

A fizikatörténet szerepe a fizikatanításban

A tanárok, vagy a tanárjelöltek szeretnék a fizikát eredményesen tanítani. Céljuk eléréséhez természetes eszköz a fizikatörténet tényeinek, kutatási módszereinek felhasználása. Nem évszámok, nevek halmazát kell tanítanunk, hanem fizikatörténeti látásmóddal kell az egyes témaköröket tárgyalnunk. Ezzel automatikusan ki tudjuk alakítani a tanulók, a hallgatók fizikatörténeti szemléletét.

Nevek, évszámok szükségszerűen szerepelnek a tananyagban. Rajtunk múlik, hogy megelégszünk-e ezek pusztá közlésével, vagy kihasználjuk a kézenfekvő lehetőséget, és magáról a fizikusról, a felfedezés körülményeiről is beszélünk. Az ember iránt könnyen felkelthetjük az érdeklődést. Ha ez sikerült, akkor ez az érdeklődés átvihető a vizsgált fizikai jelenségre, eszközre. Elemezhetjük a kísérleti eszköz vázlatos rajzát, de megmutathatjuk az eredeti berendezés korabeli leírását, fotóját. Az egykori méréseket az általunk épített hű másolat segítségével meg is ismételhetjük.

Az alábbiakban konkrét példákon fogjuk megmutatni, hogy a fizikatörténeti tényanyag hogyan segítheti nevelési és oktatási feladataink megvalósítását. Példáinkat fizikatörténeti szempontok szerint csoportosítjuk. A segítségükkel megoldható *didaktikai feladatokat dőlt betűkkel* szedjük. Külön kiemeljük majd a magyar származású fizikusok eredményeit.

Az eredeti kísérleti eszköz

Először eredeti kísérleti eszközöket mutatunk be.

Elektrondiffrakciós csövek

A jól ismert Heber–Weber kvantummechanika-könyv egyszerűen csak közli a nagy felfedezést: „Davisson és Germer néhány száz eV energiájú elektronsugár szelektív visszaverődését tapasztalták egy nikkel-egykristály felületéről”. (1) *Keszthelyi Lajos* kitűnő, klasszikus atomfizika-könyvében (2) végig az alapvető kísérletek elemzésével tárgyalja a kutatási eredményeket, s bemutatja a Davisson–Germer-kísérlet elvi vázlatát is (1. ábra). Az ebből a könyvből tanuló hallgató talán nem is gondol arra, hogy ez az egész berendezés egy evakuált nagy üvegcsőben van. Részletesebb metszeti rajz, perspektivikus térbeli ábrázolás, esetleg az eszköz fotójának megmutatása sokat segíthet a kísérlet jobb megértésében és későbbi felidézésében. A 2. ábra a kísérleti berendezés keresztmetszetét mutatja a szerzők eredeti cikke alapján. (3) Davisson és Germer az ábra aláírásánál hangsúlyozzák, hogy az üvegcsövet nem rajzolták be. Egy későbbi ábrájukon utalnak az eszköz tényleges nagyságára: ez a rajz és az általunk közölt is az eredeti méretek 70%-os kicsinyítésével készült. Érdekes, hogy magáról a csőről sehol sem közölnek fotót. Sikerkült felkutatnunk a 15–20 eredeti cső egy, még meglevő példányát: ezt mutatja a 3. ábra. Ez a cső jelenleg az AT&T Bell Laboratórium előcsarnokában levő házi kiállításon látható (Murray Hill, New Jersey, USA). Bemutatták ezt a csövet 1976 és 1978 között a Smithsonian Intézet Történeti és Technológiai Múzeumában Washington D.C.-ben. A teljes mérőberendezés fényképét C. J. Davisson *Are electrons Waves?* (Hullámok az elekt-

ronok?) című cikkében közli. (4) Ha a hallgató kézbe is vehetné az elektrondiffrakciós cső modelljét, érzékelhetné, milyen nagy technikai felkészültség kellett ahhoz, hogy egy ilyen vákuumcső megépíthető legyen. Ennek belsejében ugyanis a csőre merőleges tengely körül, pontosan mérhető módon forgatható a galvanométerhez kapcsolt érzékelő, a kettős Faraday-kalitka. Ugyanakkor a cső hosszanti tengelye körül forgatható maga a nikkelkristály is (2. ábra). Mindkét esetben ténylegesen magát a csövet forgatták el, az érzékeny Faraday-kalitka, illetve a kristály egy-egy méréssorozatnál a laboratóriumhoz képest nyugalomban maradt. Ennél a berendezésnél az már valóban csak álom, hogy a hallgató működőképes modellel ismételje meg, illetve végezze el a klasszikus kísérletet. Ha azonban néhány mondatban utalunk a kísérleti nehézségekre, akkor érzékelteni tudjuk azt a kitartó, hosszú kísérleti munkát és nagy szellemi erőfeszítést, ami végül elvezetett az elektronok hullámtermészetének igazolásához.

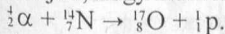
A Davisson–Germer-kísérlet egyetemi szinten sem ismételhető meg, az elektron hullámtermészetét azonban közvetlen kísérlettel akár középiskolások is megtapasztalhatják. Vermes Miklós véleménye az volt, hogy magukat a kísérleteket általában nem kell megjegyezni; azok a fogalomkialakítást szolgálják. Az én véleményem az, hogy bizonyos kísérletekre viszont élete végéig emlékeznie kell mindenkinek (például hogy látuk elektronok interferenciáját).

