

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
ELHÚNYT TAGJAI FÖLÖTT TARTOTT
EMLÉKBESZÉDEK

SZERKESZTI A FŐTITKÁR

XXI. KÖTET. — 46. SZÁM

FARKAS GYULA

RENDES TAG

EMLÉKEZETE

IRTA

ORTVAY RUDOLF

L. TAG

FELOLVASTA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIAÉNAK 1932. ÉVI
DECEMBER HÓ 19-ÉN TARTOTT ÖSSZES ÜLÉSÉN

BUDAPEST
KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1933

Midőn a tek. Akadémia harmadik osztálya ama megtisztelő megbízásban részesített, hogy FARKAS GYULA rendes tagról emlékbeszédet tartsak, szándékom volt ezen rámnézve oly megtisztelő és kedves feladatnak a legrövidebb idő alatt megfelelni. Hogy mégis e megbízásnak csak most, két évvel FARKAS GYULA halála után teszek eleget, annak következő okai vannak:

Először is szerettem volna FARKAS GYULA életkörülményeire vonatkozó adataimat kiegészíteni. Azonkívül szükségét éreztem annak, hogy egy bizonyos távolságot nyerjek annál is inkább, mert FARKAS GYULA tudományos működését 80.-ik születésnapja alkalmából 1927. év márciusában a br. EÖTVÖS LORÁND matematikai és fizikai társulat ünnepi ülésén alkalmam volt méltatni¹⁾ és semmikép sem volna reám vonzó akkori állításaim minden tekintetben való megisméltése. Azonban ama közel hat év, mely FARKAS GYULA 80.-ik születésnapjától elvált, lehetővé teszi, hogy egész tudományos működését és a fizika ama korát és irányát, melybe működése beleesik, nagyobb távlatból tekintsem mint akkor, nevezetesen az egész fizikai fenomenologia korának viszonyát a mai törekvésekhez úgy vélem, megelőbbben tudom megítélni.

FARKAS GYULA életkörülményeinek és egyéniségének behatóbb méltatásán kívül, melyre annak idején természetesen egyáltalában nem térhettem ki, valamint tudományos működése méltatásának egyes konkrét kiegészítésén kívül az előbb említett általános szempont érvényesítése az, amiben előbbi méltatásomtól eltérek.

¹⁾ ORTVAY RUDOLF: FARKAS GYULA tudományos működése. Matematikai és Fizikai Lapok. XXXIV. kötet, 1—25. l. 1927.

FARKAS GYULA a magyar fizikusok ama generációjához tartozott, kik úttörők voltak abban, hogy itt európai nivójú fizikai kutatás egyáltalában kialakult. Nemcsak kiváló kutató és legnemesebb értelemben vett tanár volt, hanem kiváló egyéniség is, kinek mindig feltétlenül tiszta és nemes intenciója egész környezetére vezérlő és nemesítő hatást gyakorolt, ki körül mondhatjuk megtisztult a légkör, ami érthetővé teszi ama nagyrabecsülést, melyben olyanoktól is részesült, kik tudományos értékeit, — azoktól túlságosan távol állva — kellően nem értékelték.

1. Farkas Gyula külső életpályája.

FARKAS GYULA külső életmenetének reám nézve legfontosabb forrása ama curriculum vitae, melyet kérésemre az 1927. év elején 80.-ik születésnapja alkalmából a már említett ünneplés után állított össze és amely oly jellemző fogalmazásban is reá, hogy a következőkben szószerint közlöm. Azt hiszem ezen dokumentum értékkel fog birni mindazok számára, kik őt személyesen ismerték.

Az életrajz a következő:

„Életrajz.

FARKAS GYULA JÁNOS születtem 1847. III. 28. róm. kath. vallásban Fehérmegyében, Pusztasárosdon, ahol akkor az atyám uradalmi ispán volt. Később számtartó, majd igazgató tisztartó lett Veszprém megyében Rédén a Galánthai ESZTERHÁZY grófok uradalmában. Én középiskolát Győrött végeztem a bencések főgimnáziumában. Atyám gazdasági lapokba is írogatott s e működése folytán Pestre magához kívánta őt társul PARRAGH bornagykereskedő. Atyám engedett e meghívásnak, noha Győrött három földszintes, kertes háza és kis gazdasága volt, de mi öten gyermekei és anyánk Győrött maradtunk. Ekkorjában halt meg egy kis csudás tehetségű öcsém János mindnyájunk nagy fájdalmára, hárman maradtunk fiúk és egy leány. Én zongoratanításban is részesültem, amihez igen nagy kedvem volt, amelyet jól zongorázó anyám és kítűnő tanítóim is szítottak bennem. Az érettségim után Pestre

mentem jogásznak, de a zeneiskolába is be akartam iratkozni, melynek MÁTRAI GÁBOR, a Széchenyi könyvtár öre és zeneszerző volt az igazgatója. Már tettem is felvételi vizsgálatot a felsőbb zongora-iskolába, azonban néhány velem együtt vizsgált ifjú oly mesés hallásbeli képességet tanúsított, amilyen nekem nem jutott osztályrésziül: zenei törekvéseimmel szakítottam, de azért lelkes zongorázó maradtam igen sokáig. Alig ocsudtam fel zenei csalódásomból, midőn értésemre esett, hogy apámék (recte Páraghék) egy alkalmazottuk hűtlenségén a tönk szélére jutottak. Most a jogászsegélyző egyesület tanácsára SINA báró egy számtartója gyermekei mellé Tolnára mentem. Egy tanévet töltöttem itt, aztán visszajöttem Pestre, ahol WALLA FERENC dr. rókuskórházi főorvosnál lettem házi-tanító 1867-ben. Lassanként azt az észrevételt tettem, hogy a jogi tárgyak nem érdekelnek eléggé, azonban fölöttéb érdekelnek a fizikai ismeretek. Gyakran kerestem fel kérdéseimmel JEDLIK ÁNYOS doktor, a fizika egyetemi tanárát, aki mindig igen szívesen látott. A következő félévben bölcsésznek iratkoztam be, ott érintkezésem JEDLIKKel meg a matematika professzoraival, végkép eldöntötte a sorsomat. Közben JEDLIK ajánlatára SZÖNYI PÁL magángimnáziumába is beállottam óradíjas tanárnak. Egy ideig nem én, hanem a jelenlétemben SZÖNYI (a TISZÁK volt nevelője) tanított mesteri módon. JEDLIK ajánlatára lettem rendes tagja a kir. magy. Természettudományi társulatnak is 1869-ben. WALLA dr. 1870-ben hivatása áldozata lett. Épen ekkor üresedett meg Székesfehérvárott a városi (akkor még csak al-, egy év múlva fő-)reáliskolán a természettan és vegytan tanári állása. Az igazgató a SAY-féle főreáliskolán érdeklődött tanár iránt (SAY öccse sz. fehérvári gyógyszerész és iskolaszéki tag volt). Onnan engem ajánlottak. Anyai öregatyám nagy meglepetésére (aki a NÁDASDIak nyugalmazott tisztartója székesfehérvári polgár és a városi tisztviselőtestület tagja volt) engem választottak meg e tanári állásra. Ez a nagyatyám meg is hívott a házába, ahol jó néhány évet töltöttem. Időközben családomat újabb szerencsétlenségek sújtották és én MISKE IMRE

báró hívására, tanári állásom megtartása mellett iskolás gyermekei mellé szegődtem házitanítónak. 1874-ben BATHÁNY GEIZA gróf kívánságára Polgárdin (Fehér m.-ben) kedvező feltételek alatt az ő nagyon tehetséges három gyermeke középiskolai képzésére vállalkoztam. A gróf fizikai laboratóriumot is rendezett be számunkra és rövid idő múlva a három nyelvtanító is tanított (képességüknél fogva) középiskolai tárgyakat és a falu ügyes plébánosa tanította a hittant. Időközben Olasz- és Franciaországban és itthon Ikervárott (Vas megyében) is tartózkodtunk. Ez időben kezdtem a párisi Institut Comptes rendus-ébe dolgozni és ez időközben 1876-ban tettem gimnáziumi tanárvizsgálatot a természettanból fő, a mennyiségtanból al-gimnáziumi igényeknek. Az ifjú grófok szép eredménnyel (Lajos a legidősebb kitüntetéssel) rendre letették az érettségi vizsgálatot Győrött. Én pedig ekkor 1880-ban Pestre költöztem. Itt a mennyiségtanból mint fő-tárgyból, a természettanból és csillagászatból mint melléktantárgyakból cum laude bölcsészettudományi doktortust tettem.

Majd magántanári képesítést szereztem az imagináris változók elméletéből, amely cím alatt a függvénytan különböző részeit (HAMILTON-féle quaterniókat is) adtam elő és a másodikon kezdve minden évben részesültem magántanári jutalomban. 1887-ig voltam magántanár az egyetemen. Ekkorig, hogy tisztán a tudománynak élhessek, anyagi szükségleteimről BATHÁNY GEIZA gróf gondoskodott. 1886-ban a kolozsvári Tudományegyetem a mennyiségtani természettanra engem jelölt rendes tanárnak. Engem a kinevezés rendkívüli tanárképen ért 1887. januárjára. A kar sürgetése nyomán egy évnyi idő múltán 1888-ban lettem rendes tanár. E minőségemben 1915-ig működtem s ez idő alatt hétszer voltam a kar dékánja, ötször prodékánja s az 1907/8. tanévben az egyetem rektora. 1908/9-ben prorektora. Az egyetemnek képviselője voltam a páduai GALILEI ünnepen, ahol többedmagammal a természettudományok tiszteleti doktorává avattak. Észrevehetően emelkedett itthon tudományos hitelem.

midőn 1896-ban megjelent az akkor nagy hírű göttingeni professor WOLDEMÁR VOIGT Mathematische Physik-jének második kötete. A M. Tud. Akadémia 1898-ban levelező és 1914-ben rendes tagjává választott, az EÖTVÖS LORÁND Math. és Phys. Társulat 1924-ben tiszteleti tagjai sorába emelt. Fiatal koromban koncerteken is vettem részt, amelyeken (Győrött, Tolnán, Székesfehérvárott, Nizzában) többnyire klasszikus darabokat játszottam“.

