

EMLÉKEZÉS EÖTVÖS LORÁNDRA

A magyar fizika nagy alakja

A múlt vizein nagy kalandozásra hívjuk a Tisztelt Olvasót. A meghívás oka: emlékezés Eötvös Lorándra, halálának centenáriumán. De ehhez szükségesnek érezzük, hogy röviden édesapjáról, a követett mintaképről, és további felmenő őseiről is ejtsünk néhány szót, mert olyan tényeket idéznek, amelyek nélkül talán nem láthatjuk egészen világosan a magyar tudományos élet eme nagyszerű alakját.

Eötvös Loránd 1848. július 27-én született Budán. Apja a Lamberg ezredes elleni merénylet után, szeptember végén lemondott miniszteri megbízatásáról, felesége és fia biztonsága érdekében pedig eltávozott Budáról. Münchenbe költöztek, ahonnan 1850-ben tértek vissza. Loránd a Piarista Gimnázium elvégzése után egyetemi tanulmányait Heidelbergben folytatta, ahol H. L. Helmholtz, E. L. Kirchhoff és R. W. Bunsen növendékeként doktorált 1870-ben. Ezután a pesti egyetem magántanára lett, és rövidesen rendes tanárként habilitáltak. Eleinte elméleti fizikát oktatott. 1878-ban, Jedlik Ányos nyugalomba vonulásakor vette át a fizikai tanszéket. Ekkor kezdte meg — a mai címén Puskin utcai — D-épület átalakítását. Az első emeleten volt a professzor szolgálati lakása. Az oktatás céljait szolgáló nagy előadóterem és a hozzá csatlakozó demonstrációs raktár kialakításában döntő lépés a kb. egy négyzetméter keresztmetszetű mészkooszlop egészen az alapoktól történő beépítése, függetlenül

100

az akkori Rákóczi úton zajló forgalom (pl. lóvontatású kocsik) okozta rezgésektől. Erre a rendkívüli pontosságúra tervezett mérések miatt volt szükség. (Itt jegyzem meg, hogy amikor első éves fizikus hallgató voltam 1950-ben, az oszlop még megvolt, egy fakeret függetlenítette az épület rezgéseitől. Később, először a nagyterem padlóján fedték be az oszlopot, majd — talán 1960 és 1970 között — maga az oszlop is eltűnt egy restauráció folyamán, bár nem hiszem, hogy az egészét kiszerezték volna.) Erre az oszlopra helyezett tükrös műszerek a kapillaritás vizsgálatában kaptak szerepet. A koncentrált fénysugárnyaláb, mint súlytalan mutató, a nagyterem távoli falára elhelyezett skálákat világította meg, eleinte gyertyafény, később villanyvilágítás segítségével. 1870 és 1890 között ez volt a fő műszere, amivel mint reflexiós berendezéssel a kapilláris jelenségeket tanulmányozta. Ennek során összefüggést állapított meg a γ felületi feszültség és a folyadékot alkotó anyag V moláris térfogata, valamint a T abszolút hőmérséklete és T_k kritikus hőmérséklete között:

$$\gamma V^{2/3} = \kappa (T_k - T)$$

ahol κ egy arányossági tényező. Ezzel megszületett az Eötvös-törvény [1].

1890-tól a berendezés, bizonyos szerkezeti változtatásokkal (kétkarú ingát szerelt össze, melynek egyik karjára hosszabb szálon rakta fel a kiválasztott anyagból készített golyót, ennek párját természetesen a másik karra) a vizsgálatok központi szereplőjévé vált.

A torziós inga

A nagy szerepet játszó torziós inga vezette el aztán 1896-ban a gravitációs térerősségről rövidebb (pár kilométeres) távolságokon szerzett tapasztalatok levonásához. Ide tartozik, hogy a földfelszín képződményein észlelt helyi változásokat összefüggésbe lehetett hozni a tömegek környékbeli mélységi eloszlásával, anyagösszetételével. Így felcsillant az a lehetőség, hogy az Eötvös-ingával végzett alapos felszíni vizsgálatok a mélyebb rétegekben rejlő víz-, gáz- vagy kőolajkincseket — eddig ismeretlen módon — előre lehetett jelezni. A gravitációs mérések ellenőrzésére 1901 és 1904 között a Balaton jegén végzett kísérleteket, melynek eredményeit hozzávetőleges pontossággal össze lehetett hasonlítani a környezet tömegeinek — a Badacsony anyagának — hatásával. Eljárását 1906-ban, az Internationale Erdmessung éppen Budapesten ülésező kongresszusán ismertette. A bemutatkozás módfelett sikeresnek bizonyult, olyannyira, hogy ennek alapján állami támogatást lehetett igényelni a további kutatásokhoz. Ez vezetett a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai

EÖTVÖS JÓZSEF, A PÉLDAMUTATÓ APA

Báró vásárosnaményi Eötvös József (Buda, 1813. 09. 03. – Pest 1871. 02. 02.) címét édesapja, Ignác (1786–1851) után örökölte, az ő nagyapját tüntette ki hadi tetteiért Mária Terézia magyar királynő. Eötvös Józsefet édesanyja nevelte, de osztrák származása miatt német nyelven tanította. A 10 éves gyermeket a magyar nyelvismeret tökéletes elsajátítása érdekében az apa, Eötvös Ignác a budai királyi gimnázium poetikai tagozatába íratta. Házi tanítójának a Martinovics Ignác per egyik túlélő vádlottját, Pruzsinszky Józsefet nyerte meg. Eötvös József a gimnázium elvégzése után a pesti egyetem jogi karára járt (1826–1831), majd Fejér megyében lett aljegyző. 1833-ban ügyvédi vizsgát tett, ezután kancelláriai fogalmazóként kapott állást. Közben, már 1831 és 1836 között, az országgyűlések idején részt vett Pozsonyban az üléseken. Rendkívül nagy hatást gyakorolt rá Széchenyi, Kölcsey és Deák alakja és szereplése. Ekkor kezdte irodalmi tevékenységét is. Első műve, *A falu jegyzője* arról is nevezetes, hogy Völgyesi alakjában Kölcsey Ferencet mintázta meg. Kazinczy Ferencnek is lelkes rajongója volt, ekkor írta meg, éppen Kazinczy védelmében *A kritikus apoteozisa* című írását (1831). Trefort Ágostonnal hatalmas utazáson vett részt, járt Németországban, Angliában, Franciaországban, Svájcban, Hollandiában. Útjaik során tanulmányozta a más országokban uralkodó államelméleteket, a politikai gazdaságtan eszméinek hatását a társadalomra, a műveltség helyzetére, valamint a szabadelvűség szerepét a nyugati társadalmakban. 1837-ben az eperjesi tábla közbírája lett. 1838-ban, a nagy dunai árvíz idején részt vett a mentési munkálatokban, a Heckenast-nyomdát ért károk enyhítésére megszervezte *Árvízkönyvek* sorozatát (1–6 kötet). A páratlan sorszámú kötetekben jelent meg *A karthausi* című műve, az első magyar „társadalmi regény”, mely azután külföldön is híressé vált. 1840-ben jelent meg *A szegénység Írlandban* című tanulmánya, az angol kapitalizmusról írt bírálata, de ugyanebben az évben adta ki *A zsidók emancipációja* című röpiratát is, mely először német nyelven, majd egy évvel később magyarul is (1841) megjelent. Időközben nagy művén, a *Magyarország 1514-ben* című regényén dolgozott, amely az eszmék torzszalkodásán keresztül mutatja be a Dózsa-háború időszakát, figyelmeztetve az uralkodó osztályt a durván eltiport népek jogaira. Petőfi irodalmi indulásakor ő írta a legméltányosabb bírálatot. Politikai nézeteit a Pesti Hírlap hasábjain fejtegette, ezek tanúsága szerint a centralisták vezéralakja volt. Az 1848-as események során tagja lett a Batthyány-kormánynak, mint vallás- és közoktatásügyi miniszter, ekkor dolgozta ki javaslatát az elemi népoktatásról, ez azonban már nem került sorra. 1848. szeptember végén a Lamberg ezredest ért merényletet követően lemondott, és feleségével, valamint újszülött fiával Münchenbe távozott. Itt kezdte meg *A XIX. század uralkodó eszméinek befolyása az álladalomra* című munkáját, ami csak 1854-re készült el. 1850 végén visszatért Budára, ahol eleinte csak művelődéspolitikai tevékenységet folytatott. Áldozatos munkával vett részt az Akadémia új életre keltésében, melynek elismeréséül 1856-ban alelnöknek, 1870-ben elnöknek választották meg. A kiegyezés előkészítésében Deák Ferenc mellett dogozott. 1867-ben az Andrássy-kormányban vallás- és közoktatási miniszterként működött, küzdött a vallások egyenjogúsításáért, az általános tankötelezettség bevezetéséért és a nemzetiségek egyenjogúságáért. Munkája során megvalósult az Izraelita Kongresszus, valamint önállóságot nyert az ortodox görögkeleti egyház. Végül 58 éves korában, 1871-ben hunyt el.