A tanszergyárak árusítanak elektrondiffrakciós csöveket. Magyarországon az egykori TANÉRT 1978-ban kezdte meg forgalmazásukat. Ezek a csövek G. P. Thomson és A. Reid kísérleti módszerén alapulnak: a felgyorsított elektronok vékony polikristályos grafitrétegen haladnak át, és a képernyőre becsapódva hozzák létre a jellegzetes koncentrikus köröket, a Debey–Scherrer-ábrákat. Semmiféle elforgatásra nincs szükség. A zseniális gondolat alapján megépített geometriai elrendezés önmagában biztosítja az x és a rá merőleges y irányú eltérülés észlelésének lehetőségét. A 4. ábra G. P. Thomson kísérleti berendezésének eredeti rajzát mutatja az elektrondiffrakcióról szóló első részletes közleménye alapján. (5) Egy későbbi cikk G. P. Thomson és G. G. Fraser elektrondiffrakciós fényképezőgéjének fotóját is ábrázolja. (6) Eddig nem sikerült megtudnunk, hogy megvannak-e még ezek az 1927-ből, illetve 1928-ból származó eszközök. Érdekességként megemlítjük, hogy George P. Thomson édesapjának, az elektront felfedező Joseph J. Thomsonnak ma is megvannak az elektron e/m mérésére szolgáló 1897-ből származó csövei és viszonylag könnyen megtekinthetők. Három példány látható ugyanis ebből az angliai Cambridge-ben, a Cavendish Laboratórium új épületegyüttesének Rutherford szárnyában, a házi múzeumban (7) és van eredeti J. J. Thomson-cső a Deutsches Museumban is Münchenben. Kicsit hasonló a helyzet Eötvösekkel: az irodalomtörténészek pontosan tudják, hogy hol született 1813-ban Eötvös József, de a fizikusok nem tudják, hogy hol látta meg a napvilágot harmincöt évvel később, 1848. július 27-én Eötvös Loránd. Az elektron-hullámtermészet felfedezésének és az eszközök működésének további részletei már fizikátörténeti egyetemi kurzus vagy iskolai szakkör keretébe tartoznak. (8)

Rutherford atommag-átalakító csöve

A „disintegration chamber”, az „atomromboló” cső keresztmetszeti rajzát Rutherford e témáról szóló 1921-es publikációjából vettük, (5. ábra). (9) Ez a rajz alig különbözik a tankönyvekben, segédkönyvekben közölt ábrázolásoktól. A cső működésének, működtetésének kissé részletesebb elemzése azonban nagyon sok didaktikai haszonnal jár.

Tudjuk, hogy Rutherford a levegőben a következő magreakciót észlelte:



A protonok becsapódását az α részek hatótávolságánál nagyobb távolságra levő erőnyő felvillanásai jelezték.

Megkérdezhetjük hallgatóinkat, mi célt szolgálhatott a magátalakító nagy csőbe beforasztott, csappal ellátott két kis cső. (A kis csövek szerepe: gázáramoltatás. Ha Ruther-

ford nitrogén-atmoszférában végezte el a kísérletet, akkor több proton becsapódását észlelte, mint a levegőben. Oxigénatmoszférában pedig szinte nem észlelt becsapódást.)

A századeleji nagy felfedezések alapgondolata, technikai kivitele viszonylag egyszerű, így remélhetjük, hogy tanári irányítással a hallgatók is rájönnek a megoldásra. Nagyon fontos, hogy *gondolkodtassuk* tanítványainkat! Ha saját maguk találják rá egy megoldásra, akkor *megszerethetik* a fizikát. Az is természetes, hogy *jobban megjegyzik* azt a gondolatot, amelyre maguk jöttek rá, mint amelyet készen kaptak.

Megemlíthetünk még néhány további technikai részletet:

1. A protonok meglökhethetnek a levegőben levő hidrogénatomokat, ezenkívül a sugárforrásból elektronok is kirepülnek. Ezen becsapódások zavarják a keletkezett protonok észlelését. Hogyan védekezett Rutherford? (A meglökött hidrogénatomok hatótávolságán kívülre tette az ernyőt, és mágneses térrel térítette el az elektronokat.)

2. Rutherford a becsapódásokat nem közvetlenül az ernyő után észlelte, hanem a felvillanások fényjeleit egy prizmas mikroszkóp segítségével 90° -kal elfordította. Ezzel megvédte magát a radioaktív sugárforrásból származó γ -sugaraktól. (A mikroszkópnak ezt a részét nem mutatja a közölt ábra.)

Látszólag feleslegesen emlegetett apró részletek ezek, de a rugalmas ütközés, az elektronok eltérítése mágneses térrel, a prizma sugármenete, a -sugárzás áthatolóképessége, mind-mind ismert, tanult dolgok. A technikai részletek tele vannak a fizikai elvek alkalmazásával. Használjuk ki azt a nagyszerű lehetőséget, hogy *átismételhetjük a korábbi tananyagot*. Ami ennél is fontosabb: nem mesterséges, hanem valódi példákat adhatunk az ismeretek alkotó alkalmazására.

Az eredeti magáthalakító cső megtekinthető Cambridge-ben, a Cavendish Laboratórium új épületcsoportjának házi múzeumában.

Az eszköz valószínűleg működőképesen is újra megépíthető. Egy modell is segítheti azonban a működés mechanizmusának *megértését és emlékezetben tartását*.

