

M. ZEMPLÉN JOLÁN —
EGYED LÁSZLÓ

★

EÖTVÖS LORÁND



529617

M. ZEMPLÉN JOLÁN —
EGYED LÁSZLÓ

EÖTVÖS LORÁND



AKADÉMIAI KIADÓ
BUDAPEST 1970

MTA
KIK



463151

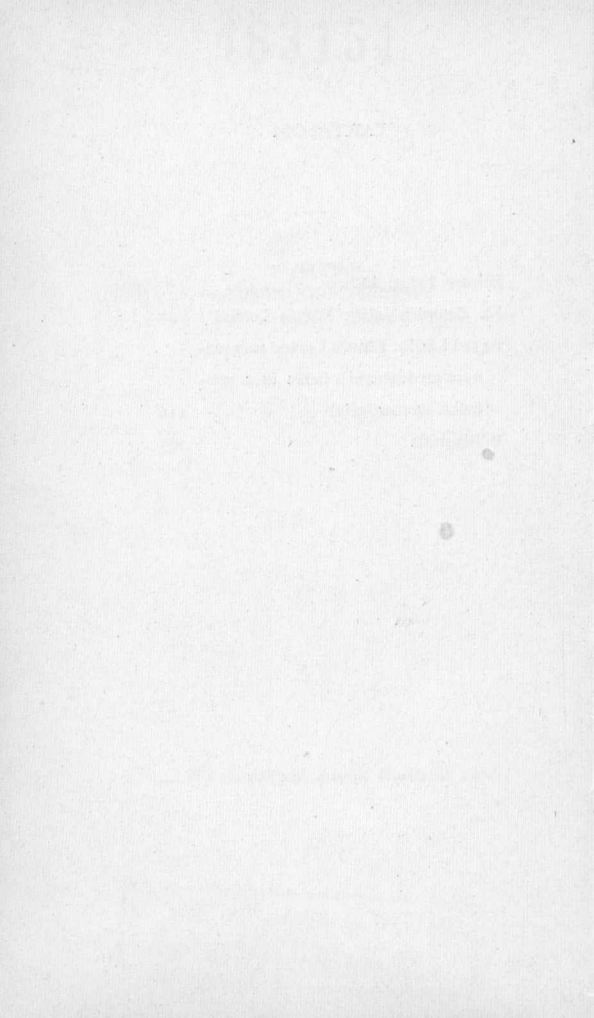
MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

© Akadémiai Kiadó, Budapest 1970

M. TUD. AKADÉMIA KÖNYVTÁRA
Könyvtelt 10690 /1970 sz.

TARTALOM

Jánióssy Lajos: Előszó	7
M. Zemplén Jolán: Eötvös Loránd	27
Egyed László: Eötvös Loránd tudományos eredményei a fizika és a geofizika szemszögéből	116
Bibliográfia	203



ELŐSZÓ

Eötvös Loránd halálának 50. évfordulója alkalmából megjelenő megemlékezés cikkeinek egy része a nagy tudós életrajzi adatait is részletező pályafutását ismerteti, a többi avatottan részletezi a tudományos munkásság világraszóló eredményeit.

Az előszó írójának számára ennek ellenére maradt egy — az emlékezések egyikébe sem illeszthető — téma, amelyről hasznos megemlékezni ebben a kötetben is. Eötvös Loránd munkásságának

nagy részében — miként erről Egyed professzor tanulmánya is megemlékezik — a tehetetlen és nehéz tömegek közötti összefüggéseket vizsgálta.

Helyesnek látszik megemlékezni arról, hogy a modern fizika fejlődését miként segítik Eötvös munkájának eredményei.

A közölt tanulmányból láthatja majd az olvasó, hogyan sikerült Eötvösnek — módszereinek akkoriban szinte hihetetlen finomítása után — egy a százmillióhoz arányított pontossággal bebizonyítani, hogy a tehetetlen tömeg arányos a nehéz tömeggel.

Eötvös munkáját tanítványa, RENNER János fejlesztette tovább, és egy tízes faktorral sikerült az eredeti eredményt megjavítania. Csak évekkel később, Amerikában, a modern technika összes vívmányait felhasználva, javította Dicke az eredeti eredményt egy további tízes faktorral. Ezek az eredmények mutatják, hogy a tehetetlen és nehéz tömeg közötti arányosság egyike a legpontosabban megismert természettörvényeknek.

★

Az Eötvös által megfogalmazott és igazolt természet-törvénynek messzemenő következményei

vannak a modern elképzelésekkel kapcsolatosan. A törvény jelentőségét Einstein ismerte fel, és azt az általános relativitáselmélet megalapozásánál elméletének egyik pilléréként használta fel.

Messzemenő jelentőségére akkor derül fény, ha a múlt századbeli felfogásoktól eltérően figyelembe vesszük, hogy nemcsak a szokványos részecskék rendelkeznek tömeggel, hanem az elektromágneses és másfajta mezőképpen úgyanyagnak tekinthetők, mint a részecskék, melyek ezeknek a mezőknek hordozói.

Lássuk ezt egy egyszerű példán: Az elektron az atomoknak egy

alkatrésze. Az elektronnak tömege van, e tömeg a hidrogénatom tömegének kb. kétezred része és azonkívül e — az úgynevezett elemi töltésnek megfelelő — negatív elektromos töltést hordoz. Az elektromos töltés elektromos mezőt hoz létre, tehát az e töltésű és m tömegű elektront elektromos mező veszi körül, amely nagy távolságokra is kiterjed.

Ha az elektrorra egy F erő hatást gyakorol, akkor az — Newton törvénye szerint — gyorsítja az elektront, úgy, hogy egy

$$a = F/m$$

gyorsulás jön létre, ahol m az elektron tehetetlen tömege.

Mi történik azonban az elektromos mezővel? Az elektromos mezőt az elektron magával viszi, és ha az erő megszűnése után az elektron v sebességgel halad, bizonyos idő eltelte után az elektront körülvevő mező szintén ugyanazzal a sebességgel követi az elektront.

Mi történik azonban abban az időszakban, amikor az erő hat és az elektron gyorsul?

Fel lehetne tételezni, hogy az elektromos mező hozzá van tapadva a töltéshez, és merev testként követi az elektront. Szemléletes

módon ezt úgy lehetne elképzelni, hogy a mező erővonalai, a sündisznó tüskéihez hasonlóan erednek a töltésből, és az elektron ezt az egész rendszert magával viszi. A valóságban (egy) ehhez hasonló folyamat megy végbe, mégis egy kis különbséggel.

Az elektron valóban úgy viselkedik, mintha a mező az elektronok folytatása volna. Az egész rendszer egy elasztikus testhez hasonlítható. Ha egy elasztikus test egy részét mozgásba hozzuk, a mozgás csak bizonyos idő lefolyása után terjed ki az egész testre. Illusztrációként ehhez is egy egyszerű példa:

Képzeljünk el valamilyen szilárd anyagból, például acélból készült rudat. Ha a rudat mozgásba hozzuk, úgy hogy egyik végét megnyomva azt hosszirányba toljuk, akkor az első benyomásunk az, hogy a nyomásnak engedve az egész rúd azonnal elmozdul. Valójában a folyamat komplikáltabb. Amikor a nyomás a rúd egyik végére nehezedik, közvetlen eredményként csak egy vékony felületi réteget hoz mozgásba, és a rúd végét kicsit összenyomja. Ez a következő réteget hozza mozgásba, és az egymást követő rétegek egymás után mozdulnak el mindaddig, amíg a

mozgás az egész acélrúdra kiterjed.

E folyamat eléggé nehézkesen írható le, de a valóságban rendkívül nagy sebességgel folyik le. Technikai terminológiát használva azt mondhatjuk, hogy a rúd végére nehezedeő nyomás elasztikus hullámot indít a rúdban, és ezen elasztikus hullám hatására az egész rúd mozgásba jön.

Az elasztikus hullám sebessége a rúdban néhány km/sec, és így könnyen kiszámítható, hogy egy 1 m hosszú acélrúd egészén egy ezredmásodpercnél rövidebb idő alatt terjed el a mozgás.

Ha az elektront elmozdítjuk, az elmondotthoz hasonló módon elasztikus hullámként terjed ki a mozgás az egész mezőre, azonban a terjedési sebesség ebben az esetben a fénysebesség, tehát 300 ezer km/sec. A mozgás a mezőben így rendkívül rövid idő alatt terjed, és sok vonatkozásban úgy viselkedik, mintha a mező azonnal követné az elektron mozgását. A mozgásnak ez a látszólagos egyidejűsége nagyobb mértékű, mint a szilárd testeknél.

Az energiaviszonyokra vonatkozóan szükséges még egy megjegyzés. Ha egy rudat, mint a fent említett példában, eltolunk, első

pillanatban csak egy vékony réteget hozunk mozgásba, és így csak annyi munkát végzünk, ami a vékony réteg elmozdításához szükséges. Azonban a keletkező elasztikus hullámok, amelyek a mozgást az egész rúdra kiterjesztik, visszafelé is hatnak, és így megnehezítik a feladatot. Végeredményben a toló erőnek nemcsak az első réteg tehetlenségét kell leküzdenie, hanem az elasztikus hullámok által létrejövő ellenállást is, és ily módon a kifejtendő összerő felnő arra az értékre, amely az egész rúd mozgásbáhozatalához szükséges.

Az egész komplikált folyamat tehát egy nagyon egyszerűen

érthető eredményt hoz létre. Ha egy rudat mozgásba kívánunk hozni, akkor olyan erőt kell kifejtenünk, mint ami az első látszatnak megfelelően az egész rúd tehetetlenségének legyőzéséhez szükséges. Megjegyzésünk csak azt kívánja érzékeltetni, hogy ezt az egyszerű eredményt egy nagyon komplikált belső fizikai folyamat hozza létre.

Az elektron kérdéséhez visszatérve, ott is éppen erről van szó. Ha magát az elektront elmozdítjuk, az elektront körülvevő mezőt mozgásba hozó hullámok, elektromágneses hullámok, és ezek egy bizonyos mértékben fékezik

az elektront. Ennek a komplikált folyamatnak eredményeként azt mondhatjuk, hogy a töltést körülvevő mező valóban hozzájárul az elektron tehetetlen tömegéhez, vagyis a mező maga is tehetetlen tömeggel rendelkezik.

★

További kérdésként merül fel, hogy vajon az elektront körülvevő elektromágneses mező a tehetetlen tömeg mellett rendelkezik-e nehéz tömeggel is? Másképpen kifejezve, hozzájárul-e az elektront körülvevő mező az elektron súlyához, és a két elektron közötti tömegvonzást vizsgálva, hozzájá-

rul-e a tömegvonzáshoz a mezőnek megfelelő tömeg?

Amennyiben az Eötvös-féle törvény pontosan érvényes, biztosra kell vennünk, hogy ez valóban így van. Hiszen az anyag atomokból áll, az atomok elektronokat és más töltött részecskéket tartalmaznak. Ha egy atomokból álló anyagot gyorsítunk, akkor a gyorsító erőknek a mezők visszahatása által létrejött ellenállást pontosan úgy kell leküzdeniök, mint a részecskék tömegének tehetetlenségét, és így egy atomokból álló anyag tehetetlenségi tömegét mérve, automatikusan mind a részecskék tehetetlenségi tömegét, mind az

őt körülvevő mező tehetetlenségi tömegét mérjük. Különböző atomoknál a részarány a részecskék tehetetlenségi tömege és a mezőkben elraktározott tehetetlenségi tömeg között változhat.

Minthogy azonban az elektromágneses mezőben raktározott tehetetlenségi tömeg igen kicsi, ezért nagyon pontos mérésekre van szükség annak megállapítására, hogy a mezőben raktározott tömeg pontosan úgy viselkedik-e, mint a részecskék nyugalmi tömege.

A legújabb mérések pontossága elegendőnek látszik ahhoz, hogy ezt a következtetést alátámassza.

Tehát kísérletekből következtethetünk arra, hogy egy elektromágneses mező éppen olyan módon rendelkezik gravitációs tulajdonságokkal, mint a szokványos anyagok.

★

Azt a tényt, hogy a mezők éppen úgy rendelkeznek gravitációs hatással, mint a szokásos értelemben vett tömeg, már Eötvös kisebb pontossággal végzett kísérleteiből is meg lehetett állapítani, azonban a fent leírtnál kevésbé közvetlen módon.

Az atommagok úgynevezett nukleonokból vannak felépítve,

vagyis protonokból és neutronokból. Ha egy proton és egy neutron egyesül, egy úgynevezett deutron jön létre. Ennek a tömege azonban kisebb, mint a rész tömegek összege. Tehát

$$M_P + M_N - \Delta = M_D$$

ahol M_P , M_N és M_D -vel a proton, neutron és deutron tömegét neveztük el, Δ pedig az úgynevezett tömegdefektus, vagyis az a tömeg, amelyik „elveszett” az egyesülés folytán. Köztudott ma már, hogy a Δ tömeg egyáltalában nem veszett el, hanem a proton és neutron egyesülésekor sugárzás jött létre,

a sugárzásmező pedig a Δ mennyiségű tömeget magával vitte.

Felmerül tehát a kérdés, hogy a sugárzás által elszállított tömeg tehetetlenségi vagy nehézségi tömeg-e — avagy mindkettő. A mérések azt mutatják, hogy a sugárzás egyenlő mértékben vitt magával tehetetlenségi és nehézségi tömeget.

A különböző elemek tudniillik atom-magokat tartalmaznak, és a különböző atomok magjai más-más tömegdefektussal rendelkeznek.

Ugyanakkor — és ezt már Eötösnek sikerült pontosan kimutatnia — a legkülönbözőbb atomfaj-

tákból felépített anyagok ugyanabban az arányban tartalmaznak tehetetlen és nehéz tömegeket, és ez világosan bizonyítja, hogy a tömegdefektusnak megfelelő anyagnak tehetetlenségi és nehézségi hatása ugyanabban az arányban van, mint az atommagokban megmaradó anyagnak.

★

A részletek ismertetése nélkül még megjegyezzük azt a — az Eötvös kísérletekből következő — megállapítást, hogy nemcsak részecskék, hanem az anyag atomjait összetartó, vagy az anyag részecskéivel kölcsönhatásban levő

legkülönbözőbb mezők pontosan olyan természetűek, mint azok a részecskék, amelyek az atomok építőkövei. Ez a felfogás lassan alakult ki, de egyre nagyobb jelentőségűvé válik a modern fizikában. Helyességének egyik legfőbb bizonyítéka éppen az Eötvös-féle törvény, amelynek így a modern fizikai felismerésekre is jelentős hatása van.

JÁNOSY LAJOS
akadémikus

EÖTVÖS LORÁND

1848. július 27. Ha több mint 120 esztendő távlatából visszatekintünk erre a napra, a szabadságharc még dicsőséges napjai jutnak eszünkbe. Maga a név: *Eötvös* pedig talán a többséget báró Eötvös Józsefre, a liberális politikusra, a haladó szellemű íróra, a társadalmi haladás szolgálatába állított irányregények és néhány felejthetetlenül szép vers szerzőjére emlékezteti. A fizikus számára azonban — nemcsak itthon, hanem külföldön is — az Eötvös név még más fogalmakkal

is kapcsolatos: Eötvös-törvény, Eötvös-állandó, eötvös-egység, Eötvös-hatás, Eötvös-kísérlet, Eötvös Loránd Fizikai Társulat, Eötvös Loránd Geofizikai Társulat, Eötvös Loránd Tudományegyetem . . . törvények, egység, intézmények őrzik Eötvös Loránd nevét. A nemzetközi tudományos gyakorlatban a legnagyobb megtiszteltetés, ha egy-egy tudósról törvényt, hatást, egységet neveznek el. Ki ne ismerné a volt, watt vagy amper elnevezéseket? Az ohm-egység Georg Simon Ohm, a Faraday-törvények, a Faraday-effektus, az elektrolízis Faraday-féle törvényei, a kapacitás farad nevű

egysége pedig a nagy angol kísérletező, Faraday nevét őrzi stb.

1848. július 27-én Eötvös József budai házában Rosty Ágnes a legnagyobb és nemzetközileg is legjelentősebb magyar fizikusnak, Eötvös Lorándnak adott életet.

Tulajdonképpen semmi valószínűsége sem volt annak, hogy ezen a napon Eötvös József házában éppen egy jövőző fizikus szülessék. Mind a nemzeti, mind a családi hagyományok ellentmondtak ennek. A magyarországi fizika történetében arisztokrata tudóst keveset találunk, lényegében egyet sem, mert aki — mint például Bethlen Miklós a XVII. században

— foglalkozik is külföldi egyetemi tanulmányai során fizikával, matematikával, később inkább a politika felé fordul. A XVIII. században a piarista tanárok között találunk bárót és fizikust, ez azonban inkább arra jellemző, hogy hazánkban még a XIX. században is túlnyomórészt egyházi emberek művelték a matematikát és fizikát. Jedlik Ányos is, Eötvös Loránd elődje a Pesti Egyetem kísérleti fizika tanszékén, bencés szerzetes volt.

