

0882
**GALILEI
FÜZETEK**

SZÁNTÓ HUGÓ

**AZ ANYAG
SZERKEZETE**

-10. SZ. 6. EZER. ÁRA 40 FILL

**HALADÁS
KÖNYVKIADÓ
VÁLLALAT
KIADÁS**

A *Galilei Füzetek* célja a természettudományok, a társadalomtudományok, a modern filozófia eredményeinek népszerű ismertetése. Elsősorban azt az ismeretanyagot igyekeznek felölelni, melyet a középiskola hiányosan vagy elferdítve közöl vagy teljesen elhallgat.

A *Galilei Füzetek* minden egyes száma valamely ismeretkör bevezető, összefoglaló tájékoztatóját adja és alkalmas további behatóbb speciális tanulmányok előkészítésére.

A *Galilei Füzetek* egyszerű, világos, vonzó modorban vannak írva. 32–64 lapnyi terjedelemben, 2–3 füzetenként jelennek meg, úgy hogy lehetőleg minden hónapra egy szám megjelenése essék.

Egyes szám ára 30 fillér. Minden további szám 10 fillér.

Az eddig megjelent füzetek: 1. *A történelmi materializmus I.* (ismertetés). Írta dr. Fazekas Sándor és dr. Székely Artur. 2. *A származástani mai állása.* Írta dr. Kende Zsigmond. 3. *A vallás keletkezése.* Írta dr. Rubin László. 4. *Az új világszemlélet.* Írta dr. Lóránd Jenő. 5–6. *Bevezető az élet kémiájába.* Írta Strophantus. 7. és 8. *A mai lélektan főbb irányai I. és II.* Írta dr. Dienes Valéria. 9–10. *Az anyag szerkezete.* Írta Szántó Hugó. 11–14. *Valóság és matematika.* Írta dr. Dienes Pál egyetemi m.-tanár. A gyűjtemény legközelebbi száma a következő kérdésekkel foglalkozni: *A történelmi materializmus II.* (értékelés és kritika). *Biológiai alapfogalmak.* *Bevezető a közgazdaságba.* Ezenkívül az alább felsorolt tárgyakról szóló füzetek kiadása van tervbe véve:

I. A természettudományok köréből.

A biológia fontosabb problémái.	A tudományos tereméstörténet.
Vitalizmus és mechanizmus.	A föld fejlődése.
A célszerűség a természetben.	Az energetika elemei.
Az emberitest szerkezete, működése.	Az energia körforgása.
A baktériumok világa.	Elektromos sugárzások
Nemi betegségek.	Radioaktivitás.
Az ember egyéni és faji fejlődése.	Az élet keletkezése.

II. A szociológia köréből.

Bevezető a szociológiába.	Az állam.
Az emberi társadalom kialakulása.	A nőkérdés.
Társadalmi fejlődés.	Fejezetek a magyar történelemből a történelmi materializmus megvilágításában.
Az emberi gazdálkodás fejlődése.	Fejezetek a világtörténelemből a történelmi materializmus megvilágításában.
A tökéletes termelés.	
A munkásmozgalmak és a szocializmus.	
A család fejlődése.	

III. A világszemléleti ismeretek és a filozófia köréből.

Filozófiai alapfogalmak.	Modern bibliakritika.
A régi filozófia kritikája.	A vallás mint világszemlélet.
A bölcsélet újabb irányai.	A tudományos világszemlélet.
Test és lélek.	A tudomány kialakulása és fejlődése
Determinizmus és indeterminizmus.	A tudományos módszer.
Lélekelemzés.	A cél és okság kritikája.
A monizmus.	A természetbölcsélet elemei.

SZÁNTÓ HUGÓ

AZ ANYAG SZERKEZETE

BUDAPEST, 1914
A HALADAS KÖNYVKIADÓ-
VÁLLALAT KIADÁSA

240882

MAGY. AKADEMIA
KÖNYVTÁRA



Világosság könyvnyomda
Budapest, VIII, Conti-utca

M. TUD. AKADEMIA KÖNYVTÁRA
Könyvtelt. 4447 /1960. sz.

Az anyag szerkezete.

Bevezetés. Az ókori Hellaszban az ifju, még csak derengő filozófia az anyag rejtélyének megadásán próbálgatta erejét; azóta csaknem három évezred mult el s ma a hatalmas fejlettségű természet-tudomány érdeklődésének központjában ismét az anyag problémája áll: az anyagé, mely hordozója a természeti történetnek, substratuma a végtelenül bonyolult öröknek, melyek megismerését, irányítását Comte óta tudomány, s ezzel a kultúra elsőrendű feladatának tudjuk.

A hosszú három évezred ellenére *Leukippos*, *Demokrit*, *Epikur* és *Lucretius* zseniális atómelmélete lényegében nem dőlt meg, csak részleteiben helyesbedett, szilárd alapot nyert, végtelenül finomodott és kiszélesedett. A következőkben az atómelmélet ezen természettudományi kiépüléséről szólnunk: az atómelmélet bizonyítékairól, az anyag és elektromosság kapcsolatairól, az atóмок szerkezetéről és az anyagnak a molekuláknál nagyobb egységeiről.

I. A molekulák ténylegessége és méretei.

Epikur atómelmélete. A XVII. században *Gassendi*, a szelidlelkű, éleselméjű pap, új életre támasztja Epikur atómelméletét. Csodálatos egy elmélet ez: a végtelen űrben keringve, forogva, kergetőzve hullanak alá a különböző (de nem végtelenül sokféle) atóмок, mint komor téli napon a hópelyhek. A végtelen térben és időben végtelen, sokféleképpen csoportosulnak és majd káosz, majd rendezett világ származik belőlük. Ilyen a mi világunk is, mely csak

egyike a végtelen sok világlehetőségnek. Az atomok maguk minőségére nem, csak geometriai és mozgástulajdonságaikban különböznek. Így tehát minden jelenség mechanikai természetű, a mozgó atomok nyomásán, taszításán, csoportosulásán, szétesésén alapul.

A kémiai atómelmélet.

Ami e férfiaknál s még Boylérnél is csak szétszórt megfigyelésekkel támogatott, ihletett sejtés, az Daltonnál, kémiai sokszoros súlyviszonyok felfedezőjénél nyert először szilárdabb alapot: éles tekintete felismeri az atom-hipotézisnek az addig ismert kémiai törvények magyarázatára alkalmas voltát (XVIII. század). Főbb tevései a következők: 1. Az atomok tömege oszthatatlan. 2. Ugyanazon elem atomjainak tömege egyenlő. 3. A különféle elemeké különböző és pedig a kísérletileg talált atomsúlyokkal arányos. A hidrogén 1 gramm, az oxigén 8 grammjával vegyül vízzé és 1 gramm hidrogén kevesebb, mint 8 gramm oxigénnel egyáltalán nem vegyülhet, ellenben többel igen, de akkor csak a 8 gramm egész számu többszörösével, például $2 \times 8 = 16$ grammal peroxiddá (ismeretes, mint szőlőviz). Ezen és hasonló tények lelték természetes kifejezésüket a Dalton-féle atomhipotézisben. Eszerint a testek benső szerkezetét úgy kell képzelnünk, hogy az egynemű és különmemű atomok egy erő, az úgynevezett kémiai rokonság (affinitas), hatására kisebb nagyobb csoportokká, molekulákká egyesülnek. A összetett testet, például vizet, ilyen teljesen egyformák molekulák alkotják, melyek ismét atomokból állanak, mint például a vízmolekula 2 hidrogén és 1 oxigén atomból. Mindenki ismeri azt a közhelyé vált meghatározást, hogy a molekula a testnek mechanikailag tovább nem osztható legkisebb része, mely összetett testeknél vegyileg különmemű atomokra bontható.

molekulák tényleg
létezésük és méretei.

Természetszerűleg támad fel bennünk az a kérdés, hogy vajjon van-e remény, hogy a molekulákat és atomokat valaha érzékileg észlelhessük. Erre a kérdésre ma már a legnagyobb optimizmussal felelhetünk: ha nem is látott még senki egyetlen molekulát vagy atomot, azt a feltevést, hogy az anyag tényleg szemléletes szerkezetű, ma már oly félreérthetetlenül bizonyítja a fizika és kémia minden ténye és elmélete, annyi független következtetés ismerteti el és a *direkt észlelet* is oly közel jutott hozzá, hogy *ma az atomteória a természettudományok legjobban megalapozott, legkézzelfoghatóbban bizonyított elméletének kell tekintenünk.* Ennek kidomborítása képezi e füzet egyik célját, s habár minden lapról ennek igazsága fog hozzánk szólni, már most is elsorolunk néhány idevágó megfontolást.

1 mm^3 -es rézdarabkát kalapácsolással tenyér nagyságu, körülbelül 0.0001 mm vékonyságu lappá nyujthatunk anélkül, hogy tulajdonságai megváltoznának. Tehát 0.0001 mm átmérőjű fémszemecske a molekulánál még semmiesetre sem kisebb. Pedig ekkora részecskét már legjobb nagyítóinkkal sem láthatunk s így arról kell mondani, hogy molekulákat mikroszkópjainkkal egyúttal láthatóvá. Fémlemezke további nyujtása akadályokba ütköznék, de folyadékokat nagyon könnyű igen vékony rétegben előállítani. Ha olajcseppecskét ejtünk nagyobb vízfelszínre, látjuk, mint folyik szét vékony réteggé. Hirtelen, egy bizonyos vékonyságnál, kerek, ojtosszélű lyukakat kap, melyek addig nagyobbodnak, míg az egész hártya egymástól egyre távolodó, fogyó és végül eltűnő cseppekké szakad. *Sohncke* határozta meg az olajhártya vastagságát a kilyukadás pillanatában és $0.1\text{ }\mu$ -nak találta ($1\text{ }\mu$ (mikron) = 0.001 mm) körülbelül ily vékonyságúra kalapálható az arany is.

De milyen állapotban van az olajhártya akkor, amikor már annyira szétterült, hogy nem is látjuk? Mindenesetre következik e kísérletből, hogy 0.1μ kiterjedésnél a folyadékhártyát összetartó erők másképpen kezdenek hatni, mint e méreten felül. Hogy azonban az olaj még akkor is, amikor szemeink elől teljesen eltűnt, egyenletes réteggel vonja be a vízfelszint, az következik többek közt a Lord Rayleigh-féle kísérletből is. Közismert a kámfor szemcsék ama tulajdonsága, hogy tiszta víz felszínén szeszélyes táncot járnak. Ha azonban oly vízfelszínre helyezzük, melyet már láthatatlanná tett olajhártya borít, akkor meg sem moccannak. Megmérték, hogy az ily hártya vastagsága 0.02μ . Ilyen vékony hártya feszül tehát ki azokon a lyukakon, melyeket az 0.1μ vékonyságú hártya szétterüléskor kap. Ha mármost a 0.02μ -os hártyát még tovább nyújtjuk, akkor körülbelül 0.002μ vékonyságnál a kámfor szemcsék újra megkezdik táncukat és oly gáz, melyet a víz nyel, már keresztül tud rajta hatolni, míg az előbb még akadályként állott útjában. 0.002μ -nál a hártya tehát újra megváltoztatja magatartását. Ám *Oberbeck* és *Röntgen* kísérletei bizonyítják, hogy még mindig többé-kevésbé összefüggő. További vékonyításnál körülbelül 0.0005μ vastagságnál az olajnak, mint összefüggő hártyának, többé semmi nyoma. Mindezzézzelfoghatólag bizonyítja, hogy *az anyag nem folytonos, egyenletes szerkezetű*, mert ellenkező esetben bármely vékonyság mellett is, folytonos, áthatolhatatlan hártyát kellene alkotnia. Továbbá ezen kísérletből a molekula átmérőjének felső határa gyanánt $0.0005 \mu = 0.5 \mu \mu$ adódik ($1 \mu \mu$ (millimikron) $= 0.001 \mu = 0.000.001$ mm).

Ujabban sikerült igen vékony fémrétegek előállítása is, sokkal vékonyabbaké, mint amilyeneket az arany kalapácsolásával előállithatunk. Elektromos áram segítségével platinalemezre más fémek igen vékony hártyáit

szecsapathatjuk le. Oberbeck ilymódon néhány $\mu\mu$ vastagságu rézbevonattal fődött be platinalemezt, melyet egy másik, tiszta lemezzel együtt sóoldatba állítván, kimutatta, hogy elektromos tekintetben ugyanugy viselkedik, mintha egészen rézből volna. Ha azonban a bevonat vastagsága csak $0.7 \mu\mu$ volt, akkor viszont egészen tiszta platinalemez módjára viselkedett, mintha a bevonat nem is volna, vagyis, mintha a bevonat teljesen lyukas volna. (Az olajnál $0.5 \mu\mu$ -t találtunk.) Ez a kísérlet tehát megerősíti fennebb kimondott indukciónkat,

A molekulák láthatóságának kérdése.