Ezen életrajzhoz kiegészítésképen megjegyzem, hogy FARKAS GYULA erősbödő szembajára (glaucoma) való tekintettel tanszékétől 1915-ben megválva és nyugalomba vonulva Budapestre költözött, de tudománnyal állandóan foglalkozott és 1926-ig publikált is. Kétszer nősült, másodszor öreg korában, mindkét nejét még életében a halál elragadta. Azután egy rokonához, NIERENSEE GYULÁHOZ költözött, kit fiává fogadott és így legalább aggkorában nem kellett a rendezett otthont és a rokon kezek ápolását nélkülöznie. Halála előtt néhány hónappal Pestszentlőrincre költöztek, hol családi házat építettek és hol 1930. év december 27-én meghalt.

Rendkívül jellemző FARKAS GYULÁRA e rövid önéletrajz. Visszatükröződik benne az a félig patriarchalis kor és környezet, melyből a kialakuló nagyvárosi élet többek közt az ő családját is vesztére kiragadja. Láthatjuk a társadalmi eltolódásokkal járó küzdelmeket, melyeknek szenvedő részese, de melyekben nem nélkülözte a megértő és nemeslelkű, sőt nagyvonalú támogatókat sem. Így ha fejlődésének menete nem is volt zavartalan és nem volt mentes küzdelmekről, de aránylag kedvező körülmények közt folyt le. Nem szabad megfeledkeznünk azokról az előnyökről sem, melyek reá nagy műveltségű családokban való hosszú nevelői működésből háramlottak.

Jellemének néhány alapvonása is kiderül életrajzából. Így az önkritika és határozottság, mely már a serdülő ifjában megnyilvánul, midőn zenei törekvéseiről lemond, midőn meggyőződik arról, hogy képességei e téren nem elegendők ama fok elérésére, melyet elérni töre-

kedett, de csalódása után is lelkes zongorázó maradt. Ugyanez a jellemvonás megnyilvánult akkor is, midőn tanártársai kérése ellenére erősödő szembajára hivatkozva időelőtt munkaerejének teljes birtokában nyugalomba vonult, mert úgymond, nem képes az irodalmat oly mértékben követni, mint ezt egy hivatását teljesítő tanártól joggal el lehet várni.

A mélyreható kritika, a hajthatatlan, mellékes szempontok által el nem téríthető keresése az igazságnak jellemezte úgy tudományos működését, mint egyetemi közügyekben kifejtett tevékenységét és épúgy vezérelte, ha egy tudományos igazság felderítéséről, mintha egy egyetemi tanszék betöltéséről, avagy saját életének sorsdöntő elhatározásáról volt szó. Sokat kívánt önmagától és másokkal szemben is mértéket alkalmazott. Nem volt túlságosan hozzáférhető, az embereket bizonyos távolban tartotta magától, de meg is tudta becsülni az emberi értéket. Nem volt barátja a sok beszédnek, kijelentéseit, felszólalásait tömör szabatosság, mely csak a lényegre szorítkozott, magas színvonalra emelte, ép így írásművei, ha nem is szolgálják mindenütt a könnyed megértést, a legnehezebb fogalmak felülmúlhatatlan precizitással való körülhatárolására mintaszerű példákkal szolgálnak. FARKAS GYULA elmélyedő természet volt, ki nem kereste az olcsó dicsőséget sem a közélet, sem a tudomány népszerűsítése terén, kinek pályája mintaképe a lassú, fokozatos, de következetes emelkedésnek és elmélyedésnek. És ép mivel nem kereste a népszerűséget, igen nagy tekintélyt tudott magának szerezni és áldásdús befolyást gyakorolni az egyetemi ügyek vezetésére.

2. Első tudományos próbálkozások.

FARKAS GYULA külső életpályája kezdetének ingadozásai és nehézségei visszatükröződnek tudományos fejlődésében is. Dolgozatai, melyek 1865-től, 18 éves korától 1877-ig, 30 éves koráig megjelentek egy tehetséges kezdő többé-kevésbé sikerült próbálkozásai, melyek azonban itt-ott elárulják a gondolkozó főt.

Első dolgozatai zenei tárgyúak²⁾ (1, 2, 3, 4), a többi matematikai és fizikai tárgyú. Van köztük egy „Természettan elemei, Népiskolák számára“ (7) kérdés és feleletekben, egy dolgozat a diszperzió elméletére (8), melyben egy általa nyilvánvalóan empirikusan, kis intervallumra érvényesnek talált összefüggést a törésmutató és rezgésszám közt állít fel és ennek hozzávetőleges levezetését meglehetősen önkényes feltevésekből adja. Pedig ekkor, 874-ben ismereteseek voltak már SELMEIER dolgozatai 1872-től, melyek a modern diszperzióelmélet alapjait vetették meg, bár a tankönyvirodalom még soká nem vett róluk tudomást, úgy hogy nem csodálkozhatunk, hogy FARKAS GYULA figyelmét is elkerülték.

1877-től 1887-ig sűrűn követik egymást matematikai dolgozatai (9-től 33-ig), melyek részint magyarul és németül, de nagyrészt francia nyelven a párisi Akadémia Comptes rendus-jében, hol VILLARCEAU és HERMITE mutatták azokat be, jelentek meg. Ebben az időben szerzi meg FARKAS GYULA a doktori fokozatot és habilitál a budapesti egyetemen, hol függvénytanról tart előadást, különben pedig a BATHÁNYIak támogatásával gondtalanul tisztán a tudománynak él. Életének e szakaszában jelentékeny tudományos magaslatra emelkedik és tudományos egyéniségének alapját ez időszakban veti meg. Matematikai dolgozatai algebrai problémákra, mint lineáris egyenletrendszerek megoldására (10), algebrai egyenletek képzetes gyökeinek meghatározására (11, 12, 17, 18), trinom egyenletekre (19), a gyökök sorfejtéssel való meghatározására (14) vonatkoznak. Majd áttér függvénytan problémákra: több dolgozatában az elliptikus függvényekkel (20, 21), a magasabbrendű sinusfüggvénnyel (22, 23, 24, 25) és alkalmazásaival, elliptikus integrálok sorbafejtésével (28), JACOBInak a HAMILTON-féle kanonikus egyenletekre vonatkozó tételének általánosításával (32), egyértékű függvényekkel (31) foglalkozik. Egyik dolgozatában

²⁾ A zárójelbe tett számok a függelék irodalmi összeállításának sorszámát jelentik.

(30) az általa BÓLYAI-féle algoritmusnak nevezett, az $x^m = a + bx$ egyenlet megoldására szolgáló iteráló eljárást teszi tanulmány tárgyává. Ugyancsak az iterálás képezi tárgyát a „Sur les fonctions iteratives“ című a Journal de Mathematiques-ban 1884-ben megjelent sokszor idézett dolgozatának (33), mely iterálás által nyerhető függvények analytikai karakterének megállapításával és az iterálási processus konvergenciájával foglalkozik. Geometriai tárgyú dolgozata is van kettő: egyik PASCAL bigavonallával (29), egy későbbi pedig egymásra teríthető felületekkel (37) foglalkozik.

1887-ben FARKAS GYULA kineveztetett a kolozsvári tudományegyetem matematikai fizikai tanszékére, amivel matematikai tárgyú dolgozatai egyelőre megszűnnek és tudományos fejlődése fordulóponthoz ért. Mielőtt részletesebben kitérnék fizikai kutatásaira, célszerű lesz szemügyre venni azt a kort és annak tudományos eszméáramlatait, melyben élt és melyben tudományos tevékenységét kifejtette.

3. Tudományos hatások és eszméáramlatok Farkas Gyula korában.

Hogy FARKAS GYULA tudományos egyéniségét megérthessük, tekintetbe kell vennünk ama hatásokat, melyeket környezetétől nyert és ama eszméáramlatokat, melyek kora tudományos törekvéseit mozgatták.

Hogy fejlődése eleinte igen lassú volt, azt csak részben tulajdoníthatjuk ama körülménynek, hogy nem élhetett élete eme oly fontos szakában tisztán a tudománynak, hanem nyilván nagy része volt abban egy élénk tudományos élet hiányának hazánkban. Hogy mindezek dacára látköre fokozatosan tágult és nemsokára megtalálta a kapcsolatot ama kérdésekkel és eszméáramlatokkal, melyek kora tudományában uralkodtak, azt kiváló egyénisége érdemének kell tulajdonítanunk. Hogy milyen személyi és speciális hatások érvényesültek nála kiválóan, azt nem tudjuk, csak általánosságban emlék-

szik meg JEDLIK ÁNYOS és a „matematika professzorai“ buzdító hatásáról. De tudjuk, hogy megtaálja a kapcsolatot a matematikában uralkodó függvénytan irányzattal, értekezései külföldön is megjelennek, rájuk számos hivatkozás történik, míg az egyetemen a függvénytan rendszeres előadások keretében ismerteti. Hogy mily gyorsan volt képes mélyen járó gondolatok jelentőségét felismerni, arra példa egy (31) dolgozata, melyben a néhány hóval ezelőtt PICCARD által felismert nagyjelentőségű tételt, mely egy függvény által egy lényeges szinguláris hely környezetében felvett értékekre vonatkozik, már saját vizsgálataiban alkalmazza és általánosítja.

Kissé általánosabban szeretnék kitérni ama kor fizikai eszmeáramlataira, melyek FARKAS GYULA működésének irányát is megszabták. Annál inkább van szükség erre, mert tudományos életműve nem merül ki oly speciális vizsgálatokban, melyeknek csak önmagukban van jelentőségük, hanem összességükben egy fizikai világnézet kifejezői. Már említett méltatásomban szembeállítottam egy inkább szorosán a tapasztalathoz símuló, fenomenologikus irányzatot, inkább mechanikai értelmezésre törekvő korpuszkuláris és így inkább spekulatív irányzattal és úgy FARKAS GYULA működését, mint korát a fenomenologikus szempontok túlsúlyával jellemeztem, míg a fizikai kutatás, mai irányát inkább a merészebb spekulációval jellemeztem. Azonban az említett mindkét irányzat a mai fizikában is meg van, sőt újabban a fenomenologikus irányzat igen mélyreható és jellegzetes kifejezést nyert, úgy hogy most talán helyesebben tudjuk értékelnéi úgy a fenomenologikus fizikát és egyúttal FARKAS GYULA életművét is.