Eötvös Loránd 1860-ig otthon tanult, majd a piaristák pesti gimnáziumában fejezte be tanulmányait. Természetesnek látszott,

hogy a fiatal Eötvös jogáshallgató lett, bár tanult magánúton matematikát Petzval Józsefnek, a híres bécsi magyar fizikusnak az öccsétől, Petzval Ottótól, aki a Pesti Egyetemen, majd a Műegyetemen a matematika és a mechanika tanára volt. Jogi tanulmányai mellett természettudományos tárgyakat hallgat, sőt dolgozik Than Károlynak, a neves fizikokémikusnak a laboratóriumában is.

Magyarországon már a XVI. századtól kezdve, sőt előbb is, szinte elengedhetetlen követelmény volt, hogy a tudományos pályára készülő fiatalemberek tanulmá-

nyaikat részben vagy egészben valamelyik külföldi egyetemen végezzék. Az egyetem a kor s a felekezeti szerint az idők folyamán változott, de a tény maga változatlan maradt. A középkorban Párizs, Padua, Bologna, Róma, Krakkó, Prága egyetemlein tanultak a magyar diákok, a reformáció után a protestánsok számára Wittenberg, Halle, Jena, Heidelberg, valamint a svájci és holland egyetemek kerültek előtérbe. Eötvös Loránd korában azonban már elsősorban az volt a döntő, hol, milyen neves tanárok tanítanak. Így került Eötvös 1867-ben Heidelbergbe, ahol az akkori idők legne-

vesebb professzorai: Gustav Kirchhoff (1824—1887), Hermann Helmholtz (1821—1894) s Robert W. Bunsen (1811—1899) tanítottak.

E három professzor mindegyikéről külön tanulmányt lehetne írni, szerepük a fizika történetében — nemcsak mint pedagógusoké, hanem mint alkotó fizikusoké is — olyan jelentős. Kirchhoff nevét talán legjobban a róla elnevezett áramelágazási törvényekből ismerjük. Kirchhoff azonban Bunsennel — akinek nevét a kémia története is nagy megbecsüléssel őrzi — közösen nem kevesebbet alkotott meg, mint a színképelem-

zést. Végül Helmholtz, a nagy fiziológus, az energia megmaradás elvének propagálásával tette nevét halhatatlanná.

E professzoroktól Eötvös Loránd elsősorban a fizikát tanulta meg. Nem követte egyiket sem valamilyik speciális területén. Ifjúkori legjelentősebb eredménye, az Eötvös-törvény felfedezése is inkább Than Károlyra, első kémikofizikus mesterére utal, mint Bunsenre. Egy azonban kétségtelen, hogy Eötvös Heidelbergben sajátította el a precíz kísérletezésnek azt a művészetét, amely ma is kivívja a kísérleteit megismételni óhajtó szakemberek csodálatát.

A fiatal Eötvös pályaválasztása nem volt probléma nélküli. Nyilvánvalóan szerepet játszott ebben származása mellett — amely számára mint egy parancsoló szükség-szerűséggel írta volna elő a politikus, államférfiúi pályát — a fizika akkori helyzete. Eötvös József és Loránd 1866—70-es levelezéséből bár eléggé szűkszavúan, de mindkét probléma szempontjából kaphatunk annyi felvilágosítást, hogy több-kevesebb biztonsággal felvázolhatjuk az ifjú Eötvös későbbi életútjának alakulását meghatározó mozzanatokot. E levelezés tehát — némileg merész extrapolálással — választ ad a következő kérdésekre:

1. miért lett Eötvös fizikus, 2. (ezt már elmosódottabbnak látjuk) miért éppen azokat a területeit választotta a fizikának, amelyeket művelt. S végül ebben a levelezésben már megmutatkoznak azok a hatások is, amelyek eredményeképpen Eötvös Loránd mint pedagógus, kultúrpolitikus s mint tudományszervező is beírta nevét a magyar művelődéstörténet és az oktatás történetébe.

Nézzük először a pályaválasztás kérdését. Eötvös Józsefet fiatalkori hajlamai későbbi érdeklődési iránya, a tudomány, a filozófia felé vonzották. A magyar történelem, közélet azonban a politikai élet

középpontjába sodorta. A kiegyezés utáni politikai helyzet kevésbé tette rokonszenvenné a politikai pályát Eötvös József előtt, így hát nem meglepő, hogy örömmel fogadja fia ötletét: életét a tudománynak óhajtja szentelni. Íme apa és fiú levelezéséből két, talán a legjellemzőbb és egyben legdöntőbb részlet: 1866. március 28-án írja apjának, még külföldi útja előtt: „Az ambíció és a kötelességérzet... velem született, e két indulatot kielégíteni és pedig kielégíteni úgy, hogy emellett egyéni függetlenségemet megtartsam: élet célom, és legalább eddig úgy találtam, hogy annak leginkább

úgy felelhetek meg, ha tudományos pályára lépek.” S egy évvel később, 1867. márc. 24-én, amikor pályaválasztása egyelőre eldöntöttnek látszik, írja az apa: „. . . valószínűs megnyugvásomra szolgál, hogy más pályán látlak. Haladj bátran előre, és ne sajnáld fáradságodat. A tudomány körében a legnagyobb erőfeszítés eléri jutalmát, mert azt nem várja az emberektől, hanem magában a tudományban találja.” Talán elsősorban ezek a szavak kísérték végig Eötvös Lorándot egész életében. Számára a tudományos munka jutalma valóban mindig maga a tudomány maradt.

Ennek ellenére a pályaválasztás már említett problémája más forrásokból is fakad. Amikor az ifjú Eötvös Heidelberg után Königsbergbe kerül, az ott művelt elméleti fizika átmenetileg visszariasztja nemcsak a fizikától, hanem még a laboratóriumi, kutatói pályától is. Ebben kétségtelenül része volt a korabeli fizika helyzetének is. Igaz, valamivel később történt, hogy Jolly, a neves kísérleti fizikus azt mondta Max Plancknak, hogy a fizika — 1880 táján — már kész, befejezett egész, ami hátra van, már csak néhány konstans pontosabb kiszámítása . . . fiatalember tehát nem adhatja fejét elméleti fizikára.

Eötvös Königsbergben — feltehetőleg — úgy érezte, hogy az ott űzött elméleti fizika meddő, kilátástalan, s megtanulni nagyon nehéz. Ez indította arra, hogy egy Petermann nevű tudós által vezetett északi-sarki expedícióhoz akart csatlakozni. Úgy gondolta, hogy egy ilyen vállalkozás során megtalálja tudományos ambícióinak kielégítését anélkül, hogy az elméleti fizikai tudományok káshegyén keresztül kellene rágnia magát. Bizonyára szerepet játszott azonban az az — akkor még rejtett — vágy is, hogy a Földről minél többet megtudjon.

Ismét a bölcs apának kellett közbelépnie: a tudományos szempontból bizonytalan kimenetelű, de rendkívül költséges expedícióról nemcsak szorult anyagi helyzetére való hivatkozással beszél le a fiát, hanem rámutat: kezdő fiatalember komoly tudományos eredményt egy ilyen expedíció tagjaként nem produkálhat. Ugyanakkor — humán műveltségű tudós volta ellenére — világosan megmutatja fiának: ha nem tetszik, akkor is ott kell maradnia Königsbergben a félév végéig. Eötvös József nem helyeselte a korabeli elméleti fizika és matematika „metafizikus” irányzatait, mondván:

„Ismered nézeteimet azon irányról, melyet a német tudósoknak egy része a természettudományokban követ, s mely a fizikát mindinkább a metafizika körébe vezet. Nincs helyén, s nem is érzem magamat irányodban kompetensnek, hogy ezen irányról hosszabban szójak, de ha nem kétlem is, hogy szintén egyes nagy lépések történhetnek a természet ismeretében, általában nem tartom ezen irányt termékenynek, s úgy vagyok meggyőződve, hogy még sokáig a természettudományok *az indukció és experimentum útján* fogják tenni a legnagyobb lépéseket.” (Kiemelés tőlem. Z. J.) Pontosan nem vi-

lágos, milyen irányzatokra célzott itt Eötvös József, feltehető azonban, hogy többek közt a korban olyan divatos étermodellekről volt szó, amelyekkel Weber és követői, többek közt Kirchhoff is foglalkoztak, valamint talán azokra a törekvésekre, amelyekkel az elektromos és gravitációs hatások terjedését igyekeztek elméletileg igazolni. Természetesen szó lehetett más, ma már elfelejtett elméletekről is.

Eötvös Loránd átmeneti megtorpanása nem sokáig tartott. Lemonlott az északi-sarki expedícióról, de arról nem, hogy fizikai kutatásai tárgyává magát a *Földet* tegye meg.

A későbbiekben még részletesen sor kerül Eötvös — a Földdel kapcsolatos — kutatásainak ismertetésére, itt talán mégis érdemes idézni Eötvös saját szavait, amelyeknek őszinte lelkesedése azt mutatja, hogy későbbi tudományos munkásságában megtalálta mindazt, amit a kalandvágyó, de még kissé határozatlan ifjú az életben keresett. 1901-ben akadémiai elnöki megnyitójában saját gravitációs vizsgálatairól és az általa feltalált torziós ingáról ezeket mondja: „A középkor előítéleteinek és csodaszereinek lomtárából előkerestem a varázsvesszőt, s azt nem imádsággal, nem is ördön-

gősséggel, hanem a vesszőhöz, melyről a varázs az idők folyamán amúgy is lekopott, jobban illő mechanikai érvelésekkel arra bírtam, hogy feleletet adjon. Az igaz, hogy nem arra kértem, hogy rejtett kincseket mutasson; arra sem, hogy ellenségeimet, ha vannak, megjelölje; csak azt kívántam tőle: engedjen bepillantani annak az erőnek rejtélyeibe, amely e földön mindent mozgat, mindennek kijelöli a helyét.” —

Majd a torziós inga leírása után: „Egyszerű, mint Hamlet fuvolója, csak játszani kell tudni rajta, s úgy, mint abból a zenész gyönyörködető változatokat tud kicsalni, úgy

ebből a fizikus a maga nem kisebb gyönyörűségére kiolvashatja a nehézségnek legfinomabb változásait . . .” És, utalásként az ifjúkori kalandvágyra és arra, hogy ezt a vágyat sikerült — talán az eredeti elképzelésnél is jobban — kielégítenie: „Azzal a kíváncsisággal, mellyel az utazó ismeretlen vidékre jutván, annak hegyeit és völgyeit kutatja, jártam én is a Balatonon. Az én ismeretlen vidékem ott feküdt mélyen a jég tükre alatt, nem láttam és nem is fogom látni soha, csak eszközöm érezte meg, és mégis milyen nehezen váltam el tőle . . . Amikor onnét eljöttem, s különösen, ami-

kor megfigyelésem adatait rendezve az ilyenmű kutatások helyességéről meggyőződtem, akkor egy új és nagyobb vállalkozás terve érlelődött meg agyamban. Itt lábaink alatt terjed el hegyek koszorújától övezve az Alföld rónasága. A nehézség azt lesimítván, kedve szerint formálta felületét. Vajon milyen alakot adott neki? Micsoda hegyeket temetett el és mélységeket töltött ki lazább anyaggal, amíg létrejött az az arany kalászat termő, magyar nemzetet éltető róna? Amíg rajta járok, amíg kenyerét eszem, erre szeretnék még megfelelni." Ez a beszéd akkor hangzott el, amikor Eötvös

már mintegy 15 éve foglalkozott a gravitációval kapcsolatos tudományos problémákkal.

Igaz, kora divatját követve, előzőleg ő is tett egy halvány kísérletet, hogy a távolbahatást — egyelőre az elektromosság könnyebbnek látszó területén — igazolja. Erről szól 1877-es akadémiai felolvasása. Ez azért rendkívül jellemző Eötvös tudományos egyéniségére, mert egyrészt megmutatja, hogy már ebben a — történetileg aránylag korai — időpontban átlátta a mechanikai szemlélet elégtelenségét *minden* természeti jelenség magyarázatára, másrészt rámutat arra, hogy az igazi tudósnak le

kell mondania a „végső” igazság megtalálásáról: „Bármennyire is fejlődjenek tehát fizikai elméleteink, mégis mindig oly feltevésekre fognak támaszkodni, melyek tovább nem bizonyíthatók... Az igazi természettudós... tudja, hogy osztályrészeül a természet végokaival szemben a lemondás jutott, de azért nem csügged el, mint Faust, ki véges munkáért végtelen jutalmat követel, hanem ernyedetlenül halad előre az elérhetetlen cél felé, s örömet talál magában a kutatásban s azokban az eredményekben, melyeket az emberiség anyagi jólétének előmozdítására értékesít.”

Persze túlzás és hamis aktualizálás lenne ezeknek a szavaknak alapján Eötvös Lorándot a dialektikus materializmus hívének feltüntetni, hiszen világos, hogy ennek ellenére a távolbahatás elemzése során lényegében csupán odáig jutott el, mint Newton, hogy a gravitáció kérdéséről nem érdemes hipotéziseket alkotni. Pedig hivatkozik is Maxwell 1873-ban megjelent *Treatise on Electricity and Magnetism* c. főművére mint Newton óta a legjelentékenyebb próbálkozásra, amellyel igyekezett „... a két pont közötti erőki-fejtést a közbenső anyagban tova-terjedő mozgásokból magyarázni”.

Eötvös azonban Maxwell munkáját is a német fizikai iskola, Weber, Kirchhoff stb. meddő kísérletei közé sorolja, amikor így folytatja: „De mi volt a nyereség? Az eredeti feltevés helyett még összetettebb felvételek azon anyagot illetően, mely a hatás továbbvitelére szolgáljon.” Fiatalkori idegenkedése a Königsbergben űzött elméleti fizikától döntő maradt további tudományos érdeklődése szempontjából, és így a maxwelli elektrodinamika mindvégig idegen maradt tőle, ezért a következő konklúzióhoz jut: „Végre is meg kell tehát nyugodnunk abban, hogy a tudomány nem adja a természeti

tüneményeknek feltétlenül igaz magyarázatát, hanem csak közelebb vezet ahhoz a határhoz, ahol a megfoghatatlan kezdődik.”

Így vált Eötvös a klasszikus fizika utolsó nagy képviselőjévé, de oly módon — amint a fentiekből láthattuk —, hogy tisztában volt e fizika alapjait alkotó mechanisztikus szemlélet korlátaival. Hú maradt mintaképéhez, Galileihez és Newtonhoz anélkül, hogy a „newtonisták” követőinek túlzásaiban osztozott volna.

Itt kissé elébevágtunk az eseményeknek, midőn nemcsak az Eötvös pályaválasztásával kapcsolatos átmeneti nehézségeket vá-

zoltuk, hanem arra is rámutatunk, hogy e nehézségek leküzdése után milyen típusú tudós vált Eötvösből, hogyan lett kora egyik legjelentékenyebb kísérletezője és az első olyan magyar tudós és professzor, akinek munkássága nemzetközi elismerésben is részesült.

1870. július 8-án, alig 22 éves korában doktorált Eötvös Heidelbergben a Kirchhoff, Bunsen és Königsberger professzorokból álló bizottság előtt *summa cum laude* eredménnyel, amint azt még e napon büszkén jelenti apjának, írván, hogy az elért fokozat „...sokak által irigyelt megtisz-

telletés. Ezen felül feljogosít egy munka benyújtása és egy halom formalitás teljesítése után az egyetemi docentúrára. E fokozatot itt nemigen osztogatják; ha jól vagyok értesülve, ebben a félévben kívülem még csak egy jelöltnek adatott, s kultuszminiszteri örömed telhetik abban, hogy ez is magyar volt... Neve König Gyula, győri születésű — matematikus”. Az életre szóló barátság majd szoros együttműködés König Gyulával a hazai matematika és fizika előbbrevitelére tehát már a heidelbergi években kezdődött.

Eötvös Loránd azonban nem Heidelbergben, hanem Pesten fo-

lyamodott magántanári képesítésért 1871-ben. Habilitációs dolgozata még azt a próbálkozást tükrözi, hogy a rezgési elméletből levezesse a távolbahatást, amelynek kilátástalanságát a már idézett 1877-es tanulmányában is sejtette. Eötvös József már nem érte meg, hogy fia végképp elindult azon a pályán, amelyen legszívesebben látta, mert 1871. február 2-án meghalt. Eötvös Lorándot a bölcsészkar ugyanezen év március 14-én habilitálja, sőt kinevezi a felsőbb természettan helyettes tanárává. Ezt csakhamar, 1872. május 10-én követi nyilvános rendes tanári kinevezése, egyelőre az elmé-

leti fizika tanszékére; ez az elmondottak szerint tulajdonképpen nem felelt meg Eötvös Loránd tudományos egyéniségének, mert bár disszertációja, habilitációs dolgozata elméleti tárgyú, első — jelentős tudományos munkája a kapillaritásról már a kiforrott kísérletezőt mutatja. Ezért 1874-től részt vesz a kísérleti fizikai előadások tartásában is, végül 1878-ban, Jedlik Ányos nyugalomba vonulása-kor átveszi a Kísérleti Fizika Tanszékét és azt több mint 30 évig tartja meg, 1919-ben bekövetkezett haláláig, csupán 1894-ben válik meg katedrájától rövid időre, amikor át kell vennie a kultuszminiszteri tárcát.