Ámde vannak egészen más támasztékok is. Mindnyájan tudjuk, hogy a hanghullámok görbe vonalban is terjedhetnek, hiszen például a fülünk és a csengő közt álló ernyő nem akadályozza meg, hogy a csengést meghalljuk. Ezt úgy mondhatjuk, hogy a testek nem vetnek *hangárnyékot*. Viszont a fényről tanultuk, hogy egyenes vonalban terjed és éppen ez az oka, hogy a testeknek van „fényárnyékuk”. Ámde a fény is csak hullámozó mozgás, mint a hang. (Igaz, hogy itt a „mozgás” szó képletesen veendő, lévén a fény nem anyagi, hanem elektromagnetikus rezgés.) Miért nem kerüli meg a fény is az útjában álló testeket, miként a hang? Az elméleti fizika e kérdésre így felel: mert a fényhullámok aránylag nagyon kicsinyek a kezünk ügyébe eső testekhez képest, nagyságuk középértékben csak $\frac{1}{2} \mu$. Az árnyék feltétlenül szükséges ahhoz, hogy a testeket lássuk, tehát ránk nézve a fényhullámok parányi volta nagyon fontos. Különböztetben nem látnók a testek konturjait, csak fényes és sötétebb foltokat. (A hanghullámok vagy milliószor hosszabbak.) Mig a fényben $\frac{1}{10}$ mm-es testcskék, éppen mert árnyékot adnak, még megkülönböztethetők, addig a hanghullámok nagyságával bíró fény-

hullámok esetén — ilyen dimenzióju elektromagnetikus hullámok tényleg vannak, t. i. a szikratávíráshoz használt Hertz-féle hullámok — körülbelül csak 100 mm kiterjedésű testeket láthatnánk ugyanily élesen. Ilyen hullámokkal tehát, ha szemünk alkalmas volna észre vételükre, 10 m-es, vagy 1 m-es tárgyak már teljesen láthatatlanok volnának. Nos, amilyen viszony van a Hertz-féle hullámok és a legfeljebb 1 m-es testek között, olyan nagyságbeli arány van a fényhullámok és a molekulák között. Ez az, ami teljesen reménytelenné teszi, hogy a molekulákat valaha közönséges fényben láthassuk: a molekula éppen azon fénynek, amely szemünket ingerli, nem vet árnyékot, az fény mögéje is elhatol és láthatatlanná teszi, mint ahogy pusztán a csengés megfigyeléséből sem tudhatjuk, hogy közte és fülünk között egy papírlap foglal helyet. Egészen másképp állna az ügy, ha volna olyan elektromagnetikus rezgésünk, melynek méretei a molekuláris méreteket nem mulják felül. Szerencsére ilyet már régebben ismerünk, ez a Röntgen-sugár, melynek hullámhosszát *Sommerfeld* és *Koch* 0.01μ -ra becsülték. (A közönséges fényé átlag 500μ .) *M. Laue* kezdeményezésére mármost *W. Friedrich* és *P. Knipping* alig egy éve a müncheni egyetem fizikai intézetében a következő kísérletet hajtották végre: Röntgen-sugarakat bocsátottak kristályból csiszolt lemezként át fotografiai lemezre. Több órás expozíció után a fényérző lemezen szabályosan elrendezett árnyéktűnemény jelentkezett, úgy, amint azt *M. Laue* elméletileg, a molekulahipotézis alapján előre megjósolta. (Megjegyzem, hogy csak egyszerűség kedvéért szólok árnyéktűneményekről. A fizikában járatosabbak számára hozzáfűzöm, hogy tényleg fényelhajlási jelenségek mutatkoztak s a főcél tulajdonképpen a Röntgen-sugarak interferenciájának kimutatása volt. Azonban

e kísérlet másik nagy eredménye tényleg annak beigazolása volt, hogy a kristály szabályosan elrendezett és egymással nem érintkező részecskékből áll.)

Ime, a fizika legkülönbözőbb tényei igazolják, hogy az anyag nem folytonos, hanem különvált részecskékből áll, melyek oly parányiak, hogy a közönséges fény félmikronos hullámai óriásiak hozzájuk képest.

*A molekulák méretei
a kinetikai gázelmélet-
ből levezetve.*

A molekulahipotézis két csodálatos hajtásáról kell megemlékeznünk: a mechanikai hőelméletről és a kinetikai gázelméletről.

A XIX. század elején *Rumford*, *Davy* kísérletei után, melyek a hő surlódás után való előállítására vonatkoztak, elvetették a hő fluidum-elméletét, mely szerint a hő igen finom folyadék és a mechanikai elméletet fogadták el, mely szerint a hő a molekulák mozgása: tisztán rezgő mozgás a szilárd testekben, ahol a molekulákat a szomszédos molekulák vonzása egyhelyben való táncra szorítja, haladó mozgással kombinált rezgés a folyadékokban, ahol egyik-másik molekula oly hevesen lendül ki, hogy a már meggyöngyölt kölcsönös vonzás kötelékét eltépve, más molekulák vonzókörébe siklik át és tisztán haladómozgás a gázokban, ahol a kölcsönös vonzás alig észrevehetővé gyöngyült. Tehát a kinetikus gázelmélet a gázok belső mechanizmusáról ilyen képet alkot: mérhetetlen mennyiségű apró testecskékből állanak, melyek parányi billardgolyók módjára szabálytalanul röpködnek ide s tova, gyakran egymásba ütköznek, de nagy sebességük folytán, kellő irányváltozás után tovarohannak, anélkül, hogy a kölcsönös vonzóerő egymáshoz kötné őket. Könnyen érthető ily körülmények közt, amit már *Guericke Ottó* is észlelt, hogy ha gázt bocsátunk üres edénybe, az szinte pillanatnyilag betölti az egészet. Az edény falai feltartóztatják, amennyiben a falnak repülő molekulák

visszapattannak róla, mint billardgolyók az asztal pereméről. A molekulák egész raja zudul másodpercenként a falnak s bombázásuk egészben véve mint a gáznak a falra gyakorolt nyomása jelentkezik. A gázok belső mechanizmusáról alkotott eme kép oly egyszerű, hogy minden nagyobb nehézség nélkül vethető alá a számításnak. Így könnyen érthető, hogy az edény falára gyakorolt nyomás a molekulák számaival, súlyával és sebességével vagy egyszerűbben a gáz sűrűségével és a molekulák sebességével hozható kapcsolatba. Miután pedig a gáz nyomása és sűrűsége mérhető, a mondott kapcsolatot kifejező egyenletből a molekulák ismeretlen sebessége kiszámítható. Így azt találták, hogy 0°C -on a hidrogén molekulái másodpercenként 1844 m. utat tesznek meg.

A gázokról alkotott eme kép és a rajta alapuló számítások nemcsak az addig ismert törvényeket adták vissza hiven, hanem új törvényszerűségek megismerését tették lehetővé (így például *Maxwell* segítségével elméleti úton jött arra az utóbb kísérletileg igazolt tételre, hogy a gáz belső surlódása független a gáz sűrűségétől) s kapcsolatot állapítván meg a gáz mérhető tulajdonságai s molekuláinak ismeretlen tulajdonságai között lehetővé teszik az utóbbiak kiszámítását, amint azt az előbb egy egyszerű példán érzékeltettük.

A gázok mérhető sajátságai közé tartozik hővezetőképességük, diffúziósebességük (azon sebesség, mellyel két érintkező gáz egymással keveredik, például csapból kiömlő világítógáz a levegővel) és belső surlódásuk (például egy légáram mily gyorsan hozzámozgásba a szomszédos nyugvó levegőt.) Ezen mennyiségi sajátságok képletekben kifejezhető kapcsolatban vannak a gázmolekulák ismeretlen átmérőjével, az 1 cm^3 térfogatban foglalt gázmolekulák számával, hiszen világos, hogy minél több a gázmolekula

és minél nagyobbak, annál sűrűbben fognak egymással összeütközni, annál jobban akadályozzák egymás szabad mozgását, annál nehezebben fog tehát két érintkező gáz keveredni. Ezen képletekből az ismeretlen mennyiségek kiszámíthatók. Ilymódon nyerték, hogy a levegőmolekula átmérője körülbelül $0.3 \mu \mu$. és 0°C hőmérsékletű közönséges légköri nyomású levegő 1 cm^3 térfogatában 20 trillió molekula van. (Loschmidt-féle szám.) Azt is könnyen kiszámíthatjuk, hogy hány molekula van 1 cm^3 vízben, hiszen e vízmennyiség melegítéssel meghatározott térfogatu vízgőzzé párolható, melynek 1 cm^3 -ében ugyanazon hőfok és nyomás mellett, Avogadro törvénye értelmében szintén 20 trillió molekula van. Ilymódon kapjuk, hogy 1 cm^3 víz 25.000 trillió molekulát foglal magában. Gondoljunk most arra, hogy a közvetlenül meggyőző olajhártyakísérletek a molekula átmérőjeül $0.5 \mu \mu$ -t adtak, míg a kinetikus gázelmélet $0.3 \mu \mu$ -ra következtet: csodálatosnak kell tartanunk e két oly különböző uton nyert szám nagyságrendjének pompás megegyezését.

II. Anyag és elektromosság.

Az atomok között
ható erők.

Eddig a molekulák érzékelhetőségéről, nagyságáról szólottunk. Most az atomhipotézisnek egy másik oldalát véve szemügyre, azt kérdezzük: micsoda erők azok, amelyek az atomokat molekulákká kötik össze, más szóval milyen természetű erő a vegyrokonság, a kémiai affinitás? Miután *Newton* a XVII. században felfedezte a nehézkedés világot összetartó, bolygókat napjaikhoz láncoló erejét, az emberi elme természetes általánosító hajlamával az atomok közt ható erőt is ennek mintájára képzelte el: a molekula kis naprendszer, melyben a kisebb atomok, mint bolygók, a nagyobbak, mint napok

körül keringenek. Nagy haladás volt ez az Epikuros egymást lökdöső, taszító és nyomó atómjaival szemben. Végso kiélelésében, különösen a francia matematikusoknál és fizikusoknál, az atóm tisztán erőtani felfogásához vezetett: az atómnak nincs áthatolhatatlan anyagi tömege, pusztán bizonyos tényleges erőnek képzelt központja. Ma, ugy nagyjában, ugyanitt tartunk: az atóm nem áthatolhatatlan anyag, hanem a világot betöltő éterben lejátszódó jelenség, erők és mozgások rendszere, azonban egy nagy különbséggel: az atómok közt működő erőket nem nehézkedő, hanem elektromos erőknek tartjuk.

Lássuk az utat, mely e felfogáshoz elvezet. Alighogy *Volta* a XIX. század elején az első elektromos telepet összeállította, az ujonnan felismert természeti erőnek sok meglepő hatását fedezték fel máris a fizikusok; így rájöttek, hogy összetett testek a teleppel elemeikre bonthatók. Mindenki ismeri azt az egyszerű kísérletet, amikor kénsavval savanyított vizen elektromos áramot vezetve keresztül, a telep pozitív sarkával összekötött s a vízbe merülő drótvégen, az u. n. anódon, oxigén-, a telep negatív sarkával közlekedő drótvégen, az u. n. katódon pedig hidrogénbuborékok szállnak fel. Az elektromos erő tehát, mely a vízben az anódtól a katód felé irányul, a vízmolekulákat atómjaikra tépi szét. Azonban a katód és anód elektromos töltéseiből kiinduló erők csak olyan testekre hathatnak, melyek maguk is elektromos töltéssel bírnak. Következik tehát, hogy a hidrogén- és oxigénatómok elektromos töltéssel bírnak, mégpedig, miután a hidrogént a katód vonzotta és az anód taszította (hiszen a negatív elektromos katódon vált ki), a hidrogénatómnak pozitív töltésének s hasonló okoskodás folytán, az oxigénatómnak negatív töltésének kell lennie. Ezen ellentétes elektromosságok kölcsönös

szorzása tartotta hát össze a víz atómjait. Más vegyületek felbontása útján kiderült, hogy e tétel általánosítható: az atómkokat a molekulában elektromos erők kötik egymáshoz. (Berzelius.)

Az elektromosság
atómjai.

