik helyen: »januárius 21-én (1845.) délután egy negyed négyre a hőmérő 55 fokra emelkedett az árnyékban és 68 fokra a napsugarak közvetetlen behatása alatt. . . .« Télen —4,5 fokot figyeltek meg, ez pedig majd 60 foknyi különbséget ad.

A hőmérsék ingadozásai gyakran igen nagyok voltak; hirtelen állottak be s nagyon nehezen voltak türhetők. Egy alkalommal (október 25-én) a hőmérsék nappal 43 fokra emelkedett, de minthogy szél kerekedett, 3 fokra csökkent a legközelebbi napkeltéig; nem is kellett huszonnégy óra, hogy 40° fokkal változzék. . . . . Mitchellnek, midőn utolsó izben utazott az éjszaknyugati rész belsejében, nagyon hideg fagyos éjszakái voltak. Május 22-én —11 fokon állott a hőmérő a szabad levegőben . . . . . nappal mégis meleg volt a levegő, s roppant nagyok voltak naponként a hőmérsékbeli változások. Junius 2-án például napkeltekor —11,5 fokon állott a hőmérő, s 19 fokra emelkedett délutáni 4 óráig, e szerint tehát közel 31 fokon át haladott. Junius 12-én 29 fokot tett a különbség és sok más napon szintén majdnem akkora volt.

Magában Sidneyben is 12 fokot teszen a naponkénti hőmérsékbeli változások középértéke, holott Greenwichben ezen érték csak 9,4°. »Úgy látszik tehát, hogy Ausztráliában a klimának naponkénti közép változásai, még az oczeán közelében is, nagyon jelentékenyek. Legkevésbbé jelentékenyek e változások őszszel, s legnagyobbak a tavasz felhőtlen napjaiban.« Jevons összeállitott egy táblát, melyben megmutatja, mennyi eső esik Ausztráliában a különböző évszakokban s az után megjegyzi: »világosan be van bizonyitva, hogy a keleti

* Livingstone's Travels, p. 589.

parton az ősz a legesősebb évszak, azaz márczius, április és május. Legszárazabbnak látszik a tavasz; nyár és tél középett állanak.«

Nem is kell Európát elhagynunk, találunk oly helyeket, melyeken a hőmérsék nappal nagyon magasra hág, holott a napkelte előtti óra érzékenyen hideg. Gyakran éreztem ezt Németországban, a póstakocsikon; hallottam, hogy a parasztok Magyarországban, ha az éjszakát a szabadban töltik, forróság idejében is, nehéz bundákkal védik magukat az éjszakai hideg ellen. Bravais és Martins uraknak a Mont-Blanc Grand Plateau-ján tett észleleteit már említettem. Martins még legközelébb is szaporította ismereteinket, megfigyelvén a talaj megmelegedését nagy magaslatokon, s a Pic du Midi csúcsán azt találta, hogy a napnak kitett földtalaj melegebb a levegőnél és pedig kétannyival mint a völgyben, a hegy talpán. »Az hogy a földtalaj« írja Martins »a magaslatokon jóval erősebben megmelegszik, mint a levegő ugyanott, annál is inkább méltó a figyelemre, mert hiszen e helyeken a sugárzás eszközölte éjszakai hűlés sokkal nagyobb mint a síkságon.« A Schlagintweit-ek megfigyelései, ha nem csalódom, sok példával szolgálnak a vízgőz hatására nézve s nem kétkedem benne, hogy mennél inkább fog e kérdés vizsgáltatni, annál világosabban tűnik majd ki, hogy a vízgőznek hőnyelő és hősugárzó erői fontos szerepet juttatnak ezen anyagnak a meteorologiai tüneményekben.

XII. FEJEZET.

ILLÉKONY FOLYADÉKOK HŐNYELÉSE. — AZ ILY FOLYADÉKOK GŐZEINEK HŐNYELÉSE KÖZÖNSÉGES NYOMÁSNÁL — UGYANAZON GŐZÖK HŐNYELÉSE, MIDŐN A GŐZMENNYISÉGEK ARÁNYOSAK A FOLYADÉKMENNYISÉGEKKEL. — ÖSSZEHASONLÍTÓ ÁTTEKINTÉS A FOLYADÉKOK ÉS GŐZEIK HATÁSÁN A SUGÁRZÓ HŐRE. — AZ ÁTLÁTSZATLANSÁG ÉS ÁTLÁTSZÓSÁG PHYSIKAI OKA. — A HŐMÉRSÉK BEFOLYÁSA A SUGÁRZÓ HŐ ÁTBOCSÁTÁSÁRA. — VÁLTOZÁSOK A SORRENDBEN A HŐMÉRSÉKBELI VÁLTOZÁSOK KÖVETKEZTÉBEN. — LÁNGOK SUGÁRZÁSA. — A REZZENETIDŐ BEFOLYÁSA A SUGÁRZÓ HŐ ÁTBOCSÁTÁSÁRA. — MELLONI ÉS KNOBLAUCH NÉMELY EREDMÉNYEINEK MAGYARÁZATA.

497. A jövendő természettudománya bizonyosan annak kutatásából fog főleg állani, mily vonatkozás van a világegyetem közönséges anyaga és az éter között, melybe amaz be van meritve. A mi magának az éternek mozgásait illeti, erre nézve az utolsó félszázadban tett optikai vizsgálatok semmi kivánnivalót nem hagynak; de az atómokról és tömecsekről, melyektől a fény és a hő rezgései kiindulnak, és vonatkozásaikról azon közeghez, melyben mozognak s melytől mozgást nyernek, az említett vizsgálatok csak kevésre tanitanak bennünket. Midőn a gázok és gőzök hőnyelésére és kisugárzására vonatkozó kisérleteket önökkel rövid vázlatban közöltem, fő czélom az volt, hogy közelébb jussunk az éterhullámok eredetéhez és hogy, ha lehet, magukra a rezgő atómokra nézve, kisérleti úton, nyerjünk valamely támaszpontot.

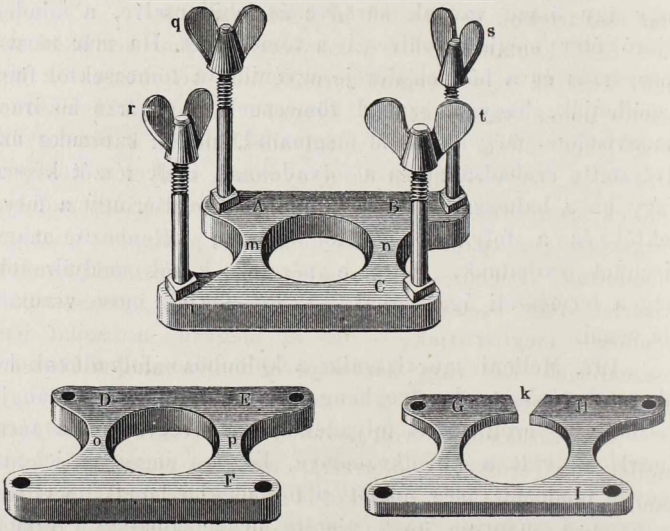
498. E vizsgálatok megmutatták azon roppant különbségeket, melyek a különböző gázok tömecsei között, hőnyelő

és sugárzó képességökre vonatkozólag fennállanak. Midőn valamely gáz folyadékká sürűdik, tömecsei közelébb kerülnek, egymáshoz kapaszkodnak oly erővel, mely mindaddig jelentéktelen volt, mig a légnemű állapot tartott. De mindamellett, hogy igy össze vannak sürűdve és lebilincselve, a mindent átjáró éter mégis körülveszi a tömecseket. Ha már most a hősugárzás és a hőnyelés ereje egyénileg a tömecsektől függ, remélhetjük, hogy a szabad tömecsnek a sugárzó hő iránti magaviselete még akkor is megmarad, midőn e tömecs már elvesztette szabadságát és a folyadéknak csak részét képezi. Vagy ha a halmazállapoté a túlnyomó befolyás, úgy a folyadéktól és a folyadék gőzétől egészen különböző magaviseletet várhatunk. Hogy e nézetek közől melyik felel meg a természeti igazságnak, — ezt fogjuk most vizsgálat alá venni.

499. Melloni megvizsgálta a különböző folyadékok hőátbocsáthatóságát, de üveghengerrel födött olajlámpa lángját használta e czélra s a folyadékokat is üvegczellákba zárta. Ennek az volt a következménye, hogy a sugárzás jelentékenyen módosult, még mielőtt a folyadékba lépett, mert hisz az üveg a sugárzás nagy részére nézve áthatlan. Nem is foglalkozott Melloni a tömecsek physikájába vágó kérdésekkel, melyek pedig reánk nézve a legnagyobb érdekűek. Midőn én az előttünk fekvő kérdést vizsgáltam, az volt a kivánságom, hogy az eredeti sugárzást, a mennyire csak lehet, épen tartsam; szerkesztettem tehát egy külön készüléket, melyben tetszőleges vastagságú folyadékréteget két csiszolt kősólemez közé lehetett zárni.

500. A készülék alkatrészei következők: *ABC* (93. ábra) 3,4 hüvelyk hosszú, 2,1 hüvelyk széles és 0,3 hüvelyk vastag sárgarézlemez. Szögleteiben mozdulatlanul reá van erősítve négy egyenesen álló oszlop, melyeknek mindenike csavarorsóba végződik. Ezekre csavarhatók a *qrst* csavartokok. *DEF* egy másik sárgarézlemez; ugyanakkora mint az előbbi s négy szögletén át van fúrva úgy, hogy amaz elsőre, annak

négy oszlopán lecsusztatható. Mind a kettőn gyürü alakú *mn* és *op* bevágás van, 1,35 hüv. átmérővel. *GHI* egy harmadik sárgarézlemez; területe akkora mint *DEF*-é s közepén



93-ik ábra.

és szögletein szintúgy át van fürva, mint az előbbi. *GHI* lemez arra való, hogy elválasztva tartsa a czella falai gyanánt szolgáló kősólemezeket; e lemez vastagságától függ a folyadékréteg vastagsága. Ezen elválasztó lemez *GHI* a legpontosabban meg van csiszolva s a sólemezek is a legnagyobb gonddal ki vannak simitva, a végből, hogy a só és a sárgaréz vízmentesen érintkezhessenek egymással. Használatuk közben azonban kitünt, hogy vékony levélpapirost kell közéjök fektetni.

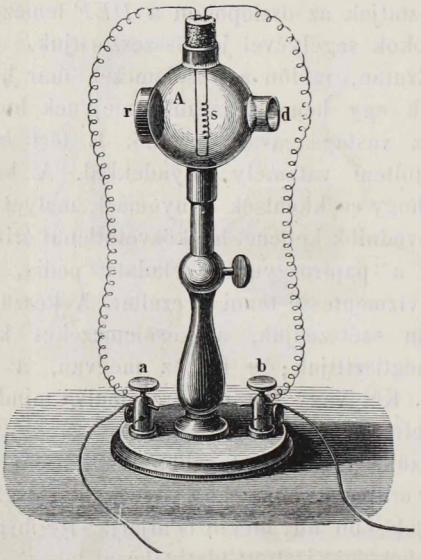
501. Berendezendők a kisérletre a czellát, lecsavarjuk a *qrst* csavartokokat, s először kaucsukgyürüt fektetünk az *ABC* lemezre s e gyürüre egyikét a kősólemezeknek. A kő-

sóra gyürűt fektetünk levélpapirosból, erre pedig a *GHI* elválasztó lemezt. Erre a lemezre ismét papirosgyürűt, a gyürűre a másik kősólemezt, erre pedig másik kaucsukgyürűt. Végül lecsusztatjuk az oszlopokon a *DEF* lemezt s az egészet *qrst* csavartokok segélyével jól összeszoritjuk.

502. Ezután, midőn a kősólemezek már helyökön vannak, közéjök egy hengert zárunk, melynek hossza az elválasztó lemez vastagságával egyenlő. E tért *k* nyiláson át meg lehet tölteni valamely folyadékkal. A kaucsukgyürűk arra valók, hogy csökkentsék a nyomást, melyet a kősólemezeknek szenvedniök kellene, ha közvetetlenül érintkeznének a sárgarézzel; a papirosgyürük feladata pedig, a mint már mondottuk, vizmentessé tenni a czellát. A készüléket minden kisérlet után szétszedjük, a kősólemezeket kiveszszük és gondosan megtisztitjuk; s ha ez megvan, a czellát ismét összeállitjuk. Két vagy három percz mulva minden készen áll az új kisérletre.

503. Szükségem volt továbbá tökéletesen állandó és e mellett oly erősségű hőforrásra, mely a vizsgálatra bocsátandó, legnyelősebb folyadékot is átjárja. Ily forrást a villanyáram által fehérségig izzitott platinahuzal tekercsében találtam. E hőforrás gyakori használata a 94-ik ábrában lerajzolt lámpa szerkesztésére vezetett. *A* 3 hüvelyk átmérőjű üveggolyó; állványra erősitve, melyet csavar segélyével magasabbra és alacsonyabbra lehet emelni. A golyó felső végén nyilás van, beleillő dugóval, melyen két huzal megy át. E huzalok két végét *S* platinatekercs köti össze. A huzalok a dugótól levezettetnek az *a* és *b* csiptető csavarokhoz, melyek az állvány talpába vannak bele erősitve úgy, hogy a készülék a villanytelephez csatoltatván, a huzalok, melyek a tekercset tartják, nem szenvednek semmiféle feszülést. A vastag huzalnak az a két vége, melyekhez a platinatekercs van erősitve, ugyancsak vastag platina; mert ha a tekercs rézzel érintkeznék, ennek oxydálódása megváltoztatná az áram erősségét. A hő a fehérizző tekercstől a félhüvelyknyi átmérőjü *d* nyi-

láson áramlik kifelé. Végre, a tekercs mögött felállított *r* fémtükör gyarapítja a hőáramot, s e mellett nem változtatja

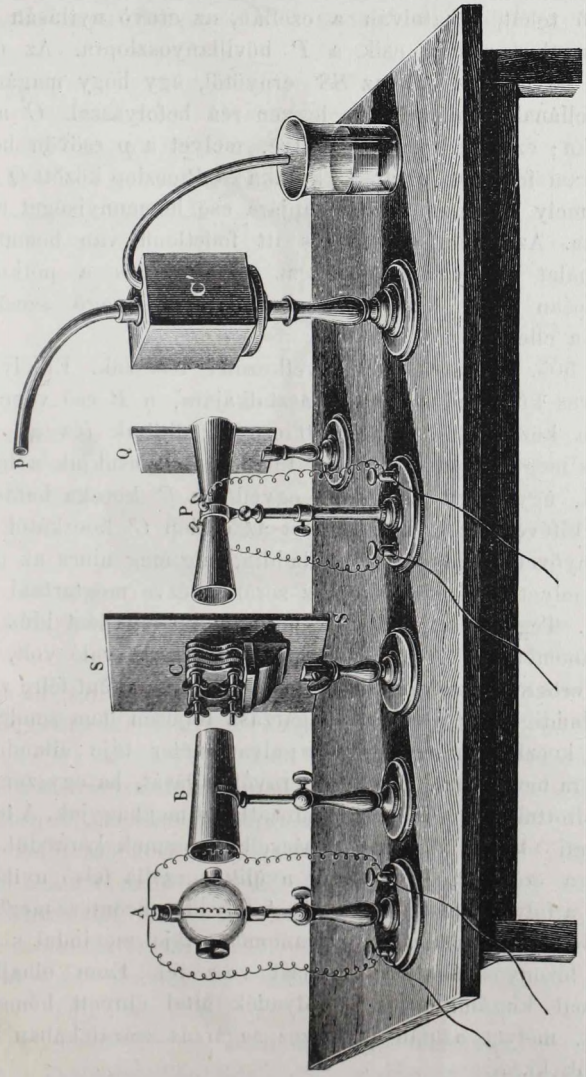


94-ik ábra.

észrevehetőleg a hő minőségét. A vörösizzó tekercs, ha szabad levegőben van, nagyon szeszélyes hőforrás; de ha üveggolyója boritja, bámulatosan állandó *.

504. A kisérletre szóló berendezést azonnal érthetővé teszi a 95-ik ábrában adott rajz. *A* az imént leirt lámpa, melyet öt Grove-elemből álló telep hevit. Gondoskodtam arról, hogy e lámpa naphosszant tökéletesen állandó maradjon. A tekercs előtt *B* cső áll, visszaverős belső felülettel; ezen megy át a hő a *C* kősóczella felé. Maga a czella kis asztalkán

* Oly lámpákat is készittettem, melyekben a tekercs légüres térben állott és sugarai egy kősólencsén keresztül jutottak a külső térbe. Állandóságuk tökéletes.



95-ik ábra.

áll, mely hátulról az SS' átfúrott ernyő lapjához van forrasztva, A hő tehát, áthatolván a czellán, az ernyő nyilásán megy keresztül s azután esik a P hővillanyoszlopra. Az oszlop némi távolságra áll az SS' ernyőtől, úgy hogy magának a C czellának hőmérséke ne legyen reá befolyással. C' a pótkoczka; ez vízzel van megtöltve, melyet a p csövön beömlő gőzáram folyvást forral. C' koczka és P oszlop között Q ernyő áll, mely az oszlop hátsó lapjára eső hőmennyiséget szabályozza. Az egész berendezés itt födetlenül van bemutatva; használat közben azonban az oszlopot és a pótkoczkát gondosan meg kell óvni a környező levegő szeszélyes hatása ellen.

505. A kisérleteket következőleg teszszük. Elhelyezvén az üres kősóczellát a maga asztalkájára, a B cső vége és a czella közé kettős, ezüstözött ernyőt állítunk (ez az ernyő nincs meg a rajzban); ezzel tökéletesen elcsukjuk a tekercs hevét, úgy hogy az oszlop egyedől a C' koczka hatásának van kitéve. Azon hőt, melyet az oszlop C' koczkától nyer, Q ernyővel szabályozzuk mindaddig, míg meg nincs az összes hő, melyet a kisérletek egész sorára nézve megtartani kívánunk. Tegyük fel, hogy e hő 50 fokú elhajlást idéz elé a galvanométeren. A kettős ernyőt, mely arra való volt, hogy a tekercs sugárzását elcsukja, most már lassanként félre vonjuk mindaddig, míg a tekercs sugárzása teljesen nem semlegesíti a C' koczka sugárzását, s a galvanométer tüje állandóan a zérusra nem mutat. A kettős ernyők állását, ha egyszer megállapítottuk, a későbbiekre változatlanul meghagyjuk. A tekercs sugarai eleinte az üres kősóczellán mennek keresztül. Egy tartóra erősített, kis tölcsér nyúlik a czella felső nyílásába, hogy a folyadékot beönthessük. A folyadék beöntése megbontja az előbbi egyensúlyt, a galvanométer tüje megindul s végre egy bizonyos állandó elhajlást vesz fel. Ezen elhajlásból azonnal kiszámíthatjuk a folyadék által elnyelt hőmennyiséget, melyet azután az összes sugárzás százalékában fejezhetünk ki.

506. A kisérletek tizenegy különböző folyadékkal tétettek, s minden egyes folyadék öt különböző vastag rétegben volt használva. Az eredmények a következő táblában vannak összeállítva.

Folyadékok hőnyelése. Hőforrás: villanyáram által vörösségig izzitott platinatekercs.

Folyadékok.	A folyadékréteg vastagsága hüvelyk részeiben.				
	0,02	0,04	0,07	0,14	0,27
Szénkéneg	5,5	8,4	12,5	15,2	17,3
Chloroform	16,6	25,0	35,0	40,0	44,8
Methyljodid	36,1	46,5	53,2	65,2	68,6
Aethyljodid	38,2	50,7	59,0	69,0	71,5
Benzol	43,4	55,7	62,5	71,5	73,6
Amylén	58,3	65,2	73,6	77,7	82,3
Kén-aether.	63,3	73,5	76,1	78,6	85,2
Eczet-aether	—	74,0	78,0	82,0	86,1
Hangya aether	65,2	76,3	79,0	84,0	87,0
Alkohol	67,3	78,6	83,6	85,3	89,1
Víz	80,7	86,1	88,8	91,0	91,0

507. Itt azt találjuk, hogy a hőnyelés, a folyadéknak 0,02 hüvelyknyi vastagságánál 5,5 százaléknyi minimum és 80,7 százaléknyi maximum között ingadozik. A minimumot a szénkénegnél látjuk, a maximumot pedig a víznél. A szénkéneg tehát az összes sugárzásnak 94,5 százalékát bocsátja át, holott a víz, mely a fényt csak oly jól átbocsátja, csupán 19,3 százaléknak enged átmenetet. Azt is láthatjuk, hogy a víz valamennyi vastagságnál megtartja felsőbbségét. Mint hőnyelő test, alkohol következik utána; oly anyag, mely chemiai tekintetben is hasonló a vízhez.

508. Ezzel ki van mutatva, hogy e testeknek, folyadékalakban, különböző képességök van, a sugárzó forrásunk által

kibocsátott melegség letartóztatására. Most azt kell legelébb megvizsgálnunk, vajjon megmaradnak-e e különbségek akkor is, ha a tömecsek, felszabadulván az összetartás igája alól, gőz-állapotba térnek át. Természetes, hogy a gőzöket is épen oly rezzenetszámú hullámokkal kell vizsgálnunk, mint a folyadékokat. Módszerünk könnyüvé teszi e czél elérését. Az a hő, melyet megszabott erősségü áram egy bizonyos huzalban kifejt, változatlan levén, csak az kellett, hogy tangensbusszol és rheochord segitségével napról-napra állandóvá tegyük az áramot. Ezt megtévén, mind mennyiség, mind minőség tekintetében változatlan hőforrásra teszünk szert.

509. A folyadékok, melyekből a vizsgálat alá kerülő gőzök képződtek, külön-külön kis, hosszú palaczkokba voltak öntve. A levegő légszivattyúval gondosan eltávolíttatott, úgy a folyadékból, mint a folyadék feletti térből; ez meglévén, a palaczk reá erősittetett a kisérleti csőre, mely a gőzök vizsgálatára volt szánva. E cső sárgarézből volt, s hossza 49,6 hüvelyk, átmérője 2,4 hüvelyk; kősólemezek zárták mind a két végét. Belső felülete ki volt csiszolva. A berendezés azonos az I-ső rajzlapon ábrázolttal; az egy különbség az, hogy a hőforrást most nem forró vizzel telt koczka képezi, hanem vörösizzó platinatekercs. A sárgarézcső minden egyes kisérlet kezdetén gondosan kiszivattyúztatott; a tekercs sugárzása a pótkoczkáé által semlegesittetett; a tü zéruson állott. Óvatosan megnyitván ezután az illékony folyadékkal telt palaczk csapját, gőze lassacskán bevonulhatott a kisérleti csőbe. Ha meg volt a 0,05 hüvelyknyi nyomás, akkor a gőznek további bevonulása megszüntettetett s ezután következett a tü állandó elhajlásának följegyzése. Ismeretes lévén az összes hő, a hőnyelés az összes sugárzásnak százalékaiban rögtön levezethető volt az elhajlásból. Az eredményeket a következő tábla foglalja magában.

Hősugárzás gőzökön át. Hőforrás: vörösizzó platina-tekercs. Nyomás: 0,5 hüvelyk.

	hőnyelés (százalékban)
szénkéneg	4,7
chloroform	6,5
methyljodid	9,6
aethyljodid	17,7
benzol	20,6
amylén	27,5
alkohol	28,1
hangya-aether	31,4
kén-aether	31,9
eczet-aether	34,6
összes hő	100,0

510. Most már lehetséges, egy egész sor illékony folyadéknak és e folyadékokból keletkezett gőzöknek a sugárzó hőre gyakorolt hatását összehasonlítanunk. A leggyöngébben nyelő anyaggal kezdvén és a legerősebben nyelőig haladván, a következő sorozatot kapjuk:

folyadékok	gőzök
szénkéneg	szénkéneg
chloroform	chloroform
methyljodid	methyljodid
aethyljodid	aethyljodid
benzol	benzol
amylén	amylén
kén-aether	alkohol
eczet-aether	hangya-aether
hangya-aether	kén-aether
alkohol	eczet-aether
víz	

511. A hőnyelés sorrendje itt úgy a folyadékok, mint a gőzöknél egészen az amylénig ugyanaz. A folyadék erős hőnyelése általában lépést tart a folyadék gőzének erős hőnyelésével; de a folyadékok és gőzeik sorrendje az amyléntől lefelé még sem ugyanaz. Kétséget egyáltalán nem szenved, hogy az alkohol a folyadékok sorában, a víz után, a

legerősebb hőnyelő, de épen oly bizonyos az is, hogy az alkoholnak a gőzök sorában föntebb adott állása helyes. Igazolták ezt ismételt kisérletek. Másrészt pedig az eczet-aether, habár bizonyos, hogy gőzállapotban a legerősebben nyelő test, mint folyadék messzire elmarad a hangya-aethertől és az alkoholtól. És még is, áttekintvén ezen eredményeket, teljes lehetetlen azon következtetésre nem jutnunk, hogy a hőnyelés főkép a tömecsektől függ, s hogy a tömecsek, a hőnyelés és hősugárzás tekintetében, megtartják erejöket, ha meg is változtatják halmazatukat. De ha még is némi kétely maradna fenn e következtetés igaz voltára nézve, az csakhamar meg fog szűnni.

512. Rövid gondolkodás után belátjuk, hogy az itt tett összehasonlitás nem szabatos. A folyadékoknak ugyanis vastagságuk volt közös, a gőzöknek pedig térfogatuk és nyomásuk. Feltéve már most, hogy minden egyes folyadékot, melyet alkalmaztunk, egészen átváltoztatunk gőzzé, akkor az igy képződött gőzök térfogata nem lesz egyenlő. E szerint a sugárzó hőtől átjárt anyag mennyiségei a két esetben nem arányosak egymással; pedig arányosaknak kell lenniök, ha azt akarjuk, hogy szabatos legyen az összehasonlitás. Természetes, hogy ezt könnyű lesz elérnünk. Mivel a folyadékokat állandó térfogat mellett vizsgáltuk, fajsúlyuk megadja a hőjárta anyag viszonylagos mennyiségét; e mennyiségből pedig és az illető gőz sürüségéből azonnal meghatározhatjuk a megfelelő gőztérfogatot. Oszszuk el valóban folyadékaink fajsúlyát gőzeik sürüségével, igy a gőztérfogatoknak oly sorát kapjuk, melyben a gőzök súlya arányos az alkalmazott folyadékok tömegével. E térfogat-sort a következő tábla foglalja magában.

Az arányos térfogatok táblája.

szénkéneg	0,48
chloroform	0,36
methyljodid	0,46

aethyljodid	0,36
benzol	0,32
amylén	0,26
alkohol	0,50
kén-aether	0,28
hangya-aether	0,36
eczet-aether	0,29
víz	1,60

513. Vezessük a gőzöket az itt adott térfogatok szerint a kisérleti csőbe, úgy következő eredményeket kapunk:

Hősugárzás gőzökön át. A gőzmennyiség arányos a folyadékmenyiséggel.

A gőz neve	nyomás hüvelykekben	hőnyelés (százalékokban)
szénkéneg	0,48	4,3
chloroform	0,36	6,6
methyljodid	0,46	10,2
aethyljodid	0,36	15,4
benzol	0,32	16,8
amylén	0,26	19,0
kén-aether	0,28	21,5
eczet-aether	0,29	22,2
hangya-aether	0,36	22,5
alkohol	0,50	22,7

514. Állítsuk most egymás mellé a folyadékokat és gőzeiket hőnyelésök sorrendje szerint, úgy a következő két sort kapjuk:

folyadékok	gőzök
szénkéneg	szénkéneg
chloroform	chloroform
methyljodid	methyljodid
aethyljodid	aethyljodid
benzol	benzol
amylén	amylén
kénaether	kén-aether
eczetaether	eczet-aether
hangya-aether	hangya-aether
alkohol	alkohol
víz	*

* A levegővel nem keveredett vízgőz oly könnyen csapódik le, hogy a mi kisérleti csövünkben közvetetlenül meg nem vizsgálható.

515. Itt teljesen megszűnnek azon eltérések, melyeket elébbi kisérleti soraink mutattak; s be van bizonyitva, hogy ugyanazon minőségű hőre vonatkozólag, a folyadékok és gőzeik hőnyelése ugyanazon sorban jár. Biztosan következtethetjük tehát, hogy a gőznek, mint hőnyelőnek és sugárzónak, állását azon folyadék szabja meg, melyből a gőz képződött. Elfogadván e következtetés érvényességét, a víz helye megszabja a vízgőz helyét. De mi azt találtuk, hogy a viz bármilyen legyen is a vastagság, a többi folyadékokat felülmúlja a hőnyelés erejében. Ha tehát egyetlen egy kisérlet sem lenne a vizgőzről, már maga a vizgőz magaviselete is kényszeritene azt következtetnünk, hogy egyenlő súly mellett a vizgőz valamennyi gőzt felülmúl a hőnyelés erejében. Tessék ehhez még hozzácsatolni a sok közvetetlen kisérletet, melyekkel ezen anyagnak a sugárzó hőre gyakorolt hatását megállapitottuk s, úgyhiszem, elég bizonyiték fekszik előttünk, hogy e kérdésnek mindenkorra békét hagyjunk s a meteorologokat arra inditsuk: alkalmazzák ezen eredményt minden aggodalom nélkül a tudományuk körébe vágó tüneményekre.

516. Egy fontos tárgyalására kell most az utat egyengetnünk. Az inga egy bizonyos, meghatározott időtartamban leng, mely az inga hosszától függ. A rúgó lengésének tartamát megszabja a rúgó súlya és rugalmas ereje. Hosszú tekercscsé kanyargatván a huzalt s végére golyót kötvén, e golyó fel alá fog lengeni; s egy-egy lengés tartama a golyó súlyától és a tekercs rugalmasságától függ. A zengő húrnak, hasonló módon, megvan a maga határozott rezzenetideje, mely a húr hosszától, súlyától és feszültségétől függ. A szakadékot áthidaló gerendának is megvan a maga rezgés-tartama; s gyakran megtehetjük, hogy a magunk mozgását a gerenda mozgásához szabván, a lökések szaporitása által a gerenda biztosságát is veszélyeztetjük. A katonák nem tartanak lépést, midőn hajóhidon mennek keresztül; mert különben a hajókkal közlött mozgás veszedelmes mértékben összehalmozódhatnék. Néha megtörténik, hogy az oly egyének lépése, a

kik födetlen edényben vizet visznek a fejükön, egyezik a víznek egyik oldaltól a másik oldal felé irányuló hánykódásával, s ennek az a következménye, hogy az egymásután következő lökések összeadódnak, s a folyadék végtére az edény szélein kilocsesan. A vizhordó ösztönszerüleg változtatja lépését s ezzel meglehetős csöndességben tartja a folyadékot. Önök bizonyosan észre vették már, hogy néha az ablaküvegnek egy bizonyos táblája megrezdül és pedig mindig egy bizonyos hangra. Ha felnyitják a zongorát és beleénekelnek, egy a húrok közül szintén meg fog zendülni. Az üvegtábla megrezdül, mert rezzenetideje történetesen egyezett azon hanghullámok rezzenetidejével, melyek a táblához ütődtek; s a zongorának azon húrja zöng együtt, melynek rezzenetideje megegyez az énekes hangszálainak rezzenetidejével. A hatások mind a két esetben összeadódnak épen úgy, mint midőn pallóhidon állva, ennek lengése tartamával összhangzásba hozzuk lökéseinket. A zengő lángon, melyről föntebb szólottam, igen meglepő módon érvényesül a rezzenetidő befolyása. Csak akkor felelt a láng a hangra, midőn ez megegyezett a láng hangjával. A magasabb vagy mélyebb hang nem volt képes a lángot megindítani.

517. E közönséges mechanikai tények megsegítenek bennünket, hogy a fénynek és a sugárzó hőnek finomabb tüneményeibe betekinthessünk. Megmutattam önöknek a lámpakorom átlátszóságát és a jódnak bámulatra méltóbb átlátszóságát a tiszta hősugarak irányában; vizsgáljuk most meg, miért akasztja meg a jód a fényt, s miért bocsátja át a melegséget? Fény és hő csak egyben különböznek egymástól: rezzenetök idejében. Az egyiknek hullámai rövidek és gyorsan ismétlődnek, a másikéi pedig hosszúak és lassan ismétlődnek. A jód az elsőbbeket letartóztatja; az utóbbiakat átbocsátja. Miért? úgyhiszem e kérdésre csak egy a felelet: a letartóztatott hullámok azok: melyekben az egyes rezzenetek ugyanazon időben mennek végbe, melyben a feloldott jód atómjai képesek rezegni. A hullámok azon atómokra ruházzák át a

maguk mozgását, melyeknek rezzenetideje egyenlő a saját rezzenetök idejével. Föltéve, hogy bizonyos rezzenetidejü hullámok más rezzenetidejü tömecsrendszerbe ütődnek, úgy hiszem, physikailag bizonyosnak tekinthető, hogy ekkor is fog gyöngébb vagy erősebb megrázkódás bekövetkezni a tömecsek között; de hogy a mozgás annyira összehalmozódjék, hogy észrevehető hőnyelés létesüljön, arra a rezzenetidők egyezése szükséges. Egy szóval: az átlátszóság egyjelentésü a széthangzattal, az átlátszatlanság pedig egyjelentésü az összhangzattal, az éterhullámok rezzenet ideje és a hullámok által talált tömecsek rezzenetideje között. Az tehát, hogy a jódoldat a fényre nézve átlátszatlan, arra mutat, hogy a jód atómjai képesek mindazon rezzenetidőkben rezegni, melyek a látható szinkép határai között fekszenek; az pedig, hogy a vörösöntúli hullámokra átlátszó, arról tanúskodik, hogy atómjai képtelenek egyhangúan rezegni a hosszabb hullámokkal.

518. Hogy a »minőség« kifejezésnek mi a jelentése midőn sugárzó hőre alkalmaztatik, azt már magyaráztuk. A minőséget azon képességből ismerjük meg, melylyel a sugárzó hő a hőátbocsátó testeken áthatol. Ha két sugár ugyanazon anyagon különböző mértékben hatol át, azt mondjuk, hogy e sugarak különböző minőségüek. A minőség kérdése tulajdonképen a rezzenetidő kérdése; s ha egy és ugyanaz a test valamely hőforrás hevét bővebben bocsátja át mint egy másik hőforrását, ennek az az oka, hogy az egyik hőforrás által gerjesztett éterhullámok hosszra és rezzenetidőre különböznek a másik hőforrás által indított éterhullámoktól. Platina-tekercsünk hőmérsékét növesztvén, hevének minőségét megmásitjuk. A mint a hőmérsék fokozódik, mind rövidebb és rövidebb hullámok keverednek a sugárzásba. Dr. Draper megmutatta szép vizsgálatával, hogy a platina, midőn világitani kezd, csak vörös sugarakat áraszt; a mint azonban fokozódik a hőmérséke, egymásután narancs, sárga és zöld sugarak csatlakoznak a sugárzáshoz; ha

pedig annyira hevíttetik, hogy fehér fényt áraszt, e fénynek szinképe a nap szinképének valamennyi színét adja.

519. Azon gőzök, melyeket eddig megvizsgáltunk, majdnem mind jó átbocsátói a fénynek, holott a sugárzó hőre nézve bizonyos mértékig áthatlanok. Ez azt bizonyítja, hogy e gőzök tömecsei képtelenek látásra való időszakokban rezegni, hanem igenis képesek azon lassabban ismétlődő időközökben rezegni, melyek a szinképben a vörösön túl fekszenek. Gondolják már most, hogy platinatekercsünket abból az állapotból, melyben sötét hőt áraszt, lassanként abba az állapotba viszszük, melyben világító hőt sugároz; látnivaló, hogy ez a változás *széthangzást* idézne elő a sugárzó platinatekercs és gőzeink tömecsei között; s mennél inkább fokoznók a platina hőmérsékét, annál határozottabban lépne fel e széthangzás. Ezek alapján pedig a *priori* is következtethetjük, hogy a platinatekercs hőmérsékének fokozásával sugarai is nagyobb képességet nyernek gőzsorunkon átmenni. E következtetést tökéletesen igazolják a következő táblákban foglalt kisérleti eredmények.

Sugárzás gőzökön át. Hőforás: sötétben alig látható platinatekercs.

A gőz neve	hőnyelés (százalékokban
szénkéneg	6,5
chloroform	9,1
methyljodid	12,5
aethyljodid	21,0
benzol	25,4
amylén	35,8
kén-aether	43,4
hangya-aether	45,2
eczet-aether	49,6

520. Ugyanazon tekercs fehérizző állapotában a következő eredményeket adta.

Sugárzás gőzökön át. Hőforrás: fehérizzó platina-tekercs.

A gőz neve	hönyelés százalékokba
szénkéneg	2,9
chloroform	5,6
methyljodíd	7,8
aethyljodíd	12,8
benzol	16,5
amylén	22,7
hangya-aether	25,1
kén-aether	29,9
eczet-aether	27,2

521. Ugyanazon tekercs, midőn még közelébb állott olvadása pontjához, négy gőzzel következő eredményeket adott.

Sugárzás gőzökön át. Hőforrás: vakító fehérizzó platinatekercs.

A gőz neve	hönyelés
szénkéneg	2,5
chloroform	3,9
hangya-aether	21,3
kén-aether	23,7

522. Egymásmellé állítván a különböző hőforrásokkal nyert eredményeket, igen határozottan előtűnik a befolyás, melyet a rezzenet ideje a hő átbocsátására gyakorol.

Gőzök hönyelése. Hőforrás: platinatekercs.

A gőz neve	alig látható	vörösizzó	fehérizzó	közel az olvadásponthoz
szénkéneg	6,5	4,7	2,9	2,5
chloroform	9,1	6,3	5,6	3,9
methyljodíd	12,5	9,6	7,8	
aethyljodíd	21,3	17,7	12,8	
benzol	26,4	20,6	16,5	
amylén	35,8	27,5	22,7	
kén-aether	43,4	31,4	25,9	23,7
hangya-aether	45,2	31,9	25,1	21,3
eczet-aether	49,6	34,6	27,2	

523. Szembeszökő itt az áthatoló képesség gyarapodása a hőmérsék emelkedésével. Fokozván a tekercs hőmérsékét az alig látható izzástól a vakító fehérizzásig, ezzel a szénkéneg és a chloroform megfelelő hőnyelését a felénél kisebbre csökkentjük. Midőn a vörösizzás még alig látható, akkor 56,6 és 54,8 százalék megy át a kén- és a hangya-aetheren, holott ha a tekercs vakító fehérizzó, 76,3 és 78,7 százalék hatol át ugyane gőzökön *. Fokozván tehát a szilárd platina hőmérsékét, gyorsabb rezzenetű hullámokat igtatunk a sugárzásba; ezek pedig nem hangzanak össze a gőzök rezgési időszakaival, s ez okból könnyebben mennek át rajtok.

524. Végigtekintvén azon számokon, melyek az utolsó táblában a kén-aether és a hangya-aether hőnyelését fejezik ki, azt találjuk, hogy a legalacsonyabb hőmérsék esetében a hangya-aether hőnyelése felülmúlja a kén-aetherét; a vörösizzásnál a kettő majdnem egyenlő, ámbár a hangya-aethernek még mindig van csekély túlsúlya; fehérizzásnál már a kén-aether felülkerekedik; s midőn a hőmérsék közel áll az olvadás pontjához, akkor ennek túlsúlya egészen határozott. Vizsgáltam ezen eredményt a legkülönfélébb módon és sokféle kisérletekkel, s helyességét minden kétségen kívül helyeztem. Ebből azonnal következtethetjük, hogy a hangya-aether tömecseinek kisebb képessége van a gyors rezgésre, mint a kén-aether tömecseinek; s ily módon némileg bepillanthatunk e testek belső állapotába. Fokozván a tekercs hőmérsékét, gyorsabb rezgéseket idézünk elé s mennél több ily rezgés létesül, annál nagyobb lesz a kén-aether átlátszatlansága a hangya-aetheréhez képest. A hangya-aethernek egy atómmal több az oxygénje, mint a kén-aethernek s ezen egy atóm a hangya-aethert lustábban rezgő testté teszi. 100 C. fokú hőforrással tett kisérletek még határozottabban megállapitják a hangya-aethernek hosszabb tartamú rezgésekre való nagyobb tehetségét.

---

* Az átbocsátást megkapjuk, ha a nyelést 100-ból kivonjuk.

Sugárzás gőzökön át. Hőforrás: lámpakorommal bevont Leslie-féle koczka. Hőmérsék: 100° C.

A gőz neve	hőnyelés
szénkéneg	6,6
methyljodid	18,8
chloroform	21,6
aethyljodid	29,0
benzol	34,5
amylén	47,1
kén-aether	54,1
hangya-aether	60,4
eczet-aether	69,9

Az e hőforrás sugározta hőből a hangya-aether 6,3 százalékkal többet nyel el, mint a kén-aether.

525. A helyeserének még egy más példáját is látjuk e táblában. A platinatekercscsel tett valamennyi, eddig felhozott kisérlet azt mutatta, hogy a chloroform és methyljodid közül a chloroform a gyöngébb nyelő; e tábla szerint pedig határozottan a chloroform az erősebben ható test. Ismételt kisérletek kétségen kivül helyezték ezen eredményt. A 100 C. fokra hevített lámpakorom sugárzásának a chloroform határozottan rosszabb átbocsátója mint a methyljodid.

526. Eddig a hevített szilárd testek sugárzásával foglalkoztunk; lássunk most a lángok sugárzásának vizsgálatához. Az első kisérletek szabályos gázárammal tétettek, mely kis köralakú gázégetőből ömlött ki; lángja hosszú volt és csúcsba futó. A láng csúcsa és alja mellőztettek; hőforrásul legfényesebb része választatott. Az eredményeket e következő tábla foglalja magában.

Hősugárzás gőzökön át. Hőforrás: élénken világító gázláng.

A gőz neve	hőnyelés	fehérizzó tekercs
szénkéneg	9,8	2,9
chloroform	12,0	5,6
methyljodid	16,5	7,8
aethyljodid	19,5	12,8
benzol	22,0	16,5
amylén	30,2	22,7
hangya-aether	34,6	25,9
kén-aether	35,7	55,1
eczet-aether	38,7	27,2

527. Érdekes lévén a fehérizzó szén sugározta hőnek összehasonlítása azzal, melyet a fehérizzó platina sugároz, az összehasonlítás megkönnyitése czéljából a most közlött eredmények mellé átirattak az egyik megelőző táblából az adatok. Kitűnik ebből, hogy a láng sugárzása a tekercsénél jóval erősebben nyelődik el. Kétséget nem szenved azonban, hogy a szén, mielőtt fehérizzóvá lesz, a hőmérsék alacsonyabb fokain megy keresztül, s e fokokon oly hőt áraszt, mely inkább összhangzatban van a gőzökkel. Azonkívül vízgőzzel s szénsavval is keveredett; ezek pedig szintén hozzájárulnak az ő quotájokkal a sugárzáshoz. Valószinű tehát, hogy a láng sugározta hőnek nagyobb elnyeletését azon anyagok lassúbb rezgéseinek kell betudnunk, melyek a fehérizzó szénnel elkerülhetetlenül össze vannak keverve.

528. Az ez után alkalmazott hőforrást egy Bunsen-féle gázégető * lángja képezte, melynek, mint tudjuk, igen magas a hőmérséke. Szine halaványkék, és igen gyönge fényt sugároz. Következők voltak az eredmények:

* Leirását lásd a II. fejezetben.

Hősugárzás gőzökön át. Hőforrás: Bunsenféle gázégető halványkék lángja.

A gőz neve	hőnyelés
choloform	6,2
szénkéneg	11,1
aethyljodid	14,0
benzol	17,9
amylén	24,2
kén-aether	31,9
hangya-aether	33,3
eczet-aether	36,3

529. Midőn a gázláng Bunsenféle gázégetőből ered, az általa sugárzott összes hő sokkal csekélyebb, mint midőn fehérizzó szénrészecskéket foglal a gázláng magában. Abban a pillanatban, melyben a levegő a világító lánggal összekeveredik, oly jelentékenyen csökken a sugárzás, hogy e csökkenést azonnal fölfedezhetjük, ha csak a kezünkkel vagy arczunkkal közeledünk is a láng felé. Összehasonlítván a két utolsó táblát, azt találjuk, hogy a Bunsenféle gázégető sugárzása, egészben véve, kevésbbé erősen nyeletik el, mint a világító gázsugáré. Némely esetekben, például a hangya-aethernél igen megközelitik egymást, amylénnél pedig és néhány más anyagnál nagyon távol állanak egymástól. De a helycserére egy igen érdekes eset adja itt magát elé. A szénkéneg ugyanis nem áll a chloroform felett, hanem határozottan alatta. Midőn a láng világító, akkor a szénkéneg hőnyelése úgy áll a chloroformhoz mint 100 : 122-höz; holott 100 : 56 e kettő között a viszony, midőn a láng Bunsenféle gázégetőből ered. Tehát a szénnek a lángból való eltávolitása bőven megkétszerezi a chloroform viszonylagos átbocsátó erejét. Még egy más példánk is van itt a megfordításra: a hangya-aethernél és a kén-aethernél. Világító láng sugárzására a kén-aether határozottan rosszabb átbocsátó, de ha a láng Bunsenféle gázégetőből ered, úgy a hangya-aether a rosszabb átbocsátó.

530. A Bunsenféle gázégető lángjában a fősugárzók, kétségkivül a vizgőz és a szénsav. Jelentékenyen hevített nitrogén is van jelen; ez is idézhet elé észrevehető hatást; de a sugárzásnak főforrása kétségkivül a vizgőz és a szénsav. Ohajtottam e két alkatrészt külön választani s hatásukat külön-külön tanulmányozni. Vizgőz sugárzását tiszta hydrogén lángjából nyerhettem, szénsavét pedig a szénoxyd égő áramából. A hydrogén lángjának sugárzása iránt különösen érdeklődtem, mert valószinünek tartottam, hogy habár magas is az ily lángnak a hőmérséke, mégis annyira egyezők lesznek talán rezgési időszakai a légkör hideg vizgőzének rezgési időszakaival, hogy a légköri vizgőz kiválóan erős nyelő legyen a sugárzás irányában. E következtetés helyességét bizonyítják a következő kisérletek.

Légköri levegő hőnyelése. Hőforrás: hydrogénláng.

	hőnyelés
száraz levegő	0
nem szárított levegő	17,2

E szerint tehát műhelyünk levegőjének vizgőze 4 láb hosszú, csiszolt csőben, 17 százalékot nyelt el a hydrogénláng sugárzásából. Midőn pedig platinatekercset használtam hőforrásul, mely a villanyáram által annyira volt hevítve, hogy a fehérizzásnak nem érte el magasabb fokát, mint ha hydrogénlángba sülyesztetett volna: e hőforrás sugárzásának csak 5,8 százalékát nyelte el műhelyünk nem szárított levegője, azaz $^1/_3$-dát azon mennyiségnek, melyet ugyane levegő a hydrogénláng sugárzásából nyelt el.

531. Platinahuzalt sülyesztvén a hydrogénlángba, csökkentjük a láng hőmérsékét; de egyúttal oly rezgéseket vezetünk be, melyek nincsenek összhangzásban a vizgőz rezgéseivel. A közönséges, nem szárított levegő

8,6

százalékot nyelt el az ezen összetett hőforrás által sugárzott hőből. Nedves napokon, a hydrogénláng sugárzásából

elnyelt mennyiség a fennközlött magas számot is felülmúlja. Ugyanazon kisérleti csővel s egy uj gázégetővel ismételvén, nehány nappal később, e kisérleteket, a következő eredményeket nyertem.

Levegő hőnyelése. Hőforrás: hydrogénláng.

	hőnyelés
száraz levegő	0
nem szárított levegő	20,3

532. Az átlátszóság és átlátszatlanság physikai okait már kifejtettük; mivel pedig a légköri gőznek, az imént közlöttek szerint, erős a hydrogénláng sugárzására gyakorolt hatása, ebből azt következtethetjük, hogy a hydrogénlángnak tömecsei összhangzóan rezegnek a vízgőznek tömecseivel, habár amannak 3260, emennek pedig csak 15 C. fokú a hőmérséke. A hydrogénláng roppant hőmérséke növeszti a rezgés tágasságát, de nem változtatja a rezzenetek idejét.

533. A „tágasság“ szónak, melyet az imént használtunk, menet közben, egy percznyi figyelmet kell szentelnünk. A hang magassága egyedül attól függ, hogy hány levegő hullám üti meg a fület egy másodpercz alatt; erőssége vagy hatályossága pedig attól, hogy rezgés közben mily tágas határok között járnak a levegő egyes atómjai. A rezgéshatárok e távolságát a rezgés amplitudjának vagy tágasságának nevezzük. Ha a hárfa húrját kissé oldalvást húzzuk s ismét elbocsátjuk, a levegő csak kevéssé lesz megháborítva: a levegő-atómok rezgési tágassága csekély, s a hang erőssége gyönge. De ha ugyanazt a húrt erősen megrántjuk, oly hangot kapunk, mely csak oly magas mint az előbbi, de erősebb, mert nagyobb a rezgés tágassága. A tágasságnak tehát nincs befolyása a hullám hosszára vagy az ismétlődés idejére, de igenis van a hang erősségére, a mennyiben épen a tágasság az, mely a zönge erősségét megszabja.

534. Ugyanez áll a fényről és a sugárzó hőről is. Az éterrészecskék ez esetben haránt tosan rezegnek a tovaterjedés

irányára; s kitérésök terjedelme a rezgés tágasságának neveztetik. Lehetnek itt is úgy, mint a hangnál, egyenlően hosszú hullámok nagyon különböző tágassággal; vagy mint a víznél: magas és alacsony hullámok, ámbár a hullámtarajok távolsága egyenlő. A fénynek és a sugárzó hőnek minősége az éterhullámok hosszától függ; erőssége pedig — úgy a fényé mint a sugárzó hőé — a rezgés tágasságától. S mert láttuk, hogy a hydrogénláng rezgésének időszakai megegyeznek a hideg vízgőzéivel, kénytelenek vagyunk azt következtetni, hogy a láng rendkívül nagy hőmérsékét nem a tömecsbeli rezgés gyors ismétlődésében kell keresnünk, hanem rendkívül nagy tágasságában.

535. A Bunsenféle gázégető lángjának második alkatrésze: a szénsav. Ezen anyag sugárzását közvetetlenül adja a szénoxyd gáznak lángja. E hőforrás kisugárzásából 13,8 százalékot nyelt el a szénsavnak azon csekély mennyisége, mely műhelyünk levegőjében szét van oszolva. E jelentékeny hőnyelés azt bizonyítja, hogy a lángban és légkörben foglalt szénsav tömecseinek egyidejű a rezgése, habár a lángnak 3040, a légkörnek pedig csak 15 C. fokú a hőmérséke. De ha a magas hőmérsék nem képes a rezgés tartamát megváltoztatni, bizton várhatjuk, hogy a hideg szénsav, ha nagy mennyiségben van jelen, nagyon rosz átbocsátója lesz a szénoxydláng kisugárzásának. Ime itt következnek azon kísérletek eredményei, melyekkel e következtetés meg volt vizsgálva.

Sugárzás száraz szénsavon át. Hőforrás: szénoxydláng.

nyomás hüvelykekben	hőnyelés
1,0	48,0
2,0	55,5
3,0	60,3
4,0	65,1
5,0	68,6
10,0	74,3

Meggyőződtünk róla, hogy a szénsav igen gyönge nyelője azon sugaraknak, melyeket az elébb használtuk, hevített, szilárd testek bocsátottak ki; itt pedig, a hol a reá eső sugarakat a maga anyagabeli tömecsek bocsátják ki, rendkívül nagy a hőnyelő képessége. E gáz, ha nyomása csak $^1/_{30}$-ad része egy légköri nyomásnak, felét nyeli el a sugárzásnak; s 65 százalékot tartóztat le belőle, ha nyomása 4 hüvelyk magas higanyoszlopnak felel meg.

536. Az olajképző gázt, mint hőnyelőt és hősugárzót, már bemutattam. Hatása összehasonlíthatatlanul nagyobb a szénsavénál azon szilárd hőforrásokra nézve, melyekről az imént szólottunk; ha azonban a hő szénoxydlángból ered, úgy az olajképző gáz hőnyelő képessége csekély a szénsavéhoz képest. Bizonyságot tesznek erről a következő táblában közlött kisérletek.

Sugárzás száraz olajképző gázon és száraz szénsavon át. Hőforrás: szénoxydláng.

nyomás hüvelykekben	olajképző gáz hőnyelése	szénsav hőnyelése
1,0	23,2	48,0
2,0	34,7	55,5
3,0	44,0	60,3
4,0	50,6	65,1
5,0	55,1	68,6
10,0	65,5	74,3

537. Az olajképző gáz hőnyeléséhez hozzá irtam a szénsavét az utolsó táblából. A sav tetemesebb hatása igen határozott, kivált ha csekély a nyomás. Az egy hüvelyknyi nyomás mellett kétakkora, mint az olajképző gázé; a gázmennyiség gyarapodásával azonban hasonlóbbak lesznek egymáshoz ezen anyagok. Mind a kettő ugyanis mind jobbanjobban közeledik a tökéletes áthatlansághoz; s természetes, hogy hőnyelésök mind egyezőbb és egyezőbb, a mint eme közös határhoz közelednek.

538. E kisérletek bebizonyitják, hogy a szénsav-gáznak majdnem elenyésző csekély mennyisége is fölfedezhető a szénoxydlángra gyakorolt hatásából. Például, a tüdőből kilehelt szénsav hatása igen határozottan észrevehető. A lehelettel felfúvattam egy kaucsuktömlőt; benne volt tehát a lehelet szénsava és vizgőze. E tömlőbeli levegőt azután szárító készüléken vezetvén keresztül, a nedvesség a szárító készülékben maradt; a semleges levegőből és hatós szénsavból álló keveréket pedig bebocsátottam a kisérleti csőbe. Következők voltak az eredmények.

Szénsavtartalmú levegő a tüdőből. Hőforrás: szénoxydláng.

nyomás hüvelykekben	hőnyelés
1	12,0
3	25,0
5	33,3
30	50,0

539. A kilehelt és megszárított levegő tehát 50 százalékot tartóztatott le a szénoxydláng összes sugárzásából. Nyilvánvaló, hogy ezzel módunkban van, felülmulhatatlan pontossággal megvizsgálni azon szénsav mennyiségét, mely különböző körülmények között kerül ki a tüdőből.

540. Hogy a sugárzó hő csakugyan alkalmas a lehelet szénsavának meghatározására, azt volt segédem, Barrett úr bizonyitotta be. Elébb azon elhajlást határozta meg, melyet a nedvességétől megszabadított lehelet idézett elé. Ezután mesterségesen fejlesztett szénsavat tökéletesen száraz levegővel kevert össze, és pedig oly viszonyban, melyben épen úgy hatott a sugárzó hőre, mint a lehelet szénsava. A keverékben foglalt szénsavnak ismert százaléka közvetetlenül megadta a leheletben foglaltnak százalékát. A volt segédem által nyert három physikai elemzéshez három chemiai elemzést is csatolok, melyek Dr. Franklandtól származnak.

Az emberi leheletben foglalt szénsav százalékai:

chemiai elemzés útján	physikai elemzés útján
4,311	4,00
4,66	4,56
5,33	5,22

541. A két eredmény egyezése igen kielégítő s nagyobb begyakorlás mellett, az eredmények között bizonyosan még nagyobb egyezést lehetne elérni. Az éter mozgásának azon mennyisége tehát, melyet a szénsav letartóztatni képes, pontos és használható mértékül szolgálhat az emberi tüdőből kilehelt szénsav mennyiségének meghatározására.

542. Csekély vastagságú rétegekben a víz nagyon átlátszó anyag; azaz tömecseinek rezzenetideje nincs összhangzásban a látható színképbeli rezzenetidőkkel. A violán túli sugarakat is jól átbocsátja, s e magaviseletéből azt következtethetjük, hogy gyors tömecsbeli rezgésre nem képes. De a mint a látható színképet elhagyjuk s a vörösön túli sugarakra megyünk át, azonnal elárulja magát a víz hőgátlása; s valóban az ily sugarak iránt mutatkozó elnyelő ereje páratlan a maga nemében. Ezzel be van bizonyítva a víztömecsek és a vörösön túli hullámok rezgésének egyidejűsége. Azt már láttuk, hogy a nem szárított légköri levegő rendkívül rosz átbocsátója a hydrogénláng kisugárzásának; s ebből, a légben foglalt hideg vízgőz és a lángban lévő forró vízgőz rezgésének egyidejűségére következtettünk. De, ha valamely gőznek és e gőz folyadékának egyezők a rezgésszakai, akkor a víznek a hydrogénláng sugárzására nézve nagyon rosz átbocsátónak kell lennie. Itt vannak az eredmények, melyeket a víz adott, midőn öt különböző vastagságú rétegben volt alkalmazva.

Átsugárzás a vízen keresztül. Hőforrás: hydrogénláng.

	a folyadékréteg vastagsága				
átsugárzás százalékokban	0,02 hüv.	0,04"	0,07"	0,14"	0,27"
	5,8	2,8	1,1	0,5	0,0

543. Melloni azt találta, hogy 0,36 hüvelyk vastag vízréteg 11 százalékot bocsát át egy Argand-féle lámpa hevéből. Mi itt magasabb hőmérsékű hőforrást és csak 0,27 hüvelyk vastag vízréteget alkalmazunk, — s e vízréteg az összes hőt letartóztatja. 0,27 hüvelyk vastag vízréteg tökéletesen áthatlan a hydrogénláng sugárzása iránt; s oly réteg, melynek vastagsága körülbelül tizedrésze a Melloni által használt vízrétegnek, 97 százaléknál is többet nyel el az összes kisugárzásból. Ebből azt következtethetjük, hogy a hideg víz rezgésszakai egyezők a 3260 C. fokú vízgőz rezgésszakaival.

544. Abból, hogy a víz rosz átbocsátója a vízgőz sugárzásának, azt származtathatjuk, hogy viszont a vízgőz is rosz átbocsátója a víz sugárzásának. Ebből meg azt következtethetjük, hogy az éjjeli meghűlés, mely a földfelületén a víz lecsapódását okozza, egyúttal a földi sugárzásnak oly jelleget is kölcsönöz, melynél fogva ez a légkörünk által való letartóztatásra, s ennek folytán a szerteszóródás elháritására legalkalmasabbá válik.

545. Ez egy oly pont, mely megérdemli, hogy még egy pillanatot szenteljünk neki. Azt találtam, hogy az olajképző gáz négy láb hosszú, csiszolt csőben körülbelül 80 százalékot nyel el a sötét hőforrás sugárzásából. Ugyan e gáznak 2 hüv. vastag rétege 33 százalékot nyel el; 1 hüv. vastag rétege 26 százalékot és $^1/_{100}$ hüv. vastag rétege 2 százalékot. A hőnyelés tehát növekszik s az átbocsátott mennyiség csökken, midőn a gázréteg vastagsága nagyobbodik. Vizsgáljuk meg, minő lenne a hatása földünk hőmérsékére egy olajképző gázból álló buroknak, mely bolygónkat, felületéhez közel, körülfogná. E gáz átlátszó lenne a nap sugaraira nézve, megengedvén nekik, hogy észrevehető akadály nélkül érkezzenek a földre. Itt azonban a napnak világító heve nemvilágító földi hővé alakul át; e hőből pedig legalább 26 százalékot letartóztatna az olajképző gáznak 1 hüvelyk vastag rétege, s nagy részét visszaszolgáltatná a földnek. Az ily mennyezet, bár jelentéktelennek tetszhetnék, s bár a szemnek

tökéletesen átlátszó lenne, mégis fullasztó melegen tartaná a föld felületét.

546. Nehány év előtt egy mű jelent meg, mely egyaránt feltűnt szellemdús volta és irályának kellemei által, s melynek feladata lett volna: bebizonyítani, hogy naprendszerünk kiebb fekvő bolygói lakhatatlanok. Szerzője ugyanis e bolygóknak a naptól mért távolságára a visszás négyzetek törvényét alkalmazta s oly jelentékenynek találta a hőmérsék csökkenését, hogy azon kérdésre: lehetséges-e emberi élet naprendszerünk kiebb fekvő tagjain, tagadó választ kellett adnia. Kifelejtette azonban a számításból a légköri burkolat befolyását, s ezen elhanyagolás hibássá tette az egész bizonyítást. Határozottan lehetséges oly légköri burkolatot találni, mely a napsugarak irányában a »horog« szerepét vinné, megengedné nekik a bolygóra jutást, de megakadályozná az eltávozást. Például, a 2 hüvelyk vastag légréteg kén-aetherrel telítve, csekély mértékben gátolná a napsugarak átmenetét, de méréseim szerint 35 százalékot letartóztatna a bolygó sugárzásából; s nem is kellene a gőzrétegnek valami szerfelett megvastagodnia, hogy kétakkorára növekedjék hőnyelése. Ebből pedig egészen világos, hogy az e fajta védő burkolat alatt, mely a hőt bebocsátja, de aztán el nem ereszti, a kiebb fekvő bolygók felületén is egészen kellemes hőmérsék uralkodhatik.

547. Dr. Miller volt az első, a ki abból, hogy az égő hydrogén sugarai nem képesek átmenni az üvegernyőkön, azt következtette, hogy e láng rezgésszakainak vörösöntúliaknak kell lenniök; s hogy ennélfogva a mészfény rezgéseinek gyorsabbaknak kell lenniök az oxyhydrogén láng rezgéseinél, tehát azon lángéinál, melynek a mész fehérizzását köszöni.*

---

* Dr. Miller megemlítvén Stokes tanárnak a »csökkentett« törelemre vonatkozó vizsgálatait, ezeket mondja: »csekély törelmü hőt különben át lehet alakítani magasabb törelmü hővé. Például a hydrogén és oxygén keverékének lángja, a mesterséges hőforrások között, jó-

A mészfény, mint Dr. Miller megjegyzi, a fokozódott törelem példája. Ugyanez áll a hydrogénlángba sülyesztett platinahuzalról is. Ez esetben is a látásra nem való rezgésszakok látásra valókká alakulnak át. De a rezgésszakok ezen rövidítésének gyarapítani kell a széthangzást a sugárzó forrás és a tábláinkban levő, lassú rezgésű, folyadékok között; s ennek következtében gyarapodni kell átbocsáthatóságuknak is. E következtetést két különböző vastagságú folyadékréteggel tett kisérletek által próbára tévén, igazoltnak találtam.

Átsugárzás folyadékon keresztül. Hőforrások: I. hydrogénláng; II. hydrogénláng, belé sülyesztett platinatekercscsel.

a folyadék neve	átbocsátás			
	a folyadékok vastagsága 0,04 hüvelyk		a folyadékok vastagsága 0,07 hüvelyk	
	a láng egyedül	a láng és platina tekercs	a láng egyedül	a láng és platina tekercs
szénkéneg . . .	77,7	87,2	70,4	86,0
chloroform	54,0	72,8	50,7	69,0
methyljodid . . .	31,6	42,4	26,2	36,2
aethyljodid	30,3	36,8	24,2	32,6
benzol	24,1	32,6	17,9	28,8
amylén	14,9	25,8	12,4	24,3
kén-aether	13,1	22,6	8,1	22,0
eczet-aether . . .	10,1	18,3	6,6	18,5
alkohol	9,4	14,7	5,8	12,3
víz	3,2	7,5	2,0	6,4

Ebből kitűnik, hogy a platinahuzal besülyesztése mindegyik esetben jelentékenyen növeli az átbocsátást.

---

formán a legnagyobb hőmérsékű s még sem bocsát ki oly sugarakat, melyek nagy sokaságban mehetnének át az üvegen, és még akkor sem, ha e sugarak lencse által gyüjtetnek össze. Ha az égő gázok lángsugarába mészhengert sülyesztünk, bár a hőmennyiség nem növekszik, mégis a fény oly erős lesz, hogy a védetlen szem el nem tűrheti; — a hősugarak most már képesekké váltak az üvegen áthatolni. Mutatja ezt az oly hőmérő, melynek golyója a lencse gyújtópontjába van állítva.« (Chemical Physics, 1855. p. 210.)

548. A hydrogénláng sugárzásával tett közvetetlen kisérletek tökéletesen igazolják Dr. Miller következtetését. Összeállitottam a magam számára egy egész garniturát csupa kősóból, melylyel helyettesiteni lehetett a villanylámpa közönséges garnituráját. A kamrába helyezett kettős kősólencse egyközűvé tette a sugarakat; ezek aztán átmentek egy résen, s a kamarán kivül állitott kősólencsére esvén, a rés képét alkalmas távolságban idézték elé. E lencse mögé kősóhasáb volt állitva, oldalvást pedig a 309. §-ban leirt vonalas hővillanyoszlop állott. A villanylámpa kamrájába egyetlen nyilású gázégető volt állitva, úgy, hogy lángja arra a helyre került, hol rendesen a széncsúcsok szoktak állani. E gázégető T-alakú darabbal állott kapcsolatban, melytől két kaucsukcső vezetett, az egyik egy nagy hydrogéntartóba, a másik pedig a műhely gáztartójába. Ily módon hatalmamban állott, tetszésem szerint vagy gázlángot vagy hydrogénlángot használni. Midőn a gáz égett, látható szinkép keletkezett, mely lehetővé tette, hogy a hővillanyoszlopot kellő állásába helyezhessem. Midőn a hydrogénlángot kivántam használni, nem kellett egyebet tennem, mint a hydrogénáramot a gázlánghoz vezetnem, s midőn meggyuladt, a gázzal közlekedő csapot elzárnom, magát a hydrogént hagyván égni. Igy az egyik lángot a másik által tényleg helyettesithettem, anélkül, hogy a kamara ajtaját ki kellett volna nyitnom vagy bármiféle változást tennem a hőforrás, a lencsék, a hasáb és az oszlop állásában.

549. A világitó gázláng szinképe rá levén vetve a sárgarézernyőre (mely, hogy a szinek jobban láthatók legyenek, ónlevéllel vonatott be), az oszlopot lassacskán odább mozgattam, mig maximumát el nem érte a galvanométeri elhajlás. Az oszlop ekkor kissé kiebb állott a szinkép vörös részénél. A megfigyelt elhajlás

30

fokú volt. Ha az oszlopot e helyéből akár erre, akár arra mozditottam, csökkent az elhajlás.

550. A gázlángot hydrogénlánggal helyettesítettem; a látható színkép eltűnt s az elhajlás

12

fokra sülyedt. A mi tehát ezt a bizonyos törelmet illeti, a gázláng sugárzása harmadfélakkora, mint a hydrogénlángé.

551. Ismét ide-oda mozgattam az oszlopot; a mozgást mindkét irányban az elhajlás csökkenése kisérte. Tizenkét fok tehát a legnagyobb elhajlás, melyet a hydrogénláng eléidézett; az oszlopnak állása pedig, melyet megelőzőleg a világító láng segélyével határoztam meg, azt bizonyította, hogy ezen elhajlást a vörösön túli hullámok létesítették. Ezután kissé előre toltam az oszlopot, úgy, hogy az elhajlás 12 fokról 4 fokra sülyedt; s ismét a gázt gyujtottam meg, hogy az e csekély elhajlást eléidézett sugarak törelméről meggyőződjem. Az oszlop előlapja most már a színkép vörös részébe hatolt. Mig az oszlop azon helyeken haladt végig, melyek a színkép más meg más színeinek feleltek meg, egészen a violán túli sugarakba be — észrevehető elhajlást a hydrogénláng sehol sem idézett elé.

552. Ezzel véglegesen be van bizonyítva, hogy a hydrogénláng sugárzása, a mennyire érzékeny készülékünkkel egyáltalában mérhető, a színkép vörös részén túl fekszik. Sugárzásának többi alkatrészei oly gyöngék, hogy melegítő erejök észrevehetetlen.