Geiger és Marsden α -szórási kamrája

(A Rutherford-kísérlet végrehajtása)

Rutherford Geiger és Marsden kitaláló, gondos α -szórási méréseinek helyes értelmezésével alkotta meg az atommag fogalmát.

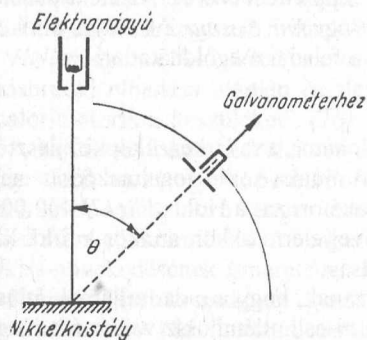
A tankönyvekből csak *felülnézeti rajzból* ismert evakuált henger *metszeti rajzát* az eredeti Geiger-Marsden-cikkből vettük (6. ábra). (10) Az α -szórási kamra modellje a Deutsches Museumban, Münchenben látható. Ugyanitt a Rutherford-kísérlet eszköze úgy működik, hogy az α -érzékelő az evakuált csőben nem egy köríven forog, hanem távolodik a sugárforrástól. Hogyan lehet így szögeloszlást mérni? (A látószög változik.)

Nem tudni, hogy megvan-e Manchesterben az eredeti kamra. Fotó sem ismert róla. Az eszközzel egy-egy méréssorozat napokig tartott. Eközben háromféle korrekciót kellett alkalmazni: le kellett vonni a háttérsugárzási értékeket, figyelembe kellett venni a radioaktív forrás gyengülését és 30° -os szórási szög körül cserélni kellett a sugárforrást: a kisebb szögek felé haladva jóval kisebb aktivitásút kellett alkalmazni.

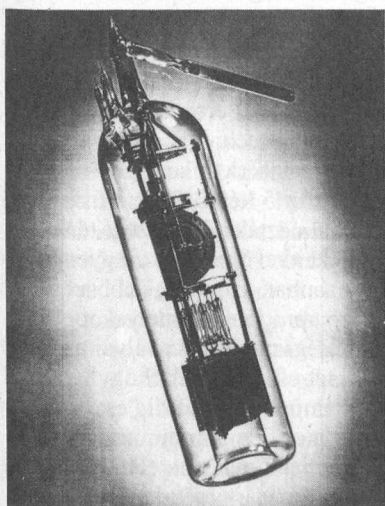
Bay Zoltán részecskeszámlálásra alkalmas elektronsokszorozója

Az elektronsokszorozó rajzát Bay Zoltán akadémiai székfoglaló előadásának nyomtatott változatából vettük (7. ábra). (11) Bay Zoltán az elektronsokszorozó üvegsövét fekete papírba burkolta be. A fekete papír segítette azt, hogy a cső hőszugárzással lehűlhesen a folyékony levegő hőmérsékletére, és védett a szórt fény ellen is.

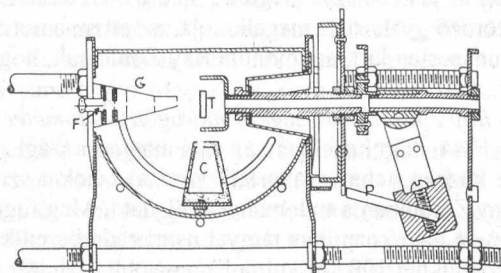
Az egész berendezést a tudós száraz nitrogénatmoszférába helyezte, hogy javítsa az elektromos szigetelést. A katód megvilágítását vízzel telt edénnyel át végezte, ezzel kiszűrte a hősugarakat. Hűtés, szigetelés, hőelnyelés: apró technikai fogások, de ezekkel elérhető, hogy az elektronsokszorozóval egyesével lehet elektronokat észlelni. Bay Zoltán



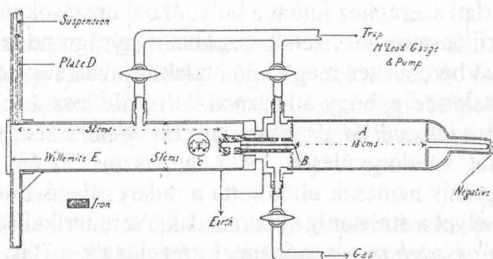
1. ábra. Részlet Keszthelyi Lajos könyvéből



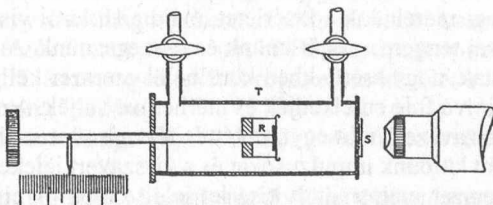
3. ábra. Az AT & T Bell Laboratórium házi kiállításán látható elektron-diffrakciós cső



2. ábra. A Davisson–Germer elektrondiffrakciós cső keresztmetszete



4. ábra. G. P. Thomson elektrondiffrakciós csővének keresztmetszete



5. ábra. Rutherford atomálmakító csővének keresztmetszeti rajza

Tábla 1.

Beziehung zwischen Zerstreuung und Ablenkungswinkel (Beispiel einer Messungreihe).