Már ez a tény is az anyagnak és az elektromosságnak valami mélyebb kapcsolatára utalt. Még mélyebbé tették e kapcsolatot *Michael Faraday*-nak 1833-ban felfedezett, az elektrolízisre (elektromos vegybontásra) vonatkozó törvényei. Hogy ezek eredményéről beszámolhassunk, meg kell ismertetnünk az egyenértéksúly fogalmát. Valamely elem egyenértéksúlyának nevezzük ezen elem grammokban kifejezett ama mennyiségét, mely 1 gramm hidrogénnel vegyül vagy 1 gramm hidrogént helyettesít valamely vegyületben. Így az oxigén egyenértéksúlya 8, mert 1 gramm hidrogén 8 gramm oxigénnel vegyül, a nátriumé (fém) 23, mert 8 gramm oxigénnel éppen ennyi nátrium vegyül stb. Faraday törvényeiből már most ez a következmény folyik: ahhoz, hogy a katódon és anódon éppen az elemek egyenértéksúlyai legyenek leválasztva (tehát pl. a katódon 23 gramm nátrium, az anódon 8 gramm oxigén), az áramkörön mindig ugyanannyi elektromosságnak kellett átfolynia és pedig 96,540 coulombnak (a coulomb mértékegysége az elektromosságnak), akármily elemekről van is szó. Röviden ezt így mondhatjuk: *bármely elem egyenértéksúlya, függetlenül az elem minőségétől, ugyanakkora, pozitív vagy negatív, elektromos töltést hordoz. Az atómelmélet nyelvén kifejezve ez annyit jelent, hogy miként az anyag, úgy az elektromosság is atómkból áll, melyek lehetnek pozitívok vagy negatívok, de különben teljesen egyformák. Az anyag minden atómja egy vagy több ilyen elemi elektromos töltést tartalmaz, aszerint hogy az illető elem atómsúlya egyszer, kétszer, háromszor vagy*

többször foglalja-e magában egyenértéksúlyát (egy-, két-, háromvegyértékű-e). Így pl. az oxigén atómsúlya 16, egyenértéksúlya 8, tehát egy oxigénatóm 2 elemi negatív elektromos töltést tartalmaz. (Az atómsúly mindig vagy megegyezik az egyenértéksúllyal vagy annak kicsiny egész számu többszöröse).

Az elektromos atóm töltése.

Mi sem könnyebb, mint ezen elemi elektromos töltés nagyságát kiszámítani: három adat kell csak hozzá: Az 1 cm^3 hidrogénben foglalt molekulák száma (Loschmidt-féle szám = 20 trillió), 1 gramm hidrogén töltése (96.540 coulomb), s végül 1 cm^3 hidrogén súlya (kb. $0,000.088$ gramm). Ha 1 gramm hidrogén töltése 96.540 coulomb, akkor $0,000.088$ grammé $96.540 \times 0,000.088$ coulomb és egy molekuláé $96.540 \times 0,000.088 : 20$ trillióval, ami a számítás elvégzése után kb. egy 250.000 billiomodrész coulombot ad. Ezt a számot jegyezzük meg, mert újból, nem sejtett uton, fogunk reábukkanni.

A katódsugarak.

Főképen két jelenségcsoport tanulmányozása adott hatalmas lökést az újabb fizikának: a ritkított gázokban végbemenő elektromos kisüléseké és a radioaktív anyagok sugárzásáé. Zárt üvegcső két végébe egy-egy fémdrótot forrasztunk, melyeket valamely elektromozógép, vagy Ruhmkorff-tekercs (az orvosok használják kisebb méretben, bénult testrészek galvanizálására) két sarkával kötünk össze. Amíg a csőbeli levegőbe sűrűsége a közönséges légsűrűséggel egyenlő, addig a drótvégek közt az ismert elektromos szikrák pattannak át. Egészen megváltozik azonban a kisülés természete, ha a csőbe zárt levegő sűrűsége a légköri sűrűségnek már csak néhány milliomodrésze. Ekkor ugyanis a katódról egyenes vonalú sugarak indulnak ki, melyek az üvegcső falát érve, azt zöldes fényű fluoreszkálásra bírják. E sugarak az u. n. katódsugarak, melyek az anód

helyzetével mit sem törődve, egyenes vonalban haladnak, amint ezt pl. egy, a cső belsejében utjukba helyezett, csillámlemezkevel ki lehet mutatni, mely mögött a cső fala sötét marad, úgy hogy e lemezke féles árnyéka látható.

E sugarak felfedezője *Hittorf* (1869). *Crookes William*, a merész fantáziájú, spiritiszta fizikus kockáztatta meg azt a feltevést (1880), hogy a katódsugár az anyag negyedik halmazállapota, a *sugárzó állapot*. Más szóval azt hitte, hogy a katódsugarak nagy sebességgel repülő gázmolekulák pályái. Sajátságait néhány szép kísérlettel illusztrálta, melyeket népszerű előadásokban még ma is megismételnek. Röviden felsorolva, e sugarak tulajdonságai a következők: 1. Miként említettük, a katód felszínéről kiindulva egyenes vonalban terjednek (*Hittorf*). 2. Utjukba eső testek bombázásuk hatása alatt világitanak, könnyebb testek (pl. csillámlapátos kerék) mozgásba jönnek (*Crookes*). 3. Ha mágnest hozunk a kisülési cső közelébe, akkor a sugarak elgörbülnek és pedig oly értelemben, mintha bennük negatív elektromosság áramlanék (*Hittorf*). 4. Ha a csőben, a sugarak útjára merőleges irányban elektromos erők hatnak (ha pl. a csőbe két fémlemezket erősítünk, melyek közt a sugárzás tovaáramlik s e fémlemezkeket a csőbe forrasztott drótok útján ellentétes elektromosságokkal töltjük meg), akkor a sugarak szintén elhajlanak, még pedig újra oly értelemben, mintha negatív elektromosság áramlanék bennük (tehát a pozitív elektromos lemezke felé. *J. J. Thomson*), *J. Perrin* francia fizikus 1895-ben e sugarak negatív töltését direkte is kimutatta, úgy hogy fémhengerbe fogta fel őket, mely hatásuk alatt negatív töltést kapott. E kísérlet hatása alatt oly fizikusok is, akik előbb a fénysugarak analógiájára hullámoknak tartották a katódsugarakat,

Crookes nézetéhez csatlakoztak, mely szerint itt *negatív elektromosságot szállító anyagi áramlással van dolgunk*.

J. J. Thomson
mérései.

J. J. Thomson zseniális mérései folytán azonban e nézetet mihamar módosítani kellett. Thomson azt kutatta, hogy mekkora a töltést szállító részecskék tömege, elektromos töltése és sebessége. Kiszámításukra a sugarak mágneses és elektromos eltérítését használta fel. Gondoljunk csak arra, hogy adott erejű rugással annál kevésbé fogjuk eltéríteni a football-labdát utjából, minél súlyosabb és minél sebesebben repül s meg fogjuk érteni, hogy a katódsugarak mérhető, elektromos és mágneses eltérítése közt egyrészt, az ismeretlen tömeg és sebesség közt másrészt mennyiségi kapcsolatoknak kell fennállaniuk, melyek az utóbbiak kiszámítását teszik lehetővé. Azonban ez egyenletek szerkezete olyan, hogy nem határozható meg belőlük külön-külön a részecskék töltése és tömege, csak a kettőnek viszonya. Más szóval, ha tekintetbe vesszük azt a fentebb talált eredményt, hogy az elektromosság is atomokból áll és azt kérdezzük, hogy egy ilyen atomot, azaz, miként kiszámítottuk, egy 250.000 billiomod coulombot mekkora tömegű részecske hordoz, akkor az egyenletek azt felelik: akkora részecske, melynek *súlya a hidrogénatóménak egy kétezredrésze*. Miután azonban eddigi tudomásunk szerint a hidrogénatómnál kisebb súlyú testecskék nincsenek, azt kell hinnünk, hogy a katódsugárban egy oly részecske, melynek súlya körülbelül a hidrogénatóméval egyenlő, legalább 2000 elektromos atomot hord magával. Ez hihetetlen eredmény, mert a vegytanban szereplő atomok legfeljebb nyolc ilyen töltést hordoznak. Nem maradt más hátra, mint külön kíséreltetel határozni meg egy részecske töltését. E helyen nem terjeszkedhetünk ki e klasszikusan szép kísér-

lettek leírására; csak a végeredményt említjük meg:
 kiderült, hogy egy katódsugárreszecske töltése éppen
 pontosan egy negatív elektromos atom, azaz egy
 250.000 billiomod coulomb. Ezzel egyrészt kísérleti
 igazolást nyernek a fentebb közölt elmékedések és
 számítások, melyek szerint az elektromosság ekkora
 atomokból áll, másrészt az a meglepő eredmény
 adódott, hogy egy katódsugárreszecske tömege a
 hidrogénatoménál kétezerszerre kisebb, pedig az
 összes ismert atomok közt a hidrogéné a legkönny-
 nyebb. S mi több, Thomson számos méréssel kimu-
 tatta, hogy *e sugárreszecskek töltése és tömege teljesen*
független attól, hogy mily gázzal töltötte meg a kisülési
csövet, hogy milyen anyagból való volt a katód. Lassan-
 ként aztán kiderült, hogy *e részecskek még sok más*
alkalommal is fellépnek: így ha fémek izzanak, vagy
ha rövid hullámhosszuságu, u. n. ultraviola fénnel
világítjuk meg őket, akkor ugyanilyen tömegű és töl-
tésű, csak sokkal lassabb katódsugárreszecskeket lövell-
nek (néhány száz km. sebességgel másodpercenként,
míg a kisülési csőben keletkezők sebessége több
tízezer km. másodpercenként. A lassabb katódsugarak
kutatása körül hazánkfia, Lénárd Fülöp, az 1906-os Nobel-
díj nyertese, tüntette ki magát.) Továbbá Zeemann, a
Lorentz-féle elmélet igazolásaképen, kimutatta (1896),
hogy az izzó gázok fénye is ugyanily tömegű és töl-
tésű intraatomikus részecskek rezgéséből ered.

Az *ősanyag*
 hipotézise.

E messzeágazó megegyezések hatása
 alatt új életre ébredt az emberiség régi álma:
 az egyetlen *ősanyag* eszméje. J. J. Thom-
 sonnak úgy látszott, hogy *e* korpuszkulumbok (amint
 ő nevezte), melyek a legkülönbözőbb szilárd, folyé-
 kony és gáznemű anyagokban egyformán jelen van-
 nak, magának az *ősagnak* atomjai, melyek elég
 parányiak ahhoz, hogy még az oly könnyű hidro-

génatóm felépítésében is ezrenként vegyenek részt. Prout a XIX. század elején még a hidrogént tartja ősanyagnak, melyből minden más elem felépül. Most már úgy látszott, hogy maga a hidrogénatóm is a még egyszerűbb korpuszkulumok bonyolult rendszere.

*Az elektromágneses
tömeg.*

Eddig azonban nem említettünk egy igen fogas kérdést, mely a katód-sugárrészecskékkal kapcsolatos. Szándékosan, mert egy kis magyarázatot igényel. Többször beszéltünk már „tömeg“-ről és vele felváltva használtuk a „súly“ szót. Jogosan, mert a gyakorlati életben a tömeget súlyával mérik és a kettőt szinonimaként használják. De a mechanikában a „tömeg“ szónak egészen pontos jelentése van. Jelenti (hogy rövid és népszerű legyenek, anélkül hogy a lényegen változtatnák), azt az ellenállást, melyet a test mozgásbahozatala ellen kifejt, *ha különben semmi más* (pl. surlódás, légellenállás) *a mozgást nem akadályozza*. (A „mozgásbahozatal“ itt úgy értendő, hogy a testnek egész határozott, mondjuk másodpercenkénti egy méter sebességet akarunk adni.) Megtörténhetik azonban (és rendszeren így is van), hogy a testet valami más is akadályozza, pl. erős surlódás. Ha ezt nem vesszük észre, esetleg azt is hihetjük majd, hogy a testnek a fentebbi meghatározás szerinti tömegnél (nevezzük *mechanikai tömegnek*), jóval nagyobb tömege van. Sőt elméletileg elképzelhető az is, hogy a testnek egyáltalán nincs mechanikai tömege, csak ilyen surlódásból eredő „lát-szólagos tömege“.