Minden mélyebb belátás a fizikában egy alapvető ténynek vagy összefüggésnek felismeréséből indult ki. Egy nagyobb jelenségcsoport értelmezése sohasem volt olykép lehetséges, hogy csak arra szorítkoztak volna, amit a tapasztalat közvetlenül nyújtott, hanem ezt mindig kiegészítették oly elemekkel, melyeket közvetlenül nem észleltek. Eme kiegészítés megengedhető mértéke és

a kiegészítés módja sokszor vita tárgyát képezte, és aszerint, amint egyes kutatóknál vagy a kutatás egyes korszakaiban inkább a közvetlenül észlelhető adottságok, vagy a kiegészítések fontossága átfogó fizikai világnézet kiépítésére áll előtérben, beszélhetünk inkább empirisztikus vagy fenomenologikus irányzatokról egyrészt, másrészt inkább spekulatív, vagy a spekuláció konkrét tartalma szerint inkább korpuszkuláris, elméletekről. Ez a különválasztás sohasem teljesen éles sem egyes koroknál, sem egyes kutatóknál és főképp nem a legnagyobbaknál. Az extrém álláspontokat inkább az irányzatok filozófusai képviselték, mint MACH és OSTWALD.

NEWTON, kinél a matematikai természettudomány, az asztronómia és fizika körében konkrét és átfogó alakban először alakult ki és kinek alapkonceptiója a tapasztalati anyag óriási felhalmozódása és az elvi szempontok még nem rég alig sejtett átalakulásai és elmélyedései dacára ma is változatlanul érvényben van, a legnagyobb gonddal igyekezett tisztázni azt, hogy mi a fizikában a közvetlen adottság és mi a hypothetikus kiegészítés, mely utóbbit lehetőleg szűk térre igyekezett szorítani. Ezt jelenti ismert mondása „hypotheses non fingo“. Ő is csinált hypothesiseket, nem vált mind be, de nem hagyta magát általuk félrevezetni a tapasztalat megítélésében, amire jellegzetes példa, hogy a fénysugár periodikus viselkedésének vagy mondhatjuk a fény hullámhosszának felfedezője az emisszioelmélet alapján álló NEWTON és nem a hullámelmélet megalapítója HUYGHENS volt.

A NEWTON által felismert mechanikai alaptörvények és a gravitációtörvények hatása oly meggyőző volt, hogy nem csodálkozhatunk azon, hogy midőn a XVIII. század végén és a XIX. század elején az elméleti fizika mint rendszeres tudomány kialakult, e törvények mintájára akarták az egész fizikai valóságot értelmezni. Így mindenütt távolba ható centrális erőket vettek fel tömegpontok közt, vagy merev részekből gondolták felépítve a testeket és kétségkívül e felfogás termékenynek bizonyult és lehetővé tette az elméleti fizika felépítését. A

hőmennyiség és munka egyenértéke általában az energia megmaradásának tétele, mely a XIX. század közepe táján oly mély benyomást tett, alig alakulhatott volna ki e felfogás nélkül. Kialakult a hő mechanikai elmélete, mely legkonkrétebb alakot a kinetikus gázelméletben vette fel és melynek alapfeltevéseit a legújabb kutatások oly fényesen igazolták.

Azonban nem volt elkerülhető, hogy az elméletek olyan speciális feltevéseket is felvettek, melyek ugyan az uralkodó felfogás szerint közelfekvők voltak, de melyek nélkül is felépíthető volt az elmélet lényeges része. Azonkívül egy teljesen következetes mechanikai elmélet nem volt keresztülvihető. Így főképp a thermodynamika második főtétele okozott nagy nehézségeket, azután az elektrodinamika egyes jelenségei nem voltak a pontmechanika és a centrális erők alap gondolatával értelmezhetők. Azért talán nem véletlen, hogy az elektromos jelenségek értelmezésének helyes útját egy oly kutató mutatta meg, ki nem nőtt fel a pontmechanika gondolatkörében, kit hiányos matematikai képzettsége megóvott attól, hogy minden jelenséget csak a mechanika szemüvegén át nézzen. FARADAY volt az elektromágneses térelmélet megalapítója, kinek előítéletmentes megfigyelései és mély intuíciója lehetővé tette MAXWELL számára az elektromágneses jelenségek átfogó matematikai elméletének felépítését. A meddő kísérletek a MAXWELL-féle alapegyenleteknek egy mechanizmus segélyével való plauzibilis értelmezésére talán legfőképpen hozzájárultak annak a belátására, hogy a természet jelenségei nem szoríthatók a pontmechanika és a merev rendszerek szűk keretei közé.

Ezek az események készítették elő a talajt ama felfogás számára, mely nem törekszik minden jelenség mechanizmussal való értelmezésére, hanem beéri a természet jelenségeinek egyszerű leírásával, azaz differenciálegyenletek felállításával mérhető mennyiségek közt. Ily leírás legrégibb példája a bolygók mozgásának leírása a NEWTON-féle gravitációs törvények által a mechanika te-

rületén belül és a hőjelenségek körében FOURIER elmélete a hővezetésről, a MAXWELL egyenletek vagy a thermodynamika főtételei.

Ezeket époly alaptörvényeknek tekintették, mint a mechanika alaptörvényeit, melyekre nem redukálhatók. A hypothezisképzés legfeljebb arra szorítkozott, hogy az egyenletekhez újabb tagokat függesztettek. Az atomokat és molekulákat általában észlelhetetleneknek és már ezen okból is az elméletből eliminálandóknak tekintették, amennyiben létüket nem vonták teljesen kétségbe. Ezen irány legkimagaslóbb képviselői KIRCHOFF, ki a mechanikát mint a mozgás leírását jellemezte, W. VOIGT, P. DUHEM, ROBIN, H. POINCARÉ, OSTWALD, ki az atomisztikát a kémiából is eliminálni akarta és MACH, ezen irány filozófusa.

Evvel a fenomenologikus irányzattal szemben állottak azok a felfogások, melyek a jelenségeket speciális mechanikai képek alapján értelmezték. Ennek legelső és legjelentékenyebb képviselője a kinetikai gázelmélet és általában a hő mechanikai elmélete, beleértve a második főtétel statisztikai értelmezését is. CLAUSIUS, KRÖNIG, MAXWELL, BOLTZMANN, GIBBS neveit említjük itt csupán. Ezen elméletek kialakulása is a hatvanas-hetvenes évekre esik, amikor FARKAS GYULA publikálni kezdett. Hazánkban is élénk visszhangra találtak e törekvések, amint az id. SZILY KÁLMÁN és RÉTHY MÓR munkáiból kitűnik. E korpuszkuláris és a fenomenologikus elméletek kifejlődése részben egy időre esik, de a MAXWELL-féle egyenletek és a thermodynamika második főtételének korpuszkuláris értelmezése körüli nehézségek, valamint az alapfeltevések közvetlen igazolása lehetőségének látszólagos kilátástalan volta a fenomenologikus felfogás túlsúlyra jutását eredményezte.

Egy alapvető fordulat a kilencvenes években állott be, midőn a ritkított gázokban való kísérletek vizsgálata, H. A. LORENTZ elektronelmélete, a ZEEMAN effektus és a radioaktivitás felfedezése teljes túlsúlyra juttatta a kor-

pusztkuláris felfogást, bár nem egészen abban a formában, mint azokat előbb elgondolták.

Ugyanis kiderült, hogy a fenomenologikus elméletek sem voltak hiábavalóak. Reámutattak arra a lehetőségre, hogy a fizika egyes területeinek önálló alaptörvényei legyenek, melyek nem szükségképen a pontmechanika törvényei. Így már LORENTZ elektronelméletében a diszkrét elemi töltések kölcsönhatását nem egy elemi erőtvény, hanem az elektromágneses tér törvényei szabályozzák, melyeket önálló alaptörvényeknek kell felfognunk. Sőt igyekeztek a töltések tömegét is az elektromágneses térrel értelmezni, ami a mechanika alapjainak módosított és szabadabb felfogásához vezetett. Ezen szabadabb felfogás tette lehetővé a relativitás elméletét, melyet egész koncepciója minden merészsége dacára a fenomenologikus elméletek sorába iktat. Ép így, ha a fenomenologikus elméletek és az elektronelmélet nem lazította volna kissé meg a klasszikus mechanika kissé dogmatikusan felfogott alapfeltevéseit, alig lett volna lehetséges a mai elméleti fizikában domináló quantummechanika kifejlődése. De nemcsak előkészítő fontossággal bír a fenomenologikus irányzat a mai fizikai mozgalmak szempontjából. Hanem a korpuszkuláris elméletek előtérése akkor következett be, midőn nemcsak az elméletek igen nagy produktivitása derült ki, hanem számos oly tény vált ismertté, melyeknél nem számos korpuszkula átlagos hatása, hanem kevés, sőt sokszor egyetlen korpuszkula észlelhető hatást idéz elő. A BROWN-féle mozgás, scintilláció, a mozgó töltések pályáinak feltüntetése WILSON szerint, MILLIKAN módszere az elemi töltések közvetlen mérésére az egyes korpuszkulákat a fenomenologikus adottságok sorába emelték, melyek jellemző adatai, mint számuk, tömegük, töltésük stb. mérhető. A modern korpuszkuláris elmélet tehát teljes joggal fenomenologikus elméletnek tekinthető. Sőt azt is állíthatjuk, hogy a quantummechanikában a fenomenologikus irányzat egy újabb fejlődési fokot ért el, mert azt a kérdést, hogy mi képezheti észlelés tárgyát, sokkal inkább elvi alapon

veti fel, mint azt eddig felvethették és sokkal nagyobb konzekvenciával igyekeznek kiküszöbölni az elméletből mindazt, ami elvileg nem képezheti észlelés tárgyát. Csak abban különbözik lényegesen a régebbi fenomenológiától, hogy más dolgok azok, amit a régi fenomenológia a lehetséges észlelés határán kívül állónak tekintett és más az, amit a quantummechanika nem tart észlelhetőnek. Így a korpuszkulák létét és jellemző adatait nem tekintjük ma az észlelési lehetőségen kívül állónak, de beszélünk inkompatibilis mérésekről, mert egy rendszer egyes adatainak meghatározása bizonyos más adatok egyidejű meghatározását kizárja, ill. pontosságát korlátozza, amint ez a HEISENBERG-féle határozatlansági relációban kifejezésre jut. Amint ismeretes, ezért nem tulajdonítunk a BOHR-féle elektronpályáknak realitását. Nem akarom azt állítani, hogy a quantummechanikában sikerült minden nem észlelhető elem teljes eliminálása, hanem csak azt, hogy a quantumelmélet statisztikai értelmezése és a HEISENBERG-féle reláció felállítása óta egész fizikai világnképünk ismét fenomenologikus irányban fejlődött el.