1	2	3	4	5	6	7
Ablenkungswinkel Φ	Zahl der Szintillationen pro Minute und pro Quadratmillimeter				$\frac{1}{\sin^2 \frac{\Phi}{2}}$	Spalte 5 Spalte 6
	keine Folie eingeschaltet	Silberfolie eingeschaltet	koriert für Effekt ohne Folie	koriert für zeitlichen Abfall		
150°	0.2	4.95	4.75	6.95	1.15	6.0
135	2.6	8.3	5.7	8.35	1.38	6.1
120	3.8	10.3	6.5	9.5	1.79	5.3
105	0.6	10.6	10.0	14.6	2.53	5.8
75	0.0	28.6	28.6	41.9	7.25	5.8
60	0.3	69.2	68.9	101	16.0	6.3

6. ábra. A Rutherford-kísérlethez használt Geiger–Marsden-féle α -szórás kamra keresztmetszete; Geiger és Marsden mérési eredményei

volt az első, aki ezt megtette. Pedig nem biztatták rá. Épp ellenkezőleg. Az elektronoszorozó gyakorlati megalkotója, az orosz-amerikai *Vlagyimir Kozma Zworikyn*, amikor Budapesten járt, azt mondta Bay Zoltánnak, hogy ez a feladat megoldhatatlan.

Bay Zoltán jelösszegező hidrogén coulométere

1944. március elején, az első magyarországi rádiólokátor, a radarkészülék kifejlesztése közben, tehát gyakorlati, katonai célokat szolgáló munka során fogalmazódott meg Bay Zoltánban a tudományos feladat: „Meg fogjuk lokátorozni a Holdat!” (12) 400 000 km-re levő kozmikus tárgyat akart radarberendezésével elérni akkor, amikor a földi kísérleteiknél 100 km volt a legnagyobb észlelési távolság.

Nem lehetett tudni, milyen hullámhosszon dolgozzanak, hogy a radarhullámok átjussanak az ionoszférán, s kijussanak a világűrbe. A 2,5 m-es hullámhossz választása megfelelőnek bizonyult. Bay Zoltán már ekkor azt a kijelentést tette: „Ez a tény fontos gyakorlati szerephez juthat a bolygóközi utazásoknál.” (13) A számítások azt mutatták, hogy a kibocsátott jel tizenöt–tizenhat nagyságrenddel gyengébben fog visszaérkezni. A meglevő berendezés megfelelő átalakításával, sok-sok technikai ötlet megvalósításával eljutottak addig, hogy a hasznos jel tizede lesz a fellépő zajnak. Ekkor támadt Bay Zoltánnak a *jelismétlési és jelösszegezési ötlete*. Ezt úgy mondta el Debrecenben az Eötvös Társulat vándorgyűlésén 1975. augusztus 22-én, hogy érezhettük, erre a legbüszkébb. Ugyanis nemcsak elindította a radarcillagászatot, hanem az ő technikai eljárása olyan, amelyet a mai napig alkalmaznak. Az amerikaiak a Holdradar-kísérlettel egy *háborúmentes országban* egy hónappal megelőzték a Bay-csoportot. Az ő készülékük műszakilag *fejlettebb* volt, de nem *továbbfejleszthető*, mert ők nem alkalmazták a jelösszegezés módszerét. Bay Zoltán még coulométerekkel, vízbontó készülékekkel összegezte a gyenge jeleket, ma számítógép végzi ezt a feladatot, az alapötlet azonban azonos. „Többször kell megismételnünk a kísérletet, majd a Holdról visszaérkező apró jeleket, melyeket elborít a zaj tengere, megőriznünk és összegeznünk. A valószínűségszámítás szabályai azt mutatták, hogy esetünkben körülbelül ezerszer kell a kísérletet elvégeznünk, hogy jelünk a zajnívó fölé emelkedjék és mérhetővé váljék. A mikrohullámú jelek a Holdig és az onnan visszavezető utat együtt: két és fél másodperc alatt teszik meg. Ha három másodpercenként küldünk impulzusokat és a visszavert jeleket összegezni akarjuk, azt jelenti, hogy az ezerszer megismételt kísérlet jeleit ötven percig kell tárolnunk” – mondta Bay Zoltán 1986 júliusában a *Staar Gyulával* készített interjúban. (14)

A hidrogén coulométerben vagy voltaméterben az áram hatására kivált hidrogén vékony kapilláris csőben gyűlik össze: a folyadékfelszín az áramintegrállal arányosan tolódik el. „A kísérletben egymás után kötünk össze 10 voltamétert a vevőkészülék kimenő fokozatával, az adóimpulzussal szinkronizált időrendben. A 10 voltaméter közös anóddal egy üvegedényben van összeépítve s az adás és vétel kapcsolásait egy forgó kapcsoló végzi. A kapcsoló forgásideje 3 másodperc. Ily módon mindegyik voltaméter az adóimpulzus után meghatározott időpontban kerül bekapcsolásra. Az időskála így definiálva van. A jel, mely a Holdról visszajön, mindig ugyanarra a voltaméterre esik s ott összegezést nyer. Ugyanabban a voltaméterben a zaj (áramingadozás) pozitív és negatív előjelű, tehát statisztikusan közepelődik. A többi voltaméter csupán a zajt észleli, így a kísérlet »zéró vonal«-át adja, melynek statisztikus ingadozása a kísérlet zajának mértéke.” (15)

A coulométer rajzát az idézett Bay-cikkből vett ábra mutatja (8. ábra). A berendezés fotója több cikkben is megtalálható. (16) Az eredeti mérőeszköz ma már nincs meg.