Mármost elméleti fizikai megfontolások tanúsítják, hogy az olyan testnek, mely elektromossággal van töltve, látszólag nagyobb a tömege, mint az elektromosan semleges testnek, vagy más szóval, a mechanikai tömegen kívül még „*elektromágneses tömege*“ is van. Természetszerűleg támadt fel hát a kérdés, hogy

a katódsugárban tovarepülő részecskéknek mekkora a mechanikai és mekkora az elektromágneses tömegük. Hogy e kérdésre felelni lehessen, olyan katódsugarakra lett volna szükség, amelyek még a kisülésbeli katódsugaraknál is gyorsabb röptűek, mert az elméleti megfontolások azt is mutatták, hogy a mechanikai tömegben felüli elektromágneses tömeg akkor válik erősen érezhetővé, akkor nő meg igen gyorsan, amikor a sugarak sebessége a fényéhez (300.000 km. másodpercenként) közeledik. De ilyen gyors katódsugarakat minden reáfordított fáradság dacára sem tudtak előállítani. Ekkor váratlanul segítségül jött a rádium, ez a csodaanyag, mely már annyi meglepetéssel szolgált. A radioaktív elemek — uránium, tórium és rádium — összetett sugárzását először *Rutherford* bontotta fel elemeire és úgy találta, hogy mindegyik 3 sugárfajt lövell ki, melyeket ő α -, β -, γ -sugaraknak (alfa-, béta-, gammasugarak) nevezett el. Bennünket itt a β -sugarak érdekelnek. Ugyanis kiderült, hogy a β -sugarak is oly kis lövedékek röppályái, melyek sebessége eléri a 275.000 km.-t másodpercenként (a fényé 300.000), töltésük szintén egy 250.000 billiomod coulomb másodpercenként, azonban a tömegük — *Kaufmann* kísérletei szerint — nagyobb, mint a katódsugárrészeké és pedig annál nagyobb, minél gyorsabbak. Sőt e vizsgálatok során kiderült, hogy ha tömegüknek a sebességgel való növekedése mértékét nézzük, fel kell tennünk, hogy *mechanikai tömegük nincs is, csakis elektromágneses tömegük.*

Ezt a következtetést nemcsak meglepőnek, hanem egyenesen megdöbbentőnek kell mondanunk. Mindenekelőtt kiderül belőle, hogy *a negatív elektromosság atómja szabadon is felléphet, minden anyag nélkül.* Bennünket azonban jobban érdekel a másik következtetés: ha megmaradunk a *Thomson-féle* feltevésnél, hogy a

katódsugárreszecskek, vagyis tehát a negatív elektromosság atómjai (ezentúl *elektronoknak* fogjuk őket hívni) egyszersmind az őanyag atómjai, akkor ezzel az anyag és a negatív elektromosság egységét mondtuk ki. Az elektronok magukban, külön-külön még negatív elektromos atómok, minden mechanikai tömeg nélkül, míg bonyolult szerkezetű csoportokba verődve a közönséges anyag atómjait alkotják. Ily módon kiderülne, hogy a mindennapi tapasztalatban szereplő anyag s a mechanikai tömeg csak praktikus fogalom, lényegében elektromagnetikus elemekből épül s végeredményben elektromagnetikus eredetű. A mechanikának egyik alaptétele, hogy a test tömege állandó, független mennyiség, tehát nem függ pl. a sebességétől sem: hogy a mozdulatlan testnek másodpercenkénti 1 méter sebességet adjak, ugyanannyi erőt kell kifejtennem, mint amikor a már 3 méter másodpercenkénti sebességű test sebességét növelem 1 méterrel. Ha azonban fenti eredményeink igazak, akkor a test tömegének igen nagy, a fényéhez közeledő, sebességeknél észrevehetően nőnie kellene s a mechanika említett alaptétele csak olyan kis sebességeknél volna igaz, amelyeket eddig a gyakorlati életben és a csillagászatban tapasztaltunk. Általában ily módon felállítható az az elvi követelmény (mely a nagy számítási nehézségek folytán praktikusán nem kivihető), hogy a mechanikát s ezzel együtt az egész fizikát az elektromosságtanba kell felolvasztani. Ha eddig a természettudósok eszményképe a fizika mechanizálása volt, úgy ezentúl arra fognak törekedni, hogy az egész fizikát elektromosságtanná tegyék.

Az anyag áthatolhatósága

Ezzel azonban nagyon is elkalandoztunk a feltevések és elvek birodalmába. Nézzük csak, hogy mily további támaszai és akadályai vannak e felfogásnak. Mindenesetre támaszté-

kául szolgálnak azok a szép kísérletek, amelyeket Lénárd Fülöp végzett a katódsugarakkal (1895). Már Hertz-nek sikerült kimutatnia, hogy a katódsugarak igen vékony fémllemezen áthatolnak. Lénárd a sugarak e tulajdonságát arra használta fel, hogy a kisülési csőből a közönséges légkörbe, illetve más tetszés szerinti kísérleti körülmények közé vigye a sugarakat. A kisülési csővön, a katóddal szemben, nyílást alkalmazott, melyet 0.003 mm. vékony alumíniumlemez-kével (az u. n. *ablak*) ragasztott be. A sugarak vékony nyalábja, az ablakra esvén, áthatolt rajta és kilépett a szabadba, vagy az 1.5 m. hosszú toldalékcsőbe, melyet tetszésszerinti gázzal lehetett megtölteni, vagy teljesen kiüríteni, illetve benne a sugarak útjába tetszésszerinti testet helyezni. Mikor Hertz először észlelte a sugaraknak áthatolását vékony fémlemezeken, e tüneményt Crookes elméletével ellentétben állónak gondolta, illetve a sugarak rezgéstermészetének bizonyítékául vette. Tényleg úgy látszott, hogy ha a sugarakat röpdülő anyagi részecskék alkotnák, az *anyag áthatatlanságának alapelve értelmében* nem hatolhatnak át a 0.003 mm. vékony fémllemezen, melyben még mindig sok ezer molekulába kellene ütközniök. Mikor azonban Perrin-nek említett kísérlete a katódsugarak rezgéselméletét végleg tarthatatlanná tette, nem maradt más hátra, mint épen az *anyag áthatolhatatlanságáról alkotott fogalmaink módosítása*, amint ezt Lénárd 1906-iki Nobel-értekezésében oly szépen kifejtette. Kísérletei szerint, ugymond, 1 m³ platinában (egyike a legtömöttebb fémeknek) nem lehet több, mint 1 mm³ áthatolhatatlan anyag. Gondolatmenete egyszerű: ha az elektronok raja vékony platinalemezen hatol át, akkor egy részüket a platinalemez áthatolhatatlan anyaga visszatartja és a raj számbelileg megfogyatkozva lép ki a lemez másik oldalán. E számbeli csökkenés mérhető

és százalékokban kifejezve egyszersmind mértékét adja annak a viszonynak, mely a lemez áthatolhatatlan és üres részei közt fennáll. Különböző anyagokkal kísérletezve Lénárd azt találta, hogy röpkülő elektronokat feltartóztató képességük, mondjuk *áthatolhatatlanságuk, csakis sűrűségüktől, tömörségüktől függ* (közeli-tőleg arányos vele), *de egyéb fizikai és vegyi sajátságaiktól, tehát pl. halmazállapotuktól is teljesen független*. A fizikában az anyag ilyen sajátságai, melyek csakis tömegüktől függenek, mindig igen nagy elméleti fontossággal bírnak, mert az oly különböző anyagoknak valami minden egyéb változásukban megmaradó és minden egyéb sajátságukon tullekvő ősi egységére utalnak. Csak ők jogosítanak fel reá igazán, hogy „az anyag”-ról beszéljünk. Legklasszikusabb e tekintetben az anyag nehézkedése, mely szintén független az anyagok minden fizikai és vegyi változásától és sajátságától, kivéve tömegüket, mellyel egyenesen arányos.

Ez uton tehát szintén ugyanazon két valószínű, természetfilozófiai jelentőségű, eredményre jutottunk: hogy az anyag tért *elfoglaló*, áthatolhatatlanul betöltő volta csak praktikus feltevés és hogy az anyagokat valami ősi egység kapcsolja egybe, talán éppen az ősi, egyetlen épületkő, az elektron közössége.

A molekulák, mint elektromos erők központjai

Lénárd kísérletei azt a már fentebb kimondott állítást is igazolták, hogy a molekulákból és atómkökből kiinduló erők elektromos természetűek. Ha az ablakból kilépő Lénárd-féle sugarakat (azaz a kisülési csőből kivitt katódsugarakat) közvetlenül a szabad levegőbe bocsátjuk, észrevesszük, hogy minden irányban szétszóródnak, azaz pályáik elgörbülnek. Miután pedig az elektronokra csak elektromos és mágneses erők hathatnak így, következik, hogy a levegő molekulái-

ból ily erők indulnak ki. Valamint a nap vonzása a végtelen ürből egyenes vonalban feléje rohanó üstökös pályáját elgörbiti, úgy hajlik el az elektronok pályája, ha röptükben túl közel jutnak valamely molekulához.

Pozitív ionsugarak

Meg kell azonban emlékeznünk a vázolt őanyag-hipotézis akadályairól is. Ez akadályok, röviden szólva, a pozitív elektromosság természetét borító fátyolban rejlenek. Pozitív elektronokat (tehát mechanikai anyagtól ment és egy 250.000 billiomod coulomb töltésű pozitív elektromos atomokat) eddig a ráfordított minden fáradság dacára sem észleltek. Minden azt mutatja, hogy míg a negatív elektronok szabadon is felléphetnek, addig „pozitív elektromosságról“, mint konkrét, önálló dologról, beszélni nem lehet, csakis pozitív elektromos anyagi atomokról. Ha ezen elgondolkozunk, tulajdonképen a vázolt őanyaghipotézisre nézve kedvezőnek kell találnunk. Hiszen ha pozitív elektronok is volnának, amelyek mint egészen egyszerű részecskék, másból fel nem építhetők, akkor legalább is kétféle őanyaggal kellene számolnunk s nem beszélhetnénk *egy* őanyagról. Így ellenben van rá remény, hogy a pozitív elektromos anyagi atomokat valamiképen negatív elektronokból építjük majd fel. Helyesebben szólva, úgy mint a XVIII. században Franklin Benjamin, *csak egyféle* elektromosságot fogunk ismerni, azt, amelyet ma negatívnak nevezünk. De éppen az a baj, hogy egyelőre még alig sejtjük, hogy mikép építsünk elektronokból pozitív és semleges atomokat és molekulákat.

Lássuk egyelőre a pozitív elektromosságra vonatkozó kísérleti kutatásokat. Minthogy minden elektromos tűneményben az egyik fajta elektromosság egymagában sohasem jelentkezik, hanem vele együtt egyenlő mennyiségben a másik fajtájú elektromosságnak is

mutatkoznia kell, már régen sejtették, hogy bizonyára vannak az anódról ellökött pozitív töltésű ionok (ionnak neveznek a fizikában minden pozitív vagy negatív elektromos töltésű atómot, molekulát vagy molekula-csoportot, mint amilyenek például a víz vegybontásánál a vízmolekulák felbomlása után egyenként fel-lépő negatív és pozitív töltésű hidrogén és oxigén-atómok). A kisülési csőben, itt nem részletezhető okoknál fogva, az elektromos erők feszültsége a katód közelében a legnagyobb, úgy hogy e pozitív ionok az anódról aránylag lassan indulván el, a katód felé vándorolnak és itt, a nagy feszültség hatására, tetemes sebességgel a katódra rohannak. Érthető hát, hogy miért nem oly könnyű a megfigyelésük, mint a katód-sugaraké, hiszen a katód útjukat állja. Mármost *E. Goldstein*, igen szellemesen, átlukasztotta a katódul szolgáló fémkorongot. A katódra rohanó pozitív ion nagy sebességénél fogva e lyukon át a csőnek a katód mögötti, e célra kiképzett terébe lépett és itt tanulmányozható volt. A katódon lévő lyukak cső-szerű folytatásáról nevezték el a sugarakat „csősuga-raknak“. *W. Wien* kétségtelenül kimutatta, hogy e sugarak pozitív töltésű részecskék pályái, sebességüket körülbelül másodpercenkénti 1500 kilométernek, töme-güket pedig körülbelül a hidrogénatóm tömegével egyezőnek találta. *W. Wien* ez értékeket hasonló módon, mint Thomson a katódsugarak esetében, a csősugarak elektromos és mágneses eltérítése alapján határozta meg. (1898.) Azonban míg a katódsugarak egy nyalábja az elektromos vagy mágneses erő hatá-sára teljesen egyenletesen görbül meg, tehát míg a katódsugárnyalábot minden tekintetben egyforma ré-szecskék alkotják, addig a csősugárnyalábnak csak egy része hajlik el, másik részének egyenes pályáját ez erők nem befolyásolják és a legerősebben eltérített

s egyáltalán el nem térített partikulák közét a gyengébben eltérített partikulák skálája tölti ki. E jelenség okának kikutatása céljából W. Wien (1908) oly erős mágneseket alkalmazott, melyek a sugárnak elektromos töltésű részecskéit teljesen kitérítették annyira, hogy csak a semleges, tehát el nem téríthető részecskék folytathatták útjukat. Bizonyos távolságban az előbbtől, a sugarak újra mágneses térbe kerültek és itt kiderült, hogy ama rövid utszakaszon, mely a két mágneses teret elválasztotta, újra keletkeztek a semleges partikulákból pozitív töltésűek, mert a mágneses tér a megmaradt nyalábnak egy részét ismét elvonta. Tehát, így kell következtetnünk, már közvetlenül a katód mögül jönnek semleges részecskék, melyek aztán utközben részben és fokozatosan pozitív töltésűekké válnak. Hogyan lehet ez, hiszen semleges atomokat nem vonz a katód és így sebességet nem adhat nekik? Nyilvánvaló, hogy e semleges részecskék a katód előtt még pozitív ionok voltak és csak a katód nyílásán áthaladván, tapadt rájuk egy az ott hemzsegő negatív elektronokból. Utjuk folyamán azonban a csőben lévő gáz molekuláiba ütközvén újra elvésezthetnek egy elektront, miáltal pozitív elektromosakká válnak. Kell azonban, hogy a fordítottja is megtörténhessék, azaz hogy a pozitív ionra tapadhasson egy éppen arra tévedt elektron, vagyis hogy az eltéríthető pozitív ionok ismét el nem téríthető semleges molekulákká változhassanak; mert ellenkező esetben hosszabb ut után nem maradnának a cső-sugárnyalábban semleges részek, aminek ellentmond a tapasztalás, mely tanúsítja, hogy a nyalábban, ha a környező gáz nyomása és minősége, valamint a sugarak sebessége nem változik, a maximálisan eltérített és az el nem térített sugarak arányszáma állandó. Eszerint tehát úgy képzeljük a dolgot, hogy a katód

mögül semleges részek és pozitív ionok egyaránt jönnek. Egy részük oly szerencsésen ütközik össze a környező nyugvó gáz molekuláival, hogy egyetlen elektronjuk sem vész el, vagy egyetlen új elektront sem ragadnak magukkal: ezek alkotják az egyáltalán nem, illetve a legjobban eltérített nyalábot, mert hiszen egész útjukon vagy egyáltalán nem, vagy egyfolytában ki voltak téve a mágneses eltérítő erő hatásának. A gyengébben eltérített sugarak oly ionok pályái, melyek utközből felváltva majd elvesztettek, majd újra visszanyertek egy elektront. E magyarázat helyességét igazolja a kísérlet: ha a csősugarakat oly térbe visszük (igen finom hajszálcsöveken át, mert fémlemezeken át nem hatolnak. *Dechend és Hammer.*), melyet lehetőleg légüressé tettünk, akkor mágneses tér hatására két, élesen elváló nyalábot adnak, melyek közül az egyik az el nem térített, a másik a legerősebben eltérített részeknek felel meg: a közbeeső fokozatok, a ritkítás foka szerint, majdnem teljesen hiányzanak.