553. Most már képesek vagyunk több oly tényt megmagyarázni, melyek a sugárzó hőre vonatkozó vizsgálatokban eddigelé rejtélyekül tekintettek. Egyideig általában az volt a nézet, hogy a hő képessége átbocsátó testeken áthatolni, a forrás hőmérsékének nőttével szintén növekszik. E nézet ellen Knoblauch lépett fel, megmutatván, hogy azt a hőt, melyet az alkohollángba sülyesztett platinatekercs kisugároz, némely átbocsátó testek gyöngébben nyelik, mint magának a lángnak a hevét; már pedig — mondja Knoblauch igen helyesen — a tekercs hőmérséke csak nem lehet magasabb mint azon testé, melytől e tekercs a maga hevét nyerte.

Midőn a fehérizzó platinatekercs és a hővillanyoszlop közé átlátszó üvegtáblát állított, a tü elhajlása 35 fokról 19 fokra csökkent, midőn pedig a hydrogénláng, a platinatekercs nélkül, szolgált hőforrásul, akkor ugyanazon tü elhajlása 35 fokról 16 fokra csökkent. Ez azt bizonyitja, hogy az üveg többet tartóztatott le a láng hevéből, mint a tekercséből; vagy más szavakkal, hogy a melegebb test által kisugárzott hőnek csekélyebb volt az áthatoló képessége. E kisérletet később Melloni is megerősitette.

554. A látható szinkép sugarai szabadon mehetnek át az átlátszó üvegen; de tudva lévő dolog, hogy ily üveg nagyon rosz átbocsátója a sötét hőforrások sugárzásának, vagyis a nagy rezgésszakú hullámoknak. 0,1 hüvelyk vastag üvegtábla a 100 C. fokú hőforrásnak valamennyi sugarát letartóztatja s csak 6 százalékot bocsát át azon hőből, melyet 400 C. fokú rézgolyó sugároz. Az alkohollág terményei: vizgőz és szénsav, s már bebizonyitottuk, hogy e kettőnek hullámai hosszú rezzenetidejüek, tehát épen nagyon alkalmasak arra, hogy az üveg által letartóztassanak. Ha azonban platinatekercset sülyesztünk az ily lángba, ezzel a láng hevét tényleg nagyobb törelmü hővé alakitjuk át; a hosszú rezgésszakokat rövidebbekké változtatjuk át s igy széthangzást idézünk elé a hőforrás és az átbocsátó üveg rezgésszakai között; e széthangzás pedig, a mint elébb magyaráztuk, physikai oka az átbocsáthatóságnak. A priori okokkal is következtethetnők tehát, hogy a platinatekercs besülyesztése növelni fogja a hő áthatoló képességét. Melloni észleletei szerint egy üveglemez következő mértékben bocsátotta át a láng és a tekercs kisugárzását:

lángét	platináét:
41,2	52,8

Ugyanezen megjegyzések alkalmazhatók a Melloni által vizsgált átlátszó selenitre is. Ezen anyag nagyon rosz átbocsátója a vörösön túli sugaraknak; de tudjuk, hogy az alkohollág sugárzása kiválóan vörösön túli, s ez az oka, hogy

a selenit rosz átbocsátója az alkohollâng sugárzásának. A platinatekercs besülyesztése röviditi a rezgésszakokat és növeli az átbocsátást. Igy, egy darab seleniten Melloni a következő átbocsátást észlelte:

lángból:	platinából:
4,4	19,5

555. Ennyiben megegyeznek Melloni eredményei a Knoblauchéival. De az olasz természetvizsgáló nem állott meg ezen a ponton s megmutatta, hogy a Knoblauch-féle eredmények csakugyan helyesek azon anyagokra nézve, melyeket Knoblauch vizsgált, de valamennyi átbocsátó testre nézve nem állanak. Melloni bebizonyitja, hogy a fekete üvegnél és a fekete csillámnál e hatás föltünő módon visszára fordul. Ezen anyagok ugyanis nem a platina, hanem a láng sugárzását bocsátják át jobban. A fekete üvegnél a következő átbocsátást észlelte:

lángból:	platinából:
52,6	42,8

fekete csillámlemeznél pedig:

lángból:	platinából:
62,8	52,5.

556. Ezen eredményeket Melloni magyarázatlanul hagyta; nekünk azonban most már könnyü a megoldás. A fekete üveg és a fekete csillám a beléjök zárt szénnek köszönik azt, hogy feketék. Minthogy pedig a szén a fényre nézve átlátszatlan, ebből következik, a mint már emlitettük, hogy rezgésszakai összhangzanak a látható szinkép rezgésszakaival. De azt is megmutattuk, hogy a szén nagy mértékben átbocsátja a hosszú rezgésszakú hullámokat, tehát az olyanokat, minőket épen az alkohollâng sugároz ki. A szén tehát tökéletes ellentétese az üvegnek, mert a szén a hosszú rezgésszakú hőt, az üveg pedig a rövid rezgésszakút bocsátja át legkönnyebben. Már pedig a platinatekercs besülyesztésével a lángnak elébb hosszú rezgésszakai rövid rezgésszakokká alakulnak át; következésképp e besülyesztés az átlátszó üveg és az átlátszó selenit átbocsátó erejét fokozza, az átlátszatlan üvegét és az átlátszatlan csillámét ellenben csökkenti.

XIII. FEJEZET.

A SÖTÉT NAPSUGARAK FÖLFEDEZÉSE. — HERSCHEL ÉS MÜLLER KISÉRLETEI. — A SUGÁRZÁS ERÖSSÉGE A HÖMÉRSÉK FOKOZÁSÁVAL GYARAPSZIK. — A VILLANYFÉNY SZÍNKÉPÉNEK HEVE. — SUGÁRSZÜRÖK: A VILLANYFÉNY MEGSZITÁLÁSA. — A SUGARAK ÁTALAKÍTÁSA. — A HÖBELI KÉP VILÁGÍTÓVÁ TÉTELE. — ÉGÉS ÉS IZZÍTÁS SÖTÉT SUGARAK ÁLTAL. — FLUORIZÁLÁS ÉS KALORIZÁLÁS. — SÖTÉT NAPSUGARAK. — FRANKLIN KISÉRLETE A SZÍNEKRÖL. — E KISÉRLET ELEMZÉSE ÉS MAGYARÁZATA.

557. Megigértem egy előbbi alkalommal, hogy megismertetem önökkel a láthatatlan sugárzás körébe vágó legujabb vizsgálatok haladását. Kifejeztem akkor abbeli reményemet, hogy sikerül majd a villanylámpa összetett sugárzását szemök láttára átszitálnom; sötét sugarait világitóitól elválasztanom s megmutatnom önöknek a sötét sugarak hatását, ha eléggé erősek és tömörültek.

558. Mai előadásom arra lesz szentelve, hogy megkisértsem beváltani ezen igéretet, s valósitani ezen reményt. Mindenekelőtt tiszta fogalmat kell magunknak szereznünk e sötét sugarakról, vagy láthatatlan sugarakról, mint azokat nevezni szokás. A fényt hullámzó mozgás gyanánt értelmeztük; megtudtuk, hogy a fény különböző szinei különböző hosszaságú hullámoknak tulajdonitandók; s megtudtuk azt is, hogy azon látható sugarak társaságában, melyet a fényforrások kiárasztanak, még láthatatlan sugarak is löveltetnek ki. Szabatosan szólva, ez annyit jelent, hogy azon hullámok társaságában, melyek a szem nedvein áthatolnak, a reczehártyára esnek és a látás érzetét fölgerjesztik, oly hullámok is van-

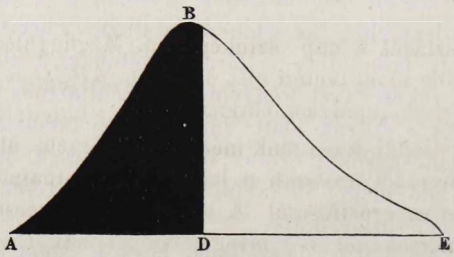
nak jelen, melyek vagy épen nem érik el a reczehártyát, vagy ha el is érik, de nincsenek fölruházva a képességgel, hogy a látó idegen azt a bizonyos mozgást előidézzék, mely a látást szüli. Vajjon a villanyfény sötét sugarai elérik-e és mily mértékben érik el a reczehártyát, azt majd később fogjuk eldönteni; de bár mi legyen elégtelenségök oka: a szem nedve nyeli-e el azokat, vagy már magukban képtelenek-e a reczehártyát ingerelni? mi mindazon sugarakat, melyek látást nem keltenek, sötét vagy láthatatlan sugaraknak nevezzük, azokat pedig, melyek látást keltenek, látható vagy világító sugaraknak mondjuk.

559. Meg kell vallani, hogy tulajdonképen helytelen e kifejezés, mert mi a fényt nem láthatjuk. A csillagközi térben a legnagyobb sötétségben volnánk, ha valamennyi nap- és csillagból kiinduló hullámok sietnének is rajta keresztül. Látnók magukat a napokat, látnók magukat a csillagokat, de abban a pillanatban melyben elfordítanók tőlök tekintetünket, abban a pillanatban, melyben háttal fordulnánk feléjök, fényök sötétséggé válnék, bár ha hullámaik körülöttünk mindenütt csapdosnák is az étert. Az étert vagy az éter mozgásait nem láthatjuk s ennélfogva, szorosan véve, nyelvbeli visszaélés, az éter sugarainak vagy hullámainak látható vagy láthatatlan voltáról beszélnünk. E kifejezés azonban már gyökeret vert, kényelmes volta általános használatúvá tette; és ha e szavak alatt: látható vagy láthatatlan sugarak, oly hullámmozgásokat értünk, melyek képesek, illetőleg képtelenek a látó ideget ingerelni, úgy e kifejezések használatából baj nem származhatik.

560. Arról már beszéltünk, hogy e sötét sugarakat a nap sugárzásában fedezték fel, s azt is bebizonyítottuk, hogy az ily sugarak azon hőforrás sugárzásában is megvannak, mely erőre nézve mindjárt a nap után következik, tudniillik a villanyfényben. A nap sötét sugarainak fölfedezője, a mint már mondva volt, Sir William Herschel. Eszközei a megfigyelésre közel sem voltak oly tökéletesek, mint

a minőkkel most rendelkezünk; de ő is mint Newton, értett hozzá, szegényes eszközökkel nagy eredményeket csalni ki a természettől. Hőmérőket tolt odább a nap színképének különböző színezetü részeiben s följegyezte az egyes színeknek megfelelő hőmérséket. Midőn pedig a hőmérőt a vörös legszélsőbb határán túl vitte, azt találta hogy a sugárzás, nem hogy végződnék a látható színkép végén, sőt inkább azon túl éri el legnagyobb erélyét. E kisérlet bebizonyította, hogy világító sugarain kivül a nap még más, csekélyebb törelmü sugarakat is bocsát ki, melyek, bár jelentékeny melegitő erejök van, nem képesek a látás érzetét fölgerjeszteni.

561. Ha már most a hőmérő a színkép valamelyik színében áll, higanyoszlopa emelkedését egyenes vonallal ábrázolhatjuk. Tegyük fel például, hogy egy bizonyos hosszúságú vonal egy fokkal való emelkedést ábrázol, természetes, hogy két akkora hosszúságú vonal két fokkal—, és félakkora hosszúságú vonal fél fokkal való emelkedést fog ábrázolni. E módszert követte Sir William Herschel, midőn megmutatta, hogy miként van a melegség szétosztva a nap színképében. Legyen *AE* egyenes a színkép hosszának a képviselője s

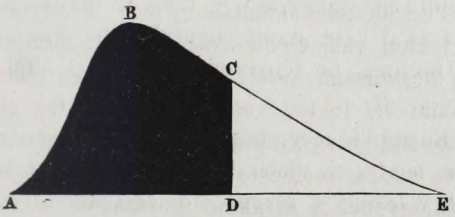


96-ik ábra.

emeltessenek ezen egyenesnek különböző pontjain függőlegesek, melyek e pontokon a színkép hőbeli hatását fejezik ki s köttessenek össze e függőlegesek végpontjai, úgy egy görbe vonal származik, mely rögtön átpillantatja a melegség miként

szétoszlását a nap szinképében. Az *E* betű a szinkép kék részének azon pontját jelzi, hol a hő először vált észrevehetővé. *E*-től *D*-ig, hol a szinkép vörös határa van, a hőmérsék folytonosan fokozódik, a mint a görbe folytonos emelkedése mutatja. *D*-nél a látható szinkép megszűnik, de a határtól egészen *A*-ig egy láthatatlan szinkép huzódik, hol aztán ez is eltűnik. Sir William Herschel észleletei szerint *BDE* fehér tér a nap látható sugárzásának, az *ABD* fekete tér pedig a nap láthatatlan sugárzásának hőbeli értékét fejezi ki.

562. Később Müller, tanár Freiburgban, Melloni adatai szerint szerkesztett tökéletesebb készülékkel határozta meg



97-ik ábra.

a hő szétosztását a nap szinképében. Megfigyelései eredményeit a 97-ik idom tünteti elé, melyben *ABCD* a láthatatlan, *CDE* a látható sugárzást ábrázolja.

563. Mielőtt a magunk méréseire mennénk át, kivánatos, hogy nehány szót szóljunk a látható és a láthatatlan sugarak elétüntetése és erősítéséről. A szilárd test tömecsei, levegőnk rendes hőmérsékénél is, mozgásban vannak, de a sugarak melyeket ilyenkor kibocsát, sokkal csekélyebb törelmüek, vagy más szóval: a hullámmozgások, melyeket létesit, sokkal hosszabbak és sokkal ritkábban ismétlődők, hogysem látást kelthetnének. Gondoljuk most, hogy a hőmérsék fokozódik. A fokozódó hőmérsékkel a test tömecseinek gyorsabb rezgései lépnek fel; és ha a hőmérsék egy bizonyos fokot elért, akkor

ama rezgéseknek elég nagy a gyorsaságuk, hogy fény gyanánt hassanak a szemre. A test izzik s fénye, amint Dr. Draper bizonyította be először, tiszta vörös fény. Amint a hőmérsék emelkedik, úgy csatlakoznak a vöröshöz egymásután a narancs, a sárga, a zöld és a kék.

564. Azok a rezgések, melyek ezen egymásután következő színeknek megfelelnek, lényegesen új rezgések. Minden egyes, új és gyorsabb rezgésnek beálltával azonban egyúttal *erősbülnek mindazon rezgések*, melyek azt megelőzték. Azt a rezgést, melyet golyónk akkor létesített, midőn hőmérséke csak olyan volt mint a levegőé, akkor is létesíti, midőn már fehér izzó. Csakhogy míg a rezgés szaka ugyanaz marad, roppantul megnagyobbodik a rezgés tágassága, melytől a sugárzás erőssége függ. Ez az oka annak, hogy a sötét test által kisugárzott sugarak soha sem érhetik el az ugyanazon törelmű, de fényesen világító test által kisugárzott sugarak erősségét.

565. Engedjék meg, hogy e tárgyat még egy számbeli példával is bevéssem emlékezetökbe, megmutatandó, mint fokozódik egy bizonyos rezgés erőssége, amint gyorsabbak és gyorsabbak csatlakoznak hozzája. E kamrába tekercs állíttatott platinahuzalból, s a kamra elejére rés. A tekercsbe villanyáram vezettetett, mely nem volt elég erős, hogy izzóvá tegye a huzalt. Tiszta kősóból készült lencsék, hasábok és más megfelelő eszközök láthatatlan színképet adtak azon sugarakról, melyeket a platinahuzal kisugárzott. E színképből egy keskeny szalag a már leirt vonalas hővillanyoszlop lapjára vetődött. Maga a szalag oly keskeny s a sugárzás oly gyönge volt, hogy a galvanométer tűje csak egy fokra billent az első pillanatban. Anélkül, hogy a készülék valamely részének helyzetét megváltoztattam volna, lassanként erősbittettem az áramot. Erősbülvén az áram, a huzal hőmérséke is emelkedett, izzóvá lett s végre fényes fehérizzásba jött. Midőn ez beállott, ragyogó fényszínkép vetődött az ernyőre, melyhez a hővillanyoszlop erősítve volt, maga az oszlop azon-

ban a ragyogó színképen kívül állott. Az oszlop csak láthatatlan sugarakat kapott s az egész kisérlet alatt csakis azok a bizonyos rezgések vetődtek reá, melyek már az izzás előtt jutottak hozzá. A rezgések minőségét az oszlop helyzete szabván meg, minthogy e helyzet folytonosan ugyanaz maradt, a rezgések is ugyanazok maradtak.

566. A következő számsor mutatja, hogy miként emelkedett a hővillanyoszlopra vetődött egyfajta sötét hősugarak erőssége azalatt, mig a platinatekercs a melegedés különböző fokain haladt keresztül, egészen a fehérizzásig.

a tekercs színe	a sötét szalag sugárzása
sötét	1
sötét	6
gyönge vörös	10
sötét vörös	13
vörös	18
világos vörös	27
narancssárga	60
sárga	93
egészen fehér	122

Be van tehát bizonyitva, hogy az új és gyors rezgések beálltával a régiek is erősebbek lesznek, elannyira, hogy egy bizonyos törelmű sötét sugarak feherizzáskor oly erősségre tesznek szert, mely 122 akkora mint az, melynek kezdetben voltak a birtokában. A sötét sugarak e maradandóságát és gyarapodásukat, a világitók hozzájuk csatlakozásakor, a sugarak kitartóssága néven nevezhetjük.

567. Amit itt a platinatekercsről bizonyitottunk be, ugyanaz áll a villanyfényről is. A fényesen világító sugarak ezen özöne mellett a sötét sugaraknak is van még egy ahhoz mért özöne. A széncsúcsok úgy, mint a platinatekercs, a sötét melegségtől egészen a napéhoz hasonló ragyogásig fokozhatók, s amint ez beáll, a sötét sugarak erőssége is rendkivül meggyarapszik. A hő megoszlásának kipuhatolása a villanyfényben fontos eredményeket fog nekünk adni s

útunkat ki fogja egyengetni azon vizsgálatokhoz, melyekre majd később irányzom figyelmöket.

568. Az e czélra használt hővillanyoszlop e szép készülék, melyet Ruhmkorff készitett (71-ik ábra). Áll pedig ezen oszlop, amint tudják, csupán egy sor elemből, melyek kellően befoglalva, kettős sárgarézlemezre vannak erősítve. Elől két ezüstözött éllel van fölszerelve, melyek csavar segélyével összetolhatók úgy, hogy az oszlop szabad lapját tetszés szerint lehet keskenyiteni a legfinomabb hajszál szélességeig, vagy pedig egészen elzárni. A sárgarézlemezt és a ráerősített oszlopot kis forgató nyél és hosszú csavar segélyével lassacskán ide-oda lehet tolni. Az oszlop függőleges rése tehát végig vonulhat az egész szinképen, vagy túl is mehet rajta mind a két irányban. A szinkép magassága valamennyi esetben egyenlő volt az oszlop szabad lapjának hoszszával.

569. A villanyfény állandó szinképét létesitendő, a Duboscq által készitett Foucault-féle szabályzót használtam, melynek valóban csodálatra méltó állhatatossága van. Készittettem kősóból egy teljes garniturát, melynek elrendezése már föntebb emlitve volt. A villanylámpát körülfogó kamrának homlok-nyilásába, átlátszó kősóból készitett lencsét illesztettem a végből, hogy a széncsúcsokból kiindult, elágazó sugarakat egyközűekké tegyem. Az egyközű nyaláb azután egy keskeny résen ment át, mely elé egy második kősó lencsét állitottam olyformán, hogy a rés élesen határolt képe abban a távolságban jelenjék meg, hol a szinképet fel kellett fogni. Közvetetlenül e lencse mögött egy vagy néha két tiszta kősóhasáb állott. A nyaláb igy szétbontatván, vizszintes, ragyogó szinkép keletkezett az oszlopot tartó ernyőn. Járatván a már emlitett forgatónyelet, az oszlop előlapja végigvonulhatott az egész szinképen, s mialatt az előlap igy mozgott, a fény- vagy a hősugaraknak igen keskeny szalagja vetődhetett reá minden egyes helyen.* Az oszloppal

* A vonalas oszlop szélessége 0·03 hüvelyk volt.

érzékeny galvanométer állott kapcsolatban s elhajlásából a színkép minden, látható és láthatatlan, részének melegítő erejét meglehetett határozni.

570. A hővillanyoszlop kétféle módon járta végig, itt azonban beérhetjük az egyik mód leírásával. Az oszlop előlapját beállítottam a színkép viola végébe, hol a hőhatás észrevehetetlen volt; innét tovább mozgattam, amint most mozgatom, az egyes színeken át a vörösig; a vöröstől ismét tovább a legnagyobb melegség helyéig s még ezen túl is tovább, míg a láthatatlan színkép melege lassanként el nem enyészett. A következő táblába az ekként véghez vitt mérésekből egy csomót összefoglaltam. Az oszlop mozgása a forgatónyél körülforgásai által méretik, egy-egy körülforgásnak az oszlop előlapjának egy milliméternyi vagyis $^1/_{25}$ hüvelyknyi tovahaladása felelvén meg. A galvanométer tűjének elhajlását eleinte, a midőn a hő gyarapodása csak lassú volt és egyenletes, két-két körülforgás után olvastam le; a vörösön túl, a hol a hő hirtelen gyarapodik, fél-fél körülforgás után, a maximum közelében pedig, mint a legjelentékenyebb változások helyén, egy negyed körülforgás, tehát az oszlopnak $^1/_{100}$ hüvelyknyi eltolódása után. Erre ismét egy, majd két körülforgás következett, míg a melegítő erő észrevehetetlen nem lett. A delejtű elhajlását minden egyes megállapodásnál feljegyeztem. 100-al jelölvén a színképbeli hőhatás maximumát, a többi rész hatását a tábla második függőleges sorában foglalt számok fejezik ki.

A hő megoszlása a villanyfény színképében.

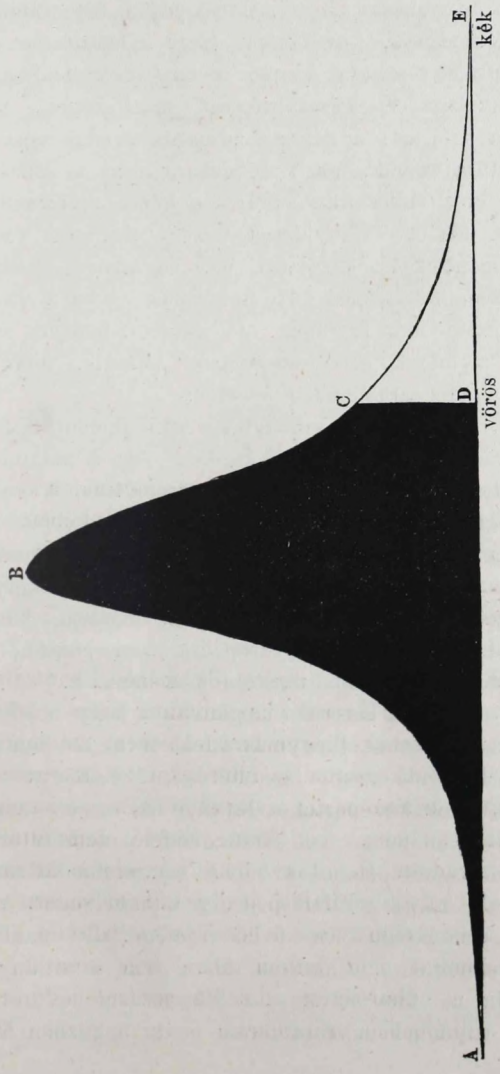
Az oszlop mozgása.	A hőerősség, maximuma százalékaiban.
a megindulás előtt (a kékben)	0
két forgás előre (a zöld kezdete) . .	2
„ „ „	5
„ „ „	8
„ „ „ (a vörös kezdete) . .	21
„ „ „ (a legszélső vörös) .	45

Az oszlop mozgása.	A hőerősség, maximuma százalékaiban.
fél forgás előre	60
„ „ „	74
„ „ „	85
„ „ „	96
„ „ „	99
negyed forgás előre (maximum)	100
„ „ „	97
fél forgás előre	78
„ „ „	62
„ „ „	45
„ „ „	36
két forgás előre	18
„ „ „	9
„ „ „	7
„ „ „	5
„ „ „	3
„ „ „	2
„ „ „	2

571. Ez esetben, amint már mondottuk, a kékben kezdjük s végig megyünk az egész látható szinképen. Ha ezt is elhagyjuk, a »legszélsőbb vörös«-nek nevezett ponton a láthatatlan szinképbe lépünk be s ebben elérjük a hő maximuma helyét; ezentúl a melegítő erő folyton csökken, míg egészen el nem enyészik.

572. Több mint tizenkét ily mérési sorozatot vittem véghez, mindenik sorozat megadván a maga görbe vonalát. A különböző görbéket egymásra fektetvén, azt találtam, hogy nagyon csekély közöttök az eltérés. A 98-ik ábrában rajzolt görbe, többnek középértéke levén, nagyon megközelítőleg előtünteti a hő felosztását 50 Grove-féle elem által létesített villanyfény szinképében. Az *ABCD* térség a láthatatlan sugárzást ábrázolja, a *CDE* pedig a látható sugárzást. Látjuk itt a hőhatás lassankénti növekedését, a szinkép kék végétől egészen a vörösig. E határon túl, e sötét sugarak regiójában a görbe vonal hirtelen és meredeken emelkedik fel — mint valami melegségi Matterhorn — s nagyságával egészen

tönkre silányitja az ábra azon részét, mely a látható sugárzás képét viseli.



98-ik ábra.

573. A napsugarak, mielőtt a földre érkeznek, légkörünkön kénytelenek átmenni, melynek vízgőze a láthatatlan sugarakat hatalmasan elnyeli. Ebből pedig, függetlenül minden más elmélkedéstől, következik, hogy a láthatatlan és a látható sugarak viszonya kisebb a nap sugárzásában, mint a villanyfényében. E következtetést, mint látjuk, csakugyan igazolja a kisérlet; a napnak láthatatlan sugárzása ugyanis, a 97-ik ábra szerint, vagy kétakkora mint a látható, holott a villanyfény láthatatlan sugárzása közel nyolczakkora mint a látható. Ha a villanylámpa fényét elegendő vastag vízrétegen menesztjük keresztül, úgy sugárzását a napéval jóformán hasonló feltételek közé helyezzük; s ha a villanyfényt akkor, midőn már igy meg van szitálva, bontjuk szét, színképében a hőnek oly szétoszlását találjuk, mely nagyon hasonlít a nap színképében lévőhöz.

574. A hőnek a villanyfény színképében észlelt eloszlását ábrázoló görbe, meredekebben esik a maximum azon oldalán, mely a vöröstől távolabb van. Különben mind a két oldalon szakadatlan esést veszünk észre. Sok kisérletet tettem, hogy megvizsgáljam, nincs-e valami megszakadás a hőspektrum folytonosságában; de minden mérés, melyet eddig mesterséges hőforrásokkal tettem, azt mutatja, hogy a hő lassanként és folytonosan gyarapodik azon ponttól, melyben épen észrevehetővé válik egészen maximumáig.

575. Sir John Herschel megmutatta, hogy e folytonosság nincs meg a napnak flint-üveg hasáb által szétbontott sugarainál. Alkohollal megnedvesitett papirosszalagra vetvén a színképet, e kitűnő buvár a színkép hő-erejét szárító erejéből határozta meg. Azt találta, hogy a nedves felület foltonként száradott. E foltok hőbeli maximumokat ábrázoltak, a közöttök fekvő területek pedig oly helyeket, melyeken aránylag csekélyebb volt a hő erőssége. Ily maximumokat és minimumokat nem vettem észre sem a villanyfénynek, sem pedig a villanyáram által fehérizzásig hevített platinahuzalnak színképében. Használtam pedig e közben hasábokat

és lencséket kősóból, koronaüvegből és flintüvegből. Más kisérleteknél víz és más folyadékok különböző vastagságú rétegein menesztettem keresztül a szétbontandó sugarat; különböző gázokat és gőzöket is állítottam a sugár útjába. A hőhatás mindig csökkent, de a görbének esése folytonos volt a maximumnak mind a két oldalán.*

576. A sötét hőforrás sugarai, erősségök tekintetében soha sem vetekedhetnek, mint már említve volt, a világító hőforrás sötét sugaraival. Az a test, mely nincs egészen a fehérizzásig hevítve, soha sem indíthat oly erősségű sugarakat, melyeket a villanyfény színképének maximuma táján lévők erősségével össze lehetne hasonlítani. Ha tehát láthatatlan sötét sugarakkal erős hőhatásokat akarunk előidézni, olyanokat kell választanunk, melyeket fényesen világító hőforrás áraszt ki. Ekkor pedig az a kérdés merül fel, hogyan lehetséges a láthatatlan hősugarakat a láthatóktól elkülöníteni?

577. Csak valamely átlátszatlan ernyőt kell a villanyfény színképének látható része elé állítani, s a láthatatlan sugarak mindjárt meg lesznek külön, melyekkel aztán kényünk kedvünk szerint dolgozhatunk. Igy járt el Sir William Herschel, a midőn azon volt, hogy a napnak láthatatlan sugarait, lencsével eszközölt tömörítés által, láthatókká tegye. De, midőn oly színképet kívánunk létesíteni, melyben a láthatatlan sugarak tökéletesen külön legyenek választva a láthatóktól, keskeny rést vagy kis nyilást kell alkalmaznunk; s ennek következtében nagyon csekély az a hőmennyiség, melyet prizmai elemzéssel elkülönithetünk. Ha tehát erősen tömörített, láthatatlan sugarak hatását kívánjuk vizsgálni, valami más módot kell kigondolnunk, hogy e sugarakat látható kisérőiktől elkülönithessük. Oly anyagot kell felfedeznünk, mely képes megszitálni a világító hőforrás összetett sugárzását, vissza-

* Reménylem, hogy e kérdést később majd szigorúabb vizsgálatnak fogom alávethetni.

tartván a láthatókat s csak a láthatatlanoknak engedvén szabad átmenetet.

578. E vizsgálatok fő czélja volt, a mint már említettem, a sugárzó hőt a tömecsbeli alkat kémszeréül alkalmazni, s az a világos különbség, melyet az elemi és az összetett testek között a kisérlet elárul, nézetem szerint, oly pont, mely gyümölcsöző lesz fontos következményekben. A mint e különbség a gázoknál határozottan mutatkozott, folyadékokat vettem vizsgálat alá s azoknak a hatása, melyeket megvizsgálhattam, feltünő módon egyezett a légnemü testek előbb megfigyelt magaviseletével. Ha tehát egy tökéletesen egynemü, fénytani tekintetben egészen folytonos, fekete elemet kaphatnánk, e testben valószinüleg megtalálnók a nap vagy a villanyfény sugárzásának keresett szürőjét. Mialatt a látható sugárzást elmetszené, a fekete elem valószinüleg áteresztené a láthatatlan sugárzást.

579. Korom alakjában a szén fekete, de részei fénytani tekintetben épenséggel nem folytonosak. A fekete üvegnek sokkal tökéletesebb a folytonossága, s innét van, hogy Melloni kisérletei szerint, tekintélyes mértékben átbocsátja a hősugarakat. Arany a rubinüvegben, vagy a Faraday által előállított kocsonyás állapotban szerfelett átlátszó a hősugarakra, de nem eléggé fekete, hogy teljesen letartóztassa a látható sugarakat. A sötétbarna, folyékony bróm sokkal alkalmasabb a mi czélunkra, mert oly vastag rétegekben is, melyek a legvilágitóbb lángok fényét sem eresztik át, jelentékeny hőátbocsáthatóságot tanúsit. Jódot, folyékony állapotban, egymagában nem alkalmazhatunk; de vannak folyadékok, melyekben könnyen oldódik s némelyikkel oly oldatot képez, melynek mélysötét szine van. Igy azonban megtörténhetnék, hogy az egyszerű test hatását elfödné az oldószer. Jód, például, alkoholban könnyen oldódik; de az alkohol oly tökéletesen letartóztatja a vörösön túli sugarakat, hogy ez az oldat egészen használhatatlan volna azokra a kisérletekre, melyeknél a sötét sugarakat épen kell hagyni és csupán a láthatókat kell szét-

rombolni. E megjegyzés a jódnak sok más oldószerére is alkalmazható, kisebb nagyobb mértékben.

580. A szénkénegnek, mint folyadéknak és mint gőznek, magaviselete azt gyanittatja, hogy ez alkalmas oldószer lehetne. A melegséget szerfelett átbocsátja, és bajosan van más anyag, mely annyi jódot lenne képes feloldani. A föntebb (506. §.) említett kisérletek szerint: 0,02 hüvelyk vastag rétegén 94,5 százalék megy át a vörösizzó platinatekercs sugaraiból; 0,07 és 0,27 hüvelyk vastag rétegén pedig 87,5 illetőleg 82,5 százalék. A következő kisérlet, melyet nagyobb vastagságú szénkénegréteggel fogunk tenni, megmutatandja az átlátszó szénkéneg magaviseletét a villanyfény sokkal erősebb sugárzása irányában.

581. E két hüvelyk hosszú, 2,8 hüvelyk átmérőjű hengeres edény, tökéletesen átlátszó kősólemezekkel van bezárva mind a két végén. Ez az edény először üresen tétetett a villanylámpa elé; a lámpa sugárzása, átmenvén az edényen, reávetődött a hővillanyoszlopra, s az elhajlás, melyet eléidézett

$$73^0$$

fok volt.

Az edényt meghagyván a maga előbbi helyzetében s az átlátszó szénkéneget beeresztvén, a delejtű

$$72^0$$

fokra billent.

A kisérlet ismétlése a következő eredményeket adta:

	Elhajlás.
Üres edényen át	74^0
Szénkénegen át	73

Meghatározván ez elhajlások értékét a galvanométeri fokok föntebbi táblájából, kitűnik, hogy az üres edényét 100-nak vévén, az átbocsátás:

	Átbocsátás.
Az első kisérletből	94·9 százalék
A második kisérletből . . .	94·6 „
Közepe	94·8 „

vagyis a szénkéneg közbetétele az átbocsátást 100-ról csak 94·8-ra szállitja alá.*

582. A jódnak tökéletes oldószere teljesen semleges lenne az egész sugárzás iránt; az elébbi kisérletek mutatják, hogy a szénkéneg csakugyan közel áll a tökéletességhez. Oly testet találtunk benne, mely a villanyfény teljes sugárzását kevés hiján át képes bocsátani. Most feladatunk az lesz, hogy az összes sugárzást megszűrjük, oly anyagot oldván fel a szénkénegben, mely képes a látható sugarakat szétrombolni, a láthatatlanokat pedig átbocsátani. Hogy ezt a jód bámulatos pontossággal viszi véghez, azonnal meg fogom mutatni.

583. Egy kősóedényt, megtöltvén átlátszó szénkéneggel, a kamara elé állitottam, melyben a fehérizzó platinatekercs függött; s megfigyeltem az elhajlást. Azután lecsapoltam az átlátszó folyadékot, jódoldatot töltöttem helyébe, s ismét megfigyeltem az elhajlást.

Következő eredményeket nyertem:

A fehérizzó platina sugárzása.

Az átlátszó folyadékon át.	Az átlátszatlan oldaton át.
73·9°	73·8°
73·0	72·9

584. Az átlátszó szénkénegen átment valamennyi világító sugár közül a jódoldaton egy sem ment át; s ime, mily csekély mégis a hatás, melyet mellőztetésük eléidézett. A tényleges arány, melyben a világító sugarak a nemvilágitókhoz állanak, a fennebbi megfigyelésekből kiszámitva, következőképen fejezhető ki:

A villanyáram által fehérizzóvá tett platinahuzal sugárzása 24 egyenlő részre osztatván: e részek közül 1 világító, 23 pedig sötét.

* Az edény oldalain végbemenő visszaverődésnek a szénkénegtől származott csökkenése nem vétetett tekintetbe.

585. Élénk gázlángot tettem a platinatekercs helyébe; s alsó és felső végét befödtem úgy, hogy csak azon sugarak kerültek ki, melyeket a lángnak legvilágitóbb része indított. Az e forrással tett negyven kisérletből kitünt, hogy:

a széngázláng legragyogóbb részének sugárzása 25 egyenlő részre osztatván: e részek közül 1 világító, 24 pedig sötét.

586. Ezután megvizsgáltam a villanyfénybeli sötét és világító sugarak viszonyát. 50 elemből álló telepet használtam e czélra; a széncsúcsok sugarait kősólencse tette egyközüekké s hogy alkalmatlanul nagy elhajlást ne idézzenek elé, 0,1 hüvelyk átmérőjü kerek nyiláson kellett elébb átmenniök, s azután felváltva az átlátszó szénkénegbe és a sötét jódoldatba kerültek. Tökéletesen állandó villanyfényt létesiteni nem könnyü dolog; de három, nagy óvatossággal tett kisérlet a következő elhajlásokat adta:

A villanyfény kisugárzása.

	Átlátszó szénkénegen át.	Sötét jódoldaton át.
Első kisérlet	72,0°	70,0°
Második kisérlet . . .	76,5°	75,0°
Harmadik kisérlet . .	77,5°	76,5°

Kiszámitván e mérések alapján a világító hő viszonyát a sötéthez, következőképen fejezhetjük ki az eredményt:

Az 50 elemü Grove-telep eléidézte villanyfény sugárzását 10 egyenlő részre osztván: e részek közül 1 világító, 9 pedig sötét.

Azon eredményeket, melyeket a jódon átsugárzó különféle forrásokkal eddig nyertünk, táblázzuk egybe.

Sugárzás jódoldaton át:

Hőforrás.	Az elnyelt hő	az átment hő.
sötét tekercs	0	100
100 C. fokú lámpakorom	0	100
vörösizzó tekercs	0	100
hydrogénláng	0	100
olajláng	3	97
gázláng	4	96
fehérizzó platinatekercs	4,6	95,4
villanyfény	10	90

587. Ötven-elemes teleppel később tett kisérletek az elnyelt hőmennyiséget 11 százalékra adták, az átbocsátottat pedig 89 százalékra. Feltéve, hogy a fentebbi tábla a jód hőátbocsátó képességét valamennyi, tökéletesen fehérizzó forrásból eredő hőre vonatkozólag megadja, úgy a 11 százaléknyi hőnyelés, maguknak a világító sugaraknak hőbeli erejét fejezi ki. A szűrés módszerét alkalmazván, azt találjuk tehát, hogy a villanyfénynek láthatatlan sugárzása nyolczakkora mint a látható; ha pedig kiszámítjuk, hogy mekkora a 98-ik ábrában az *ABCD*-nek és a *CDE*-nek a területe, kitűnik, hogy az első, mint a sötét kisugárzás ábrázolója, 7,7 akkora mint az utóbbi. A hasábbal való elemzés és a szűrés módszere majd tökéletesen ugyanazt az eredményt adja.

588. A kisérletek leirásából kitűnik, hogy az imént közlött eredmények a szénkénegben feloldott jódra vonatkoznak. Igy például a 100-al jelölt átbocsátás nem azt mutatja, hogy maga az oldat, hanem azt, hogy az oldatban lévő jód bocsátja át tökéletesen az első négy hőforrás sugárzását.

589. Miután a jódoldatban a sötét és a világító hősugaraknak jóformán tökéletes elválasztójára tettünk szert, most már kényünk-kedvünk szerint dolgozhatunk a sötét hősugarakkal. A kamrába beállítok egy kősólencsét úgy, hogy a széncsúcsoknak kis képe létesüljön. Minthogy 40 elemből álló telep működik, a lámpából kiáramló fénykép nyomai

világosan láthatók a levegőben, s könnyen megjegyezhető a pont, melyben a sugarak összevergődnek. E lámpa elé állítván most a sötét oldattal telt edényt, az oldat a világító kúpot tökéletesen elvágja; de a tűrhetetlen forróság, melyet a gyujtópontba tett kéz érez, mutatja, hogy a hevitő sugarak mindamellett áthatoltak. A sötét gyujtópontba vékony ón- és bádoglemezkéket állítván, csakhamar megolvadnak; a gyufa meggyulad; a lőgyapot felrobban s a barna papiros megpörkölődik. Hatvan-elemes Grove-teleppel mindezen eredményeket könnyen el lehet érni, még akkor is, ha a Dubosq-féle villanylámpa közönséges üveglencséit használjuk. Rendkívül érdekes szemlélni, mily hirtelen átfúrják a láthatatlan sugarak a tökéletesen sötét szoba levegőjében függő fekete papirdarabot, s mint terjed az égő gyürű a meggyujtott középpontból minden irányban.

590. 1864. november 15-kén nehány kisérletet tettem a nap fényével is. Az ég nem volt ment a felhőktől, sem pedig a londoni levegő a füsttől, úgy, hogy a legkedvezőbb esetben is csak egy részét lehetett elérni annak a hatásnak, melyet tiszta nap adott volna. Szerencsémre már akkor meg volt ez az üres üveglencsém, melyet megtöltöttem tömöritett jódoldattal s beállítottam a nap sugarainak útjába. Gyönge vörös gyürű nyomódott le a lencse mögé tartott fehér papirosra s kis vörös ponttá huzódott össze, a mint a papiros a lencse gyujtópontjába tétetett. Azonnal kitűnt, hogy e gyürűt a folyadék-lencsének vékony szélein áthatolt fény idézte elé. Betapasztván e széleket fekete papirosszalaggal, a gyürű tökéletesen eltünt s nyomát sem lehetett látni a lencsén áthatoló fénynek. Bármily csekély fény a gyujtópontban 900-szor erősebben tűnt volna elé; mindamellett nem lehetett benne legkisebb fényt sem észrevenni.

591. Nem úgy állott a dolog a nap sötét sugaraival; a gyujtópont égető meleg volt. Darab fekete papiros a gyujtópontba tartva, azonnal átfúródott és lángba borult; s ha a

papirost ide-oda mozgattam, lyuk lyuk után keletkezett rajta, gyorsan egymásután. A lőpor is felrobbant.

592. Tudván, hogy a láthatatlan sugarak a papirost meggyujtják s a könnyen olvadó fémeket megolvasztják, igen közel s mintegy az útban feküdt a gondolat, megpróbálni, vajjon e sugarakkal nem lehetne-e a nehezen olvadó fémeket fehérizzásba hozni. És itt a buvárkodásra még az a tény is ösztönzött, hogy több kitünő férfiú, elméleti okoknál fogva, kétkedett abban, vajjon fehérizzást el lehet-e érni láthatatlan sugarakkal. Rövid gondolkozás után be fogják látni, hogy a kisérlet sikere a hőhullámok *rezgésszakainak megváltoztatását* követeli. Ha ugyanis oly hullámoknak, melyek lassabban ismétlődnek, semhogy a látás érzékét ingerelhetnék, valamely olvasztható testet, égés közbenjárása nélkül, világitóvá kell tenniök, ez csak úgy történhetik, ha e test tömecsei gyorsabb rezgésre kényszeritteinek, mint a mily rezgésüek maguk a hullámok, melyek ama testet találják. Vajjon lehetséges-e a rezgésszakoknak ezen megváltoztatása, ezt sokáig kétesnek tartották.

593. Egy pár előzetes kisérlet vékony platinalevéllel tagadó eredményt adván, az a kérdés támadt, vajjon a villanylámpa *összes sugárzásával* — a világító és sötét összegével — is lehetséges-e fehérizzást, égés nélkül, eléidézni? A lencsék használatát egészen mellőzve, a vékony platinalemezt egyenesen a széncsúcsok közelébe állitottam. Hátul állva, vártam a bekövetkezendő hatást; segédem pedig a lámpa mellett állott és szemei elé sötét üveget tartva a platinalevél és a villanyfény közötti távolságot változtatta. Midőn a platina $^1/_2$ hüvelyknyire közeledett a széncsúcsokhoz, észre vettem, hogy vörös izzóvá lett. Csak azon kellett tehát lennem, hogy nagyobb távolságban létesitsek gyujtópontot, oly hevitő erejűt, minő a közvetlen sugaraké $^1/_2$ hüvelyknyi távolságban.

594. Megkisérlettem, a mennyire lehetett, elébb a közvetetlen sugarakat használni. Darab platinalevelet egy hüvelyk-

nyire állítottam fel a széncsúcsoktól, úgy hogy ezeknek közvetlen sugarai estek reá. A hátrafelé lövelt sugarakat e kis tükör gyűjtötte és vetette a platinalevélre; úgy találtam, hogy ezek bőven pótolták a hőhatásnak azon csökkenését, melyet a távolságnak ½ hüvelykről 1 hüvelykre való növelése okozott. E módon később a széncsúcsoktól 2 sőt 3 hüvelyknyi távolságban is lehetséges volt fehérizzóvá tenni a platinalevelet.

595. Igy már aztán a gyujtópont és a hőforrás közé közbe lehetett a jódoldattal telt edényt állítanom. Az átbocsátott sötét sugarak még képesek voltak papirost gyujtani és a platinalevelet fehérizzásig heviteni.

596. E kisérletek különben veszélylyel járnak. A szénkéneg rendkivül gyulékony; midőn 1864. november 2-án igen hatalmas teleppel és erősen hevitett széncsúcsokkal tettem kisérleteket, a szénkéneg meggyúlt s a villanylámpát minden hozzá tartozandóival együtt lángba boritotta. Szerencsére éltünk azon elővigyázattal, hogy az egész készüléket vizzel telt lapos edénybe helyeztük, s igy a lángoló tömeget egyszerre víz alá fordithattuk. A szénkéneg nagyobb fajsúlyánál fogva a fenékre sülyedt, úgy hogy a láng csakhamar eloltódott. Hasonló baleset később még kétszer ismétlődött.

597. E balesetek arra birtak, hogy komolyan utána lássak a szénkéneget valami más oldó szerrel helyettesiteni. A tiszta chloroform ugyan nem oly jó hőátbocsátó, mint a szénkéneg, mind a mellett elég bőven bocsátja át a láthatatlan sugarakat s bőségesen fel is oldja a jódot. Oldata azonban oly vastag rétegekben, a milyenekben azt alkalmazhattam, nem volt eléggé sötét, s hőnyelő ereje gyöngitette a hatást. Ugyanez áll a jódaethyl, jódmethyl, benzin, eczet-aether és egyéb anyagokról is. Mindenik feloldja a jódot, de mert hatással vannak a sötét sugarakra, a sikert csökkentik.

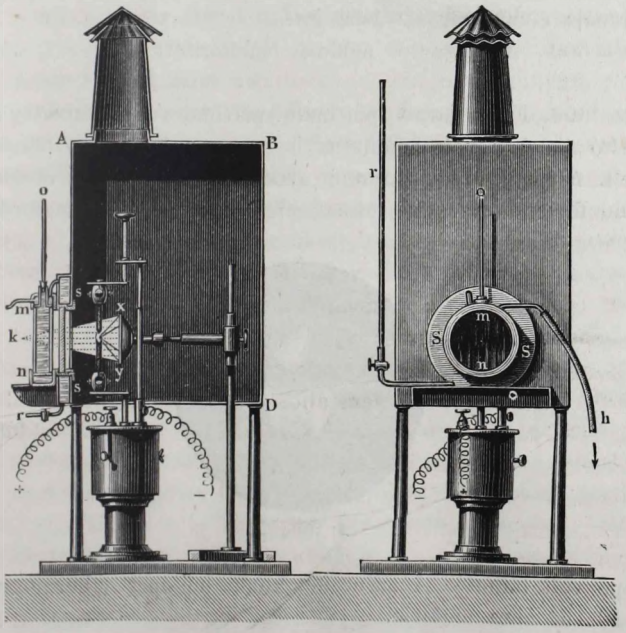
598. Azután külön czellákat szerkesztettem chlór- és brómkénegre. Ezek ugyan nem gyulékonyak; de már azért

sem igen használhatók, mert rendkívül marók s gőzük azonfelül ingerli a szemet és a tüdőt. Mind a mellett hatalmas eredményeket kaptam mind a kettővel, ámbár hőátbocsátóságuk nem vetekedhetik a jódoldatéval. A szénchlorid megbecsülhetetlen volna, ha oldó ereje a szénkénegével mérkőzhetnék. Nem gyulékony, s hőátbocsátósága, úgy látszik, fölér a szénkénegével; azonban a kevés jód, mit feloldani képes, nem elégséges, hogy az oldat mértékletes vastagságban teljesen átlátszatlan legyen. Oldata pompás biborszínű; s noha szigorúan döntő kisérletekre a sötét sugarak körül nem alkalmas, eléadási kisérleteknél e szűrő mégis kitünő szolgálatokat tehet.

599. Sikertelenek lévén törekvéseim, hogy a szénkénéghez hasonló, de kevésbbé veszélyes oldószert találjak, iparkodtam a használatával járó veszélyt, a mennyire lehet, csökkenteni. Egy ónkamarát készittettem s belé állitottam a lámpát és a tükröt. A visszavert sugárkúp a kamara előrészén $2^3/_4$ hüvelyk tágas nyiláson ment keresztül; a gyujtópont a kamarán kivül esett. E nyilás alatt egy asztalka volt oda szögezve a kamarához; s ezen asztalkán állott a jódoldat edénye, úgy, hogy a nyilást befödte s minden világitó sugarat elvágott. A jódoldat edénye és a széncsúcsok között eleinte semmi sem állott; de a szénkéneg védetlenségéből származható veszély a következő javitást gondoltatta ki velem. A nyilás bezárására, foglalóba állitott, tökéletesen átlátszó kősólemezt használtam, s ezzel elvágtam a közvetetlen közlekedést, mely eddig a fehérizzó széncsúcsok és a jódoldat között létezett. Magát a nyilást egy gyürüalakú, $2^1/_2$ hüvelyk tágas, $^1/_4$ hüvelyk mély, térséggel fogtam körül, melyben hideg viz folyt szakadatlanul. A jódoldattal telt edényre is adtam köpönyeget, s a vizáram elvégezvén keringését a nyilás körül, az edény körül járt végig. Ekként hűsen tarthattam a készüléket. A jódoldattal telt edény nyakába tökéletesen bele illő dugó volt dugva, melyen oly hosszú üvegcső ment keresztül, hogy a vége jóval maga-

sabban állott a sugarak gyujtópontjánál, midőn a jódoldat az ő asztalkájára volt téve. Ily módon meg lehetett tenni a gyujtópontba helyezett testek égésére vonatkozó kisérleteket s nem kellett attól tartani, hogy a szénkéneg gőze meggyúladjon, annyival kevésbbé, mivel e javított berendezés mellett a gőz a szénkénegből könnyen elillanhatott.

600. Egyszerre áttekinthető a berendezés a 99. és 100. ábrákból, melyek a kamarát, a lámpát és a szűrőt elülről és oldalról tüntetik elé. *xy* a tükör, melytől a visszavert sugár-



99. és 100-ik ábra.

kúp kiindul s a kősóablakon, azután pedig az *mn* jódszűrőn átmegy. A sugarak *k* gyujtópontban kerülnek össze; ebben képződnek az alsó szénecsúcs láthatatlan képe, a felső szén-

csúcsé a gyujtópont alatt keletkeznék. Mind a két kép élénken előtünik, ha platinált platinalevelet teszünk a gyujtópontba. *ss*-nél (99. és 100-ik) átmetszetben és alaprajzban látható a gyürüalakú térség, melyben a hideg viz kering; *r* cső vezeti belé a hideg vizet, *h* pedig kivezeti a megmelegitetett.

601. E berendezéssel és 50 elemes teleppel következő eredményeket kaptam:

huzalgyürübe szorított ezüst-levél, melyet kénammonium gőzök megfeketitettek, a sötét gyujtópontba tartatván, hártyája élénk vörösizzásba jött.

602. A hasonló módon befeketitett rézlevél vörösizzó lett.

603. Egy darab platinált platinalevél kiszivattyúzott borító alá úgy volt beállitva, hogy a gyujtópont a platinára esett. A hő azonnal fénynyé alakult át benne, s a megtüzesedő fémen a széncsúcsoknak élesen határolt és megfordított

101-ik ábra.

képe volt látható. A széncsúcsoknak hőképét (thermograph) a 101-ik ábra mutatja.

604. Most feketitett papiros helyettesitette a platinát a kiszivattyúzott borítóban. A láthatatlan sugarak gyujtópontjába tétetvén, a papiros azonnal átfúródott s a nyilásból füstfelleg ömlött ki és mint valami zuhatag hullott le a borító fenekére. A papir égni látszott, izzás nélkül. A széncsúcsok

hőképe itt is lerajzolódott. Ha fekete papiros tétetik a gyujtópontba, hol a kép élesen van határolva, úgy az mindig két helyen fúródik át, megfelelőleg a két széncsúcs képének. A tevőleges széncsúcs nagyobb heve elárulja magát az által, hogy ennek a képe előbb fúródik a papirosba, és sajátságos kráterszerű hegybe végződik, holott a nemleges széncsúcs rendesen csak egy kis lyukat fúr.

605. A jódhiganynyal vörösre festett papiros szinét veszti azokon a helyeken, hol a széncsúcsok láthatatlan képe éri, noha nem a várható szabatossággal.

606. Megszenesedett papirosdarabok a gyujtópontba tartva ragyogó fehérizzók lettek, úgy a levegőben, mint a légszivattyú boritója alatt.

607. Ezen első kisérleteknél más czélokra szerkesztett készüléket használtam. A tükör, például, a Duboscq-féle lámpából vétetett ki s előbb hátulról volt ezüstözve s csak azután előlről. A jódoldatos edény szintén az volt, melyet Duboscq az ő lámpájával szokott adni a timsóoldat számára. Oldalai jó, fehér üvegből valók; s két-két oldala között 1,2 hüvelyk a távolság.

608. Egy az elméletre nézve nagyon fontos pont füződik e kisérletekhez. Stokes tanár, a fluorizálásra vonatkozó kitünő vizsgálatainál azt találta, hogy a bevetődő fénynek mindig csökken a törelme. E szabály oly állandó volt, hogy majdnem természeti törvény gyanánt kelle elfogadni. De ha azok a sugarak, melyek az előbbi kisérleteknél platinát, aranyat, ezüstöt a vörösizzásig hevitettek, tisztára vörösöntúliak voltak, úgy ama fémhártyáknak láthatóvá tétele fokozott törelemről tanúskodik.

Bizonyossá kivántam tehát magamat tenni a felől, hogy a látható sugaraknak még nyoma sem ment át az oldaton, s hogy a láthatatlan sugarak kizárólag vörösöntúliak voltak.

609. Talán fölöslegesnek látszhatik az utóbbi feltételekhez ragaszkodni; mert hiszen a violán túli sugaraknak hőbeli adatása oly csekély, hogy melegitő erejök teljesen el-

enyésző mennyiség lenne, ha el is érnék a platinát. A kérdés tökéletes megoldására azonban szükséges volt, hogy valamennyi nagyobb törelmű sugár ki legyen zárva. A fennebbi kisérleteknél használt jódoldat ugyan tökéletesen lefogta a delelő nap világát, mégis szigorúbb vizsgálatnak vetettem alá az oldat átlátszatlanságát. E végből tétettek a következő kisérletek.

610. Miután a villanylámpa sugarai a tükör által kellően össze voltak gyüjtve, a sugárkúp útjába beállítottam a jódoldattal telt edényt. Minden arra mutatott, hogy a sugárkúp fénye tökéletesen el volt vágva. Darab platinalevéllel felkeresvén és megjelölvén a gyujtópontot, e pont és a jódoldat edénye közé timsóoldattal telt edényt állítottam. A timsóoldat jelentékenyen gyöngitette a láthatatlan sugárzást, a látható sugarakra ellenben nem volt valami észrevehető befolyással.

611. Gondosan betömvén a lámpát körülfogó kamrának valamennyi rését és teljesen kizárván a szobából a napvilágot is, szememet lassan előre vittem a gyujtópont felé. Ide érkezvén, sajátságos tüneményt szemléltem. A lámpának izzó széncsúcsai fekete színben jelentek meg sötétvörös hátteren. Ha a széncsúcsok mozogtak, fekete képeik is hasonló módon mozogtak s ha a csúcsok egészen az érintkezésig közeledtek, fehér tér jelent meg két végök között, s úgy látszott, hogy a csúcsokat elválasztja egymástól. A csúcsok egyenes állásban jelentek meg s gondos megfigyelés mellett egészen tartójukig voltak követhetők. A pontok izzó részének feketesége csak látszólagos volt; azért látszottak sötéteknek, mivel többet fogtak fel abból a fényből, mely a mögöttük levő tükörtől visszaverődött, mint a mennyit saját közvetetlen sugárzásuk által jóvá tehettek volna.

612. A jódoldatnak 1·2 hüvelyk vastag rétege nem állván ki tökéletesen a vele tett próbát, más két edényt szerkesztettem — az egyiket átlátszó kősó oldalakkal, a másikat üvegoldalakkal. Az elsőnek 2 hüvelyk, a második-

nak közel $2^1/_2$ hüvelyk volt a szélessége. Megtöltetvén jódoldattal, ezen edények egymásután oda tétettek a kamra elejére, s a tömörített sugárnyaláb átküldetett rajtok. Meghatározván a gyujtópontot úgy, mint elébb, s közbeállitván ismét a timsóoldatot, a gyujtópontba tett szem legcsekélyebb fényhatást sem vett észre.

612. *a.* Eltávolitottam a timsóoldatot s védetlen szemmel közeledtem a gyujtóponthoz. A forróság tűrhetetlen volt, de inkább a szempillákra látszott hatni, mint magára a szemre. Ez után fémernyőt állítottam közbe, melyen a szemfénynél valamivel nagyobb nyilás volt, s azután szememet az ernyő mögött lassan és óvatosan közelitettem a gyujtópontban levő kis nyiláshoz. Az egész tömörített sugárkúp a szembe hatolt, azonban legcsekélyebb fényérzet sem jött létre, s a hő sem hatott érezhetően a reczehártyára. Elvevén szememet, platinált platinalemezt tettem a reczehártya által az imént elfoglalt helyre. Azonnal élénk vörösizzásba jött.* Fluorizálásnak még csak nyomát sem sikerült találni a sötét gyúpontban, még a legérzékenyebb eszközökkel sem. Bizonysága ez annak, hogy a láthatatlan sugarak kizárólag vörösöntúliak voltak. Később megmutatjuk, hogy e sugaraknak nem csekély mennyisége valóban elérte a reczehártyát.

613. Ha igen erélyes hatásokat akarunk elérni, úgy lehetőleg sok láthatatlan sugarat kell összegyűjteni s azokat, a mennyire lehet, kis téren összetömöríteni. Mennél közelebb van a tükör a fényforráshoz, annál több sugarat foghat föl és verhet vissza; s mennél közelebb van a gyujtópont a fényforráshoz, annál kisebb maga a kép. Mind a két feltételnek eleget teendők, rövid gyujtótávolságú tükröt kell választanunk. Ha oly tükröt alkalmazunk, melynek nagy a gyujtótávolsága, úgy a gyujtópont csak akkor esnék közel a forráshoz, mikor maga a tükör messze állana a forrástól; de ha csakugyan ily messze állitanók fel a tükröt, úgy sok sugár elsurranna mellette. Ha

* E kisérletek ismétlését nem ajánlom.

másrészt nagyon mély a tükör, úgy beáll a gömbokozta eltérés; nagy sokaságú sugarat lehetne ugyan igy összeterelni, de összegyülemlésök a gyujtópontban tökéletlen lenne. A legjobb tüköralakot meghatározandó, három különböző tükröt szerkesztettem: az elsőnek 4·1 hüvelyk volt az átmérője és 1·4 hüvelyk a gyujtótávolsága; a második átmérője 7·9 hüvelyk, gyujtótávolsága 3 hüvelyk; a harmadiknál pedig az átmérő 9 hüvelyk s a gyujtótávolság 6 hüvelyk. Az üvegnek hiányos hülése több izben okozott repedéseket, végre mégis szerencsés voltam a három hibátlan tükörhöz hozzájutni. Azt találtam, hogy a gyujtópont és a sugárzás forrása között mintegy 5 hüvelyk a legalkalmasabb távolság; a tükör helyzete ehhez képest levén választandó. E távolság mellett elég széles jódoldatos edényt lehet közbe állitani, s a hő a gyujtópontban szerfelett hatalmas.

614. E javitott készülékkel most már fussunk át a láthatatlan hősugarak körébe vágó fökisérleteken. E sürü füstfellegek, melyek a sötét gyujtópontba tartott, befeketitett fadarabról fölemelkednek, nagyon meglepők; a gyufa azonnal meggyulad, a lőpor rögtön felrobban a gyujtópontban. Ez a száraz, fekete papiros oda tartatván, lángra lobban. Ezek a kis faforgácsok is lángra kapnak. Ez a darab barna papiros kissé kivül tétetvén a gyujtó ponton, először nagy területen izzóvá lesz, azután átlyukad s az elégés gyürüzve terjed tovább a gyuladás középpontjától. Faszén hamuvá lesz a gyujtópontban; e megszenesedett papirosdarabok rendkivül élénken felizzanak. Ha feketitett zinklevél tétetik a gyujtópontba, lángra kap s, lassan körüljártatva a levelet, folyvást ég, mig csak egészen el nem enyészik. E magnéziumhuzal végén meglapitva és befeketitve, szintén meggyulad a gyujtópontban. Magától értetődik, hogy a szivar e pontba tartva, meggyúl. Üvegboritó alá is helyezhetjük e kisérleteknél a testeket; meggyujtják ezeket az összetömöritett hősugarak, ha előbb az üvegen kellett is átmenniök. Ebben az üvegpalaczkban, például, oxygén van, és egy alkalmas tartóról

fakéreg szene csüng bele. Ha a sötét sugarak ide tömörödnek, a szén rögtön szikrazáport lövel ki.

615. Mindeddig a láthatatlan hősugarak hatásának alávetett testek többé kevésbé gyulékonyak voltak. Előbb megmelegíttetett és oda dobatott aztán a rárohanó oxygén martalékául. Ragyogása részben az elégés okozta hevítéstől származott s következésképp nem szolgálhat döntő bizonyságul arra nézve, hogy csakugyan fokozódott a bevetődő sugarak törelme. Megszerezhetjük azonban ezt úgy, hogy oly testeket tartunk a gyujtópontba, melyek el nem égnek, vagy ha az éleghetőket oly térbe zárjuk, melyben nincs oxygén. Platinált platinalevél többször hevíttetett a fehérizzásig, levegőben is, ürben is. Ugyanezt az eredményt értem el szén- és koksz lemezzel is, melyek ürben függöttek. Már pedig azok a sugarak, melyekből eredetileg e fény származott, nem voltak keveredve sem látható, sem pedig violán túli sugarakkal; kizárólag vörösöntúliak voltak. A platina, réz, ezüst, a szén atómjai fénysugarakká alakították át e hősugarakat. Egy bizonyos rezgésgyorsasággal esnek a platinára, s nagyobb rezgésgyorsasággal hagyják azt el, s igy a láthatatlan sugarak láthatókká váltak.

616. A fehérizzó platina, szénkéneg hasában át nézve rá, élénk és teljes szinképet mutatott. A vöröstől egészen a violáig minden szin élénken ragyogott.

617. A hősugaraknak magasabbb törelmü sugarakká való ilyetén átalakításának megjelölésére a „kalorizálás“ kifejezést ajánlanám. Jól illik a Stokes tanár által forgalomba hozott »fluorizálás« szóhoz, s kifejezi egyúttal az illető tüneményeknél végbemenő folyamatot. »A sugarak átalakulása« kifejezés, melyet Challis* tanár hozott használatba, ráillik úgy az egyik, mint a másik tünemény-csoportra.**

* Philos. Magazine 1865, vol. XXIX. pag. 336.

** Lásd a mű végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

618. Megkisértettem a platinát megolvasztani a villanyfénybeli láthatatlan sugarakkal, de mindeddig siker nélkül. Több kisérletben egy nagyobbfajta Foucault-féle lámpát alkalmaztam 100 elemes teleppel. Más kisérleteknél pedig két telepet használtam, az egyiket 100 elemmel, a másikat 70 elemmel, két lámpát, két tükröt és két szűrőt. A két lámpa hevét ellenkező oldalról ugyanabba az egy pontba tereltem össze. Ha a platinalevél a közös gyujtópontba tétetett, az összehajló nyalábok ellentétes két lapján érték s vakitó izzó lett. Meg vagyok győződve, hogy a fémet meg lehetne igy olvasztani, ha a platinakorom megmaradna felszinén. A borzasztó hőség azonban rögtön eltünteti ezt, s igy aztán a fém visszaverő ereje is szerephez jutván, a hőnyelés annyira csökken, hogy a megömlés nem mehet végbe. Ha lámpakorom födte a platinát, akkor a fém majdnem megolvadt. A kezdődő lágyulás látható volt a meghült lemezen; de itt is mint a platinált platinánál, nagyon gyorsan eltünik a hőnyelő anyag. Réz és aluminium pedig, ha igy bánunk velök, csakhamar elégnek.

619. Azt, hogy a sugárvivő éter és a levegő egymástól el vannak szigetelve, meglepő világosan bizonyitják a fennebbi kisérletek. A levegő dermesztő hideg lehet a gyujtópontban, holott az éternek olyan a melege, hogy ha elnyeletnék, a láng forróságát közölhetné a levegővel. A léghőmérő érintetlen marad, holott a platina fehérizzóvá válik.

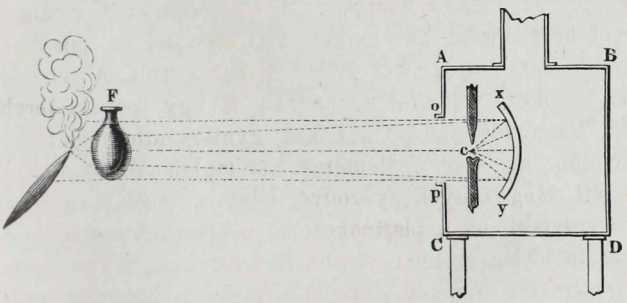
620. Már szóltam az a végből tett berendezésekről, hogy, a mennyire lehet, veszélytelenné tegyem az oly gyulékony anyag használatát, a milyen a szénkéneg. Az óta a készüléknek más berendezéséhez jutottam, olyanhoz, mely egyszerüsiti ugyanazon czélnak az elérését s megkönnyiti a kisérletek ismétlését. A most önök előtt álló berendezés veszedelem nélkül alkalmazható.

ABCD a kamara körrajza;

xy a benne lévő ezüstözött tükör;

c a villanyfény széncsúcsai;

op a kamra homloknyilása, melyen az *xy* által visszavert sugárnyaláb kijut.



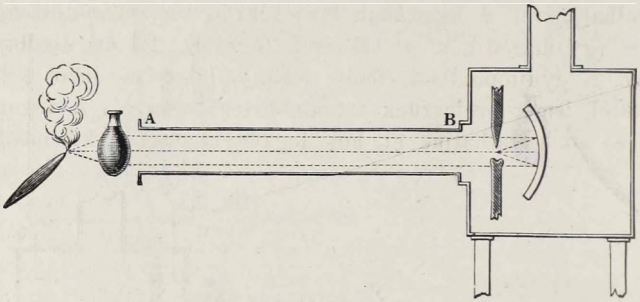
102-ik ábra.

621. A tükör oly távolságban álljon a széncsúcsoktól, hogy a visszavert nyalábnak gyönge legyen az összehajlása. Töltsünk meg egy üvegpalaczkot jódoldattal s állítsuk a visszavert nyaláb útjába, még pedig oly távolságra, melyben a meggyuladástól nem kell tartani. A palaczk lencséül s szűrőül is szolgál egyúttal; a látható sugarakat letartóztatja, a sötéteket pedig hirtelen összehajlítja. Ily palaczk *F*-nél látható; a mindjárt mögötte fekvő gyujtópontban elégés és kalorizálás idézhető elé. $1\frac{1}{2}-3$ hüvelyk átmérőjü palaczkok igen alkalmasak e kisérletekre.