Robert Mayer kalorimotorikus készüléke

Julius Robert Mayerről a magyarországi fizikatan könyvek, de a külföldi tanulmányok szerzői is szinte kivétel nélkül azt állítják, hogy ő csak a hő mechanikai egyenértékének elméleti meghatározásával foglalkozott.

Czögler Alajos (1853–1893) szegedi gimnáziumi tanár igen alaposan tanulmányozta R. Mayer eredeti munkáit, és nagyszerű fizikátörténeti művében írt Robert Mayer méréseiről, kísérleteiről. (17)

Heller Ágost (1843–1902) akadémikus Robert Mayer 1869. szeptember 18-án tartott innsbrucki előadása alapján részletesen ismerteti a Mayer- és Zech-féle erőmérőt, a „calorimotorikus készüléket”. (18)

A kalorimotorikus készülékben a forgatható hengerhez csigán átvett kötélén függő súly szorít hozzá egy fékpofát. Fordulatszám-láló méri, hogy hányat fordult a henger. A fordulatok számának, a henger kerületének és a súly nagyságának ismeretében a mechanikai munka kiszámítható. A henger és a fékpofa vízbe merül: a víz tömegének és hőmérséklet-növekedésének ismeretében meghatározható a keletkezett hőmennyiség.

Robert Mayer az eszközt ismertető írásának előszavában pontosan közli: „Heilbronn im Christmonat 1850”, azaz decemberben fejezte be az 1851-ben kiadott mű írását. (19) Ebben az első kiadású könyvben a 47. és 48. oldalon található a Mayer által épített *kalorimotorikus apparátus* említése.

Sajnos, Mayer semmiféle *mérési eredményt* nem közöl, de még az eszköz felépítéséről, működéséről sem ír, csak a felhasználásáról. Így fordulhat elő, hogy *H. Schmolz* (20) és a Deutsches Museum 1868-ra datálja ezt az eszközt (9. ábra). Véleményünk szerint a fékpofás kaloriméter első változata 1850-ben készülhetett, tehát egy időben *Joule* megfelelő méréseivel.

Jedlik Ányos három találmánya

A törekvő, kreatív fizikatanárok sok eredeti ötlettel építenek olyan demonstrációs eszközöket, amelyek ismert elvek alkalmazását, ismert berendezések működését mutatják be.

Jedlik Ányos szemléltető eszközeinek gyártásakor egy sor új eszközt fedezett fel. Ezek közül a három legjelentősebb: a *villamdelejes forgony*, a Föld első *villanymotorja* (1829), a *dinamó* (1856) és a *csöves villamfeszítő* (1867), a *kaszkádgenerátor* öse.

Jellemző Jedlik tanári precizitására, hogy a vasmagos tekercs, a *villamdelej* és a lapos tekercs, a *sokszorozó kölcsönhatásának* érzékeltetése miatt háromféle alaptípust épített: 1. a keret áll és a vasmagos tekercs forog; 2. a vasmagos tekercs rögzített és körülötte forog a keret; 3. mindkét alkatrész tud forogni (10. ábra).

Jedlik az áramirány váltását két, egymástól elszigetelt, félkör alakú vályúban levő higanyos érintkezéssel oldotta meg.

Budapesten az Elektrotechnikai, valamint a Műszaki Múzeum tulajdonában található eredeti Jedlik-forgony. Az Elektrotechnikai Múzeumban több működőképes, élethű másolat is készült.

Az öngerjesztés elvét, a dinamó-elvet Jedlik 1856-ban fedezte fel. Biztosan működött már dinamója, az *egysarki villamindító* 1861-ben (11. ábra), tehát hét évvel korábban, mint *Werner Siemens* Németországban.

Eredeti Jedlik-dinamót láthatunk a Műszaki Múzeumban és másolatot az Elektrotechnikai Múzeumban.

A kaszkádgenerátor ösét, a csöves villamfeszítőt is Jedlik Ányos fedezte fel. A ma is alkalmazott elv: párhuzamos kapcsolásban feltöltötte a kondenzátorokat, majd egy ügyes, mechanikus szerkezettel sorba kapcsolta azokat. Így akár félméteres szikrákat is létre tudott hozni. A kondenzátorok érdekessége az, hogy azok nem egyszerű Leydeni palackok. Az üveghengerek belsejében kis átmérőjű üvegcsövek vannak fémfóliával bevonva.

Egy feltehetőleg eredeti villámfeszítő látható a győri Czuczor Gergely Bencés Gimnázium 1995. november 7-én felavatott Jedlik-emlékszobájában. (Eszközeiben korunkig terjedő, interaktív kiállítást találunk itt.) Négycsöves másolat működik Budapesten az Elektrotechnikai Múzeum Jedlik-termében.

Az első publikáció

Az irodalom tanításakor elhangzanak magyarázatnk, irodalomtörténeti megfontolások, műelemzések, azonban a tankönyvek közölnek teljes verseket, novellákat és

eredeti regényrészleteket is. Az is természetes, hogy válogatott művekből szöveggyűjteményeket készítenek.

Az általános iskolai fizikatanönyvekhez is írtak olvasókönyveket, azonban sem ezek, sem pedig a közép- és a felsőfokú oktatás segédkönyvei alapvetően nem a fizikusok eredeti írásait tartalmazzák. Az nyilvánvaló, hogy a két-három száz évvel ezelőtti megfogalmazásokat át kell írni mai nyelvre. Az is természetes, hogy a felsőbb matematika fogalmait használó leírásokat az iskolai tanításhoz egyszerűsíteni kell. Azonban ha elolvassuk a századunk legjelentősebb felfedezéseiről írt cikkeket, akkor láthatjuk, hogy azok nagy része annyira tömör és világos fogalmazású, hogy egyetlen tankönyvszerző sem versenyezhet velük.