E rövid politikai szereplése mellett Eötvös egész életét a tudományos kutatás, a tanítás és a tudomány szervezése töltötte ki. A Természettudományi Társulatban 1870 óta választmányi tag, 1872-től „A természettudományi rovat” vezetője, 1880-tól alelnöke. Előadásai-
val, cikkeivel, javaslataival igyekezett a hazai tudományos ismeretterjesztést elősegíteni. A Magyar Tudományos Akadémia már 1873-ban levelező tagjának, 1883-ban rendes tagjának választotta, 1889-től pedig az Akadémia elnöki tisztségét viseli egészen 1905-ben történt lemondásáig.

A fent jelzett dátumokhoz kapcsolódik azután Eötvös Loránd egész tudományos és közéleti tevékenysége. Egy-egy nagyobb tudományos felfedezéséről mindig először az MTA III. Osztályának számol be. Itt mutatja be az Eötvös-törvényt, itt számol be gravitációs és földmágneses vizsgálatairól, de ugyanakkor szívén viseli a fizika, általában az oktatásnak az ügyét nemcsak az egyetemen, hanem a középiskolában is. Ez utóbbinak eredménye az egyetem, a Természettudományi Társulat és az Akadémia mellett a negyedik — talán számára legkedvesebb — működési terület, az általa alapí-

tott matematikai és Physikai Társulat.

Eötvös Loránd tehát majdnem félszázadon át működött mint tudós, pedagógus és tudományszervező. Ez a félévszázad nemcsak egyetlen emberi életnek hihetetlen szellemi gazdagságát tükrözi, hanem kitörölhetetlen nyomot hagyott hazánk tudományának, oktatásának és egész művelődésének történetében.

Ha sorra vesszük Eötvös különböző tevékenységeit, nem vagyunk könnyű helyzetben: egyéniségében és életében ugyanis a kutató tudós, a pedagógus és a tudománypolitikus olyan szerves egészé fo-

nódik, hogy jóformán minden tette és megnyilatkozása jellegzetesen csak az igazi tudósé, az igazi tanáré és a nemzete művelődését állandóan szívéen viselő politikusé lehet.

Igen nagy lelkesedéssel fogott hozzá tanári munkájához. Elméleti fizikai előadásainak tartalmáról egyelőre nem sokat tudunk, de feltehető, hogy e téren heidelbergi és königsbergi tapasztalatait hasznosította. Tudományos dolgozatainak és fennmaradt litografált jegyzeteinek alapján azonban feltehető, hogy ezek az előadások ugyanolyan szigorúan logikus felépítésűek voltak, mint minden egyéb munkája.

Igazi területe azonban mind a tudományos kutatás, mind az oktatás terén a kísérleti fizika volt. Elődje, Jedlik Ányos az első volt a Pesti Egyetemen, aki igyekezett kora színvonalán, megfelelő demonstrációval kísérleti fizikát tanítani. Bármilyen tisztelettel adózunk is azonban Jedlik Ányos emlékének, kétségtelen, hogy céljának elérésében a legkülönbözőbb objektív és szubjektív tényezők akadályozták. Az objektív tényezőkre nem kell túl sok szót vesztegetni. Jedlik 1838-tól 1878-ig volt a Pesti Egyetem professzora. Kinevezése előtt már megpróbálta a győri, majd pozsonyi Akadémiát

kísérleti eszközökkel felszerelni, jóformán sikertelenül. Amikor talán már tudott volna némi eredményt elérni, közbejött a 48—49-es szabadságharc, utána pedig az elnyomás évei. Ezekben az időkben egy pesti professzornak bizony nehéz volt megszereznie a szertár fejlesztéséhez szükséges dotációt. Tudjuk, hogy Jedlik többnyire saját zsebéből pótolta a hiányzó összegeket, és persze még így sem sikerülhetett neki korszerű demonstrációs felszerelést elérnie. A szubjektív akadályok más forrásból fakadtak. Jedlik kitűnő kísérletező volt. Jelentős felfedezései, találmányai: a szódavízgyártás, a rácsosz-

tógép, a különféle elektromos berendezések — köztük az elektrotechnikát később forradalmasító dinamó — mind erre mutatnak. Ugyanakkor arra sem ideje, sem — talán — képessége nem volt, hogy kora fizikájának vezető elveit áttekintse. 1850-ben megjelent egyetemi tankönyvének óriási érdeme, hogy többé-kevésbé összefoglalta benne a mechanikát, bár azt is kissé elavultan, de éppen a legújabb, legnagyobb jelentőségű felfedezések hiányoznak belőle, illetve nem tudjuk, hogy mit írt volna kora hőtanáról, fénytannáról, ha elkészül a mű második kötete. Ő ugyanis csak a „súlyos

testek” természettanáról írt, amelyben a mechanika mellett elsősorban kémia és akusztika van, s a hőtan és fénytán mellett az elektromosságban is hiányzik. Ezek képviselték ugyanis e korban a „súlytalan” anyagokat (hőanyag, fényanyag, elektromos és mágneses folyadékok, mind a múlt század továbbélő örökségei).

Eötvös tehát kettős feladattal találta magát szemben, amikor 1878-ban a Pesti Egyetem Kísérleti Fizika Tanszékét véglegesen átvette. Tartalmilag a kor színvonalának megfelelő előadást adni hallgatóinak, és felszerelni a szertárat úgy, hogy a bemutatott kísér-

letek megfelelően támasszák alá az előadásokat.

Sajnálatos módon Eötvös tankönyvet nem írt. Feltehetőleg azért nem — a minden valószínűség szerint fennálló időhiánytól eltekintve —, mert a minden munkájára olyan jellemző lelkiismeretesség és műgond mellett nem érezte még az előadások tartalmát eléggé kiforrottnak. Így a magyar tankönyvirodalomban Jedlik egykötetes könyve és a következő (a Tangl-féle, aki egyébként Eötvös tanítvány volt) egyetemi fizika tankönyv között csupán Eötvös néhány fennmaradt litografált jegyzete hidalja át az űrt. Ezekből a

5—IV.

11.1
Jedlik

jegyzetekből, valamint előadási kísérleteiből, amelyeket szintén tanítványai jegyeztek fel, kaphatunk képet Eötvösről, a tanárról. A fennmaradt jegyzetek természetesen nem adhatnak teljesen hű képet Eötvös előadásairól, hiszen a jegyzet leírójának — helyenként esetleg hiányos — képességeit is tükrözik, annyit azonban megállapíthatunk, hogy igen logikus, abban a korban feltétlenül modern és legteljesebb mértékben kísérleti előadásokról volt szó, és tulajdonképpen már nem lett volna túl nagy munka ezekből tankönyvet készíteni. Idézzük talán Mikola Sándor, a közvetlen tanítvány

jellemzését: „... Eötvös a nagy igazságok embere. Ezeket nem mint készeket nyújtja, hanem a jelenségekből hüvelyezi ki. Előadásait a mélyreható analizáló szellem hatja át. A természeti tüneeményeket a bennük megnyilatkozó hatók elemeire bontja szét, és azon igyekszik, hogy tanítványait a fogalmaknak, gondolatoknak és törvényeknek legutolsó, többé már nem elemezhető részeihez vezesse el, oda, ahonnan a formáktól, sablonoktól mentes tudás ere fakad. Nem ismerünk a fizikai irodalomban művet, amelyre az analizáló szellem annyira rányomta volna a bélyegét, mint az ő előadásaira.

Ítélete elfogulatlan, gondolatmenetének minden állítását igyekeznek valódi értékben feltüntetni, és megmutatni, hogy törvényeink mennyire közelítik meg az igazságot. Valamely kedves hipotézis vagy a rendszer, vagy a pedagógiai hatás kedvéért soha sem enged az igazságból egy szemernyit sem.”

Az előadás valóban klasszikus rendben felépített: kísérleti fizika, mechanika, szilárd, cseppfolyós és légnemű testek fizikája, hőtan, mágnesség, elektromosság, hang- és rezgés, (geometriai és fizikai) fénytan. Az időközben megjelent tankönyvek egészen a legújabb időkig — Tangl, Pogány, 68

Gyulai — általában ezt a beosztást tükrözik, talán annyi eltéréssel, hogy a hangtant és rezgést a mechanika után helyezik el. Előadásának bevezetésében Eötvös kifejti, hogy minden tudományt különböző, esetleg véletlenszerű szempontok szerint lehet rendszerezni. Ilyen rendszerezést nyújt pl. a szótár. A természettudományokban azonban evvel ellentétben „... nem mellékes tulajdonságokból, hanem oly sajátságok szerint, amelyek a jelenetek lényegét képezik”. „A rendezés alapját... az ún. tapasztalati törvények képezik.” Önmagában azonban a tapasztalat, „az észleletek” még

nem elegendőek a természet megértéséhez, így például a csak észlelésre szorítkozó csillagászatnak is szüksége van a mechanika elméleti törvényeire, alkalomadtán pedig hipotéziseket is kell átmenetileg alkalmaznia. Kísérleti tudomány és elmélet szoros kapcsolata indokolja, hogy a fizikát mechanikával kell kezdeni. Eötvös saját közvetlen érdeklődése tűnik ki abból, hogy milyen fejezeteket tárgyal aránylag nagyobb részletességgel: így a nehézségi erő kérdésének általában, a gravitációs állandó meghatározásának, a csavarási rugalmasságnak, illetve a csavarási ingának elég nagy teret szentel;

ugyanígy a kapillaritás és földmágnesség tárgyalása túlmegy a jegyzet egyéb fejezeteinek részletességén. Kétségtelen, hogy a rendelkezésre álló nem túl áttekinthető szerkezettel leírt jegyzetből a kísérleti fizika alapjait ma is meg lehetne tanulni, különösen akkor, ha a hallgatóknak módjukban volna az előadást hallgatni és a gondosan felépített kísérleteket végignézni.

Nincsenek adataink arra nézve, mennyi idő alatt sikerült Eötvösnek intézete demonstrációs anyagát olyan gazdaggá tenni, mint amilyen volt. 1919 után a következő világháborúig nem sok fejlesztés történt, úgyhogy a 20-as

és 30-as évek orvos, gyógyszerész és matematika-fizika tanár szakos hallgatói lényegében még az eredeti, Eötvös által tervezett kísérleti berendezéseket láthatták. (A baj az, hogy a fizika fejlődésének megfelelően nem láttak többet!) Sok eredeti, Eötvös által kigondolt kísérletet még ma is alkalmazunk az egyetemen, főiskolákon és a középiskolában egyaránt.

Eötvös kísérleteire a szellemes egyszerűség mellett a kvantitatív igazolásra törekvő precizitás jellemző, éppúgy, mint tudományos berendezéseire.

A szabadesés törvényének igazolására és a g egyszerű mérésére

vezette be Eötvös azt az ingakísérletet, amelynél a félperces lengés-idejű inga 490 cm-es rúdja mellett egy golyó éppen az inga végére helyezett kis kosárba esik.

A matematikai inga rezgéseinek szinuszos voltát (kis kilengéseknél) szintén szellemes szerkezet mutatja. A festett vízzel telt cső alatt az inga alatt kis kocsi húzható el a lengésekre merőlegesen. Ugyanolyan szinusgörbét kapunk, mint a rezgő hangvilla és kormozott üveglapból álló közismert kísérlet esetében.

A tömeg, tömegmérés, tömegvonzás állandójának mérésével kapcsolatos kísérleteket különös gond-

dal szerkeszti meg. Laboratóriumi gyakorlatba illő pontossággal tanítja meg hallgatóit a mérlegelésre (kémiai előképzettsége is kitűnik ebből) és egy eredeti módszerre a mérleg érzékenységének meghatározására. Eötvös már korán egyszerű berendezéssel mutatta ki a tömegvonzást torziós ingával. A torziós inga tükréről visszaverődő fénysugár jelezte a nyugalmi helyzetet, ennek elmozdulása az ingarúd mellé vitt 13 kg-os ólomsúly jelenlétét. Ilyen finom torziós eszköz készítése persze igen költséges volt, mert az inga lengője még platinából is készült. Eötvösnek ezt az eszközt is sikerült egy egy-

szerűbb, de előadási célokra megfelelő szellemes kísérlettel helyettesítenie, amelyben ólomlemezek és higannyal telt lapos korongok közt lép fel kimutatható vonzóerő.

Messzire vezetne minden egyes ötletes kísérlet ismertetése. Természetesen nem mind volt eredeti, egy részük már a klasszikus irodalomból ismert. Eötvös azonban rendszerint ezeken is kisebb-nagyobb változtatásokat hajtott végre, hogy a jelenségeket minél meggyőzőbben mutathassa be. A lényeg az, hogy egész előadását úgy szőtték át a kísérletek, hogy azok a tartalmi mondanivalónak mindig szerves részei voltak.

Nyilvánvaló, hogy Eötvös rendkívül nagy munkát fektetett előadásainak felépítésébe, intézete megszervezésére, felszerelésére. Nem csoda, hogy némi csalódással kellett tapasztalnia, hogy a Pesti Egyetemen nem találkozik a hallgatóságnak azzal a lelkesedésével és tudásvágyával, amelyet Heidelbergben kollégáinál tapasztalt, és amely őt magát is fűtötte egyetemi évei alatt.

1887-ben, tizenötéves egyetemi oktatási tapasztalatai alapján nyílt levélben fordul Trefört Ágoston vallás- és közoktatásügyi miniszterhez *Néhány szó az egyetemi tanítás kérdéséhez* címen. Az abban fel-

tárt problémák egy része nemcsak Eötvös korában volt probléma, hanem az maradt az egész Horthy korszakon keresztül, és csak a felszabadulás után nyert megoldást, más része — sajnos — még ma is megoldásra vár. Eötvös elmondja itt, hogy elméleti fizikai előadásait kisszámú hallgatóság előtt tartotta, nem törődve szabályzatokkal „... abban a hitben éltem, hogy a jó tanár bármilyen szabályzatok mellett is sikert arathat”. Mikor azután nagyszámú hallgatóság előtt kellett kötelező tantárgyat előadnia, már más tapasztalatokat szerzett. Keserű kifakadása nemcsak egy gyakori helyzetet tár

fel, hanem azt is mutatja, milyen-
nek tartotta Eötvös a jó tanárt:
„Mennyire leverő e tapasztalat a
tanárra nézve, mennyire bénítja ez
munkaerejét, arról csak annak lehet
fogalma, aki meggondolja, hogy a
lelkiismeretes tanár egészen előa-
dásában él, arra gondol, avval fog-
lalkozik az egész tanév ideje alatt,
s így amikor annak végén arról
győződik meg, hogy hallgatói
nem követték, elkeseredve kény-
telen bevallani, hogy életéből újra
egy évet elfecsérelt eredménytele-
nül. Pedig az egyetemi tanár életét
talán még többre becsüli, mint
mások; mert széppé teszi azt
neki a tudomány varázsa.” A

következő mondatot olykor néhány mai vizsgáztató is leírhatta volna: „A legkeserűbb csalódás azonban vizsgálatokon vár a tanárra, a gondosan egybeállított és tudományosan átgondolt előadások után kénytelen kérdéseit a középiskola színvonalára alászállítani, hacsak a képtelenségig következetes lenni nem akar, s a vizsgálandók 99 százalékát meg nem buktatja.”

Eötvös, összehasonlítást téve a különféle külföldi egyetemi rendszerek között, ésszerű javaslatokat tesz a javításra. Ezek elemzésétől pillanatnyilag eltekintünk, csupán az említett nyílt levél néhány

olyan részletét idézzük még, amelyek Eötvös tudományos és pedagógiai elveit tükrözik: „...az egyetemnek . . . kötelessége, hogy a tudomány fejlesztésével foglalkozzék, s oly tudósokat neveljen, kiknek sorából magát kiegészíteni s így fenntartani tudja. Ezért az egyetemi tanári állásra csakis a tudományos kutatások körében kipróbált, önálló gondolkozás képesíthet.” Majd másutt: „Bizonyos dolog, hogy csak az lehet jó tanár, aki maga tudománnyal foglalkozik, mások eszméit is csak az képes helyesen hirdetni, akinek magának eszméi vannak.” Ez a gondolat állandóan visszatér

Eötvös beszédeiben és írásaiban. Tanítani az tud, aki maga is nemcsak tud, de tudós. . . Így például 1891-ben, rektori székfoglalójában a Treforthoz intézett levél egyik vezérgondolatát folytatja: „. . . annyiszor emlegettem már a tudományos iskolát, a tudományos tanítást, hogy szükségesnek látom arról is szólni, mit értek én e kifejezésben. Röviden megmondhatom. Tudományos az iskola, tudományos a tanítás ott, de csakis ott, ahol tudósok tanítanak. Hozzátehetem, hogy tudósnak nem a sokat tudót, hanem a tudomány kutatóját nevezem.”