622. Az imént leirt berendezés mellett a platina vörösizzóvá lett 22 lábnyira a sugárforrástól.

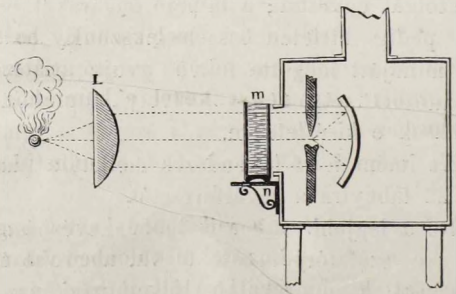
623. De a legjobb tükör is többé kevésbé szétszórja a sugarakat; s e szétszóródásnál fogva, nagyobb távolságban igen meggyöngül a sugárnyaláb. Következésképp a hatás erősbithető, ha a nyaláb belül csiszolt csövön vezettetik végig; ez megakadályozza a sugárzó hő oldalaslagos szétszóródását. Ily csövet, a kamra elejére téve, a 103. ábrában *AB* ábrázol. A jódoldatos palaczkot a cső elé tartjuk kézben, vagy mozdulatlanul megerősithetjük. Igy járván el, 50 elemes teleppel fehérizzásig hevithetjük a platinát a palaczk gyujtópontjában.

624. Továbbá még egy lapos-domború, 2,5 hüvelyk vastagságú és 3 hüvelyk gyujtótávolságú üveg vagy kősó-



103-ik ábra.

lencsét — 104. ábra — is állithatunk a visszavert sugár útjába. A sugarak összevergődnek s találkozásuk pontján a kalorizálás és a meggyujtás minden jelenségei eléidézhetők; a világító sugarakat az *mn* * lapos üvegedénybe öntött jódoldat



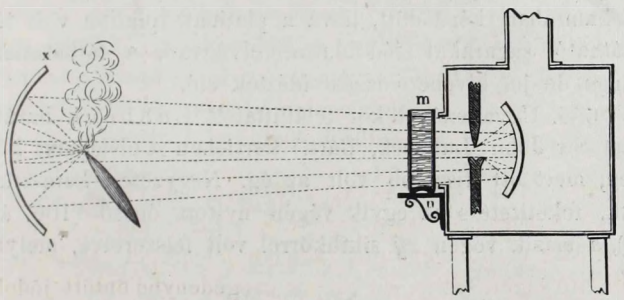
104-ik ábra.

metszi el, melynek oldalai laposak és egyközüek. Magától értetődik, hogy azon pontban, melyben a sugarak össze-

* Az *mn* edény meglehetős távol állhat a széncsúcsoktól. Visszaverő csövet alkalmazván, még hatásosabb eredményeket nyerhetünk.

kerülnek, valamennyi elégésbeli és kalorizálásbeli hatást elidézhetjük.

625. Vagy végre a 105-ik ábrában mutatott berendezést fogadhatjuk el. A kamrában levő tükrön visszaverődött nyalábot egy második x' y' tükörrel fogatjuk fel és szedetjük össze. A gyujtópontban, mely néhány lábnyira lehet a kamarától, ismét meglesznek a fentebbi eredmények. A sugarak fényét ott vágathatjuk el, hol legkényelmesebb; közönséges



105-ik ábra.

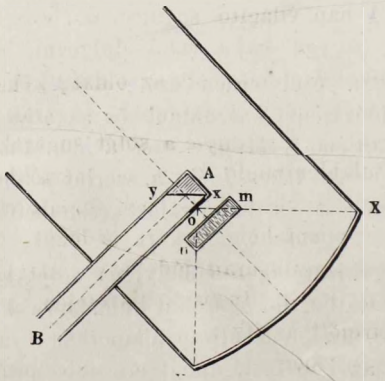
esetekben azonban czélszerűen cselekszünk, ha szénkéneg helyett kettős chlórszenet használunk és az átlátszatlan folyadékkal megtöltött *mn* edényt közel a kamrához helyezzük. Amint a széncsúcsok tüzesednek, a szerint a mint akarjuk, felrobbantást, elégést és kalorizálást észlelhetünk a gyujtópontban.

626. Eddig kizárólag a villanyfény sötét sugarait vizsgáltam. Ily láthatatlan hősugarakat különben valamennyi szilárd test bocsát ki, ha fehérizzó állapotban van. Különben mennél sürübb az izzó test, annál erősebb sötét sugárzása. A Royal Institutionban vannak nagyon sürü mészhengereink a Drummond-féle fény eléállitására; ha erős oxyhydrogén lángot vetünk az ily hengerre, élénk sárgásfényben izzik s e közben rendkivül erős a sötét sugárzása. Ha ez utóbbit az összes sugárzástól, jódoldat segélyével, elválasztjuk, a sötét

sugarak gyujtópontjában meglesznek a gyujtás és kalorizálás mindazon hatásai, melyeket az imént leirtunk. Összesajtolt magnéziára vetvén, Carlevaris módjára, az oxyhydrogén láng sugarait, a fény fehérebb a mészénél; de mert a magnézia tömege könnyü és taplós, sötét sugárzása nem vetekedhetik sürübb hengereink láthatatlan sugárzásával.

627. A nap láthatatlan sugarai hasonlóképen átalakittattak. A londoni Royal School of Mines tetejére 3 láb átmérőjü homorú tükör állittatott. A gyujtópont egy elsötétitett kamrában képződött, hová a platinált platina volt téve. A látható sugarakat jódoldattal elvágván, a láthatatlanok gyönge, de jól kivehető izzást idéztek elé.

628. Ugyanez a tükör felállittatott Lubbock barátom (most Sir John Lubbock, Bart.) kertjében Chislehurst közelében, mert ott tisztább volt az ég. Négyzetes keresztmetszetü, feketített s az egyik végén nyitott öncső (106. ábra *AB*), a másik végén *xy* siktükörrel volt felszerelve, melynek



106-ik ábra.

fekvése 45 fokú szöget képezett a cső tengelyével. E csövön ki volt vágva körülbelül 2 négyzethüvelyknyi oldalnyilás (*xo*). E nyilást platinált platinalevél takarta be. Ha e levél a

homorú tükör felé fordíttatott, úgy a visszavert napsugarak reá eshettek. Teljes nappali világosság mellett lehetetlen észrevenni, vajjon izzó-e a platina vagy sem; de ha a szem *B*-ben volt, úgy a platina izzását fel lehetett ismerni a sík tükrön végbemenő visszaverődésen. Az *xy* nagy tükör gyujtópontjában létrejött a fehérizzás, miután a látható sugarakat *mn* jódoldat eltávolította.*

629. A teljes napsugárzással nyert eredmények rendkívül nagy hatásúak voltak. Nagy darab platinalevelek, sőt vastagabb platinapléhek is, a gyujtópontba téve, eltüntek, mintha párákká váltak volna. A gyujtópontba tartott papiros, majdnem robbanásszerű gyorsasággal, lángba borult. Kitűnik e kisérletekből, hogy mily jelentékeny a nap sugárzásában a látható sugárzás a láthatatlanhoz képest. A villanyfény és a mészfény összes sugárzása sokkal kisebb a napénál, amazokban a sötét sugarak mégis fehérizzásig képesek a platinát heviteni, holott a nap összetömörült láthatatlan sugarai, letartóztatván a láthatókat, élénk vörösizzást is alig idézhetnek elé. A nap világító sugarainak heve különben is oly óriási, hogy nagyon bajos velök dolgozni, ha jódoldatot használunk. Minduntalan felforrott az oldat; két vagy három másodpercz elegendő, hogy a reávetődő sugarak felforralják. A látható sugaraknak e túlsúlya a sötét sugarak felett, kétségkívül annak tulajdonítandó bizonyos mértékben, hogy a sötétek nagy részét elnyeli a levegőben foglalt vizgőz. Ebből különben a Nap roppant hőmérsékére is lehet következtetni.

630. Midőn a nap sugarait jódoldattal megtöltött lencse gyüjtötte össze a Royal Institution tetején, a láthatatlan gyujtópontban létrejött az izzás.

631. Ismervén, hogy a jó üveg a napsugarakat jól átereszti, megkértem Mayall urat, engedné meg, hogy finom fényiró lencséjével egy-két kisérletet tehetnék Brightonban. Bár rendkivül drága az ideje, mégis a legszivesebben megen-

* Napsugarakkal már előbb is tettek kisérleteket, de siker nélkül.

gedte volt segédemnek, Barrett urnak, hogy egy ragyogó nyári nap legjobb három órájában a készüléket használhassa. A lencse gyujtópontjában, miután a sugárzás fényes része tökéletesen eltávolíttatott, vörös izzás keletkezett.

632. Az elébb leírt kisérletekben gyakran használtunk fekete papirost, minthogy a láthatatlan sugarak nagyon erélyesen hatnak reája. Ez azt gyanittatja, hogy a sötét sugarak elnyelődése nem független a szintől. A vörös por azért vörös, mert azok a világító sugarak, melyek a vöröseknél nagyobb törelműek, behatolnak a testbe s itt elnyelődnek, a vörös sugarak pedig el nem nyelődvén, a vörös test részecskéinek határlapjain végbemenő visszaverődés folytán előkerülnek. A vörös sugaraknak e csekély elnyelődése gyakran azokra a sötétekre is kiterjed, melyek a vörösön túl fekszenek; ennek aztán az a következménye, hogy a láthatatlan sugarak gyujtópontjában a vörös papiros alig pörkölődik meg, holott a fekete papiros rögtön lángra lobban. Következő tábla a különböző papirosfajták magaviseletét mutatja, mérsékelt erősségü villanyfény sötét gyujtópontjában.

Papiros	magaviselete:
narancsszínü fényes papiros	alig szenesedik.
vörös » » »	alig változik; kevésbbé, mint a narancs színü.
zöld » » »	kis parázsló gyürüben fúródik át.
kék » » »	ugyanaz mint a megelőzőnél.
fekete » »	átfúródik; azonnal lángba borul.
fehér » »	megszenesedik, de nem fúródik át.
vékony póstapapiros	alig szenesedik; kevésbbé mint a fehér.
foolscap-papiros	még kevésbé szenesedik; körülbelül úgy, mint a narancsszínü.
vékony fehér itatós papiros	alig változik.
vékony szürke papiros	ugyanaz; úgy látszik a hő nagy része átmegy az utóbbi két papiron.
közönséges barna papiros	azonnal átfúródik szép parázsló gyürü terjed minden irányban.
vastag barna papiros	átfúródik nem oly jól, mint az előbbeni.
» fehér karczos papiros	parázsló gyürüben fúródik át.
barna csiszolópapiros	ugyanigy.
bágyadt fekete papiros	átfúródik s azonnal lángba borul.

633. A vörös papiros tehát majd semmit sem nyel el a láthatatlan sugarakból; még a fehér papiros is többet nyel belőlök, azért könnyebben szenesedik. Vörös higanyjodidot papirosra dörzsölvén s az igy vörösitett felületet a gyujtópontba tartván, a széncsúcsoknak hőképét nyerjük, mert azon a helyen, melyet a sugarak érnek, a vörös szin meghalványodik. Én azt vártam, hogy a szinváltozás azonnal be fog állani s eleinte csodálkoztam, hogy e változás hosszabb időt igényelt.

634. És itt alkalmunk nyilik kellő mértékére leszállitani és kellően megmagyarázni egy igen népszerű kisérletet, mely sok hibás következtetést gyümölcsözött. A hires dr. Franklin különböző szinü posztódarabokat hóra fektetett s a napot reájok engedte sütni. Különböző mértékben nyelték el a napsugarakat, különböző fokra melegedtek s ennélfogva különböző mélységre sülyedtek az alattok fekvő hóban. Franklin ebből azt következtette, hogy a sötét szinek a legjobb nyelők, s a világosak a legroszabbak, s úgy látszik, hogy Franklin ezen általánositásával megelégedtünk máig, nem vizsgálva a dolgot pontosabban. Ha a fényforrások sugárzása csak is látható sugarakból állana, akkor az anyag szinéről könnyü volna rá következtetnünk, hogy az anyag mily mértékben nyeli az ily források hevét. De tudjuk, hogy a fényforrások sugárzása nem egészen látható. A földi fényforrások sugárzásának jóval nagyobb része, sőt magának a nap sugárzásának is igen nagy része, láthatatlan sugarakból áll; ezekről pedig a szin nem mondhat semmit.

635. Hátra van még tehát megvizsgálni, vajjon a Franklin-féle eredmények természeti törvényt fejeznek-e ki? Két egyenlő nagyságú és egyenlő alakú kártya közül az egyik fehér timsóporral hintetett be, a másik pedig sötét jódporral. Tűz elé állitván mind a kettőt s bevárván, míg mind a kettő eléri a helyzetének megfelelő legnagyobb hőmérséket, kitűnt, hogy a timsóval behintett kártya rendkivül forró lett, a jóddal behintett pedig hideg maradt. Nem is

kellett hőmérő a különbség megmutatására. A jódkártya hátsó lapja, homlokhoz vagy arczhoz tartva, nem okozott alkalmatlan érzést, holott a timsós kártya ugyanúgy és ugyanazon helyre tartva, elviselhetetlenül forrónak mutatkozott.

636. Egyeznek ezen eredményekkel a következő kísérletek: egy különbzetes hőmérő egyik golyóját jód födte, a másikat timsópor. Vörösizzó lapátkát tettem a két golyó közé a középre; az a folyadékoszlop, mely a timsós golyóval közlekedett, jelentékenyen esett s megtartotta az alacsony állást. Két finom higanyhőmérő közül az egyiknek golyóját jód födte, a másikét timsó; s midőn mind a kettő ugyanazon távolságban tétetett ki a gázláng sugárzásának, a timsós hőmérőben majdnem kétakkora magasságra emelkedett a higanyoszlop, mint a másikban. Két ónlevél közül az egyik timsóval volt bevonva, a másik jódporral. E levelek egyközűen állottak, mintegy 10 hüvelyknyire egymástól. Hátulsó lapjaikhoz kis bizmútrudacskák voltak forrasztva. A rudacska magával az ónlevéllel, melyhez forrasztva volt, hővillanyelemet alkotott. A két lemezt huzal kötötte össze egymással; a két bizmútrudacska szabad végei pedig a galvanométerrel állottak kapcsolatban. Vörösizzó golyót tévén középre e két lemez közé, a hősugarak egyenlő erősséggel estek a két ónlemezre, de a galvanométer azonnal mutatta, hogy a timsóval behintett lemez erősebben megmelegedett.

637. E kisérletek közül egy-kettőnél a jód csak úgy át volt rázogatva muszelin-szitán; a többinél szénkéneggel volt keverve s teveszőr-ecsettel fólmázolva. Ha ezután megszáradt, majd olyan fekete volt mint a korom; és mégis a sugárzó hő elnyelése tekintetében közel sem ér fel a tiszta fehér timsóporral.

638. Azt, hogy a jódot sugárzó hővel bajos megmelegíteni, nyilvánvalóképen csak hőátbocsátó tulajdonságának kell betudnunk; ez a tulajdonsága nyilvánul oly meglepően, ha jód szénkénegben fel van oldva. A hő behatol a porba, a

részecskék felületének véghatárain visszaverődik, de meg nem marad a jódatómok között. Kellő mennyiségben hintvén jódot valamely kősólemezre s beállítván a hősugár útjába, a jód letartóztatja a hőt. Hatása azonban csak olyan, mint a fehér poré a fényre. Áthatlan, de nem nyelés, hanem többszörös belső visszaverődés következtében. A közönséges rudas kén, még vékony lepény alakjában sem bocsátja át a sugárzó hőt; áthatlan volta azonban szinte a belső visszaverődésnek tulajdonítandó. A kén meggyulása hőmérséke körülbelül 244° C.; de egy darabka belőle a villanylámpa gyujtópontjában csak jósokára kezd olvadni és meggyuladni, pedig a hő e gyüjtópontban képes volt arra, hogy a platinát azonnal fehérizzóvá tegye. Áthatlan ugyan a kén a hőre nézve, de nem hőnyelés következtében. A czukor sokkal nehezebben gyuló anyag, mint a kén, de emennél sokkal jobb hőnyelő; ha a gyujtópontba tétetik, gyorsan meggyul és elég. A hő, mely a törött czukrot meggyujtja, alig képes az ugyanoly fehérségü asztali sót megmelegíteni.

639. Majdnem fekete, amorph phosphorból egy darabka, a villanylámpa sötét gyujtópontjába tartva, nem gyuladt meg. Még nevezetesebb eredményt adott a közönséges phosphor. Egy darabka ezen rendkivül gyulékony anyagból, húsz másodperczig maradhatott a gyujtópontban anélkül, hogy meggyult volna, pedig ott a platina majdnem egy pillanat alatt a fehérizzás állapotába jött. A phosphor olvadása pontja 44 C. fok körül van, a czukoré 160 C. fok körül; s a czukor a villanylámpa gyúpontjában mégis elébb olvad, mint a phosphor. Mindez a phosphor hőátbocsátó tulajdonságától van. Ezen anyagból vékony korong, két kősólemez közé fektetve, bőven átbocsátja a meleget; s ennélfogva a phosphor, a sugárzó hő iránti magaviseletét tekintve, a többi elemi testek között foglal helyet.

640. Minnél jobban bocsátja át valamely test a meleget, annál kevésbbé melegíti azt meg a sugárzás. Tökéletesen átlátszó testet a világító hő egymagában meg nem melegít-

hetne. Vastag dérbundával bevonódott edény felületére hatalmas tükörrel reátömörítettem a villanylámpa nyalábját, mely elébb azonban vizes edényen ment keresztül. Az átszűrt sugár képtelen volt a deret eltávolitani, pedig képes lett volna a fát is lángba boritani. Ezen eredményt nagyban is alkalmazhatjuk. Igy, például, nem a világító, hanem a sötét napsugarak azok, melyek a téli havat az Alpok lejtőiről lesöprik. Valamennyi gleccserpatak, mely az Alpok völgyein végig zúg, majdnem egyedül e láthatatlan sugárzás szülöttje. A láthatatlan napsugarak azok, melyek a gleccsereket a tenger magasságáról egészen a hegycsúcsokig emelik; mert a látható sugarak mélyen behatolnak a forróövi oczeánba, holott a nem világítók mindjárt a felületen elnyelődnek s fő eszközlői az elpárolgásnak.

641. Egy elébb adott igéret teljesitésével (612. §. *a.*) fogjuk e tárgyat befejezni. Leirtam önöknek azt a módszert, melylyel Melloni megállapitotta, hogy mely viszony létezik valamely világító forrás látható és láthatatlan sugarai között. Feltéve ugyanis, igy mondottam, hogy a timsónak oldata valamennyi látható sugarat átbocsátana és valamennyi láthatatlant csakugyan letartóztatna, akkor az a különbség, mely a timsó és a kösó átbocsátása között létezik, kifejezője lesz a láthatatlan sugarak hatásának. De helyes-e o feltevés a timsó hőnyelő erejéről? Képes-e ezen anyag oldata az eddig vizsgáltuk vastagságú rétegben valóban elnyelni mindazon sugarakat, melyeknek törelme a világitókénál csekélyebb?

642. A jódoldat, melyet most már oly jól ismernek, villanylámpa elé tétetett; a világító sugarak tehát le voltak tartóztatva. A jódoldatos kősóedény mögött egy üvegedény állott, mely kezdetben üres volt. A sötét sugarak, mind a két edényen átmenve

80

fokú elhajlást idéztek elé.

Az üvegedény most telitett timsóoldattal töltetett meg; a sötét sugarak mind a két oldaton átmenve

50

fokú elhajlást létesitettek.

Kiszámitván e két elhajlás értékéből, azt találjuk, hogy a timsó húsz százalékot bocsát át azon sötét hőből, mely a jódoldaton átment.*

643. A kérdést, vajjon a világító források láthatatlan sugarai elérik-e a szem reczehártyáját, eddigelé elintézetlenül hagytuk. Nem lehet azonban kétség a felett, hogy azok a láthatatlan sugarak, melyek az eddig felfedezett folyadékok között a legkevésbbé átbocsátó folyadéknak oly vastag rétegén képesek áthatolni, — hogy ezek a szem nedvein is képesek lesznek átmenni. Dr. Franz be is bizonyitotta, hogy a sötét napsugarakra ez csakugyan áll. Janssen ** nagy gonddal tett, érdekes kisérletei azonfelül azt is bizonyitják, hogy a szem nedve épen annyit nyel el a sugárzó hőből, mint az ugyanoly vastag vízréteg; a mi oldatunkban pedig a víz hatásához még a timsó hatása is csatlakozik. A marha szemének üvegnedvével tett közvetetlen kisérleteim azon következtetésre vezettek, hogy az erős villanyfény láthatatlan sugaraiból egy ötödrész csakugyan eléri a reczehártyát. Minthogy pedig e sugárzásnak tiz-tiz részéből kilencz rész sötét; következik, hogy azon összes sugarakból, láthatók- és nem láthatókból, melyeket a villanyfény a reczehártyába küld, majdnem két-harmadrész képtelen a látás érzetét felgerjeszteni.

---

* Egyik közegből másikba menvén, a fény mindig szenved visszaverődést; a sugárzó hőről is ugyanaz áll. A mi üvegedényünk két belső lapján visszaverődést szenvedett a sugárzó hő, midőn az edény üres volt; s kétséget nem szenved, hogy a visszavert hő mennyisége változott, midőn timsóoldat került az edénybe. Egyszerűség kedveért azonban e körülményt nem vettem tekintetbe, mert úgy sem lett volna befolyással az itt adott eredményekre.

* Annales de Chimie et de Physique, tom. IX, p. 71.

644. Az általam használt villanyfény erőssége, photométerrel eszközölt mérés szerint, legtöbbnyire 1000-akkora volt, mint egy jó gyertyáé; minthogy pedig a széncsúcsoknak azon sötét hősugarai, melyek a reczehártyát elérik, kerek számban két-akkora erélyűek, mint a világítók; ebből az következik, hogy közönséges, például egy lábnyi távolságban, annak a sugárzó hőnek, mely a látás idegét eléri s még sem képes látást gerjeszteni, 2000-akkora az erélye, mint a gyertya lángjáé. Úgyde meglehetős tiszta éjszakán a gyertya lángja egy angol mérföldnyi távolságra is ellátszik. De a gyertya erőssége, egy mérföldnyi távolságban, nincs is $^1/_{20}$ milliomad-része az egy lábnyi távolságban meglévő erősségének; e szerint tehát az erélynek, mely egy mérföldnyi távolságban tökéletesen láthatóvá teszi a fényt, 2000 × 20,000,000 azaz, negyvenezer millióval kellene szoroztatnia, hogy azon sugárzás erőssége jöjjön ki, melyet a reczehártya egy lábnyi távolságban valóban kap a széncsúcsoktól, anélkül, hogy ez látásra gerjesztene. Úgy vélem, ennél semmi sem állíthatja elénk határozottabban azt a sajátságos vonatkozást, mely a látás idege és a világító testbeli tömecsek rezgésszakai között létezik. Ezen ideg, mint a zenei húr, csak azokra a rezgésszakokra szólal meg, melyekkel összhangzásban van; s más rezgések által, melyek a maga saját rezgése szakaival össze nem egyeznek, nem engedi magát felgerjesztetni, bárha majd végtelenszer nagyobb erélyök van is.

645. Látván még azt, hogy némely élénk fény nem képes legérzékenyebb hőjelző készülékeinkre hatást gyakorolni, természetszerűen támad az a gondolat, hogy a fény és hő egymástól egészen különböző valami. Annak a tiszta fénynek, mely vizen s zöld üvegen átsugárzott, Melloni szerint, még akkor sincs észrevehető melegítő ereje, ha összetömörittetik. A hold fénye is idevágó példa. Melloni a hold fényét egy rőf átmérőjű, Fresnel-féle polyzonális lencse által összetömörítvén, ejtette hővillanyoszlop alapjára, s mind a mellett egy Melloni ügyessége kellett, hogy hőhatása megmérhető mennyi-

ségig nevelkedjék. E kisérletek azonban nem azt bizonyítják, hogy e két ható különböző, hanem csak azt, hogy az erélynek véghetetlen csekély mennyisége már képes a látás érzékét ingerelni.

646. Ide csatolhatunk még egy megjegyzést arra nézve, vajjon lehetne-e a sugárzó hőt, sürü ködben jeladásra használni. E javaslat, elvontan véve, nem tudományiatlan; mert ha a mi ködeinknek olyan volna a physikai természete mint a szénkénegben feloldott jódé, vagy a jód- és a brómgőzöké, úgy jelző lámpáinkból csakugyan még hatalmas sokaságú sugárzó hőt meneszthetnénk át az ily ködön, midőn a fényt már teljesen meg is akasztja. De ködeink nem ily természetüek. Szerencsétlenségre olyan az alkatuk, hogy a hatás, melyet a tiszta hősugarakra gyakorolnak, nem egyéb pusztitásnál; és kapcsolatba hozván e tényt szemünk rendkivüli érzékenységével, arra a következtetésre jutunk, hogy jeladó lámpáink fénye még sokáig látható, mikor sugárzó hevük már rég elvesztette minden ható erejét elannyira, hogy legeslegérzékenyebb hőmérőink sem vehetnék észre.

XIV. FEJEZET.

HARMAT: BŐSÉGES KÉPZŐDÉSÉRE TISZTA ÉG ÉS CSÖNDES DE NEDVES LÉGKÖR SZÜKSÉGES. — A HARMATOS ANYAGOK HIDEGEBBEK MINT A HARMATTALANOK. — A HARMATOS ANYAGOK JOBB SUGÁRZÓK MINT A HARMATTALANOK. — A HARMAT A LÉGKÖRI GŐZ LEVERŐDÉSE OLY ANYAGOKRA, MELYEK SUGÁRZÁS FOLYTÁN MEGHŰLTEK. — A HOLD SUGÁRZÁSA. — A NAP ALKATA. — FÉNYES VONALAK A FÉMEK SZÍNKÉPEIBEN. — AZ IZZÓ GŐZ AZON SUGARAKAT NYELI EL, MELYEKET MAGA IS KÉPES KIBOCSÁTANI. — KIRCHHOFF ÁLTALÁNOSÍTÁSA. — FRAUNHOFER VONALAI. — NAP-CHEMIA. — A NAP SUGÁRZÁSA. — HERSCHEL ÉS POUILLET KISÉRLETEI — MAYER METEÓROS ELMÉLETE. — HELMHOLTZ ÉS THOMSON ELMÉLETEI. — AZ ÁRAPÁLY HATÁSA A FÖLD FORGÁSÁRA. — A NAPRENDSZER ERÉLYE. — HELMHOLTZ, THOMSON, WATERSTON. — A NAP VONATKOZÁSA AZ ÁLLATI ÉS NÖVÉNYI ÉLETHEZ. — FÜGGELÉK.

647. Hallottuk, hogy légkörünk több vagy kevesebb vízgőzt mindig foglal magában; ennek megsűrűdése képezi felhőinket, a ködöt, jégesőt, esőt és havat. A megsűrűdésnek egy különös esetére fogjuk most irányozni figyelmünket, — a harmatnak nagy érdekű és igen szép jelenségére, melyről sok ideig téves nézetek uralkodtak. Légkörünk vízgőze hatalmas sugárzó, de szét van oszolva a levegőben, melynek tömege rendesen százszorta is nagyobb saját tömegénél. E vízgőznek tehát, mielőtt sűrűdése pontjára juthatna, nem csak saját melegén kell túladnia, hanem a körülte levő nagy mennyiségű levegőén is. Meghidegülésének innen származó késedelme lehetővé teszi, hogy jól sugárzó testek a föld színén felülmúlhassák a gőzt a meghülés gyorsaságában, s

ez okból a vizgőz rajtok folyadékká sűrűdhetik, sőt dérré is fagyhat, holott a felszín felett nehány lábnyi magasságban megmarad légnemű halmazatában. Ez csakugyan így van annál a szép jelenségnél, melyet most veszünk vizsgálat alá.

648. Egy londoni természetvizsgálónak köszönjük a harmat helyes elméletét. Dr. Wells 1818-ban tette közzé az e tárgyról szóló gyönyörű értekezését. Kisérleteit Surreyben, egy kertben tette, három mértföldnyire a Blackfriars Bridgetől. A harmat összegyűjtésére gyapjú-pamatkákat használt, melyek szárazon tiz-tiz gránt nyomtak. E pamatkákat tiszta éjszakán kirakta s azután a reájok vetődött harmat mennyiségét súlyuk gyarapodásából határozta meg. Csakhamar reájött, hogy bármi takarja is el a szabad eget a gyapjú elől, mindez gátolja a harmat leverődését. Kis deszkát támasztott négy dugóra; a gyapjú-pamatkák közül egyet a deszkára tett, egyet pedig alája. Amannak a súlya egy tiszta éjszakán 14 gránnal gyarapodott, emezé csak négy gránnal. Kemény papirosból egy táblát, házfedél módjára, hajlított össze s egyik gyapjú-pamatkáját e födél alá fektette a füre. E gyapjúnak egy éjszakán 2 gránnal gyarapodott a súlya, holott egy másik ugyanakkora darabka gyapjú, mely ugyanakkor szintén a füvön feküdt, de melyet födél nem takart, 16 grán nedvességet gyűjtött össze.

649. Mi okozza a harmat leverődését? a földből felszálló gőz-e? vagy az égből hulló finom eső? Mind a két nézetnek voltak védői. Hogy azonban nem a földből száll fel, azt bizonyitja az iménti tény, mely szerint az aládugózott deszka *fölött* több nedvesség gyülemlett össze, mint a deszka alatt. Hogy nem is finom eső, azt meg az a tény bizonyitja, hogy a legtisztább éjeken legbőségesebb a leverődés.

650. Dr. Wells ezután hőmérőket állított ki, úgy, mint az elébb gyapjú-pamatkákat; s azt találta, hogy *azokon a helyeken, melyeken a harmat legbővebben esett, a hőmérsék legmélyebbre csökkent.* Az

imént említett, aládugózott deszka fölött 5 C. fokkal mélyebben állott a hőmérő, mint a deszka alatt. A hőmérő a papiros födél alatt 5·5 C. fokkal volt melegebb, mint a szabad füvön. Azt is tapasztalta, hogy midőn tiszta éjszakán gyepre tette hőmérőjét, ezen néha 7·8 C. fokkal is alább esett a higanyoszlop, mint ugyanoly hőmérőben, mely szabad levegőben függött 4 lábnyira a gyep fölött. A hőmérők mellé gyapotdarabkákat fektetett; a gyepre tett darabkának súlya 20 grannal, a levegőbe függesztetté pedig csak 11 grannal gyarapodott. A hőmérsék csökkenése és a harmat leverődése karöltve jártak. Nem csak mesterséges ernyők gátolták a hőmérsék csökkenését és a harmat képződését, a felleg-ernyő is hasonló módon hatott. Egy izben azt észlelte, hogy a füvön fekvő hőmérője, mely 6·6 C. fokkal állott alább a függő hőmérőnél, emelkedni kezdett, a mint egy pár felhő vonult el fölötte, elannyira, hogy csak 1·1 C. fok lett köztük a különbség. A hőmérőnek a szerint emelkedett vagy csökkent a hőmérséke, a mint a fellegek a hőmérő zenitjébe jöttek vagy onnét eltüntek.

651. Ily bámulatos tisztasággal és ügyességgel kigondolt és véghezvitt kisérletek alapján Dr. Wells a harmatról egy elméletet terjesztett elő, mely a reá következett kritikát minden tekintetben kiállotta s most általánosan el van fogadva.

652. A harmat a sugárzás okozta hülés következménye. »A fü felső részei az üres tér felé sugározzák melegüket; ez pedig épen mivel üres, semmi hőt nem ad vissza. A fü alsó részei, csekély vezetőképességöknél fogva, nagyon keveset szállithatnak a föld melegéből a felső részek számára, melyek, ha ugyanakkor csak csekély hőmennyiséget kapnak a légkörtől és semmit az oldalt fekvő testektől, hidegebbekké válnak a levegőnél; ennek vizgőzeit tehát harmattá süritik, feltéve, hogy annyi vizgőz van jelen, mennyit a fünek alábbszállt hőmérséke megkiván.« Hogy pedig a gőz, mint hatalmas sugárzó, miért nem hül meg oly gyorsan mint a fü,

azt már megmagyaráztam önöknek abból, hogy a gőznek nem csak saját, hanem a körötte fekvő nagy sokaságú levegő melegén is túl kell adnia.

653. A harmat tehát a légköri gőz oly anyagokra verődésének eredménye, melyet a sugárzás eléggé lehűtött. Minthogy pedig a testek sugárzó képessége nagyon különböző, ennek megfelelőleg a harmat lecsapódásában is várhatunk különbségeket. Wells ezt is bebizonyította. Gyakran látta, hogy füre és fára bőven rakódott a harmat, holott a szomszédos kavicsutakon semmit sem lehetett észlelni. Fémlemezek, melyeket kitett, egészen szárazak maradtak, a mellettök fekvő testeket pedig harmat borította. *Valamennyi ily esetben azt találta, hogy a fém hőmérséke magasabb volt, mint a harmat borította anyagoké.* Tökéletesen összevág ez abbeli tapasztalatunkkal, hogy a fémek a legroszabb sugárzók. Egy izben fémlemezt fektetett a füre s üveghőmérőt a lemezre. A hőmérőt egy idő mulva harmat borította, a lemez pedig száraz maradt. Ebből azt következtette, hogy a hőmérő, habár a lemezen feküdt, még sem osztozott ennek hőmérsékében. Az első hőmérőhöz még egyet fektetett, melynek *aranyozott* volt a golyója; a födetlen üveghőmérő — jól kisugárzó test — 5 C. fokkal hidegebb maradt társánál. Nem épen könnyű feladat, valamely test valódi hőmérsékét meghatározni: a levegőben függő üveghőmérő nem jelzi a levegő hőmérsékét; saját magának, mint sugárzó vagy hőnyelő testnek, képessége is részes a jelzésben. Derült napszakán, midőn a nap süt, a hőmérő melegebb a levegőnél, derült éjszakán ellenben a levegő melegebb a hőmérőnél. Láttuk, hogy egy felleg átvonulása, néhány percz alatt 5·5 C. fokkal emelheti a hőmérő állását. Nyilvánvaló, hogy a hőmérsék ezen emelkedése nem jelenti a levegő hőmérsékének megfelelő gyarapodását, hanem csupán azt, vajjon a felleg felfogja-e vagy visszaveri-e a hősugarakat, melyeket a hőmérő kisugároz.

654. Dr. Wells több sajátságos hatás megmagyarázására és sok elterjedt hibás nézet helyreigazítására is felhasználta elméletét. A holdvakságot a szem sugárzása által okozott meghűlésnek tulajdonítja; a hold fényének nem levén benne egyéb szerepe, mint az, hogy a légkör tisztaságáról tanúskodik. A hold sugarainak tulajdonított rothasztó hatás voltaképen a nedvesség leverődésének tulajdonítandó, mely harmatképen lepi el a szabadra tett állati anyagokat. Hogy a dér megcsípi a gyönge növényeket, midőn a kert levegőjének hőmérséke nehány fokkal feljebb áll a fagypontnál, ezt is a sugárzás okozta hűlésnek kell tulajdonítani. Pókháló takaró is elegendő lenne, hogy a növények épen maradjanak.*

655. Wells volt az első, a ki megmagyarázta a jég mesterséges előállítását Bengaliában, hol máskülönben a természet maga soha sem csinálja ezt az anyagot. Lapos gödröket ásnak, ezeket félig betömik szalmával s a szalmára, derült éjszakákon, vízzel telt lapos serpenyőket tesznek. A viz erős sugárzó; bőven árasztja melegét a térbe. Az így vesztett meleget a föld nem pótolhatja; e hőforrást elvágja a nemvezető szalma. Napfölkeltére jéglepény képződik minden egyes edényben. Ez Wells magyarázata; s kétséget nem szenved, hogy helyes is. Azt hiszem azonban, hogy egygyelmással még meg kell toldani e magyarázatot. A leirásból azt veszszük ki, hogy a jégképződésre nem csupán tiszta levegő, hanem s z á r a z levegő is kell. Azon éjszakák, mondja

---

* Erre nézve a következő szép helyet találjuk Wells értekezésében: „Gyakran mosolyogtan — a fél-tudás büszkeségével — midőn láttam, micsodás eszközöket alkalmaznak a kertészek, gyönge növényeket a dértől megóvandók; mert lehetetlennek látszott előttem, hogy oly vékony szalmaréteg vagy efféle laza állomány meggátolhassa a növényeket, hogy a légkör hőmérsékében ne osztozzanak. Ebben láttam ugyanis a növényeket fenyegető veszedelmet. Megismervén később, hogy nyugodt és tiszta éjszakán a földszinén levő testek, melegök elsugárzása következtében, hidegebbek lesznek a légkörnél, azonnal belláttam, az általam haszontalannak tartott szokás helyes alapját".

Sir Robert Barker, legalkalmasabbak a jégképződésre, melyek legtisztábbak és legderültebbek s *melyeken nagyon kevés harmat esik éjfél után*. A szórtan nyomatott kifejezés igen jelentékeny. Hogy a jég bőségesen képződjék, a légkörnek nem csak tisztának, hanem vizgőztől aránylag mentnek is kell lennie. A mint a szalma, melyen a serpenyők feküsznek, megnedvesedik, mindjárt kicserélik száraz szalmával. *Wells* szerint ennek abban van az alapja, hogy a szalma, megnedvesedése következtében, tömörebb s egyúttal jobb hővezetővé válik. Meglehet, hogy igy van; de az is bizonyos, hogy a gőz, mely a nedves szalmáról fölemelkedik és ernyőként szétterül a serpenyők felett, feltartóztatná a hülést és késleltetné a fagyást.

656. Wells megtört egészséggel folytatta és fejezte be szép vizsgálatait. Értekezését a sir szélén irta. Mintája ez a bölcs búvárkodásnak és a világos eléadásnak. Nem hamarkodott, de nem is volt nyugta mindaddig, mig hatalmába nem kerítette a tárgyat: addig szögezte rá szemét, mig tisztán nem látta. Igy megoldotta feladatát és a megoldást oly módon irta le, mely halhatatlanná teszi művét.*

657. Az ő ideje óta sok experimentator foglalkozott az éjjeli sugárzás kérdésével; de Wells elméletét, noha sok becses tény gyülemlett össze, a Mellonitól eredő kiegészitést kivéve, valami fontossal nem gyarapitották. Glaisher, Martins és mások részletezték e tárgyat. A következő tábla nehány eredményt foglal magában, melyeket Glaisher úgy nyert, hogy hőmérőket tett ki, különböző magasságra a gyep felett. A nagy füvön fekvő hőmérő lehülését 1000-nek tévén, a többi számok az illető állásokban lévő hőmérők hülését fejezik ki.

* Megelőzi az értekezést *Wells*nek saját életleirása. Értéke vetekszik egy Montaigne-féle Essay-vel.

Kisugárzás.

hosszú fű	1000
1 hüvelyknyire a fű hegye fölött	671
2 „ „ „ „	570
3 „ „ „ „	477
6 „ „ „ „	282
1 lábnyira „ „ „ „	129
2 „ „ „ „	86
4 „ „ „ „	69
6 „ „ „ „	52

658. Azt lehetne kérdezni, hogy a hőmérő, mely jó sugárzó, miért nem hül meg ép annyira, midőn szabadon függ a levegőben, mint mikor a föld szinén fekszik? Wells megfelelt e kérdésre. Ez onnan van, mivel a meghült hőmérő meghűti a vele közvetetlenül érintkező levegőt is; e levegő összehuzódik, alá sülyed s melegebb levegő kerül a helyére. Igy a szabad hőmérő meg van gátolva abban, hogy hőmérséke sokkal mélyebbre essék a levegő hőmérsékénél. Ez egyszersmind az oka, hogy bőséges harmatképződésre miért kell csöndes éjszaka; mert ha szél fúj, akkor a fűszálak között folytonosan friss levegő kering s meggátolja a fűszálakat abban, hogy sugárzás folytán jelentékenyen meghülhessenek.

659. Ha tiszta az ég s valamely sugárzó testet kitesszünk, e test azon lesz, hogy a levegő hőmérsékét a magáétól — ha szabad e kifejezéssel élnem — egy bizonyos hőmérői távolságban tartsa. E távolság a test sugárzó képességétől függ, de jósokáig független a levegő hőmérsékétől. Pouillet például, bebizonyitotta, hogy aprilisban, midőn 3·6 C. fokú volt a levegő hőmérséke, a dunnapehely — 3·5 C. fokra hült le a sugárzás következtében. Az egész hülés tehát 7·1 C. fokra rúgott. Juniusban, midőn 17·75 C. fokú volt a levegő hőmérséke, a sugárzó dunnapehelyé 10·54 C. fok. A dunnapehely sugárzás okozta hülése most 7·21 C. fok, tehát majd csak annyi, mint aprilisban. Mig a külső hőmérsék ekként tágas

határok között ingadozik, a különbség, mely a sugárzó test és a körötte fekvő levegő hőmérséke között mutatkozik, jóformán állandó marad.

660. E tények alapján sikerült Melloninak még egy fontos toldalékot csatolni a harmat elméletéhez. Azt találta, hogy egy a földön fekvő üveghőmérő legfölebb 2 C. fokkal áll alább, mint a mellette fekvő, ezüstözött golyójú hőmérő, mely alig sugároz valamicskét. E 2^0 C. azt az imént említett hőmérői távolságot jelöli tehát, melyet az üveg saját és a körötte fekvő levegő hőmérséke között fenntartani igyekszik. De Six, Wilson, Wells, Parry, Scoresby, Glaisher és mások 10 C. foknál is nagyobb különbségeket észleltek a két hőmérő között, melyek közül az egyik a füvön feküdt, a másik pedig néhány lábnyi magasan függött a fű fölött. Hogyan lehet ezt megmagyarázni? Melloni szerint igen egyszerűen így: először is a fűszálak, sugárzásuk folytán, 2 C. foknyira lehűlnek a környező levegő hőmérséke alá; azután a füvel érintkező levegő hűl le s a fű körül mintegy hideg légfürdőt képez. De a fű oda törekszik, hogy megtartsa a fennebbi állandó különbséget a maga hőmérséke és a környezet hőmérséke között. Még jobban hűl tehát; de a levegő is hűl, a hidegebbé lett füvel való érintkezés folytán. A fű ismét helyreállítani törekszik az előbbi különbséget s a levegő ismét követi a füvet. És így a hatások és visszahatások során végig, a füvel érintkező egész légréteg hőmérséke sokkal jobban megcsökken, mint a mennyire a fű valódi sugárzásának megfelelne.

661. Ennyit a föld sugárzásáról; a holdé nem fog bennünket ily sokáig foglalkoztatni. Sok sikertelen kisérletet tettek, hogy a holdsugarak melegét felfedezzék. Kétséget nem szenved, hogy minden világító sugár hősugár is egyúttal, de a fénylő erő még csak nem is megközelítő mértéke a sugár melegítő erejének. Melloni egy nagy polyzonális lencsével bővillanyoszlopára vetette a hold képét, de a lencse hidege több mint elegendő volt arra, hogy a holdnak netalán meg-

lévő melegét elfödje. Besátorozta a lencsét az ég felől, az oszlopot a lencse gyujtópontjába állitotta, várakozott, míg zérusra jött a tű, s ekkor hirtelen elkapta az ernyőt, s az összetömöritett fény az oszlopra esett. A gyönge léghuzam, mely a kisérlet helyén átvonult, elég volt a hatás elfödésére. Azután üvegernyőkkel zárta be a hővillanyoszlop előtt lévő csövet. A fény szabadon mehetett át az üvegernyőkön az oszlop feketitett lapjára s itt hővé alakulván, az üvegernyőkön át, többé vissza nem juthatott. Igy gyűjtötte össze Melloni a hatásokat — Saussure példáját követve; s 3 vagy 4 fokú elhajlást kapott a galvanométeren. Az elhajlás melegről tanuskodott.

662. A teli hold által kibocsátott meleg legnagyobb részének sötét sugarakból kell állania s ezeket a mi légkörünk majdnem egészen elnyeli. De, ha talán némelyek közülök el is érhetnék a földet, ezeket az oly lencse, a milyet Melloni használt, tökéletesen elvágná. Megérdemelné a fáradságot, fémvisszaverővel és nem lencsével tenni e kisérletet. Magam is megkisérlettem ezt, nagy méretü kúpos visszaverővel, de eddig mindig meghiúsitotta a londoni levegő állhatatlansága.

663. Most arra a forrásra irányozzuk gondolatunkat, melyből a földnek és a holdnak összes melege származik. E forrás a nap; mert feltéve, hogy a föld megolvadt golyó volt egykor, most pedig hülő, úgy az a hőmennyiség, mely a föld belsejéből a felszint eléri, már régóta egészen jelentéktelen. Először is vizsgáljuk meg, mi az alkotása annak a csodálatos testnek, melynek fényt és életet köszönünk.

664. Csak lassanként közeledjünk tárgyunkhoz, hogy lelkünk, előzetes gyakorlás után, elkészüljön ily nagy kérdés fejtegetésére. Hogy miképen állitjuk elé a villanyfény szinképét, azt már tudják. Ime, egy ily szinkép van most vetve az ernyőre; két láb a szélessége, 8 láb a hossza, s ott van valamennyi ragyogó szinfokozata, úgy, a mint az egyik a másikba átsimulódik, a folytonosság megszakadása nélkül. Azt a fényt, mely e szinképet adja, villanylámpánk fehérizzó

széncsúcsai árasztják, s valamennyi fehérizzó, szilárd test hasonló színképet ad. Ha e platinahuzalt fehérizzóvá teszem, villanyáramot járatván benne, s prizmán keresztül vizsgálom a fényét, ugyanazt a színsorozatot találom benne, s hézagot a színek között nem vehetek észre. De a fémet nagy hőségben — például a villanylámpa hőségében — elillantathatom s az ernyőre vethetem a fém *fehérizzó gőzének*, tehát nem a fehérizzó szilárd fémnek, a színképét. Ime, a színkép most meg van változtatva; nem áll többé a színeknek folytonos sorozatából, hanem egy csomó ragyogó vonalból, melyeket sötét közök választanak el egymástól.

665. A széncsúcsok most így vannak rendezve: az alsó széncsúcs körülbelül $^1/_2$ hüvelyk átmérőjű henger, bevájt lyukkal a felső lapjában. E lyukba beteszszük e darab zinket s azután reá eresztjük a felső széncsúcsot. Az áram áthalad, s most a csúcsokat szétválasztjuk, s a köztük támadó fényív képét az ernyőre vetjük. Ime e biborfényű szalag, melynek 18 hüvelyk a hossza. A színes ívet zinkgőz képezi; zinkatómok vannak benne, melyek az egyik széncsúcstól a másikhoz löveltetnek. E részecskék bizonyos, meghatározott időszakokban rezegnek, a szín pedig, melyet látunk, keveréke e rezgések benyomásának.

665. *a.* Prizmával az ív fényét alkotó színeire bontván, most már nem kapunk folytonos színképet, hanem e vörös és kék színű ragyogó szalagokat.

666. Megszakítom az áramot, a zinket eltávolítom s darabka rezet teszek helyébe. Ha a fényívet ismét létrehozzuk, zöldfényű sugár-áramot kapunk, melyet szintúgy elemezhetünk, mint a zink biborszínű fényét. Ime, a réz színképében e ragyogó zöld szalagok vannak, melyek a zink színképében nem voltak jelen. Ebből biztosan következtethetjük, hogy a réz atómjai, a Volta-féle ívben oly időszakokban rezegnek, melyek a zinkéitől különbözők. Vizsgáljuk most meg, vajjon e rezgésszakok összezavarodnak-e egymással, ha sárgarézzel, tehát oly anyaggal dolgozunk, mely rézből és zinkből van

összetéve. Ime, önök előtt van most a sárgaréz színképe; ha pedig az előbbi két kisérletbeli képet megtartották emlékezetökben, a mostani színképen felismerhetik, hogy benne a réznek és a zinknek, előbb elválasztva megjelent, színképei egymásra vannak téve. Az ötvözet, legcsekélyebb összezavarodás nélkül, ép azokat a sugarakat löveli ki, melyek a benne foglalt fémekre külön-külön jellemzők.

667. Minden fémgőznek meg van a maga sajátságos szalagrendszere, melyet kisugároz; s reá nézve e rendszer ép oly jellemző, mint egyéb más physikai és chemiai tulajdonságai, melyek az ő egyediségét meghatározzák. A kellő szabatossággal tevén e kisérletet, azt is kimérhetjük, hogy mely helyen jelennek meg az egyes fémekhez tartozó ragyogó vonalak. S ha e vonalakat ismerjük, csak a színképet kell megtekintenünk, azonnal megnevezhetjük magát a fémet. Sőt mi több, még a kevert színképnél is pontosan megnevezhetjük azon keverék egyes alkotó részeit, melyből a fény kisugárzott. Ismeretlen vonalak megjelenéséből, új fémek létére következtettek. Igy fedezte fel Bunsen és Kirchhoff például a cäsiumot és a rubidiumot, s ugyan e módon fedezte fel Crooks az egyetlen egy ragyogó zöld vonalat adó thalliumot.

668. E törvény nem csak magukra a fémekre, hanem a fémek illékony vegyületeire is áll. Darabka nátriumot teszek az alsó szénhengerre, s meginditom a villanyáramot az alsó széncsúcstól a felső felé. A nátrium színképe egyetlen egy ragyogó sárga szalagot ad. Nagyobb finomságú kisérletnél e szalag kettőre oszlik, keskeny sötét hézaggal közöttük. Távolitsuk el a nátriumot a lámpából s tegyünk közönséges sót, azaz chlórnátriumot helyébe. E magas hőmérséken a só illékony; s ime, tökéletesen azt a sárga szalagot adja, melyet a fém adott. Hasonló módon eléidézhetem a chlórstrontiummal a strontium nevű fém szalagjait; s a mész, a magnézium, a lithium chloridjaival az illető fémek színképeit.

669. Befejezésül, e hengerbe lyukak vannak fúrva, melyekbe az imént említett valamennyi anyagnak keveréke van betömve. Bizonyára nem lehet képzelni ragyogóbb valamit annál a színképnél, mit e keverék most az ernyőre vet. Minden egyes anyag a maga sajátságos sugarait löveli ki, melyek az egész, 8 láb hosszú színképet, keresztben szeldelve, élénk szinezetű, egyközű szalagokra osztják. Megismerkedvén előzetesen azon vonalakkal, melyeket e fémek egyenként sugároznak, meg is fejthetnék e színképet s megnevezhetnék azon anyagokat, melyek e színkép létrejöttében szerepelnek.

670. A Volta-féle ívet csak azért használtuk itt, mert fénye elég erős, hogy az ily nagy számú hallgatóság is láthassa, mint a minő most e helyen összegyülekezett.* De megtehetnők e kisérleteket a forrasztócső lángjával is. A lángot a belé tett nátrium vagy chlórnátrium sárgára festi; a strontium vörösre; a réz zöldre é. u. t. Az így szinezett lángok prizmával elemeztetvén, tökéletesen azokat a szalagokat adják, melyeket az imént mutattam önöknek.

671. Látjuk tehát, hogy az izzó gőzök bizonyos, meghatározott sugárcsoportokat sugároznak ki. Forditsuk most figyelmünket azon bizonyos sugárcsoportokra, melyeket a légnemü testek elnyelnek. A gázok e válogatósságát Sir David Brewsternek egy híres kisérletével fogom bemutatni, eléadására való kisérlet alakját adván neki. E hengerbe, melynek két végét üveglemezek zárják, salétromossavas gázt bocsátok be; jelenlétét ez élénk barna szin megjelenti. Ha most egy ragyogó színképet vetünk az ernyőre s a lámpából kijövő sugárnyaláb útjába e barna gázzal megtöltött hengert beállitjuk, azt látjuk, hogy az eddig folytonos színképet egyszerre számos sötét szalag barázdálja át. A salétromossavgáz az e sötét szalagoknak megfelelő sugarakat letartóztatja, a közbeeső fényszalagokat pedig akadály nélkül átbocsátja.

---

* A lithium pompás kék szalagja a villany-lámpával fedeztetett fel a Royal Institution előadó termében.

672. S ezzel eljutottunk ama nagy elvre, mely e tüneményeket egybefüzi, s melyre itt-ott már czéloztunk is. Ezen elv, melyet Kirchhoff tanár fejezett ki először, így hangzik: minden gáz vagy gőz ép azokat a sugarakat nyeli el, melyeket maga sugározhat. Az egy bizonyos időszakban rezgő atómok azokat a hullámokat tartóztatják le, melyek ugyanazon időszakban rezegnek, mint maguk az atómok. Azok az atómok, melyek vörös fénynyel rezegnek, letartóztatják a vörös fényt; azok, melyek sárga fénynyel rezegnek, letartóztatják a sárga fényt; azok, melyek zölddel rezegnek, a zöldet é. u. t. Azt önök már tudják, hogy az elnyelés az éter mozgásának átruházódása azon tömecsekre, melyek az éterbe vannak merülve; s minden egyes atóm, főkép azokat a hullámokat nyeli el, melyeknek rezzenet-ideje összhangzásban van magának az atómnak rezzenet-idejével.

673. Bizonyítsuk ezt be kisérlettel. Már tudjuk, hogy a nátriumláng, elemezve, egy ragyogó sárga szalagot ad. E lapos edényben alkohol és víz keveréke van. Megmelegitvén e keveréket, meggyujthatjuk a belőle fejlődő gőzöket: oly gyöngén világító lángot ad, hogy alig látható. Keverjünk most a folyadékba konyhasót s gyujtsuk meg újra; ime a láng, mely csak az imént alig volt látható, ragyogó sárga. Ez meglévén, folytonos szinképet vetek az ernyőre, s a villanylámpából eredő sugár útjába beállitom a sárga nátriumlángot. Tessék most pontosan megfigyelni a szinképet: egy lobogó szürkés szalagot látnak a sárgában. E szürke szalag ugyan nagyon gyönge, mind a mellett elegendő annak a megmutatására, hogy a láng legalább némileg elnyelte a szinképből a sárgát. E láng ugyanazt a fényt nyelte el némileg, melyet maga sugároz ki.

674. De a hatás sokkal szembeötlőbbé is tehető. A sólángot eltávolitom s a Bunsen-féle gázégető rendkivül forró lángját teszem a lámpa elé, és pedig úgy, hogy az a nyaláb, melynek szétbontásából majd szinképünk ered, a lángon legyen kénytelen átmenni. E kis platinahálóba darabka nát-

riumfém van téve, akkora mint egy borsó. Az égő nátrium erős fényt sugároz, úgy kell tehát intézkednünk, hogy e fény ne eshessék az ernyőre, melyen a színképnek meg kell jelennie. Elébb a színképet idézem elé, s most a nátriumos platinahálót besülyesztem a lángba, melyen a lámpa fényének át kell mennie. A nátrium azonnal élénk sárga színűre festi a lángot; s ime, a színkép sárgájában árnyékot látnak végigvonulni. A hatás azonban még nem érte el a maximumát. A nátrium rövid idő mulva élénken kezd égni, s ugyanabban a pillanatban egészen kivágva látják a sárgát a színképből; egy igen sötét rúd jelenik meg a helyén. E heves égés néhány másodperczig tart. Ha a lángot elvonom, a sárga ismét megjelenik az ernyőn s ha visszateszem, a sárga szalag ismét ki van oltva. Tizszer megtehetem ezt egymásután, s ennél meggyőzőbb kisérlet alig találkozik az egész optikában. Világosan be van itt bizonyítva, hogy az a fény, melyet a nátriumláng elnyel, ugyanaz a fény, melyet e láng kisugározhat.*

675. Tegyük meg még pontosabban e kisérletet. A színkép sárgája egy bizonyos térre terjed el; s most azt kell megvizsgálnunk, vajjon az a rész, melyet a nátriumláng a sárgából elnyel, ugyanaz a része-e a sárgának, melyet a nátriumláng kisugároz. Kevés sós vízzel megnedvesítem a széncsúcsok végét; a folytonos színkép megjelenik a nátrium sárga szalagjával, mely ragyogóbb levén, kiválik a többi sárgából. Most beállítom a nátriumlángot s ime, épen az a szalag van kioltva a színképből, mely az imént kitündökölt a sárgában.

676. Az elébb láttak már egy oly színképet, melyet különböző anyagok keveréke sugárzott ki, s mely élesen

* Mielőtt a fém elégetését megpróbáltam volna, magát a sólángot, 10 láb hosszú vályút használva, vettem kisérlet alá, de a hatás nem volt oly szép, mint az, melyet a fém elégetése adott. E kisérlet először tétetett, midőn az előadásra készültem, melyet 1861-ik év junius havában tartottam a „Napchemia physikai alapjáról".

körvonalozott ragyogó szalagokból állott, sötét közök által elválasztva egymástól. Ha azt a keveréket, mely a szalagos színképet adta, oly magas hőmérsékre lehetne emelni, hogy a gőze fehérizzó lenne, s ha e láng a folytonos színképet eléidéző fény útjába állíttatnék, úgy az e folytonos színképből ép azokat a sugarakat oltaná ki, melyeket ama keverék alkatrészei maguk is kibocsáthatnak. Nem csak egyetlen egy sötét szalag huzódnék végig a színképen, mint a nátriumnál, hanem barázdák gyanánt egy egész sorozata a sötét szalagoknak. E sötét szalagok száma tökéletesen ugyanaz lenne, mint azon ragyogó szalagoké, melyeket a keverék eléidézett, midőn ő maga volt a fény forrása.

677. Most már bizonyosan elegendően elékészültünk, hogy korunk egyik legjelentékenyebb általánosítását megérthessük. Ha a napfényt kellő módon szétbontjuk, számtalan sok sötét vonalat látunk színképében. Egynehányat ezek közül Dr. Wollaston vett észre először; de Fraunhofer vizsgálta meg e vonalakat mély alapossággal, melyek róla Fraunhofer-féle vonalaknak neveztetnek. Régóta gyanították, hogy e sötét szalagokat az okozza, hogy a nekik megfelelő sugarak a nap légkörében elnyelődnek, de senki sem tudta okát adni. Be lévén egyszer bizonyítva, hogy az izzó gáz ép azokat a sugarakat nyeli el, melyeket maga sugározhat, s tudván, hogy a nap testét izzó fényburok (photosphära) fogja körül, egyszerre ráötlünk arra a föltevésre, hogy e photosphära a középponti izzó égi testnek azon sugarait oltja ki, melyeket maga bocsáthat ki. Ekként a nap alkatának oly elméletére jutunk, mely tökéletesen számot ad a Fraunhofer-féle vonalakról.

678. A nap, Kirchhoff szerint, megolvadt vagy szilárd középponti golyóból áll, mely rendkívül nagy fényű, s mely minden nemű sugarat kibocsát, s ennélfogva folytonos színképet adna. De e mag sugárzása a napot lángképen körülfogó photosphärán kénytelen átmenni; e gázburok pedig kioltja a mag mindazon sugarait, melyeket maga is kisugá-

rozhat, a Fraunhofer-féle vonalak e hiányzó sugarak helyzetét mutatván. Ha a középponti magvat eltüntethetnők és igy a gázalakú buroknak egymagának kaphatnók meg a színképét, oly szalagos színképet kapnánk, melyben minden egyes ragyogó szalag egy-egy Fraunhofer-féle sötét vonallal vágna össze. E vonalak pedig csak aránylag, és nem teljesen sötét hézagok; reájok esnek a photosphära sugarai, de mert ezek korántsem oly erősek, hogy a letartóztatott fényt kipótolhatnák, ez okból az általok megvilágított terek sötétek a színkép általános fényéhez képest.

679. Régi föltevés, hogy a nap és a bolygók közös eredetűek s hogy ennélfogva ugyanazon anyagok jóformán közösen megvannak bennök. Feltalálhatnánk-e egyet vagy mást a földi anyagok közül a napban? Tudjuk, hogy azok a világos szalagok, melyek a fém gőze színképében megjelennek, a fémre nézve jellemzők; tudjuk, hogy a fémet, a nélkül hogy látnók, megnevezhetjük, csak színképbeli szalagjait kell megtekintenünk. E szalagok úgyszólván a fém s z a v a, melylyel jelenlétét megjelenti. Ha tehát a földi fémek közül valamelyik megvan a nap légkörében, úgy azon sötét vonalaknak, melyeket ez a nap légkörében eléidéz, tökéletesen össze kell vágniok azokkal a ragyogó vonalakkal, melyeket a fém gőze sugároz. Körülbelül 60 ragyogó vonalat lehetett meghatározni, melyek egyedül a vas-fémet illetik. Ha az izzó vasgőz fényét, melyet két vashuzal között átugró villanyszikra szolgáltat, egy keskeny rés egyik felén bocsátjuk át, a másik felén pedig napfényt menesztünk, úgy a két fényforrás színképét egymás mellé állíthatjuk. Ezt megtévén, azt találjuk, hogy a vas-színkép minden egyes ragyogó vonalának egy-egy sötét vonal felel meg a nap színképében. Számitás alá vetvén e dolgot, arra jövünk, hogy a valószinűség szerint 1,000,000,000,000,000,000-t lehet fogadni 1 ellen, hogy a nap légkörében van vas. Más fémek színképeit ugyanis egybe vetvén, Kirchoff tanár — az ő geniusának köszönjük e nagyszerű általánosítást — vasat, meszet, magnéziumot,

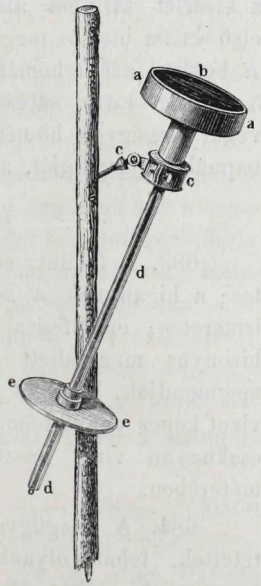
nátriumot, chrómot s egyéb fémeket talált a nap légkörében, de aranyat, ezüstöt, higanyt, aluminiumot, ónt, ólmot, arzént és antimónt még nem sikerült benne felfedeznie.

680. A napnak imént feltételezett alkatát még tökéletesebben utánozhatjuk, mint a hogy ezt az előbbi kisérleteinkben tettük. Beállítok a villanylámpába egy szénhengert, melynek körülbelül fél hüvelyk a vastagsága. E henger felső vége köré nátriumgyürüt illesztek, belső részét szabadon hagyván. Most a felső széncsúcsot lefelé inditom a henger közepe irányában s igy eléidézem a közönséges villanyfényt. A nátriumot a tőszomszédjában levő villanyfény elillantatja, s igy a kis középponti napot nátriumgőzből álló légkör fogja körül, úgy mint a valódi napot a maga photosphärája. Ime látják, hogy a sárga szalag hiányzik e fény színképében.*

681. A nap sugározta meleget Sir John Herschel a Jó Remény Fokán, Pouillet pedig Párisban mérte meg. Igen nevezetes e két mérés eredményének egyezése. Sir John Herschel azt találja, hogy a zenitben levő nap közvetetlen hőhatása a tenger szinén 0,00754 hüvelyk vastag jégréteget olvasztana el egy minutában. Pouillet szerint pedig 0,00703 hüvelyk vastag jégréteget. E két meghatározásnak számtani közepe nem igen üthet el az igazságtól; e szerint ama hőhatás 0,00728 hüvelyk vastag jégréteget olvasztana el egy minuta alatt, vagy pedig közel ½ hüvelyk vastagot egy óra alatt. Egy készüléket állitottam önök elé (107-ik ábra), hasonlót ahhoz, melyet Pouillet használt s melyet ő pyrheliométernek nevezett el. Áll pedig ez a bizonyos készülék, melyet önök most látnak, higanynyal megtöltött (*aa*) lapos aczélhengerből. E hengerbe van vezetve

*) Azt a kisérletet, melyet, az alsó széncsúcsra helyezett darabka zink és réz módjára, a nátriummal tettem, ez alkalommal ismételtem, s eléidéztem vele a megfelelő sötét szalagot. Ily alakot csak azért adtam a kisérletnek, hogy szembeötlőbb legyen közte s a nap légkörének hatása között a hasonlatosság.

d hőmérő, melynek nyelét darab sárgarézcső védi. A hengernek lámpakorommal födött lapos végét a nap felé kell fordítani. A készülék *cc* csuklóval és csavarral rácsavarható valamely léczre, ezt pedig be lehet ütni földbe, vagy hóba, ha a megfigyelések jelentékeny magasságban történnek. A napsugarakat felfogó felületnek úgy kell állania, hogy a sugarak függőlegesen essenek reá. El lehet ezt érni *ee* korong segélyével, melynek épen akkora az átmérője mint az aczélhengeré s mely a hőmérőt védő sárgarézcsőre van erősítve. Ha a henger árnyéka födi e korongot, úgy biztosak lehetünk benne, hogy a sugarak függőlegesen esnek a henger fölfelé fordított lapjára.



107-ik ábra.

682. A megfigyelés következő módon történik: — a készüléket először úgy állítjuk, hogy ne fogjon fel sugarakat, hanem 5 perczig saját melegét sugározza ki az ég valamely felhőtlen része felé. A higany hőmérsékének ezzel járó csökkenését feljegyezzük. Ez után a nap felé fordítjuk a készüléket, úgy, hogy a sugarak függőlegesen essenek reá 5 perczig, s feljegyezzük a hőmérsék emelkedését. A készüléket végre a naptól ismét el, és az ég felhőtlen része felé fordítjuk s ismét feljegyezzük a higany hőmérsékének csökkenését. Elegendőnek vélhetnék talán azt, hogy a nap rásugároz a feketített felületre; de nem szabad felednünk, hogy a hengernek e felülete azon egész idő alatt is, mely alatt a nap a készülékre hatott, szintén sugározta a maga melegét. Nincs meg tisztán a hőbeli nyereség, mert hiszen a naptól

nyert hő egyrészt ismét veszendőbe megy magának a kisérletnek tartama alatt, s ép azért, hogy az igy veszendőbe ment melegnek a mennyiségét megtudjuk, szükséges az első és az utolsó kisérlet. Hogy a nap hevitő erejét hiány nélkül megkapjuk, hozzá kell még adnunk azt a mennyiséget, mely a kisérlet tartama alatt elveszett. E mennyiség pedig az első és az utolsó megfigyelésnek számtani közepe. Jelöljük R betüvel azt a hőmérsékbeli emelkedést, melyet a napnak 5 perczig tartó sütése okozott, t és t'-vel az először és a végül megfigyelt hőmérsékbeli csökkenést, T betüvel pedig a napnak teljes erejét, akkor

$$T = R + \frac{t + t'}{2}$$

683. A felület, melyre itt a napsugarak esnek ismeretes; a higanynak a hengerben foglalt mennyisége szintén ismeretes; ennélfogva meghatározhatjuk a napmelegnek egy bizonyos megszabott felületre gyakorolt hatását, a midőn megmondjuk, hogy öt percz alatt ennyi higanyt, vagy ennyi vizet képes ennyi hőmérsékbeli fokkal megmelegiteni. Pouillet csakugyan vizet használt higany helyett a maga pyrheliométerében.

684. A megfigyelések a napnak különböző óráiban tétettek, tehát olyankor, midőn a napsugarak különböző hosszaságú utakat futottak át a légkörben, a legrövidebbtől délben, a leghosszabbig dél után hat órakor. Ilyenkor történt a legkésőbbi megfigyelés. Kitűnt pedig, hogy a nap ereje egy bizonyos törvény szerint fogyott, a mint növekedett az út, melyet a napsugarak a levegőben megtettek, s e törvényből kiszámithatta Pouillet, hogy az összes kisugárzásból 25 százalék nyeletnék el abban az esetben, ha a sugarak a zenitből esnének készülékére. Kétséget nem szenved, hogy a napból kiinduló rezgések közül a hosszabbak nyeletnek el túlnyomóan; mert hiszen főkép a levegőben foglalt vizgőz és nem maga a levegő a ható. Tekintetbe vevén már most az egész félgömböt, mely a napfelé fordul, kitűnik, hogy a

légköri burok által letartatott hő a földfelé irányult összes kisugárzásnak négy tizedrészét teszi. Ha tehát a légkör eltávolittatnék, úgy a föld megvilágított félgömbje körülbelül kétannyi hőt kapna a naptól, mint a mennyit jelenleg kap. Az összes hő, melyet a föld egy év alatt vesz át, ha egyenletesen osztódnék szét a föld felületén, elegendő volna oly jégréteg megolvasztására, mely az egész földet 100 lábnyi vastagságban födné. Ugyane hő 66 angol mérföld mélységű, édesvizű oczeánt az olvadó jég hőmérsékéről a forrás pontjáig melegitene.