Intézet megalapításához. Az Eötvös-inga olajkutató karrierje ezzel elkezdődött, elsőként Morvamezőn, Egbell környékén, majd hamarosan a közel-keleti országokban, de Amerikában is, így Texasban, sőt Venezuelában is. Az eljárást olaj- és vízkutatási karrierje egészen a mesterséges égitestek, műholdak mozgásának komoly alkalmazásáig az egyetlen módszerként ismerték. Bár aktualitása azóta háttérbe szorult, kis környezeti vizsgálatokra még „olcsóbb eljárásként” megmaradt.

Az Eötvös-inga az alap kutatások számára azonban továbbra is kincset érő technikának bizonyult. Már 1890 táján felmerült Eötvös Lorándban az a gondolat, hogy ezzel az eljárással meg lehetne mérni a testek m_g súlyos és m_t tehetetlen tömegének arányát. Tudvalevő, hogy egy test – a vizsgálat szempontjából tömegpont – mozgásegyenlete, ha a pont a forgó Földön mozog:

$$m_t \vec{a} = m_g \vec{g} - m_t \vec{a}_c$$

ahol az egyszerűség kedvéért nem írtuk ki az \vec{a}_c centrifugális gyorsulás részletes alakját. Már Isaac Newton, az egyenlet első megfogalmazója szerint is más a két tömeg definíciója. Az m_t a test (az anyagi pont) mozgással szemben tanúsított ellenállásának, tehetetlenségének a mérőszáma, míg m_g a test anyagának a gravitációs kölcsönhatáshoz való csatolódnási képességét, súlyosságát fejezi ki. Túl azon, hogy mindkettő elvben az anyagi minőségtől függhet, miközben az anyag mennyiségével arányos, akkor még – Newton idejében – nemigen létezett eljárás az m_g/m_t hányados anyagi minőségtől való függését tisztázni. A XIX. század elején Henry Cavendish és J. Coulomb egyszerű ingáikkal megkezdték a kérdés vizsgálatát, de ezekkel



az eszközökkel még nem lehetett sokra menni. Pár évvel ezután F. W. Bessel és G. H. Hagen mérései már $10^{-3} - 10^{-4}$ közé szorították az m_g/m_t hányados egytől való eltérését. Eötvösnek az ingájával – és természetesen a vele kapcsolatos berendezések finomságának köszönhetően – sikerült jelentős előrelépést tennie. Már az 1880-as években bevetette az Eötvös-ingát (a megfelelő felszereléssel) az egyetemen, valamint otthonában, a pestlőrinci kertben, és elkezdett kísérletezni. A hosszú ideig tartó vizsgálatok eredményeképpen hamarosan megjelentek a beszámoló közlemények (1890), majd 1908-1909-ben Pekár Dezső és Fekete Jenő társszerzőkkel, később ugyanezen szerzőhármastól a végső közlemény idegen nyelven (németül) külföldön, jelezve, hogy az m_g/m_t hányados értéke az egytől nem térhet el $2 \cdot 10^{-6}$ pontossággal, rendkívül sok különböző anyagfajtán ellenőrizve. Természetesen ez a közlemény az I. világháború miatt nemzetközi szinten csak késve, 1922-ben, Eötvös halála után jelenhetett meg. Fontos azonban megjegyezni, hogy ezekért a kutatásokért és az ellenőrző számításokért Eötvös Loránd elnyerte a Göttingeni Egyetem által kitűzött Benecke-díjat. A történethez hozzátartozik még, hogy a kísérlet pontosságát Renner János és Rybár István később még két nagyságrenddel tovább finomították, orosz és amerikai kutatók pedig 10^{-11} alá vitték a lehetséges eltérést. Minthogy az $m_g = m_t$, a súlyos tömeg egyenlő a tehetetlen tömeggel (megfelelő rendszerben mérve) anyagi minőségtől függetlenül.

Eötvös pár évvel később még egy megállapítást tett. Képzeljünk el egy hajót, amely az Egyenlítő mentén nyugatról keletre (a Föld tengely körüli forgásával egyező irányban) halad. Ekkor a Föld forgása miatt fellépő centrifugális, tehát kifelé mutató erő többet von ki a Föld középpontja felé mutató súlyerőből, tehát a test ekkor könnyebb lesz, mint akkor, mikor a hajó nyugat felé halad. Ekkor ugyanis a hajó sebessége kivonódik a Föld forgási sebességéből, ezért a centrifugális erő kevesebbet von ki a súlyerőből, mint



az előző esetben, ezért az eredő nagyobb lesz. Ennek az effektusnak a kísérleti ellenőrzésére szolgáló ötlet szintén Eötvös Loránd érdeme.