FARKAS GYULA tudományos működése a legszorosabb kapcsolatban van a fenomenologikus irányzattal, annak egyik legkövetkezetesebb képviselője. Kutatásait a biztonságra és szigorúságra való törekvés és azonkívül a legnagyobb általánosság követelményének kielégítése vezérli. Annak a meggyőződésének ad kifejezést, hogy sok elmélet sikertelenségének oka az, hogy az alapfeltevésekbe túlságos megszorításokat vezettek be. Ezért legjelentékenyebb munkái arra vonatkoznak, hogy egyes tételeket felesleges korlátozásoktól megszabadítson. Szemléletes képekre nem törekedett és így az anyag korpuszkuláris felfogásával foglalkozott ugyan, de szorosabb kapcsolatba nem lépett és mindig bizalmatlansággal viseltetett iránta. Így nem látjuk nyomát, hogy a statisztikai mechanikát akár BOLTZMANN, akár GIBBS által megadott alakjában jelentőségének megfelelően értékelte volna. Az elektronelmélet azonban kétségkívül nagy hatást

gyakorolt reá, de azt oly módon igyekezett gondolatkörébe beilleszteni, hogy specifikus korpuszkuális jellegéből teljesen kivetköztette. Ellenben a relativitás elméletét, mely alapbeállításának annyira megfelelt, bámulatos gyorsan appercipiálta.

4. Farkas Gyula első tudományos fizikai dolgozatai az 1887—1893. években.

Midőn FARKAS GYULA 1887-ben a kolozsvári egyetem matematikai fizikai tanszékét elfoglalta, addigi tudományos működése szinte kizárólag a matematika területére esett. Lelkiismeretességére jellemző, hogy matematikai kutatásait azonnal abbahagyja és teljes erejét állásának megfelelően fizikai tanulmányoknak szenteli, értekezései az 1887—1893 évekből a fizikába való behatolásának mozzanatait jelölik. Ezek egyrésze az akkor aktuális fizikai és kémiai problémákra vonatkozik. Egyik dolgozatában (34) az elemek periodikus rendszerével és az atomsúlyok egészszámtól való eltérésével foglalkozik. Tekintetbe veszi azt a lehetőséget, hogy több, atomsúlyban és tulajdonságaikban csak kissé különböző elem létezik, melyek ugyanazon vegyületben helyettesíthetik egymást. Látszólag igen közel járt itt az izotop elemek gondolatához, de az akkori tudományos helyzetnek megfelelően közelfekvő feltevést teszi, hogy az elem sajátosságai elsősorban az atomsúly függvényei. Hosszú utat kellett a tudománynak megtennie, lényeges tapasztalatokra és alapvető elméleti meggondolásokra volt szükség, míg a magtöltés, ill. rendszám fogalma kialakulhatott és a periodikus rendszer mélyebb értelmezést nyert. Ugyanezen dolgozat elárulja azt is, hogy FARKAS GYULA odaadással tanulmányozta OSTWALD általános kémiáját. OSTWALD a fizikai kémia egyik úttörője és a szélső fenomenologikus irányzat képviselője volt, ki maradandó befolyást gyakorolt FARKAS GYULÁra. Általában a fizika és kémia határterülete igen érdekelte FARKAS GYULÁT, e területre vonatkozó több értekezése és számos ismertetése mutatja ezt.

OSTWALDON kívül a kolozsvári egyetem kémiai professzora, FABINYI RUDOLF-fal való együttműködése is befolyásolta, kivel együtt végezte egyetlen kísérleti tárgyú vizsgálatát a szén oxydálása által nyert elektromos áramról (35). Egyéb ezidőbeli dolgozatai az elektrokémiára és a kémia thermodynamikai vonatkozásaira terjednek ki (34) (39) és ezenkívül ismertetések vannak az újabb fizikai-kémiai elméletekről, melyek azonban sokszor érdekes önálló megjegyzéseket és fejtegetéseket is tartalmaznak.

Majd a tiszta thermodynamikai kérdések is magukra vonják érdeklődését. Így foglalkozik a thermodynamika második főtételének általános fenomenologikai levezetésével (38), a gondolatmenet és kérdéstétel egy későbbi igen jelentékeny dolgozatának csíráját rejtiben magában. Egy másik dolgozatában a thermodynamika mechanikai analogiájával foglalkozik (52), ily irányú vizsgálatok azidőben hazánkban is folytak. Egy másik, inkább népszerű dolgozata (40) a thermodynamika második főtételének a világegyetemre való alkalmazását és a világ úgynevezett hőhalálát tárgyalja. Ez egy igen érdekes és magasvonalú ismertetés, melyben a szerző általános természetfelfogása is kifejezésre jut. Csak egy megjegyzésre szorítkozom, ami talán a fizika legújabb fejlődése szempontjából némi érdeklődésre tarthat számot. Azt az alapvető jelenséget, hogy egy vegyület más sajátságokkal bír, mint az azt alkotó elemek, FARKAS avval a feltevessel próbálja értelmezni, hogy az anyagok és így az elemek különbsége az atomok belső mozgási állapotainak különbségére vezethetők vissza. Ha vegyület jön létre, az elemek atomjai kölcsönhatásba lépnek és egymást befolyásolják, úgy mint két egymásra hatást gyakorló rezgő rendszerben a frekvenciák megváltoznak. (Lásd 1. c. p. 39—40.) Ugy látszik FARKAS itten az akkor sokat tárgyalt BJERKNES-féle pulzáló gömbökre gondolt, melyekre akkor az atomok kölcsönhatása értelmezésénél is gondoltak. Ez a gondolat, mely FARKASnál csak hasonlat, eszünkbe juttatja a kémiai kötésnek a

quantummechanika alapján álló HEITLER és LONDONTól eredő értelmezését, mely szerint két atom. kölcsönhatásakor azok állapotát meghatározó sajátfüggvények megváltoznak, tehát egy rezonanciához hasonló jelenség lép fel. Ez persze csak véletlen hasonlóság, nem állíthatjuk, hogy FARKAS GYULA sejtette volna a HEITLER—LONDON-féle elméletet, melynek felállítására az összes előfeltételek hiányoztak.

Ugyanezen időben foglalkozott a GALILEI-féle távcső látóterének elméletével (36), állandó elektromos áramlásokkal (53) és 1893-ban a lineáris elektromos áramlásoknál amaz elemi törvények meghatározásával, melyek az egyedül észlelhető zárt áramkörök esetében hatásukban az AMPÈRE-féle törvény hatásával megegyeznek (56).

1893-ban részt vett FARKAS GYULA Páduában GALILEI tanszékfoglalásának 300 éves jubileumán (55) és ezen alkalomból írt történeti tárgyú dolgozata a virtuális sebességek elvével GALILEINél foglalkozik, amivel kezdetét vették a mechanika alapelveire vonatkozó mélyreható kutatásai.

Célszerű lesz ez időponttól kezdve eltekinteni FARKAS GYULA alkotásainak kronologikus sorrendjétől, hanem azokat tárgykörök szerint fogjuk csoportosítani. A mechanika és evvel összefüggésben az egyenlőtlenségre vonatkozó vizsgálatait, elektrodinamika, thermodynamika, relativitáselméleti és végre vegyes vizsgálatait fogjuk ilyen rendben figyelembe venni.

5. Vizsgálatok a mechanika és az egyenlőtlenségek tana köréből.

Midőn FARKAS GYULA figyelme a páduai GALILEI ünnepély kapcsán a virtuális sebességek elve felé fordult, evvel oly gondolatkörrel lépett kapcsolatba, mely élete végéig lekötötte, melyre a szorosabb értelemben vett mechanikai elvre vonatkozólag kilenc (54, 55, 57, 59, 60, 63, 65, 68, 70) és ugyancsak kilenc az elvvel kapcsolatos matematikai problémákra, nevezetesen a lineáris egyen-

lőtlenségek tanára vonatkozó dolgozata jelent meg (60, 63, 67, 69, 80, 81, 82, 83, 85).

FARKAS GYULA a virtuális sebességek vagy elmozdulás vagy virtuális munka elvében találta meg a mechanika alaptörvényének legegyszerűbb és legáltalánosabb kifejezését, még pedig nem annak egyenlőséggel kifejezhető szokásos alakjában, hanem általánosabb, FOURIERTől eredő, egyenlőtlenéssel jellemzett formájában. Míg a virtuális elmozdulás elvét LAGRANGE az ő korszakalkotó *Mecanique analytique*-jében a mechanika alapjává tette (1788) úgy az elvnek FOURIERTől eredő, egyenlőtlenéssel kifejezhető általánosítását, melyet FOURIER 1798-ban közölt, nem részesítették jelentőségének megfelelő figyelembe, sőt maga LAGRANGE a *Mecanique analytique* újabb kiadásában sem méltatta figyelemre, úgy hogy az elv feledésbe merült, míg GAUSS 1829-ben újra felfedezi. 1834-ben OSTROGRADSKY foglalkozik vele, később itt-ott említik, anélkül, hogy behatóbb tárgyalást nyerne. FARKAS GYULÁÉ az érdem, hogy a FOURIER-féle elvvel behatóan foglalkozott, sokkal nagyobb általánosságban, mint elődei és kimutatta használhatóságát a mozgás meghatározására.

FARKAS GYULA az egyenlőtlenéssel tanára és a mechanika alapelveire vonatkozó vizsgálatait két nagyszabású értekezésben foglalta össze, melyek a *Crelle Journal* 1902. és 1906. évfolyamában: „*Theorie der einfachen Ungleichungen*“ és „*Beiträge zu den Grundlagen der analytischen Mechanik*“ címen jelentek meg és melyekből legjobban alkothatunk magunknak képet idevontatkozó kutatásairól. (69, 70.)

Ezen vizsgálatok legnagyobb értékét az alap- és segédfogalmak rendkívül gondos körülhatárolásán kívül az elvek és tételek általánosságát az addigi tárgyalásokban korlátozó megszorítások eliminálása, valamint egyes szinguláris jellegű esetekre való alkalmazása képezi.