Az eddig idézett megnyilatkozások lényegében azokat az általános gondolatokat és javaslatokat tükrözik, amelyek Eötvösben több éves egyetemi és közéleti működése során támadtak, és amelyeknek megfelelő alkalmakkor (természetesen sokkal többször, mint ahányszor idézhettük) kifejezést is adott.

Nyilvánvaló azonban, hogy Eötvös — egyetemes érdeklődése ellenére — elsősorban fizikus volt és a fizika tanára. Így 1892-ben az egyetem újjáalakításának ünnepén tartott rektori beszédében már az egyetemi fizikaoktatásról beszél. Még szabadkozik is kissé, hogy

ezúttal „nem általánosabb érdekű dolgokra” fordítja figyelmét. Majd így folytatja: „...még a legáltalánosabb és legszélesebb körű kérdések megoldásához is legbiztosabban az az út vezet, melyet a részleteiben felderített igazság tűz élénk; s az, aki ezt a sokszor hosszadalmas és fáradságos utat követi, jobban megóvja magát a csalódásoktól, mint az, aki ötletszerűen kimondott általános tételek csábító szavaira hallgat.”

A Bölcsészkar oktatója előtt az (akkori) egyetemen hármass feladat állt: tudósokat képezni valamely szakban, segédtudományként adni egyes szakokat, vagy csupán

az általános műveltséget kielégíteni egy-egy szak által. „A hallgatóknak mind e három csoportja méltán kívánhatja, hogy az egyetemen megtalálja, amit keres; de azért ne gondoljuk, hogy ezért mindegyikére nézve külön-külön intézkedések volnának szükségesek. Vezessük csak valamennyit ugyanahhoz a forráshoz, a tiszta tudomány forrásához, s legyünk azon, hogy e forrásból eredő folyónak mentén kedvvel kövessen ki-ki addig, ameddig ideje és ereje megengedi”, mert: „Nem az a feladat, hogy minden hallgatónak mást, hanem az, hogy mindegyiknek eleget adjunk.” Akinek a

legtöbbet kell adnunk — mondja Eötvös —, a tanárjelöltek. És most újra visszatér a kedvenc gondolat, amelyet ma is meg kell szívlelnünk: „Ők (ti. a fizikus tanárjelöltek) azok, akiket e szakban tudósokká kell képezni; tudósokká mindenekelőtt azért, hogy tanítani tudjanak.” Minden ellenkező véleménnyel szemben, amely szerint az általános műveltséget nyújtó középiskolában nincs szükség „szaktudósokra”, Eötvös ezt válaszolja: „Nem olyan mesterség az a középiskolai tanárság, melyen a tanítás módjára előírt szabályok szolgásterű alkalmazásával boldogulni lehetne...” „Igen, képez-

zük tudóssá középiskolai tanárainkat azért, hogy tanítani tudjanak, de azért is, hogy pályájokon, amely a földi javakkal, dicsőséggel és bizony még az érdemelt elismeréssel is alig kecsegtet, ne bénuljon el erejük a mindennap ismétlődő feladatok iránti közönyösségben, hogy legyen egy olyan foglalkozásuk is, amely varázsával mindig ébren tartsa törekvésüket . . .” Az egyéni életút és életcél mellett van egy általános cél is, amelyet szintén igen sokszor hallhatunk Eötvöstől emlegetni. Ez is tudományos és emberi magatartásának egyik alapvető jellemvonása: „Képezzük őket tudósokká végre még

azért, hogy nemzetünknek a tudomány terén munkásokat adjunk, mert bizony ezer év után, amelyet jól, rosszul e hazában töltöttünk, még sok itt a tennivaló.”

Végigtekintve az eddig idézett mondatokon, ezekből azt szűrhetjük le, hogy aki ezeket mondta vagy leírta, bizonyára okos, nemes gondolkodású ember, de hát ezek még mindig csak szép szavak, mi lett belőlük?

Eötvös nem állt meg a szavaknál. Igyekezett véleményét tettekkel is igazolni, javaslatait megvalósítani. A német egyetemekkel való összehasonlításból azt a következtetést vonta le, hogy a sikeres

egyetemi oktatás feltételei közé tartozik a hallgatóság lelkes tanulni vágyása: a tárgy iránti érdeklődése és a jó tanárok mellett az, hogy a hallgatók művelt, vagyonos családok gyermekei. Legalább is ezt tapasztalta külföldön és saját életében. A liberális és demokratikus gondolkodású Eötvös József fia azonban csakhamar belátta, hogy a magyar művelődés, tudósképzés sikerét nem lehet a harmadik feltételhez kötni. Ezért a gondtalan tanulást — legalább a hozzá legközelebb álló Bölcsészkaron — másképpen, az édesapjáról elnevezett Eötvös kollégium alapításával igyekezett biztosítani. Ez volt

Eötvös rövid miniszterségének legnagyobb, legmaradandóbb tette. A kollégium nemcsak otthont és ellátást nyújtott az arra rászoruló tanárjelölteknek, hanem azok a legkiválóbb professzorok vezetése alatt készülhettek a tudományos pályára. Sok ma is élő vagy nemrég elhunyt nemzetközi hírnevű tudósunk kezdte meg e kollégiumban pályáját. Az Eötvös kollégium diákjai valóban túlnyomórészt megvalósították azt az ideált, amelyet Eötvös már fiatal korában annyi lelkesedéssel tűzött maga elé, és amelynek az elérése a feladat nehézségei miatt sokszor lehetetlennek látszott.

Az Eötvös kollégium alapítása 1894-ben történt, de Eötvös már sokkal előbb hozzáfogott másik kedvenc gondolatának megvalósításához: nemcsak tudósokká nevelni a középiskolai tanárokat, hanem azt is biztosítani, hogy a jól kiképzett tanárok tudósok is maradjanak. Ezt a célt szolgálta az Eötvös Loránd Matematikai és Fizikai Társulat alapítása 1891-ben.

Eötvös külföldről hazatérte után úgyszólván minden tudományos megmozdulásban részt vett mind a Természettudományi Társulatban, mind a Magyar Tudományos Akadémia III. Osztályában. Az előbbi

folyóirata, a Természettudományi Közlöny 1869-től, az Akadémia III. Osztálya pedig 1882-től közölt matematikai és természettudományi cikkeket, éppen Eötvös kezdeményezésére. Eötvös felismerte, mennyire szükséges lenne egy kizárólag a matematikával és fizikával foglalkozó társaságot és folyóiratot alapítani, amelynek célja a népszerű ismeretterjesztésnél lényegesen többet, de még nem kimondottan szűk szakmai ismereteket adni.

A Társulat magja az a kisebb, matematikusokból és fizikusokból álló csoport volt, akik Eötvös vezetése alatt eleinte fehér asztalnál,

kötetlen szakmai beszélgetésekre jöttek össze: Hunyady Jenő, König Gyula, Scholtz Ágoston, Szily Kálmán, Fröhlich Izidor, Gruber Nándor és Wittmann Ferenc. A beszélgetésekből lassan előadások lettek, és Eötvös elérkezettnek látta az időt, hogy megpróbálja az összejöveteleket szervezetté, majd hivatalossá tenni, és ő maga vállalkozott az első reprezentatív előadás megtartására. 1890. november 29-én Eötvös a következő meghívót küldte ki említett kollégáinak és másoknak: „Uraim! A Matematikai Társaság felszólítására december hó 4-én és 18-án esti 6 órakor a tudományegyetem

physikai intézetében a földi gravitációról két előadást fogok tartani, amelyekben az arra vonatkozó vizsgálódásaim módszereit és eredményeit bemutatni szándékozom. — Szeretném e tárgy iránt a physikával foglalkozó t. Collegáim érdeklődését is felkelteni, mert meg vagyok győződve arról, hogy a tudományos eszmecsere az egyes kutatóknak úgy, mint a tudománynak nagy hasznára válik, s ezért kérem, vegyen részt ez összejöveteleinken. Megvallom, az a remény is kecsegtet, hogy ezzel az első lépést fogjuk megtenni arra, hogy hasonló célból még többször egybegyűljünk és szoro-

sabb érintkezésbe lépünk. Igaz tisztelettel maradok híve b. Eötvös Loránd.” A meghívottak előtt azután Eötvös hasonló szellemenben szólt a második előadás után: a személyes érintkezés szakmai szempontból mindenkinek csak hasznára lehet: „Meggyőződésem pedig a következő: vagyunk már elegen és munkakedvünk is elegendő arra, hogy remélhetőleg létrejövő összejöveteleink eredményeit írásba is foglaljuk, s ezáltal vidéki szaktársainkhoz, kiknek megjelenésére őszinte sajnálatunkra nem számíthatunk, szintén közelebb jutunk...” Itt vetődik fel tehát először a szakfolyóirat gon-

dolata — amint azt Eötvös a továbbiakban ki is fejtí —; lelkére köti a megjelenteknek, hogy a karácsonyi ünnepek alatt gondolkozzanak a kérdésem.

Ilyen előzmények után került sor 1891. november 5-én a Matematikai és Physikai Társulat alakuló ülésére. A hazai matematikus és fizikus társadalom későbbi fejlődése szempontjából döntő szavakkal nyitotta meg Eötvös ezt a gyűlést: „Uraim! Avégből jötünk össze, hogy a Matematikai és Physikai Társulatot megalakítsuk. Csendesen, hangzatos szavak kerülésével, éspedig a siker kilátásával tehetjük ezt, mert oly hely-

zetben vagyunk, mint régi szövetségesek, kik baráti szövetségöket később törvényesítik. Közös cél, s annak eléréseért közös munkálkodás hozta létre szövetségünket, és ezért nem is szükséges, hogy újra előadjuk az okokat, melyek bennünket a frigy megkötésére bírtak, s most annak törvényesítésére indítanak. De egy dolgot szem előtt kell tartanunk most, amikor úgyszólván a nyilvánosság elé lépünk. Azt tudniillik, hogy most még nagyobb buzgalommal és kitartással kell önként elvállalt kötelességeink teljesítésére törekednünk. A tudomány haladását rendes összejöveteleinkben

előszóban előadni, és mindazt, ami a szakember figyelmére méltó, szakfolyóiratunkban megírni: ez a mi feladatunk. E feladat nem látszik nagynak, alig többnek egy önképzőkör feladatánál; és mégis, ha híven teljesítjük, érdemes munkát végzünk, és nagy szolgálatot teszünk vele. Hiszen ha elérjük azt, hogy mindenki, aki hazánkban fizikát és matematikát tanít, igazán fizikus és matematikus legyen: akkor nagy szolgálatot tettünk nemcsak az iskolának, hanem hazánk tudományosságának is. Hogyha ezen önképzés feladatát híven és komolyan teljesítjük, annak az is lesz az eredménye,

hogy a mi körünkből fognak majd kiválni a tudomány önálló művelői és fejlesztői.”

„Ezzel a Matematikai és Fizikai Társulatot megalakultnak nyilvánítom.”

Ugyanilyen döntő jelentőségű, ma már klasszikussá vált sorokban hívja fel Eötvös tanártársait a Matematikai és Fizikai Lapok előfizetésére:

„Szaktársainkhoz!

Új folyóirattal, a Matematikai és Fizikai Lapok-kal lépünk nem a nagyközönség, hanem hazánk matematikusai és fizikusai elé — avval a kéréssel, hogy olvassák s azt megírni segítsenek.

Folyóiratot akarunk teremteni, amely a mi kedves hazánkban is terjessze tudományszakainknak napról napra gyarapodó vívmányait, amely matematikusaink és fizikusaink tudományos érdeklődését ébren tartva, kedvessé tegye nekik tudományunknak nemcsak művelését, de tanítását is. Azért, ha e lapokat csak magunknak írjuk is, olyan formában, amint szakember a szakembernek ír, mégis fontos szolgálatot vélünk vele tenni közmívelődésünknek, mert kétségtelen, hogy a tanítás sikere úgy a felső, mint a középfokú iskolában mindenekelőtt a tanár tudományos képzettségétől függ.

Célunk nem a tudomány népszerűsítése, s nem is önálló tudományos dolgozatok közlése: mások sikerrel vállalkoztak már e feladatok teljesítésére. Mi tudományos ismertető cikkek alakjában fogjuk megadni a szakembereknek azt a szellemi táplálékot, melyre szüksége van, ha haladni akar, mert jól tudjuk, hogy különösen a tudományban a nem haladás csak annyit jelent, mint az elmaradás.”

A Társulat első elnöke természetesen Eötvös Loránd lett, az is maradt haláláig. Eötvös javaslatára „a Társulat első tagja” Jedlik Ányos lett. A Társulat második

100

közgyűlésének megnyitója ismét Eötvös tudományszeretetéről tanúskodik: „...Egyszerű de egészséges viszonyaink között egyszerű és kevés a Társulati ügy is. . . .Arra törekszünk valamennyien, hogy tudósokká váljunk, és tudósok maradjunk, mert erős meggyőződésünk, hogy az iskola, amelynek életünket szenteltük, csak abban az arányban javulhat, a technikai ipar, melynek meghonosításán fáradozunk, csak abban az arányban fejlődhetik, amelyben tudományunk színvonalát magasabbra emelni bírjuk.”

A Társulat vezetése nem volt könnyű. Állami támogatást nem

kapott, a szerény tagdíjakból és az MTA évi segélyéből tartották fenn. Ezen még Eötvös minisztersége sem változtatott. Miniszterségéhez azonban mégis egy igen fontos esemény fűződik: az Eötvös Loránd Matematikai és Fizikai Tanulóverseny alapítása, erre Eötvös saját zsebéből emlékérmét is alapított. Ha ma büszkék vagyunk rá, hogy fiataljaink matematikából és fizikából külföldi, nemzetközi vetélkedőkön is megállják a helyüket, nem szabad elfelejtenünk, hogy az első országos tanulmányi verseny alapítója és szervezője éppen Eötvös Loránd volt. Azóta más és más nevek alatt, különböző

korosztályoknak rendeztek és rendeznek tanulmányi versenyeket külön matematikából, külön fizikából, de a Matematikai és Fizikai Társulat késői utódja, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat most is megrendezi minden év őszén az az évben érettségizettek számára az Eötvös fizikai versenyt. E versenyek nyertesei között sok ismert tudós és mérnök nevével találkozunk, akiknek talán éppen a verseny megnyerése adott újabb lendületet a tudományos hírnév megszerzésére. A Társulat élete egyébként a versenyek évente való megrendezése mellett évi 20, később 10—12 előadás szervezéséből és a

közgyűlésből állt. Az előadások legjobbjai megjelentek a Matematikai és Fizikai Lapokban is, amely nem egy ifjú tehetség számára biztosított publikációs lehetőséget, és ugyanakkor meglepő gyorsasággal tájékoztatta a szaktársakat a fizika legújabb eredményeiről.

És mindezen tevékenység középpontjában Eötvös állt. Az előadásokat az ő intézetének tantermében tartották, ő teremtette meg a hiányzó pénzt, az ő buzdító szavai vezették az ifjú tudósokat, az ő fáradtságot nem ismerő tudományos munkája szolgálhatott minden kolléga számára minta-

képül. Eötvös nem is mulasztotta el soha, hogy egy-egy új felfedezéséről a Társulat előtt is beszámoljon.

1919-ben, Eötvös halálakor nemcsak a magyar történelemnek egy szakasza zárult le. Határkő, szomorú határkő volt ez a Társulat történetében is. A hálás tagtársak impozáns különszámot szerkesztettek Eötvös munkásságáról a Matematikai és Fizikai Lapokból a nagy tudós 70. születésnapjára, de ezt a szép munkát már csak a nagybeteg Eötvös láthatta, és nyomtatásban csak 1921-ben jelenhetett meg. Az ugyanebben az évben újjáalakult Társulat ekkor

vette fel Eötvös Loránd nevét, majd a felszabadulás után a matematikai és fizikai részleg szétvált. Az előbbi jelenleg Bolyai János Matematikai Társulat néven működik, míg az utóbbi mint Eötvös Loránd Fizikai Társulat őrzi a nagy alapító nevét és ápolja emlékét.

★

Eötvös 16 évig volt az MTA elnöke, 1905-ben mondott le, hogy minden idejét tudományos munkájának szentelhesse. Egyedül Elnöki beszédeiből, nagy emberekről tartott megemlékezéseiből is meg lehetne rajzolni tudományos

106

egyéniségét. Idézzük Eötvös mű-
veinek talán legalaposabb ismerő-
jét, Selényi Pált, amint Eötvös
akadémiai tevékenységét jellemzi:
„Akadémiai elnöki megnyitó be-
szédeiben az akadémiák létjogá-
ról, a tudomány és költészet, a
tudomány és gyakorlat, a tudós és
a nagyvilág, az egyéni és kollektív
tudományos munka viszonyáról
és még sok egyébről találunk érté-
kesnél értékesebb megállapításokat;
amelyeket persze minden nemzet,
sőt minden nemzedék is újra és
újra talál meg és önt korszerű for-
mába, de amelyeket jórészt ma-
gyar nyelven először Eötvös mon-
dott ki, és amelyeknek igazságát —

egy magyar író szavát idézve — jórészt az a melegség fogja megőrizni, amivel ez igazságok ki-mondattak. De ennél többet is mondhatunk. Beszédeiben és minden más megnyilatkozásában Eöt-vös a dialektikus gondolkodás igazi mestereként mutatkozik meg. Minden dolgot minden oldalról megvilágít, kapcsolataikat felismeri, az örökös változás és az ellentéteken át történő fejlődés gondolatát egyaránt felleljük nála.”