Felkelthetjük az érdeklődést, ha megmutatjuk azoknak a bejelentéseknek, tanulmányoknak a xerox másolatát, ahol legelőször írtak az elektron hullámtermészetéről, a röntgensugárról, az atommagról, a Holdradar-visszhangról.

Az idegen nyelveket intenzíven tanuló diákjaink le is fordíthatják az eredeti cikkeket egy-egy részletét. Ezek a nyelvtanulás szempontjából is sokkal, de sokkal tanulságosabbak, mint a mesterségesen megalkotott szövegek. Az első publikációk segítségével tehát nagyban támogathatjuk a *nyelvtanulást*.

Azt is tapasztaltuk, hogy hallgatóink az *idegen nyelvről fordított tananyagrészeket* sokkal jobban *emlékezetben tartják*, mint a magyarul tanultakat.

Elektrondiffrakciós csövek

Davisson és Kunsman 1923. április 11-én érdekes kísérleti eredményeket küldött el a *Physical Review* szerkesztőségébe. Írásuk a folyóirat szeptemberi számában jelent meg. (21)

Bizonyos meghatározott irányokban sokkal több szóródott elektront észleltek, mint más irányokban. A szórási görbének voltak maximumhelyei. Ezek a maximumhelyek kicsit változtak a gyorsító feszültségtől függően, de ennek akkor nem tulajdonítottak nagy jelentőséget. (22)

Rutherford az elektronnál közel nyolcezerszer nagyobb tömegű α -részecskékkel felfedezte, „kitapogatta” az atommagot. Davissonék úgy gondolták, hogy a kisebb tömegű elektronok adott irányokba történő erősebb visszaverődése a koncentrikus elektronhájakról ad majd tájékoztatást. Fűtötte őket a becsvágy, dolgoztak szakadatlanul, hogy feltérképezzék az elektronhájak szerkezetét.

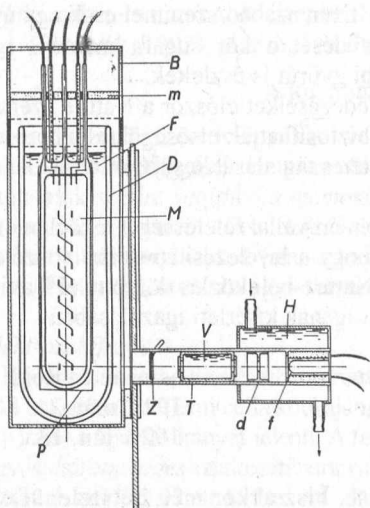
Több héjat képzeltek a platinánál és egy tömött L-héjra következtettek a magnéziumnál. Ez természetesen hibás következtetés volt, de a mérési eredmények közlése igen hasznosnak bizonyult.

Germer 1926 nyarán részt vett Angliában egy fizikuskonferencián (*Meeting of the British Association for Advancement of Science*), ahol nagy meglepetéssel hallotta, hogy Max Born az ő 1923-as, Kunsmannal közös mérési eredményére hivatkozik. A görbéjükön megjelenő maximumokat az 1923-ban feltételezett de Broglie-féle elektronhullámok létezésének bizonyítékaiként említette. (23)

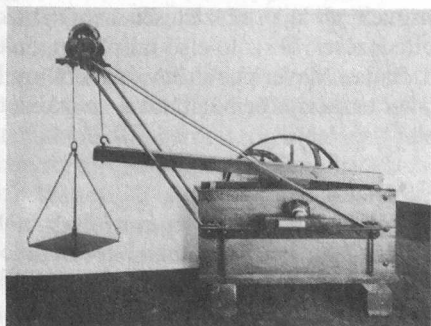
Hasonlóképpen hivatkozott már korábban Germer és Kunsman 1923-as méréseire Walter Elsasser a Göttingából 1925. július 18-án elküldött írásában, amely a *Die Naturwissenschaften* című folyóirat 13. évfolyamában, 1925. augusztus 14-én jelent meg a 711. oldalon. Itt látszik a tudósok közötti közvetlen eszmecsere, a konferenciák haszna. A kutató nem olvashat el minden, számára fontos tudományos cikket, hisz sok esetben – mint itt is – nem is gondolhatja, hogy az neki is hasznos lehet.

G. P. Thomson és A. Reid a skóciai Aberdeen Egyetemről 1927. május 24-én küldték el az elektrondiffrakciós gyűrűk észleléséről szóló első írásukat a *Nature* című folyóiratnak, amely a levelezési rovatban jelent meg június 18-án *Diffraction of Cathode Rays by Thin Film* (Katódsugarak elhajlása vékony rétegen) címmel. (24)

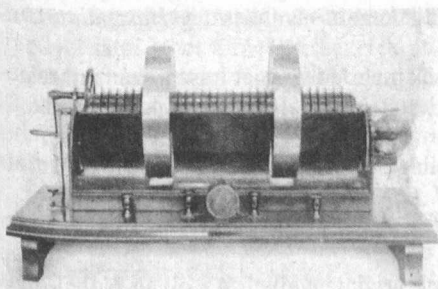
Thomson és Reid 3900 és 16500 V között gyorsított elektronokat küldtek át 3×10^{-6} cm vastag celluloidrétegen és fényképészeti filmen rögzítették az elektroninterferenciára