*A pozitív ionok
„atómroncs”-elmélete.*

Ime, az elektronok e kísérletekben úgy szerepelnek, mint a molekuláknak és atomoknak heves zökkenéskor leváló töredékei. Látjuk azt is, hogy az elektron leválása után hátramaradó atómtömeg pozitív elektromos. Csak megemlítjük, hogy a csősugarak okozta fénytűnemény szinképi vizsgálata mindenben megerősíti következtetésünket, hogy a pozitív részecskék *atómroncsok*, melyek egy vagy több elektron leválása után keletkeznek.

III. Az atomok szerkezete.

Annyi mindenesetre bizonyos, hogy az elektron, a negativelektromosság mechanikai tömeg nélküli atómja, közös, habár talán nem az egyetlen alkotó része az

összes anyagi atómkoknak s hogy ez atómkokban tulajdonképeni áthatolhatatlan anyag vagy nincs, vagy csak elenyésző kis tért foglal el. Az áthatolhatatlan anyag praktikus fogalomnak látszik, amely az atómk világára nem vihető át.

Azonban helytelen volna azt mondani, hogy az atóm közvetlenül elektronokból épül fel: helytelen olyan értelemben, mint ahogy nem volna helyes azt mondanunk, hogy valamely ház molekulákból áll. Kutatnunk kell, hogy az elektronok közvetlenül milyen magasabb egységgé, téglákká csoportosulnak, amelyek aztán az atómot felépítik. Két jelenségcsoport igazít utba: a radioaktivitás és az égbolt ködfoltjainak szinképi vizsgálata.

A hélium. 1868-ban a nap kromoszférájában szinképelemzővel egy uj, a földön nem ismert elemet fedeztek fel, amelyet héliumnak kereszteltek el. Később, 1895-ben *W. Ramsay* megtalálta a földkéreg bizonyos ásványaiban is. Légnemű test, a legkönnyebb gázok közt a második helyen áll, csak kétszer nehezebb a hidrogénnél. Feltűnő tulajdonsága, hogy semmiféle ismert elemmel vegyületet nem alkot. Atómja négyszer nehezebb mint a hidrogéné. Egy másik, akkoriban még érthetetlen, megfigyelés az volt, hogy minden ásvány, amely héliumot zár magába, urániumot és tóriumot is tartalmaz.

A héliumot a radioaktív anyagokra vonatkozó kutatások juttatták nagy fontosságához. Már említettük, hogy a rádium háromféle sugárzást lövell ki magából. Ezek közül a β -sugarakat a katódsugarakkal találtuk megegyezőeknek. Most az α -sugarakra fordítjuk figyelmünket.

A rádium α -sugarai. Az α -sugárról, a katódsugarak tárgyalásánál már ismertetett módon, sikerült kimutatni, hogy pozitív töltésű részecske

pályája és hogy valamint a β -sugár a katódsugárnak, úgy az α -sugár a csősugárnak felel meg. Az ezen fel fogást támogató és illusztráló kísérletek közül csak egyet írunk le, mert ismét frappánsan igazolja az anyag szerkezetéről alkotott fogalmaink helyességét, különösen az anyag szemecskés, nem folytonos voltát. Ha a rádium kilövelte sugárzás hullámzó volna, miként a fény, akkor folytonos áramot kellene képeznie, úgy hogy akármily kis mennyiségű rádium sugárzását bocsátanók is a foszforeszkáló ernyőre, ennek megsza- kítatlanul kellene fényt árasztania. Kiszámították, hogy 30 milligramm rádium másodpercenként néhány ezer- millió α -részecskét bocsát ki. Ez a lövedékek oly sűrű áradata, hogy a bombázásuknak kitett cinkszul- fides ernyő szintén folytonosan fénylik, mintha csak az éter szakadatlan hullámverése érné. Ha azonban csak egy ötvenmilliomod milligrammot veszünk, akkor ebből, ha elméletünk igaz, másodpercenként már csak néhány α -részecske indulhat ki és ekkor a foszforesz- káló ernyőnek szaggatottan és helyenként szabad csak hatásukra felvillanni. S csakugyan ez történik, ha a mondott feltételt megvalósítjuk: az ernyőn pilla- natnyi fényes felvillanások tűnnek fel és hunynak el olyan nagy számban, hogy megszámolni sem lehet. (Crookes szpintariszkópja.) Szinte kísértésbe esünk, hogy azt mondjuk: ime a látható atomok! S van benne valami: igaz, hogy csak heves ütközésüknek hatását észleljük, de annyit tényleg látunk, hogy itt különvált, önálló részecskék szerepelnek.

Atómbomlás.

Az α -sugarak sebességét másodpercen- kénti 20.000 kilométernek találták, töltésük két pozitív elektromos atom, tömegük pedig négyszer akkora, mint a hidrogénatomé. Már ebből is igen való- színű volt, hogy az α -részecskék tulajdonképen hélium- atomok, amelyek tömege, mint láttuk, ugyanekkora.

Ugyanis a vegyészek tapasztalata szerint az atómsúly feltétlenül jellemző valamely elemi testre: nincs kétazonos atómsúlyu, de egyéb sajátságaiban eltérő atóm. Rutherford azután kétségbevonhatatlanul bebizonyította, hogy az α -részecskék héliumatómok. Mindebből egy fontos eredmény folyik: hogy a rádium héliumatómokat lövell ki magából. Miután a rádium elemi test, nem vegyület a szó kémiai értelmében, a héliumatómoknak a rádium atómjainak felbomlásából kell származniok: a héliumatómok a rádiumatóm szerkezetének magasabb egységei. A héliumatómok kirobantása után visszamaradó atómroncsok természetesen már nem rádiumatómok, hanem valami más elemi test atómjai, amelynek valami módon szintén mutatkoznia kell, hiszen minden bomlásnál, minden szétrobbanásnál legalább két terméknek kell származnia. E másik terméket, a rádiumemanációt, tényleg kimutatták: gáz, amely a rádiumbromid vízben való oldásánál kiszabadul, csövekben felfogható és nagy hidegben folyadékká sűrithető. Persze oly csekély mennyiségben keletkezik, hogy csak a sugárzása okozta fénylés árulja el jelenlétét (egyéb fizikai módszereket nem tekintve). Ugyanis ez az emanáció ismét α -részecskéket lövell magából s így tehát ismét héliummá és egy másik testté alakul, amelyet rádium A-nak neveztek el. A rádium A tovább bomlik héliummá és rádium B-vé stb. Hogy mi e bomlási sorozat végső terméke, azt ma még nem tudjuk. Annyi azonban bizonyos, hogy itt a hélium atómja mint a rádium atómjának építőköve szerepel.

A 20.000 kilométer sebességgel tovaröppenő héliumatóm vékony üveglemezen áthatol, míg ha hasonló vékonyfalú üvegcsőbe héliumgázt zárunk el, annak atómjai a csőből ki nem tudnak szabadulni. Ily nagysebességű anyagi atóm tehát más atómok testén ke-

resztülhatol, anélkül hogy azokban vagy önmagában kimutatható kárt tenne. Mintha csak árnyak suhannának át egymáson! S ha a parányi elektronoknak az anyagon való áthatolását talán éppen azért, mert még az atomok mellett is eltörpülnek, nem találtuk meglepőnek, akkor anyagi atomoknak e kölcsönös egymáson áthatolása kell, hogy alapjában rendítse meg az anyagról közönségesen alkotott fogalmainkat.

*Ködfoltok szinképi
vizsgálatának tanulsá-
gai az atomok szerke-
zetére nézve.*

Ha a rádiumon szerzett tapasztalataink általánosíthatók és a hélium-atomok tényleg résztvesznek minden elem atómjának felépítésében, akkor sem lehet a hélium az egyedüli őselem, hiszen először is a hidrogén atómja négyszer könnyebb az óvénél és a többi atomok súlyai kevés kivétellel nem többszöröse a négynek. Azonban, az uránium és tórium kivételével, a többi kémiai elemek nem radioaktivek vagy legalább radioaktiv átalakulásuk oly lassu, hogy eddig nem volt észlelhető. Más úton kell tehát a feleletet keresnünk s ez az út: a csillagos ég szinképi vizsgálata. A szinképi kutatások már jóval a katód- és radiosugarak felfedeztetése előtt tanusították, hogy a kémia atómjai nem oszthatatlan, egyszerű részecskék, hanem igen bonyolult szerkezetű rezgőrendszerek. Izzó gázok fénye intraatómikus részecskék, illetve, mint Zeemann felfedezéséből tudjuk, elektronok rezgéséből ered. Képzeltető, hogy amint a különböző atomokban az ezernyi számú elektron más és másképen csoportosul, más és más erővel hat egymásra, a különböző gázok más és másféle, de rendszerint igen bonyolult fényt lövelnek, mely számtalan sokféle gyorsaságu és ütemű rezgésből tevődik össze. A szinképelemzés célja, hogy a rezgések e gomolyagát egyszerű alkotó részeire bontsa, mintegy gyorsaság szerint skálába rendezze. Az izzó

gáz fénye bonyolult, olykor disszonáns akkord, a szinképelemező ez akkord alkotó hangjait szétválasztja, mintha a zongorán az akkord hangjait törve, egymásután játszanók. Ezt a szétbontott színakkordot nevezzük szinképnek. Minden elemre nézve gőzének szinképe jellemző színü és számu, térbelileg elválasztott fényes csikból áll. Mármost *Lockyer* az égboltozat ködfoltjait szinképelemzővel vizsgálván azt találta, hogy a legtöbbjük három csikot ad, amelyek hullámhossza sorban $500\cdot43$, $495\cdot72$ és $486\cdot09 \mu\mu$. Ezek közül $486\cdot09 \mu\mu$ kétségtelenül hidrogéntől ered, mert gyakran kíséri a hidrogén egy másik csikja is. Azonban a földi hidrogén többi csikja hiányzik, úgy hogy *Lockyer* szerint azt a benyomást nyerjük, mintha itt alakulóban levő, még nem kész hidrogénnel volna dolgunk. El is nevezte *protohidrogénnek*. A $495\cdot72 \mu\mu$ hullámhosszuságu fénytől származó csik, amelynek az $500\cdot43 \mu\mu$ -os csik állandó kísérője, minden köd szinképében megvan, de hiányzik minden kifejlett csillag szinképéből. E két csik egy, a földön ismeretlen anyagtól, az u. n. *nebuléziumtól* ered. Némely köd szinképében aztán ezek mellett megjelenik a hélium szinképének néhány csikja is. Ám, miután néhány jellemző csikja hiányzik, azt kell hinnünk, hogy ez a hélium sem teljesen kifejlett hélium, hanem u. n. *protohélium*. A csillagászati kozmogenetika általában elfogadja, hogy az égbolton egyidejűleg található különböző alakulatok, a villogó, igen ritka ködtől, a már kihunyni kezdő vörös csillagig, egy fejlődési folyamat szakaszait tüntetik elő. Így nézve a dolgot, igen valószínű *Morossoff* ama feltevése (1910), hogy a protohidrogén, nebulézium és protohélium a földön és egyéb égitesteken található elemek ősi alkotórészei. *Morossoff* részletesen is kidolgozta feltevését, felírta minden ismert kémiai elem vázlatos

hipotetikus összetételét e három őselemből és ily módon sikerült az elemek sok sajátosságát értelmeznie, különösen pedig az elemek *Mendelejeff*-féle periodikus rendszerét. (1860.) Van ugyanis egy törvényszerűség, amely a tudomány fejlődése során már eddig is nagy szerepet játszott és a jövőben még fokozottabb szerepe lesz, de amely ma még szinte olyan különös, mint egy egész más világból átsűrődő gyenge fénysugár. Ha ugyanis az elemeket atómsúlyuk nagysága szerint növekvő sorba rendezzük, akkor először is azt látjuk, hogy két szomszédos elem atómsúlyainak különbsége eléggé hasonló, tudniillik 1 és 4 közt változik, pedig van atóm, amelynek 240 az atómsúlya. A sor egyik-másik helyén ugyan nagyobb hézagok vannak, de sok jel arra mutat, hogy ott még felfedeztetésre váró elemek hiányzanak. A sor első három tagja a hidrogén, hélium és lithium, atómsúlyaik sorban 1, 4, 7. Ha a hidrogént, mint sok tekintetben különálló elemet, nem tekintjük és a héliummal kezdjük a sort, akkor azt találjuk, hogy a sorban előrehaladva, az elemek bizonyos száma után, periodikusan, azaz szakaszosan, oly elemekre akadunk, amelyek vegyi sajátosságai igen hasonlítanak az előző szakasz megfelelő elemeinek vegyi sajátosságaihoz. Ez a törvényszerűség oly feltűnő, hogy segítségével *Mendelejeff* megjósolhatta oly elemek előbb-utóbb bekövetkezett felfedeztetését, amelyek akkor a periodikus rendszerből még hiányzottak, sőt nagy vonásokban kémiai sajátosságaikat is előre jelezhetette. *Morosoff* nemcsak értelmezte, hanem javította is ezt a rendszert, amennyiben a hidrogént, héliumot és nebuléziumot, mint ősibb elemeket kirekesztette belőle. A földi elemek javított periodusos rendszerét *Morosoff* az *archeohelidek* rendszerének nevezte el s