A századfordulón a Magyar Tudományos Akadémia elnökének nem volt könnyű dolga. A Matematikai és Fizikai Társulat elnökének *csak* anyagi gondjai

voltak, de megértő, segíteni kész, ugyanarra a célra törekvő barátok vették körül. A nagyobb testületben azonban, amelynek működését az egész ország figyelemmel kísérhette (de nem kísérte!), szűk látókörű, reakciós politikusokkal kellett megküzdenie az anyagi eszközök hiánya mellett. Ennek eredménye volt az az elzárkózottság, amelyet Eötvös olyan keserűen emleget, de amelyet szükségszerűnek tart. *Attól* a politikától csak elzárkózni lehetett. Eötvös azonban tudta, hogy ez másképpen is lehetne: „Majd akkor, mikor nemzetünk jogosult vágyai Isten kegyelméből teljesezésbe mennek;

amikor állami intézményeink azt a fejlettséget érik el, és olyan biztos alapokon nyugosznak, hogy azoknak rendezésére és megszilárdítására nem lesz, mint ma, annyi politikusra szükség, s a legjobbak helyesebb arányokban fogják szétoszthatni erőiket a nemzeti jólét és művelődést előmozdító munkásság különböző terein, akkor, amikor a magyar gazdának, iparosnak, kereskedőnek, művésznek és tudósnek, mindegyiknek a maga módja szerint meg lesz adva a képesítés arra, hogy abban, ami-
ben munkálkodik, nagyra vihesse, s a sokaság műveltsége is oda fejlődött, hogy az érdemet minden for-

mában felismerni és méltatni tudja: akkor ebben a boldog időben az Akadémia is megint nem százak, hanem milliók szerint fogja számíthatni barátait.”

1900-ban hangzottak el Eötvösnek ezek a szavai. 19 év múlva már-már elkövetkezett ez a korszak, de Eötvös azt már nem érte meg egészségben; és rövidesen követte őt sírjába az a proletárdiktatúra is, amely mindezt megtudta volna valósítani.

★

A miniszter Eötvösnek két fontos tetteről, az Eötvös kollégium és az Eötvös verseny alapításáról

már volt szó. A közoktatás egyéb terén hozott intézkedései arra mutattak, hogy méltó fia volt Eötvös Józsefnek. Nemcsak mint miniszter, hanem mint főrendiházi tag is folytatta Eötvös harcát a vallásszabadságért, a zsidók emancipációjáért. Nagy szeretettel foglalkozott a tanítóság problémáival. Különösen érdemes kiemelni a korban teljesen szokatlan nemzetiségi politikáját: „Az iskola nemzetiségi kérdéseiben nem általános rendszabályokkal fogunk rendet teremteni, hanem azzal, hogy bár legkisebbnek látszó és sokszor nagyon lényeges esetekben kellő tapintattal intézkedünk, és lehető-

leg nem cselekszünk mást, olyat ami fájna nekünk, ha velünk történék meg.” — Ennek ellenére mégsem sajnálhatjuk, hogy nem volt tovább miniszter, mert tudományos munkássága megmaradt örök kincsünknek, míg annak a kornak a legnemesebb politikai törekvéseit, legbölcsebb intézkedéseit is elsöpörték a következő évtizedek viharai.

★

Eredményekben, küzdelmekben gazdag élet után következett el 1919. április 12-e; amikor óriási gyászoló tömegtől feketéllett a Nemzeti Múzeum környéke. Itt

volt felravatalozva báró Eötvös Loránd, „a proletárhatalom nagy halottja”.

Lukács György, közoktatásügyi népbiztos, aki a gyászbeszédet mondta, nevezte így azt az Eötvöst, aki azt vallotta, hogy „... csak az az igazi tudomány, amely világra szól; s ezért, ha igazi tudósok és — amint kell — jó magyarok akarunk lenni, úgy a tudomány zászlóját olyan magasra kell emelnünk, hogy azt határain túl is meglássák, és megadhassák neki az illő tiszteletet”. Lukács György így búcsúzott Eötvöstől: „Végtelen fájdalommal és szomorúsággal tölt el bennünket az a

tudat, hogy az új állam küszöbén nélkülözniünk kell Eötvös lángeszét és munkáját . . .”, „ . . . ki nem tekintve egyéni érvényesülést, osztályérdeket, csak a tudománynak élt, csak a tudományért küzdött, dolgozott . . .”

És annak a tudósnak a ravatala előtt, akinek először sikerült Magyarországon a tudomány zászlóját a világszint magasságáig emelnie, Lukács György meghajtotta „a világ proletáriátusának zászlóját . . .”.

M. ZEMPLÉN JOLÁN

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYOS
EREDMÉNYEI A FIZIKA
ÉS A GEOFIZIKA SZEMSZÖGÉBŐL

Amikor arra vállalkozunk, hogy Eötvös tudományos munkásságát jellemezzük, önkéntelenül is Scribe híres darabja, az *Egy pohár víz* jut eszünkbe, melyben a szerző a pohár víz köré építette fel az egész cselekményt. Leegyszerűsítve, egy pohár víz volt az, ami Eötvös egész érdeklődési körét lekötötte, s ami köré alapvető eredményei csoportosulnak. Egy pohár víz felületét kétféle erőcsoport összehatása alakítja ki: a kapilláris erők s a Föld felszínén

észlelhető s mindenütt jelenlevő nehézségi erő, amit közvetlenül a testek súlyában észlelhetünk. Eöt-vös élete, munkássága és érdeklődése — jelentéktelen kitérésektől eltekintve — e két jelenségcsoportra összpontosult, s e két területen ért el alapvető eredményeket. Még a két terület vonatkozásában is szorosabb s hosszantartóbb volt a frigye a gravitációval. A hajszálcsövesség területén elért alapvető eredménye mintha egy kalandban feloldódott első nagy szerelem lett volna, amely soha sem tért vissza életébe. Ezért mi súllyal a tömegvonzással kapcsolatos vizsgálataival fogunk foglalkozni.

Hogy a tömegvonzás jelentőségét a geofizikában alaposabban megérthessük, sokkal távolabbról kell elindulnunk. Először azt kell tisztáznunk, mit is értünk a Föld alakján. E fogalmat legkönnyebben fejlődéstörténetének végigkísérésével érthetjük meg.

Az első tudományosan is megalapozott eredmények a Föld alakjáról először a görögöknél bukkannak fel. Már időszámításunk előtt a hatodik században azt hirdeti Püthagorasz, hogy a Föld gömb alakú. Gondolatmenete a következő volt: A Hold fényváltozásai akkor magyarázhatók a legegyszerűbben, ha e fényváltozások

kat annak tulajdonítjuk, hogy a Nap más és más irányból világítja meg a Holdat. Miután a világos és sötét részek választóvonala, a terminator a Holdon mindig körív, geometriai megfontolásból következik a Hold gömb alakú volta. Ennek merész általánosítása már a Föld gömb alakúsága.

Közvetlen érveket a Föld gömb alakúságára később Arisztotelész-nél találunk, aki a holdfogyatkozást mint a Föld árnyékát értelmezte, s az árnyék méreteinek kör alakjából mondotta ki, hogy a Föld gömbhöz hasonló. De érvelését a Föld gömbölyűségének igazolására azzal a megfigyeléssel

is alátámasztotta, hogy az egyes ismert csillagképek és csillagok delelési magassága annál alacsonyabb, minél északabbra utazunk.

Még egy hatalmas eredményt értek el a görögök a Földdel kapcsolatban. Ők határozták meg először a Föld méretét. Eratoszthenész, aki i. e. 276 és 195 között élt Alexandriában, azt vette észre, hogy a nyári napforduló idején a felső-egyiptomi Syene város kútjaiba délben bevilágít a Nap anélkül, hogy árnyékot vetne, a tőle északra levő Alexandriában viszont a napsugár iránya ugyanakkor 7° -os szöveget zár be a füg-

gőlegessel. Ez a szögeltérés gömb alakú Földön a két városnak a Föld középpontjától való látószögét szolgáltatja, s így a két város távolságának ismeretében a Föld sugara kiszámítható. Syene és Alexandria 5 000 stadionra volt egymástól, így a Föld kerületére 252 000 stadion adódott. Egy kis bizonytalanság ennél az értéknél azonban fennáll, mivel a görögök kétféle stadiont használtak. De még így is a kapott érték alig 20%-kal nagyobb a mai nagy pontosságú adatnál, ha az egyik hivatalos stadiont, s 1%-on belül van, ha a másik hivatalos stadiont használjuk.

E primitívségükben is csodálatos eredmények csaknem ezer éven át kiestek az érdeklődés fényköréből. A legközelebbi állomás ugyanis i. sz. 827-ből való. Ekkor a történelem egy másik mozgékony és eszes népe, az arabok kísérelték meg a Föld sugarának megmérését. Ők csaknem 2° -os szögeltéréshez tartozó ívhosszat mértek meg Bagdadtól északnyugatra a Szindsáv sivatagban, s az ívhossz méréséhez mérőléceket használtak. Pontosságukat sajnos éppen azért nem tudjuk megbecsülni, mivel a mérőlécek hosszúságának átszámítási léptékét nem ismerjük.

Közben kialakul és teljes uralomra jut Európában a középkor szemlélete. A Föld gömb alakúságának még a gondolata is tiltott. Csak 1525-ben méri meg ismét az ívhosszat J. Fernel francia orvos Amiens és Párizs között, kocsike-rekeinek fordulatszámát és kerületét használva fel a méréshez. Egy évszázaddal később belépnek a geodéziai módszerek. 1617-ben Snellius bevezeti a háromszögelési eljárást, s ezzel megkezdődik a Föld pontosabb geometriájának a tudománya, a geodézia. Ezután gyorsan követik egymást az események, s a mérések arra kezdenek utalni, hogy a Föld nem

pontosan gömb alakú. Talán a sors iróniája, hogy az első ilyen irányú kísérletek a valósággal éppen ellentétes eredményekre vezettek. A franciák fokméréseikből azt a következtetést vonták le, hogy a Föld forgási ellipszoid ugyan, de az ellipszis csúcsai a sarkoknál vannak. Az ellipszoid talán azért merült fel, mert ez a gömbhöz legközelebb álló s legegyszerűbben jellemezhető felület.

Ekkor bukkan fel s kér helyet a Föld alakjának a problémájában a tömegvonzás.

A tömegvonzás és a súly kérdése ilyen vagy amolyan alakban már a fizika megszületésétől fogva

foglalkoztatta a kutatókat. Galileit még csak az erő és mozgás kapcsolatai érdekelték, s szabadesési kísérletei az első tapogatózó lépések a gravitációs mérések terén. Nála merült fel először, ha igen kis pontossággal is, hogy a tömegvonzás független a testek minőségétől. Ez első megfogalmazása volt a gravitáló és tehetetlen tömeg arányosságát kimondó elvnek, amelynek nagy pontosságú igazolása adott alkalmat Eötvös számára, hogy nevét beírja a fizika történetébe.

A tömegvonzással kapcsolatos tudatos mérések azóta számíthatók, amióta Newton a tömegvon-

zás törvényét kimondotta. A tömegvonzás kezdettől fogva két nagy problémakörben játszott fontos szerepet: egyrészt az égitestek mozgásának, másrészt a Föld alakjának a kérdésében. Ma a két független probléma a mesterséges holdak révén szoros kapcsolatba került egymással.

A Földdel kapcsolatos első alapvető gravitációs mérés mintegy 15 évvel előzte meg Newton híres művét, a *Philosophiae naturalis principia mathematica*t. Ezt az alapvető gravitációs megfigyelést J. Richter párizsi csillagász végezte, aki csillagászati ingaóráját 1672-ben Párizsból Cayennebe vitte,

ahol azt tapasztalta, hogy az tetemes késéssel kezdett el járni felállítása után. Miután megigazította, s visszatért Párizsba, a Cayenneben helyesen járó inga Párizsban ugyanannyit sietett, mint amennyit Cayenne-ben Párizshoz képest késett. A francia tudósok ezt a forgó Földön fellépő nagyobb centrifugális erőre vezették vissza, azonban Newton és Huygens azon a nézetben voltak, hogy csupán a centrifugális erő megnövekedése nem elegendő a késés magyarázatára; szükséges azt is feltételezni, hogy a Föld a sarkokon lapultabb, mint az egyenlítőn. Ez az ingaóra megfigyelés irányította rá a kutatók

figyelmét arra, hogy milyen döntő szerepet játszik a Föld alakjának vizsgálatában a tömegvonzás.

A Newton-féle tömegvonzási törvény többféle mérési feladat elé állította a fizikusokat. Az első feladat az volt, hogy valóban igazolják a tömegvonzás tényét bármely két test között. Igazolni kellett a tömegvonzásnak távolsággal fordított arányos voltát. Meg kellett határozni a tömegvonzási állandó értékét, bebizonyítani annak univerzális állandó voltát, tehát az anyagtól való függetlenségét.

A tömegvonzási törvény lehetőségét ad a tömeg mérőszámának a meghatározására. De a tömeg mé-

rőszámát az erőhatással szemben kifejtett tehetetlenségével adta meg a newtoni mechanika. Annak érdekében, hogy a kétféle tömeg fogalmát megértsük, képzeljünk el egy vízszintes és egyenes vasúti sínt egy rajta elhelyezett vasúti kocsival. Adott mozdony ezt a vasúti kocsit állandó tolóerő kifejtésével pl. 20 másodperc alatt gyorsítja fel 60 km/óra sebességre. Egy másik vasúti kocsi tömege akkor egyenlő az első kocsi tömegével, ha a mozdony hasonló erő kifejtéssel ugyancsak 20 másodperc alatt gyorsítja fel 60 km/óra sebességre. Míg a két kocsi együtt való felgyorsítására kétszer akkora erőt kell a

mozdonynak kifejtenie, akkor is, ha a két kocsit nem a földön levő sínpáron gyorsítják fel, hanem pl. a Holdon vagy a Jupiteren, ahol pedig mindkét kocsi súlya lényegesen kisebb, ill. lényegesen nagyobb. A tömeget tehát azzal a mérőszámmal lehet jellemezni, amely megmondja, hogy egységnyi gyorsuláshoz mekkora erőt kell a testre kifejtenünk. Ha nincs erőhatás, a test képtelen megváltoztatni sebességét, nincs gyorsulás. A tömeget tehát a tehetetlenségi állapotának megváltoztatásához szükséges erővel mérik. Ezért ezt a tömegmérés számot tehetetlen tömegnek nevezik. Két test töme-

gét össze lehet úgy is hasonlítani, hogy a súlyúk (tehát a Föld vonzása és forgása következtében kialakult erő) nagyságát mérjük meg. A súly alapján is lehet tehát a tömeghez mérőszámot rendelni. Ezt gravitáló vagy súlyos tömegnek nevezik. Nem magától értendő, hogy pl. egy aranyból készült vasúti kocsi és egy alumíniumból készült vasúti kocsi, amelynek tehetetlen tömegéről megállapítottuk, hogy azonos, ugyanakkora súlyt is képvisel, tehát egy jól kalibrált mérlegen ugyanazt a mérőszámot mutatja. Igen kíváncsnak látszik bebizonyítani, hogy a kétféle mérőszám azonos.

A gravitációs törvény nagy pontosságú érvényességét először a bolygómozgás gravitációra alapozott elméletének a megfigyelésekkel való igen nagy pontosságú egyezése támasztotta alá. A tömegvonzásra vonatkozó első kísérleti méréseket Cavendish hajtott végre 1798-ban. Cavendish a tömegvonzás földi testeken való fellépésének kimutatása mellett a gravitációs állandó értékét is megmérte, s ebből megállapította a Föld átlagos sűrűségét. A Richter-féle megfigyelések ráirányították a figyelmet arra a szoros kapcsolatra, ami a nehézségi erő és a Föld alakja között fennáll. Ezért a

perui expedíció során, amelyet a Föld lapultságának meghatározása érdekében küldött ki a francia akadémia 1735-ben, Bouguer és la Condamine a geodéziai fokmérést már gondos ingamérésekkel egészítette ki. Itt merültek fel az ingalengés idejének meghatározására szolgáló módszerek csírái is, amit azonban tudatosan csak Borda dolgozott ki később, a 19. század első felében.

A 19. század első feléig azonban a gravitációs mérések csak tapogatózások voltak, s kiegészítették a Föld alakjára vonatkozó elméleti eredményeket és geodéziai méréseket. Pontosságuk messze

elmaradt attól, amit a Föld alakjának szabatosabb vizsgálata megkívánt volna.

A Föld alakjának modern értelemben vett fizikai és geometriai vizsgálata a XIX. század közepe táján indult meg, s csupán napjainkban, a mesterséges holdak segítségével jutott el kifogástalan megoldáshoz. A földalak kérdésének modern vizsgálata tehát Eötvös életében a tudomány egyik legizgalmasabb s legtöbb rejtélyt jelentő problémája volt, s mindenkor a mérési pontosság legvégső lehetőségeinek a kihasználását kívánta. Nem csodálhatjuk, ha ez a kérdés a becsvággal fűtött s

klasszikus gondolkodású Eötvöst megfogta.