685. Ismervén igy a föld évi bevételét, kiszámithatjuk az összes hőmennyiséget, melyet a nap egy év alatt kisugároz. Képzeljenek egy üres gömböt, mely a napot körülfogja, melynek középpontja összeesik a nap középpontjával s melynek felülete ugyan e ponttól akkora távolságban van, mint a föld a naptól. A földnek az e felülettel képezett átmetszete úgy áll az üres gömbnek egész felületéhez, mint 1 a 2,300,000,000-hoz, ennélfogva az a napmeleg, melyet a föld felfog, csak $\frac{1}{2,300,000,000}$-od részét teszi a nap összes kisugárzásának.

686. Ha a napsugározta meleg egy a nap felületét befedő jégrétegnek megolvasztására fordittatnék, úgy e jégből 2400 láb vastag réteg olvadna le egy óra alatt. Ugyane meleg 700,000 köbmérföldnyi jéghideg vizet egy óra alatt felforralna, vagy más szavakkal, az a meleg, melyet a nap egy óra alatt kiad, azzal volna egyenlő, melyet egy a napot körülfogó 10 láb szilárd szénrétegnek az elégetése kifejtene; az egy év alatt kisugárzott meleg pedig azzal a meleggel egyenlő, melyet 17 mérföld vastag szénréteg elégése eredményezne.

687. Ez tehát a nap kiadása; évszázadok óta tart az a nélkül, hogy képesek lennénk, históriai idők alatt, észrevenni a veszteséget. Ha a távolból harangszó hallatszik, a zengő rezgések csakhamar elcsendülnek, s új lökések

szükségesek, hogy a hang tovább tartson. Valamint a harang,

Die Sonne tönt nach alter Weise.

De mi tartja zöngésben? mi pótolja évenkénti veszteségét? Hajlandók vagyunk a csodálatost észre nem venni, ha az mindennapi. Meglehet, hogy sokunknak még a legfelvilágosultabbaknak is közöttünk, úgy tünik elé a nap, mint valami tüz, mely csak abban különbözik a mi földi tüzeinktől, hogy nagyobb és hogy élénkebben ég. De miféle az az égő anyag, mely önmagát igy fentartja? Mindaz, mit a mindenség tüneményeiből ismerünk, a mellett szól, hogy a nappal egy anyától lettünk; azt bizonyitja, hogy a nap tömegének alkatában ugyanazok az alkotó részek szerepelnek, melyek a chemia előtt már ismeretesek. De az előttünk ismeretes földi anyagok közül egy sem lenne képes a nap égését fentartani s épen úgy nem azon anyagok, melyeket a meteorkövek hullása juttatott a földre. Gyönge lenne ezen anyagok chemiai erélye s gyors lenne fölemésztődésök. Ha a nap égő széntömeg lenne s elegendő oxygénje lenne a tapasztalt sugárzáshoz, úgy már 5000 év alatt egészen elfogyasztódnék. De másrészt, elgondolni egy testet, mely kezdettől hőkészlettel van fölszerelve — egy izzó golyót, mely jelenleg hül — oly tulajdonságok fölvételére kényszeritene bennünket, melyek egészen elütnének a földi anyag tulajdonságaitól. Ha ismernők a nap fajhevét, kiszámithatnók hülése gyorsaságát. Föltéve, hogy fajheve a vizével egyenlő — a viznek a földön levő anyagok között legnagyobb fajheve van —, úgy a napnak egész tömege, a sugárzás jelen fokán, 5000 év alatt 8300 C. fokkal hülne le. Szóval, ha a nap oly anyagból áll, mely a mienkéhez hasonló, módjának is kell lennie, hogy kisugárzott melege ismét visszapótoltassék.

688. Oly rendkivüliek e tények, hogy a legjózanabb hypothesisnek is, mely reájok vonatkozik, vakmerőnek kell látszania. Tudjuk, hogy a nap mintegy 25 nap alatt fordul meg tengelye körül; s e tény arra a nézetre is inditott

már, hogy e »kerék« karimája a körötte fekvő térben lévő valamihez oda surlódik s hogy e surlódás fényt és hőt fejt. De hát miből van ez a dörzsfék s mi tartja e féket, mig a naphoz surlódik? És megengedvén, hogy ily dörzsfék csakugyan létezik, ki lehet számitani azt az összes hőmennyiséget, melyet a nap, igy surlódva, kifejthetne. Tudjuk, hogy mekkora a nap tömege, ismerjük körülforgása idejét, ismerjük a hő mechanikai egyenértékét, s ezen adatokból egész biztossággal kiszámithatjuk, hogy a körülforgás ereje, ha egészen átalakulna hővé, két évszázadig sem fedezhetné a kisugárzást.* E számitásban nincs semmi hypothetikus.

689. Egy másik elméletről már föntebb szólottam, mely, ha első tekintetre merésznek látszik is, de figyelmet érdemel, s ez — a nap meteóros elmélete. Kepler hires mondása, hogy »több üstökös van az égen, mint hal a tengerben« azt fejezi ki, hogy a rendszerünkhöz tartozó üstökösöknek csak kis része látható a földről. De az üstökösökön, a bolygókon és a holdakon kivül a testeknek még egy gazdag osztálya tartozik rendszerünkhöz, melyeket, mert aprók, mindenségbeli atómoknak lehetne tekinteni. E kisebb asteroidok is, úgy mint a bolygók és az üstökösök, a nehézség törvényeinek engedelmeskednek, s ellipsis-alakú pályákban keringenek a nap körül. Ezek azok, melyek ha földünk légkörébe jutnak, surlódás folytán, megtüzesednek s meteórok vagy hullócsillagok gyanánt jelennek meg.

690. Tiszta éjszakán alig múlik el 20 minuta, bár hol is a föld felületén, hogy legalább egy meteór ne mutatkoznék. Évenként két izben — augustus 12-én és november 14-én — roppant sokaságban jelennek meg. Bostonban, a honnét azt irták, hogy oly sürün hullottak mint a hó pelyhei, 9 óra alatt 240,000 meteórt figyeltek meg. Az egy év alatt lehulló meteórok számát talán 100 vagy 1000 millió számra lehetne becsülni, s ez is csak kis része lenne azoknak az

* Mayer, Dynamik des Himmels 10. l.

összes asteroidoknak, melyek a nap körül keringenek. A fény és hő tüneményeiből, az Encke-féle üstökösön észlelt közvetetlen megfigyelésekből tudjuk, hogy ellenálló közeg tölti be a világegyetemet. Az e közeggel való surlódás következtében rendszerünk valamennyi tömege lassanként a nap felé vonzódik. És bár a nagyobb bolygók nem mutatják, hogy körülforgásuk ideje, történeti időkben, kisebbedett volna, a kisebb testeknél mind a mellett máskép állhat a dolog. Míg a földnek a naptól mért közép távolsága egyetlen egy röffel változik, az alatt a kis asteroid mérföldek ezreivel közeledhetik a naphoz.

691. Tovább folytatván ezen elmélkedést, arra a következtetésre jutnánk, hogy a mérlegelhető meteóri anyag ama roppant áramának, mely oly szakadatlanul vonzódik a nap felé, mind sűrűbbé kell válnia, a mint a gyülemlő pontjához közeledik. És itt önkénytelenül támad az a föltevés, hogy a zodiakális fény, mely a napot körülfogja, ez a nagy ködtömeg is talán meteórok halmaza. Legalább be van bizonyítva, hogy e világító tünemény a bolygók mozgásának törvényei szerint kering; ennek folytán a zodiakális fény egész tömegének folytonosan közelednie kell a naphoz, s állományát szakadatlanul reá hullatnia.

692. Könnyü kiszámitani úgy a legnagyobb, mint a legkisebb gyorsaságot, melyet a nap vonzása a körötte keringő asteroidban támaszthat. A maximum akkor létesül, ha a test végtelen nagy távolságból közeledik a nap felé; ez esetben a napnak teljes húzása érvényesül. A minimum akkor létesülne, ha a test épen csak a nap felületének szomszédságában keringne a nap körül. Amaz elsőnek végső gyorsasága, közvetetlenül a nappal való érintkezés előtt, 390 mérföldre, az utóbbié pedig 276 mérföldre rúgna másodperczenként. Ha az asteroid 390 mérföldnyi gyorsasággal ütköznék a napba, 9000-szer több meleget fejtene, mint a mennyi ugyanakkora szilárd szénből álló asteroidnak elégéséből eredne; ha pedig 276 mérföldnyi gyorsaság mellett történnék az ütközés, az

igy kifejtett hő több mint 4000 ily asteroidnak elégéséből eredő hővel volna egyenlő. Az tehát nem jő tekintetbe, vajjon a napba eső anyagok eléghetők-e vagy sem; eléghetőségök nem növelné észrevehetően azt a borzasztó melegséget, melyet mechanikai összeütközésök kifejt.

693. Oly hatóval van tehát itt dolgunk, mely visszapótolhatja a nap által veszitett erélyt, s oly hőmérséket tarthat fenn a felszinen, mely nagyban felülmúl minden földi égést. Az asteroidok esésében megvan a mód, a nap fénye és heve kifejtésére. Ellene lehetne vetni, hogy az anyagnak e lezuhanásával a nap nagyobbodásának kellene járnia. Igaz, de az anyagnak az a mennyisége, mely 4000 esztendőre fedezi a megfigyelt kisugárzást, kikerülné legjobb eszközeink kémleletét is. Ha a föld ráesnék a napra, egészen elenyésző csekély lenne a naptömeg gyarapodása, holott ütközése melege egy századra fedezné a kisugárzást.

694. A mint a napról elmélkedtünk, hasonlókép elmélkedhetünk a földről is. A földnek jelen alakjából azt következtetjük, hogy volt idő, melyben folyékonynak kellett lennie. A nehézség elméletének és a hő mechanikai elméletének egybevetése gyanittatja velünk a föld folyékony állapotának valószinű eredetét. Bolygónk megömlött állapotát mindenségbeli tömegek összeütközéséből lehet leszármaztatnunk s igy a föld belső melegét és a nap sugárzó hevét ugyanazon okra vezethetjük vissza.

695. Kétségkivül a nap egész felületét a megolvadt anyag szakadatlan oczeánja boritja. Ez oczeánon izzó gázból álló légkör nyugszik, egy lángkör, vagyis photosphära. De a légnemü anyagok, még akkor is, ha igen magas a hőmérsékök, csak gyönge fényt sugárzanak; s ennélfogva valószinű, hogy a nap vakitó fehér fénye a légkör alatt levő, sürübb anyagból indul ki s a légkörön keresztül jut hozzánk.*

* Itt Mayert idézem; ez különben Kirchhoffnak is ujabban hirdetett nézete. A napnak szilárd vagy megömlött tömegét a photosphäráján k e r e s z t ü l látjuk.

696. A föld jelen viszonyainak megmaradása még egy más tüneménynyel is kapcsolatban áll, mely teljes figyelmünkre érdemes. Valamelyik londoni hidon állván, látjuk, hogy a Themse naponként kétszer visszafelé foly s vize felfelé áramlik. Az így mozgatott víz a folyó medréhez és a partokhoz dörzsölődik; s e surlódás következménye: melegség. Az így keletkezett melegség egy része kisugárzódik a világtérbe s a földre nézve veszendőbe megy. És mi pótolja e szakadatlan veszteséget? A föld forgása. Vizsgáljuk meg a dolgot kissé közelebbről. Gondoljuk, hogy a hold szilárdul áll s hogy a föld, mint valami kerék, nyugatról keletre forog a maga napi keringésében. Közeledjék a föld felületén levő valamelyik hegy a hold déllőjéhez. A hold e hegyet mintegy megfogja, úgy, mintha ez valami nyél volna, s melynél fogva a földet gyorsabban körülhajtja. De, ha a hegy a déllőt elhagyta, úgy a hold húzása az előbbivel ellenkező irányban fog hatni; s a hegy most már arra szolgál, hogy a föld körülforgásának gyorsasága ép annyival csökkentessék, a mennyivel előbb növeltetett. És ekként valamennyi, a föld felületén szilárdul álló test hatása semlegessé válik.

697. De tegyük fel, hogy a hegy folytonosan keletre essék a hold déllőjétől; úgy ama húzás a föld forgásával mindig ellenkező irányban történnék, s a föld forgás gyorsasága folytonosan csökkenne, a huzás erősségének mértéke szerint. A dagály hulláma ily helyzetben van, mindig keletre esik a hold déllőjétől; az oczeán vizei, mint valami dörzsfék vagy kerékkötő láncz, végig vonszoltatnak a föld felületén, s az ilyen módjára csökkentik a föld forgás gyorsaságát. Hogy e csökkentés megvan, az bizonyos; de csekélyebb, semhogy észrevehetővé tehette volna magát azon idő alatt, a mióta e tárgyra nézve megfigyeléseket tesznek. Tegyük fel, hogy az árapálylyal malmot hajtatunk s a malomkövek surlódásával hőt létesítünk; ennek a hőnek tökéletesen más eredete van, mint annak, melyet valami hegyi patak által forgatott malomkőpár kifejt. Az első a földforgás rová-

sára fejlik, az utóbbi pedig a napmeleg rovására, mely a hajtó vizet forrása helyére felemelte.*

698. Ezek a nap meteóros elméletének alapvonalai, átvéve Mayer »Dynamik des Himmels« czimű művéből. Szorosan ahhoz tartottam magamat, mit ő mondott s a legtöbb esetben egyszerűen lefordítottam az ő szavait. De e vázlat nem adhat kielégítő fogalmat arról a határozottságról és arról a biztosságról, melylyel Mayer a maga elveit alkalmazta. Igaz okokat hoz fel, s az egyedüli kétely, mely elméletéhez férhet, az ezen okoknak tulajdonítható hatás nagyságára vonatkozik. Én nem állok jót az ő elméleteért; nem is kívánom, hogy önök azt bebizonyítottnak vegyék; mégis, nagy tévedés volna csupán ábrándnak tartani. Nagyszerű e hypothesis, s abban bizonyosak lehetnek, hogy az igazi elmélet — ha már ez, sem jelen, sem más formájában, nem felelne meg a valóságnak — hogy, mondom, az igazi elmélet nem kevésbbé meglepőnek fog tetszeni.**

699. Mayer 1848-ban tette közzé értekezését; öt évvel később s tőle függetlenül Waterston hasonló elméletet kör-

* Dynamik des Himmels, p. 38.

** Mialatt e lapokat elékészítettem a sajtó alá, alkalmam volt Mayer irataiba még egyszer beletekinteni és ez csak újra élesztette bennem az érdeket, melylyel először olvastam azokat. Dr. Mayer gyakorló orvos volt Heilbronn német városkában —; 1840-ben azt észlelte, hogy a lázas betegnek viszeres vére vörösebb a forróöv alatt, mint az éjszakibb vidékeken. E tény képezte kiindulása pontját; fárasztó gyakorlatabeli kötelességek teljesítésével elfoglalva, nem támogatva és nem biztatva hasonrangú szellem által, felbirt emelkedni egymagában a gondolatok azon magaslatára, mely az ő műveiből vett idézetekben az imént nyilvánult. Első művét 1842-ben tette közzé; czíme: „Ueber die Kräfte der unorganischen Natur“; az „Organische Bewegung“ 1845-ben jelent meg; a „Mechanik der Himmelskörper“ 1848-ban és a „Betrachtungen über das mechanische Aequivalent der Wärme“ 1851-ben. Túlfeszített agya ezután meggyöngült, s felleg homályositotta el az oly sokat végzett szellemet. De az árnyék csak átvonuló árnyék volt, s Dr. Mayer ismét egészséges. ***

*** Lásd e mű végén a magyar kiadáshoz készített függeléket.

vonalozott a British Association-nak Hullban tartott gyülésén. A »Transactions of the Royal Society of Edinburgh« 1854-ik évi folyamában egy gyönyörü szép értekezés jelent meg Sir William Thomson tanártól, melyben Waterston vázlatát teljesen kifejti. Waterston úgy vélekedik, hogy a meteórok, melyek a mi jövendőbeli napfényünk számára adják majd az erélykészletet, leginkább a földpályán belül fekszenek s hogy mi azokat e pályán belül látjuk, a zodiakális fény képében, »mint megvilágitott kőzáport, vagy helyesebben mint kőforgatagot.«

700. Sir William Thomson a következő meggyőző érveket hozza fel annak bebizonyitására, hogy chemiai vegyülések elégtelenek a nap hevének létesitésére. Vizsgáljuk meg, mondja, mennyi chemiai erély kellene, hogy ugyan e hatások idéztessenek elé .... Tegyük, mint az imént, hogy a napfelület minden egyes négyzetlábnyi területe részéről kiadott erélynek 2781 hőegység (minden egyes hőegység annyi mint 1390 lábfont; 38. §.), vagyis 3.869,000 lábfont, — azaz 7000 lóerő — felel meg, úgy kitűnik, hogy másodperczenként 0,42 fontnál és óránként 1500 fontnál több szén kellene ugyanannyi melegség létesitésére. Ha már most az egész balti flottának (ezt 1854-ben irta) minden tüze teljes égésében egy vagy két négyzetrőfnyi területre halmoztatnék fel, és ha valamely golyó felületén köröskörül minden egyes négyzetrőfnyi terület igy be volna födve, ugyan honnét kerülhetne be az a légmennyiség, melyet az elégés fenntartása igényelne? Pedig azon hypothesis szerint, mely felett elmélkedünk, fel kell tennünk, hogy a nap csakugyan ily állapotban van. Ha gázalakúak égése terményei, felfelé emelkedésök közben, meggátolnák a szükséges friss levegő odaáramlását; szilárdak vagy folyékonyak pedig (lehetnének ilyenek is, ha a tüzelő valami fém volna), alulról gátolnák meg az elemek odaömlését. A tüz mind a két esetben elfojtatnék, s úgy hiszem, biztosan lehet állitani, hogy az ily tüzet nehány percznél tovább nem lehetne fenntartani, bárhogyan, bárminő elgondolható módon

lenne is a levegő és a tüzelő összejuttatva. Ha a nap égő tömeg, úgy inkább égő lőporhoz kell hasonlítania, mint valamely a levegőben égő tűzhöz. Igen jól elgondolhatunk oly szilárd testet, mely a felületén köröskörül leéghetne és ép oly bőven sugározhatna hőt, mint a nap, feltéve, hogy valamennyi, az égésre szükséges anyagot magában foglalná, és az égés terményei folyvást gázalakúak maradnának. Igy egy roppant nagy golyó lőgyapotból, eleinte hideg levén, ha a felületén meggyujtatnék, tartósan éghetne. Minden befelé fekvő része ugyanis annyira hevittetnék, hogy ez is meggyulna, a mint az égő felület közelednék feléje. Nagyon valószinű, hogy az efféle test lehetne egyideig oly nagy mint a nap, s ép oly bőven is adhatná ki a világító hőt. E hő pedig szabadon sugározhatna a térbe, a nélkül, hogy több nyeletnék el belőle a gázalakú égésterények légkörében, mint a mennyit ama sűrű légkör valóban elnyel a nap fényéből, melyen a nap sugarai áthaladnak. Lássuk már most, mily gyorsan égne le ily test, melynek oly bő a hőbeli kiadása. Az elégetett anyagnak egy-egy fontjára az elégésbeli hőt 4000 hőegységnél aligha becsülhetnők magasabbra, mert hisz a chemiai hatásnak eddig észlelt legnagyobb hőbeli egyenértéke 4000 hőegységnél jóval csekélyebb. Elébb pedig azt találtuk, hogy a napfelület minden egyes négyzetlábnyi területe részéről a kiadás másodperczenként annyi mint 2781 hőegység. E szerint tehát minden egyes négyzetlábnyi területen körülbelül 0,7 fontnak ..... vagyis félláb vastag rétegnek el kellene az égő anyagból fogyasztatnia másodperczenként, és igy 55 angol mérföldnyi vastag rétegnek évenként. Ha pedig e fogyasztás folyton igy tartana, akkor oly nagy tömegnek, mint a mi napunk, 8000 év alatt le kellene égnie. Ha a nap ebben az arányban fogyott volna a múlt időkben, úgy még csak 8000 év előtt is kétakkora átmérőjének, négyakkora hevitő erejének és nyolczakkora tömegének kellett lennie. Egész biztosan következtethetjük ebből, hogy a nap a maga melegét nem kaphatja

chemiai folyamatokból . . . . . s így a tüzelés kérdésében a meteóros elméletre kell térnünk.«

701. Az imént idéztem kitünő physikus később módosította a nap hevének eredetére és fenntartására vonatkozó nézetét. 1854-ben megmutatta, hogy a physikai következtetés ellentmond annak a képzetnek, mely szerint a meteórtömegek bolygórendszerünkön kívül fekszenek. Megmutatta, hogy ez esetben a nap tömegének gyarapodása megrövidítené az évet elannyira, hogy márcsak a lefolyt 2000 év alatt $^1/_8$-ad évvel tévednénk az időszámításban. Ebből azt következtette, hogy a nap számára meleget szállító meteóroknak már jóval előbb a földpályán belül kellett lenniök.

De Le Verriernek a Merkur mozgására vonatkozó vizsgálatai — bár tanúskodnak a nap körül keringő meteoritok létezéséről — azt mutatják, hogy mennyiségök csak csekély lehet. Ennélfogva Sir William Thomson 1862-ben arra a következtetésre jutott, hogy ha a nap hevének valamelyes, említésre méltó része a meteórtömegek jelenleg is tartó lezuhanásának tulajdonítandó, úgy e meteoritoknak egészen közel a nap felülete körül kellene keringeniök. De, ha ott ily tömegek csakugyan lennének, úgy meg igen bajos elképzelni, miként lehetséges az, hogy oly gyér testek, a milyenek az üstökösök, észrevehető erélybeli veszteség nélkül illanhatnak el a naptól, holott az a távolság, melyben a nap felülete mellett elhaladnak, nincs is akkora, mint a nap félátmérő $^1/_8$-ad része. Ez oknál fogva Sir William Thomson azt következteti, hogy habár a napot kisebb tömegek összeütközése alkotta, s habár ezen összeütközésről kimutatható, hogy a jelenleg meglevő kisugárzás mellett, 20 millió évre láthat el bennünket napmeleggel, a nap kiadását, noha azt a gravitáló tömegek mechanikai összeütközése *létesítette*, jelenleg már *nem tarthatja fenn*. A lassú hülést és ennek következtében a kisugárzás állandóságát legnagyobb részt a naptömeg nagy fajhevének kell tulajdonítani.

702. Sir William Thomson tanár első értekezéséből az alább következő érdekes adatokat közlöm. Mutatják pedig ezen adatok azt a hőmennyiséget, mely egyenértékű a napnak saját tengelye körüli forgásával és a bolygók pályabeli keringésével, vagyis azt a hőt, mely létesülne, ha a nap felületén a nap forgását feltartóztató dörzsfék lenne alkalmazva; továbbá azt a hőt, mely megjelennék, ha a bolygók hirtelen meggátoltatnának futásokban a nap körül; s végül azt a hőt, melyet a nehézkedés létesítene, vagyis, mely abban az esetben létesülne, ha minden egyes bolygó beleesnék a napba. A hőmennyiség azon időben van kifejezve, meddig az a nap sugárzását fedezhetné.

	A nehézkedésbeli hő a napsugárzást fedezné.	A keringésbeli hő a napsugárzást fedezné.
Nap		116 év 6 nap.
Merkur	6 év 214 nap	— „ 15 „
Venus	83 „ 227 „	— „ 99 „
Föld	94 „ 303 „	— „ 81 „
Mars	12 „ 252 „	— „ 7 „
Jupiter	32240 „ — „	14 „ 144 „
Saturnus	9650 „ — „	2 „ 127 „
Uranus	1610 „ — „	— „ 71 „
Neptun	1890 „ — „	

703. E szerint, Merkur belezuhanása a napba annyi hőt létesítene, a mennyi majdnem 7 évre fedezné a nap sugárzását, a Jupiteré pedig 32240 évre fedezné a hőbeli veszteséget. Földünk 95 évi pótlékkal szolgálna. A nap körülforgásabeli hő 116 évre fedezné a nap sugárzását, az összes nehézkedésbeli hő pedig — valamennyi bolygónak a napba való zuhanása által létesített hő — 45,589 évre fedezné a sugárzást.

704. Bármi legyen is az imént vázolt elmélet végsorsa, minden esetre nagy lépés, hogy képesek vagyunk kijelölni körülményeket, melyek biztosan létesítenének napot, hogy képesek vagyunk a sötét anyagra ható nehézkedés erejében feltalálni azt a forrást, melyből a csillagos ég ered-

hetett. Mert akár létesítette a napot a mindenségbeli tömegek összeütközése, akár nem; akár legyen ez a kisugárzásnak fenntartója, akár nem; akár legyen a föld belső melege maradék abból a melegből, melyet a hideg, sötét asteroidok összeütközése kifejtett, akár sem; a felett nem lehet kétség, hogy ez az ok csakugyan minősítve van a neki tulajdonított hatások létesítésére. Napfény és napmeleg lappang abban az erőben, mely az almát a földre húzza. A vonzódó tömegeknek csupán helyzetbeli különbsége gyanánt teremtve, a nehézkedés potentiális erélye volt ős-eredeti alakja a világegyetem összes erélyének. A mily bizonyos, hogy az órát járató súlyok legmélyebb állásukig lefutnak s onnét ismét fel nem emelkedhetnek, hacsak új erély nem közöltetik velök, valamely még ki nem apadt forrásból: oly bizonyos az is, hogy évszázadok multával egyik bolygó a másik után közelébb és közelébb kúszik a naphoz. A mint pedig egy-egy közülök néhány százezer mérföldnyire közeledik a nap felületéhez, úgy a sugárzó hő, ha a bolygó még fehérizző, meg fogja olvasztani és párákká változtatni. És ha kéreg képződött is körülötte, s kivül sötét és hideggé vált is, az elitélt bolygó még igy sem kerülheti ki a máglyahalált. Ha a surlódás folytán nem lesz is izzóvá, mint a hulló csillag, midőn átfut a nap légkörén; de a mint először érintkezik a nap felületével, a fény és hő hatalmas fellobbanásának kell létesülnie. Történjék egyszerre, történjék két három ugrás után, — mint a föld vagy viz felületére pattanó ágyúgolyó szökdelése — az egész tömegnek végre is össze kell zúzódnia, megömlenie s ropogás közben elgőzölögnie, egy pillanat alatt ezer és ezer annyi hőt fejlesztvén, mint a mennyit ugyanakkora szén elégése fejlesztene. *

705. Helmholtznak, a kitünő német physiolog, physikus és mathematikusnak kissé eltérő nézete van a nap fénye és heve eredetéről és fenntartásáról. A Laplace-féle köd-hypo-

* Thomson és Tait »Good Words« 1862. október; 606. old.

thesisből indulván ki, felteszi, hogy a ködszerű anyag eleinte rendkívül gyér volt; s kiszámítja azt a hőmennyiséget, mely ez anyagnak a jelenlegi naprendszerré való sűrűdése folytán létesült. Feltéve, hogy a sűrűdő tömeg fajheve egyenlő a vizével, úgy a sűrűdésbeli hő elegendő volna, hogy 28,000,000 C. fokkal emelje a tömeg hőmérsékét. E hő legnagyobb része, az évszázadok folytán, már szétszóródott a világtérbe. A leghevesebb földi égés, melylyel rendelkezünk, a hydrogén és oxygéné; a tiszta oxyhydrogén lángnak 8061 C. fokú a hőmérséke; a levegőben égő hydrogén-lángé 3259 C. fokú, a napszerű ragyogással világító mészfényét pedig 2000 C. fokra becsülik. Vajjon miféle fogalmat képezhetünk magunknak oly hőmérsékről, mely több mint 13000-szer magasabb a Drummond-fény hőmérsékénél? Ha rendszerünk tiszta szénből állana és elégne, úgy az elégés létesítette hő csak $^1/_{3500}$-ad részét képezné annak, mely a ködszerű anyagnak a mi naprendszerünkké való sűrűdése folytán fejlődött. Helmholtz úgy vélekedik, hogy e sűrűdés folyton tart; hogy a nap felületének részei még mindig esnek befelé a nap középpontja felé s így folytonosan hőt fejlesztenek. Számítás útján kimutatja aztán, hogy ha a nap átmérője jelen hosszának csak $^1/_{10000}$-ed részével rövidülne, ez által oly hőmennyiség fejlesztetnék, mely 2000 esztendőre fedezhetné a nap kisugárzását. Ha pedig a nap jelenlegi csekély sűrűségéről a föld sűrűségére tömörödnék, e megsűrűdés oly hőmennyiséggel lenne egyenértékű, mely 17,000,000 évre fedezhetné a nap sugárzását.

706. »De« folytatja Helmholtz, »ha oly roppant nagyok is bolygó-rendszerünk erőkészletei, hogy a folyton tartó kiadások, a mi emberi történetünk ideje alatt, észrevehetően nem is csökkenthették azokat, ha még csak megbecsülni sem lehet azokat az időket, melyeknek el kell múlniok, míg bolygó-rendszerünk állapotában észrevehető változások beállnak, a mechanika kérlelhetetlen törvényei még is az bizonyítják, hogy ama erőkészletnek, mely csak veszteséget szenvedhet,

nyereségben pedig nem részesülhet, végre is el kell fogyasztatnia. Elrémüljünk-e ezen? Az emberek a szerint szokták megitélni a világegyetem magasztosságát és bölcseségét, hogy mily tartamot és mily előnyt igér saját nemöknek; de a földgolyónak már eddig lefolyt története is mutatja, hogy ennek tartamában mily piczinyke pillanatot képez az emberi nem létele. Egy wend agyagedény, egy római kard, melyet a földben találunk, az őskor képzetét gerjeszti fel bennünk; hallgató ámulattal nézzük, a mit Európa muzeumjai Aegyptom és Assyria maradványaiból felmutatnak, s fejünk szédül, ha ily távol fekvő korszak elképzelésére kell magunkat fellódítani; pedig nyilvánvaló, hogy évezredeken át kellett az emberi nemnek már léteznie és szaporodnia, mielőtt a gülák és mielőtt Ninive épülhettek. 6000 évre becsüljük az emberi történetet, de bármily megmérhetetlennek tünjék is nekünk elé ezen időszak, hová marad azon időtlen időkhöz képest melyben a föld embernek még nem, de igen is a jelenben már kihalt, egykor buja és gazdag állati és növényi nemzedékek hosszú sorozatának szolgált lakhelyül; — melyben a mi tájékunkon (Königsberg táján) borostyánfa zöldelt, s becses gyantáját a földbe és a tengerbe csepegtette; mikor Szibéria, Európa és Éjszak-Amerika tájain forróövi pálmaligetek díszlettek, óriási gyikok, később elefántok honoltak, melyeknek hatalmas maradványait a földben eltemetve még most is találjuk. Több geolog, különböző előzményekből kiindulva, megkisértette eme korszak tartamát megbecsülni; az eredmények egy és kilencz millió év között ingadoznak. És az az idő, melyben a föld szerves lényeket hozott létre, ismét csak rövid ahhoz képest, mikor még megömlött kőzetek tekéje volt. Bischoffnak a bazalt hülésére vonatkozó kisérleteiből az következik, hogy tekénknek 350 millió év kelletett, mig 2000 fokról 200 C. fokra hült le. Arra az időre nézve pedig, mely alatt az ős köd gömbje bolygórendszerré sürüdött, legmerészebb gyanitásainknak is el kell hallgatniok. Az eddigi emberi történet tehát csak egy kis habocska az idők

oczeánjában. A szervetlen természetnek nemünk mègmaradására kedvező, mostani állapota, úgy látszik, sokkal több évezredre biztositja nemünk számára a létet, mint a hány évezredet már eddig átélt, úgy hogy utánunk még a nemzedékek hosszú-hosszú sorozatának nincs oka félni. De a föld kérgén még mindig müködnek a levegőnek, a víznek és a vulkáni gyomornak ugyanazon erői, melyek az elébbi geologiai forradalmakat okozták s az életalakok egyik sorát a másik után eltemették. Ezek az erők bizonyára hamarább eléidézik az emberi nem itéletnapját, mint ama távol fekvő mindenségi változások, melyekről elébb szólottunk, s ezek fognak majd bennünket kényszeriteni, hogy talán új és tökéletesebb életalakoknak engedjünk helyet, ép úgy, mint a hogy számunkra és társteremtményeink számára helyet engedtek egykor az óriási gyikok és a mamutok.« *

707. Bolygónknak és a rajta müködő erőknek a nappal való rokonsága különös figyelmet kiván. Sir John Herschel ** a következő nevezetes sorokat irta e tárgyról 40 év előtt: »A napsugarak képezik majdnem valamennyi, a föld felületén végbemenő mozgás végső forrását. Hevök létesiti a szeleket s a légkör villanyos egyensúlyában mindazon háborodásokat, melyek a villám jelenségét s valószinüleg a földdelejességet és az éjszaki fényt is eléidézik. Éltető hatásuk képesiti a növényeket táplálék szedésére a szervetlen testekből, valamint arra is, hogy részökről ember és állat számára táplálékul szolgáljanak s forrásává legyenek ama nagy, erőkészletbeli raktáraknak, melyek széntelepeinkben nyugszanak az ember használatára. Ők okozzák, hogy a vizek a levegőt gőzalakban átjárják, s megöntözik a földet, forrásokat és folyókat alkotván. Ők idézik elé a természet elemeiben a chemiai egyensúlynak mindazon megháborításait, melyek a vegyülések és vegybomlások során keresztül, új terményeket hoznak

* Wechselwirkung der Naturkräfte.
** Outlines of Astronomy, 1833.

létre és anyagcserét keltenek. Maga a szétmállás is, melyet a földfelület szilárd alkatrészei szenvednek s melyből a föld geologiai változásai legfőképen állanak, egyrészt majdnem egészen a szél és az eső gyakorolta lesúrolásnak, a forróság és fagy váltakozásának tulajdonitandó, — másrészt pedig a tengerhullámok folytonos csapkodásának, melyeket a napsugarak gerjesztette szelek mozgatnak. Az ár- és apálynak erre aránylag csekély a befolyása, s némiképen ez is a naptól való. A tengeráramlások — melyeket szintén e befolyás létesit legnagyobbrészt — mint csiszolók csekély hatásúak, de igen is hatalmasan hatnak, mint a már lesúrolt anyag szétosztói és tovaszállitói. És ha tekintetbe veszszük, hogy ez úton mily roppant mennyiségű tömeg szállittatik odább; továbbá azt, hogy ez okból a nyomás az oczeán medrében nagy területeken fokozódik, a szárazföldön pedig a megfelelő részeken csökken: nem lesz nehéz felfognunk, mint törhet ki a földalatti tüzeknek az egyik oldalon lefogott, a másikon pedig felszabadított rugalmas ereje oly helyeken, hol az ellenállás épen csak hogy elegendő visszatartóztatásukra; nem lesz tehát nehéz magát a vulkáni tevékenység jelenségét is a nap befolyásának általános törvénye alá keriteni.«

708. E szép helynek csak az új vizsgálatok zománcza kell, hogy felismerjük benne az erő megtartásáról szóló törvény alkalmazását a szerves és szervetlen testekre. Újabb vizsgálatokból kiderült, hogy a szeleknek és a folyóknak megvan a maguk megszabott hőbeli értékük, s hogy mozgásuk létesitésére a nap melegéből megfelelő mennyiség fogyasztatott el. Mindaddig, mig mint folyók és szelek léteznek, a létesitésökre használt meleg megszünt meleg lenni, mert mechanikai mozgássá lett átalakitva; de ha e mozgás megakasztódik, akkor az a meleg, mely e mozgást létesitette, ismét megkerül. Ha valamely folyó 7720 lábnyi magasságról lefoly, e közben annyi hőt fejt, a mennyi a folyó hőmérsékét 5 C. fokkal emelhetné; s ép ennyi hő vonatott el a naptól, a folyó anyagának azon magasságra való felemelésére,

a melyről az megindult. Míg a folyó a magaslatokon marad, akár szilárd állapotban mint glecscser, akár folyékonyban mint tó, addig az a hő, melyet a nap a folyó felemelésére ráköltött eltűnt a világegyetemből. Elfogyasztatott az emelés cselekedete közben. De a mint a folyó megkezdi lefelé irányult futását, és saját medrében ellenállással találkozik, a felemelésére költött hő is kezd ismét visszapótoltatni. A lelki szem ugyanis magától a hő forrásától kezdve nyomozhatja a hő-sugárzást, a mint rezgő mozgás alakjában az éteren át egészen az oczeánig terjed; a mint e helyen megszűnik mint rezgés, s lehetséges erélylyé alakul a vízgőz tömecsei között; és tovább nyomozhatja, mint kerül ismét elé az a hő, mely az elpárologtatásnál elnyeletett, a hegyek csúcsain végbemenő sűrűdés közben; holott az a hő, melyet a nap a víznek jelen magasságára való f e l e m e l é s é r e ráköltött, még mindig pótolatlan marad. Visszafizeti ezt is az utolsó hőegységig a surlódás a folyó és a meder között; a surlódás a vízesés fenekén, mely a víz zuhanását hirtelen feltartóztatja; visszafizeti a folyó által mozgatott gép megmelegedése; a malomkő szikrája; a bányász zúzóműve; az alpesi fűrészmalom; a svájczi châlet köpülője; s ama bölcső talpa, melyben a hegyi lakos víz erejével ringatja álomba gyermekét. Az imént említett mechanikai mozgások mind nem egyebek, mint dirib-darabjai annak a melegségbeli mozgásnak, mely eredetileg a naptól származott; s mindenütt, hol a mechanikai mozgás csökkent vagy elpusztult, a nap melege az, mely így megint előkerült.

709. Eddig a nap szülte és közlötte látható mozgásokkal és erélyalakokkal foglalkoztunk; vannak azonban egyéb mozgások és egyéb erélyek, melyek között nem oly szembeötlők a vonatkozások. A fák és egyéb növények a földön nőnek, s ha elégnek, hőt fejtenek, melylyel a mechanikai erőnek roppant mennyisége idézhető elé. Mi ezen erélynek a forrása? Sir John Herschel általánosságban felelt meg e kérdésre, Mayer és Helmholtz pedig megállapitották szabatos

vonatkozását a megmaradás egyetemleges törvényéhez. Megkisérlem egyszerű szavakba önteni feleletöket. Látják e vasrozsdát, ez úgy keletkezett, hogy a vas és az oxygén atómjai egymásra zuhantak. E szénsav gázt, mert átlátszó, nem láthatják ugyan, de tudják, hogy szénnek és oxygénnek a vegyülése alkotta. Ez atómok, igy vegyülve, földön nyugvó súlyhoz hasonlítanak; kölcsönös vonzódásuk ki van elégitve. De a mint a súlyt felhúzhatom, hogy az esésre újra előkészitsem; ép igy »felhúzhatók«, egymástól elválaszthatók az atómok is s ekként alkalmasakká tehetők a vegyülésbeli folyamat ismétlésére.

710. A szénsav az az anyag, melytől a növény szene származik, s a viz az, melytől hydrogént kap. A napsugár felhúzza a súlyt; a napsugár a működő, mely az atómokat elválasztja, az oxygént szabaddá teszi s a szenet meg a hydrogént fa-rosttá keriti össze. Ha a nap sugarai homok borította térségre esnek, a homok megmelegszik s végre annyi meleget elsugároz, a mennyit kap; de ha ugyanazok a sugarak erdőre esnek, úgy a kiadott meleg az átvettnél csekélyebb, mert a napsugarak egy része a fák alkotására lesz befektetve. Azt már láttuk fentebb, hogy miként fogyasztódik a hő, midőn a testatómok erőszakosan elválasztatnak egymástól, s hogy miként kerül elő, ha a szétválasztott atómok vonzalma ismét szerepre jut.* A mint akkor a hőről elmélkedtünk, szakasztott olyan elmélkedést alkalmazhatunk most a fényre is, mert itt a napfény az, melynek rovására a vegybomlás történik. Nap nélkül a szénsavnak és a víznek felbontása nem eszközöltetnék; s e művelet közben annyi naperély fogyasztódik el, a mennyi a véghezvitt tömecsbeli munkával épen egyenértékü.

711. Az elégés visszája a felbomlásnak, s midőn a növény elég, a beléfektetett erély hő alakjában újra tisztára megjelen. Meggyujtom e darabka gyapotot, fellobban; az

* V-ik fejezet.

oxygén ismét vegyül a maga szenével s e közben annyi hő kerül elő, mennyit eredetileg a nap e darabka gyapot alkotására áldozott. A széntelepeinkben felhalmozott »erőkészletbeli raktárakkal« is ugyan így áll a dolog; e készlet semmi egyéb, mint a napsugarak erélye potentiális alakban. Bányáinkból évenként 84 millió tonna szenet ásnak ki; e szén munkabeli egyenértékének majdnem mesés a nagysága. Egyetlen egy font szénnek egy percz alatti elégése egyenlő 300 lónak ugyan annyi idejű munkájával. 108 millió lónak egy éven át, éjjel nappal kellene dolgoznia lankadatlan erővel, hogy azzal az erélylyel egyenértékű munkát tegyen meg, melyet a nap a szénkorszak tartama alatt a mi egy évi széntermelésünkbe befektetett.

712. Mennél tovább nyomozzuk e tárgyat, annál érdekesebbnek és csodálatosabbnak tűnik az elé. Hallották, hogy a csupa nehézkedés ereje miként létesíthet napot, s hogy hideg, sötét, bolygóféle testeknek ütközéséből a mi középponti égi testünknek és az álló csillagoknak fényét és hevét előkeríthetjük. Itt meg azt találjuk, hogy azok a physikai erők, melyek a nehézkedésnek a holt anyagra gyakorolt hatásából származtak vagy abból származtathatók, az életerő kérdésének gyökere gyökerén is jelentkeznek. A nap fényében és hevében a növényi élet igazi ős forrására bukkanunk.

713. De még a növényvilágnál sem állapodhatunk meg, mert hisz ez forrása közvetetlenül vagy közvetve minden állati életnek. Némely állatok egyenest a növényekből táplálkoznak, mások pedig növényevő társteremtményeikből táplálkoznak; és így a tövére menve, végre is valamennyi a növényvilágból merít életet és erélyt; valamennyi tehát, mint Helmholtz megjegyzi, a naptól vezetheti le származását. Az állati testben a szén és a hydrogén ismét oxygénnel kerül érintkezésbe, melytől az előtt elváltak s melynek most a tüdő a szállítója. Visszacsatlakozás jő létre, s az állati meleg lesz az eredmény. A bennünk és a közönséges tűzben végbemenő elégés között, a hevességen kivül, nincs egyéb

különbség. Az égés terményei mind a két esetben ugyanazok: szénsav és víz. A kérdés physikai oldalát véve, a növény alkotása az óra felhúzásával, az állat alkotása pedig lejárásával analog. Ez a természet rhythmusa a növényi és állati életben.

714. De nincs-e az emberi testben valami, a mi ezt felszabadítaná a szükségszerűségnek azon láncza alól, melyet a megmaradás törvénye a szervetlen természet körül füz? Nézzenek két egyforma egészségü és egyforma testalkotású férfiút a hegy oldalán; az egyik fáradtan rogy a földre s felhagy a kisérlettel, mig a másik eltökélt erélylyel eléri a csúcsot. Nincs-e ez esetben teremtő ereje az akarásnak? Physikailag véve, ugyanaz a törvény uralkodik abban, a mit a gőzgép, és abban, a mit a hegymászó véghez visz. Minden egyes font fejében, melyet a gép emel, egyenértékü mennyiség tünik el a gép melegéből; minden egyes lépés fejében, melyet a hegymászó fölfelé tesz, teste annyit veszit a maga melegéből, a mennyi teste súlyával és a lépése közben meghaladt magassággal együttesen arányos. A szilárd akarat meríthet a táplálék szülte physikai erélyből, de *teremteni* semmit sem bir. Az akarat functiója a *felhasználás* és *igazgatás*, de nem a teremtés.

715. Az imént mondottam, hogy mig a hegymászó a magasba megy, hő tünik el testéből; ugyanez az állítás alkalmazható a dolgozó állatokra is. Ebből pedig, úgy látszik, az következnék, hogy a testnek a felmászás vagy a munka közben meg kellene hidegülnie, holott az általános tapasztalás azt bizonyitja, hogy megmelegszik. E látszólagos ellenmondás abban a tényben leli magyarázatát, hogy az izmok megfeszitése gyorsabb lélegzést és fokozott chemiai tevékenységet von maga után. A fújtatók, melyek a belső tüzbe oxygént hajtanak, gyorsabban járnak; s igy, ámbár csakugyan tünik el meleg a mint felmegyünk, e veszteséget a chemiai folyamatok fokozott tevékenysége fölösen födözi.

716. A hővillanyoszlopot némiképen módosítván, Becquerel és Breschet bebizonyították, hogy az izomban, ha összehúzódik, hő fejlődik. Billroth és Fick szintén azt találták, hogy a tetanusban meghalt egyének izmainak hőmérséke néha 6 C. fokkal is magasabb a szabványos hőmérséknél. Helmholtz bebizonyította, hogy a holt béka izma, ha összehúzódik, meleget fejleszt. Ludwig és bécsi tanítványai, az összehúzódás befolyására nézve, rendkívül fontos eredményt találtak. Tudják, hogy az üteres vér meg van rakódva oxygénnel. Ha e vér oly izmon foly át, mely rendes, összehúzatlan állapotában van, úgy a vér viszeres vérré alakul, mely még $7\frac{1}{2}$ százalék oxygént megtart magában. De, ha az üteres vér *összehúzódott* izmon megy át, majd minden oxygénjétől megfosztatik, a megmaradt oxygénmennyiség sok esetben csak $1\frac{1}{2}$ százalékra rúg. De, ha a dolgozó izomban az elégés fokozódik, úgy ennek eredménye az, hogy a tüdő által kilélegzett szénsav mennyisége is gyarapszik. Dr. Edward Smith megmutatta, hogy e gáznak nagy erőmegfeszítéskor kilehelt mennyisége ötszörakkora, mint azé, mely nyugváskor lehelődik ki a tüdőből.

717. Ha már most a test hőmérsékét munka által fokozzuk, a keletkezett hőtöbbletnek csak *egy része* használódik munkavégzésre. Tegyük fel, hogy bizonyos táplálékmennyiség az ember testében nyugalom közben oxydálódik, az így keletkezett hőmennyiség tökéletesen ugyanannyi, mint a mennyi a tápláléknak közönséges tüzön való, közvetetlen elégésekor keletkeznék. De tegyük fel, hogy e táplálék oxydálódása olyankor történik, mikor az ember munkát végez, úgy a testben támadt meleg csekélyebb annál, melyet a táplálék közönséges elégetése adna. Hiányzik belőle a kifejtett munkával egyenértékü hőmennyiség. Ha e munka, például, dörzsölés általi hőfejlesztésben állana, úgy az a hőmennyiség, melyet e közben testünkön kívül fejlesztenénk, tökéletesen egyenlő lenne azzal, a mennyivel testünkben kevesebb van, hogy megüsse a közvetetlen elégetés által keletkező hőmennyiséget.

718. E szerint könnyü már most meghatározni azt a hőmennyiséget, melyet a hegymászó elfogyaszt, míg testét bizonyos magasságra felviszi. Könnyen öltözve, én 145 fontot nyomok; vajjon mennyi hőt fogyasztok el, ha a tenger színéről a Mont-Blanc csúcsára felmegyek. A hegy magassága 15,744 láb, s testemnek minden egyes fontja, melyet 772 lábnyi magasságra felviszek, annyi hőt fogyaszt, a mennyivel egy font víz hőmérsékét 1 F. fokkal lehetne emelni. Ha tehát 15,774 lábnyi, azaz körülbelől $20^1/_2 \times 772$ lábnyi magasságra hágok, annyi hőt fogyasztok, a mennyi $20^1/_2$ F. fokkal emelhetné 145 font víz hőmérsékét. Ha másrészt a hegy csúcsáról egész a tenger színéig lecsuszszanhatnék, a leszállás közben kifejtett hőmennyiség tökéletesen egyenlő lenne azzal, melyet a felmászás közben elfogyasztottam. Nem egyízben fordítottam már figyelmöket a tömecserők erélyére, s itt e tárgy újra előbukkan. Érzésünk szerint mérve, nagy az az erőfeszítés, melyet a Mont-Blanc csúcsának elérése kíván; pedig körülbelül két unczia szén elégése megadhatná azt az erélyt, mely e munkát véghez viszi. Kitünő gőzgépben a felhasznált hőnek körülbelül egy tizedrésze alakul át munkává; a többi kilencz tizedrész a levegőnek, a sűritőnek é. u. t. adatik át; veszendőbe megyen. Az ép, erős hegyi lakos esetében pedig egy ötödrész alakul át munkává abból a hőből, melyet táplaléka oxydálódásának köszön. Mint dolgozó gép az állati test tehát a gőzgépnél sokkal tökéletesebb.

719. Egyébiránt látjuk, hogy ezen erőket a gőzgép és az állatok ugyanabból a forrásból veszik, vagy vehetik. Gőzgépet hajtathatunk a táplálékul használt anyagok közvetetlen elégetése által is, s ha gyomrunk úgy volna berendezve, hogy a szenet megemészthetnénk, úgy a mint Helmholtz* megjegyezte, ezen anyagból is meríthetnők erélyünket. Az általános törvény, mely mindezen elmélkedésekben változatlanul helyt állott, az, hogy s e m m i s e m t e r e m t e t i k.

* Phil. Mag. 1856, vol. IX, p. 510.

Nem létesíthetünk mozgást, mely egyidejűleg egy másik mozgásnak kioltásával karöltve ne járna. És bármily bonyolódott is az állatok mozgása, bármily változások alá esnek is a táplálék tömecsei a mi testünkben, az állati élet összes erélye mind a mellett csak abban áll, hogy a széneny, hydrogén és nitrogén atómjai az oxygén atómjaira, melytől a táplálékban szét voltak választva, lezuhannak mindaddig, míg egymással vegyülve a testünkből kitakarodnak. De, mi tette képessé a szenet és a hydrogént e lezuhanásra? Mi választotta el az atómokat, hogy csatlakozásuk ismét lehető legyen? Tudjuk már — a nap. Az állati meleg a nap rovására készül és az állati mozgás is az ő rovására megy végbe. Nem csak azért hül a nap, hogy tüzeink legyenek, hanem azért is, hogy a magunk mozgására erőt szállítson.

720. Oly roppant fontosságú e tárgy, s oly bizonyosan rá fogja sütni a természettudományi gondolkodás jövendőbeli fejlődésére a maga bélyegét, hogy még kissé tovább is kell nála időznöm. Megkisértem, hivatkozván analog műveletekre, hogy világosabb képzetet adjak önöknek a szerepről, melyet a nap az életfolyamatokban játszik. Mechanikai úton felemelhetjük a vizet magasabb szintájra; s e víz, midőn saját nehézségénél fogva alászáll, különféle alakokat ölthet, s különféle mechanikai munkát végezhet. Eshetik zuhatagokban, felszökhetik ugró kutakban, sodródhatik örvényekben, vagy folyhat csendesen a maga rendes ágyában. Azonfelül, ha akarjuk, forgathat kerekeket, emelhet pőrölyöket, őrölhet gabonát, vagy verhet czölöpöket. Erő azonban a víz lejutása közben nem t e r e m t ő d i k. Mindazon erély, melyet e víz szolgáltat, csak eldarabolása és szétosztása ama eredeti erélynek, mely a vizet a magasba emelte. Ép így a mi az óra bonyolódott mozgásait illeti: e mozgások mind attól a kéztől származnak, mely az órát felhúzta. Ép így a köztárlaton kiállított kis madár éneke, mesterséges szerveinek reszketése, a légrezgések, melyek dallamként érték a fület, parányi szárnyainak lebegése és a csinos automat minden egyéb

mozgása attól az erőtől származott, mely felhúzta. Nem ad egyebet, mint a mit kapott. Ebben a bizonyos értelemben — be fogják látni — az ember és az állatok erélye is csak eldarabolása és szétosztása azon erélynek, mely eredetileg a napból indult ki. A növényben, a mint már megjegyeztük, a szétválasztás vagy — hogy úgy mondjam — a felhúzás megy végbe; az állatban a hydrogén, nitrogén és szén lezuhannak oda, honnan kiindultak, s e közben föllépnek az életerők jelenségei.

721. De a kérdés még nincs kimeritve. A víz, melyről első példánkban szólottunk, hozza létre lefolyása közben az említett mozgásokat, de a mozgás *alakja* a víz útjába állított gépezet minőségétől függ. Ép igy határoznak a napsugarak primär hatása felett azok az atómok, és azok a tömecsek, melyek a sugarak erélyén megosztoznak. Tömecserők szabják meg az *alakot*, melyben a nap erélye meg fog jelenni. Az atómgépezet egyik esetben úgy irányozza ezt az erélyt, hogy káposztafejet alkosson, más esetben pedig úgy, hogy tölgyfa formálódjék. Ugyanez áll a szénnek és oxygénnek újra egyesüléséről; egyesülések *alakját* az a tömecsgépezet határozza meg, melyre az egyesitő erő hat. Egy esetben a hatás ember formálódását, más esetben szöcske formálódását eredményezheti.

722. Testünk anyaga ugyanaz, mely a szervetlen természeté. Nincs anyag az állati szövedékben, mely eredetileg nem a kőzetekből, a vízből és a levegőből származott. És a szerves anyag erői más fajták-e, mint a szervetlené? Az egész mai természettudomány tagadó válaszra késztet s törekszik megmutatni, hogy a szerves világban az életképesség csodája és titka oly erőknek irányozásában és összetételében áll, melyek a szervetlen világban hasonlóképen előfordulnak.

723. Midőn azon anyagi vegyülésekről szólunk, melyek az ember testének és agyvelejének alkotását eredményezik, lehetetlen, hogy az öntudat és a gondolkodás jelenségeire is ne vessünk legalább egy oldalpillantást. A természettudomány merész kérdéseket vetett föl s kétséget nem szenved, hogy

vet föl még többet is. Bizonyára fognak problémák jelentkezni a jövendő kor fiainál, melyeket, ha ma tűzetnének ki, a legtöbb ember őrültség sarjadékának tartana. Különben, lássék bár határtalannak a tudomány haladása és fejlődése, van számára egy elérhetetlen tartomány, van egy határvonal, melyet még csak meg sem érinthet. A bolygók tömege és távolsága adva levén, következtetést vonhatunk a kölcsönös vonzódásaikból származó háborokra. A víz, a levegő vagy az éter megrezzentésének mivolta adva levén, a közeg tulajdonságaiból levezethetjük a részecskéire gyakorlott hatást. Mindezekben physikai törvényekkel van dolgunk, s értelmünk szabadon követheti a fonalat, mely e jelenségeket elejöktől végökig összefűzi egymással. De, ha ily ösvényen haladva, megpróbálkozunk a physika országából átlépni a gondolatéba, oly problémára bukkanunk, mely nem csak jelen erőinket, hanem azoknak minden kigondolható fejleszkedését is túlszárnyalja. Gondolkozhatunk e tárgyról folyvást és folyvást — kisiklik az minden értelmi elképzelés alól. Az anyagi világ eredete is ép oly kipuhatolhatatlan. Igy, ha kimerítjük is a tudományt és ha el is érjük szegélye szegélyét, a valódi titok, a lét titka még mindig csak messziről fog látszani. És igy fog az messziről látszani mindenha — túlontúl az emberi értelem határán —, a következő századok költőinek jó alkalmat adván kijelenteni, hogy

Oly anyagból vagyunk,
Melyből az álmokat szövik, s parányi éltünket
Alvás környezi.

724. És mégis, ha helyesen állíttatnak lelkünk elé, a mai tudomány felfedezései és általánosításai magasztosabb költeményt képeznek, mint minőt emberi phantázia valaha alkotott. A mai természetbúvár oly eszmékben élhet, melyekhez képest Miltonéi egészen eltörpülnek. Nézzék a mi világunk összesített erélyeit — széntelepeink halomba rakott erejét; szeleinket és folyamainkat; hajóhadainkat, hadseregeinket és

lövegeinket! Mik mindezek? A nap erélyének oly darabkájától nyerték létöket, mely nincs is $^1/_{2,300,000,000000}$-od része az egésznek. Ez a rész az, mit a nap erélyéből földünk felvesz, s mi ennek is csak kis részét alakítjuk át mechanikai erélylyé. Milliókkal és milliókkal sokszorozhatjuk összes hatalmunkat, még sem érjük el a nap kiadását. És mind a mellett, e roppant nagy lecsapolás daczára, az emberi történet ideje alatt nem vehettük észre készlete apadását. Ily erőtár, még ha a legnagyobb földi mértékkel mérjük is, végtelen; de szabadalmunk van túl emelkedni e mértékeken, magát a napot is úgy tekinteni, mint foltocskát a végtelen térben, mint cseppet az egyetemleges tengerben. Birjuk elemezni a tért, melybe meritve van s mely erejének vivője. Átmehetünk más rendszerekhez és más napokhoz, melyeknek mindenike árasztja az erélyt, úgy mint a mienk; de a nélkül, hogy megsértené egy is a törvényt, mely a változások közepett változhatatlanságot tár föl, mely ismer szakadatlan átruházást vagy átalakulást, de végleges nyereséget vagy veszteséget nem. E törvény Salamon mondását, semmi sem új a nap alatt, általánosítja, megtanítván bennünket a jelenség-alakok végtelen változatosságában mindenütt ugyanazt az egy eredeti erőt felismerni. A természet erélyének összege állandó mennyiség; s a legfőbb, mit ember a természet törvényeinek kutatásában, vagy a physikai ismeret alkalmazásában tehet, az, hogy a soha nem változó egésznek alkatrészeit átöltözteti, feláldozván egyet, midőn létesíteni kiván másikat. A megmaradás törvénye szigorúan kizárja úgy a teremtést, mint a megsemmisítést. Hullámok fodrokká és fodrok hullámokká alakulhatnak, — nagyság helyt állhat sokaságért és sokaság nagyságért —, asteroidok napokká egyesülhetnek, napok befektethetik erélyöket növény- és állatvilágokba, s a növény és állatvilágok párákká oszlódhatnak, az erély árama örökké ugyanaz. Hömpölygése zenéje évezredről évezredre szól, s a physikai élet nyilvánulásai, valamint a physikai jelenségek tárlatai nem egyebek, mint rhythmusának hanglejtései.

XV. FEJEZET.

A RÖVID REZGÉS-TARTAMU ÉTERHULLÁMOK HATÁSA A LÉGNEMŰ ANYAGRA. — FELLEGEK ALKOTÁSA FÉNYNYEL VALÓ SZÉTBONTÁS ÁLTAL. — SZÍNELŐIDÉZÉSE KIS RÉSZECSKÉK ÁLTAL. — FÉNYSARKÍTÁS KÖDSZERŰ TÖMEGEK ÁLTAL. — AZ ÉG KÉK SZÍNE ÉS FÉNYE SARKULTSÁGA.

725. A föntebbiekben előterjesztettem önöknek azon főbb vizsgálataim kivonatát, melyek az utolsó tiz évben kötötték le figyelmemet. E vizsgálatok közben fő törekvésem az volt, hogy a prizmai szinkép hosszabb hullámait a tömecsbeli állapot tolmácsává és leleplezőjévé tegyem. A XIII-ik fejezetünk számára úgy nyertük az anyagot, hogy a látásra való hullámokat külön szürtük azoktól, melyek a látásra nem valók; az után összetorlasztottuk a hosszabb hő-hullámokat, hogy képességet kapjanak valamennyi fénybeli tünemények eléidézésére. Melloni és Knoblauch szép munkálataitól eltérőleg, mi a sugárzó hőt nem czélnak, hanem eszköznek tekintettük. Megkisértettem a tömecsekről és alkotó atómjaikról oly képeket állitani lelkem elé, melyek a tudomány jelen állapota szerint valószinüeknek látszanak, s megkisértettem a fényvivő éterről és mozgásairól oly képeket állitani lelkem elé, melyeket a fény hullám-elmélete szerint magunknak alkothatunk, és végre e képzetek alapján megkisértettem oly experimentalis kutatásokat tenni, melyek a tömecsszerkezetre nézve biztosabb és megbizhatóbb támaszpontokat szolgáltathatnának.

726. E kutatások azon eredményei között, melyeket önök most már ismernek, egyik az a hirtelen változás, mely

a közönséges anyag és az éter vonatkozásai között a chemiai vegyülések beálltával létre jő. Ha változatlanul tartjuk is mennyiségét és elemi alkatát azon anyagnak, melyen az éterhullámok áthatolnak, mind a mellett lényegesen megváltozhatik a letartóztatott hullámmozgás mennyisége, mihelyt bekövetkezik a chemiai vegyülés cselekedete. Feltéve, például, hogy nitrogént és oxygént, súly szerint a 7 és 4 viszonyában, mechanikailag összeelegyítünk; e keveréken a sugárzó hő csak úgy átmegy, mint az ürességen. De a mint az oxygén és a nitrogén nitrogén-oxydullá — kéjgázzá — vegyül, minden esetre ezer-annyira növekszik a letartóztatott hő mennyisége. Ép igy, ha nitrogént és hydrogént 14 és 3 súlyviszonyában mechanikailag összeelegyítünk, a sugárzó hőnek az a mennyisége, melyet ebben az állapotban elnyelnek, ezred-, sőt talán milliomad-része sincs annak a hőmennyiségnek, melyet elnyelnek, mihelyt ammoniakká vegyültek. Hogy a levegő, melyet lélegzünk, mechanikai keverék és nem vegyület, ezt egyetlen egy kisérlet sem bizonyitja be oly határozottsággal, mint épen az, mely megmutatja, hogy a levegő, csakúgy mint az ür, a hősugaraknak szabad átmenetet enged.

727. De azok a tömecsek, melyek úgy, mint az ammoniak vagy a kéj-gáz, az éterhullámokat letartóztathatják, szükségképen összerendülnek e hullámok csapása alatt, sőt talán szét is bomlanak. Hogy a közönséges hőmérői meleg chemiai változásokat képes létrehozni, ez a legközönségesebb tények egyike. A sugárzó hő is, ha eléggé erős és elegendő mohósággal nyeletik el, a közönséges hőmérői meleg valamennyi hatását szintén létesitheti. Azok a sötét sugarak, például, melyek a platinát fehér-izzóvá tehetik, képesek, ha elnyeletnek, az izzó platina chemiai hatásait is létesiteni. Szétbonthatnák például a vizet ép úgy, a mint most a vizet egy pillanat alatt felforralják. De a vizbontást ez esetben csak az eszközölné, hogy a sugárzó hő tulajdonképen a hőmérői meleg alakját öltötte fel. E folyamatban semmi sem

fordulna elő, ami a sugárzásra nézve jellemző lenne, semmi olyas, a mi a sugárzást e vegybontásban lényeges kelléknek tüntetné elé.

728. Azon chemiai hatásokat, melyekre a sugárzás lényegesen szükségesnek látszik, leginkább a szinképnek kevésbbé erélyes sugarai idézik elé. Igy a photographiai készülékben a melegség góczpontja valamivel előbbre esik a chemiai hatás góczpontjánál, s ez utóbbi, bár nagyon hatásos a fényirás különös czéljára, még is végtelenszer csekélyebb mechanikai erélynek van birtokában, mint a vele szomszédos melegségi góczpont. A mechanikai erély függ azon individuális részecskék rezgésének tágasságától vagyis amplitúdjától, melyek az éterhullámot alkotják. A hőhullámok rezgési tágassága temérdekszerte nagyobb a chemiai hullámoknál; s ennél fogva a vegybontás nem annyira a rezgéstágasság, mint inkább a a rezgéstartam teendője. A rövidebb és gyöngébb hullámok szapora mozgásai oly vonatkozásban állanak az atómok rezgési tartamával, hogy azok — valamint a gyermek taktusszerű lökései a hintán — sommázódhatnak, mig végre magukat az atómokat szerteröpitik, s ekként létrehozzák azt, mit chemiai szétbontásnak nevezünk.

729. A tömecset alkotó atómok e szerte röpitése az, mit a mai előadásban vizsgálgatni fogunk. Előbbi kutatásaink a hosszú hullámok hatására vonatkoztak; a maiak a rövid hullámok azon hatására fognak vonatkozni, melyet légnemű anyagra gyakorolnak. Különböző fajta gőzöket üvegből készült kisérleti csőbe bocsátottam, melynek három láb volt a hossza s vagy három hüvelyk az átmérője. A gőzök többnyire egészen átlátszók voltak; a velök megtelt cső ép oly üresnek látszott, mint nélkülök. Egy-két esetben azonban valami fellegféle mutatkozott a csőben. Ez egy pillanatra aggodalomba ejtett, mert nem tudtam, vajjon az előbbi kisérleteimben nem tulajdonitottam-e a tiszta fellegtelen gőzöknek oly hatásokat, melyek talán a most észrevett ködféléktől eredhettek. Különben, úgy is meg-megujuló aggodalom a természet

vizsgálójának rendes lelki állapot; ez készti őt a pontosabb vizsgálatra, a nagyobb szabatosságra s ennek következtében gyakran új felfedezésre is. Csakhamar kitünt, hogy azokat a ködöket, melyeket a sugár elárult, maga a sugár *létesítette*. E megfigyelés új kaput nyitott azokba a régiókba, melyek az érzékeknek hozzáférhetetlenek, de melyek a természetvizsgáló szellemi életének nagy részét lebilincselik.

730. *Mik* azok a gőzök, melyekről szólottunk? *Tömecsek*, vagyis az anyag parányi tömegeinek halmazai, s minden tömecs ismét halmaza még parányibb részeknek, melyeket *atómoknak* nevezünk. A vízgőz, például, két hydrogén-atóm és egy oxygén-atómból áll. Az ammoniak tömecse három hydrogén-atómból és eg nitrogénatómból áll; és így van ez a többi anyagoknál is. A tömecsek tehát, melyek már magukban véve megfoghatatlan parányiak, még parányiabb külön részecskékből épülnek. Midőn tehát összetett gőzről van szó, a felőle alkotandó értelmi ábra a tömecseknek kapcsolatlan halmaza legyen, melyek bár igen közel vannak egymáshoz, de mégis egyes atómcsoportokból állanak, melyek még közelebb esnek egymáshoz. Ennyit a gőz fogalmában szereplő *anyagról*. *) Ehhez most még a *mozgás* eszméjét kell hozzácsatolnunk. A tömecseknek, mint *egészeknek*, megvan a maguk mozgása; alkotó atómjaiknak is megvan a maguk mozgása, függetlenül a tömecsekétől; ép úgy a mint a föld felületén végbemenő különfajta mozgások is függetlenek bolygónk pályabeli keringésétől.

731. A gőztömecseket oly erők tartják szerte, melyek ha nem is lényegökben, de hatásuk szerint taszító erők. E rugalmas erők és a gőzre feszülő légköri nyomás között beáll

* Newtonnak, úgy látszik, az volt a véleménye, hogy a tömecsek láthatók lesznek a mikroskóp alatt, de az atómokról alkalmasint más volt a véleménye. Igen finomul ezeket jegyzi meg: »azt tartom, lehetetlen látni a természet rejtettebb és nemesebb képződményeit a testecskéken belül, mivel átlátszók«. (Herschel »On light« pag. 1145.)

az egyensúly, mihelyt a tömecsek kellő távolságban vannak egymástól. Ha, ez után, a tömecseket valami pillanatnyi erő összébb tereli, a tömecsek újra elpattannak egymástól, a mint az az erő megszűnik működni. Ha pedig amahhoz hasonló erő által szélyelebb választatnak, ismét visszakerülnek egymáshoz, a mint az erő megszűnik működni. A tömecseket alkotó atómoknál máskép áll a dolog.