Így FARKAS GYULA a legnagyobb körültekintéssel járt el már az elv kimondására szükséges segédfogalmak bevezetésénél, mint a koordinátarendszer, kényszerállo-

mány, melynél megkülönbözteti a teleprendszer, melynek mozgása függetlennek vehető a rendszer mozgásától és a kapcsoló rendszert, melynek tömege elenyésző a rendszer tömegeihez képest.

A kényszererőt úgy definiálja, mint a tömeg és gyorsulás szorzata által megadott valóságos erő és a szabad erő különbségét, mely utóbbi az az erő, mely akkor is hatna, ha a rendszer pontjainak közvetlen környezetéből a kényszerállományt eltávolítanánk.

Ha a virtuális elmozdulás komponenseit, mint a kényszerfeltételek által megengedett $\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i$ és valóságos dx_i, dy_i, dz_i elmozdulások különbségeit definiáljuk: $\delta x_i = \dot{x}_i - dx_i, \dots$ úgy a FOURIER-féle elvet a következő egyenlőtlenség fejezi ki:

$$\sum_i \{ (m_i \ddot{x}_i - X_i) \delta x_i + (m_i \ddot{y}_i - Y_i) \delta y_i + (m_i \ddot{z}_i - Z_i) \delta z_i \} \geq 0 \quad (1^*)$$

hol m_i az i -ik pont tömege, $\ddot{x}_i, \ddot{y}_i, \ddot{z}_i$ a gyorsulás, X_i, Y_i, Z_i a szabaderő komponensei. Szóval az elv úgy fejezhető ki, hogy a kényszererő virtuális munkája negatív nem lehet. A kényszert általában a virtuális elmozdulás komponensei közt fennálló lineáris relációk, még pedig egyenlőségek és egyenlőtlenségek fejezik ki:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n (A_{ik} \delta x_i + B_{ik} \delta y_i + C_{ik} \delta z_i) &= 0 \\ k &= 1, 2, \dots, j; j \leq 3n \\ \sum_{i=1}^n (L_{ik} \delta x_i + M_{ik} \delta y_i + N_{ik} \delta z_i) &\geq 0 \\ k &= 1, 2, \dots \end{aligned} \right\} \quad (2^*)$$

Az együtthatók a koordináták és az időnek általában differenciálható függvényei, de diszkrét szakadási helyeket is megenged. A kényszer független egyenleteinek száma nem lehet nagyobb, mint a változók száma, ugyanezt fel szokták tenni az egyenlőtlenségekre is. FARKAS GYULA kutatásainak egy igen értékes eredménye, hogy a független egyenlőtlenségek száma nem bír felső határral, ha a változók száma kettőnél nagyobb. Függet-

len egyenlőségek alatt olyanokat ért, melyek mindegyike újabb korlátozást jelent a változók számára.

Ha

$$\begin{cases} \theta_i \equiv A_{i1}x_1 + A_{i2}x_2 + \dots + A_{in}x_n \\ \theta'_i \equiv A'_{i1}x_1 + A'_{i2}x_2 + \dots + A'_{in}x_n \end{cases} \quad (3^*)$$

az x_1, x_2, \dots, x_n változók homogén lineáris formái, és a változók minden

$$\theta_i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, k; \quad k \leq n \quad (4^*)$$

$$\theta'_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots$$

lineáris relációrendszerrel kielégítő értékeinél fennáll a

$$\vartheta \equiv \alpha_1x_1 + \alpha_2x_2 + \dots + \alpha_nx_n \geq 0 \quad (5^*)$$

lineáris homogén reláció, úgy azt mondhatjuk, hogy az (5^*) reláció a (4^*) relációrendszer következménye.

Ezen esetben két fontos tételt sikerült megállapítania. Az első így fejezhető ki: Mindig található olyan λ_i multiplikátorok és olyan λ'_i nem-negatív multiplikátorok, hogy ϑ a következő alakban állítható elő:

$$\vartheta \equiv \lambda_1\theta_1 + \lambda_2\theta_2 + \dots + \lambda_k\theta_k + \lambda'_1\theta'_1 + \lambda'_2\theta'_2 + \dots \quad (6^*)$$

A második tétel pedig a változók előállítására vonatkozik tetszőszerinti v_i és nem-negatív w_i paraméterek segítségével a következőképen:

$$x_i = \sum_k F_{ik}v_k + \sum_k P_{ik}w_k, \quad w_k > 0 \quad (7^*)$$

hol F_{ik} és P_{ik} meghatározott számok.

Lineáris egyenlőtlenségek rendszereivel ilv általánosságban FARKASON kívül csak MINKOWSKI foglalkozott, ki „Geometrie der Zahlen“ című híres művében FARKASSAL csaknem egyidőben, de egészen más megfontolások alapján szintén megállapította ezen tételeket. Később HAÁR ALFRÉD inhomogén egyenlőtlenségekre is általánosította FARKAS teteleit. Maga FARKAS GYULA pedig később foglalkozott olyan nem-lineáris egyenlőtlenségekkel, melyek lineárisak rendszerére redukálhatók (80, 81) és ezeket thermodynamikai kérdésekre is alkalmazta.

Az egyenlőtlenségek tanára FARKAS GYULA élete utolsó éveiben ismét visszatért és erre vonatkozik utolsó dolgozata (85) is, melyben az n -dimenziós vektor és a konvex test fogalmának felhasználásával az egyenlőtlenségekre vonatkozó főtételeket rendkívül elegánsan állította elő és megállapított új, érdekes az egyenlőtlenségek közt fennálló reciprocitási relációkat.

Az egyenlőtlenségekre vonatkozó vizsgálatok matematikai alapját képezik a mechanika tárgyalásának a FOURIER-féle elv alapján. Mivel az elvet kifejező (I^*) egyenlőtlenség a változóknak $(\partial x_i, \partial y_i, \partial z_i)$ a kényszerrelációrendszer következménye és így úgy a multiplikátoros, mint a paraméteres előállítás alkalmazható és oly relációrendszerekhez vezet, melyek a LAGRANGE-féle multiplikátoros, illetőleg paraméteres egyenleteknek felelnek meg. A multiplikátoros egyenletek (I^*) és (2^*) relációk alapján (6^*) tételnek megfelelően lesznek:

$$\left. \begin{aligned} m_i \ddot{x}_i &= X_i + \lambda_1 A_{1i} + \lambda_2 A_{2i} + \dots + \\ &\quad + \lambda_k A_{ki} + \lambda'_1 L_{1i} + \lambda'_2 L_{2i} + \dots \\ m_i \ddot{y}_i &= Y_i + \lambda_1 B_{1i} + \lambda_2 B_{2i} + \dots + \\ &\quad + \lambda_k B_{ki} + \lambda'_1 M_{1i} + \lambda'_2 M_{2i} + \dots \\ m_i \ddot{z}_i &= Z_i + \lambda_1 C_{1i} + \lambda_2 C_{2i} + \dots + \\ &\quad + \lambda_k C_{ki} + \lambda'_1 N_{1i} + \lambda'_2 N_{2i} + \dots \\ \lambda'_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots \end{aligned} \right\} \quad (8^*)$$

A paraméteres relációkat, melyek a LAGRANGE-féle másodfajtájú egyenleteknek felelnek meg, nyerjük, ha a virtuális elmozdulás komponenseit (7^*) szerint paraméteresen előállítjuk:

$$\left. \begin{aligned} \delta x_i &= \sum_k F_{ik} \delta v_k + \sum_k P_{ik} \delta w_k \\ \delta y_i &= \sum_k G_{ik} \delta v_k + \sum_k Q_{ik} \delta w_k \\ \delta z_i &= \sum_k H_{ik} \delta v_k + \sum_k R_{ik} \delta w_k \\ \delta w_k &> 0 \end{aligned} \right\} \quad (9^*)$$

és az (I^*) relációba helyettesítjük, ami által a következő relációkat nyerjük:

$$\left. \begin{aligned} \sum_i \{F_{ik}(m_i \ddot{x}_i - X_i) + G_{ik}(m_i \ddot{y}_i - Y_i) + H_{ik}(m_i \ddot{z}_i - Z_i)\} &= 0 \\ \sum_i \{P_{ik}(m_i \ddot{x}_i - X_i) + Q_{ik}(m_i \ddot{y}_i - Y_i) + R_{ik}(m_i \ddot{z}_i - Z_i)\} &\geq 0 \end{aligned} \right\} (10^*)$$

Ha a kényszert csak egyenletek fejezik ki, úgy e relációrendszerből csupán az egyenletek maradnak meg, melyek a közönséges másodfajtájú LAGRANGE-féle egyenletekkel identikusak.

FARKAS példával igazolja, hogy eme a megszokottnál sokkal általánosabb megfontolások igen egyszerű, nem mesterkélt esetekben is alkalmazást találnak és nélkülözhetetlenek. Így ha a kényszer abban áll, hogy egy tömegpont egy merev test felületének csak egyik oldalán lehet jelen, a kényszert már csak egyenlőtlenséggel fejezhetjük ki. Ezt helyettesíthetjük ugyan egyenlettel, ha a tömegpont nem hagyja el a felületet a mozgás folyamán, de nem nélkülözhetjük az egyenlőtlenséget, ha mozgás közben a felülettől elválik.

Az az eset, midőn a kényszerfeltétel független egyenlőtlenségeinek száma nagyobb, mint a változóinak száma, megvalósul, ha egy merev pontrendszer egy sík felülettel egy konvex síkpolygonban érintkezik, melynek háromnál több szögpontja van.

FARKAS GYULA megfontolásait további általánosabb esetekre is kiterjesztette, így arra az esetre, midőn a kényszert a változók különböző tartományaiban különböző relációk fejezik ki, valamint a súrlódás esetére, midőn a kényszerrelációk együtthatói a sebességtől is függenek.

Egy igen messzemenő általánosítása folytonos közegekre vonatkozik, midőn azt a lehetőséget is tekintetbe veszi, hogy a rendszer több, a teret folytonosan betöltő komponensből áll, melyek egymáson áthatolhatnak, úgy hogy a tér egy pontjában többféle sebesség létezik, és a különböző komponensek különböző kényszerrelációknak lehetnek alávetve. Eme általánosításait az elek-

tronelméletre való tekintettel fejtette ki és ezek „Általános mechanikai elvek az aether számára“ címen az Archiv Neerlandaises LORENTZ jubiláris kötetében is megjelent. (68)

A FOURIER-féle elv FARKAS GYULA egész fizikai gondolkodásában centrális helyet foglal el és ez egyetemi előadásában is kifejezésre jutott.