A Föld tényleges alakja igen változatos. Elméletileg azonban szükségünk van egy olyan felületre, amely a Földhöz jól rögzíthető, s amelyhez képest a tényleges földfelszín, a morfológia leírható. Az elméleti meggondolások éppúgy, mint azok gyakorlati megvalósítása arra vezetett, hogy a Föld alakját a nehézségi erőteréhez kössük. És itt néhány szót kell szólnunk a tömegvonzás és a nehézségi erő közötti különbségről. A tömegvonzás törvényét Newton fogalmazta meg. Eszerint két pontszerű tömeg között olyan vonzóerő lép

fel, amely a tömegek mérőszámaival arányos, de fordítva arányos a közöttük levő távolság négyzetével. A Föld hatalmas tömege is összetehető pontszerű, tehát pl. a távolság méretéhez képest elhanyagolható nagyságrendű tömegrészecskék összességéből, s így a Föld is egy adott pontszerű (vagy legalábbis igen kicsiny kiterjedésű) tömegre olyan vonzóerőt gyakorol, ami megfelel az egyes tömegrészecskék vonzásának erőösszegeivel, azaz vektor eredőjével. Azt is tudjuk, hogy homogén, tehát azonos sűrűségű övekből felépített gömb alakú test vonzása ugyanakkora, mintha az egész tömege a

középpontjában lenne sűrítve, tehát pontszerűvé válnék. Valóban a Föld vonzása első közelítésben akkora, mintha egész tömege tömegközéppontjában volna sűrítve.

De a Föld az égitesteknek közel tehetetlenségi koordinátarendszeréhez képest tengelykörüli forgást végez. Ezt a forgást magán a Földön, a Földhöz rögzített koordinátarendszerben úgy észleljük, mintha a tömegvonzáshoz egy másik erő, mégpedig egy tehetetlenségi erő, a Föld forgása következtében fellépő centrifugális erő adódnék hozzá. A vonzásnak és a centrifugális erőnek az eredőjét

nevezzük a Földön nehézségi erőnek.

Hogyan köthető a Föld alakja a nehézségi erőterhez? A Föld felszínének nagy részét tengerfelszín alkotja. A tengerfelszín, ha nem volnának tengeráramlások és légmozgások, olyan szintfelületet alkotna, amely mindenütt merőleges volna a nehézségi erőre. Ezt az elméleti tengerfelszínét libella segítségével, az ún. szintezőműszer felhasználásával a szárazföld minden pontjára is kiterjeszthetjük. Így az egész Földre egy, az átlagos tengerszintjével azonos magasságban fekvő szintfelületet kapunk, amelyet kizárólag a nehézségi

erő határoz meg, s amelyet földaloknak vagy *geoid*nak nevezünk. A régi vizsgálatok is rájöttek, hogy a szintfelülethez igen jól hozzáilleszhető egy forgási ellipszoid. Ez az ellipszoid azonban alig tér el a gömbtől. Hogy az eltérést szemléletesen láthassuk, képzeljük el az egész Földet (s így a felszínét megközelítő ellipszoidot is) a 20 milliomod részére kicsinyítve, ami azt jelenti, hogy a Föld sugarának nagyságrendje 30 cm körül lesz. Ha a lekicsinyített modellt a földtengelyen keresztülmenő síkkal metsszük, s ellipszis helyett körzővel egy olyan kört rajzolunk meg, amelynek nyomvonala 1 mm

széles, akkor a megközelítő ellipszishez (de magához a földfelszín lekicsinyített keresztmetszetéhez is) húzható úgy egy kör, hogy a lekicsinyített ellipszis, ill. tényleges keresztmetszet teljesen az 1 mm-es nyomvonalon belül marad. Ez azt jelenti, hogy a Föld tényleges alakja alig tér el a gömbtől.

A pontosabb geodéziai és gravitációs vizsgálatok azonban azt is feltárták, hogy a tényleges földalak eltér az ellipszoidtól, bármenynyire is jól közelíti azt meg. A tényleges földalaknak azonban kiemelkedései és süllyedékei vannak az ellipszoidhoz képest. A geoid felszíne tehát hullámzik, undu-

lál. A geoidundulációk azonban, amint azt már ma a mesterséges holdakból levont igen nagy pontosságú eredményekből pontosan tudjuk, nem nagyobbak 50 m-nél, azaz alig lépik túl a szintfelületet helyettesítő ellipszoid, tehát a Föld méreteinek az ezred százalékát.

E nagyobb kiterjedésű undulációkon kívül azonban a geoid kisebb, finomabb változásai mindenütt fellépnek. Az üledékekben fellépő sűrűségkülönbségek éppúgy eltorzítják, mint ahogy eltorzítják a mélyben eltemetett tömegek is. Világos, hogy ezek hatása, ha létezik is, elképzelhetetlenül

kicsiny. Eötvös egyik alapvető eredménye az volt, hogy megtalálta a műszert és a módszert arra, hogy a földalaknak ezeket a kicsiny, egy pohár víz felszínén is észlelhető hullámzásait is megtudja mérni. Az eszköz a módosított és rendkívül érzékennyé és megbízhatóvá tett Coulomb-inga volt, amelyet éppen ezért joggal nevezhetünk Eötvös-ingának (vagy Eötvös mérlegnek, ha az egyensúlyi helyzetek alapján való használatát vesszük figyelembe).

Milyen is az Eötvös inga szerkezete, s mivel érte el Eötvös az addig szinte ismeretlen nagyfokú pontosságot. Képzeljünk el egy

vízszintes alumínium rudat, amely közepén egy vékony, befogott rugalmas szálhoz van rögzítve úgy, hogy felfüggesztés után is vízszintes marad. Világos, hogy ez a rúd egyensúlyba kerül, ha a szál ki van csavarodva; s ha ebből az egyensúlyi helyzetből a vízszintes irányba kimozdítjuk, akkor a szál igyekszik ugyanoda visszacsavarodni. Az egyensúlyt lényegesen nem zavarja, ha a vízszintes rúd két végére a forgástengelytől ugyanakkora távolságra két egyenlő aranytömeget (vagy más tömeget) teszünk, még akkor sem, ha az egyik tömeget külön szálon alsóbb szintre helyezük. Ezzel elvi-

leg el is készítettük az Eötvös-
ingát. Az is világos, hogy ha a
rudat tartó szál helyett vékonyab-
bat helyeznek el, akkor kisebb
erő hozhat létre ugyanolyan kité-
rést. Eötvös 0,02 mm átmérőjű
platina, majd platina-iridium szálát
használt, amelyet előre kikészített
erre a célra úgy, hogy ne legyenek
benne felhalmozott feszültségek,
hőérzékeny legyen, s kereszt-
metszete mindenütt ugyanakkora
s tartsa az egyensúlyi helyzetét.
De ha ezt igen kicsiny erők el-
tudják téríteni, akkor a mikro-
klíma következtében előálló mik-
rolégáramlások állandóan változ-
tatják majd a rúd helyzetét. Ezt

kiküszöbölendő Eötvös az ingáját kettős, majd hármas falú, jól záró edénybe zárta, s észlelései alatt még külső sátorral is igyekezett az egyenetlen hőhatásokat kiküszöbölni.

Világos, hogy a teljes nehézségi erő nem okoz semmiféle elcsavarást, ha az mindenütt állandó, mert nem lesz vízszintes összetevő, ami a tömegeket s velük együtt a rudat elcsavarná. De ha a felszín alatt egy nagyobb sűrűségű tömeg van, akkor ez a tömeg az Eötvös-inga rúdjának két végén levő súly közül a mélyebben, tehát közelebb levő tömeget jobban vonzza, mint a kissé magasabban fekvő

másikat. Ez a két erőkülönbség elegendő arra, hogy az ingát elcsavarja. Ez a csavaró hatás akkor érvényesül, ha nem pontosan a nagyobb sűrűségű tömeg felett vagyunk, hanem oldalról közeledünk feléje, azaz ahol a nehézségi erő értéke növekedésben van. Az Eötvös-inga elcsavarodása tehát azokat a helyeket jelzi, ahol a nehézségi erő értéke meghatározott irányban nő, s az elcsavarodás ennek a növekedésnek a mértéke. A geofizikusok azt a mennyiséget, amely megadja azt, hogy a nehézségi erő a vízszintes síkban egy cm-en belül mennyit nő a legnagyobb növekedés irányában, a

146

nehézségi erő (nívófelületi) gradiensének nevezik. Az Eötvös-
inga a térben elsősorban a nehézségi erő vízszintes gradiensét adja meg. Ezt a gradienst térképen egy olyan vektorral szokás feltüntetni, amelynek hossza a gradiens mértékét, és iránya a legnagyobb növekedés irányát jelzi. A gravitációs gyorsulás egységét, amely egy cm-es egységnyi sebességnövekedést jelez, Galilei tiszteletére 1 gal-nak nevezik. A nehézségi erő nagyságrendje a Földön 1000 gal-hoz van közel, mégpedig a világ gravitációs alappontján, Potsdam-ban a pontos érték: 981,274 gal. A nehézségi erő változása a szint-

felületben rendkívül kicsiny. Elvileg ezt a változást gal/cm-ben kellene mérni, a gyakorlat azonban azt kívánta, hogy alkalmas egységgül ennek a milliárdomod részét használjuk, azaz a gradiensnek 10^{-9} gal/cm a geofizikában használt egysége. Ezt az egységet *eötvös*-nek nevezik.

Talán az előbbiekből nem elég világos, hogy hogyan is kapcsolódik Eötvös gravitációs mérlege a Föld alakjához, és milyen módon is került Eötvös a geoid finom változásainak a méréséhez.

Az előbbieken vázoltuk, hogy a földalak vagy geoid megfelel a nehézségi erő, egy az átlagos

tengerszinttel összeeső nívófelületével, s ez közelítőleg helyettesíthető egy forgási ellipszoiddal. A forgási ellipszoid adatait azonban ki lehet számítani a nehézségi erő ismert értékei segítségével. Ezért a múlt század végén hatalmas kampányt indítottak el abból a célból, hogy a nehézségi gyorsulás értékét a Föld különböző pontjain meghatározzák. Magyarországon a Természettudományi Társulat vette ezt a kérdést először kezébe, s 1881-ben megbízta Eötvöst, hogy határozza meg a nehézségi gyorsulás értékét Budapesten, az Alföldön és a Kárpátokban. Eötvös, aki semmit sem tudott más-

kép végrehajtani, csak alaposan, e feladattal kapcsolatban arra törekedett, hogy a gravitáció természetét teljes mélységében feltárja, talán először saját maga előtt, s a mérést minél nagyobb pontossággal végezze el.

Vizsgálatai elvezettek a csavarási mérleghez, s ezzel nemcsak a nehézségi erő nagy távolságokra eső változásait volt képes meghatározni, hanem annak a legfinomabb szintváltozásait is, hiszen az Eötvös-inga a vízszintesben 1 cm-en fellépő olyan kis változást megtud határozni, amely a teljes súly mintegy billiomod részének felel meg, tehát tényleg képes egy

pohár víz felszínének gravitációból adódó alakját megadni. S ha ismerjük ezt a változást elég sok pontban, akkor két távoli pont között is meg lehet adni a nehézségi gyorsulást, jelezvén mindennütt a finomabb hullámzásokat is.

Ha egy adott területen a (nívófelületbeli) gradiensek területi eloszlását Eötvös-ingával megmértük, ez a területen a nehézségi erő helyi legmagasabb és legalacsonyabb értékeit is kijelöli. A gravitációs értékek helyi maximumai körül a gradiensek mind a terület felé fognak mutatni, a depressziók helye körül pedig a depresszióktól

kifelé irányulnak. Miután két gradiens közötti változást, ha ezek elég közel esnek egymástól, lineárisnak lehet feltételezni, ezért egy kiinduló érték ismerete esetén a nehézségi gyorsulás értéke (vagy annak az elméleti értéktől való eltérése) a gradiensekből a terület minden pontjában kiszámítható. Megvan annak is a lehetősége, hogy a nehézségi erő eloszlását szemléletesen mutassuk be. Ezt úgy érhetjük el, hogy az azonos nehézségi gyorsulással bíró helyeket összekötjük. Miután ezekben a nehézségi rendellenesség értékét gal-okban (vagy milligal-okban, esetleg annak tört részében) adják

meg, ezeket a vonalakat izogaloknak (néha izogammáknak) nevezik s a térképet izogal térképnek. Az izogal térképek a szintvonalas térképek hatását keltik, rendszerint azonban simábbak, szelídebbek azoknál. Miután ezek a térképek a felszínalatti tömegek sűrűségeloszlása szerint alakulnak ki, s a sűrűség általában ott növekszik meg, ahol a mélyebben levő nagyobb sűrűségű tömegek megegyeztek, ezért a térképek a mélybeli tömegek domborzati viszonyait fogják imitálni, de lesimítot-
tan. Persze vannak ez alól kivételek is. Ilyen kivételt jelentenek a sótömzsök, amelyek mélyből nyo-
10—IV. 153

mulnak be a felsőbb rétegekbe, és a felettük levő rétegeket is megemelik, azonban miután a kősonak a sűrűsége kisebb a környező közetekénél, a sódómok felett gravitációs völgy, gravitációs depresszió van, jóllehet a rétegek megemelkedése áll fenn.

Miért érdekesek ezek az adatok azonkívül, hogy a tudományos megismerés számára a Föld arcultának a fejlődését tárják fel előttünk?

Az üledékekkel borított területek szerkezeti felépítése szoros kapcsolatot mutat a területen esetlegesen előforduló kőolaj- és gázfelhalmozódásokkal, amelyek a mai

technikai civilizáció számára egyelőre nélkülözhetetlen szénhidrogének forrásai. A kőolaj- és gázelőfordulások legtöbbször ott találhatóak, ahol a rétegek megemelkedtek, azaz az úgynevezett antiklinálisokban. Érdekes, hogy az antiklinális elmélet alig néhány évvel az első tudatos olajfúrás, azaz 1859 után merült fel, alkalmazása azonban csak a 19. század utolsó éveiben vagy még inkább a 20. század elején vált uralkodóvá. Az elmélet fizikai alapjai a kőolaj keletkezésével vannak szoros kapcsolatban. A kőolaj keletkezésére kétféle elmélet van: az egyik elmélet szerves eredetre vezeti vissza

a kőolajat, a másik szervesetlenre. Mindkét elméletnek tekintélyes hívei vannak. Valószínűnek látszik, hogy a szerves eredetű kőolaj teszi ki a Föld tartalékainak tekintélyes részét. A szerves eredet gondolata vázlatosan a következő: a tengerrel borított területeken egy folyamatos üledéklerakódás van folyamatban. Az üledékek azonban nemcsak a szervesetlen alapanyagokból állanak, hanem a tengerben élő nagymennyiségű algák, diatomák, meg nem emésztett állati anyagok keverékéből, s a tengerfenéken kialakul először egy szervesetlen iszapszerű anyag. Ezt helyenként és időnként, különösképpen a

partközeli területeken, ahol az üledékképződés mértéke a legnagyobb, a geológiai és morfológiai viszonyok megváltozásával együtt járó üledékösszetétel változás követi, ami lerakódott rétegek szemcseváltozásában nyilvánulhat meg. A rétegek, amelyek szerves anyagot is tartalmazhatnak, tehát szendvicsszerűen váltakozó homok- és agyagrétegekből állnak, ahol a homokréteg — porozitása miatt — a folyékony és gáz alakú alkatrészeket átereszti, az agyagos réteg pedig ezek számára szigetelőként lép fel. Természetesen a rétegek eloszlása a valóságban a most leegyszerűsített képnek szinte meg-

számlálhatatlan variációit rejti magában.

A vastag rétegek alá került iszapot alkotó szerves eredetű anyagok a nyomás és a hőmérséklet következtében, de egyéb katalizátorok következtében is felhasadnak, s egyszerűbb szénhidrogének egész sorozata keletkezhet, a metántól a parafinig vagy aszfalig. Természetesen ebben az eredeti állapotban a szénhidrogéneknek a rétegben való koncentrációja olyan kicsiny, hogy az termelésre egyáltalán nem alkalmas. Ha azonban a Föld arculatát alakító erők következtében úgynevezett tektonikai mozgások lép-

nek fel, akkor az eredetileg az ülepedésnek megfelelően vízszintesen lerakódott rétegek helyenként felboltozódnak, s a porózus rétegekbe bejutott folyékony és gázhalmazállapotú szénhidrogének, valamint a víz fajsúly szerint igyekeznek migrálni, s a könnyebb alkatrészek a magasabb felé vándorolnak, migrálnak, a hidrosztatikus egyensúlynak megfelelően. Ez lehetővé teszi, hogy a víz és kőolaj szétválják, s a szénhidrogének pl. a felboltozódás területére, általában pedig olyan kőolaj csapdákbán koncentrálódjanak, ahonnan már továbbvándorolni nem tudnak. Ez első közelítésben úgy is megfogal-

mazható, hogy az elsődleges kőolajcsapdák éppen az antiklinálisok, a felboltozódások. Ez pedig éppen az antiklinális elmélet lényege.