732. És itt engedjék megjegyeznem, hogy azon a legszélsőbb határon vagyunk, melyet a tömecsek physikája ekkorig elért. Megkisértem most oly képzetekhez szoktatni szellemöket, mely képzetek még a vegyészeknél sem jöttek általános forgalomba, sőt melyeket többen közülök tarthatatlanoknak itélnek. Tarthatatlanok, vagy nem tarthatatlanok; de az bizonyos, hogy taglaltatásuk a tudományra nézve a legnagyobb fontosságú. Tekintsük meg tehát képzeletben az atómokat úgy, a mint tömecsekké csoportosulnak. Minden atómot taszító erő tart távol szomszédjaitól; de ha így van, vajjon miért nem válnak el az az egymást kölcsönösen taszító társak? Im a tömecsek *elválnak* egymástól, ha a külső nyomás csökken vagy megszünik; miért nem cselekesznek az atómok is épen így? Az együttmaradásnak oka az, hogy *két* erő, vonzó és taszító, van hatásban két-két atóm között; s e két erő egyensúlya szabja meg minden egyes atómnak a maga állását s többi társaitól való távolságát. Ha az atómok nagyon közel kerülnek egymáshoz, úgy a taszító erő túlnyomó s szertébb hajtja őket egymástól; ha pedig nagyon messzire, úgy meg a vonzás a túlnyomó s ismet összébb tereli őket. Az a pont, melyen a vonzás és a taszítás egyenlő egymással, az atóm *egyensúlyi helyzete*. Ha nincsenek absolut hidegben — már pedig a természet azon zugában, hol mi vagyunk, absolut hideg sehol sem létezik — úgy az atómok mindig rezgedeznek, *folytonosan ide oda rezegvén egyensúlyi helyzeteik körül*.

733. Az ily alkotású gőzbe most már beeresztünk egy fénynyalábot? De mindenekelőtt mi az a fénynyaláb? Tudják,

hogy az megszámlálhatatlan hullámok sora, melyek abban a majdnem végtelen gyér és rugalmas közegben keletkeznek és terjeszkednek, mely a tért betölti s melyet mi éternek nevezünk. Tudják továbbá, hogy e fényhullámoknak nem egyenlő a nagyságuk, vannak közöttük hosszabbak és magasabbak; tudják, hogy a hullámok, akár rövidebbek akár hosszabbak, egy gyorsasággal rohannak odább, ép úgy, mint a hosszú és a rövid hanghullámok is a levegőben; s hogy ez oknál fogva a rövidebb hullámoknak szaporábban kell egymásra következniök, mint a hosszabbaknak. Tudják, hogy a különböző szaporaság, melylyel a fényhullámok a reczehártyához vagy látó ideghez ütődnek, kelti öntudatunkban a *szinbeli* különbségeket; tudják, hogy van számtalan sok hullám, melyek a napból és más világító testekből kiindulva, reczehártyánkhoz eljutnak ugyan, de mégis képtelenek bennünk fényérzetet gerjeszteni; tudják, hogy a hullámok, ha hosszuk egy bizonyos határon túllép, vagy ha egy bizonyos határon alulmarad, nem szülhetnek látást. Különösen emlékezetben tartandó, hogy a képesség: *fényt* gerjeszteni, nem függ annyira a hullámok *erősségétől*, mint inkább *ismétlődésök szaporaságától*.

734. Már most birtokában vannak mindazon képzetek elemeinek, melyekkel az alábbiakban dolgunk lesz. Látják, hogy ámbár oly dologról szólunk, melyek egészen kívül esnek az érzékek körén, maguk a képzetek mind a mellett oly tisztán *mechanikaiak*, mintha csak az anyagnak közönséges tömegei, vagy mintha észrevehető nagyságú hullámok forognának szóban. Nem gondolom, hogy igazi tudományos fő mai nap még lényeges különbséget tegyen chemiai és mechanikai tünemények között. E tünemények, csak a közreműködő tömegek nagysága tekintetében, különböznek egymástól; de hisz ez értelemben a csillagtan körébe vágó tünemények is különböznek a közönséges mechanikába tartozóktól. Valószinű, hogy a jövendő kor természetvizsgálatának főtörekvése az lesz, rendet hozni a chemiai tünemények jelen

chaosába, mechanikai törvényeknek vetvén alá e tüneményeket.

735. Jól látunk-e, vagy roszúl, — valók-e képzeteink, vagy koholtak —; a tudományra nézve minden esetre a legnagyobb fontosságú arra törekedni, hogy tökéletesen megérthető legyen mind annak a leirása, a mi értelmünk körébe kerül vagy odakerülni látszik. Ha igazunk van, úgy előadásunk világossága előmozditja az igazság ügyét; ha pedig nincs igazunk, úgy a tévedés gyors megczáfoltatását biztositja. E szellemben és azon eltökéléssel, hogy minden esetre tisztán fogunk beszélni — lássunk hozzá az éterhullámokra és a tömecsekre vonatkozó képzeteink tárgyalásához. Gondoljunk egy hullámot, vagy pedig hullámsort, a mint valamely tömecsbe ütődik; s legyen az ütődés olyan, hogy a tömecs minden részét egészen egyforma mozgásban részesitse. Ez esetben a tömecs, mint egy egész, fog mozogni s atómjainak, mert *mozgásuk közös*, nem lesz törekvésük elválni egymástól. Ily elválás *különféleséget* kiván az atómok mozgásában, s ha a hullámok ütése ilyet nem idéz elé, nincs meg a mechanikai ok, melynél fogva a tömecsnek szét kellene bomlania.

736. Nehéz azonban elgondolni a hullám vagy hullámsor lökésének oly eloszlódását az atómok között, hogy ezek között feszülést is ne okozzon. Az atómoknak ugyanis különböző a súlyuk s valószinű, hogy nagyságuk is különböző; minden esetre majdnem bizonyos, hogy különböző esetekben különböző az a viszony, mely az atóm tömege és az éterhullámok lökése által ért lapja között létezik. Ha ez igy áll, s én azt hiszem, hogy rendkivül nagy a valószinűség a mellett, hogy valóban igy van; akkor minden egyes, a tömecsen átcsapó hullám a tömecs szétbontására törekszik — vagyis arra törekszik, hogy a súlyosabb és renyhébb atómok mellől elsodorja azon társakat, melyek, tömegükhöz képest, a legnagyobb ellenálló lapot tartják a hullámmozgás elébe. Példázhatja ez esetet a hajó födélzetén álló férfi. Mig a hajó és a férfi egyformán vesznek

részt a szél vagy a tenger mozgásában, mindaddig nincs törekvés az elválásra. A chemikusok nyelvén szólva azt mondhatnók, hogy egyesülve vannak. De ha valamely hullám a hajó felett csap el, úgy mozgásának a hajó kevésbbé gyorsan fog engedelmeskedni mint a férfi; a férfit tehát elsodorja s akkor meg van az, a mit — nagyjából — szétbontásnak tekinthetnénk.

737. Igy a fogalom az összetett tömecseknek éterhullámok által eszközölt szétbontásáról eleve valószinünek mutatkozik. A kérdésnek közelebbi vizsgálata azonban kényszerit, e képzetet, ha nem is lényegesen megváltoztatnunk, legalább kiegészitenünk. Igen megjegyzésre méltó a tény, hogy azok a hullámok, melyek legsikeresebben szétrázzák az összetett tömecsek atómait, ép a legcsekélyebb mechanikai erőnek vannak birtokában. T o r n y o s h u l l á m o k — hogy erős hasonlatot használjak — e szerint nem képesek azokat a hatásokat eléidézni, melyeket kis f o d o r h u l l á m o k könnyüséggel eszközölnek. Igy például a napnak viola és violán túli sugarai leghatásosabbak az efféle chemiai bontások eszközlésében, pedig e »chemiai sugarak« munkaképessége megmérhetetlen csekély azokéhoz képest, melyek a nap színképe vörös és vörösön túli részéhez tartoznak. Néha milliókkal kellene sokszorozni e munkaképességet, hogy a vörösön túliakéval felérjen; s ezek mégis tehetetlenek, holott a kisebbek hatásosak. Feltünő hasonlóságot veszünk itt észre a chemiai tömecsek és az emberi reczehártya magaviselete között.

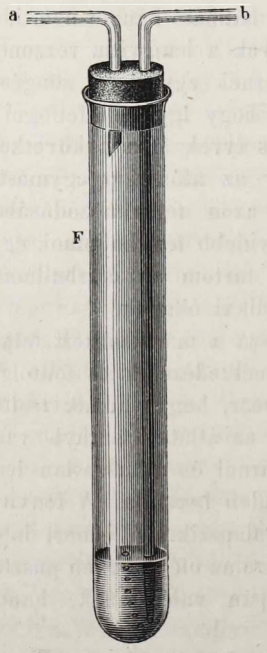
738. Honnét van tehát e kisebb hullámok hatalma a chemiai vegyületek kapcsainak feloldására? Ha az erősségökben nem gyökerezik, úgy itt is, valamint a látásnál, ismétlődések szaporaságától kell függenie. De, miként kell e hatást képzelnünk? A magyarázat ez lehetne: egyetlen egy hullám lökésének csak megmérhetetlen csekély a hatása valamely atómra vagy valamely tömecsre. Hogy e hatás erősbödjék, fel kell a mozgásnak h a l m o z ó d n i a. A hullámlökések azonban csak úgy halmozódhatnak össze, ha oly időközökben

ismétlődnek, melyek az általuk ütött atómok rezzenetidejével egyezők. Ez esetben, minden következő hullám oly állásban találja az atómot, mely lehetővé teszi a hullámnak, hogy lökését elődei lökéseinek sommájához csatolja. A hatás mechanikailag ugyanaz, melyet a fiu taktus szerint ismételt lökései által a hintán létesit. Az óra egyszeri kettyenésének nincs észrevehető hatása egy másik, közelében levő órának ugyanoly hosszú s nyugodtan függő ingájára; de ha a ketyegés folyton tart, minden egyes kettyenés a kellő időben csatolja oda a maga, végtelen csekély lökését az elébbiek sommájához, s a másik óra, mint a tapasztalásból tudjuk, tényleg megindul. Egyetlen léglökés, a nehéz hangvilla ágát találván, észrevehető mozgást, következéskép hallható hangot nem idéz elé; de az oly lökések sorozata, melyek a hangvilla rezzenetidejével egyező időközökben következnek egymásra, zöngésre indítja a hangvillát. Én azt hiszem, hogy így kell felfogni a fény chemiai hatását is. Tények és érvek arra a következtetésre utalnak, hogy az ok, mely az atómokat egymástól elválni kényszeriti, a mozgásnak azon felhalmozódásában keresendő, mely az atómok és a rövidebb fényhullámok egyidejüségében leli a feltételét. Ezt tartom az éterhullámok által eszközölt vegybomlások mechanikai okának.

739. És most térjünk ismét vissza a már emlitett felhőforma borulathoz, melyből ezen elmélkedéseink és fontolgatásaink csiráztak. Régóta ismeretes már, hogy vannak testek, melyeket a fény szétbont. Például, az átlátszó aethyl- vagy methyljodid, fénynek kitéve, megbarnul és átlátszatlan lesz, mert a magában foglalt jódot szabadon bocsátja. A fényirás mestersége a fény chemiai hatásán alapszik. Jól ismert dolog tehát, hogy azok a hatások, melyekre az elébbiekben pusztán elmélkedve elékészültünk, nem csupán valószinüek, hanem valóban igazak is.

740. De a módszer, melyet most követünk s mely egyszerüen abban áll, hogy illékony anyagok *gőzeit* a fény behatásának alávetjük, e kisérleteket nem csak igen szép

alakban mutatja be, de mi több, a fénynek vagyis inkább a sugárzásnak, mint chemiai hatószernek, műveleteit sokkal tágabb térre is kiterjeszti. Lehetővé teszi azt is, hogy laboratoriumainkban oly hatásokat utánozzunk, melyek mindeddig csak a természet laboratoriumában tétettek. A most vizsgálandó anyagok olyanok, hogy, ha a fény szétszaggatja tömecseiket, az ennek következtében alakult új testek aránylag véve nem illékonyak. A bomlás terményei, hogy gázalakban maradhassanak, magasabb hőmérséket igényelnek, mint a gőzök, melyekből eredtek; ezen új testek tehát, feltéve, hogy a térnek, melyben képződtek, kellő a hőmérséke, nem maradnak meg gőz-állapotban, hanem fellegként csapódnak le abban a sugárban, melynek létöket köszönik.



108-ik ábra.

741. E kis *F* (108. ábra) üvegpalaczkot, melyet a kezemben tartok, két helyen átfürött dugó zárja. Az egyik nyiláson *a* szük cső megy át, közvetetlenül a dugó alatt végződvén; a másikon egy hasonló *b* cső megy át, mely a kis palaczknak fenekéig ér. Maga a palaczk vagy egy hüvelyk magasságig átlátszó folyadékkal van megtöltve. Amylnitrit a neve, s minden egyes tömecse 5 szénatóm, 11 hydrogén-, 1 nitrogén és 2 oxygénatómból áll. Ez atómcsoportra mindjárt rá fogjuk ereszteni villanyfényünk hullámait. Kisérleti csövünk most kapcsolatban áll az *F* üvegpalaczkkal, úgy azonban, hogy egy csappal tetszésem szerint megnyithatom vagy elzárhatom a cső és a palaczk között a közlekedést. A másik cső — az,

mely az üvegpalaczk dugóján átmenve, benyúlik a folyadékba — *U* alakú edénynyel áll kapcsolatban, mely kénsavban áztatott tiszta üvegdarabkákkal van megtöltve. Az *U* alakú edény előtt még egy szűk cső is van gyapottal megtömve. Villanylámpánk a kisérleti cső másik oldalán áll; s végre itt van e légszivattyú, melylyel a kisérleti csövet kiszivattyúztam. Most már készen vagyunk a kisérletre.

742. Óvatosan megnyitván a csapot, először is a szoba levegője megy át a gyapoton s ott hagyja a számtalan szerves csirát és porszemecskét, mely benne lebegett; igy megtisztítva bevonul az U alakú csőbe, hol a kénsav megszárítja; innét tovább halad a *b* csövön át, le a kis üvegpalaczk fenekéig, hol a cső szűk nyilásán kiszabadul, bugyborékolva felemelkedik a folyadékban, s e közben valamelyest megrakodik az amylnitrit gőzével; s ezután gőz és levegő együtt hatolnak be a kisérleti csőbe.

743. Most ráeresztjük a villanyfény nyalábját e láthatatlan gőzre. A lámpa lencséje úgy áll, hogy a nyalábot összeverje, a cső közepe tájára jutván a gyujtópont. Észreveszik majd, hogy a cső; belseje a sugár belépte után is, még egy pillanatig sötét marad; de a chemiai hatás oly gyorsan beáll, hogy ugyancsak figyelnünk kell, ha e homályban maradás tartamát ki akarjuk venni. Meggyujtom a lámpát. Egy pillanatig üresnek látszik a cső, de csakhamar, világító fehér felleg tölti be a sugárkúpot. E sugár ugyanis megrendítette és szétdúlta az amylnitrit tömecseit, s nyomában finom részecske-eső keletkezik, mely úgy tűnteti elé a sugarat, mintha egyszerre valami szilárd, fénylándzsa villanna elő benne. E kisérlet azonfelül azt a tényt is elétűnteti, hogy a sugár, bármekkora is az ereje, mindaddig láthatatlan marad, míg valamire nem bukkan, a mire süthet. A tér, ámbár valamennyi nap és valamennyi csillag sugarai szeldelik, magában még sem látható; sőt az éter is, mely a tért betölti, s melynek mozgása a világegyetem fénye, egymagában láthatatlan.

744. Észreveszik, hogy a kisérleti csőnek az a vége, mely a lámpától távolabb esik, egyáltalában nem mutatja a fellegeket. Már pedig amylnitrit gőze ott is van; az erős fénysugár mégis átmegy rajta s meg nem támadja. Tömörítsük össze a szétágazó nyalábot — miután a csövön áthaladt — e homorú ezüsttükörrel s tereljük ismét vissza a csőbe. Még mindig tehetetlen. Rendkivül erős sugárkúp szeli most a gőzt, még sem áll be lecsapódás; nyoma sincs a felhőképződésnek. Miért? Mert a sugárnak az a nagyon kis része, melynek képessége van a gőzt szétbontani, már a cső előrészében munkává alakult. A még megmaradt fénytömegnek — pedig ez a főtömeg — nincs már többé hatalma, e néhány hatásos sugár letartóztatása után, az amylnitrit tömecsei felett. Meglepő példa ez arra, miről már elébb szólottunk, t. i. a *rezgéstartam* befolyására, szemben a *fényerősség* befolyásával. A sugár az a része ugyanis, mely itt hatástalan, absolute véve, valószinűleg milliószorta tetemesebb erélylyel rendelkezik, mint a hatásra képes rész. Itt azonban egy bizonyos fajta erélyre van szükségünk, oly erélyre, mely az atómokhoz sajátságos vonatkozásban áll. Ily erélye a gyönge hullámoknak van, s ezért képesek csak ezek a rendkivüli hatásra. Fordítsuk meg a kisérleti csövet úgy, hogy a még szétbontatlan gőz a *szitálatlan* sugár hatása alá kerüljön; s ime, egy pillanat alatt lecsapódik e szép, világító felleg.

745. A napfény is szétbontja az amylnitrit gőzét. Jó nagy, lapos domború lencsét állítottam a napsugár útjába; szép, összehajló fénykúp keletkezett a lencse mögött. Láthatóvá tette e kúpot a szobalevegő pora. Behelyezvén a kisérleti csövet a lencse mögötti fény útjába, a sugárkúpban rögtön és bőven előtermett a lecsapódás. A cső előrészében levő gőz ez esetben is megvédelmezte a hátulsó végen levőt; s ha a csövet megfordítottam, egy második hasonló fellegkúp csapódott le.

746. Itt arra kérném önöket, barátkozzanak meg azzal a gondolattal, hogy a sugár nem végezhet chemiai hatást,

anélkül, hogy e közben el ne pusztuljon. A »sugár« megnevezést azonban, mert nagyon is tágas és határozatlan az értelme, jobb lesz elhagynunk, s a fényhullámokra szegeznünk figyelmünket. Világossá kell magunknak tennünk azt, hogy a hullámok úgy idéznek elé chemiai hatásokat, ha saját mozgásukat átadják a tömecseknek, melyeket szétbontanak. Ezzel némileg előlegezünk egy kérdést, melynek a tömecsek physikájában nagy a jelentősége s mely még további hozzászólást érdemel. A kérdés ez: midőn az éterhullámokat valamely összetett gőz felfogja, vajjon a gőz tömecseire vagy a tömecsek atómjaira ruházódik át a mozgásuk? Eddig arra a nézetre támaszkodtunk, hogy a mozgás az atómokkal közlődik; mert, ha nem így állana a dolog, miért kellene e tömecseknek szétbomlaniok? A kérdés azonban alkalmas és érdemes egy más próbára is, melynek jelentőségét és czélzatát azonnal át fogják látni.

747. A tömecseket — mint már magyaráztuk — egyfelől kölcsönös taszításuk, másfelől a rájok gyakorlott nyomás tartja meg egyensúlyuk helyzetében. Valamint a rezgő húrnál, úgy ezeknél is, ha rezegnek, a rezgés tartamának a közöttök fészkelő rugalmassági erőtől kell függnie. Változzék meg ez erő, s vele együtt a rezgés tartamának is meg kell változnia; s e változás után a tömecsek már nem nyelhetik többé ugyanazon fajta hullámokat, melyeket a változás előtt nyeltek. Már pedig a tömecs és tömecs közötti rugalmas erő teljesen megváltozik, a mint a gőz átmegy a folyékony állapotba. Ha tehát valamely folyadék és e folyadék gőze ugyanazon rezgés tartamú hullámokat nyel el, ez azt bizonyítja, hogy a nyelést nem a tömecsek teszik. Beszéljünk egész világosan e fontos pontról. Elnyeletnek azok a hullámok, melyek ép oly ütemben rezegnek, mint maguk a tömecsek vagy atómok, melyekbe ama hullámok ütköznek. Ez elvet néha igy is fejezik ki: a testek ugyan a fajta sugarakat nyelik el, melyeket maguk is sugároznak. E nagy törvény — a mint tudják —, alapköve a színképi elemzésnek; ez tette lehetővé

Kirchhoffnak, hogy a Fraunhofer-féle vonalakat megmagyarázza és hogy a nap légkörének chemiai alkatrészeit meghatározza. Ha tehát valamely gőz, miután folyékony állapotba került, ebben az állapotban is ugyanazon fajta hullámokat nyeli el, mint az előtt: ez annak bizonysága, hogy nem a tömecsek a nyelés eszközlői, mert hisz a tömecsek rezgés tartamának meg kellett változni. Ez arra a következtetésre késztet bennünket, hogy a halmazállapot változása nem levén befolyással az atómok rezgésének tartamára, az atómok azok, melyekre a hullámmozgás átruházódik. Ha már most a kisérlet bebizonyítaná, hogy a gőznek és a gőz folyadékának e tekintetben azonos magaviselete van, úgy ez új és döntő módon megalapitaná azt a nézetet, melyre eddig támaszkodtunk.

748. És most térjünk át a kisérleti próbára. A kisérleti cső valamelyes amylnitrit gőzt foglal magában, s előtte áll egy 1/4 hüvelyk vastag üvegczella telve ugyancsak amylnitrittel, de folyékony állapotában. A villanyfényt elébb a folyadékon menesztem át, azután a folyadék gőzén. Igen nagy e fénynyaláb világitó ereje, de a gőzre még sincs semmi hatással. A folyadék egészen megfosztotta a hatásos hullámoktól. Eltávolitván a folyadékot, azonnal bekövetkezik a chemiai hatás s a cső, mely csak az imént üresnek látszott, egy pillanat alatt megtelik e világos felleggel, melyet a sugárnak egyik része lecsap, a másik része pedig megvilágit. Elébbi helyére tévén ismét a folyadékot, a chemiai hatás azonnal megszűnik. Újra eltávolitom s ime újra beáll a hatás. Ezzel félig-meddig leleplezzük a tömecsek és atómok e világának titkait.

749. Levegő helyett oxygént, hydrogént vagy nitrogént is használhatunk arra, hogy a gőzt bevigye a kisérleti csőbe; amylnitrit helyett pedig sok más anyagot alkalmazhatunk, melyek eddig nem voltak arról az oldalról ismeretesek, hogy a fény chemiai hatása iránt fogékonyak lennének. Még egy pontot kivánok ez alkalommal felvilágositani, mert a folyamat,

melyet bemutatni szándékozom, a folyamatok oly neméhez tartozik, melynek nagy fontossága van a természetben. A légkörben — mint tudják — szénsavgáz lebeg, táplálékul szolgálván a növényvilágnak. Napsugarak közbenjárása nélkül e táplálékot a növények át nem vehetnék. És mégis — úgy tudjuk — a napsugarak hatástalanok légkörünk szabad szénsavára. A nap e gázt csak akkor bonthatja fel, ha ez a növény leveleibe fel van szivódva. E levelekben ugyanis a szénsav oly anyagok közelében van, melyek a szénsav tömecseinek fényhullámok eszközölte meglazítását készek saját hasznukra fordítani. Igy a felbomlás megindulván, a levél birtokába ejtheti a gáz szenét, az oxygén pedig visszakerül a levegőbe.

750. E mostani kisérleti csőben nem az a gőz van, melyet eddig alkalmaztunk, hanem más. Butylnirit a neve.* E csövön átbocsátván a villanyfény nyalábját, chemiai hatás alig vehető észre. Bebocsátok azonban a csőbe valamelyes levegőt, olyat, mely folyékony sósavon bugyborékol át. Ha most irányítjuk reá a sugarat, a hatás oly gyors, és a lecsapódott felleg oly sürü, hogy feszült figyelem mellett sem igen vehetnék észre a lecsapódást közvetetlenül megelőző homályban maradás tartamát. A hatásnak e roppant meggyarapodását a sósav jelenlétének köszönjük. Valamint a növénylevelekben a chlorophyl és szénsav, úgy hat e két anyag is egymásra a villanyfény hullámainak befolyása alatt.

751. Az amylnitrit is szolgál hasonló példával. Ez anyagot már egymagában is igen erélyesen felbontja a fénysugár, de a hatás erélye és ragyogása még jelentékenyen nagyobb lesz a sósav-gőz jelenlétében. Ezen kisérleti csőbe folyékony amylnitriten keresztül bugyborékoló levegő volt bebocsátva mindaddig, míg 8 hüvelykkel alább nem szállott a légszivattyúval kapcsolatban álló nyomás-kémlő. Az után

* E becses anyagból levő készletemet Ernest Chapman urnak köszönöm.

oly levegő bocsáttatott be, mely folyékony sósavon bugyborékolt át, és pedig annyi, a mennyi ismét 8 hüvelyknyi nyomásnak felelt meg. E keverékre ejtjük most a villanylámpa hatalmas fénynyalábját. Rendkivül fényes és sürü felleg csapódik le azonnal a sugár nyomában; s e sugár, mint valami ekevas, úgy vágja a világító ködöt s halomra emel fellegeket jobbra és balra, a mint a ködön áthatol.

752. E fújtató száját, darabka kaucsukcső közbenjárásával, üvegcsővel kapcsolom össze, mely egy dugón át az amylnitrites edénybe vezet. Hirtelen ráütök egyet a fújtatóra, s ezzel egy puffanatnyi levegőt kilódítok az ugyanazon dugón átbújtatott másik csövön keresztül. A vele kilódított gőz közönséges szétszórt fényben láthatatlan, mert gőz-állapotban marad. De ha összetömöritett napsugárba kerül, vagy a villanylámpa sugarába, a homály és a fény határán azonnal fehér felleggé csapódik le s világító fehér gyürüt alkot. E gyürünek ugyanazon mechanikai oka van, mint az ágyú torkából kikerült füstgyürünek, csakhogy láthatatlan mindaddig, míg a sugárhatás következtében le nem csapódik.

753. Adhatunk e fellegeknek oly fokú finomságot, a milyet akarunk, mert hiszen a kisérleti csőbe juttatott gőz mennyiségét tetszésünk szerint korlátozhatjuk. Kellően lévén e mennyiség szabályozva, a lecsapódott részecskék eleinte megfoghatatlan kicsinyek s a mikroskóp leghatalmasabb nagyitásával sem tehetők láthatóvá. Valószinű, hogy egy hüvelyknek milliomad részénél sem nagyobb az átmérőjük. Lassanként azonban növekszenek, s a mint nagyobb és nagyobb lesz a felületük, mindig több és több hullámmozgást szórnak szerte, míg végre a felleg, melyet alkotnak, oly erősen világit, hogy e hallgató termet is betölti a fénye. A részecskék növekedése közben gyakran a legszebb szivárvány-szinek jelennek meg. Álmélkodva vettem észre ilyféléket néha az Alpesek légkörében is, s elbájolt látásuk: oly dicső valamit azonban, mint e kisérleteinknél itt a műhelyben, amott soha sem láttam. De bármi szépek is e szinjátszódások,

nem velök kell most foglalkoznunk, hanem más hatásokkal, oly hatásokkal, melyek a meteorologiának két nagy talányával, — az ég szinével és az ég fényének sarkultságával állanak kapcsolatban.

753. *a.* Kezdjük az éggel. Hogyan keletkezik a szine, s nem idézhetjük-e mi is e szint elé? Az ég szine és a közönséges festő anyagok szine különböző eredetüek. A festőanyagok, kioltván a fehér napfénynek bizonyos részeit, a fenntmaradt fény színében jelennek meg. A viola azért kék, mert tömecseinek alkatánál fogva a fehér fénynek vörös és sárga alkatrészeit kioltja, a kéket pedig nem bántja. A geranium azért vörös, mert tömecs-alkata a vörös sugarakon kívül valamennyi más sugarat kiolt. Az ily szineket nyelésbeli szineknek nevezik; de az ég szinezete nem ily jellegü. Az ég kék fénye *visszaverődött* fény, s ha légkörünkben semmi sem találkoznék, a mi a napsugarakat visszaverhetné: nem látnánk kék égboltozatot, hanem a végtelen világtér sötétségébe tekintenénk. A kéknek visszaverődését tökéletesen szintelen részecskék eszközlik; s ezeknek igen apróknak kell lenniök, hogy épen a kéket válaszszák ki és verjék vissza. A látásra való hullámok közül ugyanis, melyek a napból kiáramlanak, legrövidebbek s legkisebbek a kék színhez tartozók. Az ily kis hullámok felett az apró részecskéknek nagyobb hatalmuk van, mint a nagyobbak felett; s innen van aztán, hogy a kék szín minden oly fényben túlnyomó, melyet parányi részek vernek vissza. A karmazsin-piros izzás ellenben, mely az Alpokban este és reggel oly gyönyörüen látszik, *átbocsátott* fénytől van, vagyis oly fénytől, mely a légkörben nagy úton járván, kék szinü alkatrészeit sokszoros visszaverődés folytán elveszitette.

754. A gőzmennyiség szabályozása által, mint már mondva volt, elérhetjük, hogy a lecsapódott részecskék eleinte parányiak — a mikroskóp hatalmát kijátszó parányságúak — legyenek s lassanként növekedve, észrevehető nagyságú testecskékké váljanak. E részecskékkel, növekedésök egy

bizonyos fokozatán, oly kék színt idézhetünk elé, mely Itália egének legmélyebb és legtisztább kék színével vetekedik, ha azt felül nem múlja. Legelébb ezt mutassuk meg. Kísérleti csövünkkel egy barométer áll kapcsolatban, melynek higanyoszlopa mutatja, hogy a cső jelenleg légüres. Bebocsátok e csőbe a levegő és a butylnitrit keverékéből annyit, a mennyi $^1/_{20}$ rész hüvelykkel nyomja le a higanyoszlopot; azaz a levegőnek és gőznek együttvéve akkora a nyomása, mint egy légköri nyomás hat-század része. Most meg sósavgőzzel megrakodott levegőből bocsátok be annyit, a mennyi még fél hüvelyknyire lenyomja a higanyoszlopot. Ezen elegyes és rendkívül gyér légkörbe beejtem a villanyfény sugarát. A hatás lassú; de íme apránként megjelenik a csőben e felséges azúr-kék; egy ideig mind erősebb és erősebb lesz; eléri mélysége és tisztasága maximumát, s az után fehéres kékbe megy át, a mint a részecskék nagyobbodnak. Jellemzően példáz e kisérlet egy törvényt, melynek általános érvénye van. Még más anyagokat is használhatnánk e kisérletre, színteleneket s a legkülönbözőbb chemiai és optikai tulajdonságúakat: a képződő felleg k e z d e t b e n mindenkor e felséges kék színt mutatná, szembeötlő bizonyítékául annak, hogy a parányi részecskék, egyéni színeződés nélkül és függetlenül a nagy tömegeken mutatkozó optikai tulajdonságoktól, hogy, mondom, az ily parányi kis részecskék eléidézhetik az ég színét.

755. Van azonban még egy másik jelenség is égboltozatunkkal kapcsolatban, mely magánál az ég színénél is finomabb és rejtélyesebb jellegű. Értem e »titokteljes szép tüneményt« *, az ég fényének sarkultságát. Brewster, Arago, Babinet, Herschel, Wheatstone, Rubeson és mások tökéletesen megismertették velünk az e jelenségre vonatkozó tényeket, de a tények oka egyelőre titok maradt. A delej sarkiassága a delejnek k é t - v é g ü s é g é b e n áll, a végek, vagyis a

* Herschel's Meteorology, art. 233.

sarkok ellenkezőképen hatván. Sarkias erők — tudják ezt önök közül a legtöbben — azok, melyekben a vonzás és taszítás dualismusa nyilvánul. A *kétoldalúság* egyik nemét — Huyghens vette észre, Newton tárgyalta, de igazán Malus, franczia physikus, fedezte fel egy oly fénysugárban, mely a párisi Palais du Luxembourg egyik ablakáról verődött vissza — *sarkultságnak* nevezték el. A sarkított fénysugár eszméjéhez nekünk most már határozott képet lehet hozzákapcsolnunk, oly képet, minőnek alkotásához maguk a felfedezők még nem értettek. Az ő napjaikban az emberi gondolatok ugyanis még nem voltak annyira érettek, s az optika elmélete sem haladott eléggé előre, hogy akkoriban lehetséges lett volna a sarkultság physikai jelentését felfogni vagy kifejezni. Midőn valamely fegyvert elsütünk, a robbanás mint hullám terjed tovább a levegőben. A léghüvelyek — ha szabad így szólanom — melyek a megrendülés középpontja körül fekszenek, egymás után kerülnek mozgásba; átruházza minden egyes réteg saját mozgását a legközelebbi rétegre, maga pedig visszatér elébbi egyensúlya helyzetébe. Mialatt tehát a *hullám* nagy utakat fut meg, az alatt a hullám tovaterjesztésén működő részecskék csak rövid ide-oda járást végeznek.* A hangmozgásnál a részecskék rezgése abban az irányban megy végbe, *melyben* a hang előre halad. Ennélfogva e rezgésnek *hosszrezgés* a neve. A fénynél ellenben *haránt-rezgésekkel* van dolgunk, vagyis az éterrészecskék ide-oda mozgásának iránya kereszt ben áll a fény tovaterjedése irányával. E tekintetben a fényhullámok inkább hasonlítanak a közönséges vízhullámokhoz, mint a hanghullámokhoz. *Közönséges* fénysugárban az éterrészecskék a sugárra merőlegesen, minden irányban rezegnek; de ha a sugár ferdén esik valamely üveglapra, úgy, mint a Malus által megfigyelt esetben: akkor az éterrészecskék a sugárnak visszavert részében nem fognak többé a

* »Lectures on Sound« 3 lap. (Longmans).

sugár körül valamennyi irányban rezegni. Ha a visszaverődés a helyes szög alatt történik, úgy valamennyi rezgés egyetlen egy sikra szorítkozik s az ily mivoltú fénynek egyenes vonalban sarkított fény a neve.

756. Ha a fénysugár közönséges üvegben halad, ezen anyagban ép úgy végzi a maga rezgéseit, mint a levegőben vagy az étertérben. Nem így, ha némely átlátszó kristályokban halad; mert e kristályoknak is megvan a maguk kétoldalúsága s részecskéik úgy vannak elrendezve, hogy csak bizonyos megszabott irányban tűrnek rezgéseket. Itt van például a jól ismert turmalin-kristály; határozott ellensége ez mindazon rezgéseknek, melyek a kristály tengelyére merőleges irányban mennek végbe. Az ily rezgéseket gyorsan kioltja, holott azokat, melyek a tengelylyel egyközüek, szabadon tovaterjeszti. Ennek pedig az a következménye, hogy az a fénysugár, mely e kristálynak tetszés szerint vastag tömegén áthatolt, sarkítva kerül ki belőle. Épen ily magaviseletű e szép kristály is, melynek izlandi vagy kettősen törő pát a neve. Egy irányban, és csakis egyetlen egy irányban mutatja e kristály az üvegféle semlegességet; valamennyi más irányban pedig két különnemű részre hasítja a rajta áthatoló fénysugarat, s e két fél tökéletesen sarkítva van, két egymásra merőleges síkban menvén bennök végbe a rezgések.

757. E két sarkított sugár közül, melyekre az izlandi pát a közönséges sugarat széthasítja, az egyiket kellő berendezés mellett el lehet távolítani. Ezt egy Nicol nevezetű férfiú oly éleseszü módon és oly tökéletesen teljesítette, hogy az ő módszere szerint metszett izlandi pát most már általánosan Nicol-féle prizma neve alatt ismeretes. Az ily prizma a közönséges fénysugarat sarkítottá teszi; ha pedig a sugár, még mielőtt a hasábhoz érkeznék, már is sarkítva van, úgy e prizma egy bizonyos állásban letartóztatja, különben pedig átbocsátja. A sugárzó hőről is ugyanez áll. Utunk most már valamelyest egyengetve van. Ha a kék égboltozat különböző

helyeire Nicol-féle prizmán keresztül nézünk s a prizmát saját tengelye körül forgatjuk, csakhamar változásokat veszünk észre az ég világosságában. A hasáb bizonyos állásaiban és az égboltozat különböző pontjairól a fény szabadon megy át a hasábon; holott ugyanazon helyek felé nézvén, 90 fokra kell csak a hasábot saját tengelye körül megforditanunk, hogy lényeges fogyatkozást vegyünk észre a fény erősségében. Pontosan megvizsgálván a dolgot, kiderül, hogy a hasáb forgatása által eléidézett hatás legnagyobb, ha a nap sugaraira merőleges irányokban nézzük az eget.

758. Efféle kisérletek azt bizonyitják, hogy az égboltozatnak hozzánk érkező kék fénye sarkitott fény, s hogy a legtökéletesebb sarkultság iránya merőleges a nap sugaraira. Ha az ég azúrja ugyanoly nemű volna, mint a közönséges napfény, úgy a hasáb forgatásának nem lenne reá befolyása; az egész forgatás alatt egyenlően hatolna át rajta. Kioltódik az ég fényének nagy része azért, mert nagy része sarkitva van.

759. Ha a fénysugár kellő szög alatt vetődik a sik üveglapra, úgy a visszaverődés sarkitottá teszi. Minden ferde visszaverődésnél is sarkittatik a sugár valamelyest; de egy bizonyos szög alatt vetődvén be, a visszavert sugár teljesen sarkitottá válik. Sir David Brewster egy igen egyszerű és szép törvényt fedezett fel, melynek alapján könnyen meghatározhatjuk bármely anyag sarkitó szögét, föltéve, hogy ismerjük az anyag törés-mutatóját. E törvényt Brewster kisérleti úton fedezte fel; a fény hullámelmélete azonban tökéletesen számot ad e törvényről. Mértanilag igy fejezhető ki. Ha valamely fénysugár rézsútosan esik valamely üveglapra, úgy részben visszaveretik, részben megtöretik. E sugárnak visszavert része és a megtörött része, a bevetődésnek egy bizonyos szöge mellett, merőlegesen állanak egymáson. A beesés szöge ekkor a sarkitó szög. Változik pedig e szög az anyag törés-mutatójával; s nagysága a vizre nézve $52^1/_2$, az üvegre $57^1/_2$, a gyémántra pedig 68 fok.

760. Felfoghatjuk most már a nehézségeket, melyek az előttünk fekvő tárgyat övezik. Meg volt már említve, hogy az ég fényének legtökéletesebb sarkultságát akkor kapjuk, ha a napsugarakra merőleges irányban szemléljük az égboltozatot. Ezt néha így is fejezik ki: a legnagyobb sarkitás helye 90 foknyi szögtávolságra van a naptól. E szög a közvetetlen és a visszavert sugarak által levén bezárva, magában foglalja úgy a bevetődés, mint a visszaverődés szögét. Ennél 90 fokú szögnek a fele, azaz 45 fokú szög a bevetődésnek azon szöge, mely a legnagyobb sarkitásnak megfelel. Ekkora tehát a légköri sarkitó szög, s most ez a kérdés: az ismeretes anyagok közül melyiknek van meg az a törés-mutatója, mely épen e sarkitó szögnek felel meg? Ha ez anyagot ismernők, úgy ez könnyen arra a következtetésre csábithatna, hogy ezen anyag részecskéi azok, melyek a légkörben széthintve az égboltozat fényének sarkitását eszközlik. »Ha nem 90 fokú, hanem 76 fokú lenne a legnagyobb sarkitás szöge« mondja Sir John Herschel, »úgy *vizet* vagy jeget gondolhatnánk visszaverő testül, bármily felfoghatatlannak tűnnék is elé, hogy fellegtelen légkörben, forró nyári napon, miként létezhessenek el nem párologtatott vizrészecskék. De a 45 fokú sarkitó-szög oly törés-mutatónak felel meg, mely annyi mint 1; ez pedig annyit jelent, hogy törés épen nem megy végbe, de ez esetben visszaverődésnek sem szabad történnie. Hogy a Brewster törvénye beteljesedjék, »a levegőből levegőbe kellene történnie a visszaverődésnek«, megjegyzi Sir John Herschel. »Mennél inkább fontolgatjuk e tárgyat« mondja a most nevezett híres csillagász, »annál több nehézségtől környezettnek találjuk azt; s valószinű, hogy ha egyszer meg lesz a magyarázata, ez majd az égboltozat kék színének a magyarázatát is meghozza magával.«

761. Ha talán abban a véleményben vannak, hogy nem egészen bölcsen cselekszem, midőn ily bonyolódott tárgyat adok elé önöknek: ismerjék el legalább a bizalmat, melylyel önök képessége iránt viseltetem. Én különben azt hiszem,

hogy oly elmének is, mely egészen más forrásokból meriti erejét és táplálékát, érdeklődnie kell efféle tárgyak iránt, mint a milyen az előttünk fekvő, bárha homályosak és nehezen érthetők is. Hogy e fejtegetés minden részletét megértsék, azt ugyan nem igen lehet reményleni; hiszem azonban, hogy a jelenlevők mindnyájan be fogják látni, mily rendkivül fontos volt Brewster törvényének a szerepe, midőn az égboltozat kék szinét és sarkultságát illető elmélkedések forogtak kérdésben. Én pedig be akarom bizonyitani önök előtt: *először* azt, hogy az égboltozat kék szinét, az előbbi kisérleteinkkel megegyezően, bármilynemű anyagnak rendkivül apró részecskéi eléidézhetik; *másodszor*, hogy ily részecskék az ég boltozatával egyenlő sarkultságot létesitenek és *harmadszor* hogy az anyag e finom szétoszlódottságában, midőn részecskéi alkalmasint kicsinyek a fényhullám magassága és hosszához képest egészen kivonja magát a Brewster törvénye alól; a legteljesebb sarkultság iránya egészen független az eddigi értelemben vett sarkitó szögtől. Hogy pedig miért van ez igy, azt a fény hullámelméletének kell majd, hogy teljes legyen, bebizonyitani.

762. E kisérleti csőbe, a már leirt módon, egy új gőzt bocsátok be s levegőt is juttatok hozzá, olyat, mely főleresztett sósavon bugyborékolt át. E keverékbe vetem most a villanyfény sugarát. Egy ideig semmi sem látszik. Kétséget nem szenved, hogy a chemiai hatás már megindult, s a lecsapódás is beállt; de a lecsapódott tömecsek még nem csoportosultak össze eléggé nagy részecskékké, hogy észrevehetően szétszórhassák a fényhullámokat. Már elébb is mondottam — s állitásom kisérleteken alapszik — hogy az igy létesült részecskék eleinte nagyon parányiak, egy hüvelyknek milliomadrészét sem haladja meg átmérőjük; pedig valószinű, hogy a *tömecsek*, midőn ily *részecskéket* képeznek, csapatosan csatlakoznak egymáshoz. Ily szemléletektől támogatva, értelmi látásunk mind jobban és jobban bemélyed az atómok természetébe s többi között kideriti azt is, mily távol vagyunk

még Newton ama reményétől, hogy jövend nap, melyen a mikroskóp láthatóvá teszi a tömecseket. Mig igy beszélek, ime észreveszik e finom kék szint, a mint keletkezik s erősbül a kisérleti csőben. Nincs égi kék, mely ezt gazdagságban és tisztaságban felülmúlná; a részecskék azonban, melyek e szint létesitik, egészen kivül állanak a mikroskóp hatalmán. Oly egyenletes szin fejlődik itt, mely semmi hézagot nem mutat s nem is tanúskodik az e fény létrejöttében szereplő részecskék egyéni mivolta felől, valamint az oly test fénye sem, mely szinét valódi tömecsbeli hullámnyelésnek köszöni, Oly mély és oly sötét e szin eleinte, mint az Alpok legmagasabb csúcsairól látott égboltozat, és pedig ugyanazon egy oknál fogva olyan. Lassanként azonban mind világosabb lesz, még mindig kék maradván; végre fehéres árnyalat keverődik a tiszta azúrhoz, annak jeléül, hogy a részecskék többé nem oly elenyésző parányiak, hogy csak is a legrövidebb hullámokat verhetnék vissza.*

763. Az imént alkalmazott folyadék allyljodid**; de ép úgy alkalmazható e czélra bármelyik e tuczat anyag közül, mely itt áll előttem. Látták, hogy mit lehet tenni a butylnitrittel. Ugyanaz a kék szin amylnitrittel, szénkéneggel, benzóllal, benzo-aetherrel é. u. t. is létesithető. Valahányszor valamely anyag lassanként megy át a tömecsbeli állapotból a tömörödés állapotába, az átmenetet mindig megjelenti a kék szin létrejötte. Sőt mi több: látták úgy-e, hogy e kék szint — nem szeretem kék fellegnek nevezni, mert alkata és tulajdonságai egészen elütnek a közönséges felleg alkata és tulajdonságaitól — egy darab mészpáton keresztül szemléltem. Ez egy Nicol-prizma s szeretném, ha mindenikök kezébe

* Photographiai levétel talán lehetséges lenne már jóval a kéknek megjelenése előtt; a violán túli sugarak ugyanis legelébb veretnek vissza.

** Ez anyagot Dr. Maxwell Simpson úr lekötelező szivességéből kaptam.

adhatnék egyet-egyet. E kék már most, így szemlélve, magánál az égnél is tökéletesebb darabja az égnek. Mert, ha oly irányban nézünk a fénylő nyalábon át, a mint az égre nézünk a napsugarakon át, úgy nem *részletes*, hanem *teljes* sarkaltságot veszünk észre. A nikolnak egy bizonyos állásában, úgy látszik, hogy a fény minden akadály nélkül jut a szembe; más állásában pedig tökéletesen elvágja a fényt s az experimentáló cső úgy tűnik elő, mintha optikailag tökéletesen *üres* lenne. Czélszerű, az experimentáló cső mögé fekete lapot állítani, nehogy a szemet valami idegen fény zavarja. A nikol egy állásában e fekete lapot tisztán és egyformán látni, mert a csőben levő részecskék magukban véve láthatatlanok, a fény pedig, melyet visszavernek, ki van oltva. Ha az ég fénye is ép ily teljesen volna sarkítva, úgy a kellően beállított nikolon nézvén az ég felé, nem az égboltozat szelíd világával, hanem a tér világítatlan sötétségével találkoznánk.

764. A nikolnak olyan a szerkezete, hogy egy bizonyos, megszabott irányú rezgéseket átbocsát, és csak is ezeket bocsátja át. Mindazon rezgéseket, melyek erre a bizonyos irányra merőlegesek, tökéletesen letartóztatja, azokból pedig, melyek ugyanarra rézsútosak, csak megfelelő hányadrészeknek enged átmenetet. Ha tehát tudjuk, mily állást kell adnunk a nikolnak, hogy alakulni kezdő fellegünk fényét átbocsássa vagy letartóztassa, ebből az állásból azonnal meghatározhatjuk e fény rezgéseinek irányát. E rezgéseket minden nehézség nélkül el fogják képzelhetni. Tessék a »fellegben« tetszésök szerint választani egy pontot s e pontból gondolatban oly egyenes vonalat vonni, mely merőleges a világító sugárra. Azok az éterrészecskék, melyek a felleg fényét e ponttól a szembe vezetik, erre a vonalra valamint magára a világító sugárra is merőleges irányban rezegnek. És ha ekként a fellegre, a kerék küllőiként, akár hány vonalat vonnak, az éterrészecskék mindezen vonalak mentében ugyanúgy rezegnek. Ha tehát egy *síklapot* gondolunk, olyat, mely merőlegesen

áll a képződő felleg hosszára, tehát a felleget keresztben vágja; úgy a teljesen sarkított rezgések, melyek oldalaslag kilövelnek, mind egyközüek lesznek e síkkal. E sík, a sarkított fény rezgési síkja. Kört is gondolhatnak, a kisérleti cső körül futót; s gondoljanak még e kör különböző pontjaira erősitett húrokat. Feltéve már most, hogy e húrokat — valamennyit — a csőre merőleges irányban feszitik ki; s hogy e húrok úgy a csőre, mint az egyes húrokra merőlegesen irányzott ütések következtében rezgő mozgásba kerülnek: akkor a húrok részecskéinek mozgása képét viseli az éterrészecskék mozgásának. Reménylem, hogy most már tisztán el tudják elméjökben képzelni e rezgéseket.

765. A mi kék fellegünk, tulajdonságai szerint, nikolnak tekinthető; közte és egy valódi nikol között egytől egyig elérhetjük azokat a hatásokat, melyek a sarkító készülék sarkitója és elemzője között mennek végbe. Igy, például, vékony selenitlemezt — kristályosodott kénsavas meszet — csusztatván a nikol és a képződő felleg közé, megkaphatjuk a sarkitott fény gyönyörü szines tüneményeit. A gipszlemez szine — tudják ezt sokan önök közül — a lemez vastagságától függ. Ha e vastagság egyforma, úgy a szin is az. Ha ellenben a lemez ékalakú, a vékony élétől a másik széle felé lassanként és egyenletesen vastagodó; szép, ragyogó szinszalagokat kapunk, az ék szélével egyközüen futókat. Az efféle kisérletekre szolgáló lemezeknek alkalmasint a legjobb alakja az, melyet most a kezemben tartok, s melyet a boldogult Mr. Darker Lambethben — geniális férfiu a maga szakában — készitett számomra. Közepén e selenit vékony, szélei felé pedig lassanként vastagodó. Beállitván e lemezt a nikol és a felleg közé, egyközü szalagok rendszere helyett szines gyürük rendszerét kapjuk. Legélénkebbek pedig e szinek, midőn merőlegesen nézünk a felleg hosszára. Tökéletesen ezeket a jelenségeket észleljük, ha a napsugarakra merőleges irányban a kék égboltozatra nézünk.

766. Fellegünket eddigelé közönséges fénynyel világitottuk meg s azt találtuk, hogy e fénynek az a része, melyet a felleg oldalaslag — maga körül minden irányban — visszaver, teljesen sarkított fény. Most majd azon hatásokat veszszük vizsgálat alá, melyek beállanak, ha a felhőt megvilágító fény maga is sarkított fény. A villanylámpa előtt, közötte és a kisérleti cső között el van helyezve e szép nikol, mely oly nagy, hogy az egész nyalábot felfoghatja és sarkíthatja. A nikol jelenleg úgy van állítva, hogy a belőle kikerülő és a fellegre eső fénynek rezgése síkja függőleges. Vajjon, hogy viselkedik a felleg most a fény iránt? A láthatatlan parányi, megszabott alkat nélküli részecskéknek ezen alaktalan halmaza igen meglepő módon mutatja a fény kétoldalúságát. E felleg tökéletesen képtelen felfelé vagy lefelé verni a fényt, holott vízszintes irányban szabadon veti jobbra és balra. Megforditom a sarkító nikolt úgy, hogy az imént emlitett rezgéssík vízszintes legyen. Most szabadon veri a felleg a fényt függőlegesen felfelé és lefelé, de teljesen képtelen akár csak egy sugarat is vízszintesen jobbra vagy balra vetni.

767. Tegyük fel, hogy bolygónk légkörét egy a fényre nézve áthatlan burok környezné s hogy e buroknak a nap felé néző oldalán egy nyilása lenne, melyen a napsugár bevetődhetnék. Közvetetlenül meg nem világított levegő környezvén e sugarat, ösvénye tökéletesen olyan volna, mint a villanysugáré a fellegünkkel megtöltött sötét térben. Kék lenne a sugár ösvénye és sarkított fényt terjesztene körös-körül minden irányban, és pedig oly fényt, melynek sarkultsága tökéletesen ugyanolyan lenne, mint a mi kezdődő fellegünké. A napsugárnál szemlélhető azúr-kék tényleg megegyeznék az ily felleg azúrjával. Ha pedig nikol tétetnék a nyilásba, mely a bevetődő közönséges napfényt sarkitaná, mielőtt a légkörbe bejuthatna; úgy az ég szinét létesitő részecskéknek épen olyan lenne a magukviselete, mint a mi kezdődő fellegünk részecskéié. Két irányban verődnék vissza a napfény, más két irányban pedig nem. A nap fényéből ki-

szakitván egy nyalábot s azt a világitatlan légkörön bocsátván át, képesek volnánk mind azt a hatást előidézni, melyet kezdődő fellegünk mutat. A midőn ily fellegeket létesitünk, az égnek, hogy úgy mondjam, egy darabját behozzuk a laboratóriumba, s elérjük velök mindazon hatásokat, melyek a nyilt égboltozaton fordulnak elé.

768. Ha már eddig is nem terheltem volna eléggé elméjöket, most átmehetnék egy csoport rendkivüli jelenség leirására, melyek akkor állanak be, midőn kezdődő fellegünk részecskéi nagyobbodván, valóságos felhőszerü tömeg állapotához közelednek. A selenitnek már emlitett gyürürendszere nagyon érzékeny kémszerül szolgál a sarkitott fény felfedezésére. Ha *deréklői*, azaz merőleges irányban nézünk a kezdődő fellegre, a gyürük szine a legszebben ki van fejlődve; e szinek élénksége azonnal csökkenvén, a mint *rézsútosan* nézzük a felleget. Folytassuk azonban az előbbit, s nézzünk tovább is a nikolon és a seleniten keresztül merőlegesen a fellegre: a részecskék gyarapodnak nagyságukban, a felleg durvább és fehéresebb lesz, a selenitszinek pedig mind gyöngébbek és gyöngébbek. A felleg végül megszünik sarkitott fényt lövelni a deréklői irányban, s ekkor a selenitszinek egészen elenyésznek. Ha *most* nézünk *rézsútosan* a fellegre, a szinek ismét megjelennek és pedig nagyon élénken, ha nem is oly elevenek többé és oly tiszták, mint előbb voltak. A felleg tehát, miután a hosszára merőleges irányban megszünt teljesen sarkitott fényt inditani, még bőven áraszt ilyet a hosszára rézsútos irányban. A felleg szövevényének változtával, változik a legnagyobb sarkitás iránya.

769. De ez még nem mind; s hogy a többit, legalább félig-meddig megérthessék, egyet mást el kell mondanom a selenitszinek megjelenéséről. Arról már tettem említést, hogy ha a selenitnek egyenletes a vastagsága, úgy a szineződése is, sarkitott fehér fényben, egyenletes. Tegyük fel, hogy a nikolt kellően állitván, a lemez szine a ragyogás tetőpontjáig fokozódott; s tegyük fel, hogy e szin *zöld* legyen. Tengelye

körül forgatván a nikolt, a zöld mind gyöngébb és gyöngébb lesz. Ha a forgás szöge 45 fokra hág, a szín eltünik; itt egy oly ponton haladunk át, melyet semlegesnek lehetne nevezni s melyen a selenit magaviselete nem olyan, mint a kristályé, hanem olyan mint valamely alaktalan üvegdarabé. Folytatván az előbbi forgatást, a lemezen ismét megjelenik egy szín, mely azonban nem zöld, hanem *vörös*. Ez is eléri maximumát a semleges ponttól mért 45 foknyi távolságban, vagyis 90 foknyi távolságban attól az állástól, mely a zöldet a maga maximumában mutatta. Tovább forgatván a nikolt, a szín másodszor is elenyészik, a vörös maximumának megfelelő állástól mért 45 foknyi távolságban. Itt a második semleges ponton vagyunk, melyen túl a zöld ismét megjelenik s a 180 foknyi forgatás végén ragyogása tetőpontjáig fokozódik. 90 fokkal fordítván tehát a nikolt, a kezdetbeli szinnek *pótszinét* idézzük elé.

770. Kiderül e kisérletből, hogy ha a nikolt forgatjuk, úgy a selenit gyűrűrendszere is megváltoztatja jellegét. Elő lehet állítani, hogy a kör közepe sötét, a körötte fekvő gyürük pedig élénken szinezettek legyenek. A nikolnak 90 fokkal való megfordítása világossá teszi a közepet s minden egyes pont, melyet ezelőtt egy bizonyos szín elfoglalt, most e színnek *pótszinét* mutatja. De, mit akarok e hosszú bevezetéssel? Azt szeretném kimondani — de csak akkor, ha bizonyos vagyok benne, hogy a jelenlevők mind megértik szavaimat — hogy a felleg úgy is változtathatja szövevényét, hogy e közben oly hatást gyakorol a fényre, mely a nikolnak 90 fokkal való megfordításával egyenértékü. Sajátságos belső hatásoknál fogva, melyekről itt nem akarok szólani, a kisérleti csövünkben levő felleg néha különböző szövevényü szakaszokra oszlik. Némely szakasz durvább a többinél, s néha megtörténik, hogy némelyeket szivárványszinüeknek lát a szabad szem, a többit pedig nem. Ha merőlegesen nézünk az ily fellegre nikolon és seleniten át, sokszor előfordul, hogy az egyik szakasztól a másikhoz menvén, egészen megváltozik a gyürürendszer

jellege. Megkezdik például oly szakaszszal, mely sötét közepet ad és ennek megfelelő gyürürendszert; azután átmennek egy semleges ponton egy másik szakaszhoz s azt találják, hogy a rendszernek a közepe világos, s az előbbi gyürüket a pótszinekben föllépő új gyürük helyettesítik, és pedig a középtől tökéletesen ugyanabban a távolságban. Megtörténik, hogy a három láb hosszú csőben lévő fellegen négy ily cserélődés is fordul elé. Az imént érintett változások pedig arra mutatnak, hogy a fellegnek egyik szakaszától a másikhoz való átmenetelnél a sarkított fény rezgési síkja hirtelen 90 fokkal fordul meg; e változás egyesegyedül a két szakasz különböző szövevényének levén tulajdonítandó.

771. Megérthetnek most már — a mennyiben egyáltalán megérthető — egy igen szép tüneményt, melyet kedvező körülmények között a mi légkörünkben is lehetne észlelni. E kisérleti cső allyljodid gőzzel töltetett meg, egy hüvelyknyi nyomásig; azután vizes sósavon keresztül bugyborékolt levegőből annyi bocsáttatott belé, a mennyi a többi 29 hüvelyknek megfelelt, azaz a mennyi bele fért. Az allyljodid gőzein kivül tehát vizgőzök és sósavgőzök is vannak a csőben. A fény, miután egy darab ideig hat a keverékre, e szép kék szint létesíti. A »kezdődő felleg« optikai tulajdonságai és szövevénye tekintetében, mint már mondva volt, teljesen elüt a közönséges fellegtől; megtehetjük azonban, hogy a vizgőz akként csapódjék le e kisérleti csőben, mint a levegőben, s hogy olyan felleget alkosson, minők a légkörben keletkeznek. Ezen új és valódi felleg a kezdődő felleg azúrja közepén fog lecsapódni. Kapcsolatban áll ugyanis a kisérleti csővel e légüres edény, melynek belső üre vagy harmadrésze a cső belső ürének. A közlekedés útja jelenleg el van e csap által zárva. Ha majd megnyitom e csapot, a gőzökből és a levegőből áiló keverék be fog áramlani a légüres edénybe, a kisérleti csőben megmaradt vizgőz pedig valóságos felleggé esik majd össze, a kitágulással karöltve járó hűlés következtében. Most elé vannak készülve a kisérletre. Először oly

irányban nézem az azúrt, melyben élénk gyűrűrendszert ad sötét középpel. Megfordítván a csapot, a levegő megritkul és a felleg lecsapódik. Mi a következménye? az, hogy a rendszer közepe egy pillanat alatt világos lesz és a gyűrűknek minden egyes szine a maga pótszinébe megy át. Mialatt így nézem a felleget, lassanként szétoszlik az, úgy, mint a légköri felleg is néha szétoszlik az ég azúrjában; s az azúr, a mint ott, úgy itt is megmarad mögötte. A durvább szövevényü felleg, mint valami fátyol, ellebent; a kék szín ismét megvan; s az előbbi gyűrűrendszer, a maga sötét közepével és megfelelően szinezett gyürüivel, ismét beállít.

772. Valamely tárgynak szemmel való észrevételére az kell, hogy a szemlélő reczehártyáját különzetes hatás érje. A tárgyat az által különböztetjük meg az őt környező tértől, hogy e tér fényéhez képest nagyobb vagy pedig kisebb a fénye. Megváltoztatván akár a tárgy, akár a tárgy környezetének megvilágitását, mind a két esetben megváltozik a tárgy megjelenési módja. Vegyük például a fellegeket, a mint a légkörben úsznak, meg-meg szakítva az ég kék foltjai által. Mind az, a mi e kettő közül az egyiknek világitását változtatja, mind a kettőnek megjelenésén változtat; mert hiszen, mint mondva volt, a megjelenés a hatásbeli különbségtől függ. Már most az ég fényét, mint sarkított fényt, a nikol — tudják — nagy részben kioldhatja, holott a fellegét, mint nem sarkítottat, meg nem szüntetheti. Ez az oka, hogy jelentékenyen meg lehet változtatni nem csak az ég külsejét, mely valóban megváltoztatható, hanem azon fellegekét is, melyeknek az ég e része háttér gyanánt szolgál. Ha valamely rózsás felhő napnyugtakor a legnagyobb sarkítás táján úszik; úgy, a mint a mögötte fekvő ég fényét kioldjuk, azt okozzuk, hogy a felleg fényesebb karmazsin-vörösbe lobban fel. Dartmoor egének mult évi husvét-estéjén sajátságos vad volt a külseje. Csak imént vonult át rajta egy hózivatar; körös-körül a láthatár aczélfényü volt, és délnek vöröses gomoly és pehelyfelhők úszkáltak. Ez úszó tömegek, kioldatván

mögöttök az ég fénye, rögtön úgy tűntek elé, mintha valami hamvadó parázs egyszerre élénk izzásra szittatott volna. Karmazsinpiros fellegekre és hótömegekre legpompásabb példákat találhatunk az Alpokban; ott tehát a legkedvezőbb körülmények között tanulmányozható az imént említett hatás. Csodás szép volt az Alpok pirulata 1869-ik év augustus 23-án este, habár nem érte el ragyogása és mélysége tetőpontját. Nap lemente táján fölmentem a lejtőkön, hogy jobb kilátásom legyen a Weisshornra. Csúcsának az a része, mely a Bel-Alpról látható, a naptól el levén fordulva, mályvaszinü volt; én azonban a hegység rózsaszinü gyámoszlopai közül szerettem volna egyet látni. Ez sikerült is egy ponton, nehány száz lábnyira a hotel felett. A Matterhornnak is, bár majd egészen árnyékban állott, karmazsin vetülete volt, nyugati vállán pedig mély, zavaros, vörös szin húzódott végig. A Domnak kimagasló fején kivül még négy hegyes csúcsát és oszlopát — valamennyit tiszta hóval boritva — is megpirositotta a leáldozó nap fénye. Az Alphubel válla is hasonlóan volt szinezve; a Fletschhorn nagy tömege pedig, valamint a Mont-Leone hó csúcsa is izzva izzott.

773. Nikolon át nézvén a Weisshornt, eresze gyöngébben vagy erősebben pirult a hasáb állása szerint. A csúcs is változásoknak volt alá vetve. A nikol egyik állásánál halaványfehér szinben jelent meg sötét háttéren; azután 90 fokra forditván a hasábot, sötét mályvaszinü lett világos háttéren. Ép igy változott a Matterhorn vörös szine is; de az egész hegység is feltünő változást szenvedett körvonalai határozottságában. E tájt nagyon opálozó volt a levegő; mintha ezüstös ködděl lett volna telve, melyben a Matterhorn majdnem eltünt. A nikol tökéletesen kiolthatta e ködöt s ilyenkor a hegység csodálatos tisztán és élesen szökött elé a körötte fekvő levegőből. Még bámulatosabbak voltak a Dom változásai. A mögötte levő égtől sok fényt lehetett elvonni, mert a legnagyobb sarkitás táján állott. Elhomályositttatván az ég a nikol által, a Dom négy kisebb csúcsa és oszlopa, valamint

a főorom, az Alphubel vállával együtt, úgy kipirultak, mintha hirtelen meggyuladtak volna. Ez azonnal kialudt, a mint 90 fokkal megfordítottam a hasábot. E meglepő benyomást azonban nem az ég fényének csökkentése idézte elé egyedül. A levegő ugyanis, a mint említém, nagyon opálozó volt a Bel-Alp és a Dom között, s e közbetelepedett csillogás megszüntetése jelentékenyen emelte a hegység tisztaságát.

774. Efféle hatások nagyon szépen mutatkoztak augustus 24-én reggel. Délelőtt 10 órakor mind a három hegyre, a Dom, a Matterhorn és a Weisshornra igen jelentékeny volt a nikol befolyása. Nagyon meglepő hatások mutatkoztak ez órában a Domon és pedig azért, mert a néző szemétől e hegy felé húzott egyenes vonal tökéletes merőlegesen állott a nap által megvilágított tárgyak árnyékára, tehát közel merőlegesen magukra a napsugarakra is. A Matterhorn ősz csúcsát alig lehetett megkülönböztetni a körötte opálozó ködfátyoltól, de ha a nikol e fátyolt szétlebentette, a csúcs kiválott környezetéből s ott állt a maga merész körrajzában. Vissza kell pedig itt emlékeznünk arra, hogy midőn e hatásokat eléidézzük, egyéb nem változik, mint az ég a hegység mögött és a ködfátyol a hegység előtt; s hogy ezek azért változhatnak meg, mert az a fény, mely az égtől, és az, mely a világító ködtől érkezik, *egyenes vonalban sarkított* fény; s hogy a hótömegek és a hegység fénye, tapasztalás szerint, sarkítatlan fény s hogy ennélfogva a nikolnak nincs reá közvetetlen hatása. Nyilván való továbbá az is, hogy a köd nem azért mutatja elmosódottan a hegyeket, mintha valami közbetelepedett *homályos test* volna, hanem hogy a köd *fénye* az, mely a szemet kápráztatja és megzavarja, s ez által csökkenti azon tárgyak tisztaságát, melyekre a ködön át nézünk.

775. Ez eredményeknek közvetetlen befolyásuk van arra, a mit a művészek »légbeli távlatnak« neveznek. Letekintvén például az Aletschhornról, vagy valamely alacsonyabb hegyről az egymásmellé rakódott csúcsok sokaságára; egy

bizonyos finom kék köd minden egyes csúcsot és gerinczet — kivált ha a hegységek sötét szinezetűek, például fenyvesekkel födöttek — kiemel a mögötte fekvő hegységből. Igy e köd eltéveszthetetlenül világossá teszi a hegyek egymástól mért távolságainak viszonyát. A napsugarakra merőleges irányban nézvén e ködöt a nikolon keresztül, a köd elpusztul a legtöbb esetben, mert az a fény, melyet ebben az irányban kibocsát, tökéletesen sarkított fény. Ha ez megtörtént, vége van a légbeli távlatnak; s hegyek, melyek egymástól nagyon különböző távolságban feküsznek, úgy tűnnek elé, mintha ugyanabban az egy függőleges síkban emelkednének. A Bel-Alp közelében van például az Aletsch-gleccser leolvadásából eredő Massa pataknak kiömlő torka; mögötte fekszik egy magas hegyhát, fenyükkel benőve. E hegyhát a Rónavölgy túlsó oldalán fekvő sötét lejtőkre vetithető, közötte és e lejtők között levén az emlitett kék köd, mely messzire tolja vissza a távolabbi hegyeket. De a nap bizonyos óráiban ki lehet e ködöt oltani, s ilyenkor a Massa-hát és a Róna mögött fekvő hegyek úgy jelennek meg, mintha majd egyenlő távolságban lennének a szemlélőtől. Az egyik úgy tűnik elé, mintha a másiknak függőleges folytatása lenne. E köd változik a levegő hőmérsékével és nedvességével. Bizonyos helyeken és bizonyos időben majdnem oly kék mint maga az ég; de hogy megláthassuk a szinét, el kell vonnunk figyelmünket a hegységtől és a fáktól, melyek a hegységet borítják. Valóságban e kék köd nem egyéb, mint a többé-kevésbbé tökéletes égnek egy darabja; ugyanoly módon keletkezik s ugyanazon törvényeknek van alávetve, mint maga az égboltozat. Az égben élünk és nem az ég *alatt*.