6. Vizsgálatok az elektrodynamika köréből.

Már előbb említettük FARKAS GYULA szép vizsgálatait, melyekben lineáris stacionárius elektromos áramok esetében az AMPÈRE-féle elemi törvénnyel aequivalens törvényeket megállapította. (56). Míg ez a dolgozat az u. n. klasszikus elektrodynamika gondolkörében mozog, élénk érdeklődéssel követte az elektrodynamika újabb fejlődését is. Akadémiai székfoglaló értekezésében, melynek címe: „Pótlások a vektor-tanhoz és az elektromágnesség tanához“, a MAXWELL-féle elektrodynamika néhány formális vonatkozásával, mint vektorok paraméteres előállításával, valamint az egyenletek lehetséges általánosításaival foglalkozik (66) és ugyanezen kérdések elsejére Vektortanában is visszatér (67). Majd a LORENTZ-féle elektronelmélet figyelmét nagy mérvben leköti, amint erre vonatkozó beható tanulmányai (68, 75, 76) tanúskodnak. A konkrét feltevésekkel dolgozó elektronelmélettel FARKAS GYULA csak úgy tudott megbarátkozni, hogy az elméletet saját fenomenologikus beállításának megfelelően átdolgozta. Nevezetesen arra törekedett, hogy az elméletből elimináljon mindent, ami felfogása szerint túlságosan speciális és nem lényegesen szükséges a tapasztalat által ellenőrizhető jelenségek értelmezésére. Nézete szerint az elméletre lényeges az anyagtól és egymástól is függetlenül mozgó elektromos töltések felvétele, de nem lényeges, hogy a töltéseket mint térbelileg elkülönült, meghatározott nagyságú és tömegű részeket fogjuk fel. Az elektromosság fluidum elméletét alkotta meg, melyben a teret folytonosan betöltő,

egymáson áthatolni képes töltések fordulnak elő, melyek mechanikájával már előbb (68) behatóan foglalkozott. Beszél ugyan dipólusokról, pentapolusokról, de ezeknek nem tulajdonít oly jelentőséget, mint a korpuszkuláris elmélet, mert ezek a polusrendszerek nála nem különülnek el térbelileg. Így pl. egy dipólus rezgése nála azt jelenti, hogy egy pozitív és egy negatív töltésű, ugyanazt a teret folytonosan betöltő közeg végez egymáshoz képest rezgést, vagy más esetben oly mozgást, hogy az egyik közeg minden pontja körpályát ír le. Az így kialakult elmélet előállítja a LORENTZ-féle elektronelméletnek a középértékekkel értelmezhető mennyiségekre, amint áramsűrűség, dielektromos polárosság stb. vonatkozó törvényszerűségeit.

Ezen elmélet kialakulásában igen erősen megnyilvánult FARKAS GYULA fenomenologikus gondolkozása és az azidőbeli fenomenologusok bizalmatlansága minden korpuszkuláris elgondolással szemben, de jelentékeny érdemnek tekinthetjük, hogy megmutatta, hogy mi maradt meg a LORENTZ-féle elektronelméletéből, ha abból a korpuszkulákat, tehát az elektronokat elimináljuk. Természetesen elmélete nem tudott számot adni azokról a jelenségekről, melyeknél az észlelés nem sok rész általános hatására vonatkozik, hanem melyeknél az egyes elemi részek külön fejtenek ki hatást. Mint beszélgetésekből alkalmam volt meggyőződni, FARKAS GYULA is tudatában volt elmélete ily irányú elégtelenségének.

Elmélete termékenynek nem bizonyult és hatást nem fejtett ki úgy mint JAUMANN és mások hasonló törekvései sem. A korpuszkuláris felfogás minden téren rendkívül termékenynek bizonyult és lassankint az egész fizika területét áthatotta.

Újabban ugyan történtek kísérletek arra, hogy a folytonosság felfogását újra érvényre juttassák, de ezen törekvések annyiban lényegesen különböznek a régebbi kísérletekről, hogy a korpuszkulák létét és sajátságait mint megállapított tényt eleve elismerik és azt nem eliminálni, hanem folytonossági alapon értelmezni próbál-

ják, így MIE, és elmélete első korszakában SCHRÖDINGER, vagy pedig a korpuszkuláris szerkezetet, képletesen szólva; mint a valóság egyik oldalát fogják fel, melynek azonban evvel szemben egy más, folytonos, hullámszerű oldala van, mint a quantummechanikában.

Érdekes és felemlítésre méltó FARKAS felfogása az elektromágneses térről, melyet nem tekint alapvető realitásnak, hanem a töltéseket tekinti azoknak. Az elektromágneses tér csupán egy segédszerkesztés, mely arra való, hogy a töltések mozgására belőle következtetéseket vonhassunk. A tulajdonképeni alapegyenlet a töltések megmaradását kifejező kontinuitási egyenlet, melynek paraméteres megoldásai a MAXWELL-féle egyenletek az elektromos és mágneses térintenzitásokkal mint vektorparaméterekkel. Az persze külön tapasztalat, hogy ezek a paraméterek fordulnak elő a LORENTZ-féle erőtvényben is, ami adja meg ezek tulajdonképeni jelentőségét. Az elektromágneses térre vonatkozó hasonló felfogásnak alkalmilag több vezető fizikus is kifejezést adott, mint BOHR, KRAMERS és BORN.

7. Vizsgálatok a relativitás elmélete köréből.

Jelentékeny érdeme FARKAS GYULÁNAK, hogy a relativitás elméletének jelentőségét azonnal felismerte, oly időben, midőn a szakemberek tudományos centrumokban sem voltak vele tisztában és körülbelül egy évtizeddel azelőtt, mielőtt az elmélet szélesebb körökben népszerűvé vált és a hozzánemértők pro és contra hozzászólása annyi és oly kevéssé örvendetes diszkusszióhoz vezetett. FARKAS GYULA elvont gondolkozása és kiváló matematika képzettsége és érzéke érthetővé teszi ezt, amint általában a matematikusok és theoretikus fizikusok könnyen megbarátkoztak ezen elméletnek a köznapi felfogás számára oly merész, de a theoretikus fizika fejlődési irányába eső és már korán egy lezárt logikus rendszerbe foglalható feltevéseivel, úgy, hogy sokan a relativitás elméletét a klasszikus fizika betetőzésének tekintik.

Egészen másképp alakult ki a quantumelmélet, amelyben egyes tapasztalatok értelmezésére ad hoc kellett olyan feltevéseket bevezetni, melyek a klasszikus fizika feltevéseitől igen elütöttek, az elmélet rendszerében idegen testet képeztek és csak az elmélet felállítása (1900) óta több mint negyedszázad után voltak egy átfogó elméletbe beilleszthetők.

FARKAS GYULA egész beállítása érthetővé teszi, hogy a quantumelmélettel annak kezdeti állapotában nem igen barátkozott meg, habár azt hiszem, hogyha az általános elmélet, a quantummechanika, kialakulásakor nem lett volna olyan magas korú, ezt az absztrakt és erősen fenomenologikus elméletet örömmel appercipiálta volna.

Miután EINSTEIN 1905-ben a relativitás posztulátumát felállította, FARKAS már a következő évben, 1906-ban egy értekezésben (71) foglalkozik vele és azóta öt (73, 75, 76, 79, 84) további dolgozata vonatkozik e tárgyra. Az elektromosság folytonossági elméletében eleve számol a relativitás követelményeivel, azonkívül megadja a relativitás elmélete szempontjából a virtuális munka, a merevségi és sűrűlődtalan folyékonysági állapot, a rugalmasság és érintkezési kényszer kifejezéseit.

Egy 1921-ben megjelent dolgozata (84) a gravitáció elméletének beleillesztését a speciális relativitáselmélet gondolkörébe célozza az egy test problémája esetében. A négydimenziós MINKOWSKI-féle térben egy forgásfelületet definiál, melyben a pont kényszermozgása a gravitáció hatása alatti pont-mozgásnak felel meg. Itt is a virtuális munka elvét használja fel, melyet négyes vektorokkal fejez ki.

Egy másik dolgozatában ZEMPLÉN GYŐZŐNEK a MICHELSON-féle kísérlet magyarázatára vonatkozó feltevéseinek a relativitás elméletéhez való viszonyát tárgyalja. (79).

Az „Energia terjedése“ című (90) egyetemi előadásában a LORENTZ-féle transzformációt a következő feltevésekből vezeti le:

1. A transzformáció véges.

2. Az a téridősokaság konform leképezése.

3. Van egy oly sebesség, mely minden téridőrendszerben ugyanolyan nagyságú, helytől, időtől, iránytól független.

A LÖRENTZ transzformáció ezen levezetését később C. MUNARI (Rendiconti del Reale Accademia dei Lincei XXIII. 781. 1914.) szintén megállapította.

Az általános relativitáselmélettel egy inkább formális (75) és már említett dolgozatán kívül nem foglalkozott.

8. Thermodynamikai vizsgálatok.

Már FARKAS GYULA első fizikai tárgyú dolgozatai közt találunk thermodynamika vonatkozásúakat (34, 35, 38, 39, 40), később pedig igen jelentékeny vizsgálatok tárgyává tett thermodynamikai kérdéseket.

Ezek egyikében, mely akadémiai rendes tagsági székfoglalója, a biztos thermodynamika egyensúly megállapításával foglalkozik (78). A biztos egyensúlyra részletes vizsgálatok vannak, ha a

$$d\varepsilon - Td\eta - d\mu \quad (11^*)$$

kifejezés, melyben ε az anyagi rendszer teljes energiájának és kinetikus energiájának különbsége, T az abszolút hőmérséklet, η a rendszer entrópiája, $d\mu$ a rendszerrel dt idő alatt közölt munka, teljes differenciállá alakítható át. FARKAS kimutatja, hogy e feltevés teljesülése nélkül is lehetséges biztos egyensúly és az általa nyert feltételeket néhány speciális esetre alkalmazza.