A kutatáson kívül

Eötvös Lorándnak, mint a Tudományegyetem híressé vált tanárának egyre több meghívásnak kellett eleget tennie. Először az 1891-1892 közötti időszakra a Tudományegyetem rektorának választották. Ezután 1891-ben megszervezte a Matematikai és Fizikai Társulatot, a gimnáziumi matematika- és fizikatanárok egyesületét, mely a tagság szakmai továbbképzésének megoldását tűzte ki célul. A Társulat első elnökének is megválasztották, amely 1949-ig működött. Ekkor vált ketté, átadva helyét a Bolyai János Matematikai Társulatnak és az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak. Ennek a felosztásnak több oka is volt. Részben a megnövekedett taglétszám, részben a megosztáskor szerepet kapott nagy nevek hagyományai, részben a feladatkörök szétválasztása is indokoltá tette az átszervezést. Bizonyára szerepet játszott az is, hogy az 1949-es évben a tudományegyetemet is átszervezték. A hatalmasra vált komplexumból levált a Pázmány Péter Hittudományi Egyetem, a Semmelweis Orvostudományi Egyetem, és kialakult az Eötvös Loránd Tudományegyetem (a bölcsészkarral és a természettudományi karral, valamint a tanárképzés céljait szolgáló középiskolákkal együtt). Számunkra pedig öröndetes, hogy a fizikatanárok nevelése a nagy múltú Eötvös-épületek és intézmények koncepciójának nyomán alakult. (Legyen szabad megjegyezni, hogy e sorok írójának középiskolás idejében, a Trefort Gimnáziumban, a tanárjelöltek gyakorlati foglalkoztatása is zajlott. Egyetemi tanulmányait 1950-ben, fizikus hallgatóként kezdte, a tanévnyitón a rektor számolt be, az új elnevezés és a vele kapcsolatos átszervezés jelentőségét méltatva.)

A kutatások utóélete

Eötvös első kutatási területének bizonyos szempontból most az a jelentősége, hogy a fentebb idézett törvényszerűség képletében a T_k , a kritikus hőmérséklet igazából a mikrovilág határát jelenti. Eszerint itt is eljutott Eötvös a klasszikus fizika határáig, bár ezen nem lépett át. A másik irány sokkal jelentősebbnek bizonyult: a két tömeg, a súlyos és a tehetetlen egyenlősége csakhamar az általános relativitáselméletben alapvető jelentőségűnek mutatkozott. Abraham Pais [3] Einsteint idézi: „Tudja, én még csak nem is tudtam Eötvös kísérleteiről abban az időben” – 1910 és 1913 között – „mondta Einstein, amikor Prágában tartózkodott.” Eötvös eredményeiről csak azután szerzett

tudomást, hogy megkezdődött az együttműködés Einstein és Marcel Grossmann között. Ennek nyoma egy 1915-ben kelt Einstein–Grossmann-cikk. „Ezek szerint Einstein csak Grossmanntól tudta meg a maga tényszerűségében – és nem az elvi extrapoláció szintjén – hogy a súlyos és a tehetetlen tömeg fizikai azonossága igen nagy valószínűségű” [3].



Tudjuk viszont, hogy Einstein 1913 szeptemberében, Bécsben a Német Természetkutatók és Orvosok 85. kongresszusán a gravitációs problémák akkori állásáról tartott előadásában már méltatta Eötvös kísérleteinek jelentőségét. Zemplén Győző hozzászólásában ismertette az akkori mérési pontosságot [4]. Az általános relativitáselmélet a gravitációt Eötvös mérései alapján tudta geometrizálni a görbült téridő bevezetésével. Ezért jogos az a megállapítás, hogy Eötvös Loránd a klasszikus fizika fejedelme.

Eötvös Loránd 1919. április 8-án hunyt el. Temetésén rengetegen kísérték utolsó útjára, többek között Kármán Tódor és Hevesi György is, mint a magyar kormány képviselői. A magyar bélyegkiadás több alkalommal is megemlékezett Eötvös Lorándról, először az 1932 és 1937 között kiadott arcképsorozat 6 filléres tagjában, majd 1948-ban, 100. születésnapján.

ABONYI IVÁN

IRODALOM

- [1] R. Eötvös (1886): Über den Zusammenhang der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten mit ihren Molekularvolumen, Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge 27. 448-459.
- [2] R. Eötvös, D. Pekár, J. Fekete (1922): Beiträge der Proportionalität von Trägheit und Gravität, Annalen der Physik, IV Folge, 68. 11-16.
- [3] Abraham Pais (1982): „Subtle is the Lord” – The Science and Life of Albert Einstein, Clarendon Press, 204., Oxford
- [4] A. Einstein (1913): Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblem, Physikalische Zeitschrift, 14. 25. 1249.