776. E pontokat a selenitlemez magaviseletével még tovább is lehet fejtegetni. Valamely augustusi verőfényes napon letekintvén a Bel-Alpról, nagyon észrevehető volt a kékes köd a Rónavölgyben. Este felé az ég, a szemlélőhelyemmel átellenben levő hegyek felett, a selenitlemezben gyönyörű szinezetű szivárványgyűrűket adott; de e szinek

elevensége alig változott, midőn a selenitlemezzel leebb-leebb tekintettem, úgy, hogy már nem a tér sötétsége, hanem a Rónavölgy mögött fekvő sötét fenyük képezték számára a hátteret. A távolságot, keresztül a völgyön, egészen a szemközt fekvő hegységig, egyenes vonalban mérve, kilencz angol mérföldre becsülném: tehát kilencz angol mérföld vastag légtömeg, kedvező körülmények között, a sarkitásnak ép oly szines hatásait mutathatja, mint maga az ég.

777. Még egyszer: valamely táj fénye, ép úgy, mint a legtöbb tárgyé, két részből áll; az egyik rész a külső visszaverődéstől származik csupán, s e fénynek mindig ugyanaz a szine mint azé, mely a tájra vetődik. A másik rész azonban a tájat alkotó tárgyak belsejéből, egy bizonyos mélységből kerül elő, s az összes fénynek e része az, melytől a tárgyak különböző szineiket nyerik. A fehér napfény minden tárgyba behatol egy bizonyos mélységig; s egy része onnét, belső visszaverődés folytán, ismét elő kerül, a fény elnyeletése és visszaveretése a test egyéni tömeg-alkatának törvényei által levén megszabva. A táj tehát mintegy »megszitálja« a napfényt, s oly szinben és szinváltozatokban jelenik meg, a milyenben e fény, a megszitálódás után, jut a néző szemébe. Igy a fünek ép zöld szine és a fenyűnek sötétebb szinezete tisztán soha sem jut a szembe, hanem mindig bizonyos mennyiségü idegen fénynyel keveredve, azzal t. i., mely a tárgyak felületén verődik vissza. E külsőleg visszavert fény bizonyos, keményebb ragyogást kölcsönöz a réteknek és erdőknek. Bizonyos körülmények között a nikol megszüntetheti e fényt, úgy, hogy a fünek és a leveleknek igazi szinét láthatjuk. Az igy megnézett fák és rétek a szinezetnek oly gazdagságát és lágyságát árulják el, minőt soha nem mutatnak, mihelyt a felületen visszaverődött fény összekeverődhetik az igazi belső kisugárzás fényével. Nagyon jól megfigyelhető e hatás a fenyü tülevelein, még jobban a nagylevelü fákon, de a leges-legfeltünőbb változásokon a kukoricza-tábla megy át, ha forgatott nikolon keresztül nézünk reá.

778. Az imént érintettekhez hasonló gondolatok és kérdések által indíttatva, mult év augustus havában megmásztam az Aletschhorn csúcsát. Azok a hatások, melyeket az előbbi szakaszokban leirtunk, majdnem egytől egyig ismétlődtek a hegy csúcsán. Végig vizsgáltam nikolommal az egész eget. Arról, hogy a napsugarakra merőleges irány csakugyan a legnagyobb sarkítás iránya, nikolom mindenkor tanúskodott, akár egy magában használtam, akár kapcsolatban a selenitlemezzel. Azonban az égnek egy részén sem volt a sarkítás tökéletes. A mesterséges ég, melyet a már említett kisérletekben létesítünk, e szempontból tökéletesebbé tehető magánál a valóságos égnél; és az a pompás »maradék kék« is, mely a mesterséges égben megjelen, mikor a sarkítása már többé nem tökéletes, ez is nagyon elütött a bágyadt szineződéstől, mely az égboltozaton maradt meg, miután az erősebb fény kioltatott. E bágyadt szineződés, különben, bizonyos anyagokkal mesterséges úton is elérhető.

779. A Matterhorn és a Mont-Blanc között fekvő láncolat egész hosszán nagy volt a nikol hatása a hegységgel szomszédos ég fényére. Bámulatosak voltak néha a fény erősségének változásai. A szemlélő, ha kissé gyakorolja magát, könnyen megtanulja oly gyorsan mozgatni a nikolt egyik helyzetéből a másikba, hogy a fénynek váltakozó kioltódása és felvillanása egy pillanat alatt menjen végbe. Midőn ezt az imént említettem hegységre alkalmaztam, a fény és homály váltakozása a hegyek mögötti villogásra emlékeztetett. Valami hódolatot parancsoló fűződött ahhoz a gyorsasághoz, melylyel ama hatalmas tömegek, az említett vonal mentében, kinézésöket és körrajzuk élességét a nikol hatása alatt változtatták.

780. Ime megkisérlettem bemutatni önöknek, miként lehet az ég szinét és sarkítását mesterségesen létesíteni; erre csupán a fényt szerteszóró részecskéknek parányisága kivántatik. Kiderült, hogy e hatások teljesen függetlenek voltak a részecskéket alkotó anyagok optikai jellegétől. A mesterséges és a természeti tünemények között pedig oly tökéletes

volt az egybevágás, hogy nem lehetett kétkednünk közös eredetök felett. Itt különben még roppant fontosságú gyakorlati következtetések is tárulnak fel előttünk. Tegyük fel, hogy azok a részecskék, melyek az égboltozat kék fényét reánk árasztják, elpusztulnának; mi következnék ebből? A napsugarak áthatolnának a légkörön, anélkül, hogy oldalaslag szétszóratnának, a föld elveszitené az ég világosságát. Hogy pedig fogalmunk legyen e veszteség nagyságáról, tudnunk kell a szóban forgó fény minőségét. Az már tudva van önök előtt, hogy a növényeket a napsugarak táplálják; s minthogy az állatok növényekkel táplálkoznak, látni való, hogy ezeknek életét is elvégre a napsugarak tartják fenn. Úgyde, e sugarak ép oly vegyesek, mint birodalmunk vert pénzei. Chemiai változásokat létrehozó képességük tekintetében — pedig ily változások kellenek a növény életének — ép oly nagyon különböznek egymástól, mint az arany a réztől. És épen a napsugarak aranya az, melyet az ég reánk hullat. Roscoe tanár megmutatta, hogy az égboltozat fénye, mely főleg a rövidebb hullámokból ered, a Kewi observatóriumban nagyobb chemiai értékű, mint a láthatár felett 42 foknyi magasságban álló, födetlen napfénye.* E szerint meg lehetne becsülni azt a veszteséget, melyet a Kewi növényvilág az ég elvesztével szenvedne. Roscoe a napfény iránt érzékeny chemiai állományokkal tett kisérleteket; s ennélfogva ellenvetésül azt lehetne mondani, hogy az ő sóira hatott sugarak talán nem ugyanazok, melyek a növényekre hatnak. De mindent tekintetbe véve s feltéve, hogy a megfigyelések alaposak voltak, nagyon valószinünek tartom, hogy az égi fénynek, mint a növényi és ennek folytán az állati világ táplálójának, értéke a Roscoe által talált értéknél nem lehet sokkal csekélyebb.

* Procedings of the Royal Institution vol. IV. p. 637. Az egész értekezés rendkivül érdekes.

MEGJEGYZÉSEK A TERMÉSZETI EROK ÁTALAKITHATÓSÁGÁRÓL.

Ide csatolok nehány megjegyzést, melyek nem egy olvasómnak használhatnak. Át vannak ezek véve „Faraday mint fölfedező“ czimü müvecskémből, melyben „a természeti erők egysége és egyenértékűsége; a villanyáram elmélete“ czimü fejezetnek egy részét képezik.

A világbeli erély vagy munkáló erő összes készlete vonzásokból, taszitásokból és mozgásokból áll. Ha a vonzások és taszitások oly viszonyok között hatnak, hogy mozgást szülhetnek, úgy azok munkáló erő forrásai, különben nem. Szoritkozzunk, egyszerüség kedveért, csupán a vonzó erőkre. Az a vonzás, mely a föld és a föld felületéről eltávolitott test között létezik, munkáló erő forrása, mert ama vonzó erő mozgathatja ama testet, ez pedig, mialatt a föld felé esik, munkát végezhet. Midőn e test a föld felületén nyugszik, ekkor már nem forrása a munkáló erőnek vagy erélynek, mert tovább nem eshetik. Mindamellett azonban, hogy erélynek többé már nem forrása, a nehézség vonzása még mindig úgy hat mint erő, mely egymáson tartja a földet és a szóban forgó testet.

Ugyan e megjegyzések az atómokra és a tömecsekre is alkalmazhatók. Az atómok és a tömecsek mindaddig, mig térköz választja el őket egymástól, e közön át mozoghatnak, engedve a vonzásnak; mozgásuk pedig, melyet igy elértek, kellő berendezés által oda vihető, hogy mechanikai munkát végezzen. Midőn például két hydrogén-atóm és egy oxygén-atóm egyesülnek, hogy vizet képezzenek, az atómok elébb egymásfelé vonzatnak; engedve e vonzásnak: mozognak, egymásra pattannak, rugalmasságuknál fogva visszapattannak és rezegnek. E rezgő mozgást mi melegségnek nevezzük. Semmi egyéb e rezgő mozgás, mint más szétoszlódása annak a mozgásnak, melyet a chemiai rokonság létesitett; és csak is ebben az értelemben mondhatjuk, hogy a chemiai rokonság ereje átalakult hővé. Nem szabad azt gondolnunk, hogy a chemiai vonzás elpusztult vagy más valamivé alakult. Mert ugyanaz az erő, mely az atómokat elébb egymás felé hajtotta, ugyanazon atómokat, miután már átkarolták egymást, összetartja. A mi itt valóban felhasználtatott, az nem egyéb, mint a lehetőség, hogy a vonzás továbbra is azon a darabon gyakoroltassék, a mely darabbal rövidebb lett az atómoknak egymástól mért távolsága.

Megértvén ezeket, nyilvánvaló, hogy ebben az értelemben ezt is mondhatjuk: a nehézség-erő átalakítható hővé; hogy a nehézségerő nem valami magában álló, át nem alakítható ágens, mint néha mondják; hogy ez csak úgy átalakítható hővé, mint a chemiai rokonság. Húzás gyakoroltatván valamely testre egy bizonyos téren át, e húzás azt eszközli, hogy a test egy bizonyos, megszabott gyorsasággal ütődik a földhöz. Ezen ütközés hőt fejleszt, s csak ebben az értelemben lehet a nehézség-erőről mondani, hogy hővé alakul át. Nem semmisül meg, nem is alakul át mássá az az erő soha, mely a mozgást létesítette. A föld és a súly között megvan a kölcsönös vonzás, akár érintkeznek egymással, akár nem; de e húzásnak az a képessége, melynél fogva mozgás létesítésében érvényesítheti magát, ez nincs meg az első esetben.

Az elme könnyen követheti ez esetben az alakváltást. A nehézség-erő húzása először mozgásba hozza a súlyt mint egészet. A tömegnek e mozgása, megakasztatván a földdel való összeütközés által, tömecsbeli megrendülésekké porlódik, s e tömecsbeli mozgást nevezzük hőnek.

Ha megfordítjuk a folyamatot és e hőbeli megrendüléseket valamely súlynak a magasba való emelésére alkalmazzuk — megtörténik ez például a gőzgépben, valamely rugalmas légy közbenjárásával — úgy a tömecsbeli mozgásnak egy bizonyos megszabott része veszendőbe megy, a súly emelése közben. Egyedül ebben az értelemben mondhatjuk a hőről, hogy nehézség-erővé, vagy szabatosabban, a nehézség-erőnek lehetséges erélyévé alakul. A hőbeli veszteség nem teremtett új húzó erőt, hanem az eredeti húzó erő most egyszerűen képességet nyert, húzást gyakorolni a súlyra azon téren át, mely a lefelé eső súly elindulása pontja és a földdel való összeütközésének pontja között létezik.

A delejességbeli húzó erővel is ugyanígy áll a dolog: midőn valamely vasgolyó, némi távolságban állván a delejtől, e delej felé rohan, míg csak mozgását az összeütközés meg nem akasztja: ez esetben oly hatás keletkezik, mely mechanikai szempontból véve azonos a nehézségerő húzása okozta hatással. A delejességbeli húzás létesíti a tömeg mozgását, s e mozgás megakasztódása meleget létesít. Ebben és csak is ebben az értelemben alakul hővé a delejesség, vagy jobban mondva, a delejességbeli munka. Feltéve már most, hogy a hőnek mechanikai ereje, alkalmas gépre hatván, a vasgolyót elrántja a delejtől s tőle ismét némi távolságra helyezi, úgy ez által a delej ismét képességet nyer, e távolságon végig húzást gyakorolni a golyóra s azt idézni elé, hogy a golyó újra mozogjon. Ebben s egyedül ebben az értelemben alakult a hő delejességgé, vagy helyesebben delejességbeli lehetséges erélylyé.

Midőn tehát az erő megmaradásáról irt művekben »elfogyasztott« és »létesitett« feszerőkről szólanak, ezzel nem azt akarják mondani, hogy a régi vonzóerők megsemmisittettek és azok helyébe újak léptek életbe; hanem igenis azt, hogy a vonzó erőnek mozgást eléidéző képessége az első esetben csökkentve lett, az egymást vonzó testek közötti távolság csökkentése által; és azt, hogy a vonzó erőnek mozgást szülő képessége a második esetben öregbedett, a fennérintett távolság nagyobbitása által. E megjegyzések valamennyi testre alkalmazhatók, úgy az észrevehető tömegekre, mint a tömecsekre.

Az anyagnak azon belső tulajdonságáról, mely az anyagot anyag vonzására képesiti, semmit sem tudunk; s e tulajdonságra nézve az erő megmaradásának törvénye mit sem állapit meg. A vonzás tényeit úgy veszi, a mint vannak; s csak azt állítja, hogy az összes erély állandó. Állhat pedig ezen erély mozgásból — ez az egyik alakja —; vagy erőből, távolsággal, melyen át hathat — ez a másik alakja. — Az első mozgási erély, az utóbbi pedig lehetséges erély; hogy e kettő összege állandó, egyedül azt állítja az erő megmaradásának törvénye. A természeti erők alakváltó képessége egyedül abban áll, hogy a mozgási erély lehetséges erélylyé, és viszont a lehetséges erély mozgási erélylyé alakul, a mint ez szakadatlanul történik. Az erő alakváltó képességének pedig csak ebben az értelemben van jelenleg tudományos jelentése, és semmiféle más értelemben.

Izmait összehúzván, emeli az ember a terhet a földről. De az izom csak úgy húzódhatik össze, ha saját szövete, vagy ha a rajta áthatoló vér oxydálódik. Igy a tömecsbeli mozgás mechanikai mozgássá alakul. Feltéve már most, hogy az izom összehúzódnék s e közben nem emelne terhet: oxydálódás ez esetben is beállana, de az oxydálás egész melege magában az izomban lenne szabaddá. Nem igy áll a dolog, ha külső munkát végezünk; hogy ezt végezhessük, az oxydálásbeli hő egy bizonyos részének el kell fogyasztatnia. Arra fordittatik e hő, hogy a terhet a földtől eltávolítsa. Ha megengedjük, hogy a teher visszaessék a földre, úgy a földdel való összeütközés létesitette hőnek a mennyisége tökéletesen annyira fog rúgni, mint a mennyivel kevesebbet nyert az izom, mialatt a terhet emelte. Átalakul az imént felvett esetben a tömecsbeli izom-erő nehézségerőbeli lehetséges erélylyé, és ez aztán hővé, úgy azonban, hogy a hő távol jelenik meg a valódi forrásától, az izomtól. Az egész folyamat abban áll, hogy a tömecsbeli mozgás az izomtól átszármazik a teherre; a nehézség-erő pedig csak ez átszármazás közvetitője.

ELMÉLET AZ ÜSTÖKÖSÖKRŐL.

Egy hypothesist teszek itt közzé az üstökösök képződéséről, melyet kitünő férfiak nem kedvezőtlen fogadtatásban részesitettek. Az olvasó úgy tekintheti, mint gyakorlatot az e könyvben tárgyalt tények megértésére, és mint e tényeknek talán helyes alkalmazását. Szándékom, egyszer majd bővebben kifejteni e hypothesist; úgy vélem, van benne az igazságnak némi csirája, máskülönben nem tenném itt közzé.

Ezen elmélkedés a Cambridge-i Philosophical Societyvel, 1869-ik év márczius 8-án, a következő szavakban közöltetett.« Kisérleteim folytán, melyeket a chemiai sugárzás hatására nézve tettem, csodálkozva vettem gyakran észre azt a fénytömeget, melyet a felleggé szétoszlódott anyagnak leirhatatlan parányi mennyisége visszaverődés útján szerte szórhat. Többször tévedésbe ejtett és megzavart a bennrekedt maradékocska hatása; oly rendkivül parányi volt e maradék, hogy egyszerüen felfoghatatlannak tünt elé a hatása. Ily maradékoktól megmenekülendő, kisérleti csöveimet, ha gőzökre használtattak, először kimosattam alkohollal, azután kikeféltettem forró vizzel és szapannal s végre tiszta vizzel kiöblittettem. Szeretnék fogalmat adni önöknek azon anyagmennyiségekről, melyek itt kérdésben forognak. E 3 láb hosszú, 3 hüvelyk tágas csövet kitisztittattam, és pedig oly gondosan, hogy levegővel vagy vizes sósavval megtöltve, erős fény behatása alatt sem mutatkozott benne a legcsekélyebb zavarodás. Meggyőződvén ily módon a csőnek tökéletes tisztaságáról, golyócskát csináltam darabka illatos papirosból, körülbelül akkorát, mint egy kis borsószemnek a negyedrésze; megnedvesitettem oly folyadékkal, melynek a viz forrpontjánál kissé magasabb a forrása pontja. E golyócskát a kezemben tartottam mindaddig, mig majdnem egészen megszáradt, azután betettem egy kapcsoló csőbe s úgy intézkedtem, hogy szárított levegő vonult át rajta a kisérleti csőbe. E levegő, az ekként belejutott parányi gőzzel együtt, a fény behatásának vettetett alá. A lecsapódás müveképen azonnal kezdett kék felleg képződni s szine öt percz alatt az egész kisérleti csőben elterjedt. Nehány perczig kék maradt e felleg; a nikol, helyesen állitva, tökéletesen kioldhatta, úgy, hogy fényének nyoma sem jutott a szembe. A felleg részecskéi azonban lassanként gyarapodtak

a nagyságban, s 15 percz mulva sürű fehér felleg foglalta el a csövet. Tekintetbe véve a gőznek azt a mennyiségét, melyet a levegő magával vitt a csőbe: a sürű és a fényes felleg fellépte úgy tűnt elé, mintha egy világ semmiből teremtetett volna.

„Ez azonban még nem mind: a golyócskát eltávolítottam s a kisérleti csövet kiüríttettem, száraz légáramot hajtván át rajta. Ezen áram a kapcsoló csövön is átvonult, melyben a golyócska feküdött. A légáramot végre megszüntettem és a kisérleti csövet légüressé szivattyúztam. Ez meglévén, ugyanazon kapcsoló csövön át 15 hüvelyk nyomású sósavgőzt bocsátottam a kisérleti csőbe. Megjegyzendő: 1-ször, hogy rendkivül csekély volt a folyadéknak az a mennyisége, melyet a golyócska eleinte magába vett; 2-szor, hogy e csekély mennyiség, mielőtt a golyócskát betettem a kapcsoló csőbe, majd egészen elpárolgott a kezemben; 3-szor, hogy a golyócska eltávolíttatott, s a csövön, melyben a golyócska feküdött, nehány perczig tiszta levegő vonult végig erős áramban. Az e folyamat után a kapcsoló csőben bennrekedhetett maradéknak egy részét a sósavgőz magával vitte a kisérleti csőbe, s igy került e rész a fénynek behatása alá.“

„Meggyujtván a villanylámpát, egy percz multával gyönge felleg mutatkozott; két percz mulva egészen betöltötte a cső előrészét s jó messzire vonult befelé; azután szép fellegalakká fejlődött s 15 percz lefolytával oly sokaságú fényt árasztott, hogy el kellett rajta bámulni, tudván, mily parányi tömegből keletkezett e felleg. Bár élénken világító, mindamellett sokkal finomabb volt e felleg, semhogy észrevehető mértékben elhomályosithatta volna a mögéje állított tárgyakat. A gyertya lángján nem változtatott többet, mint a puszta üresség. Nyomtatott papiroslap, a felleg mögé téve és a felleg által megvilágitva, magán a fellegen keresztül volt olvasható; észrevehető csorbát nem szenvedett a betük tisztasága. Azt a „szellemszerü szövevényt“, melyet Sir John Herschel az üstökösöknek tulajdonit, semmi sem teheti jobban szemlélhetővé, mint e fényszülte fellegek. E kisérletek tényleg bebizonyitják, hogy oly anyag, mely majdnem végtelen gyér, az üstök fényénél sokkal erősebb fényt képes kiárasztani. Valószinü, hogy milliókkal kellene sokszoroznunk annak az anyagnak a súlyát, mely e fénysokaságot a szem felé árasztotta, hogy egyenlő legyen azon levegő súlyával, melyben a szóban forgó anyag lebegett.“

„És most, lesznek-e szivesek öt perczre ideajándékozni türelmöket, hogy megkisérthessem az üstökösök elméletére alkalmazni ezen eredményeket? Felbátoritott engemet ezen alkalmazásra Besselnek egy megjegyzése, melyben azt mondja, hogy megfigyeléseiből, melyeket a Halley-féle üstökösre nézve tett, jóval gazdagabb ismereteket meríthete,

ha megfigyelései idejében valamely elmélet létezik, melynek igazolására vagy megdöntésére irányíthatja figyelmét. Szeretném pedig kényelmes úton, lassanként vezetni önöket azon nézethez, melyet önök elé terjeszteni kívánok; de az idő rövid, s előterjesztésem kopár lesz, abban a bajban szenvedvén, mely szükségképen ered az efféle bevezetés hiányából."

„Önök tudják — kétséget nem szenved —, mily rettentő nehézségek zárják körül az üstökösök elméletét. Az az üstökös, melyet Newton 1680-an megfigyelt, 60 millió mérföld hosszú csóvát lövelt ki két nap alatt. Az 1843-ki üstökös, ha jól emlékezem, 100 fokot födött el az egen egyetlen egy nap alatt. E roppant kiterjedésű fellegféle tömegről fölteszik, hogy az üstökös fejében képződik és onnét valamely titokteljes taszító erő által a nap háta mögé hajtatik. Bessel a dolog megmagyarázására valami delej-fajta sarkiasságot és taszitást gondolt ki. „Világos" mondja Sir John Herschel, „hogy ha itt egyáltalán anyaggal van dolgunk, olyannal, a milyennek mi az anyagot gondolni szoktuk, tehát tehetetlenséggel felruházottal: úgy ez anyagnak oly erők uralma alatt kell állania, melyek a nehézség-erőnél összehasonlíthatatlanul erősebbek s egészen más természetűek, mint a nehézség-erő."

Egy másik helyen következő figyelemre méltó szavakban fejezi ki a tárgy nehézségeit: »Kétséget nem szenved, hogy csóvájuk tüneménye a természetnek mély és titokteljes talányával áll kapcsolatban. Talán nem reménylünk túlságosan sokat, midőn hiszszük, hogy későbbi megfigyelések és mindazon segély egyidejű felhasználása, melyet a természeti tudományok általános haladására alapított elméleti fontolgatások (tekintettel főleg a természeti tudományoknak azon ágaira, melyek az éteri vagy a nem mérlegelhető elemekre vonatkoznak) nyujthatnak, hogy mindezek rövid időn képesítenek majd bennünket, kinyomoznunk és megértenünk e titkot, s megtudnunk, vajjon a szó közönséges értelmében vett anyag-e az, a mi oly szertelen gyorsasággal hajtatik ki fejökből, s a mit saját futása közben, ha nem is épen hajt, de még is vezérel olyasmi, a minek viszonyban kell lennie a nappal, mint a kerülendő ponttal. A csóva testiességének kérdése soha sem merül fel hathatósabban, mint midőn azt a roppant kanyarodást megfigyeljük, melyet a napközelben a nap körül tesz; kinyúlik ilyenkor a napfelület tőszomszédságától egészen a földpályáig — láttuk ezt az 1680-iki és az 1843-iki üstökösnél —, mint valami egyenes, hajlíthatatlan rúd, daczolva a nehézség törvényével, sőt daczolva valamennyi mozgásbeli törvénynyel is; még körül is sodortatja magát és pedig 180 foknyira, két óránál valamivel hosszabb idő alatt, s e mellett szét nem szakad. Egészen hihetetlennek látszik,

hogy az a csóva, mely ezeket a kanyarulatokat megteszi, ugyanazon egy anyagi tárgy legyen. (Tekintettel a következő elméletre, e szavakat az olvasó különös figyelmébe ajánlom. J. Tyndall.) Ha valami nemleges árnyékfélét lehetne elképzelni, valamely pillanatnyi hatást az üstökös mögött levő fényvivő éterre: úgy ez némiképen megfelelne annak a képzetnek, melyet ily tünemény ellenállhatatlanul felébreszt.«

»És most engedelmökkel előterjesztek egy hypothesist, mely mindezen nehézségeket — úgy látszik — elhárítja; s mely — már akár physikai igazság akár nem —, kielégítő módon összekapcsolja egymással az üstökösök jelenségeit.«

»1. Az én elméletem ez: az üstökös gőzből áll, melyet a napsugarak szétbonthatnak; a látható fej és a csóva: az e szétbontás folytán keletkezett, fényszülte felleg. Tagadhatatlan ugyanis, hogy az üstökös szövevénye olyan, mint a fényszülte fellegé.«

»2. A csóva ezen elmélet szerint nem kilökött anyag, hanem oly anyag, mely az üstökös légkörét szelő napsugarakban lecsapódott. Kisérletekkel bebizonyítható, hogy e lecsapódás viszonylagos lassúsággal állhat be a sugár mentében, vagy pedig pillanat alatt végbemehet a sugár egész hosszában. Ezzel tehát meg lenne magyarázva a csóvaképződés bámulatos gyorsasága; s nem kell, mint eddig, valami hihetetlen tovaterjedés feltevéséhez folyamodnunk.«

»3. Mialatt az üstökös napközelén át kanyarodik, csóvája nem folytonosan egy és ugyanazon anyag, hanem új anyag, mely az üstökös légkörét uj irányokban szelő napsugarakban csapódott le. Megmagyarázódik így a csóvának ama roppant kanyarodása. s nem szükséges az e kanyarodásnak megfelelő haladó mozgás feltevése.«

»4. A csóva mindig elfordul a naptól, következő oknál fogva: két antagonistikus erő hat az üstököst képező gőzre; az egyik a chemiai erő, mely a lecsapódást eszközli; a másik a hevitő erő, mely elpárolgást okoz. Hol az első a túlnyomó, ott üstökösfelleg támad, hol pedig a második a túlnyomó, ott az üstökös gőze átlátszó. Tény pedig az, hogy a nap az itt segítségül vett hatókat valóban kibocsátja. E két erő jelenlétének feltevésében tehát semmi sincs, a mit hypothetikusnak lehetne nevezni. Megmagyarázandók pedig azt, hogy a lecsapódás az üstökös feje mögött, vagyis abban a térben megy végbe, melyben a fej árnyéka fekszik, csak azt kell feltennünk, hogy az üstökös feje és magva jobban nyeli a nap hősugarait, mint chemiai sugarait. Ez ugyanis fokozná a chemiai sugarak aránylagos túlsúlyát az üstökös feje és magva mögött, s e sugarak ily módon elég hatalmasak lennének, az üstökös csóváját képező felleg lecsapására.«

»5. A régi csóvát, midőn az üstökös magva által többé nem védetik, a nap heve elpusztítja; ezen elpusztítás azonban nem egy pillanat műve. A csóva a térnek azon része felé hajlik, melyet az üstökös legutóljára hagyott el; ezen általánosan megfigyelt tény az imént mondottakból könnyen megmagyarázható.«

»6. A két rendbeli sugárnak uralom feletti küzdelmében ideig-óráig előnyben lehetnek a chemiai sugarak az üstökös légkörének oly részeiben is, melyeket az üstökös magva nem véd. Ennek alapját talán sűrűségbeli változások vagy más okok képezhetik. Ezzel meg lennének magyarázva az esetleges oldal-áramok és a gyöngébb csóváknak a nap felé irányult látszólagos kilövelése.«

»7. A fejnek összezsugorodása a nap szomszédságában a hőhullámok hozzáütődéséből ered; ezek ugyanis a szélső és gyér rétegeket szétszórják és így a fejnek látszatos összezsugorodását okozzák.«

»Kizárólag oly okokra fektettem ezen egész hypothesist, melyek valóban megvannak, és semmiféle hatást sem vettem fel, mely nem a megfigyelés vagy a kisérlet biztos alapján nyugszik. Önökön fordul meg már most, kimondani, hogy átléptem-e az »észszerű spekulatió« határain. Ha átléptem, úgy semmi esetre sem választhattam volna alkalmasabb helyet, hogy gyorsan és biztosan megczáfoltassam. Ha ez elmélet nem egyéb puszta agyrémnél, úgy az önök Adams-e és az önök Stokes-e, (szerencsére mind ketten jelen vannak) kik elé azzal a szándékkal terjesztem e hypothesist, hogy ha jobb sorsra érdemetlen, az astronomia és physika által azonnal megsemmisítve lássam; s kik ebbeli kötelességüknek kétség kivül sikeresen eleget teendenek, s így engem is, önöket is, megóvnak a tévedéstől, még mielőtt komolyan befészkelhetné magát fejünkbe.«

Most (1870) még hozzá tehetem, hogy üstökösi burkokat és különféle más jelenségeket pontosan utánozhatunk, ha a lecsapódó ködben kavargó mozgást idézünk elé hő által. Bizonyosan nem szükséges megemlítenem, hogy ezen elmélet az üstökös-csóva fényének sarkultságát is megmagyarázza.*

* Lehet, hogy vannak üstökösök, melyeknek gőze nem enged a nap bontó hatásának, vagy ha enged is, le nem csapódik. E nézet pedig lehetővé teszi feltennünk, hogy vannak láthatatlan üstökösök, melyek a térben vándorolnak, talán a földön végig söpörnek s befolyással vannak egészsége állapotára, a nélkül, hogy valamit észrevehetnénk elvonulásukból. A mi pedig tömegük csekélységét illeti, szilárd meggyőződésem, hogy néhány uncziа — némely üstökös lehetséges súlya, Sir John Herschel szerint — allyljodid gőzből oly csapó felleget lehet előállítani, mely nagyszerűség és világítás tekintetében felérne a Donati-féle üstökössel.

A HŐ SARKÍTÁSA.

A Philosophical Magazin 1845-ik évi folyamában a megboldogult Forbes jelentést tett azon kisérletekről, melyekkel a nem világító hő sarkítását bebizonyította. Először turmalinokat használt s aztán szerencsés ötletből egymásra rakott csillámlemezekhez fordult; ezek jobban bocsátván át a sugarakat, lehetővé tették, könnyebben és teljesebben bebizonyítania a hősugarak sarkításának igazságát. Tovább nyomozták e tárgyat később Melloni és más természetvizsgálók. Nagyon elmésen használta fel Melloni a maga felfedezését, hogy a fekete üveg némi részt átbocsátja a világító hőforrások sötét sugarait. Felfogván az ily üveglemezzel olajlámpája fényét s az üvegen áthatolt hővel tévén kisérletet, oly eredményeket ért el, melyek nagyságra tökéletesen felülmúlták a sötét hőforrások kisugárzásával elért eredményeket. Most már tökéletesebb sugárszürő és erősebb hőforrás levén birtokunkban, sokkal nagyobb mértékben idézhetjük elé a Forbes és Melloni által elért eredményeket.

Két nagy nikol — olyanok a milyeket a fény sarkításáról tett kisérleteimben használtam — oda volt állítva a villanylámpa elé s megerősítve, úgy, hogy az egyiket is a másikat is saját vizszintes tengelye körül, külön lehetett forgatni. A lámpa sugárnyalábja, egy lencse által gyöngén összehajlóvá téve, átküldetett mind a két nikolon. Közöttök állott azonban egy czella, szénkénegben feloldott jóddal megtöltve; s annyi volt benne ez oldatból, hogy a legerősebb napvilágot is kiolthatta. A nikolok mögött két tölcséres visszaverővel felszerelt hővillanyoszlop állott. Az oszlop előlapja a villanylámpától nyert meleget, hátulsó lapja pedig platinatekercstől, melyben kellően szabályozott villanyáram járt.

A készüléknek olyan volt a berendezése, hogy midőn a nikolok főmetszete derékszöget képezett egymással, az oszloppal kapcsolatos galvanométernek tüje 90 fokú elhajlást mutatott a hátulsó hőforrás javára. Az egyik nikol ezután megfordíttatott, úgy hogy a két főmetszetnek egyközű lett a fekvése. A tü azonnal visszatért a zérusra s innét a 90-ik fokig haladott az ellenkező oldalon. Visszafelé, vagy tovább forgattatván a nikol, míg ismét merőlegesen állottak egymásra

a főmetszetek: a hősugarak nyalábja bennrekedt, a tű pedig a zéruson áthaladva, ismét visszatért előbbi állásába.

A sarkított hő árama tényleg oly erős, hogy a tűnek, ha a nikol gyorsan megfordíttatik, egynehányszor körüskörül kellett volna kanyarodnia a fokozott kör felett.

E kisérletek azzal a finom galvanométerrel tétettek, melyet a sugárzó hőre vonatkozó vizsgálataimnál használtam. A hatás különben oly erős, hogy a hallgató terembe való, durvább galvanométernek 6 hüvelyk hosszú egy négyzethüvelyknyi nagy papirszeletekkel ellátott tűjét is úgy megindítja, hogy majdnem 180 fokú ivet kénytelen megfutni.

Visszaverődés, törés, szóródás, sarkítás — egyenes vonalú és körös sarkítás —, kettős törés, láthatatlan képek létesítése tükrökkel és lencsékkel, mind ezek feltünő világosan megmutathatók jódszürő és a villanyfény segélyével.

Példaképen tessék a következő kisérleteket venni: a nikolok keresztben állottak; a galvanométer tüje 78 fokú elhajlást mutatott az oszlop mögött álló hevített platinatekercs javára. A sötét sugárnyalábba ez után be lett csusztatva egy csillámlemez, melynek főmetszetei 45 fokú szög alatt hajlottak a két nikol főmetszetéhez. A tű azonnal a zérusra esett s 90 fokú iven futott végig a másik oldalon.

Példa a körös sarkításra: a nikolok keresztben állottak, a tű 80 fokú elhajlást mutatott a platinatekercs javára. A sötét sugárnyalábba be lett csusztatva egy kvarczlemez, mely merőlegesen volt metszve a kristály tengelyére. A tű a zérusra esett s 90 fokú ivet futott a másik oldalra.

Mily erős pedig az itt használt hő átjáró képessége, kitünik abból a tényből, hogy vagy 12 hüvelyknyi utat tett az izlandi páton és körülbelül 1½ hüvelyknyi utat a jódoldattal megtöltött czellán át.

BEREKESZTŐ MEGJEGYZÉSEK.

Ingleby barátom három czikkre fordította figyelmemet, melyek a Monthly Magazine 1820-ik évi folyamában — vol. II p. 33, 129 és 505 — jelentek meg, ismeretlen szerzőtől Common Sense (józan ész) aláírással. A három czikk közül az elsőnek ez a felirata: „villanyosság és galvanismus, megmagyarázva az anyag és a mozgás elmélete alapján.“ A másodiké: „a mozgás természetéről és tovaterjedése törvényeiről és jelenségeiről.“ A harmadiké: „új nézetek az állati természet ökonomiájáról, összhangzásban az anyag és a mozgás elméletével.“ A czimekből is látható, mifélék voltak a czikkek szerzőjének gondolatai. Jókora csomó elkerülhetetlen tévedés van bennök, de e czikkek sok helyen mégis oly beható elmeélről és oly tiszta belátásról tanúskodnak, hogy az akkori időket tekintve, nagyon figyelemre méltók. Példaképen közlöm a következő pontokat:

„Bizonyos esetekben azonban a mozgás átruházódásával nem jár karöltve a helyváltozás, s e kivétel egy új csomó jelenséget szül. Midőn például két, ellenkező irányban mozgó test, a tömegük középpontját összekötő egyenes vonalban, ütközik össze egymással: mind a kettőben lerombolódik a hajlandóság a helyváltoztatásra, s látszólag a mozgásuk is elpusztul. A mozgás azonban az ily esetben nem pusztul el, hanem csak megváltoztatja megjelenése módját; átmegy a testek atómjaira, melyek az összeütközés következtében rezgő mozgásra kerekednek, s e rezgő mozgás a testek elébbi mozgásának képviselője. E módon a halmazat mozgása atómmozgássá alakul s ez utóbbi azután sok, sajátságos, bonyolódott jelenségeket gerjeszt, például a hőben, fényben és a gázokban.“

A szórtabb nyomtatást, maga a szerző emelte ki. Míg Mayer és Joule, 20 évre ezután, fel nem léptek, tudtommal semmi sem került a nyilvánosság elé, a mi szabatosság és teljesség tekintetében mérközhetnék a fentebbi mondásokkal. Valóban azt lehetne hinni, hogy az általam használt kifejezések közül nem egyet a Monthly Magazine ezen névtelen levelezőjétől irtam le.

A fennemlített czikkek közül a második, e következő tételekbe foglalható össze:

„1. Hogy a testek a maguk erejét, a maguk súlyát, a maguk tulajdonságait azon mozgásból vagy azon mozgásokból merítik, melyek

velök közöltetnek, vagy melyeknek már elébb a birtokában voltak. Es hogy e kifejezések: erő, súly, mozgás fölcserélhetők és physikai szempontból egy jelentésűek.

»2. Hogy minden erő, minden súly, minden mozgás az őt illető legközelebbi okok vagy mozgások lánczolata által helybélileg idéztetik elé.

»3. Hogy a mozgás, habár folytonosan változtatja is a maga vivőjét és megjelenése alakját, soha el nem vész és soha újjá nem teremthető, hanem folytonos körjáratban és változó alkalmazkodásban van.

»4. Hogy a halmazatok mozgása atómok mozgásává, vagy rezgésévé alakulhat és »vice versa«; ezen alakváltáson alapszanak a jelenségek számos különböző osztályai.

»5. Hogy hatás és ellenhatás, tehetetlenség, ellenhatás és surlódás mind oly jelenségek, melyek a mozgás átadásában, fölvételében és a mozgó testtel való megosztásában állanak.

»6. Hogy a közeg, melybe az atómmozgással felruházott test merítve van, tovaterjeszti az atómmozgást és pedig mindaddig, míg a gerjesztés felül nem mulja a tovaterjesztő képességet; ekkor beáll: hő, elpárolgás, gázképződés, fény és szétbomlás, melyek semmi mások, mint az atómmozgás különböző nemei és gyorsított fokai.

»7. Hogy a melegség atómmozgás; és hogy a lélegzés folyamatában a levegőtől vétetetik át a melegség; és szül állati meleget és életerőt.

»8. Hogy a föld felületén valamennyi helybeli mozgás csak a föld mozgásainak elterelődése [kifelejtette a napsugarak szerepét], s hogy végre is meginl visszaadatik a földnek.

»9. A mozgás mindezen kutatások és meghatározásokban úgy tekintendő, mint az Örök Mindenhatóság fenséges működésének másodrendű oka.«

Harmadik czikkében az állati természet ökonomiájáról így szól:

»Állanak pedig e szerint az állatok csont-alapból az erősségre —; összetartó izmokból a mozgásra —; agyvelőből és idegekből alkotott velőrendszerből az érzésre, összehasonlításra és emlékezésre —; lélegző szervekből a gázok atómmozgásának elsajátítására —; s üterekből és viszerekből a táplálék keringésbe hozatalára és az egésznek hajtására.

»A gőzhajó, mely a vizgőznek váltakozó bevezetése és rögzítése által hajtott gépből meríti a maga belső erélyét, s melyet kerekei az által mozgatnak, hogy ellenhatást találnak a víz vagy a föld részéről, az ily gőzhajó, bár durva, de még is tökéletesen analog képe az állatnak, mely helyről helyre mozoghat. Az állat is a légköri gáz rögzítéséből meríti a maga belső erélyét, mozgását pedig lábainak vagy testének a föld ellenében kifejtett visszahatásából.«

Igy forrdogálnak a nagy kérdések, mielőtt tökéletes kifejezésöket megtalálnák.

A VADAK MÓDSZERE TÜZET GERJESZTENI.

„Kalandok a borneoi Dajak-ok között“ F. Boyle-től. Megjelent Hurst és Blackett-nél, 1865; a 67 és 68-ik oldalon.

„Némely dajak-törzsnél még egy másik neme és módja is van a tüz gerjesztésének, mely még szokatlanabb. Az erre való készülék egy keskeny ólomkoczka, mely szorosan beillik egy bambusztokba. A koczka felső végét kis csészévé vájják ki. Tüzre lévén szükségök, a csészét megtömik taplóval, bal kézzel egyenes állásban tartják az ólom-dugót, s erősen rá lökik a bambusztokot, s ép oly gyorsan vissza is rántják; és íme a tapló meggyuladt. A bennszülöttek mondják, hogy e hatást az ólmon kivül más fém nem idézi elé. Meg kell azonban jegyeznem, hogy e sajátságos módszer alkalmazását soha sem láttuk, habár úgy látszott, hogy a Rajah tisztjei ismerték.“

A REGGELI HIDEG HAVAT CSINÁLHAT A SZOBÁBAN.

„Egy sajátságos tüneméný is szemlélhető Erzerumban. Kinyitván valamelyik ottani földalatti istálló ajtaját, a belső meleg levegő azonnal megfagy s kis havazást csinál, habár szép tiszta nap van odakint. Ezt minden reggel a legszebben lehet szemlélni, midőn az éjszakán át zárva tartott, meleg ház ajtaját reggel legelőször kinyitják.

Ez idézet R. Curzon-nak „Armenia: egy év Erzerumban és Oroszország, Törökország és Perzsia határain“ czimű művében található s át van véve az Athenäumban — 1854-ik év apr. 8 p. 431, első hasábjáról — a honnét kiirtam“. [E sorok irója jelen volt, midőn eléadtam D o v e elbeszélését, mely szerint egy orosz tánczteremben, betöretvén egyik ablaka, hó képződött. Innét van e levél. J. Tyndall.]

FÜGGELÉK A MAGYAR KIADÁSHOZ.

FÜGGELÉK A MAGYAR KIADÁSHOZ.

Megjegyzések a szöveghez.

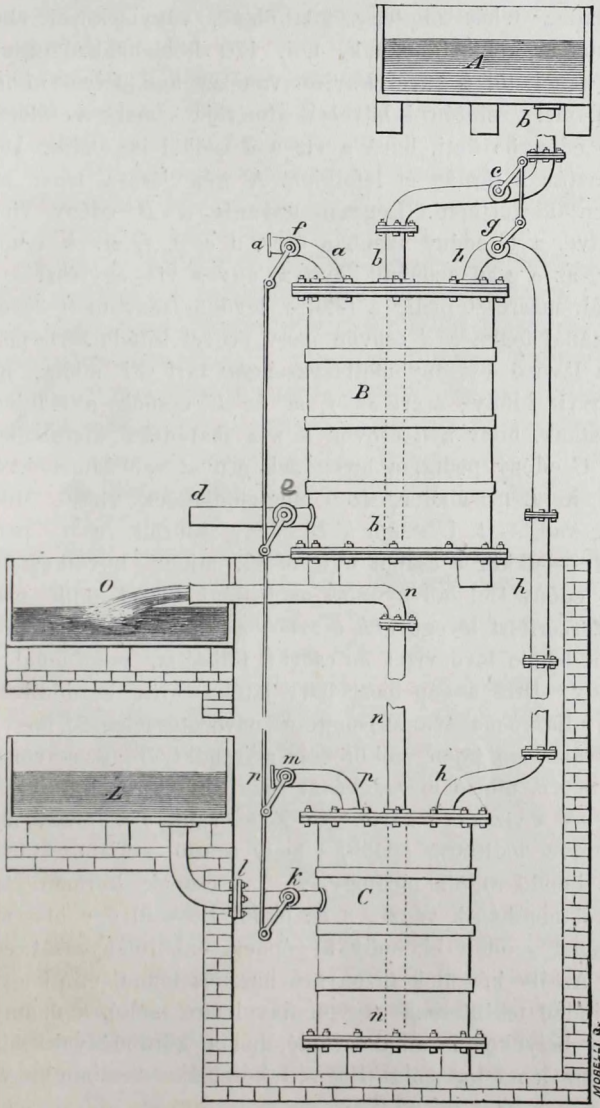
A 29-ik szakaszhoz.

1695-ben a selmeczi bányaművelés jelentékeny mélységet ért el, úgy, hogy a víznek tömeges előnyomulása a bányászokat munkálataikban hátráltatá. A betolult víznek fölemeléséhez 8—10 lóműkészlet és 800 vízszivattyú alkalmaztatott. Mindez hetenkénti 5000 forintra rúgó kiadást okozott, miért is a bányaművelés nem fizeté ki magát, s csak a munkálatok abbahagyását vonhatá maga után. II. Rákóczy Ferencz erdélyi fejedelem rendei tehát elhatározák a bányaépületek lebontását s fölégetését, minek végrehajtására 1707-ben Bercsényit küldötték Selmeczre. Egyedül az akkori gépmester, Hell József ügyességének sikerült Bercsényi grófot reábirni, hogy szándékától elállván, a rendeletet ne foganatosítsa. A bányaművelés félbenhagyása mellett küzdők ismételten fölmentek a királyhoz Bécsbe. Sikerült is őt tervöknek megnyerni, mi annál könnyebben ment, minthogy akkor a bányáknál az évenkinti reáfizetés mintegy 30,000 frtra rúgott. Hell még egy utolsó merész kisérletet koczkáztatott. Elutazott Bécsbe, s a királynál magán kihallgatást nyervén, biztosította az uralkodót affelől, hogy a selmeczi bányaművelés még megmenthető az országnak, s jó, hűséges kezelés mellett fényes jövőnek nézhet eléje. A király figyelemmel hallgatta végig Hell érveléseit, s meggyőződvén arról, hogy még nincs

minden veszve, kegyadománykép 40,000 frtot utalványozott. Hell e tetemes pénzösszeget, több vizemelő gép felállitásán kivül, egy sajátságos szerkezetü szivattyú fölépitésére fordította, melyet léggépnek nevezett el. Hell vizemelő léggépe 1753. márczius 13-án indittatott meg a selmeczi Amália aknában s 1769-ig szakadatlan működésben volt.

E gépről Poda Miklós, a selmeczi bányász-akademián a bányamértan s bányászati erőműtan tanára egy külön munkát bocsátott közre, mely Bécsben 1770-ben a következő czim alatt jelent meg: »Beschreibung der Luftmaschine, welche zu Schemnitz von Josef Karl Hell erfunden und erbaut worden ist.« A Hell-féle gép működésének itt következő leirását és rajzát Gehler »Physikalisch Wörterbuch«-jának 7-ik kötetéből (2-ik kiadás, 976—978 l. l.) veszszük át. E leirásból fogalmat szerezhetnek olvasóink arról is, mily sensatiót keltett a selmeczi gép a külföldi tudományos világ körében:

»6. A magyar gép, mely léggép-, selmeczi gép- és Hell gépének is neveztetik s melyet a viz takaritására 1753-ban, Selmeczen, az Amália-aknánál Hell József épitett, kitünő hirre tett szert, s ez okból megérdemli, hogy itt még külön is leirassék. Elve alapjában nem egyéb, mint az, mely szerint a Heron kútját épitik, azzal a különbséggel, hogy mig ez utóbbinál a viz, az alúlról fölemelkedő levegő által nyomatva, felszökken a magasba, az előbbinél ellenben a dolog meg van fordítva. *A* (109-ik ábra) egy viztartó, 136 lábnyira a tócsa felett, melynek vizét le kell folyatni. E magasság különben önkényesen változtatható. A viztartóból a 4 hüvelyk átmérőjü *bb* cső levezet a *B* veresréz-hengerbe, a fenéktől 4 hüvelyknyi távolságban végződvén. E henger magassága 8,5 láb, átmérője 5 láb és fémvastagsága 2 hüvelyk. Födeléből *aa* cső nyúlik ki *f* csappal; feneke közeléből pedig egy másik *d* cső *e* csappal; túlsó oldaláról a *hhh* cső a 96 láb mélységben levő *C* edény födelébe vezet. Az utóbbi 6,5 láb magas, átmérője 4 láb, és fémvastagsága 2 hüvelyk;



109-ik ábra.

köbtartalma tehát mintegy 83 köbláb, vagyis közel fele a fölső henger köbtartalmának, t. i. 170 köblábnak. Az alsó henger fenekétől 4 hüvelyknyire van az *nnn* folyasztó cső nyilása, mely szintén 4 hüvelyk átmérőjü s mely a fölemelt vizet *o* edénybe önti, hová a viz a *d* csőből is ömlik, hogy innen aztán a tárnán át lefolyjon. A gép járása most már könnyen megérthető. Legyen ugyanis a *B* edény vizzel megtöltve, a *C* edény azonban üres, a *c*, *g*, *f*, *m*, *k* csapok csukva, az *e* csap azonban nyitva, ugy a viz egyrészt saját súlyánál, másrészt pedig a fölötte levő összenyomott levegő nyomásánál fogva a *d* csövön nagy erővel kitódul. De minthogy a levegő összenyomottsága nem tart ki addig, míg minden viz kifoly; azért az *f*, *m* és *k* csapok egyidejüleg kinyittatnak, hogy a *d* csővön a viz maradéka kiszaladhasson, a *C* edény pedig, a levegőnek *p*-n át való kimenekvése közben, az *L* tócsából egészen megtelődhessék vizzel. Mikor ez meg van — t. i. mikor a *B* edény kiürült, a *C* pedig megtelt — akkor *c* csapot nyitják ki, minek következtében a felső edény 136 láb nyomás magasságú vizzel telik meg; az összeszorított levegő *hhh* csövön az alsó edénybe ér s innen a benne levő vizet *nn* csövön fölhajtja, míg *o*-nál ki nem foly. Erre a gép most leirt játéka újra kezdődik. E közben adja elő magát az az ismeretes, nevezetes jelenség, hogy — a kifolyás vége táján, mikor már a rendkivül összenyomott levegő a viz utolsó maradékával zudul ki az *nn* kifolyasztó csövön — a viz a cső karimáján jéggé válik s a levegő által nagy erővel lódittatik odább, s hogy a cső szájához tartott nedves kendő rögtön megfagy. . . . A csapok kormányzását e gépnél munkások végzik s ez okból Boswell egy oly mechanismust gondolt ki, mely a gépnek önkormányzását eszközli. Az ily készülék bizonyára hasznos lenne, minthogy e gép minden tekintetben nagyon figyelemre méltó, a mennyiben oly helyeken is alkalmazható, hol a körülmények miatt mást nem lehet használni. Boswell készüléke azonban nagyon

mesterséges és nem eléggé megbizható — ez okból nem is alkalmazták scholsem.«

A Gehler szótárától magyar gépnek nevezett gép az, melyről a szöveg 29-ik szakaszában szó van.

A 38-ik szakaszhoz.

A hő mechanikai (vagy munkabeli) egyenértékét Tyndall, az angoloknál szokásos Fahrenheit-fokra, angol lábra és angol fontra vonatkoztatva fejezi ki. Elvül tűzvén ki, hogy a szövegben legcsekélyebb változtatást sem engedünk magunknak, de másrészt e viszonyszám a mai természettanban rendkivül fontos levén, szükségesnek tartottuk a hő mechanikai egyenértékét legalább itt e függelékben, a nálunk divatozó mértékegységek szerint kifejezni. A hő mechanikai egyenértéke a nálunk most még törvényes bécsi mértékek szerint 1340 lábfont. Vagyis, az a hőmennyiség, mely egy bécsi font viz hőmérsékét egy Celsiusfokkal emeli, mechanikailag alkalmaztatván, képes volna egy bécsi fontot 1340 bécsi lábnyi, vagy 1340 bécsi fontot egy bécsi lábnyi magasságra fölemelni. — Minthogy az 1876-ik évtől kezdve a bécsi mértékek nálunk többé nem lesznek törvényesek s minthogy helyökbe a nemzetközileg elfogadott méter-mértékek lépnek, közöljük a hő mechanikai egyen-értéket egyszersmind méter-mértékekben. Ez annyi, mint 424 méter kilogram. Vagyis, az a hőmennyiség, mely egy kilogram viz hőmérsékét egy Celsius-fokkal emeli, mechanikailag alkalmaztatván, képes volna egy kilogramot 424 méternyi, vagy 424 kilogramot egy méternyi magasságra fölemelni.

Újabb meghatározásokból különben az látszik következni, hogy a hő mechanikai egyenértéke valamivel nagyobb a Joule által találtnál, t. i. nem 424, hanem 433 méterkilogram. Innen van, hogy a tudományos értekezésekben hol 424, hol 433 méterkilogramot találunk, a szerint amint az

illetőnek Joule kisérleteiben, vagy az ujabbakéban van nagyobb bizodalma.

Az 56-ik szakaszhoz.

Tyndall nem említi meg a Frankland vizsgálatainak legfőbb eredményét. Itt ugyanis nem az a fődolog, hogy a környező légkör sűrűsége növeszti a láng világító erejét; hanem az, mit sokáig tagadtak, hogy a láng akkor is fejthet intensiv fényt, Frankland állítása szerint, ha szilárd szénrészecskék absolute hiányzanak belőle. Frankland kisérleteinek rövid leirása a »Természettudományi közlöny« I. kötetében a 37—40-ik lapokon, a belőlök vont elméleti következtetések pedig u. o. a IV. köt. 22-ik lapján is megtalálhatók. Egész terjedelmökben a Philos. Transactions-ben tétettek közzé.

Az 53-ik oldalhoz.

Az 53-ik oldal első sorában említett »osztályzatos üveg« (Baconál: vitrum calendare) nem egyéb, mint a mai léghőmérő, legprimitivebb alakjában.

A Tyndall művében idézetteken kívül van még a Novum Organumban egy igen nevezetes hely, mely szintén a hőre vonatkozik, s az eredetiben igy hangzik:

»Per accensionem caloris ex attritione corporum, rejice naturam principialem. Naturam principialem vocamus eam quae positiva reperitur in natura, nec causatur a natura praecedente. (Aphorismus XVIII. 14.)

E sorokban Baco a modern hőelméletnek nemcsak lényegét, hanem helyességének döntő bizonyitékát is előlegezni látszik. Hogy nincs különös hőanyag, annak bizonyitéka maiglan is legfőkép a surlódással tett kisérleteken alapszik.

Efféle helyes vagy legalább helyesnek látszó sejtelmeket különben már a Baco idejebeli, sőt ókori iróknál is ta-

lálhatunk. Állításaik azonban, bármi meglepők legyenek is az első pillanatra, mégis igen határozatlanok és tökéletlenek. Ez onnan van, mivel a természettan experimentális, nem pedig intuitiv tudomány. *A priori* okoskodással egyetlen egy physikai igazságot sem lehet végérvényesen bebizonyitani. Arra kell törekednünk, hogy felfedezzük a meglevőt, nem pedig azon spekulálnunk, hogy ez vagy amaz miként lehetne, vagy miként kellene lennie. Ez okból az, hogy Aristoteles vagy Baco mit mondottak, Locke és Descartes mit képzeltek a hőről, mint történelmi curiosum nagyon érdekes lehet, a mai elmélettel azonban legkisebb kapcsolatban sincs.

A 93-ik szakaszhoz.

Hogy Julius Robert Mayer érdemeit a mai hőelmélet megalapitása körül most már Angolországban is tudják méltányolni, az legfőkép Tyndallnak köszönhető. Igen természetesnek fogja mindenki tartani, hogy az angolok a főérdemet honfitársuknak, Joulenak szerették volna tulajdonitani; Tyndall azonban feláldozva a hazafiságot az igazságnak, folyvást azon volt, hogy Mayer iratait az angolok előtt is helyes világosságba helyezze s érdemeinek honában is kellő elismerést szerezzen.

Érdekesnek tartjuk e helyen kivonatot közölni Helmholtznak egy kevéssé ismeretes leveléből, melyet Tait-hez, a »Sketch of Thermodynamics« szerzőjéhez, a Mayer és Joule között fenforgó elsőbbségi kérdésben intézett.

»A mi már most Mayert illeti, felfogom ugyan az álláspontot, melyet Ön vele szemben elfoglal, de nem mulaszthatom el kimondani, hogy nem vagyok Önnel egészen egy véleményen. A természeti tudományok haladása attól függ, hogy a meglevő tényekből folyvást új inductiók alkottassanak s az ezen inductiókból vonható következtetések, a mennyiben új tényeket illetnek, a valósággal kisérletileg összehasonlittassanak. Nincs kétség benne, hogy a munkásság e második

neme szintén szükséges. Sokszor ép e második rész kerül igazán nagy éleseszüségbe és munkába, s annak, ki ezt jól véghez viszi, a legnagyobb érdemül rovandó fel. A fölfedezés dicsősége mégis amannak nevéhez füződik, ki az új eszméket föltalálta, a kisérleti megvizsgálás az egész munkának inkább gépiesebb részét tévén. Nem is kivánható föltétlenül, hogy az eszme föltalálója szükségkép kötelezve legyen a munka második részét is véghez vinni. Ha ezt tennők, úgy a mathematikai physikusok munkáinak legnagyobb részét elvetnők.«

»Mayer nem volt abban a helyzetben, hogy kisérleteket tehessen; a vele ismerős physikusok elutasították (így jártam én is nehány évvel később); alig talált egy kis helyet, hogy eszméit, lehető szük térre szoritva, közzé tehette. Ön tudni fogja, hogy végre a visszautasítás következtében elméje meg is háborodott. Nagyon bajos most visszahelyezkedni azon idők gondolatkörébe s tisztán felfogni, mily absolut újnak tartották az egész dolgot. Úgy tudom, hogy Joulenak is soká kellett küzdeni, mig fölfedezését végre elismerték.«

»Bár senki sem fogja tagadni, hogy Joule sokkal többet tett Mayernél, s hogy az utóbbinak későbbi értekezéseiben sok részlet homályos, mégis azt hiszem, hogy Mayerre úgy kell tekintenünk, mint egy oly férfiúra, ki függetlenül és önállóan jutott ama gondolatra, mely a természettudományok újabb haladásai között a legnagyobbat eredményezte. Érdeme azért semmikép sem lesz csekélyebb, hogy vele egyidejüleg egy más férfiú, más országban és más munkakörben ugyanazt a fölfedezést teszi és teljesebben keresztül viszi nálánál.«

A 108-ik szakaszhoz.

A hő okozta tágulás tekintetében legkülönösebb magaviselete van, valamennyi eddig megfigyelt anyag között, a j ó d e z ü s t n e k, ennek a tudomány történetében is nevezetes vegyületnek, mely a fényirás feltalálásában oly jelenté-

keny szerepet játszott. Míg t. i. a chlórkálium, a chlórnátrium, chlórezüst, a brómkálium, brómezüst, a jódkálium, jódhigany, jódólom és jódkadmium a hevítés közben egyaránt és tetemesen kitágúl, az alatt a velök különben oly közel rokon jódezüst, hevítés közben, nem hogy erősen tágulna, sőt inkább összehúzódik. Fizeau, a kitünő franczia physikus, megvizsgálta a megolvasztott és azután megmerevült jódezüst hő okozta tágulását nehány órával a megmerevülés után, valamint 6 héttel utóbb is, és számos kisérletei összeegyező eredményeképen azt találta, hogy a jódezüst, amint melegszik, mindinkább összébb-összébb húzódik. Kisérletei kiterjednek 15 C. foktól 51 fokig. E határok között véve, bárminő legyen is a jódezüst hőmérséke, amint melegszik, összehúzódik és pedig annál nagyobb arányban húzódik össze, minél jobban melegszik. Igy például 40 C. foknál az olvasztott jódezüst összehúzódási együtthatója egy-egy fokra: 0·00000139, tehát majdnem $^1/_6$-da a platin tágulási együtthatójának.

De hiszen, mondhatná valaki, más testeknél is előfordul az, hogy a melegben összehúzódnak. Nyáron az abroncsok a hordókról lecsuszamodnak, az agyag összezsugorodik. A Wedgewood-féle tüzmérőben az agyaghenger annál jobban összébbhúzódik, minél nagyobb meleget kellett kiállania. Igen, de ezek egészen más természetü jelenségek, nem származnak ezek egyébtől, mint a dongának, az agyagnak maradandó összezsugorodásától, kiszáradásától. A nagy melegben a donga, az agyag nedvességét elveszíti, s ez okból összezsugorodik. A valóságban az agyag is kiterjed, ha melegedik, mint a többi testek. Föl lehetne még említeni, hogy a megmerevedés táján a víz és a folyékony bizmút is tágúl hültében. Igaz, de ez csak a halmazat változásával járó tünemény, különben a jégnek és a bizmútnak is igen jelentékeny tágulása van. Végre a mi a kaucsuk különös magaviseletét illeti: melegedését a kiterjesztés, és hülését az összenyomás közben, erre nézve megjegyzendő, hogy a

kaucsuk csak akkor viseli magát ily rendellenesen, ha rugalmassága igénybe van véve. A kaucsuknak különben igen jelentékeny tágulási együtthatója van, nagyobb mint akármely fémnek.

Fizeau itt idézett értekezése az Annales de Chimie et de Physique 1866-iki és a Poggendorff's Annalen 1867-iki folyamában jelent meg.

A 138-ik szakaszhoz.

A víz forrpontjának a földrajzi magassággal járó csökkenését Tyndall csak angol mértékekben fejezvén ki, megemlitjük e helyen, hogy a víz forrpontja, kerek számban, minden 1000 bécsi lábnyi, vagy 300 méternyi emelkedésnél, 1 Celsius fokkal csökken.

A 140. d. szakaszhoz.

A berlini Physikalische Gesellschaft 1855 elején pályadijat tüzött ki a következő feladat legkielégitőbb megoldására: »Határoztassék meg a hő mechanikai egyenértéke kisérleti úton.« Egy pályamű érkezett be: »Recherches expérimentales sur la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur« czim alatt. Szerzője négy, egymástól egészen különböző úton vizsgálta meg a hő mechanikai egyenértékét. Az első kisérletsorban hőt fejlesztett surlódás által, a másodikban hőt fejlesztett különböző fémek fúrása által, a harmadikban megvizsgálta a hőfogyasztást a gőzgépben, a negyedikben pedig a hőfogyasztást az emberi testben. A pályamű végén szerző, a maga kisérleteinek állitólagos eredményeire támaszkodva, azon meglepő végkövetkeztetésre jut, hogy az, a minek meghatározását a pályázathirdetés kivánta, — t. i. a hő mechanikai egyenértéke — nem is létezik; s hogy a melegségnek és munkának egyenértékűségéről szóló

tétel egyáltalában nem is igaz. A bírálatra kiküldött bizottság, melynek Clausius volt az előadója, áttanulmányozván a pályaművet, azon véleményét fejezte ki, hogy a pályaműben foglalt kisérleti adatok rendkivül becsesek, s hogy ezen adatokból, helyes magyarázat mellett, a hő mechanikai egyenértékére egy oly szám vezethető le, mely a Joule által találttal igen jól összeegyezik. S hogy következéskép szerző kisérletei, nemhogy megdöntenék a melegség és munka egyenértékűségéről szóló tételt, sőt ellenkezőleg azt igen hathatósan támogatják. E kisérletekből ép az ellenkező következik, mint a mit szerzőjök belőlök kiolvasott. Mindezeknél fogva és mindezek daczára a bizottság a pályadíj kiadatását javasolta, mi aztán meg is történt.

E nevezetes pályamű szerzője: Hirn, franczia mérnök, kire Tyndall a szövegben is hivatkozik. Hirn csakhamar belátta tévedését, s későbbi munkáiban a hőelmélet egyik legbuzgóbb apostolává csapott fel. A franczia irodalom több nagy művet és sok becses értekezést köszön neki a hőelmélet köréből.

Clausius véleményes jelentése Hirn pályaművéről a »Fortschritte der Physik« 1855-ik évi folyamában található.

A 206-ik szakaszhoz.

Tyndall a szövegben megmutatja, hogy a hevített vaslapiczka felületéről légáramok emelkednek, melyek a verőfényre gyakorolt hatásuk által láthatóvá válnak. Ép igy emelkednek fel meleg nyári napokon a föld felületéről is légáramok, melyek nálunk a nyári verőfényben igen szépen mutatkoznak. A magyar alföld melegtartó — rosz hővezető — homoktalaja nyári napokon, déltájban szerfelett átmelegszik. A homokkal érintkező levegő részes lesz a talaj melegségében; kitágul s a légkör magasabb regióiba emelkedik. Igy keletkeznek a verőfényben azok a fürge légi alakok,

melyek a láthatár karimáján, némi távolságra a talajtól szökdelni és egymást üldözni látszanak; pedig nem egyebek ezek, mint a talajról felemelkedő légáramok, melyek minthogy kevésbbé átlátszók a nyugvó levegőnél, a verőfényben láthatóvá válnak.

A 313-ik szakaszhoz.

Tyndall a szövegben azt mondja, hogy azok a sugarak, melyek a vörösön túl esnek, hőt képesek gerjeszteni, míg amazok, melyek a violán túl esnek, chemiai hatást képesek eléidézni. Szól világító sugarakról, melyek a vörös és a viola között feküsznek, hevítő sugarakról, melyek a vörösön túl, és vegyítő vagy chemiai sugarakról, melyek a violán túl esnek. Az ilyen és ehhez hasonló kifejezések, Tyndall eleven és — hogy úgy mondjam — az értelmi szem által folyvást követhető gondolkodás modorában előadva, könnyen arra a nézetre vezethetik az olvasót, mintha a mai felfogás szerint a nap vagy más izzó test sugárzásában három fajtájú sugárzás lenne, mindenike külön szerepre hivatva; mintha azok a bizonyos rezgésszámú sugarak, melyek a színképben a vörösön kívül esnek, arra lennének hivatva — és csak is arra — hogy hevítsenek; mintha azok a rezgésszámú sugarak, melyek a vörös és viola közé esnek, arra valók lennének — és csak is arra — hogy világítsanak; és mintha végre a violán kívül esők egyedül chemiai hatások előidézésében szerepelnének. Mintha tehát meg lehetne mondani valamely sugárról, ismervén színképbeli fekvését, hogy ez és ez a sugár, ha földünkre ér, melegíteni fog; ez a másik pedig világítani, végre ez a harmadik chemiai hatásokat fog eléidézni. Mintha tehát a hevítő, világító, vegyítő tulajdonság egy-egy sugárban már präexistálna, mielőtt a testre esnék; mintha ez vagy az a hatásképesség, ezzel vagy azzal a sugárral — hogy úgy mondjam — már vele születnék.

A dolog azonban nincs igy, s Tyndall sem állítja határozottan, hogy igy lenne, bárha kifejezései ilyesmit sejtethetnek is.