Az elemek periodikus rendszere.

feltette, hogy a protohidrogén, protohélium, nebulézium és a nap légkörében felfedezett korónium az elemek valamely ősből rendszerének tagjai.

Mindezen kutatások egy egész új világ körvonalait kezdik kirajzolni. A vegyi elemeket (van vagy 80) nem tekintjük többé változatlanoknak, atómjaikat a szó etimológiai értelmében oszthatatlanoknak, csak igen állandó, de bonyolult szerkezetű rendszereknek. Ramsay kísérletei a réznek lithiumra és argónra bomlására vonatkozólag, ha hibátlanoknak bizonyulnak, az elemek egymásba átváltoztathatóságának újabb bizonyítékát szolgáltatnák a rádiumnak már teljes szigorral bizonyított átalakulásai mellett. S ezzel kulturánk jövő alakulásainak végtelen perspektívája nyílik meg előttünk.

IV. Molekulák csoportjai.

Folyékony kristályok. A régi molekuláris hipotézis, amint nem ismert el a vegyi atómoknál kisebb részecskéket, illetve strukturát az atómon belül, éppugy nem ismerte az anyag szerkezetének a molekuláknál nagyobb egységeit sem. Pedig vannak az anyagnak oly állapotai, melyek nem értelmezhetők másképp, mintha feltesszük, hogy a molekulák további magasabbrendű csoportokat képeznek bennük, melyek mintegy átmeneti alakok a molekulák mikrokozmosza és az érzékelhető anyag makrokozmosza között. Természetesen ez nem úgy értendő, hogy a régi felfogás egyáltalán nem beszélt a molekulák közt ható erőről. Sőt az újabb felfogásnak is megvoltak a csirái a kristályok ugynevezett *térrács* (Raumgitter) *elméletében*, mely szerint a kristályban a molekulák először kisebb egységekké, kristályelemekké csoportosulnak úgy, hogy több molekula egy szabályos test, kocka,

tetraéder, oktaéder csucsaiiban helyezkedik el s így alkotnak egy kristályelemet, melyek ismét közvetlen alkatelemei az egész kristálynak. A *flyékony kristályokra* vonatkozó újabb vizsgálalok aztán arra a feltevésre kényszerítettek, hogy *azok az erők, melyek a molekulákat szabályos kristályokká rendezik, tulélik azokat a kohézió elnevezés alá foglalt erőket, melyek a molekulákat általában szilárd testekké füzik össze*. Félfolyékony kristályokat kapunk például, ha *ammoniumoleatot* meleg alkoholban feloldunk s aztán az oldatot hűlni hagyjuk. Az alkoholban képződő ammoniumoleat-kristályok két végükön hegyes, hosszukás képződmények, hajlott élűek és lapuak. Ha egyiküket szétvágjuk, a két fél önálló kristályá alakul. Két, egymás közelébe hozott kristály egyetlen kristályá folyik össze. A *paraazoxyphenetol* olyan könnyen folyó, mint a víz. Cseppjei is gömbölyűek s csak a rajta átmenő fény elváltozásai árulják el, hogy kristályos szerkezetű. Mindezek azonban még meglehetősen titokzatos jelenségek, melyeket csak a teljesség kedvéért említettünk meg.

Sokkal jobban tanulmányozott jelenségek azok, melyek a molekuláknál nagyobb szerkezeti egységek elismertetését eredményezték. Két idetartozó jelenségcsoport: az elektromosság vezetése gázokban és a zavaros közegek, különösen a kolloid-oldatok tünet-ményei.

Gázok elektromos
vezetőképessége.

Láttuk, hogy a Ruhmkorff-tekeres nagyfeszültségű árama át tud hatolni igen erős ritkításu, csövekbe zárt gázokon. Az elektromosságot ekkor a katódsugárban repülő elektronok és pozitív ionok szállítják, mely utóbbiak úgy keletkeznek, hogy a gáz molekuláiból egy-egy elektron lehasad, úgy hogy bennük tulajdonkép atómroncsokat kell látnunk. Az elektromosság gázokban történő szállításának ez csak különös esete s e szál-

litás mechanizmusa nem mindig ugyanilyen. *Coulomb* 1785-ben szigetelő fonálra elektromossággal töltött golyót függesztett s megfigyelte, hogy a környező levegő elvezeti-e s milyen gyorsan a golyó elektromosságát. A kísérlet igenlő eredményt adott s *Coulomb* úgy magyarázta a tűneményt, hogy a levegő molekulái a golyóhoz ütődven, fokozatosan átveszik annak elektromosságát. Az újabb vizsgálatok más felfogást sugalltak. Kiderült, hogy a gázok közönségesen nem is vezetnek az elektromosságot, csakis bizonyos hatások alatt. Így vezetővé teszik őket: magas hőmérséklet, kémiai folyamatok (mindkét feltétel megvan például a lángokban), ultraviola fény, katód-, röntgen- és rádiumsugarak. A hatás megszűnte után a vezetőképesség is gyorsan megszűnik. Főképen fontos az, hogy *gázok vezetőképességét elektromos erők csakhamar felemésszik*. Ha maguk a gázmolekulák szállítanák az elektromosságot, akkor mindez érthetetlen volna. Ellenben érthető, ha feltesszük, hogy a mondott hatások a gázmolekulákat pozitív és negatív töltésű részekre, ionokra hasítják, másszóval *ionizálják*. Ha a gázt magára hagyjuk, akkor a röpködő és ütköző pozitív és negatív ionok csakhamar újra egyesülnek s ha a gázra elektromos erők hatnak, akkor hatásukra a még nem egyesült ionok az elektromos erőket szolgáltató vezetők felé vándorolnak és azok töltése semlegesíti őket. Gondoljuk el részletesebben ezt az utóbbi folyamatot: két párhuzamosan állított fémlamezt ellentétes elektromossággal töltünk meg; ekkor, miként árammérő eszközökkel kimutatható, a két lemez közt még nincs áramlás. Ejtsünk most röntgensugárnyalábot vagy ivlámpafényt a két lemez közti levegőrétegre: az árammérő mutatója kitér, jelezvén, hogy a levegőréteg vezető lett, a két lemez közt megindult az áramlás. A keletkezett pozitív ionok a negatív, a

negatív ionok a pozitív lemez felé vándorolnak. Természetes, hogy a lemezek közt annál több elektromosság fog áramlani, az áram tehát annál erősebb lesz, minél nagyobb a két lemez közti feszültség, minél nagyobb a keletkezett ionok száma és *minél mozgékonyabbak ez ionok*. Bennünket jelenleg éppen ez a mozgékonyosság érdekel: azt fogjuk kutatni, hogy egészen meghatározott feszültség esetén, mondjuk egy centiméterenkénti egy Volt feszültségesésnél, mekkora sebességre tesz szert valamely ion és mitől függ e mozgékonyság. *Zeleny* (1898) a következő módon határozta meg ezt a sebességet: tág, egyenes fémcsövön egyenletes légáramot fujtatunk át; a fémcsőben harántirányban két párhuzamos fémháló van egymástól 1 cm. távolságban, melyeket a cső falának szigetelt furatain benyúló drótok tartanak, úgy hogy a kerek hálók nem érintkeznek a cső falával. E drótok segítségével az egyik háló, amelyen az áramló levegő először halad át, elektrométerrel (feszültségmérő), a másik a földdel közlekedik. Az elektrométer és az előbbi lemez például pozitív elektromossággal van töltve. Mielőtt a levegő a két lemez közé jutna, a cső falába vágott és kvarclemezzel fedett ablakon át röntgensugarak esnek rá, melyek ionizálják. A keletkezett ionok a pozitív elektromos fémháló nyílásain át a két háló közti térbe jutnak. A pozitív háló taszítja a pozitív ionokat, úgy hogy ezek még fokozottabb sebességgel sietnek a földdel közlekedő hálózhoz. Ellenben a negatív ionok a pozitív háló vonzása folytán késnek, sőt ha e vonzás akkora, hogy a légáraméval éppen egyenlő sebességet ad nekik, akkor meg is állanak, sőt valamivel nagyobb vonzásnál már a légáram ellenében visszafelé haladnak és negatív elektromosságuk részben semlegesíti az elektrométer pozitív töltését, úgy hogy ennek mutatója kezd

visszafelé haladni. Abban a pillanatban, amikor ez bekövetkezik, a légáram sebessége éppen egyenlő a negatív ionokéval s miután az előbbi könnyen mérhető, az utóbbit is ismerjük. Természetes, hogy ha a fémhálót negatív elektromossággal töltjük meg, akkor ugyanígy ismertté válik a pozitív ionok sebessége. Így például közönséges nyomású száraz levegőben centiméterenkénti 1 Volt feszültségnél a pozitív ionok másodpercenként 1.25 cm. utat tesznek meg a katód felé, a negatívok 1.71 cm.-t az anód irányában. Bennünket most főképp az érdekel, hogy e sebességből következtetést vonhatunk az ionok nagyságára, még pedig egészen hasonló okoskodással, mint a kinetikai gázelméletben a diffúzió sebességéből a molekulákéra (l. fennebb). Így módon Lénárd kiszámította, hogy úgy a pozitív, mint a negatív ionok nagyobbak, mint a gáz molekulái és pedig, amint látszik, *a gáz néhány molekulájának csoportosulása útján keletkeznek*. Lénárd (1903) így magyarázta a folyamatot: az ionizátor (ionizáló hatás) a gázok molekuláiból egy-egy elektront hasít le, úgy hogy a visszamaradó rész pozitív elektromos. A lehasított elektron csakhamar rátapad valamely közömbös molekulára s azt negatív elektromossá teszi. Az ily módon létrejött pozitív és negatív molekulákra aztán még újabb semleges molekulák tapadnak. Ha e magyarázat helyes, akkor közvetlenül az ionizátor behatása után még kisebb, tehát mozgékonyabb ionokat kell a gázban találnunk, melyek nagysága a molekulákéval egyezik. A fentebb leírt mérés nagyon alkalmas arra, hogy ezt igazoljuk, csak az ionizátor hatóhelyét oly közel kell alkalmaznunk a hálókhoz, hogy amíg az ionizált levegő a hálók közé jut, a molekuláknak ne legyen idejük az ionokra tapadniok. W. Altberg (1912) elvégezte ezt a kísérletet s igazolta Lénárd magyarázatát. A gáz

hőmérsékletét emelve, kb. 2000° C-nál a pozitív ionok sebessége 60 cm. másodpercenként, a negatívoké 1200 cm. A pozitív ionok ekkor is atomok, ellenben a negatívok *szabad elektronok*. A molekulák hőközta sebessége ekkor oly nagy, hogy a negatív elektron nem tapadhat semleges molekulára. 1905-ben *Langevin* a légköri levegőben oly nehézkes ionokat is talált, melyek sebessége csak 0'0003 cm. másodpercenként, ami *Léndárd* képletei szerint akkora molekulakomplexumot jelent, melynek átmérője több mint százszorosa a levegő-molekuláénak. Ez már a levegőben lebegő por és vízcseppek nagyságrendjének felel meg s valószínű is, hogy ezek a levegő ionjai köré sűrűsödött vízcseppecskék. Ugyanis már régen ismeretes, hogy egészen tiszta, por- és ionmentes levegőben a vízgőz csak igen nehezen tud megsűrűsödni. Tetemesen megkönnyítik a lecsapódást a lebegő por-szemek és az ionok, melyek mintegy a képződő cseppek magjaiként szerepelnek (*Aitken-féle jelenség*). Ezzel azonban már az ionok meteorológiai szerepét érintettük.