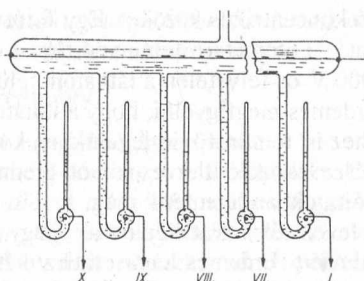
7. ábra. Bay Zoltán elektronszámláló elektron-sokszorozója (B: sárgaréz hüvely, szigetelt vezeték-bemenettel; m: micalex gyűrű; F: folyékony levegő; D: Dewar-üveg; M: elektronsokszorozó; V: víz-szűrő; f: fényforrás; d: diafragma; Z: fényzár; H: vízhűtő; T: tok; p: fekete papír)



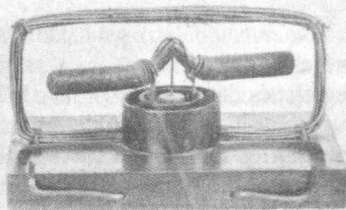
9. ábra. Robert Mayer kalorimotorikus készüléke. A Deutsches Museum-ban, Münchenben kiállított eszköz hű mása



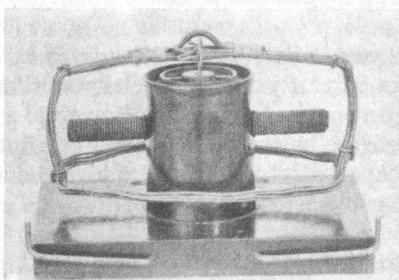
11. ábra. Jedlik Ányos dinamója



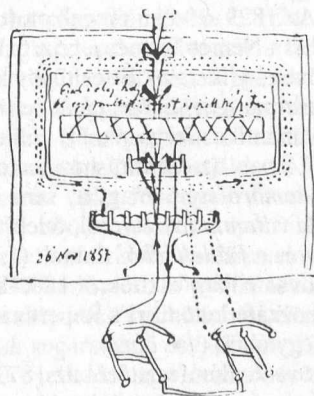
8. ábra. Részlet Bay Zoltán cikkéből



Sokszorozó tekerésben áramváltással forgó villamdelej



Villamdelej körül áramváltással forgó sokszorozó



Ellenkezően forgó villamdelej és sokszorozó

10. ábra. Jedlik Ányos villanymotorjai. Az ábrákat Ferenczy Viktor kitűnő Jedlik-monográfiájából vettük (Jedlik Ányos István élete és alkotásai. Győr, 1936)

utaló koncentrikus köröket. Egy fotót is közöltek. Ezen szabad szemmel csak egy gyűrű látható. Fotométerrel megmérték a lemez feketedését a kör sugara mentén. Így a 13 000 V-os felvételen a láthatón belül két további gyűrűt is észleltek.

Érdemes megfigyelni, hogy a kutatók nagy felfedezéseiket először a Nature szerkesztőjéhez írt tömör, rövid levelükben közlik. Ezzel biztosíthatják elsőségük elismerését. A mérési eszközök, illetve a kapott eredmények részletes taglalását később és általában más folyóiratokban jelentetik meg.

A levelezési rovat élén ott áll, hogy a szerkesztő nem vállal felelősséget a közlemények tartalmáért. Érdemes lenne statisztikát készíteni, hogy a levelezési rovatban közzétettek hány százaléka bizonyult valódi felfedezésnek. A Nature-beli közlés döntötte el Davisson és Germer elsőségét az elektronok hullámtulajdonságának kísérleti igazolásában.

	Davisson és Germer	Thomson és Reid
a levél dátuma:	1927. márc. 3.	1927. máj. 24.
a megjelenés dátuma:	1927. ápr. 16.	1927. jún. 18.

Ez döntött és nem Davissonék 1923-as mérése, hisz akkor még helytelenül értelmezték jó mérési eredményeiket. Az elsőbségtől függetlenül Thomson és Reid eredménye is igen figyelemreméltó: ők kezdettől fogva az elektronok hullámtulajdonságát akarták bizonyítani, és ezt szemléletes és viszonylag könnyen reprodukálható módon meg is tették.

Ernest Rutherford, Bay Zoltán, Robert Mayer eszközismertető első publikációi

Az előző fejezetben az elektrondiffrakciós csövek példáján részletesen bemutattuk, hogy mennyire hasznos és célravezető a nagy felfedezésekről szóló első írások tanulmányozása és tanórai bemutatása. Ezért Rutherford, Bay és Mayer publikációiról nem írunk külön, csupán három forrásra hivatkozunk. (25) Az eszközök bemutatását a hivatkozott első publikációkból vettük.

Jedlik Ányos írásai

Részletesebben kell szólnunk Jedlik publikációiról. Ezek ugyanis idegen nyelven csak igen nagy kesésével követték a felfedezést, ezért a világ *nem vehetett* rólu^k idejében tudomást. Az 1829–30-ban megalkotott *villanymotorról* csak 1856 szeptemberében számolt be Jedlik a Német Természetvizsgálók és Orvosok 33. összejövetelén Bécsben. Írása az összejövetel Hivatalos Értesítőjének 170–175. oldalán jelent meg *Über die Anwendung des Elektromagnetes bei elektrodynamischen Rotationen* (Elektromágnes alkalmazása elektrodinamikus forgásoknál) címmel. (26)

A 12. ábrán az ezen íráshoz csatolt képek egyikét mutatjuk be.