Még sokkal jelentékenyebb az a rövid értekezés, mely a Mathematika és Physikai Lapokban 1895-ben magyarul és ugyanazon évben németül is a Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn-ban megjelent (58) és melynek címe: „A CARNOT—CLAUSIUS-féle tétel egyszerűsített levezetése“.

A dolgozat célja a thermodynamika II. főtételenek oly levezetését nyújtani, mely mentes minden felesleges és esetleges hozzátételtől, így pl. a speciális rendszere-

ken végzendő körfolyamatoktól. FARKAS a következő tapasztalati alaptételt állítja fel:

„Adiabatikusan, azaz pusztán mechanikai műveletekkel egy test vagy testrendszer sem juttatható olyan állapotba, melybe pusztán hőközléssel, azaz hőnek be- vagy kivezetése folytán a hőnek megváltoztatásával juthat“.

Kimutatja, hogy ha ez nem így volna, ellenkezésbe jutnánk a tapasztalattal, pl. a CLAUSIUS-féle posztulátummal, mely szerint alacsonyabb hőmérsékletű hőforrásról kompenzáció nélkül magasabb hőmérsékletű hőforrásra hő nem mehet át. Kimutatja, hogy alaptétele érvénye esetében mindig van a felvett elemi hőt kifejező differenciál kifejezésnek:

$$dQ = \theta d\vartheta + A da + B db + \dots \quad (12^*)$$

hol ϑ, a, b, \dots állapothatározók és θ, A, B, \dots ezek függvényei, integrációs nevezője. Az is érdeme, hogy észrevette, hogy ily PFAFF-féle differenciálkifejezésnek, — ha a független változók száma kettőnél nagyobb — általában nincs integrálási nevezője és így annak léte egy tapasztalatot fejez ki. Ezt pl. a kiváló göttingai fizikus W. VOIGT nem vette észre és az integrálási nevezők létezését magától értetődőnek vette fel, Compendium der theoretischen Physik c. jeles művében. FARKAS GYULÁNAK erre vonatkozó kritikai megjegyzéséből, melyet W. VOIGT is elismert, keletkezett a vizsgálat.

E dolgozat nevezetessége abban áll, hogy FARKAS GYULA 1895-ben németül is megjelent dolgozatában antcipálta a thermodynamika CARATHEODORY-tól eredő axiomatikus elméletet.³⁾ A CARATHEODORY-féle elv (LANDÉ: a Handbuch der Physik-ben megjelent cikke szerint idézve) álljon itt szószerint:

„Im beliebiger Nähe jedes Zustandes eines Systems von Körpern giebt es Nachbarzustände, die vom ersten Zustand aus, nicht auf adiabatischem Wege erreichbar sind“.

³⁾ CARATHEODORY. Math. Ann. Bd. 67. p. 355. 1909.

Bár a CARATHEODORY-féle elv meglehetősen feltűnést keltett és többen foglalkoztak vele, így T. EHRENFEST—AFANASJEVA, BORN, LANDÉ, figyelmüket elkerülte FARKAS GYULA 14 évvel előbb megjelent cikke, nyilván, mert a Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn nem olyan közkezen forgó folyóirat és FARKAS GYULA is elmulasztotta elméletére újólaj felhívni a figyelmet, úgy hogy az itthon sem igen volt ismeretes és az előadó figyelmét is BRÓDY IMRE dr. hívta fel reá nemrég.

9. Vegyes dolgozatok.

FARKAS GYULA érdeklődése az elméleti fizikának majdnem minden területére kiterjedt. Az előbb felemlítetteken kívül számos dolgozatát is meg kell említenünk. Így a HUYGENS-féle elv KIRCHOFF-féle alakjának új és elegáns levezetését (62), a gázdifúzió KIRCHOFF-féle egyenleteinek redukálását (64), levelét HILBERThez (72), melyben a HUGONIOT-féle lökéshullámok tárgyalásánál azt a feltevést, hogy bizonyos állapotváltozók, mint a sűrűség és a sebesség bizonyos felületeken át ugrásszerűen változnak gyors, de folytonos változással helyettesíti és így is helyes eredményt kap.

Külön ki kell emelni FARKAS GYULA egyetemi előadásait, melyeket gondos kidolgozásban litografálva közrebocsájtott (67, 86—90). Előadásai az egész elméleti fizikára kiterjednek, de beosztásuk a szokottól nagy mértékben eltér. A főszóly az alapfogalmak pontos és általános kifejezésén van. Csak oly jelenségeket von tárgyalása körébe, melyek ily értelemben vett rendszeres tárgyalásra mégertek. Fogalmazásuk igen gondos és tömör, nem lehet egy szót elvenni, mely fölösleges volna. Ezért nem képeznek könnyű olvasmányt és alig alkalmasak egy kezdő hallgató bevezetésére a tudományba, de ki már érettebb ésszel veszi ezeket kezébe és ki a szigorúság és általánosság követelményeire, valamint egy nagy diszciplína egységes logikus felépítésére szólyt helyez, sok tanulságot meríthet és sok élvezetet találhat bennük.

De ép ezek a sajtásokok, valamint a szemléletesség hiánya érthetővé teszik, hogy szélesebb körökben nem váltak népszerűekké.

Előadásai közül egy „Vektortan és bevezetés az inaequatíok tanába“ (67) könyvalakban is megjelent és talán a fentemlített sajtásokokat szinte túlozva mutatja, mert többi előadásai ennél könnyedébb modorban vannak megírva. „A mechanika alaptanai“ és „Analytikus mechanika“ című előadásaiban a pont és merev rendszerek mechanikáját tárgyalja a FOURIER-féle elv alapján egységes szempontból. „Erőtan“-a a potenciál elméletét és stacionárius elektromos áramok tanát tartalmazza az „Energia átalakulása“ a thermodynamikát. Végre az „Energia terjedése“ a folytonos testek mechanikáját igen általános alapfeltevések: a FOURIER-féle elv kiegészítve a thermodynamika fundamentális egyenlőtlenségével, alapján tárgyalja, azután az elektrodinamikát a relativitáselmélettel.

Az optika néhány tétele is helyt foglal ezen előadásában. Külön előadásban nem tért ki az optikára.

A fentiekben igyekeztem FARKAS GYULA egyéniségéről és tudományos életművéről képet nyújtani. Tudom, hogy vázlatos és talán egyoldalú és igen meg volnék elégedve, ha csak némileg is sikerült ismerősei és tisztelői előtt képét feleleveníteni és távolállókban is emberi és tudományos értékeinek sejtését felkelteni.

Farkas Gyula tudományos értekezései.

Rövidített jelölések:

- C. R. Comptes Rendus des séances de l'académie des sciences de Paris.
- M. T. É. A Magyar Tud. Akadémia Matematikai és Természettudományi Értesítője.
- N. B. U. Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. Kiadja a M. Tud. Akadémia.

1865.

1. A zene erkölcsi szempontból. KISBARNAKY (nemesi praedikátum) néven. Zenészeti Lapok 1865. nov. 9.
2. Némely hangzat tilos voltának az oka. KISBARNAKY néven. Zenészeti Lapok 1865. dec. 14.

1866.

3. Hogyan eszközölhető, hogy nyelvünk versmértéke megegyezzek a ráírt dal mértékével. KISBARNAKY néven. Zenészeti Lapok 1866. jan. 10.

1870.

4. Die Diatonische-Durscala wissenschaftlich begründet, 1—12. Különlenyomat. Taborszky és Parsch. Pest. 1870.
5. A gyülcensék képtávolának általános pontos képlete. Székesfehérvári alreáliskola évkönyve 1870/71.

1871.

6. Egy homályos pont a betűszámokban. A székesfehérvári tanítóképzői póttanfolyam értesítője. 1871.

1872.

7. Természettan elemei. Népiskolák számára. Szimmer Kálmán kiadása. Székesfehérvár. 1872. 1—63.

1874.

8. A fénysugarak törésmutatója és rezgésszáma. 1—8. A székesfehérvári „Vörösmarty“ nyomda. 1874. Különlenyomat.

1877.

9. A determinánsok. Genéve 1877. BALTZER művének magyarázatokkal ellátott első szakasza.

1878.

10. Solution d'un système d'équations linéaires, présentée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. LXXXVII. 1878. 523—526.

11. Note sur la détermination des racines imaginaires des équations algébriques. Extrait d'une lettre communiquée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. LXXXVII. 1878. 791—794.

12. Sur la détermination des racines imaginaires des équations algébriques. Extrait d'une lettre communiquée par M. YVON VILLARCEAU. (Folytatás.)

C. R. LXXXVII. 1878. 1027—1029.

13. Matematikai tanulmányok. I. A derivatio elmélete 1—79. Budapest, Athenaeum R. T. nyomdája. 1878.

14. Vegyes m -ed fokú egyenlet egyik gyökének meghatározása sorbafejtés által 1—16. Budapest. Athenaeum R. T. ny. 1878.

15. A háromtagú algebrai egyenlet hatványai és még valami, 1—6. Győr, 1878. Különlenyomat. Czéh Sándor nyomdája.

1879.

16. A C. R. 1879. évf. 1030. lapján a következő közlemény olvasható:

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance:

4° Une brochure de M. J. FARKAS, portant pour titre

„Généralisation du logarithme et de l'exponentielle“.
(Présentée par M. YVON VILLARCEAU.) Megjelent Buda-
pesten Kiliánnál 1879-ben. V. és 122.

17. Note sur la détermination des racines imaginaires
des équations algébriques. (Extrait d'une lettre commu-
niquée par M. YVON VILLARCEAU.) (Folytatás.)

C. R. LXXXVIII. 1879. 273—275.

18. Note sur la détermination des racines imaginai-
res des équations algébriques (suite et fin). Extrait d'une
lettre communiquée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. LXXXVIII. 1879. 565—567.

19. Auflösung der dreigliedrigen algebraischen Glei-
chung. Archiv der Mathematik und Physik. 64. Teil Ers-
tes Heft. IV. 1—8. Greifswald, 1879.

1880.

20. Sur une classe de deux fonctions doublement
périodiques, présentée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. XC. 1880. 1269—1271.

21. Sur les fonctions elliptiques, présentée par M.
YVON VILLARCEAU.

C. R. XC. 1880. 1482—1484.

22. Sur l'application de la théorie de Sinus des or-
dres supérieurs a l'integration différentielles linéaires.
(Extrait d'une lettre adressée à M. YVON VILLARCEAU.)