Tárgyunktól azonban annyiban nem tértünk el, amennyiben az apró, vízcseppekkel telt levegő, melyet közönségesen ködnek és felhőnek mondunk, egyik példája a már említett *zavaros közegeknek*, melyek tanulmányozása az anyag szerkezetére vonatkozólag annyi új megismeréssel szolgált. A zavaros közegeknek más fajtáit az oldatok körében találhatjuk fel.

Kolloid-oldatok.

Az oldatok tanába *Thomas Graham* a XIX. század hatvanas éveiben egy egészen új, később igen termékenynek bizonyult szempontot vitt be. Ő azt vizsgálta, hogy különböző oldott anyagok mily gyorsan tudnak állati és növényi eredetű hártványon átdiffundálni, keresztülhatolni. Ha meggondoljuk, hogy az állatok és növények táplál-

kozásában ezen *diozmózis*nak nevezett tünetény mily nagy szerepet visz, akkor megérthetjük Graham kísérleteinek fontosságát. Ő nagyobb, vízzel telt edénybe kisebb edényt állított, melynek feneke pl. pergament-papiros volt. A kisebb edény vizében különböző anyagokat oldván fel, azt figyelte meg, hogy mily gyorsan mutatkoznak ez anyagok a külső edény tiszta vizében. Azt találta, hogy a hártján azon anyagok ömlenek át gyorsan, melyek a víznek mint oldószernek elpárologtatása alkalmával kristályokban válnak ki, mint pl. a konyhasó, szóda, cukor. Ezeket Graham *krisztalloidok*nak nevezte el. Viszont igen lassan, szinte egyáltalán nem diffundálnak azok, amelyek az oldószer elpárologtatása után alaktalan tömegben maradnak vissza, mint pl. enyv, fehérje, keményítő, kaucsuk, gyanták s általában az állati és növényi szervezetekből kivont legtöbb anyag. Ezeket *kolloidok*nak nevezte el (kolla = görögül enyv). De vannak szervesetlen ásványi eredetű kolloidok is, mint pl. az opál, vasoxid, alumíniumoxid, zinkoxid stb. A kolloid-anyagok vizes oldatát a krisztalloidokétól való megkülönböztetés céljából *hidroszol*-oknak nevezte el. A kolloidokat jellemzi, hogy oldatuk könnyen *megalvad*, azaz különböző hatásokra, pl. valamely sóoldat beöntésekor, kiválik belőlük az oldott kolloid, még pedig kocsonyás tömegben, melyet Graham *gel*-nek nevezett. (A gelatina első szótagja.) Az újabb vizsgálatok aztán meglepő eredményre vezettek. Először is kiderült, hogy a kolloid és a krisztalloid sajátság nem egymást kizáró tulajdonságai az anyagnak, mert *vannak elemi testek és vegyületek, melyek mindkét állapotot felvehetik*. De ami különösebb, kiderült, hogy *a fémek*, melyekről eddig az volt a vélemény, hogy csak vegyileg ható oldószerekben, pl. sósav, kénsav, salétromsavban oldódnak, bizonyos hatásokra *vízben is feloldódnak és oldatuk*

mindenben a kolloid-oldatok sajátosságait mutatja, így állati hártyákon igen lassan diffundálnak át és oldatukból kocsonyás tömeg, *gel* alakjában válnak ki. Így például Bredig szerint úgy állítunk elő kolloid-aranyat, hogy vízbe mártott két aranydrótot 30—40 Volt feszültségű áramforrás sarkaival kötünk össze, úgy hogy végeik között, a víz alatt ivfény keletkezzék, mire a katódus szolgáló drót szétporlik. Ilymódon szép biborvörös vagy sötétkék aranyoldatot kapunk, mely hónapokig sem veszít színéből. Természetszerűleg merül fel mármost az a kérdés, hogy mi okozza tulajdonképpen a kolloid és a közönséges krisztalloid oldatok eltérő sajátosságait, mi a lényeges eltérés köztük. Az a tény, hogy a kolloidok általában is, de különösen állati hártyákon át olyan lassan diffundálnak, a kinetikai gázelméletről fentebb mondottak után sejteti, hogy a kolloid-oldatban az oldott anyag nem oszlik oly finom részecskékre, magukra a molekulákra, mint a krisztalloid-oldatokban. Nagyságuknál fogva magukban véve is nehezkesebbek, de különösen nehezen fognak a hártyák molekuláris nyílásain áthatolni. Tényleg a szerves kolloidokról, mint amilyen az enyv, a fehérje, ettől függetlenül már régen tudják, hogy aránylag igen nagy molekulájuk van, valószínű tehát, hogy a szervetlen kolloidok kis molekulái nagyobb molekulasoportokká egyesültek. Ha e magyarázat helyes, akkor a krisztalloid- és kolloid-oldatok közt nincs éles szakadás, sajátágaiknak folytonos átmenetet kell képezniök, aszerint, amint fokozatosan nagyobb molekulacsoportok lebegnek bennük. S a megfigyelések csakugyan ezt mutatják. Mellőzve a hosszabb magyarázatot igénylő sajátságokat (ozmotikus nyomás, fagyáspontcsökkenés), csak a következőket említjük: mondtuk már, hogy ha kolloid-oldatokhoz bizonyos savak, sók vagy lugok oldatait elegyítjük, akkor meg-

alvadnak, azaz a bennük oldott anyag kiválik, leülepszik. De egészen hasonló jelenségeket észleltek a porcellán gyártására szolgáló fehér agyag, a kaolin, elszapolásánál: a vízben lebegő, finom nagyítóval látható szemcsék gyorsabban ülepsznek le bizonyos savak vagy sók hatására. A kolloid-oldatokban ugyan a legfinomabb mikroszkóppal sem láthatunk külön-nemű szemcséket, ám e hasonlóság máris arra utal, hogy bennük is, miként a kaolin-szuszpenzióban, külön-nemű, bár igen kicsiny szemcsék lebegnek. Ha a kaolin-szuszpenziót centrifugális gépben sebesen for-gatjuk (mint a gyors tejfelkészítésnél a tejet), akkor a kaolin-szemcsék a forgó edény falához húzódnak. Hasonló jelenség mutatkozik a kolloidoknál is, sőt *Lobry de Bruyn*-nek sikerült kimutatnia, hogy alkali-fémsóknak, tehát krisztalloidoknak, egészen tiszta, a legerősebb mikroszkópban is egyneműnek látszó, oldataiban, ha őket igen sebesen centrifugáljuk, a kerület felé annyira megnövekedhetik az oldott anyag töménysége, hogy a kristályképződés is megindul. Tehát valódi oldatok, kolloidok és szuszpenziók ebben a tekintetben is egyformán viselkednek.

Kolloid-oldatok vizsgálata ultramikroszkóppal. A zavaros közegek Lord Rayleigh-féle elmélete.

De a kolloid-oldatok külön-nemű-ségének legkézzelfoghatóbb bizo-nyítékát az ultramikroszkóp szolgál-tatta, melyet *Siedentopf* és *Zsigmondy* szerkesztettek 1903-ban.

Az ultramikroszkóp elve röviden így magyarázható: ha sötét szobába keskeny hasadékon át napsugár-nyaláb esik, akkor a levegőben lebegő apró porrészec-kékből oldalról láthatóvá lesznek. A levegő a benne lebegő porszemekkel u. n. zavaros közeget alkot, melynek fénytani elméletét *Lord Rayleigh* fejtette ki. Szerinte az ily közegbe eső fényrezgés rezgésbe hozza a benne lebegő igen finom szemcséket, melyek ennél fogva

maguk is fényleni, sugározni fognak minden irányban, úgy hogy oldalt, azaz a rájuk eső fénysugárra merőleges irányba is fényt lövelnek. Ha pedig elég messze vannak egymástól, akkor szabad szemmel, vagy legalább jó nagyítóval megkülönböztethetők lesznek, mint apró, fénylő pontok. A szemcsék ezen saját fénye mindenesetre sokkal gyöngébb, mint maga a közegen áthatoló fény-nyaláb. Tudjuk, hogy a fehér fény a különböző rezgésszámu és, ennek megfelelőleg, különböző színű sugarak egész skálájának keveréke. *Rayleigh* kimutatta, hogy a zavaros közeg szemcséi, ha saját rezgésük igen gyors, főkép a rájuk eső fény kék és ibolya részeit fogják fel és sugározzák ki, míg a zöld, sárga és vörös sugarak általában változatlanul haladnak át rajta. Innen van, hogy ha úgy nézünk a közegre, hogy a rajta áthaladt direkt fény jusson szemünkbe, akkor sárgászörösnek látjuk. Ha ellenben a direkt fény nem, csak a szemcsék saját fénye jut szemünkbe, ha tehát a közeget oldalvást nézzük, akkor kéknek fogjuk látni. Ez elmélet segítségével *Rayleigh* meg tudta magyarázni az ég színváltozásait. Praktikus alkalmazása az ultramikroszkóp. Míg a közönséges mikroszkópban a fény, a tárgyon és lencserendszeren áthaladva, egyenest az észlelő szemébe jut, addig itt a vizsgálandó tárgyat oldalról világítják igen erős fénykuppal, úgy hogy e fényből semmisem jut az észlelő szemébe és, ha a vizsgált folyadék teljesen egynemű, a látótér egészen sötét marad. Ha azonban kolloid-oldatot állítunk a fénykupba, egyszerre sötét háttéren számos fénylő pontot látunk, mintegy csillagokat a nyáréji tiszta égbolton. Csakhogy e csillagok nem állanak egy helyben, hanem sajátságos cik-cakos mozgást végeznek, ez az u. n. *Brown-féle* mozgás, melyet úgy magyaráznak, hogy az oldó folyadék molekulái hőmozgásuk követ-

kezteben lökdösik a köztük lebegő nehézkes szemcséket. Siedentopf és Zsigmondy első vizsgálatainak tárgya tulajdonképp az arannyal színezett rubinüveg, azaz oly üveg volt, mely igen finom eloszlásban aranyat tartalmaz, mely rubinvörössé teszi. Ebben a szemcsék mozdulatlanok és ultramikroszkópban könnyen megszámlálhatók. Miután pedig tudták, hogy ezen üveg mennyi arany hozzáadásával készült, könnyű volt kiszámítani egy szemecske súlyát és átmérőjét. Kiderült, hogy a legkisebb, ultramikroszkópban még látható, aranszem átmérője kb. 4μ . Ennél a molekulák már csak vagy tízszer kisebbek. Természetesen a szemcséken alakot, részleteket nem látunk, csak éppen jelenlétüket konstatálhatjuk saját fényük alapján, tehát az, hogy az ultramikroszkópban ily kis részeket látunk, egyáltalán nincs ellentétben azzal, amit fentebb igen apró részecskék közönséges értelemben vett láthatóságának akadályairól elmondtunk, mert az nem a *saját fényre*, hanem *reflektált és megtört, máshonnan eredő fényre* vonatkozott, mint a közönségesen u. n. látás feltételére.

Ily módon tényleg bebizonyult, hogy a kolloidoldatokban igen apró, a közönséges mikroszkóppal való látás határát (0.5μ) fölülmuló piciségű, szilárd részecskék lebegnek, melyek csak néhány molekula sajátságos csoportosulásai. *Sajátságos*, mert láttuk, hogy a kolloid anyag nem kristály, hanem gel alakjában válik ki hidroszolvájából.

*A molekulák láthatósága
önfényük alapján.*

Van-e reá remény, hogy ily módon s ilyen értelemben, láthassuk a molekulákat is? Egy dolog kellene hozzá: fényforrásaink tetemes erősítése. Ugyanis a *Rayleigh-féle* elmélet azt is tanítja, hogy a zavaros közeg szemcséinek önfénye annál gyöngébb, minél finomabbak e szemcsék. Tehát ahhoz, hogy egy

pohár vízben lebegő egy-két sómolekula elég erős önfényt kapjon, igen erős fényforrásokat kellene alkalmazni. Ellenben nincs kizárva, hogy több, millió és millió molekula *együtt* adjon némileg érezhető fényt. Csakhogy ekkor éppen, igen sűrűn lévén, a leg-erősebb mikroszkóp sem oldja fel a szolgáltatott fény-ködöt fénylő pontokká. *Lobry de Bruyn*-nek állítólag sikerült ily módon bizonyos sóoldatokból igen gyöngésző oldalfényt kapnia, ami, ha ténynek bizonyul, ismét erős támasza az egész molekula-hipotézisnek.