A hatás, melyet valamely hatószer gyakorol, nem csak magától a hatószertől függ, hanem attól is, hogy *mire* hat. Igy van ez a sugárral is. Hogy ez vagy az a sugár, minő hatást fog gyakorolni, nemcsak magától a sugártól függ, hanem attól is, hogy *mire* esik a sugár. Ugyanaz a bizonyos rezgéstartamú sugár, mely az épszemű ember látó idegére úgy hat, hogy az agyban a vörös szín érzetét gerjeszti, ugyanaz a sugár, a hővillanyoszlop kormos lapjára esvén, azt megmelegíti, s ugyanaz a sugár a növény zöldjére (a chlorophylre) esvén, chemiai hatást, a szénsav szétbontását eszközli. Azt a sugarat tehát, melyet mi világitónak nevezünk, a körülmények szerint ép oly joggal lehet hevítő sugárnak és chemiai sugárnak is nevezni; mert a körülményekhez képest eléidézhet fényt, eléidézhet meleget és eléidézhet chemiai hatást is; vagyis — más szóval — az erély, mely az éterrészecskék e bizonyos tartamú rezgésével földünkre érkezik, átalakulhat fénynyé, de átalakulhat hővé *is* és chemiai hatássá *is*. A *hatásképesség mennyisége*, igenis, megvan előre a sugárban, de vajjon *fog*-e a sugár valamely testben hatást eléidézni, és *minő* hatást? az már nem csak a sugártól, hanem az illető testtől is függ. A vörösöntúli sugár, ha kősóra esik, azt nem melegíti meg észrevehető mértékben; holott ugyanaz a sugár a timsót erősen megmelegíti. E különbség okát Tyndall szépen kifejti a szövegben. A kősó a maga tömecs-alkatánál fogva a vörösöntúli sugarakat átereszti, az ily rezgésszakú éterhullámok erélyét csorbitatlanúl tovább adja; a timsó ellenben a vörösöntúli sugarakat letartóztatja, erélyöket a maga tömecseire ruházza át és ennek következtében megmelegszik. Ugyanezen oknál fogva a szénkénegben feloldott jód, ha vörösöntúli sugarak esnek reá, nem melegszik meg; ellenben megmelegszik, ha vörös- és violaközi sugarak érik. És igy még számtalan példát lehetne elsorolni,

melyek mind azt bizonyítják, hogy ugyanaz az egy sugár, nemcsak egy fajta hatásra, hanem minden hatásra — hevítésre, világításra, chemiai hatásra — egyaránt képes, csak az a test, melyre esik, e sugarat letartóztassa, és az illető hatásra a test különben alkalmas legyen.

Honnan van tehát mégis, hogy a tudósok nagy része maiglan is a színkép vörösöntúli sugarait különösen hősugaraknak, a vörös- és violaközieket különösen fénysugaraknak és a violántúliakat különösen chemiai sugaraknak nevezi. Ez onnan van, mivel az ember, különösen eleinte, míg az illető jelenség csoport körül kevesebb tapasztalása van, minden ismeretét önmagára szereti vonatkoztatni. A vörös- és violaközi sugarakat azért nevezte el világító, vagy fénysugaraknak, mivel az ő látó idegeit ezek és csak is ezek képesek ingerelni. Ha minden ember vak lenne a vörös szín iránt, mint némely hibás szemű ember csakugyan az: úgy azon sugarakat, melyeket most vörösöknek nevezünk, nem a fénysugarakhoz, hanem a sötétekhez számítanók. Ép így van ez a színkép másik két részének elnevezésével is. A prizmai színkép vörösöntúli sugarait azért nevezte el az ember hősugaraknak, mivel az ő szokott hőmérőit, az üvegburokba zárt alkoholt vagy higanyt, a bekormozott antimon-bizmút rúdpárt különösen az ily sugarak képesek megmelegíteni. A violántúli sugarakat azért nevezte el chemiai sugaraknak, mivel azok az anyagok, melyeken a sugárzás chemiai hatását legelőször feltünőbb mértékben tapasztalta, t. i. a jódezüst, chlórezüst, különösen ezen sugarak hatása alatt bomlanak fel. Ezen elnevezéseknek nincs tehát absolut, csak is relativ jogosultságuk. Mindamellett baj nélkül használhatók, amint valóban használtatnak is; csak aztán el nem szabad feledni, hogy e kifejezéseknek és elnevezéseknek csakis annyiban van érvényök, a mennyiben a mi látó idegeinkre, az általunk rendesen használt hőmérőinkre és fényiró anyagainkra vonatkoznak. Ha másfajta hőmérőket és más-

fajta fényiró anyagokat használnánk, mindjárt elvesztenék jogosultságukat.

Ha a színképet prizmával állítjuk elő, úgy a relativ hatás mikénti eloszlására még a prizma anyagának is van befolyása. A prizma a fehér fény alkotó színeit nem egyaránt szórja szét; legnagyobb a színszórás a viola táján és legkisebb a vörös táján, vagy más szóval a nagyobb törelmű sugarak sokkal ritkásabban következnek egymásra, mint a kisebb törelműek. A prizmai színképben legsűrűbben vannak a sugarak a vörösöntúli részben, és legritkábban a violántúliban. Nem csoda tehát, hogy a hőhatás legkisebbnek tűnik elé a prizmai színkép viola táján, és legnagyobb a vörösön túl. Draper, amerikai physikus megmutatta, (American Journal of Science and Arts Septemb. 1872), hogy a sugárzásnak akár a viola akár vörös felé eső fele ugyanakkora hőhatást létesit, csak igazán vegyük a felét. A látható sugárzás igazi közepe t. i. nem a zöld és kék határán van, mint ezt az egyenetlenül szétszórt prizmai színképből következtethetnők, hanem a nátrium sárgájában. Innen számítva, akár jobbra akár balra egyforma nagy a színkép összesített hőhatása. Az a melegségi csúcs tehát, mit Tyndall, külszín után indulva, az 572-ik szakaszban melegségi Matterhornnak nevez el, csak a szénkéneg prizma színképében és a bekormozott hővillanyoszlopnál van így; más színképnél és más hőmérőnél egészen máshová eshetik és egészen más alakot kaphat.

457-ik szakaszhoz.

A szövegben említett kétértelműség, mely a fényvivő »aether« és az »aether«-eknek nevezett chemiai vegyületek egyforma hangzásából és egyforma helyesirásából származik, indított bennünket arra, hogy a két szó helyesirásában legalább különbséget tegyünk. A fényvivő »aethert« magyar helyesirással »éter«-nek irtuk; a chemiai aethereket pedig

meghagytuk »aether«-nek. Így legalább az olvasás van meg könnyítve, bár a hangzás egészen egyforma marad.

486-ik szakaszhoz.

Tyndall majd egy egész fejezetet (XI-iket) és ezenkívül még egy külön előadást (a 353-ik lapon) szentel azon állítása bebizonyítására, hogy a vízgőz erősen nyeli az úgynevezett hősugarakat. Kisérleteit sokféleképen változtatja, elejét akarván venni minden ellenvetésnek. Eleinte kősólemezekkel zárta el a belül csiszolt felületü kisérleti csövet, melybe laboratoriuma nedves levegőjét vezette. De tartván attól, hogy a nedvszivó kősólemezekre a vízgőz lecsapódhatnék, s a lemezen vékony sóoldat-hártya képződhetnék, mely tudvalevőleg rosz átbocsátója a hősugaraknak — egészen mellőzi a kősólemezeket, s így is azt találja, hogy a vízgőz erősen hat a sugárzó hőre. De hátha nem is a vízgőztől, hanem a műhely levegőjének tisztátalanságától s a londoni levegőben szétoszlott szénrészecskéktől van e hatás? Hozat levegőt a parkból, a mezőről, a tengerpartról, s mindig azt találja, hogy a levegő vízgőze hatalmasan bántja a sugárzást. De még ezzel sem éri be. Az a cső, melylyel a kisérleteket tette, belül csiszolva volt, s következésképen azt lehetne gyanitani, hogy a nedves levegő vízgőze, midőn bevonult, lecsapódik, csökkenti a felület visszaverő erejét s a, külszin szerint, ép oly hatást okoz, mintha hőnyelés ment volna végbe. Elhatározza magát, hogy nemcsak a kősólemezeket mellőzi, hanem még a kisérleti csövet is. (484—486. §§.) A hatás így ugyan kisebb, de még mindig határozottan mutatkozik. Eltérést az előbbi eredményektől a kisérlet nem mutat. Midőn mindezt nagy lelkiismeretességgel keresztül próbálta, nyugodt meggyőződéssel kimondja az itéletet, »hogy a vízgőz hatalmas hőnyelő; a meteorologok legkisebb aggodalom nélkül értékesithetik e kisérletek eredményeit.«

Egyet azonban elfeled. Hővillanyoszlopán a tölcséres fémvisszaverő belül szintén csiszolt felületű. A mitől tartott, t. i. hogy a vizgőz a kisérleti cső felületére lecsapódhatik és a visszaverődést csökkentheti, ugyanez bekövetkezhetik magán a tölcséren is. Ezt nem vizsgálta meg s igy nem is vette elejét minden lehető ellenvetésnek.

Tanulságos példa ez arra, hogy a kisérlettevőnek menynyire ügyelni kell minden lehető hibaforrás elkerülésére vagy legalább számba vételére. Jól mondja Tyndall: »meg-megújuló aggodalom a természet vizsgálójának rendes lelki állapot; ez készti őt a pontosabb vizsgálatra, a nagyobb szabatosságra s ennek következtében gyakran uj fölfedezésre is.«

A 352-ik lap jegyzetéhez.

Tyndall állitása, »hogy a vizgőz hatalmasan nyeli el a sugárzó hőt«, nagy viszhangra talált a legtöbb physikusnál s különösen a meteorologoknál, kiket e dolog legközelebbről érdekelt. Wild, előbb a berni, aztán a sz.-pétervári meteorologiai intézet igazgatója, miután Tyndall kisérleteit ismételte, határozottan kijelentette, hogy a meteorologia a vizgőz erős hőnyelését, mint bebizonyitott tényt, habozás nélkül értékesitheti a légköri jelenségek megmagyarázásában.

Csak egy physikus volt, ki elejétől tagadta Tyndall állitását s folyvást küzdött ellene — t. i. Magnus, berlini egyetemi tanár. Ő maga is foglalkozott már előbb e tárgygyal s arra a következtetésre jött, hogy a légkör vizgőzének hőnyelése számba vehetetlen csekély mennyiség. Midőn Tyndall a Magnuséval homlokegyenest ellenkező állitását kezdte hirdetni, a berlini physikus újra elővette e tárgyat s Tyndall kisérleteit nyomról nyomra ismételte. Egyik ellenvetés jött a másik után, s egyik czáfolat követte a másikat; szóval e tárgy felett Magnus és Tyndall között igen érdekes és tartós vita fejlődött ki. 1861-től 1867-ig nem kevesebb, mint 17 ér-

tekezés jelent meg, mindegyik e kérdéssel foglalkozván. Frankland és Wild Tyndall mellé sorakoztak; Magnus egyedül állott maga. A döntő értekezés, mely a vitának egy csapással véget vetett, 1867-ben jelent meg Poggendorff folyóirata 130-ik kötetében, a 207-ik lapon, Magnustól, a következő czim alatt: »A gőztapadás befolyásáról a hőnyelés körüli kisérletekre.« Ezen értekezésében megmutatja Magnus, hogy a vizgőz tetemes hőnyelését bizonyitani akaró kisérletekben jelentékeny szerepe van a kisérleti cső és a visszaverő tölcsér fala minőségének is. Ennek bebizonyitására M. a következő kisérleteket emliti:

A hőforrás és a hővillanyoszlop közé állitván a belül csiszolt felületű fémcsövet, melybe a megvizsgálandó nedves levegő eresztetett, Magnus is azt találta, mint Tyndall, hogy a vizgőz jelenlétekor az áthatolt hő mennyisége tetemesen csökkent. Ezután Magnus erősen bekormozta a fémcső belső felületét lámpakorommal, s igy tette meg az előbbi kisérletet. A hatás egészen az ellenkezőre csapott át; mig előbb, a csiszolt fémcsőben, a beeresztett nedves levegő csökkentette a hővillanyoszlophoz eljutó meleget, most a kormozott fémcsőben nemcsak hogy nem csökkentette, de még gyarapitotta is. Ugyanez a hatás mutatkozott, ha a cső, korom helyett, pamutos bársonynyal volt kibéllelve. — Ha a kisérleti cső kemény táblapapirosból (pappendekliből) volt, belől egészez sima fallal, úgy a nedves levegő sem melegitést, sem hűtést nem okozott, holott szénsav eresztetvén a csőbe, jelentékeny hülés keletkezett. — Egy másik pappendeklicsőnél, mely azonban kissé durva papirossal volt kibéllelve, a nedves levegő beeresztése, ép úgy, mint a bársonyos csőnél, az átjutó meleget gyarapitotta; mihelyt azonban e cső vékony ónlevél-béllést kapott, mindjárt csökkenés állott be, úgy mint a fémcsöveknél.

Már pedig, igy folytatja M., ha Tyndall és Wild uraknak igazuk lenne, ha tehát az erős hőcsökkenés, melyet a nedves levegőnek az általuk használt csiszolt felületű fém-

csövekbe való beeresztésekor tapasztaltak, a vízgőzök erős hőnyelésének lenne tulajdonitandó úgy e hőnyelésnek egyaránt kellene jelentkezni, akármilyen volna is a használt cső falának minősége. Annyi bizonyos, hogy a hőnyelés következtében a hővillanyoszlop mérséklete csakis csökkenhetne, de semmi esetre sem öregbedhetnék, mint ez a belül kormos, vagy bársonyos fémcsöveknél és a durva béllésü papiroscsöveknél is történik. A csövekbe zárt, nedves levegőn átmenő hősugárzás csökkenése nem a vízgőz hőnyelésétől van tehát, hanem a cső falának a vízgőz jelenlétében történt valamiféle megváltozásától. De miféle változás történhetik a cső falának minőségén, midőn a csőben vízgőz van? Semmi egyéb, mint az, hogy a vízgőz a cső falához való tapadásánál fogva, arra leverődik; a leverődő vízgőz pedig, midőn gőzhalmazatából a folyékonyba tér át, meleget fejt. Ez egyik oka a változásnak; a másik pedig az, hogy a harmatos csőfelület, érdesebb levén, nem veri oly jól vissza, s igy nem tereli oly tökéletesen a hősugarakat a hővillanyoszlophoz, mint a csiszolt felület. A csiszolt felületü fémcső, mely a lecsapódásból származott melegen, jó hővezetésénél fogva, hamar túlad, azért okoz hütést, mert a harmatos felület rendetlen visszaverődése kevesebb hősugarat juttat a hővillanyoszlophoz. A kormos, vagy a bársonyos cső ellenben melegit, mivel a lecsapódásból származott melegen, rosz hővezetésénél fogva, nem adhat túl. S Magnus e fejtegetése szerint a vízgőz hőnyelése e kisérletben tekintetbe sem jő, csupán attól függ minden, vajjon a kisérleti cső és a hővillanyoszlop tölcsére sima felületü-e és jó vezető-e, vagy sem?

Magnus ezen értekezésére válasz maiglan sem érkezett; úgy hogy ellenvetései maiglan is czáfolatlanok. A dolog mostani állása szerint annyit tehát mindenesetre állithatunk, hogy a vízgőz erős hőnyelése nincs bebizonyitva s hogy az arra épitett következtetések legalább is kétségesek.

A 355-ik laphoz.

Ezen előadásában többször használja Tyndall, talán elvétésből, vagy talán szántszándékosan, az atóm szót, hol tömecset kellene használnia. Olvasóink tudják, hogy vizgőzatóm nincs, mert a vizgőz összetett test.

A viz tömecse (v. ö. 353-ik lap) két hydrogénatóm- és egy oxygénatómból áll. A szövegben meghagytuk mi is változatlanul az atómot; vezérelvünktől, a föltétlen hűségtől, egy tapodtat sem akarván eltérni.

A 617-ik szakaszhoz.

A kalorizálás fölfedezésében az elsőbbség Dr. Akin Károly hazánkfiát illeti. Beismeri ezt Tyndall is, ámbár e munkájában Akint nem említi. 1865. január 20-án Tyndall a Royal Institutionban »a láthatatlan sugarakkal való gyujtásról« előadást tartott, mely alkalommal a következőket mondotta (Philosophical Magazine, IV. Series, Vol. 29, 244. lapon):

»A jogot valamely tudományos eszméhez vagy fölfedezéshez a közzététel cselekedete biztositja; és ennél fogva ami a hősugaraknak fénysugarakká való átalakitását illeti, a kigondolás elsőbbsége elvitázhatatlanul Dr. Akiné. A British Association newcastlei gyülésén, 1863-ban Dr. Akin három kisérleti módot terjesztett elő, melyek segélyével e kérdést megoldani szándékozott. A három kisérlet közül kettő, véleményem szerint, czélra nem vezethet; de a harmadik bár ekkoráig még nem hajtatott végre, sikert igér. E harmadikban Dr. Akin azt javasolja, hogy a nap sugarait homorú tükörrel össze kell terelni, a látható sugarakat »alkalmas nyelők« által el kell metszetni, s a láthatatlan sugarak gyujtó pontjába platina-levelet kell tenni. Nagyon meglehet, hogy ha oly készülékek és kisérleti eszközök állottak volna rendelkezésére, mint nekem, ha a Royal Society és Royal Institution támo-

gatta volna, mint engemet; úgy Dr. Akin lehetett volna az, ki a sötét hősugaraknak világitókká alakitását legelőször véghez viszi.«

A mi különben magának a kalorizálásnak lényegét illeti, e tekintetben Akin és Tyndall urakkal ma már nem érthetünk egyet; mi t. i. a Stokesféle fluorizálás és az Akin-Tyndallféle kalorizálás között semmi analogiát sem találunk. Stokes megmutatja, hogy a nagyobb törelmű sugarak, ha bizonyos anyagokba — az úgynevezett fluorizáló anyagokba — vetődnek, bennök kisebb törelmű sugarakká alakulnak, anélkül, hogy e közben az anyag mérséklete észrevehető változást szenvedne. Tyndall ellenben azt mutatja meg és azt nevezi kalorizálásnak, hogy a vörösöntúli sugarak, kellően tömörítve, a testeket egész a megtüzesedésig melegíthetik. Hol itt az analogia? Stokesnál a nagyobb törelmű sugár az anyagban közvetetlenül átváltozik csekélyebb törelművé; Tyndallnál ellenben a sugarak előbb hőmérői melegséggé alakulnak át; s aztán a tüzessé vált testek a szinkép minden szineit kisugározzák. A kalorizálás a fluorizálással akkor lenne analog, ha a bevetődő vöröstáji sugár, minden közvetett átalakulás nélkül, egyenest egy bizonyos fajta nagyobb törelmű sugárrá változnék át. Tyndall kalorizálása nem egyéb, mint izzitás vörösöntúli sugarakkal.

A 698-ik szakaszhoz.

Azon alkalomból, hogy a londoni Royal Society 1871-ben a Copley-éremmel Julius Robert Mayert megkoszorúzta, Tyndall irt Mayerről egy kitünő tudományos jellemrajzot, mely Müller József tanár úr fordításában a Természettudományi közlöny IV-ik kötete 98-ik lapján magyarúl is olvasható.

TÁRGYMUTATÓ.

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

ABSOLUT zéruspontja a mérsékletnek, 96
Aethrioskóp, 493
Akusztikai kisérletek, 244
Alkohol hőtágulásának megmutatása, 97
— elpárolgása hideget okoz, 186
Állati anyagok vezető képességének táblája, 275, 277
Alpok ; a glecscserek képződése és mozgása az — ban, 221
— az esti pirulat az Alpokban, 772
Amerika keleti partjának rendkivüli hidege, 223
Ammoniak hatalmas hőnyelése, 420
Amylnitrit hatása az éter rövid hullámaira, 742, 751
Anglia egyforma hőmérsékének oka, 215, 223
Anyag folyékony halmazata, 59
— légnemü halmazata, 60
Anyagi hőelmélet, 17
Árapály a föld forgási sebességét fogyasztja, 697
Asbest rosz hővezetésének oka, 285
Asteroidok Nappal való összeütközésének melegfejlesztése, 692
Átbocsátása a hőnek szilárd testeken át, 351
— a hőnek folyadékokon át, 353
— a hőnek ; a hőforrás mérséklete befolyással van rá, 522, 524, 547
Átlátszóság oka, 346, 517
— nem bizonyság a hő-átbocsátóságra 351, 367
Atómok ; szén- és oxygén — összeütközése, 48
Atómmozgás hogyan terjed, 61
Atómerők hatalma, 99, 158
Atómok óriási vonzódása, 99, 158
Atómrezgése a testnek a hő által növesztetik, 58, 159
Atómok elválasztása hőt fogyaszt, 159
— viszonylagos súlya, 161
— melege ugyanaz, 161
— szerkezet befolyása a hőnyelésre, 422
— ugyanazokat a sugarakat nyelik el, melyeket kibocsátanak, 672
— tömecsekké csoportosulása, 730
— ; két-két atóm között működő erők, 732
Ázsia középponti részei miért hidegek, 492

BACO, kivonat a Novum Organum 2-ik könyvéből, 52. lap.
— kisérlete a viz összenyomásáról, 158. lap.
Belső munka, hő által végezve, 160
— — különböző nemei, 168
Billegető Trevelyan készülékében, 114
Bizmút hültében tágul, 102
Biztosító lámpa magyarázata és haszna, 290
Blagden és Chantrey bemennek a fütött kemenczékbe, 256

Bolygók; a belső bolygók pályabeli sebessége, 12
— megakasztásából, vagy napba zuhanásából származó meleg, 702
Bórsav-aethergőz erős hőnyelése, 433
— — dynamikai sugárzása, 461
Boutigny kisérletei a folyadékok gömbölyded állapotáról, 200
— először fagyasztja meg a vizet veresizzó tégelyben, 202
Brit szigetek miért ködösek, 215
Bróm átlátszatlansága a fényre és átlátszósága a hőre, 426
Bunsen égetőjének leirása, 53
— től a Geyserek mérsékletének meghatározása, 145
— Geyser-elmélete, 148
— égető lángjának sugárzása gőzökön át, 528
Butylnitrit hatása rövid éterhullámokra, 750

CHANTREY és Blagden bemennek a fütött kemenczékbe, 256
Colding vizsgálatai a meleg és munka egyértékűségéről, 38
Cumberland, régi gleccserek nyomai, 238

DAVY, Sir H., elcsattantja a puska-kakast légüres térben, 11
— nézetei a hőről, 13, 23, 61
— kisérlete a jég megolvasztásáról surlódás által, 22
— „Chemical Philosophy“ - je idézve, 29
— a láng megvizsgálása, 48
— első tudományos értekezése; Függ. a III. fejezethez, 91. lap
— a biztosító lámpa feltalálása, 289
— kisérlete, hogy a meleg átmegy a légüres téren, 297
De la Rive és de Candolle a fa vezető képességéről, 259, 272
Delejes tér látszólagos nyulóssága, 32
Despretz kisérletei a szilárd testek vezető képességéről, 247; a folyadékokéról, 291
Donny kisérletei a levegőtől megtisztitott vizzel, 132
Dove, idézet müvéből, 209
Dynamikai sugárzás és hőnyelés felfedezése, 447
— — — — táblája a gázoknál, 455
— — — — táblája a gőzöknél, 459
— — — — a bórsav-aether gőzénél, 461
— — — — különböző csőhosszakban 466

ÉG szine, 496
— szinének okai, 753 *a*, 761, 762
— szine; a természetes és mesterséges azúr összehasonlitása, 767
— fényének chemiai értéke, 780
Egek mechanikája, Mayer értekezése, 83, 602
Egalj ködösségének oka Angliában, 215
— enyhesége Európában, 215
— a vizgőz hatása az égaljra, 215, 492, 544
Égés; a földrajzi magasság befolyása az égésre, 55
— Frankland értekezése az égésről, 56
— elmélete, 57
— a gázok égése csövekben hangot gerjeszt, Függ. a VIII. fejezethez, 244. lap.
Egyenérték a munka és meleg között, 38 és köv.
Egyenérték; a hő munkabeli egyenértéke hogyan számittatik ki, 75 és köv.
Egyenes vonalú mozgása a gázrészecskéknek, 65
Egyenlitői oczeántól jövő szelek okozzák Anglia ködösségét, 215
Egyhevü vonal Angliában éjszakról délnek tart, 223
Együttható; a gáz tágulásának együtthatója, 69
— a vonalbeli területbeli és

térfogatbeli tágulás együtthatójának magyarázata, Függ. a III-ik fejezethez, 89. lap.
Éjjeli kisérletek Wells, Glaisher és másoktól, 650, 657
— sugárzással mesterségesen készített jég, 655
Elemek fajhevének táblája 165, 169
— rosz sugárzók és rosz nyelők 419, 424 és köv.
Elefántcsont rosz vezető, 275
Életerő állitólagos megóvó hatása, 257
Ellenállás; a villanyáram melege arányos az ellenállással, 251
Emberi test miért birja ki a magas hőmérsékeket, 256
Ereje a melegnek a tágitásban, 105, 158
Erők, a természeti — átalakithatóságáról megjegyzések, 518. lap
— a tömecs — erélye, 99, 158
— a sark-erők legyőzésére szükséges meleg, 168
Erély; mechanikai erély átalakitva hővé, 9
— potentiális vagy lehetséges erély értelmezése, 154
— tényleges vagy mozgási erély értelmezése, 154
— lehetséges és mozgási erély összege állandó, 155
— minden földi erély a napból való, 707
Erőssége a fénynek és hőnek mitől függ, 534
Esőzés, az esőzés özönének oka a forró öv alatt, 214
— nagyobb Irland nyugati mint keleti partján, 217
— Lloyd táblája az irlandi esőzésről, 217
— mitől függ, 220
— hol esik a legtöbb eső, 220
Éter miként szállitja odább a fényt és meleget, 305
— mozgásvevő és mozgásadó képessége aránylagos 343, 354, 415
— minden tért betölt és minden testet átjár, 346
— a rövid tartamú éterhullámok hatása a légnemü anyagra, 725—738
Éter az éterhullámok hatásának megvizsgálására kisérleti módszer, 741
— láthatatlansága, 743
Euler indoka a fényhullám elmélete mellett. 303
Európa éghajlati enyheségének oka, 215, 223
— mint az atlanti tenger sűritője, 224

FA rosz vezető, 255
— vezetésbeli különbségei, 259, 269
— vezető képességének megvizsgálására készülék 260
— vezető képességének három tengelye, 271
Fakéreg rosz hővezető képessége, 272
Farost hővezető képessége, 271
Fagyás hatása a vízvezető csövekre, 100
— pontja a nyomással csökken, 123
— a viz fagyása saját elpárolgása által létesitve, 187
Fagy ellen óvószer, 654
— elleni óvószerek oka, 654
Fajhő 165 és köv.
— hogyan határoztatik meg, 165
— az elemek fajheve, 165
— az egyszerű és összetett gázok fajheve, 169 és köv.
— a viz fajheve a legnagyobb, ebből folyó következések, 174
— eltakarhatja a test vezető képességét, 279
Faraday, a delejvillanyosság fölfedezése, 13
— kisérletei megolvasztott jéggel, 133
— először fagyaszt higanyt vörös izzó tégelyben, 202
— az összefagyódás fölfedezése, 232
Felhőtlen eső, Melloni elmélete, 495
Fellegek mivolta, 224
— keletkezésének oka, 489

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

Felrobbanása a gőzkazánoknak 134
— a gőzkazánok felrobbanása lehet hogy a gömbölyded állapottól van, 201
— oka a kőszénbányákban, 289
Fémek jó hővezetők, 245
— rosz sugárzók, 340
— rosz nyelők, 345
— rosz sugárzásának hatása, 653
— gőzeinek színképében látható szalagok, 664
— jelenléte a napban be van bizonyítva, 679
Fény keletkezése kvarcz surlódása által, 11
Fény; lámpa fénye honnan van, 49
— gáz fénye megszünik, ha a gáz levegővel keveredik, 52
— elméletei, 303
— analogiája a hanghoz, 303
— terjedése és megérzése, 305
— visszaverődése, 322
— hatása chlórra és hydrogénre, 329
— csökkenése a távolsággal, 335
— haránt hullámai, 339
— fejtő képesség, 733
— sarkultságának magyarázata, 735
— chemiai hatása iránt érzékeny, uj anyagok, 749
— sugár megszitálása, 744, 777
— az ég fénye chemiai értéke, 780
Florenczi kisérlet, 158
Fluorizálása a kénsavas chininnek a láthatatlan színképben, 313
Fluorizálásról kisérletek, 608 és köv.
Fokmeghatározás a galvanométeren, Melloni módszere szerint, Függ. a X. fejezethez, 315. lap.
Folyadékok hőtágulása, 97
— megmerevedvén, meleg keletkezik, 185
— gömbölyded állapota, 193
— vezető képessége, 291
— hőátbocsátósága, Melloni táblája, 353
Folyadékok; készülék hőnyelésök meghatározására különböző vastagságnál, 500
— hőnyelési táblája, 506
— és gőzök; hőnyelésök sorrendje, 510, 514
Folyékony halmazat, 59
Forbes a jég nyulós voltáról, 235
Forrallása a víznek surlódás által, Rumford kisérletei 13 és Függ. a II. fejezethez, 53. lap.
— a víznek mitől van, 135
Forró öv; a levegő onnan és oda áramlása, 211
— — a szélcsendek és esők tája, 214
— övi esőözönök oka, 488
Forrpont; a víz forrpontja növekszik, ha a levegőtől ment, 132
— helyes értelmezése, 137
— süllyed a földrajzi emelkedéssel, 138
— a Mont-Blanc, Monte-Rosa stb. csúcsán, 138
— függ a külnyomástól, 139
Föld mozgásának megakasztásából származó hőmennyiség, 46; a napba zuhanásából, 46; forgásának megállításából, 702
— kérge vastagabb mint rendesen vélik, 122
— forgásának és alakjának befolyása a pásztaszelekre, 207, 211
— kihültére szükséges idő, 706
— minden erélye a naptól van, 707
— rengés Caraccasban, 210
Frankland kisérletei az égésről, 56
Franklin kisérletei a színekről, 634
Fraunhofer vonalai, 677
Füvek illatának hatása a sugárzó hőre, 439

GALVANOMÉTER leirása, 3
— szerkezetéről, Függ. az I. fejezethez, 18. lap.
— fokainak meghatározása Mel-

loni módszerével, Függ. a X. fejezethez 315. lap.
Galvanométer sajátsága nagy kitéréseknél, 378
Gassiot, vashengerek repesztése, 99
Gáz; szénsav-gáz kimenekvése a szódavízből hőt fogyaszt, 16
— égése, 49
— világító képessége, 53
— részecskék sebessége, 64
— tágulási együtthatója, 69
— azon sugarakat nyeli el, melyeket kibocsát, 411
— világító gázáram sugárzása, 526
— nemű halmazat, 60
Gázok szerkezete, 62, 65
— tágítása hő által, 67
— az egyszerű és összetett gázok fajheve 169 és köv.
— vezető képessége, 291
— első kisérletek hőnyelésökről, 372
— a javított kisérlet módja hőnyelésökről, 387
— különböző képessége étertől mozgást átvenni, vagyis különböző hőnyelésök, 397, 412
— különböző képessége éternek mozgást adni, vagyis különböző sugárzásuk, 413
— dynamikai sugárzásának táblája, 455
— hatása a rövid éterhullámoknak, 725—738
Geyser Izlandban; leirása, 142
— elmélete Bunsentől, 145
— az előadó teremben csinálva, 148
— története, 151
Gipsz, porrá törve, rosz hővezető, 285
Glaisher, az éjjeli sugárzás táblája, 657
Glecscserek képződése, 228
— mozgásának leirása, 229
— legyorsabb mozgásának pontja vándorol, 229
— naponkénti mozgása, 229
— nyulóssági elmélete, 230
— összefagyódási elmélete, 232
Glecscserek, hajdani glecscserek nyomai különböző helyeken, 236 és köv.
— hypothesis a régi glecscserekről számot adni, 239 és köv.
— -et a hideg maga nem idézhet elé, 240
Gmelin, a hő értelmezése, 17
Golf-áram 223
Gore kisérletei a körülguruló golyókkal, 118
Gömböly, saját gőzén libegve, 195
— nem érintkezik az edénynyel. 197
Gömbölyded állapot a folyadékoknál, 193 és köv.
— állapot első észrevevője, 199
Gőz hogyan képződik, 137
— rugalmas erejét a hevítés növeszti, 140
— rejtett heve, 181
— előállitása hőt fogyaszt, 186, 240
— hordja a gömbölyt, 194
— azon sugarakat nyeli el, a miket kibocsát, 532
—; fémgőz szinképe, 664
— a gőzről alkotott fogalmunkban szereplő dolgok, 730
— és folyadék chemiai sugárnyelése, 747
Gőznemű állapota az anyagnak, 60
Gőzök hőnyelésének táblái, 433, 437, 459, 522, 524
— dynamikai sugárzása és hőnyelése, 459, 468
— és folyadékok hőnyelése összehasonlítva, 510, 514
Gyapjú szövetek tökéletlen vezető képessége, 283
Gyémánt elégése oxygénben, 48
— Newton nézete felőle, 48
Gyertya égése, 50

HALMAZAT változtatása melegség által, 176
Hang; a hőnek hanggá változása, 114
— tovaterjedési módja a levegőben, 300, 315

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak

Hangok; zenei hangok csövekben égő lángok által előidézve, 301 és Függ. a VIII. fejezethez, 244. lap.
Hang; a fény és hő analogiája a hanghoz, 305
— magassága mitől függ, 316
Hangok; a nem hallható hangok, 318
Hanghullámok hosszrezgésűek, 339
Harang; a megkondított harang mozgása nem vesz el, 23
Harmat, Dr. Wells kisérletei és elmélete, 648 és köv.
— lerakódásának oka, 652
— képződésére csöndes éj kell, 658
Harmonika; chemiai harmonika, 301
Hegyek sürítő hatásának megmagyarázása, 490
Helmholtz számítása, mennyi meleg keletkeznék a föld mozgásának megakasztásából. 46
— észrevétele naprendszerünk mechanikai erejének kimerülése felől, 706
Herschel, Sir Willam, a spektrum sötét sugarait fölfödözi, 311, 360
— Sir John, megjegyzés a kősóról, 373
— Sir John, a nap sugárzásának megmérése, 681
Hév források Irlandban, 142
Hideg hatása a hővillanyoszlopra, 4
— előidézve ritkitás által, 28
— előidézve a huzal kifeszítése által, 109
— keletkezése a szilárd halmazatnak folyékonnyá változtakor, 182
— keverék sóból és hóból, 184
— keletkezése a folyékony halmazatnak légneművé változtakor, 186
— keletkezése szénsav-áram által, 189
— vezetése, 254
— sugarainak látszólagos visszaverődése, 333
Higany csekély fajheve, 163
— megfagyasztása szilárdszénsav által, 192
— megfagyasztása vörös izzó tégelyben., 203
Hirn kisérletei a gőzgéppel, 140 *b* és köv.
Hó esés az összenyomott levegő kiszabadulásakor, 29
— esés meleg teremben, az ablak vagy ajtó kinyitásakor, 530 lap.
— szénsavból, 189
— kristályok, 225
— vonal, 226
—; glecscser képződése hóból 227
— lapda összetartása oka, 233
— hidakon hogyan megyünk át, 233
— jéggé sajtolása, 234
Hold melegéről kisérletek, 465
— sötét melegét légkörünk letartóztatja, 465
— vakság oka, 654
Holdsugarak rothasztó befolyásának oka, 654
Hő mivolta, 17, 20, 61
— Rumford véleménye, 13, 23
— Baco véleménye, 20
— Locke véleménye, 20
— a legkisebb részecskék mozgása, 20
— anyag nem létezik bebizonyitva Rumford és Davy által, 20, 22
— Davy véleménye, 23
— aránylagos az esés magasságával, 40
— viszonya a sebességhez, 42, 46
— Rumford kisérletei a surlódásból keletkezett hőről, Függ, a II-ik fejezethez, 53. lap.
— mint az összetartás ellenzője, 59
— Hirn kisérletei, 140 *b* és köv.
— ereje a testek tágításában, 158
— kétfajta mozgást okoz a testekben, 159
— a halmazat változását okozza, 176
— egyformább eloszlása oka, 215. 223

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

Hő és közönséges mozgás közötti különbség, 242
— analogiája a hanghoz, 302
— ugyanazon törvényeket követi mint a fény, 323
— befolyása az oxygén- és hydrogénre, 330
—re alkalmazása a visszás négyzetek törvényének, 337
— minősége, 360
— átbocsátóság megmagyarázva és példázva, 350
— átbocsátóság nem bizonyság az átlátszóságra, 351, 367
— átmenete a fán, 255, 269
— átmenetére a test mechanikai állapota befolyással van, 285
— átmenete az ürön, 297
— — átlátszatlan testeken, 367
— szabad átmenete száraz levegőn, oxygén-, hydrogén- és nitrogénen, 419
Hőfejtő erő, Rumford becslései szerint, 179
Hő fejlődése a lég mozgásának megakasztásakor, 16, 27
— — a gáz összenyomásakor, 25
— — a delejes térben való forgáskor, 36
— fejlesztése a villanyosság által, 118, 251
— foghatóság különböző testekben különböző, 18
— — magyarázata és meghatározása, 165
— a gázzal állandó nyomás mellett közölve, 69
— a gázzal állandó térfogat mellett közölve, 73
— fogyasztása az atómok szétfeszegetésekor, 157, 189
— hatása jégre, 366
— hatások mozgás megakasztásával előidézve, 24, 39
— hullámok harántrezgése, 339
— keletkezése mechanikai uton 5
— — surlódásból, 6, 13
— — összenyomásból, 7
— — ütközésből, 8
— — a víz vagy higany zuhanásából, 8
— — a kaucsuk szétfeszítésekor, 110
— — az atómok összezuhanásakor, 160
— — a folyadékok megfagyásakor, 185
—, mely az ár- és apály surlódása által keletkezik, 696
—, mely az ár és apály által keletkezik, honnan ered, 697
— kép; a széncsúcsok hőképe, 604
— mennyisége, melylyel különböző testek kihülnek, 164
— — mely a meteorok napba zuhanásakor keletkezik, 692
— — mely a nap forgásával és a bolygók keringésével egyenértékű, 702
— munkává alakulása, 15
— mechanikai egyenértéke, 38, 75, 91
— közvetetlen átalakulása mechanikai mozgássá, 117
— munkatétele a gőzgépben, 140
— végezte belső munka, 160
— mérő szerkezete, Függ. a III. fejezethez, 90 lap
— mérsék absolut zéruspontja, 96
— mérsék befolyása a villanyosság vezetésére, 252
— mérsék; a forró hőmérséket hogy birjuk kitartani, 256
— mérsék befolyása a test által kibocsátott hő minőségére 518,
— mérsék befolyása a sugárzás átbocsátására, 522
— mérsék csökkenése okozza a harmatot, 650
—; a valódi hőmérsék meghatározásának nehézségei, 653
Hőnyelés az ón és a fehér festék által, 344
— a testek válogatósága — tekintetében, 348
— szilárd testekben; Melloni táblája, 351
— folyadékokban; Melloni táblája, 353
— a testben, nem a felületen történik, 355.
— különböző vastagságú üvegben, 356, és selenitben, 358
— gázokban, a kisérlet módja, 372 és köv.

Hőnyelés gázok által; miként lehet a csekély hőnyelést is észrevenni, 386
— gázok által; a javított készülék leirása, 387
— olajképző gázban, 393, 402
— aránylagos a kis mennyiségben levő gáz sűrűségével, 403
— és hősugárzás kölcsönössége, 343, 354, 415, 459
— mozgás áttevése, nem elpusztulása, 412
— gázokban, táblák, 414, 418, 421
— táblája gázok és gőzökre, 414, 418, 421, 433, 437, 439, 522
— gőzökben; táblák, 433, 437, 439, 459, 522, 524
— és hősugárzás; gázok és gőzök által; külső hőforrás nélkül határoztatván meg, 449
— és hősugárzás a gázok dynamikai — — — táblája, 455
— vízgőzben 470 és köv. 515
— folyadékokban: a kisérleti elrendezés, 500
— különböző vastagságú folyadékokban; tábla, 506
— folyadékok gőzeiben, 509
— tömecsi cselekedet, 511
— physikai oka, 517
—; lángok hevének nyelése gőzök által, 526, 528
—e a sötét napsugaraknak, viszonyitva a színhez, 632
— Franklin idevágó kisérletei, 634
Hő sarkitása, 526. lap
— spektruma külön választva a világitótól, 432
Hősugarak a látható színképen túl, 311
Hősugárzás szilárd testek által, 340, 354
— gázok által, 413, 455
— és nyelés a gázban és gőzben meghatározva külső hőforrás nélkül, 449
— gőzök által, 459, 465
Hősugarak; a láthatatlan hősugarakkal kisérletek, 614
Hő éjjeli sugárzása a harmat oka, 652 és köv.
Hő okozta tágulás a gázoknál, 67
— — — a folyadékoknál, 97
— — — a szilárd testeknél, 103
— tovavitele, 221
Hővezetés megmagyarázva, s példázva 242, 243
— nem ugyanaz minden anyagban, 244
—ről Ingenhous kisérletei, 246
— fémek által, 247
— megfigyelésére Despretz módszere, 247
— különböző fémeknél, Wiedemann és Franz meghatározásai, 247
— meghatározásának módja, 247
— egyenetlensége a kristályokban és a fában, 258 és köv.
— fáknál, különböző irányokban, 259
— három tengelye a fában, 271
— különböző fakérgeknél, 272
—re vonatkozó kisérleteknél fontos a fajhő ismerete, 279
Hővezető képesség folyadékokban, 291
— vezetés hydrogénben, 292, 295
— vezetése kétséges a hydrogén gázban, 294
Hővillanyoszlop szerkezete és használata, 3, és Függ, az I. fejezethez 17 lapon
— használata a sugárzó hő kutatásában, 307
Hővillanyoszlop Ruhmkorfftól, 568
Hullámzási elmélet, 304
Hullámok a lángnál, 316
— a fénynél, 317
— hő- és hanghullámok közti különbség, 339
Hulló csillagok elmélete, 11
Humboldt közép Ázsia hidegéről, 492
Huyghens, fény elmélete, 303
Huzalfátyol lángakasztóságának oka, 288
Hülés, mint a ritkítás hatása, 26
— miként történik, 319

Hő; a sugárzás okozta hülés miként változik, 492
— a sugárzás okozta hűlés eredménye a harmat, 652
Hűtés a gáz kitágulásakor, 95
— hogyan gyorsítható, 183, 342
— a meleg testek hűtése levegővel és hydrogénnel, 292
— melegvesztés, 297, 319
Hydrogén atómjainak összeütközése az oxygénéivel, 49
— részecskéinek sebessége, 64
— és oxygén vízzé egyesülvén, mennyi meleg keletkezik, 179
— hűtő hatása a meleg testekre, 293
— csekély elnyelő képessége, 392, 421
— lángjának sugárzása folyadékokon és gőzökön át, 530, 542, 547
— lángja sugárzásának jelleme, 547
— lángja sugárzásával tett kisérletek, 548 és köv.

ILLATOK hogyan terjednek, 62
— hatása a sugárzó hőre, 435
— hőnyelése, 437
Ingenhous kisérletei a hő vezetéséről, 246
Irland, több eső a nyugati mint a keleti oldalán, 219
Irlandban régi glecscserek nyomai, 238
Izland geyserei, 142
Izzadás haszna forró égalj alatt 256.

JÉG, megolvasztva surlódás által, 22 és Függ. a III-ik fejezethez, 91 lapon
— miért uszik a vizen, 101
— megolvasztva nyomás által, 125
— szerkezete és szépsége, 126
— felbonczolva a hő által, 127
— virágok, 127 és köv.
Jég csináló vagy kryophor, 187
— nyúlóssági elmélete, 230
— összefagyódási elmélete, 232
— mintázása nyomás által, 234
— hőnyelése, 351, 365
— mesterséges készítése éjjeli sugárzással, 655, ennek elmélete kiegészítve, 655
— mennyisége, melyet a nap sugárzása minutánként megolvasztana, Herschel és Pouillet mérései, 681
— mennyisége, melyet a nap összes sugárzása óránként megolvasztana, 686
Jód: szénkénegben oldott jód hőátbocsátósága, 430, 582 és köv.
— oldószereinek hőátbocsátósága, 597
Joule kimagyarázza a hulló csillagok melegét, 12
— kisérletei a hő mechanikai egyenértékéről, 13, 84 és köv.
— kisérletei a munkáról és melegről, 37
— kisérletei a delejvillanyosságáról, 84
— kisérletei a huzalok feszítésekor keletkező hidegről, 109
— kisérletei a kaucsuknak megrövidüléséről a melegben, 111.

KALORIZÁLÁSRÓL kisérletek, 614, 617
Kaucsuk feszítése meleget szül, 110
—, feszítve, melegben összehúzódik, 112
Kazán-robbanások, 134, 201
Kén-aether elpárolgásából származó hideg oka, 186
— gőzének hőnyelése különböző nyomásoknál, 404
— gőzének hőnyelése. 404, 433
— gőzének hőnyelése különböző gőzmennyiségeknél, 407
Kénsav, gázszárításra használva, 390
Kénsavas nátron, kristályosodván, meleget fejleszt, 185

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

Kénsavas nátron, felolvadva, hidegetszül, 185
Kenőcs haszna a kerekek és tengelyeknél, 9
Kicserélődés elmélete Prevosttól, 319
Kiömlés elmélete Newtontól, 303
Knoblauch némely kisérleteinek megmagyarázása, 548
Kopp, a tágulás térfogatbeli együtthatójának meghatározása, Függ. a III-ik fejezethez, 89 lapon
Kovaföld; a Geyserek vize kovaföldet foglal magában és rak le, 143
— mint kristály, jó hővezető, 273
— mint por, rosz hővezető, 285
Ködös időben lehetne-e sugárzó hőt jelzésre használni, 646
Körül guruló golyók, Gore kisérletei, 118
Kősó hőátbocsátósága, 349, 361
— használata a gázok hőnyelésére vonatkozó kisérleteknél, 373
— nedvszivó tulajdonsága, 471
—; a nedvesség leverődésének elkerülése, 472
— czella leirása, 500
Kőszénbányákban a felrobbanások oka, 289
Kristályok tágulása, 108
— a jégben. 127
— a hóban, 225
— különböző vezető képessége különböző irányokban, 258
Kryophor, jégcsináló. 187
Kvarcz; tiszta és füstös — ugyanannyi meleget ereszt át, 351

LÁBFONT magyarázása. 38
Lámpakorom; hősugárzás a lámpakormon át, 367, 428
— anomál magaviselete, 427
— sugárzása, 524
Láng alkata, 49 és köv.
— miért nem bir átmenni a huzalfátyolon, 288
Lángok; zengő lángokról értekezés, Függ. a VIII. fejezethez, 244 lap
Láng sugárzásának megvizsgálása, 526 és köv.
Látás, különzetes hatás, 772
Látható és láthatlan sugarak keletkezése és erősbitése, 563
Látó idegre a sugárzó hő hatása, 612 *a*
— — a láthatatlan sugarak hatása, 643
Lecsapódás, jegedés és vegyülés mechanikai értéke a víznél, 181
— a vizgőz lecsapódásának oka a forró öv alatt, 488
— és jegedés, előmozditva a különböző halmazatú viz által, 491
— a vizgőz lecsapodásának oka hegyek által, 491
Légáramok hogyan keletkeznek, 206
— az alsók és felsők, a légkörben, 209
Léghőmérő, a levegőn és üvegen átment hő iránt érzéketlen, 362
Légbeli távlat, 775
Légkör nyomásának hatása a forrpontra, 137 és köv.
— hőnyelése a nap hevéből, 364
— a föld sugárzása a légkörön át. Függelék a XI. fejezethez, 370 lap
Légkörbeli vizgőz mennyisége, 469
— — hatása a sugárzó hőre, 470, 480
— — haszna, 492
Légkör befolyása a bolygók hőmérsékére, 546
Lehelet hőnyelése különböző nyomásoknál, 538
— physikai elemzése, 540
Leidenfrost, a gömbölyded állapot első észlelője, 199
Lepárlás, a mozdony ereje lepárláshoz hasonlitva, 9
Leslie koczkájának sugárzása, 340, 524
— aethrioskópja, 493
— aethrioskopikus kisérleteinek magyarázata, 494

Levegő ; összenyomott levegő kiterjedés közben hűl, 15
— mozgása megakasztásának hatása, 16, 26
— összenyomása, ha szénkéneg van benne, 25
— tágulása hő által, 67
— hevítve, fölszáll ; erre példák, 68, 205
— melegítése állandó nyomás alatt, 69
— melegítése állandó térfogat mellett, 73
— hűtő hatása, 292
— a hang átmenete levegőn, 298
— nem melegszik meg a rajta átment melegség által, 364
— ; tiszta levegő megszerzésének nehézségei, 390, 471
— ; a melegség tovább adása száraz levegőben, 392
— csekély dynamikai sugárzása, 451
— ; a száraz levegő dynamikai sugárzása hatalmas, ha gőzzel mázoltatik, 458
— hőnyelése, ha nedvességgel telítve van, 474, 485
— ; nedves levegő hőnyelési táblája, különböző nyomásoknál, 482
— ; különbség a tiszta és száraz levegő között, 492
— ; a tüdőbeli levegő hőnyelése, 538
— a szénsav mennyisége a tüdőbeli levegőben, 540
— lassú éjjeli kihülésének oka, 647
Lloyd, az irlandi esőzés táblája, 217
Locke nézete a hőről, 20

Magasság befolyása a zégésre 55
Maximum sűrűség a víznél, 98
Magnus kisérletei a gázok hővezetéséről, 291
— — a hydrogén hővezetéséről, 294
Mayer a mozdony erejét lepárláshoz hasonlítja, 9
— kifejezi a kapcsolatot a munka és meleg között, 37
— kiszámítja a meleget, mely a föld megállításából származnék, 46
— hő mechanikai egyenértéke, 82
— értekezése az egek dynamikájáról, 83, 698
— a nap melegének meteoros elmélete, 698
Mázolása a fémnek vagy a gyönge gáznak erősebbel, 457
Mechanikai cselekedetekből származott melegség, 5
— munka átváltozása hővé, 15
— hő elmélet, 20
— hőegyenérték meghatározása Mayer által, 37, 81
— — — Joule által, 37, 84
— hőegyenérték, 38
Megmaradása az erőnek a gőzgépben, 9, 140
— törvénye az erélynél, 155
Megolvadása a jégnek surlódás által, 22
— a jégnek nyomás által, 125
Megömlés pontjára a nyomás befolyása, 121
Meidinger kisérletei az ozonról, 444
Meleg és hideg ellentétes hatása a hővillany-oszlopra, 4
Melegség szükséges a glecscserek képződéséhez, 241
— és villanyosság közötti vonatkozás, 250
Melegségi mozgás gátolja a villanyossági mozgást, 252
Melegség átalakulása lehetséges erélylyé, 256
Melegségi mozgás mivel közlődik 306
Melloni módszere bebizonyítani, hogy a hő a távolság négyzetével csökken, 338
— kutatása a sugárzó hőről, 350
— táblája a hő átmenetéről szilárd testeken át, 351
— táblája a hő átmenetéről folyadékokon át, 353
— elmélete a felhőtlen esőről, 495

Melloni kisérletei a folyadékok hőátbocsátóságáról hibában szenvednek, 499
— némely kisérleteinek megmagyarázása, 551
— toldaléka a harmat elméletéhez, 660
— kisérletei a holdsugarak melegítéséről, 661
Merevedés tágulás kiséretében, 98
— összehuzódás kiséretében, 120
Mészfény sötét sugaraival tett kisérletek, 626
Meteórok sebessége, 12
— ; a zodiakális fény ezeknek tulajdonitandó, 47, 691, 699
— száma, amint Bostonban látták, 690
— melege, mely napba zuhanásukkor keletkezik, 692
— tartják fenn talán a nap hevét és fényét, 693
Meteorologia jelenségeire való alkalmazása a vizgőz hőnyelésének, 487 és köv.
Miller az égő hydrogén sugarairól, 547
Minőség; a sugárzó hő minőségének értelmezése, 360, 518, 534
Mitscherlich kisérletei a kristályok hőtágulásáról, 108.
Mongolfier a hő és a munka egyenértékűségét állitja, 37
Morénák; a régi glecscserek morénáin Libanon czédrusa nő, 238
Moseley észrevétele a tágulás furcsa hatásáról, 107
Mozgásnak tartják a meleget Bacon és Locke 20; Rumford 13; Davy 113, 23
Mozgási elmélete a melegnek, 20
Mozgás átvitele a tömegről tömecsekre, 23, 58
Mozgási erély magyarázata, 154
Mozgás; a leggyorsabb mozgás pontja a glecscserben, 229
Mozgató erő lerontásából származó hő mennyisége, 40
— erő gőzzel létesitve, 140
— erő vagy mozgási erély magyarázata, 154
Munka és meleg állandó viszonya, 15, 37, 156.
— belső munka, 160, 167

NAP folytonos fényének és hevének valószinű oka, 47, 693
— hevétől szelek keletkezése, 206
— a száraz levegőt nem melegíti észrevehetően, 364
Napsugarak; a sötét napsugarak fölfedezése, 557, 560
— láthatók és láthatatlanok, 559
Napsugár-szürők, 575
Napsugarak hőképe világitóvá téve, 589
— ; sötét napsugarakkal égést és fényes izzást létesitve 582
Nap fluorizálása és kalorizálása, 608, 617
— alkata, 677
— szinképében a sötét vonalak oka, 677
— lángkörtől környezve, 678
— és bolygók közös eredete, 679
— melegítő ereje, Herschel és Pouillet mérései, 681
— sugárzásának meghatározási módja, 682
— hevének nyeletése légkörünkben, 684
— összes melege, a mit kibocsát, 685
— melegéhez minő chemiai hatás kellene, Sir W. Thomson szerint, 700.
Naptól van minden szerves és szervetlen erély, 707, 721
Nap hevének parányi része alkot minden földi erélyt, 724
Nátrium gőze sárga szalagot bocsát ki és nyel el, 673, 675
Nehézség okozta sebesség, 44
Newton véleménye a gyémántról, 88
— fényelmélete, 303
Nitrogén részecskéi sebessége, 64
— oxydul hőnyelése és sugárzása, 414
— oxydul dynamikai sugárzása, 455

Novum Organum, kivonat a 2-ik könyvből, Függelék a II-ik fejezethez 52 lapon
Nyomás vonatkozása a gázok melegedéséhez, 69, 74
— befolyása a megolvadás pontjára, 121
— befolyása a föld kérgére, 122
— megolvasztja a jeget, 125
Nyúlóssági elmélete a jégnek, 230

OCZEÁN befolyása a mérsékletre, 175
Olajképző gáz hőgátlása, 393, 421
— gáz hőnyelése különböző vastagságoknál, 397, 536
— hőnyelése különböző sűrűségeknél, 402
— gáz sugárzása, 414
— gáz dynamikai sugárzása, 455
— gázzal bemázolván a fémet, 457
Ólom golyó, megmelegedvén az ütközéskor, 40
— tágulásának furcsa hatása, 107
Oromhó, a glecscser táplálója, 228
Oxygén részecskéi sebessége, 64
— atómok összeütközése a szénatómokkal, 48, hydrogén atómokkal, 180.
— csekély hőnyelése, 392, 421
Ozon hatása a sugárzó hőre, 441
Ozon gyarapodó hatása a sugárzó hőre az áramvégek kisebbítésekor, 441
— valószínű alkata, 445
Összefagyása a jégdaraboknak, 231
Összefagyódás fölfedezése Faraday által, 232
Összehúzódása a kaucsuknak melegben, 112
— a merevedéssel rendesen együtt jár, 120
Összenyomás meleget fejleszt, 7
Összenyomott levegő kitágulása hideget okoz, 15
Összetartás erejét a hő gyöngiti, 59
— erejét növeszti a levegő eltávolítása a vízből, 131
Ömlékeny ötvözet megolvasztva a delejes térben való forgatás által, 36

PARABOLA tükrökön a fény és hő visszaverődése, 328 és köv.
Párolgás hideget szül, 186
— víz fagyasztva párolgással, 187
Pásztaszelek, felsők és alsók, 206
Physikai elemzése az emberi leheletnek, 540
Photosphära hatása a nap sugaraira, 678
Platina-lámpa leirása, 503
Potentiális vagyis lehetséges erély, 154
Pouillet kisérletei a levegő és a hattyú pehely mérsékletéről, 659
— pyrheliométere, 681
— mérései a nap sugárzásáról; részben elnyeletéséről légkörünk által, 684
Prevost kicserélődési elmélete, 319
Puskagolyó mozgása megakasztásából származó meleg, 45
Pyrheliométer leirása és használata, 681
Prométerek, 104

RECZEHÁRTYA, vajjon a láthatatlan sugarak elérik-e a szem reczehártyáját, 643
Régi glecscserek bizonyságai, 236 és köv.
Rejtett hő a viznél, 26, 177, 240
— hőmagyarázata, 177
— hő: a viz rejtett hevének mechanikai értéke, 181
— — folyadékoknál. 182
— — gőzöknél, 186
— — a viz, a gőz és vízgőznél, 176 és köv. 240
Rendu, a jég idomíthatósági elmélete, 235
Részecskék; a legkisebb részecskék mozgása teszi a meleget, 20
— ütődése okozza a hő érzetét, 65
Rezgése a melegített fémnek, 113
— a hangzó korongnak, 299
— szak: fény és hő csak a rezgésszakban különböznek, 517

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

Rezgése befolyása a hőnyelésre, 517
— határozza meg a testek által kibocsátott hő minőségét, 518
Rezgésszakok a hangya- és a kén-aethernél, 524
— a hydrogén lángjánál, 547
— rövidítése, 547
Ritkítás hűtő hatása. 27
— magától nem csökkenti a közép hőmérséket, 94
Róbert csöppek, 106
Roscoe kisérletei az ég fényéről, 780
Ruházat elmélete, 282
Ruházatra használt szövetek vezető képessége, 283
Rumford megdönti a hő anyagi elméletét, 20
— értekezéséből a hőről kivonat, Függ. a II. fejezethez, 53 lap
— kisérletei a surlódás melegéről, 13 és Függ. a II. fejezethez, 53 lap
— a test melegfejtő képességének megbecsülése, 179
— kisérletei a ruházat vezetőképességéről, 283
— kisérletei a folyadékok és gázok vezető képességéről, 291
— kisérletei a hő átmenetéről az ürön át, 297

SALÉTROMSAVAS gáz szalagjai a színképben, 671
Sárgaréz hőtágulása, 103
Sarkerők legyőzésére szükséges melegség, 168
Sarkultsága a hőnek, 526 lap
— a fénynek, 735
Schaffgotsch gróf kisérletei a zengő lángokról; Függ. a VIII. fejezethez, 251 lap
Schwartz a hülő ezüst hangját észreveszi, 113
Sebesség a bolygóknál és meteóroknál, 12
— vonatkozása a hőhöz, 42
Séguin kifejti a hő és munka egyenértékűségét, 37
Selenit hőnyelése különböző vastagságoknál, 358
— színei, 769
Selmeczi léggép, 29
Sénarmont kisérletei a hő vezetéséről kristályokban, 258
Só és czukor fölolvasztása hideget szül, 183
Só; a konyhasó gőze sárga szalagot sugároz ki és nyel el, 413
Sötét hősugarak a fény törvényeinek hódolnak, 323
— — viszonya a világítókhoz, különböző forrásoknál, 370
Spektrum; a nem világító hőnek van spektruma, 311
— a nem világító spektrum előállítása, 432
Strokkur utánzása, 149
Sugarak erőssége a hőmérsékkel növekszik, 563, 564
Sugárnyelő; szükséges kellékek, hogy a test jó sugárnyelő legyen, 423
Sugárzásra szín befolyása, 341
— a fémeknek, 340
— világító és sötét —, 370
— és nyelés közötti kölcsönösség 343, 354, 415, 459
— és nyelése a gáznak vagy gőznek, külső hőforrás nélkül határoztatván meg, 449
—; dynamikai — és nyelés táblája a gázoknál, 455
— okozta hülés a harmat oka, 652
— éjjel, felhasználva mesterséges jégkészitésre, 655
— éjjel, Glaisher táblája, 657
— a föld légkörén át; Függ. a XI. fejezethez, 353 lap
— okozta vegybomlás, általa alkotott fellegek, 751
Sugárzó hő értelmezése, 306
— — és fény közötti analogia, 306
— hőt minden test bocsát ki, 319
— — törvényei ugyanazok, mint a fényei, 323
— — sugarainak visszaverődése és összegyűjtése, 326
— —, alkalmazva rá a visszás négyzetek törvényét, 338 és köv.

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

Sugárzó eredete és terjeszkedése, 339
— — kutatására való készülék leirása, 372—391
— — elnyeletése gázok által, 418
— — elnyeletése gőzök által, 433, 522
— hőre az illatok hatása, 437
— — vonatkozó kutatások tárgya, 497
— test és levegő között állandó a hőmérsékbeli különbség, 659
Surlódás által melegség keletkezik, 6
— a térhez meleget szül, 30
Sűrüdés hatása a fajhőre, 171
Sűrüség; legnagyobb — a vízben, 98
—; a gáz sűrüsége vonatkozásban a hőnyeléssel, 400
Svájcz, régi glecsecserek nyomai, 236
Szárazföldi és tengeri szelek hogyan keletkeznek, 212
Szárító csövek kiválasztásának és megszerzésének nehézségei, 390, 471
Szél; a szárazföldi és tengeri szél hogyan támad, 212
Szélcsöndek tája, 214
— táján az esőzések oka, 488
Szelek eltüntetik a gáz világát, 54
— a nap által létesítve, 206
— irányára a föld forgásának hatása, 207
—; kisebb szelek okai, 212
Szén atómjainak összeütközése oxygén-atómokkal, 48
— részecskéknek köszönhető a lámpák fénye, 52, 527
— és oxygén vegyüléséből származó meleg mennyisége, 179
Szénkéneg gőze meggyujtva összenyomás által, 25
— hőátbocsátósága, 348, 353, 433, 507
— hőátbocsátósága, 580
—-gel tett kisérletek, 599
Szénoxyd hőnyelése különböző nyomásoknál, 411
— lángjának sugárzása szénsavon át, 535
— lángjának sugárzása olajképző gázon át, 536
— lángjának sugárzása emberi leheleten át, 538
Szénsav hogyan támad az égés közben, 49
— a szilárd szénsav tulajdonságai, 190
— hőnyelő és sugárzó képessége, 414, 535
Szerves mozgás, Mayer értekezéséből kivonat, 83
— képződmények hővezetése, 275
Szilárd testek hőtágulása, 103
— — hőátbocsátása, Melloni táblája, 351
Szín physikai oka, 317, 346
— befolyása a sugárzásra, 341
— az ég színének lehető oka, 496, 753 a.
— Franklin kisérletei különböző színek melegéről és elnyeléséről, 634
Színkép; Herschel és Müller kisérletei a hő eloszlásáról a nap színképében, 561, 562
— az izzó szén színképe, 664
— a szilárd testek színképe egyforma, 664
Színképek; a zink, réz stb. színképei, 666
Színképben levő sötét vonalak oka, 677
Szögsebesség; a visszavert sugár szögsebessége megmagyarázva, 323

TÁGASSÁG; az éterrészecske rezgésének tágassága, 338 *a.*
Tágító ereje a melegnek, 66
Tágulása a térfogatnak, 59
— a gázoknak meleg által, 67
— együtthatója, 69
—; a gázok tágulása hűlés nélkül megtéve, 94
— munkavégzés nélkül, 94
— a folyadékoknál meleg által, 97
— alkoholnál meleg által, 97
— a víznél, meleg által, 98
— a víznél, fagyás közben, 98

A számok (ha csak világosan oda nincs téve) a szakaszokra, nem pedig a lapokra vonatkoznak.

WATERSTON, a nap meteóros elmélete, 47, 699
Wells harmatelmélete 648 és köv.
— több különös hatást megmagyaráz, 654
Wiedemann és Franz, táblájok a vezető képességről, 247
Wollaston kryophórja, 187
— vonalakat vesz észre a nap szinképében, 687

YOUNG, a hullámzási elmélet megalapítása, 13, 304

ZENGŐ lángok, 301
— lángokról két értekezés, Függ. a VIII-ik fejezethez, 244 lapon

Zéruspont; a hőmérsék absolut zéruspontja, 96

Zink gőze szinképében látható szalagok, 665

Zodiakális fény valószinű oka, 47, 691, 699

MŰSZÓTÁR.

A.

Absolut, *Absolut.*
Aether, *Aether;* —szerű, —*artig.*
Aethrioskop, *Aethrioskop.*
Aczél, *Stahl.*
Adalék, *Beitrag.*
Agancsszesz, *Hirschhorngeist.*
Agát, *Agat.*
Ajkas síp, *Labialpfeife.*
Alak, *Form;* —talan, *Amorph;* —váltás, *Veränderung der Erscheinungs—;* —váltó képesség, *Umwandlungsfähigkeit.*
Alapfogalom, *Grundbegriff;* —hang, —*ton;* —képzet, —*vorstellung;* — rajz, —*riss.*
Alkat, *Zusammensetzung, Structur;* —rész, *Bestandtheil.*
Alkohol, *Alkohol.*
Allotróp, *Allotrop,*
Aluminium, *Aluminium.*
Amalgam, *Amalgam.*
Amylén, *Amylen.*
Analogia, *Analogie.*
Anomalia, *Anomalie.*
Antimon, *Antimon.*
Anyag-csere, *Stoffwechsel;* —i elmélet, *Materielle Theorie;* —talanság, *Immaterialität.*
Apály, *Fluth.*
Arany, *Gold;* —levél —*blatt;* —réteg, —*schicht.*
Arány, *Proportion;*
(egyenes, visszás, *gerad, verkehrt);* —os, —*al;* —osság, —*alität.*
Arzén, *Arsen.*
Asbest, *Asbest.*
Astatikus, *Astatisch.*
Asteroid, *Asteroid.*
Astronomia, *Astronomie.*
Atóm, *Atom.*
(Mindenségbeli atómok, *Kosmische Atome);* —csoport, —*gruppe;* csoportosulás, —*gruppirung;* —rendszer, *System von Atomen;* —súly, —*gewicht.*
Azonos, *Identisch.*
Azúr, *Asur.*

Á.

Ábra, *Figur.*
Ábrázolni, *Darstellen.*
Ágens (ható) *Agens.*
Állandó, *Beständig;* — (gáz), *permanent, constant.*
Állapítani (meg), *Feststellen.*
Állapot, *Zustand.*
Állatövi-fény, *Zodiakallicht.*
Állomány, *Substanz.*
Állvány, *Gestell.*
Általánosítás, *Verallgemeinerung.*
Áram, *Strom;* —lás, *Strömung;* —vég, *Elektrode.*
Árapály, *Ebbe und Fluth.*
Árnyék, *Schatten.*
Átalakíthatóság, *Verwandlungsfähigkeit.*
Átalakulás, *Verwandlung.*
Átcsillanni, *Durchschimmern.*
Átérni, *Hinüberreichen.*
Áthatlan, *Undurchdringlich.*

Áthatolni, *Durchdringen*, (behatolni, *Eindringen.*)
Áthatoló erő, *Durchdringende Kraft.*
Átizzadni, (p. víz a likacsokon keresztül) *Durchsickern.*
Átjárat, *Durchgang.*
Átlagos, *Durchschnittlich.*
Átlátszatlanság, *Undurchsichtigkeit.*
Átlátszó, *Durchsichtig;* —ság, —*keit.*
Átmenet, *Übergang.*
Átmetszet, *Durchschnitt.*
Átmérő, *Durchmesser.*
Átnézet, *Übersicht.*
Átruházás. *Übertragung.*
Átsugárzás, *Durchstrahlung.*
Átváltozás, *Verwandlung.*
Átváltoztatni, *Verwandeln.*

B.