Ha végiggondoljuk az Eötvös-inga elvét, világossá válik, hogy alkalmas antiklinálisok helyének felderítésére. Érdekes módon a tudományos köztudatban az van, hogy Eötvös nem látta ingájának ilyen irányú jelentőségét, s az Eötvös-inga olajkutatásra való alkalmazását Böckh Hugónak, a kiváló magyar geológusnak tulajdonítják, holott Eötvös pontosan tudatában volt műszerének ilyen irányú jelentőségével is, legfeljebb annak ilyen értelmű aprópénzre

váltását nem tűzte ki feladatának.

A gyakorlati alkalmazások lehetőségéről hadd idézzük magát Eötvöst:

„Ismételten feltették nekem a kérdést, vajon lehet-e megfigyelési módszereimnek gyakorlati hasznát is venni. Nem lehetne-e segítségükkel elásott vagy tengerfenékre süllyedt kincsek helyét megtalálni, vajon forrásokat, érc-, szén- és sótelepeket nem lehetne-e felfedezni? Nem akar-e a tudomány a torziós mérlegével egy igen régi műszert, a varázsvesszőt kiszorítani, amely sok évszázados hírnevét a hitnek köszöni? Nem, ezt

nem akarjuk, ma bizonyosan nem, amikor még épp hogy csak az első tapogatózó lépéseket tettük meg. Rejtett tömegeloszlások megismerését előmozdító, rendszeresen folytatott munkával azonban lassanként kétségkívül közelebb jutunk ahhoz a lehetőséghez is, hogy a tömegek összességéből a gyakorlatilag értékesebbet le tudjuk majd választani.

Azt, hogy egyes esetekben már a torziós mérleg egymaga is gyakorlati értékű útmutatással szolgálhat, hadd világítsuk meg a következő példán.

A hasznosítható energia új forrásainak serény kutatása a legújabb

dőkben több gyakorlati szakember érdeklődését felkeltette az éghető földgáz iránt is. Magyarországon pl. az Alföldön egyes furatokból kiáramló gázok már több mint két évtizede világítási célokra és motorok üzemeltetésére alkalmazást nyertek. A legutóbb¹ három év alatt azonban, az erdélyi igen gazdag gázforrások feltárása következtében, az ilyen gázok előfordulásának kérdése rendkívüli gazdasági érdekességű problémává nőtt. Egyetlen, ott Kis-Sármás mellett feltárt 302 méter mély furat másodpercenként 10,55 m³, vagyis 24 óra leforgása alatt körülbelül egymillió köbméter,

kémiailag csaknem tiszta metán-
gázt szolgáltat.

Hol kell mármost ilyen gázok
érdekében fúrni? A geológusok —
úgy látszik — megegyeznek abban,
hogy a gázt tartalmazó területen
a legkiadósabb fúrások a gázokat
vezető és azokat befedő rétegek
antiklinálisai (gerincei) közvetlen
közelében sikerülnek. Emellett
szólnak az Amerikában (Ohióban)
szerzett tapasztalatok és a magában
Erdélyben tett megfigyelések is,
amennyiben a rétegek elhelyezke-
dését és eltolódását geológiai kuta-
tások során fel lehetett tárni.

De az ilyen geológiai ismerte-
tőjelek teljesen hiányoznak a nagy

magyar síkság, az Alföld homokkal és humusszal fedett felületén. Aki tehát ott és hasonló területeken gázokat vezető antiklinálisokat keres, nem teheti meg, hogy tanácsot ne kérjen a torziós mérleggel végzett megfigyelésektől. Hogy milyen sikerrel, azt a jövő fogja megmondani.”

Talán érdekes megemlíteni, hogy a zalai olajmezőt, amely az első gazdaságos és jelentős olajmezője volt Magyarországnak, a torziós inga segítségével találták meg. A zalai területre az első világháború után 1919-ben terelődött a figyelem. A kutatás eredményességéhez a jugoszláv területen levő pekle-

nikai (Bányavár) olajmező közelsége adta a reményt. A kutatás geológiai munkával indult. Sajnos míg a Bányavár területén az antiklinálist a felszínen végzett geológiai mérésekből is jól ki lehetett jelölni, addig a zalai (budafapusztai) területen az már oly mélyre került, hogy a felszínen egyáltalán nem volt követhető, s a földtani térkép semmit sem mondott. Mégis 1923-ban a geológiai felvételekre, az abból levezetett dőlésekre telepítették az első kutató fúrást, mégpedig kereken másfél kilométerrel a szerkezet tetejétől délre. A fúrás 1737,5 métert harántolt át, de eredménytelen

volt, s csupán fúrás közben észleltek gáz- és olajnyomokat, mivel a fúrás már termelő területen kívül esett. Az eredménytelenség kerekén tíz esztendő késést okozott a mező felfedezésében. Az 1933-ban felújított kutatás már elsősorban geofizikai, mégpedig torziós ingamérésekkel indult meg, de párhuzamosan földtani újratérképezés is folyt. A földtani kutatás bebizonyította, hogy ezen a területen a fiatal korú (pliocén) rétegek enyhén gyűrtek, de a földtani felvételezés adatai nem alkalmasak arra, hogy segítségükkel az antiklinális tengelye kijelölhető legyen. A torziós inga szempontjából sem volt

nagyon kedvező a terep, mert a torziós ingát zavaró terepegyenetlenségek a méréseket eléggé zavarják, s így elsősorban a kiszélesedő völgyekre korlátozódtak. De ez is elég volt arra, hogy az antiklinális tengelyét kijelöljék. E terület torziós inga méréseit 1934-ben végezték. Fúrásra azonban csak 1936 nyarán került sor, és a következő év márciusában fejezték be eredményesen. Azt lehet mondani, hogy a dunántúli olajmezők nagyobbik részét a torziós ingának köszönhetjük. Talán történelmileg érdekes, hogy a torziós ingának olajkutatásban való alkalmazására akkor került sor Magyarországon,

amikor a világon már megjárta diadalútját, s új műszerek kezdték átvenni a szerepét a gyakorlati kutatásban. Hiszen az első sikeres alkalmazása Texasban több mint tíz évvel megelőzte a magyarországi alkalmazást.

Az, hogy Eötvös nem tekintette feladatának a torziós inga gyakorlati alkalmazását, pontosan azt jelentette, hogy fő feladatának az alapvető tudományos problémák megoldását s új módszerek kidolgozását tűzte maga elé. A gravitációs vizsgálatokban a torziós inga első alkalmazása a fizika egyik alapvető problémájával kapcsolatban merült fel: ez a gravitáló

és tehetetlen tömeg arányosságának a kérdése volt. Első ilyen irányú munkája is ezzel foglalkozik, s utolsó (posztumusz) megjelent művének is ugyanaz a célja, csupán a pontosságban van két nagyságrend különbség.

Azt hisszük, hogy e kérdés megvilágításánál leghelyesebben akkor járunk el, ha Eötvösnek azokat a szavait idézzük, amikor először beszél e problémáról. 1890. január 20-án a Magyar Tudományos Akadémián tartott, „A Föld vonzása különböző anyagokra” című előadásában a következőket mondja:

„Azon tételek között, amelyekre Newton az ő gravitációs elméletét alapította, a legfontosabbak egyike az, hogy a vonzás, amelyet a földi testekre gyakorol, tömegükkel arányos és anyagi minőségüktől független. Már Newton kísérletekkel igazolta ez állítását. Nem elégedett meg a már előtte ismert iskolai kísérlettel, amely azt mutatta, hogy üres térben a pehely és a pénzdarab egyformán esnek, felhasználta e célra a pontosabban észlelhető ingamozgásokat is. Ingákat szerkesztett, amelyekben egyenlő nehézségű, de különböző anyagú testek: arany, ezüst, ólom, üveg, homok, konyhasó, víz, búza

és fa lehetőleg egyenlő sugarú köríveken mozogtak, s e lengési időket megfigyelve, nem bírt közöttük különbséget megállapítani.

Newtonnak e kísérletei kétségtelenül sokkal pontosabbak a fent említett iskolai kísérletnél; pontosságuk mégis alig haladja meg az egy ezredet, úgyhogy szigorúan véve csak annyit bizonyítanak, hogy az ingáiban használt anyagok nehézségi gyorsulásai között egy ezredrészöknél nincs nagyobb különbség. A pontosság-
nak ez a foka nem tekinthető kielégítőnek ily fontos kérdés eldöntésére, s ez okból Bessel 1830-

ban klasszikus ingakísérleteinek folyamában szükségesnek tartotta az újabb vizsgálatot. Méréseivel, amelyeket arany, ezüst, ólom, vas, cink, sárgaréz, márvány, agyag, kvarc és meteoritok lengéseire vonatkozólag tett, kétségtelenül megmutatta, hogy ezen anyagok nehézségi gyorsulásai között nem lehet nagyobb eltérés, mint e gyorsulásnak egy ötvenezred része. De nem elég még ez sem; jól mondja Bessel, hogy mindig érdekes lesz e tétel igazságát oly pontossággal megvizsgálni, amilyenre a haladó kor tökéletesedő segédeszközei képesíteni fognak.

Különösen két okból kívánatos e vizsgálat. Először azért, mert Newton tétele veti meg az alapot, hogy a testek tömegét nehézségük által a mérlegen lemérhessük, s így a logika megkívánja, hogy az alaptétel helyes volta legalább a pontosság azon határáig bebizonyított legyen, amelyet a mérlegelésben elérhetünk; ez pedig az egy ötvenezredet messze túlhaladja, sőt az egymilliomodot is felülmúlja. Másodszor azért, mert Newton és Bessel kísérletei csak olyan testekre vonatkoznak, amelyek egymástól anyaguk eloszlását illetőleg aránylag kevésbé különböznek, s majdnem teljesen füg-

gőben hagyják a kérdést a sokkal ritkább légnemű testekre vonatkozólag. Bessel kísérleteiből legfeljebb annyit következtethetünk, hogy a levegőre gyakorolt vonzóerő nem különbözik többel a szilárd testekre vonatkozótól, mint egy ötvenedrészszel.

A tömegvonzásra vonatkozó vizsgálódások folyamában az én figyelmem is ráirányult e kérdésre, és amennyiben megoldása felé más úton haladtam, mint Newton és Bessel, és sokkal nagyobb pontosságot értem el, mint ők, érdemesnek tartom okoskodásom menetét és kísérleteim eredményét a t. Akadémiának előterjeszteni.

Az az erő, amelynek következtében a testek üres térben a Földre esnek, s amelyet nehézségnek nevezünk, két összetevő erőnek, ti. a Föld vonzóerejének és a Föld forgásából származó középfutó erőnek eredője. Ez a két összetevő erő általában nem egyazon és nem is ellentett irányú, hanem egymással szöget alkot, amely közel egyenlő a geográfiai szélesség pótszögével. Az eredőnek iránya ez összetevőktől függ; világos tehát, hogy a Földnek ugyanazon helyén, egyenlő tömegű testek középfutó erői egyenlők lévén, e testek nehézségeinek különböző irányúnak kell lenniök, ha a rájuk gyako-

rott vonzóerők különbözők vol-
nának.

A nehézség irányában netán
mutatkozó ilyen kicsi eltérések
felismerésére a függőön és a libella
(szintező) nem eléggé érzékeny
eszközök. Jól használható azonban
a csavarodási mérleg, úgy amint azt
a nehézség irányában mutatkozó
kicsiny eltérések felismerésére más
vizsgálatoknál is már használtam.

Csavarodási mérlegeinkben a
vékony platinadrótra akasztott
25—50 cm hosszú mérlegrúd vé-
geire különböző, egyenként kb.
300 gr súlyú testeket erősítettem.
A rudat a meridiánra függőlegesen
állítván, állását egy vele mozgó és

egy másik, az eszköz szekrényéhez erősített tükör segítségével pontosan meghatároztam. Aztán az eszközt szekrényestől 180 fokkal elforgattam úgy, hogy az a test, amely előbb a rúd keleti oldalán volt, most a nyugati oldalra jutott és viszont, s újból meghatároztam a rúd állását az eszközhöz. Ha a két oldalon alkalmazott testek nehézségei különböző irányúak volnának, a rudat tartó drót csavarodásának kellene bekövetkeznie. Ilyen azonban nem mutatkozott akkor, ha az egyik oldalon állandóan alkalmazott sárgaréz golyóval együtt, a másik oldalon üveg, parafa vagy antimonitkristályok

voltak felfüggesztve; pedig a nehézség irányában $1/60\ 000$ másodpercnyi eltérésnek már az első percnyi, biztosan észlelhető csavarodást kellett volna létesítenie.

Bátran állíthatok annyit, hogy ha egyáltalában van különbség a különböző anyagú, de egyenlő tömegű testek nehézségei között, úgy ez a különbség sárgaréz, üveg, antimonit és parafára vonatkozólag egy húszmilliomodnál, sárgaréz és levegőre vonatkozólag pedig egy százezrednél bizonyára kisebb.”

E munka s elvi jelentősége csak másfél évtized múlva érett meg a nemzetközi tudományos köztu-

datban, s ennek jeleként a gravitáló és tehetetlen tömeg arányosságának nagy pontosságú bizonyítására pályázat kiírására került sor.

A problémát 1906-ban tűzte ki a göttingai tudós társaság, s Eötvös munkáját, amely az „Ars longa vita brevis” jeligét viselte, s az egyetlen pályázat volt, 1909-ben a Beneke alapítvány díjával tüntették ki. Eötvös a tehetetlen és gravitáló tömeg arányosságát már $1/200\ 000\ 000$ pontossággal bizonyította torziós ingája segítségével. A tehetetlenségével mért és a tömegvonzásból mért tömeg arányossága alapját képezte az általános relativitáselméletnek. Jóllehet

ennek fennállását Einstein elmélete kidolgozásakor feltételezte, Eötvös eredményei biztosították hozzá a kísérleti alapot. A mérés pontosságát lényegesen csak a legutóbbi időben múlta felül Dicke, a princetoni egyetem tanára, felhasználva a modern mérési technika összes lehetőségeit.

Eötvös azonban a teljes gravitáció területét óhajtotta tisztázni. Így egy módszert dolgozott ki, s meghatározta nagy pontossággal a gravitációs állandó értékét. E mérésre új módszert dolgozott ki, amit éppen az jellemzett, hogy a mérési bizonytalanságokat a minimumra redukálta. E módszer abból

állott, hogy a torziós inga lengés-
idejét mérte két párhuzamos ólom-
téglafal között, mégpedig először
úgy, hogy az inga rúdja a falakkal
párhuzamosan, másodszor pedig
azokra merőlegesen lengett. A két
lengésidőből a gravitációs állandó
 G végtelen falak esetén így fejez-
hető ki:

$$G = \frac{\pi}{8\varrho} \left(\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_2^2} \right)$$

ahol T_1 és T_2 a két lengésidő, míg
 ϱ a fal anyagának sűrűsége. Ha
a fal véges, akkor ehhez még
egy korrekciós faktor szükséges,
amely csupán a fal geometriájá-
tól függ.

A gravitációs állandó problémája ma túlnőtte azt az egyszerű szerepét, hogy egy alapjelenség mértékszámához szolgáltatja az arányossági tényező pontos értékét. A gravitációs állandó és az általános relativitás igen érdekes módon összekapcsolódik, s a modern geofizika és kozmológia egyik fontos tényezőjévé vált.

Dirac 1938-ban ugyanis arra a megfontolásra jutott, hogy a gravitációs állandó a valóságban egy időparaméter függvénye. Az időparaméter nagyságrendileg a Naprendszer korával azonos nagyságrendű, s a gravitációs állandó

ezzel a paraméterrel fordítottan arányos.

Dirac gondolata a maga idejében nem keltett túlzott érdeklődést egy-két fanatikus hívetől (Jordan P., Milne E. A.) eltekintve, azonban a kozmológiának és geofizikának az utolsó évtizedben történt óriási fejlődése és kiszélesedése következtében ismét az érdeklődés előterébe került, s ma már egy sorozat jelenség teszi valószínűvé Dirac félig bizonyított sejtését. A mai mesterséges holdak módszerei és a legutóbb, a Holdra elhelyezett laser-tükör valószínűleg néhány éven belül lehetővé teszik ennek a kérdésnek eldöntését. Hogy itt e

kérdéssel kapcsolatban egyebet ne említsünk, a gravitációs állandó csökkenése megoldást ad a Naprendszer keletkezésének kérdésében fennálló eddigi ellentmondások kiküszöbölésére; elméleti alapját szolgáltatja a földtágulási elméletnek stb. Az elv alkalmazása eddig is egy sorozat olyan jelenségekre adott kézenfekvő magyarázatot, amelyeket eddig körmönfont és erőszakolt feltevésekkel tudtak csak a kutatók értelmezni.