Összefoglalás. A leírt kutatásokkal az anyag szerkezetének rejtélye ugyan teljes megoldást még nem nyert, de mégis elégségesek ahhoz, hogy biztos körvonalakban lássuk magunk előtt ama kép vázlatát, melyet a jövő buvárlatainak kell majd részletesebben kirajzolniuk. Annyi most már tagadhatatlan, hogy a molekuláris elmélet a természettudomány egyik leg-szilárdabb koncepciója, s Leukippos, Epikur, Demokrit akár ösztönszerű sejtés, akár, ami valószínűbb, a jó megfigyelés és éles dialektika párosításával az igazság útjára léptek, amikor az atomizmus alapjait lerakták. Persze, csak ráléptek erre az utra, mert az atom fogalmának metafizikai kiélezésével el is tértek tőle: az ő atomjuk abszolút oszthatatlan, míg a modern tudomány atomja egész bonyolult világ. Az elektronok pedig, így gondoljuk, nem oszthatatlan anyagrészek, hanem elektromos erők középpontjai. Ez egy másik vonás, mellyel az ókori atomizmust túlhaladtuk: az atom dinamikus felfogása az ókori geometriai materialisztikus felfogásával szemben. Végül az atomokat magasabb, de még mindig parányi egységekké, molekulákká, molekula-csoportokká, kolloid-részecskékké egyesítettük s ezzel hidat építettünk a parányi atomok s az érzékelhető anyag közé.

A következőkben előleges utmutatást akarok adni annak, aki az itt vázlatosan tárgyalt kérdésekkel tüzetesebben kíván foglalkozni. A jelzett művekben aztán további utmutatást, olykor kimerítő irodalmat találhat. Az egyes kérdésekre vonatkozó műveket, amennyire a dolog természete engedi, nehézségük szerint rendeztem.

Szorosabban az anyag szerkezetével foglalkoznak:

a) Értekezések: *J. Becquerel*: Ujabb felfogásunk az anyag szerkezetéről. Természettudományi Közlöny, 1911 augusztus. *Ilosvay L.*: Az elemek keletkezése stb. ugyanott 1912 szeptember. b) Önálló művek: *G. Mie*: Moleküle, Atome, Weltäther (Aus Natur und Geisteswelt című gyűjteményben) Leipzig 1907. *A. Righi*: Neuere Anschauungen über die Struktur der Materie, Leipzig 1908. *G. Le Bon*: Die Entwicklung der Materie, Leipzig 1909. *J. J. Thomson*: Die Korpuskulartheorie der Materie, Braunschweig 1908. *Ugyanaz*: Elektrizität und Materie, ugyanott 1909. (Mindkettő a „Die Wissenschaft“ című gyűjteményben.) *J. Perrin*: Die Atome. 1914.

Az atomizmus történetére és jelentőségére nézve filozófiai szempontból kitűnően tájékoztat: *Fr. A. Lange*: Geschichte des Materialismus, Leipzig, Reclam.

A kémiai atomizmus tény- és feltevésálladékának kitűnő szétválasztását adja: *Than Károly*: A kísérleti kémia elemei. I. köt. Budapest 1897.

A katódsugarakra nézve bevezetőül is ajánlható: *P. Lenard*: Die Kathodenstrahlung. Nobelvorlesung, Leipzig 1906, mely teljes irodalmat ad. Magyarul Selényi Páltól az „Uránia“ 1906. évfolyamában. *G. C. Schmidt*: Die Kathodenstrahlen, 1907. (A „Die Wissenschaft“ című gyűjteményben.)

A katód- és csősugarakra, valamint az újabb elektromosság-tani kutatásokra vonatkozólag általában

tájékoztató: *Bozóky E.*: Az elektromos sugárzásokról. Pótfüzetek a Természettudományi Közlönyhöz, 1905 május—augusztus. *Rohrer L.*: Az elektromosság tanának újabb haladásáról. Ugyanott 1909 február—május, augusztus—november. Megjelentek külön füzet alakjában is a Természettud. Társ. kiadásában.

Az „elektromágneses tömeg” fogalmát népszerűen ismerteti *Zemplén Gy.*: Az elektromágneses tömeg. Természettud. Közl. 1906 március.

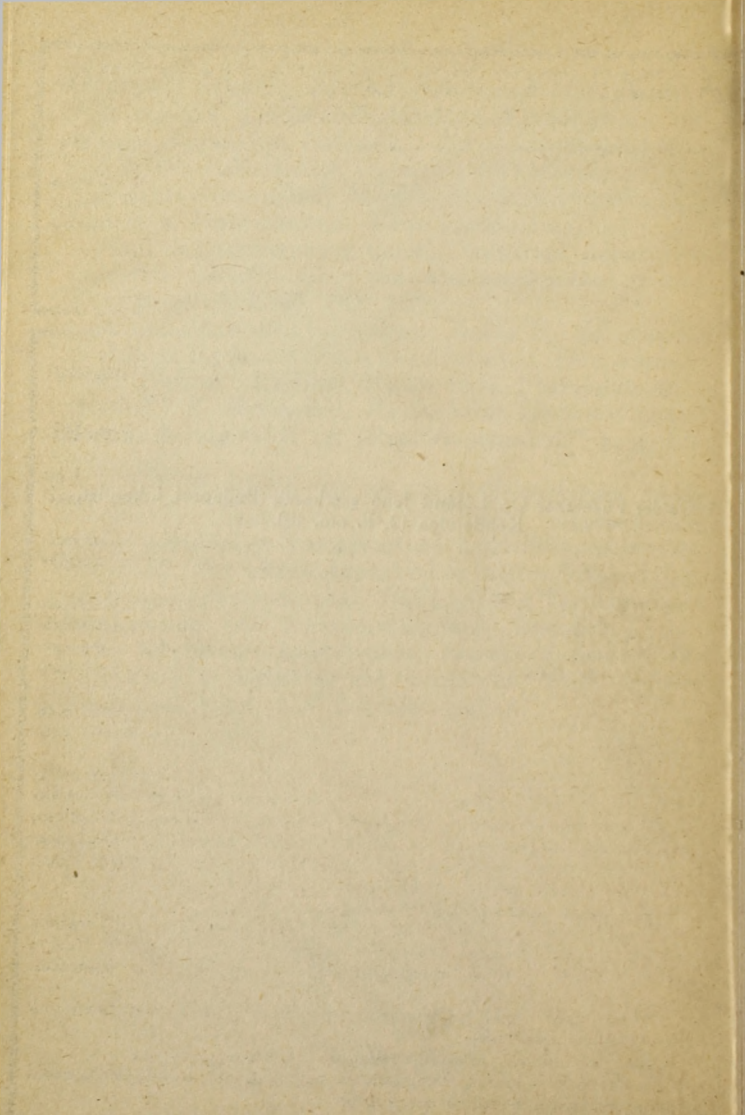
A radioaktivitást tárgyalják: *Soddy F., Salamon G.*: A rádium. Budapest 1912, a Természettud. Társ. kiadása. *Ernst Ruhmer*: Radium. Berlin 1904. (Részletes irodalommal.) *E. Rutherford*: Radioaktive Umwandlungen. Braunschweig 1907. (A „Die Wissenschaft” c. gyűjteményből.)

A kolloid-oldatok és az ultramikroszkópra nézve ajánlhatók: *Ilosvay L.*: A kolloidok természettudományi jelentősége. Természettud. Közl. 1910 szeptember. *Preis H.*: Az ultramikroszkóp és látó eszközeink korlátolt működésének okai. Pótfüzetek a Természettud. Közlönyhöz. 1905 február. (Ugyanitt irodalom.)

A folyékony kristályokra nézve: *Lehmann O.*: Folyékony és látszólag élő kristályok. Pótf. a Természettud. Közl. 1907 február—május.



A Galilei Füzeteket Dr. Lóránd Jenő szerkeszti (Budapest, I. kerület,
Kende-utca 12, II. em, 10).



A SZABADGONDOLKOZÁS MAGYARORSZÁGI EGYESÜLETE

BUDAPEST, VI, ANDRÁSSY-ÚT 48. SZ., I. EMELET

Alapító tagok tagsági díja egyszerismindenkorra --- --- --- 100 korona

Támogató rendes tagok tagsági díja évi --- --- --- 10 korona

Rendes tagok tagsági díja évi --- --- --- 6 korona

Valamennyi tag ingyen kapja az egyesület hivatalos lapját, a Szabadgondolat-ot. Fiókok alapítására vagy a belépésre vonatkozólag felvilágosítást nyújt a titkári hivatal.

Galilei Kör a Szabadgondolközt Magyarországi Egyesületének főiskolai fiókja.

Budapest, VI. ker., Anker-köz 2. szám, II. emelet.

A Galilei Kör — egyetemünk legnagyobb ifjúsági egyesülete — 5 év óta áll fenn. 1908-ban alakult 256 taggal és az ötödik év végén tagjainak száma 1000.

Az előítéletek nélküli tudományos gondolkodás védelme és terjesztése a Kör célja. Tanulás és tanítás az eszközei a vallási, faji és osztály-előítéletek ellen való küzdelmében.

Előadásaiiban és szemináriumaiiban a modern tudományos ismereteket, az erkölcsi, művészeti és tudományos élet korszerű szemléletét és a belőlük sarjadzó világnézetet terjeszti. Öt év alatt több mint 200 természet-tudományi, filozófiai, lélektani, művészeti, társadalomtudományi és kulturpolitikai előadást tartottak a Galilei Körben — melyek egy része nyomtatásban is megjelent — egyetemi tanárok, hazai és külföldi szakemberek s több mint 25 szemináriumban foglalkoztak a tagok e kérdések tüzesebb megbeszélésével.

Az első ötévi működés kimagasló mozzanatai: diákgyűlések rendezése az általános választójog és a szekularizáció mellett, statisztikai felvétel a budapesti diákság gazdasági helyzetéről, sorozatos előadások Magyarország közállapotairól és Magyarország történelméről, a nőkérdésről, Ostwaid, Sombart és más világhírű tudósok előadásai, továbbá Mach ismeretelméletének magyar nyelven való kiadása.

A Kör tagjai munkáseelőadásokat tartottak.

A Kör klubhelyiséget tart fenn, melyben a napilapokon kívül számos tudományos, szépirodalmi és egyéb (magyar, német, angol és francia nyelvű) folyóirat áll a tagok rendelkezésére. Ezenkívül a Kör állandóan gyarapodó könyvtára.

A Galilei Kör tagjai ingyen látogathatják a Társadalomtudományok Szabadiskolája előadásait.

Tagja lehet minden főiskolai hallgató. Évi tagdíj 2 korona.

A Galilei Kör második, harmadik és negyedik évi működéséről szóló jelentést kívánatra bárkinek megküldik.

A Galilei Kör kiadásában megjelent

1. *Harkányi Ede*: Tudomány és katolicizmus. Ára 40 fillér.
2. *Mach Ernő*: Az érzéketek elemzése. Fordította Pólányi Károly. Ára 50 fillér. (Elfogyott. Új, bővített kiadás sajtó alatt.)
3. *Szende Pál*: A nagybirtok és Magyarország jövője. Ára 40 fillér.
4. *Jászi Oszkár* márciusi beszéde. Ady Endre ünnepi versével. Ára 20 fillér.
5. *Jászi Oszkár*: A nemzetiségi kérdés és Magyarország jövője. Ára 40 fillér.
6. *Bosnyák Béla*: Oros község társadalmi rajza. Ára 40 fillér.
7. *Jászi Oszkár*: A kapitalizmus felbomlása. Ára 20 fillér.
8. *Ágoston Péter*: A vármegye. Ára 40 fillér.
9. *A budapesti diáknymor*. A Galilei Kör statisztikai felvétele. Feldolgozta Bosnyák Béla. Ára 40 fillér.
10. *Lassalle Ferdinand*: Mi az alkotmány? Fordította Fazekas Sándor. Ára 50 fillér.
11. Három március. 1911, 1912, 1913.

SZABADGONDOLAT

A Szabadgondolkodás Magyarországi Egyesületének és fiókjainak: a Galilei Körnek stb. hivatalos lapja, a legolcsóbb és legtartalmasabb népszerű szociológiai és természettudományi folyóirat. A Szabadgondolat programja a szabadgondolkodás elméleti alapjainak fejlesztése és gyakorlati követeléseinek propagálása: szembe száll a vallási, faji, erkölcsi és osztályelőítéletekkel s harcot folytat minden intézmény ellen, mely ezeken alapszik. Megalkuvás nélkül való hirdetője a klerikalizmus és a felekezeti szellem elleni küzdelemnek. Terjeszti a természettudományos világnézetet és tanítja az ennek alapját tevő természettudományi ismereteket. Ismerteti a magyar és külföldi szabadgondolkodó mozgalmat és irodalmat. A Szabadgondolat munkatársai a progresszív magyarság legkiválóbbjai.

Havonként egyszer két ivnyi terjedelemben jelenik meg. Előfizetési ára egész évre 4 korona, fél évre 2 korona. Egyes számai tőzsdékben és könyvkereskedésekben 40 fillérért kaphatók. Szerkesztőség VI. Andrassy-út