Babérolaj, *Lorbeeröl.*
Barométer, *Barometer*; — állása —(*Stand*)
Bádoglemez, *Blechplatte.*
Bálnaolaj, *Wallrathöl.*
Becsatolni, *Einschalten.*
Becsiptetni, *Einklemmen.*
Bedugaszolni, *Verkorken.*
Befalazódni, *Sich einmauern.*
Befoglalni, *Einfassen.*
Befüggeszteni, *Einhängen.*
Behorpasztani, *Eindrücken.*
Beilleszteni, *Einfügen.*
Bemeríteni, *Eintauchen.*
Benyomás, *Eindruck.*
Beolvasztani, *Verschmelzen.*
Berendezés, *Einrichtung.*
Besülyeszteni, *Einsenken.*
Beszorítani, *Einklemmen.*
Betapasztani, *Kleben.*
Betömni, *Verstopfen.*
Bevetődés, *Einfallen*; — vonala, *Einfallslinie*; —szöge, —*winkel.*
Bevetődni, *Einfallen.*
Bevezetni, *Einführen.*
Béllés, *Futter.*
Biborfesték, *Cochenille;* —fény, *Purpurlicht;* —vörös, —*roth.*
Billegető, *Wipper;* —erő, *Schaukelnde Kraft.*
Billenni, *Neigen, Schwanken, Zurückschwanken.*
Bizmút, *Wismuth.*
Biztositó lámpa, *Sicherheitslampe.*
Biztosság, *Sicherheit.*
Boglár, *Rosette;* —alaku, —*förmig.*
Bolygó, *Planet;* —rendszer, —*ensystem.*
Bomlás, *Zersetzung*, (bomlás terménye), *Zersetzungsprodukt.*
Boriték, *Hülle.*
Borító, *Recipient.*
Borostyánkő, *Bernstein.*
Borszesz-lámpa, *Spirituslampe;* —láng, —*flamme.*
Borulat, *Trübung.*
Bór, *Bor.*
Bróm, *Brom.*
Bugyborékolni, *Blasen werfen.*
Bura, lásd boritó.
Búvár, *Forscher.*
Búvárlat, *Forschung.*

C.

Cadmium, *Cadmium.*
Caloricum, *Caloricum.*
Cassia olaj, *Cassia-oel.*
Cäsium, *Cäsium.*
Chaos, *Chaos.*
Chemia, *Chemie.*
Chemiai erő, *Chemische Kraft*, (vegyi erő.)
Chemikus, *Chemiker.*
Chloroform, *Chloroform.*
Chlorophyl, *Chlorophyl.*
Chlór, *Chlor;* —gáz-áram, *Strom von —gas;* —hydrogén, —*wasserstoff;* —id, —*id;* —kén, —*schwefel;* —mész, —*kalk.*
Chróm, *Chrom.*
Cobalt, *Cobalt.*
Contra D, *Contra D.*

Cs.

Csap, *Hahn, Zapfen.*
Csapadék, *Niederschlag.*
Csapó lég, *Schlagendes Wetter.*
Csatlakozni, *Sich anreihen.*

Csatorna, *Kanal.*
Csavar, *Schraube*; (csiptető csavar, *Klemmschraube*).
Csavarfogó, *Schraubstock*; —orsó, *Schraube*; —tok, —*mutter.*
Cselekedet, *Akt.*
Csepp-folyó, *Tropfbar-flüssig.*
Csepü, *Werg.*
Csészike, *Näpfchen*; (higany—, *Quecksilber—.*
Csiga, *Rolle.*
Csigás-toll, *Spiralfeder.*
Csilingelő (hang), *Klingelnd.*
Csillag, *Stern*: —közi, *Interstellar.*
Csillagtan, *Astronomie.*
Csillámlemez, *Glimmerplatte.*
Csillapitani, *Dämpfen.*
Csipetnyi, *Prise.*
Csiszolni, *Schleifen.*
Csiszolószer, *Schmirgel.*
Csomó, *Knoten.*
Csoportositani, *Gruppiren.*
Csoportosulás, *Zusammenhäufung.*
Csóva, *Schweif.*
Csökkenteni, *Verringern*; Le—*Herunterbringen.*
Csöpp, *Tropfen*; —enteni, *Heruntertröpfeln.*
Csörgedezni, *Rieseln.*
Csörrenés, *Klirren.*
Csukló, *Scharnier.*
Csúcs, *Spitze.*
Csúszni, *Gleiten.*
Csúszós, *Schlüpfrig.*
Csúsztatni, *Schieben.*
Csücsök, *Schnauze*

Cz.

Czella, *Zelle.*
Czél, *Ziel*; —tábla, *Scheibe.*
Czentiméter, *Centimeter.*
Czitrom-olaj, *Citronenöl*; —sav, —*säure.*

D.

Dagály, *Fluth.*
Dallam, *Melodie.*
Dallamos, *Melodisch.*
Dallani, *Singen.*
Delej, *Magnet.*
Delejes hatás, *Magnetische Einwirkung*; —délkör, —*Meridian*; — erő, — *Kraft.*
Delejezés, *Magnetisiren.*
Delejesség, *Magnetismus.*
Delejes tengely, *Magnetische Axe.*
Delejtű, *Magnetnadel.*
Delejvillanyosság, *Magneto-Elektricität.*
Delelni, *Culminiren*, (pl. delelő nap).
Derengés, *Dämmern.*
Deréklői (irány), *Normal.*
Derékszög, *Rechter Winkel.*
Dél, *Süd.*
Délisark, *Südpol.*
Délkör, *Meridian.*
Délnyugat, *Südwest.*
Dér, *Reif.*
Diamagnetikus (haránt-delejes), *Diamagnetisch.*
Dobhártya, *Trommelfell.*
Domborodás, *Aufschwellen.*
Domború, *Convex.*
Dongás, *Summen.*
Dörgés, *Donner.*
Dörömbölés, *Poltern.*
Dörzsölés, *Reibung.*
Drummond-fény, *Drummondisches Licht.*
Dugasz, dugó, *Kork.*
Dugattyú, *Stempel, Kolben.*
Dugattyúállás, *Stempelstand.*
Durva (felület), *Rauhe Oberfläche.*
Durranó lég, *Knallgas.*
Duzzadni, *Schwellen.*

E.

Eczet-aether, *Essigaether*; —sav, —*säure,*
Edény, *Gefäss.*
Edényes barométer, *Gefässbar.*
Egyáltalában, *Überhaupt.*
Egybecsengés, *Consonanz.*
Egyközü, *Parallel.*
Egyenérték, *Aequivalent*; —üség, *Aequivalenz.*
Egyenlitő, *Aequator*; —i, —*ial.*
Egyenlőség, *Gleichheit.*

Egyensúlyozni, *Gleichgewicht halten.*
Egyesülés pontja, *Vereinigungspunkt.*
Egyező, *Übereinstimmend.*
Egyhang, *Einklang.*
Egyhevü vonal, *Isotherme Linie.*
Egyidejü, *Gleichzeitig*; —ség, *Synchronismus.*
Egyközepü *Concentrisch.*
Egynemü, *Homogen.*
Egyre-másra, *Durchschnittlich.*
Együtt-ható, *Coefficient*; —zöngés, *Resonanz.*
Ejteni, *Werfen, fallen lassen.*
Elcsendülni, *Verklingen.*
Elefántcsont, *Elfenbein.*
Elektrolyt, *Elektrolyt.*
Elektrolytikai, *Elektrolytisch.*
Elem, *Element.*
Elemezni, *Analysiren.*
Elemzés, *Analyse.*
Elenyésző, *Verschwindend.*
Előadásbeli kisérlet, *Vorlesungsversuch.*
Elgőzölgés, *Verdampfung.*
Elhajlás *Abweichung*; — szöge, *Ablenkungswinkel.*
Elhanyagolni, *Vernachlässigen.*
Elillanni, *Verflüchtigen*; —tatni, *Verflüchtigen.*
Ellen-állás, *Widerstand*; —hatás, *Gegenwirkung*; —súlyozni, (nyomást), *Balanciren.*
Ellipsis, *Ellipse.*
Elmélet, *Theorie.*
Elnyelni, *Absorbiren.*
Elnyelőség, *Absorption.*
Előlap, *Vorderfläche.*
Előrész, *Vordertheil.*
Elsőbbség, *Priorität.*
Elterelni, *Ablenken.*
Elterelődni, *Ablenken.*
Eltérés, *Abweichung, Verschiedenheit.*
Eltolni, *Verschieben.*
Eltolódás, *Verschiebung.*
Elválasztani, *Trennen.*
Elv, *Princip, Grundsatz.*
Emelkedés, *Steigung.*
Emeltyű, *Hebel.*
Enyv, *Leim.*
Eredmény, *Resultat.*
Eredő, *Resultirende*; —irány, *Richtung der Resultirenden.*
Erély, *Energie*;
Erélykészlet, *Kraftvorrath.*
Ernyő, *Schirm*; beigazitó, —*Regulirungs-Schirm.*
Erő, *Kraft*;—kifejtés, —*aufwand*
Esetleges, *zufällig.*
Eső, *Regen*; lanyházó, —*milder*;
felhőtlen, —*ohne Wolken*; —menynyiség, —*menge.*
Eszköz, *Mittel, Apparat.*
Eszterga, *Drehbank.*
Esztergályozni, *Drechseln.*
Expansió, *Expansion.*
Experimentátor; *Experimentator*
Ezüst, *Silber*; —levél, —*folie.*

É.

Égalj, *Klima,*
Égboltozat, *Firmament.*
Égetlen, *Unverbrannt.*
Égető, *Brenner.*
Égés erélye, *Energie der Verbrennung*, — fokozata, *Grad der Verbrennung.*
Éghajlat, *Klima.*
Éjszak, *Nord.*
Éjszaka, *Nacht.*
Éjszaki fény, *Nordlicht*; — sark, —*pol.*
Éjszak-kelet, *Nordost.*
Ék, *Keil*; (ékalakú, *Keilförmig*).
Él, *Kante*; — *Schneide.*
Élet-alak, *Lebensform*; —erő, —*kraft*; —folyamat, —*process.*
Énekkar, *Chor.*
Épitő, *Architekt.*
Érinteni, *Berühren.*
Érintkezés, *Berührung*; — pontja, —*s-punkt.*
Érintő, *Tangente.*
Érintőleges, *Tangentiell.*
Értekezés, *Abhandlung.*
Érték, *Werth.*
Érvényesség, *Giltigkeit.*
Érzék, *Sinn.*

Érzés, *Empfindung.*
Észlelet, *Beobachtung.*
Észlelő, *Beobachter.*
Éter, *Aether;* —hullám, —*welle;* —rezgés, —*schwingung.*
Év, *Jahr;* —szak, —*es-zeit.*

F.

Faeczetsav, *Holzessigsäure.*
Fagy, *Frost;* —pont, *Gefrierpunkt.*
Fahéj, *Zimmet.*
Faj-hő, *specifische Wärme;* —súly, —*s Gewicht.*
Fa-olaj, *Olivenöl;* —szén, *Holzkohle.*
Fehér-izzó, *Weissglühend.*
Fejleszkedés, *Entwickelung.*
Fejleszteni, *Entwickeln.*
Fejlődni, *Entwickeln.*
Fekvés, *Lage.*
Felbuzogni, *Aufwallen.*
Felfedezés, *Entdeckung.*
Felfortyanni, *Aufwallen.*
Felgombolyítani, *Aufwinden.*
Felhalmozni, *Anhäufen.*
Felhő, felleg *Wolke;* —képződés, *Wolkenbildung.*
Fellobogás, *Aufflackern.*
Fellökni, *Emporstossen.*
Feloldani, *Auflösen.*
Felpuffadni, *Aufschwellen.*
Felszerelni, *Versehen.*
Felszín, *Oberfläche.*
Feltevés, *Annahme.*
Feltétel, *Bedingung.*
Felület, *Oberfläche.*
Felvillanni, *Aufleuchten.*
Fenék, *Boden;* —üledék, —*satz.*
Fennálló, *Aufrecht stehend.*
Ferde, *Schräg.*
Festék, *Farbe.*
Feszegetni, *Zerren.*
Feszítő erő, *Spannkraft.*
Feszültség, *Spannung.*
Félátmérő, *Halbmesser.*
Félgömb, *Halbkugel.*
Fék, dörzsfék, *Bremse.*
Fél hang, *Halber Ton;* —kör, —*kreis*
Fém, *Metall;* —burkolat —*ische Umhüllung;* —csésze, —*schale;* —es felület, —*ische Oberfläche;* —forgács —*span;* —huzal, —*draht;* —hüvely, —*hülle;* —visszaverő, —*ischer Reflektor.*
Fény, *Licht;* —burok, —*hülle;* —erősség, —*stärke;* —érzet. —*empfindung;* —folt, —*fleck;* —forrás, —*quelle;* —hajlitás, *Beugung des Lichtes;* —henger, —*cylinder;* —hullám, —*welle.* —irás, *Photographie;* —kúp, —*kegel;* —mennyiség, —*menge;* —nyaláb, —*strahl;* —pont, —*punkt;* —rezgés, —*schwingung;* —sáv, —*streifen;* —sugár, —*strahl;* —szalag, —*streifen;* —tan, *Optik;* —villanás, —*blitz;* —vivő, *Träger des Lichtes.*
Flint-üveg, *Flintglas.*
Fluidum, *Fluidum.*
Fluorizálás, *Fluoresciren.*
Fluórpát, *Flusspath.*
Fogalom, *Begriff.*
Fogás, *Kunstgriff.*
Fogékony, *Empfänglich.*
Foghatóság, *Capacität.*
Foglaló, *Fassung.*
Fogyaték *Decrement.*
Fojtólég, *Stickluft,* —*wetter.*
Fok, *Grad.*
Fokozatos, *Allmälig.*
Fokozni, *Steigern.*
Fokozott cső, *Graduirte Röhre.*
Fokozódás, *Steigerung.*
Folyadék-hasáb, *Flüssigkeitsprisma;* —oszlop, —*säule.*
Folyamat, *Vorgang, Process.*
Folyékony, *Flüssig;* — állapot, —*er Zustand.*
Folyékonyodás, *Flüssigwerden.*
Fonadék, *Gewebe.*
Font, *Pfund.*
Forgató, *Kurbel.*
Forgó mozgás, *Drehende Bewegung;* — mű, *Drehscheibe.*
Formula, *Formel.*
Forralni, fölforralni, *zum Sieden bringen.*
Forrasztani, *Löthen.*
Forrasztás helye, *Löthstelle.*

Forrasztócső, *Löthrohr*; — vas (— rúd), *Löthkolben*.
Forrdogálni, *Langsam kochen*.
Forró, *Heiss*; — öv, *Heisse Zone*; —ság, *Hitze*.
Forrpont (a víz forrpontja, forrása pontja), *Siedepunkt*.
Födél, *Deckel*.
Föld-delejesség, *Erdmagnetismus*; —felület, —*oberfläche*; —forgás, —*rotation*; —pálya, —*bahn*; —pát, *Feldspath*; —vonzás, *Anziehungskraft der Erde*.
Fölemésztődni, *Aufzehren*.
Fölfedezni, *Entdecken*.
Fúrat, *Vertiefung*, *Bohrung*.
Fúró, *Bohrer*; —szerszám, —*instrument*.
Fúvó, *Blasebalg*.
Függőleges, *Senkrecht*; — helyzet, —*e Stellung*.
Füst, *Rauch*.
(Füstös kvarcz, *Rauchquarz*).

G.

Galván-elem, *Galvanisches Element*; —ométer, —*ometer*.
Garnitura, *Garnitur*.
Gát, *Hemmung*.
Gázatóm, *Gasatom*; —állapot, —*zustand*; — áram, —*strom*; —burok, —*hülle*; —buborék, —*blase*; —csap, —*hahn*; —égető, —*brenner*; —keverék, —*gemisch*; —lövemény, *Atomgeschoss*; —oszlop, —*säule*; —tartó, —*behälter*.
Gerjeszteni, — *Erregen*.
Gerjesztésmód, gerjesztés módja, *Art der Erregung*.
Gép, *Maschine*.
Gépezet, *Maschinerie*.
Gépszerkesztő, *Maschinenbauer*.
Gipsz, *Gyps*.
Gisz, fisz, & *Gis*, *Fis*, egyvonásos, *einmal gestrichen*.
Glecscser, *Gletscher*; —jég, —*eis*; —korszak, —*periode*; —kupola, —*dom*; —sáncz, —*moräne*.
Golyó, *Kugel*.
Golyócska, *Kügelchen*.
Golf-áram, *Golfstrom*.
Gömb, *Kugel*.
Gömböly, *Sphäroid*.
Gömbölyded állapot, *Sphäroidaler Zustand*.
Gömbölyiteni, *Abrunden*
Görbe, *Curve*.
Görbület, *Krümmung*.
Görbülni, *Krümmen*.
Görbültség, *Krümmung*.
Göz, *Dampf*; —állapot, —*zustand*; —buborék, —*blase*; erő, —*kraft*; —felleg, —*wolke*; —fürdő, —*bad*; gép, —*maschine*; —kazán, —*kessel*; —kazán-robbanás; —*kessel-Explosion*; —képződés, —*bildung*; —mozdony, *Locomotiv*; —térfogat, —*volumen*; —tömeg, —*masse*; —üres, —*leer*.
Gőzölgés, el—, *Dampfen*, *Ver—*.
Graphit, *Graphit*.
Gravitálni, *Gravitiren*.
Grán, *Gran*.
Gummi, *Gummi*.
Gurulni, *Rollen*.
Gúla, *Pyramide*, hatlapú, *Sechsflächig*.

Gy.

Gyanta, *Harz*.
Gyémánt, *Diamant*.
Gyérités, *Verdünnung*.
Gyorsaság, *Geschwindigkeit*.
Gyorsitani, *Beschleunigen*.
Gyorsulás, *Acceleration*.
Gyök, *Radical*, *Wurzel*.
Gyöngy, *Perle*; —fény, —*glanz*.
Gyujtópont, *Brennpunkt*, —távolság, —*weite*.
Gyulékony, *Entzündlich*.
Gyüjtőlencse, *Sammellinse*.
Gyülemlés, *Ansammlung*; —pont, pontja, —*s-punkt*.

H.

Hajcső, *Capillarröhre*.
Hajcsövi vonzás, *Capillarattraction*.
Hajlított fénybeli szín, *Diffractionsfarbe*.

Hajtó erő, *Treibende Kraft*, (*Triebkraft*).
Haladó mozgás, *Fortschreitende Bewegung.*
Halk (hang), *Schwacher Ton.*
Hallás, *Gehör, Hören.*
Halló ideg, (hallás idege), *Gehörnerv.*
Halmaz, *Haufen, Aggregat.*
Halmozat, *Aggregatzustand.*
Halvány, *Bleich.*
Hang, *Schall, Ton*; —lebegés, *Schwebung*; —löket, *Impuls*; —magasság, *Tonhöhe*; —szalagok, *Stimmbänder*; —szer, *Toninstrument*; —szerv, *Stimmorgan*; —tan, *Akustik*; —villa, —*gabel*; —villa ága, *Zinke.*
Hangya-aether, *Ameisenaether.*
Haránt-mozgás, *Transversalbewegung*; —os, *Quer*; —rezgés, *Transversale Schwingung.*
Harmat, *Thau.*
Harmonika, *Harmonika*; (chemiai—, *Chemische*—;
Hasáb, *Prisma*; üveg—, *Glas*—.
Határvonal, *Grenzlinie.*
Hatás, *Wirkung*; — képesség, *Leistungsfähigkeit* (készüléké) —osság, *Wirksamkeit.*
Ható, *Agens.*
Hatós, *Thätig.*
Hatszög, *Sechseck*; —letü, —*ig.*
Háboritás, *Störung, Perturbation.*
Háromszög, *Dreieck.*
Hártya, *Häutchen*; —, *Membran*; feszes —, *gespannte* —.
Helycsere, *Platzwechsel.*
Helyzet, *Lage.*
Henger, *Cylinder.*
Heven folyó, *Heissflüssig.*
Heviteni, (tüzesiteni) *Erhitzen.*
Hézag, *Lücke*; —os, —*nhaft.*
Hiány, *Mangel.*
Hideg, *Kälte*; —itő erő, *Er—nde Kraft*; —keverék, —*Mischung.* —sugár, —*strahl*; —vezetése, *Leitung von* —.
Higany, *Quecksilber*; —csöpp, —*tropfen*; —hőmérő, *thermometer*; —jodid, —*jodid*; —szál, —*faden.*
Hold, *Mond*; —vakság, —*blindheit.*
Homoru, *Concav.*
Hosszabbodás, (meg—), *Verlängerung.*
Hosszbeli kitágulás, *Lineare Ausdehnung*; —rezgés, *Longitudinalschwingung.*
Hozzákeverődés, *Beimischung.*
Hóképződés, *Schneebildung*; lapda,—*ball*; —lavina, —*lavine.*
Hólyag, *Blase.*
Hómező, *Schneefeld*; —pehely, —*flocken*; —vonal, —*linie.*
Hő, *Wärme*; —anyag, —*stoff*; —állapot, —*zustand*; —áram, —*strom*; —átbocsátóság, *Durchlässigkeit, Diathermansie*; —befogadás ereje, *Kraft— aufzunehmen*; —csökkenés, *Abnahme von* —; —egység —*einheit*; —elmélet, —*theorie*; —érzet, —*empfindung*; —fejlesztés, fejlődés—*entwickelung*; —fejtés, —*bildung*; —fejtő erő, —*erzeugende Kraft*; —fluidum, —*fluidum*; —foghatóság, —*capacität*; —fok, —*grad*; —forrás, —*quelle*; —gátlás, *Undurchlässigkeit der Wärme*; —gátlóság, (Athermanzia), *Athermansie, Undurchwärmigkeit*; —jelző (készülék), *Thermoskopisch*; —kép *thermisches Bild*; —közlés, —*mittheilung*; —mennyiség, —*quantität*; —mérő, *Thermometer*; — különbzetes —mérő, *Differential-—*; —mérsék, *Temperatur*; — mérsékbeli különbség, *Temperaturunterschied*; — mérsék emelkedés, —*erhöhung*; —mozgás, —*bewegung*; —növekvés, *Zunahme der Wärme*; —nyelés, —*absorption*; —spektrum, —*spectrum*; —sugárzás, *Strahlung*; —sugár, —*strahl*; —szaporodás,—*zuwachs*;—szállitás, —*zufuhr*; —tartalom, —*gehalt*; —többlet, —*überschuss*; —tünemény, —*erscheinung*; —vezetés, —*leitung*; —vezető, —*leiter*; —villanyelem, *Thermoelektrisches Element*; —villanyláncz, —*r*

Kreis; —villanyoszlop, —*e Säule;* —villanypár, —*s Paar.*
Hullám, *Welle;* —elmélet, —*theorie;* —hossza, —*länge;* —mozgás, —*bewegung;* —sor, —*zug;* —taraj, —*kamm.*
Hulló csillag, *Sternschnuppen.*
Huzal, *Draht;* réz—, *Kupfer—;* —fátyol, —*gaze;* —fogó, —*zange;* —gyűrű, —*ring;* —vég, —*ende.*
Hülés, *Abkühlung.*
Hüteni, lehüteni, *Abkühlen.*
Hűtőképesség, *Abkühlungsfähigkeit*
Hüvely, *Hülle;* —k, *Zoll.*
Hydrát, *Hydrat.*
Hydrogén, *Wasserstoff;* —superoxyd, —*superoxyd;* —tartó, —*behälter;* —vegyület, —*verbindung.*
Hypothesis, *Hypothese;* —tikus —*tisch.*

I.

Ibolya, viola, szín, *Violette Farbe.*
Ibolyántúli, *Ultraviolett.*
Ideg, *Nerv.*
Ide-oda járó mozgás, *Hin- und hergehende Bewegung.*
Idomítani, *Formen.*
Idő-egység, *Zeiteinheit;* —köz, *Intervall;* —szak, —*Periode;* —szakos, —*periodisch;* —számitás, *Aera.*
Iktatni (be), *Einschalten.*
Illeszkedni, *Sich anheften.*
Illékony, *Flüchtig.*
Inditás, *Anstoss.*
Inga, *Pendel;* —dozás, (p. hőmérséké, *Schwankung;* —szerű —*artig.*
Inger, *Reiz;* — elni, —*en.*
Irány, *Richtung;* —itani, *Lenken, richten;* —itó erő, *Richtkraft;* —ozás, *Richtung.*
Iridium, *Iridium.*
Itatós papiros, *Fliesspapier.*
Izomerő, *Muskelkraft.*
Izzás, *Glühen.*
Izzitani, *Glühen machen.*
Izzó, *Glühend.*

J.

Jegedés (a viz kristályodása), *Krystallisation des Wassers.*
Jelenés-alak, *Erscheinungsform.*
Jelenség, *Erscheinung;*
Jelvény, *Sinnbild,*
Jég, *Eis.*
—bástya, —*wand;* —eső, *Hagel;* —hideg, —*kalt;* —képződés, —*bildung;* —takaró, —*decke;* —tömeg, —*masse.*
Jód, *Jod;* —oldat, —*lösung;* — szűrő —*filter.*

K.

Kalapálni, *Hämmern.*
Kamara, *Kammer.*
Kampó, *Hacken.*
Kanyarodni, *Krümmen.*
Kanyarulat, *Windung.*
Kapcsolat, *Zusammenhang;*
(tömecsbeli kapcsolat, *Molekularer Zusammenhang);* —lan, *Unzusammenhängend;* —os, *Ist im Zusammenhange.*
Kapcsoló cső, *Verbindungsröhre.*
Kapocs, *Band.*
Kar, *Arm.*
Karczoló papiros, *Sandpapier.*
Karika, *Reif.*
Karima, *Rand.*
Karmazsin piros, *Carmoisinroth.*
Kaucsuk, *Kautschuk;* —tömlő, —*Schlauch.*
Káli, *Kali;* borsavas —, *Weinsaures* —; chrómsavas —, *Chromsaures* —; maró —, *kaustisches* —.
Kalorizálás, *Calorescenz.*
Kátrány, *Theer.*
Kelet, *Ost;* —i szél, —*wind.*
Kemény hideg, *Intensive Kälte;* — papiros, *Pappe;* —ség, *Härte.*
Keresztmetszet, *Querdurchschnitt.*
Kerékkötő, *Radsperre.*
Keringeni, *Umkreisen.*
Kerület, *Umfang.*
Ketyegés, *Ticken.*
Ketyegő, *Echappement.*
Keverék, *Mischung* (*Gemisch*).
Keverni, *Mischen.*
Kezelés, *Handhabung.*

Kémhatás, *Reaction;* —lelet *Untersuchung;* —lő, *Probe;* —szer, *Reagens.*
Kén, *Schwefel;* — (termés), — (*natürlicher*); rudas — *Stangen*—; —ammonium, —*ammonium;* —aether, —*aether;* —es-sav, *Schweflige Säure;* —ydrogén, —*wasserstoff;* —savas chinin, —*saures Chinin.*
Kép, *Bild;* nagyitott —, *Vergrösserles* —.
Képesség, *Fähigkeit;* alkalmazkodó —, *Accomodations*—; hőátbocsátó —, — *Wärme durchzulassen;* hőnyelő —, *Absorptions*—.
Képzet, *Vorstellung.*
Képződmény, *Gebilde.*
Kéreg, *Rinde, Kruste.*
Kérgesedés, *Verkrustung.*
Készlet, *Vorrath;* erély— *Arbeits*—.
Készülék, *Apparat.*
Kétoldalúság, *Zweiseitigkeit.*
Kétvégüség, *Zweiendigkeit.*
Kibillenés, *Ausschlag.*
Kibocsátani (sugarat), *Aussenden.*
Kibocsátás, *Emission.*
Kicsapni (p. a delejtü), *Ausschlagen.*
Kicserélődés, *Austausch.*
Kiegészitő (p. kisérlet), *Ergänzend.*
Kiegészités, *Ergänzung.*
Kiegyenliteni, *Ausgleichen.*
Kifejteni, *Entwickeln.*
Kiindulás, *Ausgang;* —pontja, —*spunkt.*
Kimerithetetlen, *Unerschöpflich.*
Kioltani (sugarakat), *Auslöschen.*
Kiözönleni, *Ausströmen.*
Kipattantani, *Heraussprengen.*
Kipúposodni, *Erhöhung bilden.*
Kirekeszteni, *Ausschliessen.*
Kisérlet, *Versuch.*
Kisérletezés (kisérlettétel), *Experimentiren.*
Kisérlettevő (experimentátor). *Experimentator.*
Kisérleti, *Experimental.*
Kisugárzó, *Ausstrahlend;* —képesség, —*ungsfähigkeit.*
Kisütő, *Entlader.*
Kiszélesedni, *Erweitern.*
Kitartósság, *Beharrlichkeit.*
Kitörés, *Ausbruch.*
Kiüriteni, *Entleeren.*
Koczka, *Würfel.*
Koksz, *Coaks.*
Kollódium, *Collodium.*
Konyhasó, *Kochsalz.*
Kormos, *Berusst.*
Korom, *Russ.*
Koronaüveg, *Crownglas.*
Korong, *Scheibe.*
Korszak, *Zeitperiode,* (geologiai —, *geologische* —.)
Kova, tüzkő, *Feuerstein;* —föld, *Kieselerde;* —nemü, —*artig;* vegyület, —*verbindung.*
Köb, *Cubus;* —hüvelyk, —*ikzoll;* —láb, —*fuss.*
Köd, *Nebel;* —hypothesis, —*hypothese;* —szerü, —*artig.*
Kölcsönhatás, *Wechselwirkung.*
Kölcsönösség, *Reciprocität.*
Kör, *Kreis;* egyközepes —ök, *concentrische* —*e;* egyközü —, *Parallel*— *;* szines —, *farbiger* — *;* —ív, —*bogen;* —járat, —*lauf;* —lemez, *Kreisförmige Scheibe;* —rajz, *Umriss.*
Körülforgás, *Umdrehung.*
Közeg, *Medium;* ellenálló —, *widerstehendes* —.
Középérték, *Mittelwerth;* —hőmérsék, *mittlere Temperatur;* —pont, —*punkt;* —vonal, —*linie.*
Közlődés, *Mittheilung.*
Közölni, *Mittheilen.*
Közönyös, *Neutral.*
Közvetetlen, *Direct;* —t, *in*—.
Kősó, *Steinsalz;* —hasáb; —*prisma;* —oldat, —*lösung;* —tábla, —*platte.*
Kristály, *Krystall;* —itó erő, —*isationskraft;* —odó, —*isirend;* —osodás, —*isation;* —tani, —*ographisch;* —tengely, —*isationsachse.*
Kryophor, *Kryophor.*
Kupak, *Kapsel.*
Kúp, *Kegel;* —alakú, —*förmig.*
Különféleség, *Verschiedenheit.*
Különbség, *Unterschied.*
Különnemüség *Verschiedenartigkeit*

Különbzetes (hatás), *Differential* (*Wirkung*).
Kvarczkristály, *Quarzkrystall.*

L.

Langyos, *Lau.*
Lap, *Fläche;* (ellenálló lap), *Widerstandsfläche;* hasadó —, *Spalt* —.
Lapátos kerék, *Schaufelrad.*
Lapítani (le), *Abplatten.*
Lassítani, *Verzögern.*
Laza állomány, *Lockere Substanz.*
Lábfont, *Fusspfund.*
Lámpa, *Lampe;* biztositó —, *Sicherheits—;* jeladó —, *Signal—;* —fösték, *—nschwärze;* —korom, *—nruss.*
Láncz, *Kette.*
Láng, *Flamme;* zengő—, *tönende* —.
Láthatár, *Horizont.*
Látó cső, *Fernrohr;* — ideg, *Sehnerv;* — szerv, *Sehorgan.*
Látszat, *Schein.*
Lebegni, *Schweben.*
Lecsapódni, *Niederschlagen.*
Lecsúsztatni, *Hinabschieben.*
Lefolyás, *Abfluss.*
Lehámlani, *Abschälen.*
Lehellet, *Athem.*
Lejtő, lejtő sík, *Abhang, schiefe Ebene.*
Leleplezni, *Entschleiern, enthüllen.*
Lemez, *Platte;* —pár, *—npaar.*
Lencse, *Linse;* kétszerdomború —, *Biconvex* —; síkdomború —, *Plancovex* —; homorú —, *Concav* —; szóró —, *Zerstreuungs* —.
Lendítő kerék, *Schwungrad.*
Lendület, *Schwung.*
Lengés, *Schwingung.*
Lepárolás, *Destillation.*
Lepárolni, *Destilliren;* —t viz, *—tes Wasser.*
Letartóztatni, *Auffangen.*
Levegő, *Luft.*
Leveles, *Blätterig.*
Leverődés, *Niederschlag.*
Lég, *Gas, Luft;* —áram, *—strom;* —áthatlan, *—dicht;* —gömb, *—ballon;* —hőmérő, *—thermometer;* —kör, *Atmosphäre;* —köri nyomás, *—ndruck;* —löket, *—impuls;* —nyomás, *—druck, Atmosphäre;* —oszlop, *—säule;* —ritkitott (tér), *—verdünnt;* —szivattyú, *—pumpe;* —üres, *—leer.*
Libegni, *Schweben.*
Likacs, *Poren;* —os, *Porös.*
Lithium, *Lithium.*
Lombik, *Retorte;* —tartó, *—halter.*
Lóbálni (körül), *Herumschwingen.*
Lódintani, *Schleudern.*
Lódintás, *Anstoss, Antrieb.*
Lóerő, *Pferdekraft.*
Löket, *Impuls.*
Löktetve, *Stossweise.*
Löktetés, *Pulsiren.*
Löveg, *Geschütz.*
Lövelni (sugarakat), *Senden.*
Lövemény, *Geschoss.*
Lőgyapot, (robbanó gyapot), *Schiessbaumwolle.*

M.

Magasság, *Höhe.*
Magaviselet, *Verhalten.*
Magnézium, *Magnesium;* —huzal, *—draht.*
Mangán, *Mangan.*
Maroknyi, *Handvoll.*
Maró, *Aetzend;* — káli, *Kaustisches Kali.*
Mályvaszin, *Hellviolett.*
Márvány, *Marmor.*
Másodpercz, *Secunde.*
Máz, *Firniss,* (bemázolni, *Uebertünchen*).
Mázatlan, *Unbefirnisst, ungetüncht.*
Medencze, *Becken.*
Medium, *Medium.*
Mechanika, *Mechanik.*
Mechanikai, *Mechanisch;* — erő, *—e Kraft;* — eszköz, *—es Mittel;* — érték, *—er Werth;* — hatás, *—e Wirkung;* — mozgás, *—e Bewegung;* — munka, *—e Arbeit.*
Mechanismus, *Mechanismus.*
Megalapitani, *Begründen.*
Megdermedt, *Erstarrt.*
Megfigyelés, *Beobachtung.*
Megfontolni, *Ueberlegen.*
Megfordítás, *Umkehrung.*

Meggyulás hőfoka, *Entzündungstemperatur.*
Megjelenteni, *Anzeigen.*
Meg-megszakadó, *Intermittirend.*
Megmelegedés, *Erwärmung.*
Megmerevedés, *Erstarrung.*
Megrázkódás, *Erschütterung.*
Megrendíteni, *Erschüttern.*
Megrezdülni, *Erzittern.*
Megszakítani (Volta-láncot), *Oeffnen die V. Kette*
Megszitálni, *Durchsieben.*
Megtelés, *Sättigung;* —ig delejezni, *Bis zur — Magnetisiren.*
Megtenni (kisérletet), *Ausführen.*
Megtölteni, *Füllen.*
Megtörni (sugarat), *Brechen.*
Megzendülni, *Erklingen.*
Mekkoraság, *Grösse.*
Melegítés, *Erwärmung;* —ség, *Wärme,* (szétszórt —ség, *zerstreute —*); —sugárzó, —*strahlend.*
Meredek, *Steil;* —ség, *Abgrund.*
Merev, *Starr;* —enség, *Sprödigkeit.*
Merőleges, *Senkrecht.*
Meteór, *Meteor;* —kő, —*stein;* —olog, —*olog;* —ologia, —*ologie;* —os elmélet, —*ische Theorie.*
Mez, *Bedeckung, Bekleidung.*
Mező, *Feld.*
Meztelen, *Unbedeckt.*
Mélyedés, *Vertiefung.*
Mélység, *Tiefe.*
Mérés, *Messung.*
Mérföld, *Meile.*
Mérleg, *Wage;* —elhető, *Wägbar.*
Mérték, *Mass.*
Megközelítő mérték, *Annäherndes Mass.*
Mértékegység, *Masseinheit.*
Mész, *Kalk;* —fény, —*licht;* —pát, —*spath.*
Mibenlét, *Beschaffenheit.*
Mikroskóp, *Mikroskop.*
Milliméter, *Millimeter.*
Mindenség, *Kosmos.*
Minimum, *Minimum.*
Minősített, *Zulänglich, competent.*
Minta, *Modell, Muster.*
Minuta, *Minute.*
Mocsárlég, *Sumpfgas.*
Monád, *Monade.*
Mozdító erő, *Bewegende Kraft.*
Mozdulatlan, *Unbeweglich, fest.*
Mozgásbeli veszteség, *Bewegungsverlust.*
Mozgás-erő, a mozgás ereje, *Kraft der Bewegung.*
Mozgási elmélet. *Dynamische Theorie;* — erély, *Bewegungsenergie.*
Mozgás iránya, *Bewegungsrichtung;* —tan, *Dynamik.*
Mozgékonyság, *Beweglichkeit.*
Módosítani, *Modificiren.*
Munka, *Arbeit,* (belső munka, *innere Arbeit);* —alak, —*sform;* —érték, —*swerth;* —fejtés, fejtő képesség, —*sleistung;* —képesség, *Leistungsfähigkeit;* —siker, *Effect.*
Mutató, *Zeiger.*
Műhely, *Laboratorium, Werkstatt.*
Működés, *Wirkung,* (készülék működése, *Wirkung des Apparates*).
Működtetni, *Wirken lassen.*
Műkör, *Schauplatz.*
Műszerkezet, *Mechanische Vorrichtung.*

N.

Nagyítás, *Vergrösserung.*
Nap, *Sonne, Tag;* delelő—, *Culminirende—;* —chemia, —*chemie;* —fény, *Licht der —* (—*licht*); —forduló, *Wendekreis;* —heve, —*hitze,* —kelte, —*aufgang;* —közel, —*nähe,* —nyugta, —*untergang;* —rendszer, *system,* —sugárzás—*strahlung;* —szaka, *Tag.*
Narancsolaj, *Orangenöl;* —sárga —*gelb.*
Nátrium, *Natrium.*
Nátron, *Natron;* kénsavas —, *Schwefelsaures —.*
Nedvszívó, *Hygroskopisch.*
Nehezkedni, *Gravitiren,* —ésbeli hő, —*ationswärme,* nehézség, *Schwere;* nehézségi erő, —*kraft.*
Nemleges, *Negativ;* —elhajlás, —*e Ablenkung.*

Négyszög, *Viereck*; —hüvelyk, *Quadratzoll*; négyzet, *Quadrat*; —es, —*isch*.
Nézet, *Ansicht*.
Nikkel, *Nickel*.
Nikol, *Nicolsches Prisma*.
Nitrogén, *Stickstoff*, —oxyd, —*oxyd*; —oxydul, —*oxydul*.
Növedék, *Zuwachs*.
Növekedés, *Wachsthum*.
Nutatio, *Nutation*.

Ny.

Nyak, *Hals*.
Nyelés (el), *Absorption*.
Nyelős, *Absorbirend*; leg—ebb, *am meisten*—.
Nyél, *Stiel*, *Griff*.
Nyilás, *Öffnung* od. *Eingang*.
Nyom, *Spur*.
Nyomakodni, *Sich andrücken*.
Nyomás-kémlő, *Barometer-Probe*.
Nyomaték, *Moment* (*einer Kraft*.)
Nyomozni, *Verfolgen*.
Nyugat, *West*.
Nyugpont (nyugvás pontja), *Ruhepunkt*.
Nyúlós (pl. folyadék), *zäh*; —ság, —*Viscosität*.

O.

Observatórium, *Observatorium*.
Odábbadás, *Fortleitung*.
Odábbszállitás, *Übertragung*.
Odábbszármazni, *Fortpflanzen*.
Odábbvitel, *Fortführung*.
Oktáva, *Octave*.
Olajképző gáz, *Ölbildendes Gas*.
Oldal, *Seite*; —aslag, —*lich*; —áram, —*licher Strom*; —lap, —*fläche*; —nyilás, —*liche Öffnung*.
Oldat, *Lösung*.
Oldószer, *Lösungsmittel*.
Olvadáspont (olvadás pontja), *Schmelzpunkt*; —ni, —*en*.
Olvasztókanál, *Schmelzlöffel*; —mű, —*werk*.
Optika, *Optik*.
Opálozni, *Opalisiren*.
Orgonasíp, *Orgelpfeife*.
Orkán, *Orkan*.
Orom, *Vorsprung*.
Orom-hó, *Firn*.
Osmium, *Osmium*.
Oszlop, *Säule*.
Oszthatóság, *Theilbarkeit*; osztóvonal, *Theilstrich*.
Oxydálódás, *Oxydation*.
Oxyhydrogén, *Knallgas*; —láng, —*flamme*.
Oxygén, *Sauerstoff*.
Ólom, *Blei*. Szénsavas ólomoxyd, *Kohlensaures Bleioxyd*.
Ólomtömb, *Bleiklotz*;
Öncső, *Zinnröhre*; —edény —*ernes Gefäss*; —levél, *Stanniol*; —tábla, —*platte*.
Óramű, *Uhrwerk*; —üveg, —*glas*.
Ozon, *Ozon*.

Ö.

Öntöttvas, *Gusseisen*.
Összecsapni, *Zusammenstürzen*; —csatlakozni (pl. atómok), *schliessen*; —csatolni, *Verbinden*; —fagyódás, *Regelation*; —göngyöliteni, *Aufrollen*; —gyüjteni (sugarakat), *Sammeln*; —gyülemlés, *Ansammlung*; —gyűrni, *Zusammenfalten*; —hajlítani (sugarakat), *Convergiren*; —hajló (sugarak), *Convergirend*; —halmozódni, *Anhäufen*; —kerülni, *Zusammentreffen*, —kötő huzal, *Verbindungs - Draht*; —kuszált, *Verflochten*; —nyomás, *Zusammendrücken*; —rendülni, *Erschüttern*; —tartás, *Cohäsion*; —tétel, *Zusammensetzung*.
Összhangzat, *Accord*; —hangzás, *Einklang*; —pontositani, *Concentriren*.
Ötvözet, ötvény, *Legirung*.

P.

Palladium, *Palladium*.
Papirgömb, *Papierballon*.

Papiros-foszlány, —*streifchen*; —szalag, —*streifen*.
Parafa, *Kork*.
Parázs, *Gluth*.
Patyolat, *Gaze*.
Pálcza, *Stab*.
Pálya, *Bahn, Laufbahn*.
Pára, *Dampf*; —buborék —*blasen*; —füst, *Dunst*; —meleg, —*wärme*.
Párlap, *Parallelopiped*.
Párolgás (el), *Verdunstung*.
Párolni, *Destillíren* (pároló kazán, *Destillirkessel*, pároló készülék, *Destillirapparat*).
Párologni (elpárologni), *Verdunsten*.
Pároló csésze, *Schale zum Verdunsten*.
Pászta, *Passat*; —szél —*wind*.
Pát, *Spath*, izlandi —, *Isländischer* —, kettős —, *Doppel*—, kettősen-törő —, *Doppelt brechender* —.
Peczek, *Vorsprung*.
Pehelyfelhők, *Federwolken*.
Percz, *Minute*.
Példázni, *Als Beispiel dienen*.
Phosphor, *Phosphor*; —chlorid, —*chlorid*.
Photographia, *Photographie*.
Photométer, *Photometer*.
Photosphära, *Photosphäre*.
Physikus, *Physiker*.
Physiolog, *Physiolog*.
Pipetta, *Pipette*.
Pirulat, *Glühen*, Alpok pirulata, *Alpen*—.
Platina, *Platin*; —háló, —*netz*; —levél, —*folie*, (—ált —levél, —*irte* —*folie*).
Pléh, *Blech*.
Pont, *Punkt*, (kiinduló —, kiindulás —ja, *Ausgangs*—, érintkezés —ja, *Berührungs*—).
Porczellán, *Porzellan*.
Porrátörni, *Pulverisiren*.
Porszem, *Stäubchen*.
Pótkoczka, *Compensationswürfel*.
Pót-szín, *Complementärfarbe*.
Pöngő jég, *Eiskrusten* (*die ersten*).
Pörkölni, *Rösten*.
Pőröly, *Hammer*.
Praecessio, *Precession*.
Primär, *Primär*.
Prizma, *Prisma*, (Nicol-féle —, *Nicol'sches* —).
Probléma, *Problem*.
Propionsav, *Propionsäure*.
Puffogó, *Puffer*.
Puhatolni, *Erforschen*.
Pyrheliométer, *Pyrheliometer*.
Puszpáng, *Buchsbaum*.
Pyrometer, *Pyrometer*.

Q.

Quint, *Quint*.

R.

Ragasztani, *Kitten*.
Ragyogó, *Glänzend*.
Rajz, *Zeichnung*; —lap, *Tafel*; —ón, *Bleistift*.
Rácsozat, *Gitter*; huzal— *Draht*—
Reczehártya, *Retina*.
Redő, *Falte*.
Rejtett hő, *Latente Wärme*.
Remegés, *Zittern*.
Rendes állapot, *Normalzustand*.
Rendezkedni, *Sich ordnen*.
Rendhagyó, *Unregelmässig*.
Reszelő, *Feile*.
Rezditeni, *Erschüttern*.
Rezegni (p. húr), *Schwingen*.
Rezgés, *Schwingung*; hangbeli —, *Schall*— ; —gyorsasága, —*sgeschwindigkeit*; —sík (rezgés síkja), —*sebene*; —szak, —*speriode*; —tartam, —*sdauer*; —tágasság (rezgés tágassága), —*samplitude*.
Rezzenet, *Schwingung* (*eine*); —idő, —*szeit*; —szám, —*szahl*.
Rés, *Spalte*.
Részarányos, *Symmetrisch*.
Réteg, *Schicht*; —es, *blätterig*.
Réz, *Kupfer*; —levél, —*folie*; —szalag, —*streifen*.
Rézsútos, *Schräg*.
Rheochord, *Rheochord*.
Rheostat, *Rheostat*.

Rhodium, *Rhodium.*
Rhytmus, *Rhytmus*; —os, *—isch.*
Robbanás, *Explosion.*
Róbert-csöpp, *Ruprechtstropfen.*
Rózsaolaj, *Rosenoel.*
Röperő, *Flugkraft.*
Röpíteni, *Schleudern.*
Rubidium, *Rubidium.*
Rubinüveg, *Rubinglas.*
Rúd, *Stange.*
Rudacs, *Stäbchen.*
Rugalmas erő, *Elastische Kraft.*
Rugalmasság, *Elasticität.*
Rugalmatlan, *Unelastisch.*
Rúgó, Feder.

S.

Sajátság, *Eigenthümlichkeit.*
Sajtolni, *Pressen*, (besajtolni, *hineinpressen.*)
Sajtó, *Presse.*
Salétrom, *Salpeter.*
Salétromos-sav, *Salpetrige Säure*
Sark, *Pol*; —csúcs, *—spitze*; —erő, *—arkraft*; —iasság, *—arität*; (delej-fajta sarkiasság, *magnetische Polarität.*)
Sarkitani, *Polarisiren.*
Sarkitás tája, *Region der Polarisation.*
Sarkító szög (sarkítás szöge), *Polarisations-Winkel.*
Sarktáj, *Polare Zone.*
Sarkultság, *Polarisation.*
Sárgaréz, *Messing*; —lemez, *—platte.*
Sáv, *Streifen.*
Sebesség, gyorsaság, *Geschwindigkeit.*
Segédeszköz, *Hilfsmittel.*
Selen, *Selen*; —it (gipsz) *—it.*
Selyem, *Seide*, (sodrott —, *gedrehte* —; sodratlan —szál, *Coconfaden.*
Semlegesíteni, *Neutralisiren.*
Semleges pont, *Neutraler Punkt.*
Semmisíteni, *Vernichten.*
Serczegés, *Zischen.*
Serpentin, *Serpentin.*
Sík, *Ebene*; —domború, *Planconvex.*
Siker, *Erfolg.*
Sík-lap, *Ebene Fläche*; —tükör, *Planspiegel.*
Silicium, *Kieselstoff.*
Sín, *Schiene*; —sor, *—nreihe.*
Skála, *Tonleiter.*
Sodorni (szálat), *Drehen.*
Sodra (folyam—), *Stromstrich.*
Sodratlan selyemszál, *Coconfaden.*
Sodrás, *Drehung.*
Sodrott szál, *Gedrehter Faden.*
Sokaság, *Menge.*
Sommázódni, *Summiren.*
Sorakozni, *Anordnen*; idommá— *in eine Figur* —.
Sorozat, *Folge.*
Sorozat, *Reihe*; mérési —, *Messungs*—.
Sorrend, *Reihenfolge.*
Só, *Salz*; —sav, *—säure*; —víz, *—wasser.*
Sötét, *Dunkel.*
Strontium, *Strontium.*
Sugár, *Strahl*; átszűrt —, *gesiebter* —; bevetődő —, *Einfallender* —; hevítő —, *Wärme*—; közvetetlen —, *Directer* —; láthatatlan —, *Unsichtbarer* —; vegyítő —, *Chemischer* —; világító —, *Leuchtender* —; visszavert —, *Reflectirender* —; —csere, *Austausch von —en*; —csoport, *—engruppe*; —nyaláb, *—enbüschel*; tömörített —nyaláb, *Concentrirter* —; —törés, *—enbrechung*; —zás, *—ung*; teljes —zás, *Totale —ung*; —zó, *—er*; —zó erő, *Ausstrahlende Kraft.*
Súly, *Gewicht*; —egység, *—seinheit*; —talan, *imponderabel.*
Súrolni, *Reiben.*
Sűríteni, *Condensiren.*
Sűrítő, *Condensator.*
Sűrűdésbeli hő, *Verdichtungswärme.*
Sűrűdés melege, *Verdichtungswärme.*
Sűrűség, *Dichtigkeit.*

Sz.

Szabály, *Regel*; —ellenes, *Anormal*; —talanság, *Unregelmässigkeit*; —zó, *Regulator*.
Szabványos, *Normal*.
Szag, *Geruch*; —lás, —.
Szakadatlan, *Continuirlich*.
Szalag, *Streifen, Band*, —rendszer, *System von* —.
Szalmaszál, *Strohhalm*.
Szállingózni, *Herabfallen (sanft)*.
Szállítani, odaszállítani, beszállítani, *Zu- hineinführen*.
Számbeli egyenérték, *numerisches Aequivalent*; —érték, *Zahlenwerth*; Számitás, *Berechnung*; —sor *Zahlenreihe*; —tani közép, *Arithmetisches Mittel*.
Szán, *Schlitten*.
Szárító készülék, *Trockenapparat*.
Század, *Jahrhundert*.
Százalék, *Procent*.
Szegély, *Rand*.
Szegfűolaj, *Nelkenöl*.
Szelet, *Streifen*.
Szellőztetni, *Lüften, Ventiliren*.
Szem, *Auge*; — nedve, *Feuchtigkeit des —s*; —benéző (oldalok) *Entgegengesetzt*.
Szemer, *l. grán*.
Szemfény, *Pupille*; —golyó, *Augapfel*; —lélődés, *Betrachtung*. —pillák, *Augenlider*; —pont, *Gesichtspunkt*.
Szenesíteni, szenesedni, *Verkohlen*.
Szenes lapát, *Kohlenschaufel*.
Szerkeszteni, *Construiren*.
Szerkezet, *Construction*.
Szerszám, *Werkzeug*.
Szerteszét (röpülni), *Auseinander*.
Szertetolni, *Auseinanderdrängen*.
Szertébb (hajtani), *Auseinander (treiben)*; —válni, *Weiter —gehen*.
Szerv, *Organ*; —es, —*isch*; —ezet —*ismus*.
Székfüvirág (pipitér), *Kamillen*.
Szél, *Wind*; éjszaki —, *Nord*— —csend, —*stille*; —csend tája, *Region der Calmen*.
Szén, *Kohle*; —chlorid, —*nstoffchlorid*; —csúcs, —*nspitze*; —gáz, —*ngas*; —hydrogén, —*nwasserstoff*; —kéneg, lásd —sulphid; —korszak, —*nperiode*; —oxid, —*noxyd*; —részecskék, —*ntheilchen*; —sav, —*nsäure*; —savas mész. —*nsaurer Kalk*; —sulphid, *Schwefelkohlenstoff*.
Széttartó (sugarak), *Divergirend*; —bontani (a napsugarat) *Zerlegen*; —hajló, *Divergirend*; —hangzás, *Dissonanz*; —hangzat, *Discord*.
Szétmállás, *Zerfallen*; —robbantani, —*sprengen*; —szedni, —*legen*; —szóródás, —*streuung*; —szóródni (sugarak), —*streuen*.
Sziget, *Insel*; —elni, *Isoliren*.
Szikra, *Funke*.
Szilárd, *Fest*.
Szilárdulás, *Festwerden*.
Szín, *Farbe*; alkotó —, *Zusammensetzungs* —; kezdetbeli —, *Anfängliche* —; nyelésbeli —, *Absorptions*—; —ezet, *Färbung*; —eződés, *Färbung*; —fokozat, —*enabstufung*; —házi cső, *Operngucker*; —ig (megtölteni), *voll giessen*; —játszódás, —*enspiel*; —kép, *Spectrum*; folytonos —kép, *Continuirliches Spectrum*; hevitő —kép, *Wärmespectrum*; —sorozat, *Farbenfolge*; folytonos —sorozat, *Continuirliche Farbenfolge*; —táj, *Niveau*; —teleniteni, *Entfärben*.
Sziporkázás, *Flimmern*.
Sziréna, *Sirene*.
Szita, *Sieb*.
Szitni, *Anfachen*.
Szitálatlan (sugár), *Ungesiebt*.
Szivacs, *Schwamm*; —os anyag, —*ige Masse*.
Szivárogni, *Sickern*.
Szivárvány, *Regenbogen*.
Szivattyú, *Pumpe*; —zni, —*n*.
Szorító, *Klemme*.
Szorzat, *Product*.
Szög, *Winkel*; bevetődés —e, *Einfalls*—; visszaverődés —e, *Reflexions*—; —ecs, *Stift*; —ecselni, *Nieten*: —sebesség, —*geschwindigkeit*; —távolság, —*Entfernung*.

Szökkenés, *Sprung.*
Szörp, *Syrup.*
Szőrszál, *Haar.*
Szövedék, *Gewebe, Textur.*
Szövevény, *Gefüge Textur.*
Szurok, *Pech.*
Szűrni, *Filtriren.*

T.

Taktus, *Takt.*
Találmány, *Erfindung.*
Tangensbusszól *Tangentenboussole.*
Tanulmány, *Studie.*
Tapasztalat, *Erfahrung.*
Tapintás, *Betasten;* — szerve, *Tastorgan.*
Taplós, *Schwammig.*
Tapogató, *Fühler.*
Tartam, *Dauer.*
Tartó, *Ständer, Träger, Behälter.*
Taszító erő, *Repulsivkraft.*
Tágító mozgás, *Ausdehnende Bewegung;* Tágulatlan, *Unausgedehnt;* Tágulás-együttható (tágulás együtthatója), *Ausdehnungscoëfficient.*
Táj, *Region;* (örök hó —a, — *des ewigen Schnees.*)
Táplálni, ellátni p. vízvezető csöveket, gőzkazánt vízzel), *Speisen;* tápláló cső, *Speiserohr.*
Tárgylencse, *Objectiv.*
Távlat, *Perspective;* légbeli —, *Luft—.*
Távolság, *Entfernung.*
Tekercs, *Spirale.* Tekergetni, fel—getni, *Aufrollen.*
Tekerődvény, *Windung.*
Telep, *Batterie.*
Teliteni, *Sättigung;* —ett (gőz), *Gesättigt (er Dampf);* —és pontja, —*spunkt.*
Tellur, *Tellur.*
Tengely, *Axe.*
Tengeráramlás, *Meeresströmung;* — fenék, —*grund;* —part, *Küste;* —szín, —*höhe;* — tükre, —*spiegel.*
Terem, *Saal;* előadó —, *Hör—.*
Terjeszkedni, *Ausdehnen (sich).*
Természet, *Natur;* — szemlélete, *Anblick der —;* —i erő, —*kraft;* —szerű, —*gemäss;* —tudomány, —*wissenschaft;* —vizsgáló, —*forscher.*
Terpentinolaj, *Terpentinoel.*
Terület, *Flächeninhalt;* —beli kitágulás, —*ausdehnung.*
Test, *Körper;* összetett —, *zusammengesetzter —;* —rendszer, —*system.*
Tetőpont, *Höchster Punkt.*
Tevékeny (részecskék), *Activ.*
Tégely, *Tiegel;* olvasztó —, *Schmelz—.*
Tényleges, *Actuell.*
Tér, *Raum.*
Térfogat, *Volumen, Rauminhalt;* —beli kitágulás, —*ausdehnung.*
Térrész, *Volumtheil.*
Thallium, *Thallium.*
Timsó, *Alaun;* —por, —*pulver.*
Tojásdad, *Oval.*
Tojásfehére, *Eiweiss.*
Toldalékcső, *Ansatzröhre.*
Tolóka, *Schieber.*
Tonna, *Tonne.*
Topáz, *Topas.*
Torkolat, *Mündung.*
Torlódás, *Interferenz.*
Tornyosodni (fel), *Aufthürmen.*
Torok, *Schlund.*
Tovagyürüzni, *Wellenartig fortpflanzen;* —terjeszteni, *Fortpflanzen;* —vitel (hőre nézve), —*führung.*
Többlet, *Ueberschuss.*
Tölcsér, *Trichter.*
Tömb, *Klotz.*
Tömecs, *Molekül.*
Tömecsbeli (p. változás), *Molekular;* —erők, —*kräfte;* —közi, *Inter—;* —mozgás, —*bewegung;* —munka, —*arbeit;* —rendszer, *System von Molekülen;* —szerkezet, —*constitution;* —változás, —*veränderung;* —vonzás, —*anziehung.*
Tömeg, *Masse*
Tömlő, *Schlauch.*
Tömör, *Massiv;* —iteni, *concentriren;* —ödött (sugarak), *concentrirte (Strahlen).*
Törelem, *Brechbarkeit;* csekély

—, *geringe* —; magas —, *hohe* —; fokozódott —, *erhöhte* —.
Törés-mutató, *Brechungsexponent.*
Törmelék, *Schutt.*
Törtszám, *Bruch.*
Törvény, *Gesetz.*
Tőszomszédság, *Nächste Nähe.*
Tulajdonság, *Eigenschaft.*
Turmalin, *Turmalin;* —kristály, —*Krystall.*
Túlömleni, *Ueberfliessen.*
Túltelíteni, *Übersättigen.*
Tükör, *Spiegel*; —homoru, —*Concav*; —domború, —*Convex*; —sík. —*Plan*; —üveg, —*glas.*
Tünemény, *Phänomen.*
Tüzelő, *Brennmaterial.*
Tűvég, *Nadelspitze.*
Tüzálló, *Feuerfest;* —agyag, —*er Ton.*

U.

Ugró kút, *Springbrunnen.*
Ujezüst-huzal, *Neusilberdraht.*
Unczia, *Unze.*

Ü.

Üledék, *Ablagerung.*
Ür, üresség, üres tér, *Vacuum.*
Üst, *Kessel*, (vizes—, *Wasser*—.) Üstökös, *Komet.*
Ütem, *Takt.*
Ütközés, *Stoss.*
Üvegczella, *Glaszelle;* —cse, *Fläschchen*; —harang, —*glocke*; —hőmérő, —*thermometer;* —köny, —*thräne;* —lencse, —*linse;* —tábla, —*platte.*

V.

Vakító, (fehér) *Blendend.*
Vas, *Eisen*; —forgács, —*span;* —gőz, —*dampf*; —lemez, —*platte;* —reszelék; —*feilspäne*; —rúd, —*stange.*
Válogatós, *Elektiv.*
Váltakozó, *Wechselnd.*
Váltogató, *Commutator.*
Változás, *Veränderung.*
Vályu, *Rinne.*
Vegyihatás, *Chemische Wirkung*; —rokonság, —*Verwandschaft*; Vegyület, *Verbindung.*
Veszteg (marad), *Stationär.*
Veszteség, *Verlust.*
Vetíteni, *Projiciren.*
Vetület, *Projection.*
Vezető, *Leiter*; —képesség, —*ungsvermögen*; — lánczolat, —*ender Kreis*; —kör, —*Schliessungskreis.*
Véges, *Endlich*; —telen, *un*—.
Vérmelegség, *Bluttemperatur.*
Vésü, *Meissel.*
Viaszgyertya, *Wachskerze*; —lepény, *scheibe.*
Világegyetem, *Universum.*
Vihar, *Sturm.*
Világítani, *Leuchten*; — rész, —*der Theil*; — erő, —*kraft.*
Világító gáz, *Leuchtgas*; —gázáram, —*strom*,
Világtér, *Weltraum.*
Villanyáram, *Elektrischer Strom;* —fény, —*Licht;* —lámpa, —*Lampe;* —láncz, — *Kette;* —osság, *Elektricität*; —szikra, —*Funke*; —telep, — *Batterie*; —vegybontás, *Elektrolysis*; —vezető, *Electricitätsleiter.*
Villogás, *Wetterleuchten.*
Violántúli, *Ultraviolett.*
Viszony, *Verhältniss*; —lagos, *Relativ*; —osság, *Reciprocität.*
Visszacsatlakozás, *Wiedervereinigung*; —hatás, *Rückwirkung*; —terelni, *Zurückleiten*; —verő, *Reflector*; kúpos—verő, *konischer Reflector*; tölcséres —verő, *konischer Reflector;* —verődés, *Reflexion*; —verődés szöge, *Reflexionswinkel*; —verős, *Reflectirend.*
Visszás, (visszája valaminek), *Umgekehrt*; —négyzet, —*Quadrat.*
Vizahólyag, vizahólyagmáz, *Hausenblase.*
Víz, *Wasser*; kemény —, *Hartes*

—; —áram, —*strom*; —áthatlan, —*dicht*; —bontás, —*zersetzung*; —bontókészülék, —*zersetzungsapparat*; —bontó czella, *Zersetzungszelle*; —buborék, —*blase*; —gőz, —*dampf*; légköri —gőz, *Atmosphärischer —dampf*; —hullám, —*welle*; —kalapács, —*hammer*; —medencze, —*becken*; —pára, —*Dampf*; —sajtó, *hydraulische Presse*; —sugár, —*strahl*; szintes, *Horizontal*; —tartó, *Bassin*; —vezeték, —*leitung*; —vezető cső, —*leitungsröhre*.

Vizsgálat, *Untersuchung*; —ó, *Forscher*; —ódás, —*ung*.

Wolfram, *Wolfram*.

Volta-telep, *Volta'sche Batterie*.

Vonal, *Linie*.

Vonatkozás, *Beziehung*.

Vonzó erő, *Anziehungskraft*.

Vörös, *Roth*; tüzes —, *brennendes —*; —izzás, —*gluth*; —izzó, —*glühend*; —öntúli, *Ultra—*.

Vulkanizált, *Vulkanisirt*.

Z.

Zamatos (olaj), *Aetherisches Oel*.

Zavarodás, *Trübung*.

Záró csap, *Schliessungshahn*.

Zene, *Musik*; —hang, —*alischer Ton*; —szerű, —*alisch*.

Zenit, *Zenit*.

Zérus, *Null*; —fok, —*grad*; —pont, —*punkt*.

Zink (horgany), *Zinn*; —gőz, —*dampf*.

Zodiakális fény, *Zodiakallicht*.

Zöngeni, *Tönen*; —és, —.

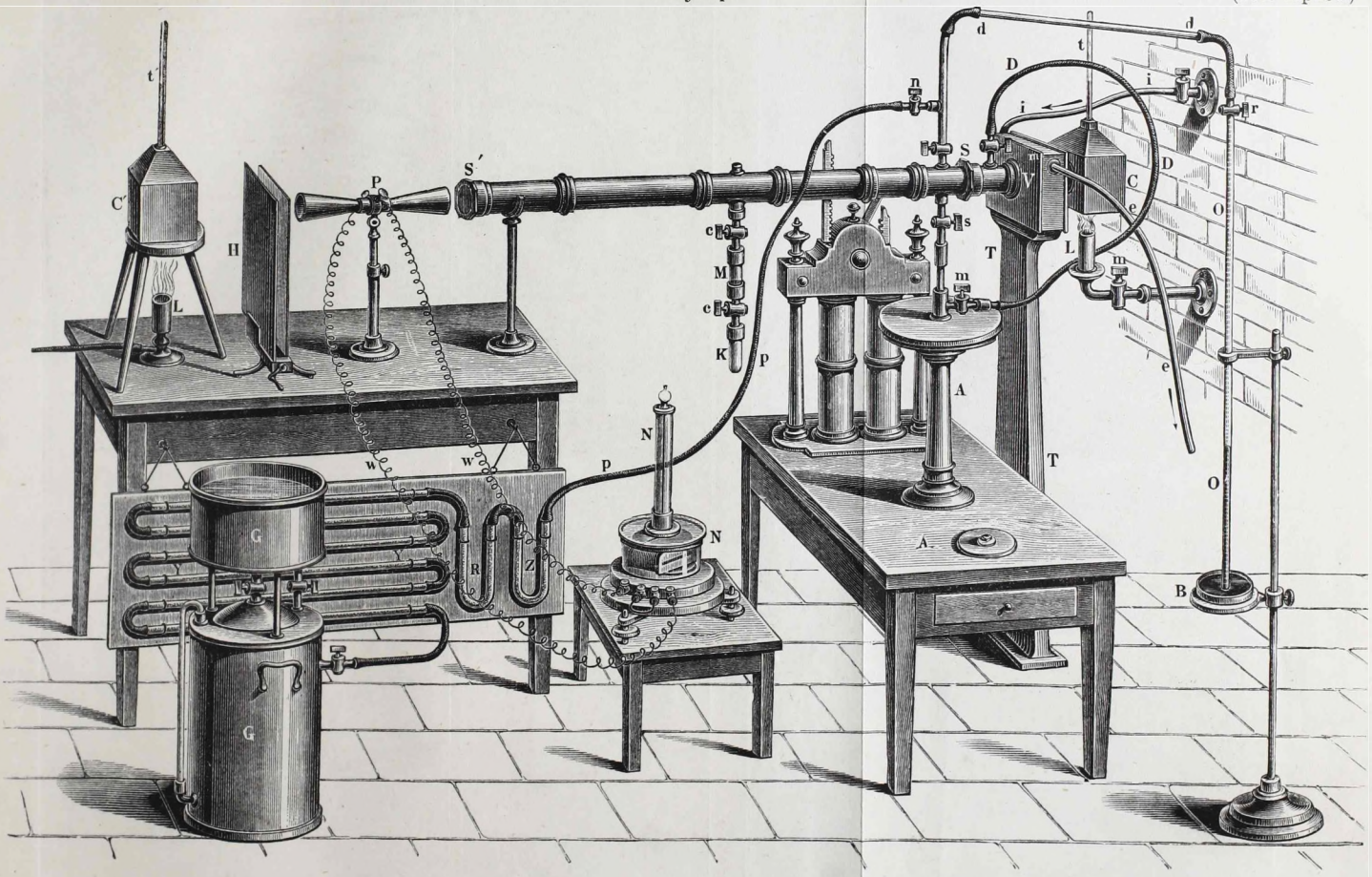
Zuhanás, *Sturz*.

Zsugorodni (össze), *Zusammenschrumpfen*.

MAGY. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

Pesti könyvnyomda-részvény-társulat. (Hold-utcza 4. szám.)

I. rajzlap. (289. laphoz.)



MAGY. AKADEMIA
KÖNYVTÁRA