A gravitációs kutatások terén Eötvösnek még egy inkább metodikai kísérleti, mint elvi jelentőségű eredménye volt, amelyet mégis úgy szoktak emlegetni, mint Eöt-

vös-hatás. Ez pedig az volt, hogy kísérletileg megmutatta, hogy a nyugatról keletre mozgó testek könnyebbek, mint a keletről-nyugatra mozgóak. Ez elvileg világos, hiszen az ilyen mozgó testek nehézségi ereje nagyobb, ill. kisebb centrifugális erő eredőjeként áll elő, mint a Földhöz képest álló testek esetében. A jelentősége mégis abban volt, hogy az idő tájt kezdődtek meg a nagyobb pontosságú gravitációs mérések a tengeren, s a hatás már felülmúlta a mérés pontosságát, aminek következtében e tengeri mérések adatai nagyobb szórást mutattak a vártnál.

Eötvös ennek a hatásnak a mérésére és kimutatására a következő módszert dolgozta ki: forgó szásmolyra szerelt fel egy mérleget. Ha a forgó szásmolyt forgatta, a mérleg egyik súlya váltakozva kelet—nyugat felé, a másik nyugat—kelet felé mozgott. A fellépő hatás következtében a két tömeg között súlykülönbség lépett fel, s az eredeti egyensúly felbomlott, azaz ha elegendő idő állt volna eme állapot fenntartására, a mérleg karja az eredeti vízszintesből elmozdult volna. Azonban a hatás is kicsiny s az állapot ideje is rövid volt. Ezért Eötvös szellemes fogással a rezonancia elméletét hasz-

nálta fel a jelenség kimutatására. A mérleg egy lengő rendszer, amelynek megvan a saját lengés-ideje. Ha a forgó zsámolyt olyan sebességgel forgatjuk, hogy a mérleg megfelelő súlya abban a helyzetben csökkenjen, amikor éppen felfelé való lengésben van és viszont, akkor fellép egy rezonancia, s a kicsiny hatásokat fel lehet annyira erősíteni, hogy az jól észlelhetővé válják. Sőt, Eötvös egy egyszerű módszerrel, mégpedig a mérlegkarokra elhelyezett mágnes-sel és egy mesterséges mágneses térrel ezt a hatást kiegyensúlyozta (a karok lengését kiküszöbölte), s ezáltal a fellépő erőhatást meg tudta

mérni. A mért hatás nagy pontossággal megegyezett az elméletileg levezetett értékkel.

A gravitációs és a mágneses térnek sok tekintetben hasonló szerkezete arra vezette Eötvöst, hogy a mágneses tér mérésével is foglalkozzék. A mágneses tér vizsgálatához is az Eötvös-ingához hasonló műszert szerkesztett. Ezt a műszert ő mágneses translatométernek nevezte. A mágneses erőter változását 5 független mennyiség jellemzi. Ebből négyet a translatométerrel lehet meghatározni. A mágneses tér azonban sokkal erősebben változik, mint a gravitációs tér, sőt az időbeli változásai is

nagyok. Ezért Eötvös műszere túl érzékeny is volt a tér változásainak mérésére. Talán még Eötvös maga is túlbecsülte a méreteket, amikor 1896-ban a következőket írja: „Eszközeim nem arra valók, hogy velük egy ország vagy világrész általános mágneses térképét vegyük fel, hanem inkább arra, hogy azokat a változásokat keressük fel, amelyeket a mágneses erőben közelfekvő tömegek, hegyek, völgyek vagy a Föld belsejében elrejtett mágneses kőzetek létesítenek. Ily értelemben jó szolgálatot tehetnek a geológiának.”

Mágneses műszerei még ennél sokkal finomabb változások mé-

résére voltak alkalmasak. Itt mi néhány szót szeretnénk szólni Eötvösnek azokról az úttörő méréseiről, amelyeket az archeomágneses kutatások terén végzett, s amelyek méréséhez a translatométert használta fel.

Talán kissé általánosabban a paleo- és archeomágneses mérések lehetőségéről kell néhány szót szólnunk. Az anyagok jó részének megvan az a tulajdonsága, hogy mágneses térben mágnesessé válhatnak. E mágnesesség két részből áll: egy állandó részből, amelyet remanens mágnesezettségnek nevezhetünk, s amely a test kémiai felépítéséhez és geometriájához van

kötve, amíg annak megváltoztatására drasztikus külső hatás nem kényszeríti; másrészt egy átmeneti részből, amelyet indukált mágnesezettségnek nevezünk, s amely a mindenkori mágneses tér irányát követi.

Minden test elveszti azonban remanens mágnesezettségét egy bizonyos hőmérsékleti érték felett. Ezt a hőmérsékletet Curie-féle pontnak szokás nevezni.

A magmás kőzetek keletkezésénél a hőmérséklet rendszerint messze a Curie-pont felett van, tehát nincs remanens jellegű mágnesezettség bennük. Ha azonban a Curie pont alá hűlnek, akkor a

jelenlevő mágneses tér hatására magukba fagyasztják e térnek az irányát, azaz maguk a meglevő tér irányának megfelelően mágnesesződnek, s azt megtartják. Később ehhez a mágnesezettséghez a tér változásával újabb és újabb irányok járulhatnak hozzá, s a kőzet, amely talán sok millió évvel ezelőtt keletkezett, e hatások összességét hordozza magában, s ma ezt észlelhetjük. A későbbi mágneses hatások a kőzetek egy tekintélyes részénél olyanok, hogy azok könnyen eltávolíthatók. Azaz, a kőzet a keletkezése után rárakódott hatásoktól megtisztítható, s a keletkezésakor fennálló mágneses erőter

iránya és néha nagysága is ebből meghatározható.

Mindezek együttvéve lehetővé teszik, hogy az egykori mágneses tér szerkezetét a Föld pólusainak egykori helyzetét a mai kontinensekhez képest meghatározzuk, s ezzel fizikailag is alátámasszuk a geológusoknak azokat a feltevéseit, amelyeket ők a sokkal bizonytalanabb s pontatlanabb földtani megfigyelések alapján vezettek le. Az utóbbi negyedszázadban kialakult tehát a paleomágnesség tudománya, amely pontos leírást tudott adni arról, hogy a Föld sarkai hogyan vándoroltak a földtörténet folyamán, sőt lehetővé tette azt is,

hogy a kontinensek vándorlásának a hipotézisét is fizikailag bizonyíthassuk. (A kontinensvándorlás elmélete azt mondja, hogy valamikor az összes kontinens egyetlen összefüggő területet alkotott, majd ez az egységes kontinens, a pangea szétszakadt, s az egyes kontinensek eltávolodtak egymástól, s kerültek végre a mai helyzetükbe. Ezért esik egybe annyira pontosan Dél-Amerika keleti és Afrika nyugati partvonala.)

A régi mágneses tér iránya nemcsak a kőzetekben rögzíthető, de rögzíthető agyagkancsókban vagy téglákban azok kiégetésekor, s így a történeti vagy

történelem előtti korok mágneses terének az irányát meg lehet ebből határozni. Ez a tudományterület az archeomágnesség.

Eötvös mágneses translatométereinek kipróbálásával a paleomágneses vagy még pontosabban az archeomágneses kutatások egyik korai előfutárává vált, mert egy sorozat ismert korú korszóból megállapította az akkori korok mágneses terének irányát. Adatai jól belevágnak a más módszerekkel meghatározott egykori mágneses térirányokba.

Hátrahagytuk azt a területet, amely Eötvös nevét először alapozta meg, s amely területre

soha nem tért vissza a gravitációs vizsgálatainak elkezdése után. Ez volt a kapillaritás jelensége. E jelenségekre először egyetemi hallgató korában lett figyelmes Königsbergi tanulmányai alatt. Akkor dolgozta ki azt a módszert, amelyet csaknem 20 évvel később alapvető eredményeinek eléréséhez használt fel. E módszert F. Neumann szemináriumában ismertette. Dicséretet is kapott érte, de csak 1876-ban közölte a rövid életű Műegyetemi Lapok-ban.

A folyadék felszínét alkotó hajszálcsővesség vagy kapillaritás szoros összefüggésben áll a folyadékmolekulák energiaviszonyaival.

Eötvös bevezette a molekuláris felületi energia fogalmát, amelyet úgy definiált, mint azt a munkát, amelyet ahhoz kell végezni, hogy a folyadékfelületet akkora felületdarabbal növeljük, mint amekkorát átlagosan egy molekula borít. (Talán ez a szemléletes, bár nem precíz definíció felmenti e sorok íróját attól, hogy a pontosan körülírt, de sok fogalmat kívánó definíciót megadja.)

Eötvös elméleti meggondolásokra alapított hosszadalmas kísérletsorozat alapján kimutatta, hogy a felületi energia változása az ún. „egyszerű folyadékok” esetében arányos a hőmérsékletváltozással,

198

s az arányossági tényező ugyan-
úgy univerzális állandó, akárcsak
az általános gáztörvény esetében.
A két formula is hasonló, csupán
a nyomás szerepét az egységnyi
molekuláris felülethez tartozó mun-
ka, a térfogatot a molekuláris
felület, tehát a moltérfogat $2/3$
hatványa, az abszolút hőmérséklet
szerepét pedig a kritikus hőmér-
séklettől való eltérés veszi át. A
gázállandó helyett ebben az
összefüggésben egy kapilláris ál-
landó szerepel, amelynek értékét
Eötvös 0,227-ben állapította meg.
Ma is a fizikai irodalomban ez
a törvény Eötvös-törvényként sze-
repel.

Ha Eötvös fizikai és geofizikai vizsgálatait figyelemmel kísérik, akkor a következő mindenkor és minden kutató által követésre méltó elveket emelhetjük ki:

1. Az elmélet és a kísérleti igazolás együttsége.

2. A mérések pontosságának a végsőkig való fokozása.

3. Az összes befolyásoló tényezők figyelembevétele és a mérési pontosság alá szorítása.

4. A laboratóriumi eredmények és a gyakorlati élet kapcsolatának tisztázása.

Jóllehet, Eötvös az utóbbi princípiumot sohasem használta ki a saját hasznára és előnyére, mun-

kássága a mi életünknek nemcsak
szellemi, de anyagi fellendülését
is elősegítette.

EGYED LÁSZLÓ

BIBLIOGRÁFIA

Eötvös Loránd fontosabb tudományos és ismeretterjesztő munkái

A rezgések intenzitása, tekintettel a rezgési forrásnak és az észlelőnek mozgására. Budapest 1874. Magyar Tudományos Akadémia. 23. 1. (Értekezések a matematikai tudományok köréből III.)

Über die Intensität der wahrgenommenen Schwingungen bei Bewegung der Schwingungsquelle und des Beobachters. Pogg. Annalen der Physik 1874. 513—535.

Új módszer a capillaritási tünemények tanulmányozására. Műegyetemi Lapok 1876. 2—10.

A távolbhatás kérdéséről. A Magyar Tudományos Akadémia Évkönyvei XVI. 1877. 57—68.

A folyadékok felületi feszültségeinek összefüggése a kritikai hőmérséklettel. Matematikai és Természettudományi Értesítő 1884. 54—73.

Über den Zusammenhang der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten mit ihrem Moleku-

- larvolumen. Annalen der Physik und Chemie* 1886. 448—459.
- Untersuchungen über Gravitation und Erdmagnetismus. Annalen der Physik und Chemie* 1896. 354—400.
- Vizsgálatok a gravitáció és a mágnesség köréből. Matematikai és Fizikai Lapok* 1896. 22—26.
- Jedlik Ányos emlékezete. Akadémiai Értesítő* 1897. 273—289.
- A nehézség és a mágneses erő vívfelületeinek és változásainak meghatározása. Matematikai és Fizikai Lapok* 1900. 361—385.
- A föld alakjának kérdése. Természettudományi Közlöny* 1901. 321—328.
- Programme des recherches gravimétriques dans les régions vésuviennes. Comptes rendus des séances de la première réunion de la commission permanente de l'Association International de Sismologie réunie á Rome.* 177—179.
- Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwaage. Leiden* 1907. Brile. 59. 1., I. t. (Klmy. az Abhandlungen der 15.

Allgemeinen Konferenz der Erdmessung
in Budapest 1906. c. műből.)

*Sur les travaux géodétique exécutés en Hongrie,
spécialement á l'aide de la balance de torsion.*
Budapest 1909. Imp. Hornyánszky. 40.
1 térkép.

*Experimenteller Nachweis der Schwereänderung
die ein auf normal geformter Erdoberfläche
in östlicher oder westlicher Richtung beweg-
ter Körper durch diese Bewegung erleidet.*
Annalen der Physik 1919. 743—752.

*Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von
Trägheit und Gravität. (Pekár Dezsövel és
Fekete Jenővel.)* Annalen der Physik
1922. 11—66.

Gesammelte Arbeiten. Hrsg. (und Vorwort)
von P(ál) Selényi. Budapest 1953. Aka-
démiai Kiadó, Akadémiai ny. LXXX,
384, 1., 45.

*Az Eötvös Lorándra vonatkozó
legfontosabb irodalomból*

Báró Eötvös Loránd élete és tudományos
működése. Írták: FEKETE JENŐ, MIKOLA
SÁNDOR stb. Bp. 1918. Franklin. — (2)

- 113 — 295. (1) I., I t. (Klly. a Mathematikai és Fizikai Lapokból.)
- B. EÖTVÖS Loránd Emlékkönyv. Szerk.: FRÖHLICH IZIDOR. Az MTA kiadása Bp. 1930.
- PETRU BOGDAN: Bemerkung über die Berechnungsweise der Kapillaritätskonstanten. Die Regel von Eötvös—Ramsay. Der Kompressibilitätskoeffizient der Flüssigkeiten. Zeitschr. f. phys. Chem. 82. 1913. 93.
- M. BORN u. R. COURANT: Zur Theorie des Eötvösschen Gesetzes. Phys. Zeitschr. XIV. 1913. 731.
- E. MADELUNG: Kinetische Theorie des Gesetzes von Eötvös. Phys. Zeitschr. XIV. 1913. 729.
- MAURICE PRUD'HOMME: Quelques conséquences de la loi d'Eötvös—Ramsay. Journ. chim. phys. 14. 1961. 285—290.
- A. P. METHUEWS: The relation of molecular cohesion to surface tension and gravitation; with a method of determining „a” of Van der Waals' equation without assumption; and the explanation of the

- meaning of the constants in the surface tension law of Eötvös and the latent heat formulas of Dieterici and Mills, Journ. phys. chem. 20. 1961. 554—596.
- MITSURU SATO: On the Kinetic Theory of Eötvös Law in Surface Tension. Sc. Reports Tohoku Univ. XV. 1926. 805—817.
- O. EGGERT: Theorie und Anwendung der Drehwage von Eötvös. Zeitschrift f. Vermessungswesen 42. 1. 1913. 474—483. és 505—517.
- DESIDER PEKÁR: Die geophysikalischen Messungen des Baron Roland v. Eötvös. Die Naturwissenschaften VII. 1919. 149—159.
- R. L. STEINER: The Eötvös law concerning the connection between the local disturbances of the magnetic force and those of gravity. Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity XXVI. Baltimore 1921. 81—90.
- H. SHAW AND E. LANCASTER—JONES: The Eötvös Torsion Balance. Proceedings of the Physical Society of London. 35. 1.

1923. 151—166. (irodalmi összeállítással).

H. SHAW AND E. LANCASTER—JONES: Application of the Eötvös Torsion Balance to the investigation of Local Gravitational Field. Proc. of the Phys. Society of London 35. I. 1923. 204—212.

P. NIKIFOROV: Sur le variomètre de gravité d'Eötvös. Acad. d. Sc. Russie. C. R. d. Seances d. la Comm. sismique permanente. Tome VII. 3. 1924. 343—381.

PEKÁR DEZSŐ ÉS FEKETE JENŐ: A gravitáció és tehetetlenség arányosságáról. Math. és Phys. Lapok XXVII. 1918. 188—205.

ALBERT EINSTEIN: Autobiographical Notes. P. A. Schlipp: Albert Einstein Philosopher-Scientist. Tudor, New York 1949. 65.

R. H. DICKE: Principle of Equivalence and the Weak Interactions. Review of Modern Physics. XXIX. 1957. 355—362.

EGYED LÁSZLÓ: A gravitációs mérések fejlődése. Fizikai Szemle XI. 1959. 291—295.

R. H. DICKE: Eötvös Experiment and the Gravitational Red Shift. American Jour-

nal of Physics XXVIII. 1960. 344–347.

R. H. DICKE: The Eötvös Experiment. Scientific American 205. 1961. 84–95.

RENNER JÁNOS: Megjegyzések az Eötvös-kísérletekről szóló cikkhez. Fizikai Szemle XII. 1962. 223–224.

EGYED LÁSZLÓ: Gravitáció, geofizika és csillagászat. Fizikai Szemle 1964. jan.

MARX GYÖRGY: Az Eötvös kísérlet mai szemmel. Fizikai Szemle 1966. 12. 372.





A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó
igazgatója

Felelős szerkesztő: Róbert Zsófia

Tipográfia; borító, kötéstervezés:

Komlosán György

Műszaki szerkesztő: Buda Anikó

AK 1074 k 7074

70/69334. Akadémiai Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Bernát György