C. R. XC. 1880. 1542—1545.

23. Sur la théorie de Sinus des ordres supérieurs,
communiquée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. XCI. 1880. 209—211.

24. Sur la théorie de Sinus des ordres supérieurs,
communiquée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. XCI. 1880. 278—281.

25. Sur la théorie des Sinus des ordres supérieurs.
Extrait d'une lettre à M. YVON VILLARCEAU.

C. R. XCI. 1880. 544—547.

26. Mittlerer verticaler Druck des symmetrischen
Pendels auf seine Axe. Archiv der Mathematik und
Physik. 65. 1880. 435—436.

27. Die Summe gleichartiger Potenzen von den Wurzeln einer algebraischen Gleichung. Archiv der Math. u. Phys. 65. 1880. 433—435.

1881.

28. Sur le développement des integrales elliptiques de premiere et de deuxieme espèce etc., présentée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. 1881. XCII.

29. PASCAL biga-vonalának elemzése. Budapest. Athenaeum R. T. nyomdája 1881. 1—23.

30. A BOLYAI-féle algoritmus. Értekezések a matematikai tudományok köréből, kiadja a M. Tud. Akadémia, VIII. kötet III. szám. 1881. 1—8.

1883.

31. Sur les fonctions uniformes, communiquée par M. YVON VILLARCEAU.

C. R. XCVI. 1883.

1884.

32. Généralisation du théorème de JACOBI sur les équations de HAMILTON, présentée par M. HERMITE.

C. R. XCVIII. 1884.

33. Sur les fonctions itératives. Journal de Mathématiques. X. 1884. 101—108.

1887.

34. Elmélkedések a modern chemia némely hypothézisei és theoriái körül. Vegytani Lapok. Kolozsvár. 1887. V. 49—65. és 112—128.

35. FABINYI RUDOLF és FARKAS GYULA. Állandó elektromos áram a szén oxydálása által. Vegytani Lapok. Kolozsvár. 1887. V. 97—112.

Ugyanaz franciául. C. R. CVI. 1597. 1887.

36. A GALILEI-féle távcső látóterének elmélete és hármás decentrális alkalmazása a kettős látcső hibáinak redukálására. Orvos-természettudományi Értesítő. Erdélyi Múzeumegylet. Kolozsvár. 1887. 273—298.

Ugyanott németnyelvű kivonat. 363—365.

1888.

37. Az egymásra teríthető felületek problémájáról. Erdélyi Múzeumegylet Orvos-természett. Értesítője. Kolozsvárt. 1888. 260—265.

38. A thermodynamika második főtételének általánosságáról.

Ugyanott. Évszám nem biztos. 241—248.

Ugyanaz ugyanott német nyelven. 279—288.

39. A chemiai és elektromos energia vonatkozásairól.

Ugyanott, 1888. 33—38.

Ugyanaz. Zeitschrift für allgemeine Chemie. 1888. III. (Märzheft.)

40. A természet felfogásának újabb módjairól.

Ugyanott. 1888. 25—42.

41. Újabb chemiai elméletek és nézetek. (Ismertetés.) Vegytani Lapok. 1888. VI. 17—20.

42. Megjegyzések a folyadékok elméletéhez. (D. KONOWDOW.) (Ismertetés.) Vegytani Lapok. 1888. VI. 60—66.

43. I. A vegyrokonság tanának eddigi fejlődése. LOTHAR MEYER. 17—20. oldal.

44. III. Nyomás okozta chemiai bomlás esete. W. SPRING és VAN T'HOFF közleményének ismertetése. 63—64. old.

45. IV. A nyugalom törvényeinek azonosságáról physikai, chemiai és mechanikai tüneményeknél.

H. LE CHATELIER francia tudósnak OSTWALD által németre fordított értekezése. 64—66. l.

46. V. Galván combinatiók és másodrendű vezetők ellenállásának biztos megmérése. O. FRÖHLICH (Wied. Ann. 30. k. 1887.). (A törvény bizonyításával kiegészítve a referens által.) 66—69. l.

47. A gázak összenyomhatóságáról. (AMAGAT) 97. l.

48. A gázok kifolyási sebességéről. 98—99. l.

49. Higanyvegyületek képződési melegéről. 99—100. l.

50. Oldatok gőzfeszélye. 100. l.

51. Vízben oldott anyagok disszociálásáról. 100—101. l.

1890.

52. A LAGRANGE-féle egyenletek thermodynamikai értelmezéséről. Orvos-természettudományi Értesítő, Kolozsvárt, 1890. 1—16.

1892.

53. Az egyenletes és állandó elektromos áramlás elméletéről. Orvos-természettud. Értesítő. Kolozsvárt. 1892.

1893.

54. A virtuális sebességek elve GALILEI-nél. Matematikai és Fizikai Lapok. 1893. 78—95.

55. GALILEI-ről s a páduai GALILEI ünneplésről.

Ugyanott 1893. 65—77.

Kivonat ugyanerről. Természettudományi Közlöny. 1893. 196—201.

56. Az AMPÈRE-féle elemi törvények aequivalenseinek meghatározása. Értekezések a matematikai tudományok köréből. Kiadja a M. Tud. Akadémia 1893. XV. 2. sz. 1—50.

Kivonat ugyanabból franciául. N.B.U. XI. 1893. 161—182.

1895.

57. A FOURIER-féle mechanikai elv alkalmazásai. M.T.É. XII. 459—472.

Ugyanaz németül. N.B.U. XII. 263—281.

58. A CARNOT-CLAUSIUS-féle tétel egyszerűsített levezetése. Matematikai és Fizikai Lapok. 1895. 7—11.

Ugyanez németül. N.B.U. XII. 282—286.

59. A FOURIER-féle mechanikai elv története és némely speciális alkalmazásai. Erdélyi Múzeumegylet Értesítője. 1895. 43—54. és 13—32.

1896.

60. A FOURIER-féle mechanikai elv alkalmazásainak algebrai alapjáról. Matematikai és Fizikai Lapok. 1896. 49—54.

1897.

61. Beszéd BRASSAI SÁMUEL koporsója mellett. Kolozsvárt. 1897. Ima és beszédek BRASSAI SÁMUEL koporsója mellett. Ajtai könyvnyomdája.

62. A HUYGENS-féle elv új levezetése. M.T.É. XV. 1897. 283—287.

1898.

63. A FOURIER-féle mechanikai elv alkalmazásainak algebrai alapja. M.T.É. XVI. 1898. 361—364.

Ugyanez németül. N.B.U. XVI. 1899.

64. A gáz-diffuzio KIRCHHOFF-féle egyenleteinek reductioja. M.T.É. XVI. 1898. 201—217.

Ugyanez németül. N.B.U. 1899. 97—110.

65. Paraméteres módszer FOURIER mechanikai elvéhez. Matematikai és Physikai Lapok. 1898. 63—71.

66. Pótlások a vektortanhoz és az elektromágnesség tanához. M.T.É. XVI. 1898. 321—360.

Ugyanez németül. N.B.U. XVI. 1899. 111—153.

1900.

67. Vektor-tan és az egyszerű inaequatiók tana. Különlenyomat az Erdélyi Múzeumegylet Értesítője után. Kolozsvárt. 1900. I—XIV. és 1—165.

1901.

68. Általános mechanikai elvek az aether számára. M.T.É. XIX. 1901.

Ugyanaz az Archiv Neerlandaises Livre jubilaire dédié a H. A. LORENTZ-ben.

1902.

69. Theorie der einfachen Ungleichungen. Crelle Journal. 124, 1902. 1—27.

1906.

70. Beiträge zu den Grundlagen der analytischen Mechanik. Crelle Journal. 131, 1906. 165—201.

71. Über den Einfluss der Erdbewegung auf elektro-

magnetische Erscheinungen. Physikalische Zeitschrift. VII. 1906. 654—658.

72. Über die Ableitung der Impulsgleichung gewöhnlicher Stosswellen. (Aus einem Brief an Herrn HILBERT.) Mathematische Annalen. 62. 1906. 582—284.

1907.

73. Über das Postulat der Relativität. Phys. Zeitschr. VIII. 1907. 169—170. (Berichtigung 256.)

74. Beszéd, mellyel mint a kolozsvári F. J. tud. egyetem rektora az 1907/8. tanávet megnyitotta. Kolozsvár.

1910.

75. Alapvetés az elektromosság és mágnesség folytonossági elméletéhez. M.T.É. XVIII. 1910. 1—25.

1911.

76. Alapvetés az elektromosság és mágnesség folytonossági elméletéhez. M.T.É. XIX. 1911. 771—809.

75. és 76. együtt németül. N.B.U. 31. 1913. 54—64.

77. FARKAS GYULA I. t. beszéde BOLYAI JÁNOS hainak atyja mellett elhelyezése alkalmával. Marosvásárhelyt, 1911 július 7. Akadémiai Értesítő, 1911. 526.

1915.

78. Biztos egyensúly potenciál nélkül. M.T.É. XXXIII. 1915. 339—354.

79. MICHELSON negatív kísérletének magyarázatai. M.T.É. XXXIII. 1915. 355—361.

1917.

80. Multiplicatoros módszer négyzetes alakhoz. M.T.É. XXXV. 1917. 51—53.

78. és 80. összefoglalása németül. N.B.U. XXXII. 43—56.

81. Nem-vonalas egyenlőtlenségek vonalassá tétele. M.T.É. XXXV. 1917. 41—50.

1918.

82. Egyenlőtlenségek alkalmazásának új módja.
M.T.É. XXXVI. 1918. 297—308.

83. A lineáris egyenlőtlenségek következményei.
M.T.É. XXXVI. 1918. 397—408.

1921.

84. EINSTEIN-féle gravitáció régi elméletből. M.T.É.
XXXIX. 156—163.

A M. Tud. Akad. 1921. okt. 3. tartott üléséből.

Ugyanez németül. N.B.U. 1921.

1926.

85. Alapvetés az egyszerű egyenlőtlenségek vektor-
elméletéhez. M.T.É. XLIII. 1926. 1—3. Kivonat németül
ugyanott.

Litografált előadási jegyzetek:

86. A mechanika alaptanaí.

87. Analytikus mechanika.

88. Erőtan.

89. Az energia átalakulása.

90. Az energia terjedése.