A *dinamóról* sem magyar, sem idegen nyelvű írás nem jelent meg. A dinamó, az *egysarki villamindító* elvéről, felépítéséről a Jedlik kezeírásával készült *Használati Utasításból* és a *Pótleltárból* tudunk (13. ábra).

A csöves villámfeszítőkről 1882-ben jelent csak meg Jedlik saját írása a számunkra nehezen hozzáférhető Carl's Repertorium XVIII. kötetében. (27) Ebből a cikkből is bemutattunk egy ábrát (14. ábra).

A csöves villámfeszítőről az 1873-as bécsi világkiállításról szóló tudósítások közt olvashatunk. A cikket Jedlik közlése alapján M. J. O'Kelly, írta. (28)

Kortársaink

Többet kellene foglalkozni kortárs fizikusaink eredményeivel. Az olyan Nobel-díjas színvonalú, világgraszoló eredményeknek, mint a *leptontöltés megmaradása* (Marx György, 1952), a *neutron spin echo-módszer* (Mezei Ferenc, 1972), a *világgegyetem nagy-*

léptékű szerkezete (Szalay A. Sándor, 1990), a *femtosekundumos lézerimpulzusok előállítás*a (Bor Zsolt, 1992), már most a fizikátörténeti munkákban lenne a helye.

A korabeli mérési eredmény

Az eredeti mérési eredményekkel végzett munka is segítségünkre lehet.

Képletek, összefüggések *emlékezetben tartása* mindig gondot okoz a hallgatónak. Tapasztalataink szerint *segítheti a memorizálást, ha a diákok a képletbe az összefüggés igazolásához végzett korabeli sok-sok kísérlet mérési eredményeit helyettesítik be.* Az a tény, hogy nem kitalált értékekkel, hanem valódi, ráadásul korabeli mérések eredményeivel számolnak, aktívabbá teszi az agyi folyamatokat, így eredményesebb lehet a memorizálás.

Elektrondiffrakció

A lapcentrált köbös szerkezetben kristályosodó nikkelen a legközelebbi atomok távolsága $s=2,48$ angström, az elemi cella kockájának élhossza a , az $\frac{a\sqrt{2}}{2}=s$ egyenletből $3,52$ angström. A $\{111\}$ irány a testátló irányát jelenti. A testátló irányára merőleges *hátszöges*, vagy mondhatjuk így is: *háromszöges* szerkezetű atomsíkokban a legszorosabb az atomok illeszkedése. Ezen síkok távolsága $d=2,03$ angström, $\frac{a\sqrt{3}}{3}$. Próbáljuk meg ellenőrizni Davisson és Germer mérési eredményeit a Bragg- és a de Broglie-egyenlettel! A 15. ábra az eredeti, 1927. decemberi Physical Review-ben közölt táblázatot mutatja. A fenti atomsík távolságok egyikével sem jutunk jó eredményre. Figyelembe kell vennünk, hogy a közölt szögértékeket a beeső elektronnaláb irányától mérték. A Bragg-egyenletbe ezen szögek pótszögeit kell beírunk, de ekkor sem jutunk jó eredményre. Ez a mérési sorozat a felületi rétegről visszavert elektronnalábokat jelenti, itt egyszerű „síkács” („plane grating”) modellt kell alkalmazni. A maximális erősítés irányait a $\lambda=dsin\theta$ összefüggés adja. θ értékeire most a táblázatban közölt szögértékeket kell behelyettesítenünk.

A síkács rácsállandója a legközelebbi atomok távolságának a fele, illetve $\frac{\sqrt{3}}{2}$ -szerese, amint az az eredeti cikk ábrájából is látható (16. ábra). Ez a két távolság a legközelebbi atomokból álló háromszög oldalának fele, illetve a háromszög magassága: $1,24$ és $2,15$ angström. A 32 V gyorsító feszültséghez a gyakorlatias $\alpha=\sqrt{\frac{150}{V}}$ képlet alapján V -t Voltban behelyettesítve α -t angströmben kapjuk. $\alpha=2,16$ angström. A $\lambda=dsin\theta$ összefüggés 85 fokra és $2,15$ angström rácsállandóra $\lambda=2,14$ értéket ad.

Az $\{110\}$ lapátlóirányban a síkács rácsállandója $1,24$ angström. Ezzel az értékkel $\lambda=1,23$. A táblázatban megadott $97,5$ V-hoz tartozó elektronhullámhossz $\lambda=1,24$.

Ha hallgatóink a táblázatban közölt mind a 18 feszültségértékre elvégzik a fenti számításokat, akkor automatikusan rögzülnek bennük az alkalmazott összefüggések.

Ezen túlmenően példát kapnak arra vonatkozóan, hogy hogyan célszerű egy méréssorozat értéktáblázatát elkészíteni. Végül tisztelet ébredhet a hallgatóban a kutatók iránt, hisz amíg helyettesítik a szög- és feszültségértékeket, maguk előtt láthatják a nikkelt kristályt: a legszorosabb illeszkedésű atomsíkokat, az elemi cella főirányait. Davisson és Germer feszültség-, szög- és árammérés segítségével olyan „mikroszkópot” alkotott, amellyel látni lehet a rácsszerkezetet, és érzéklni lehet az elektron hullámtermészetét.

Hasonló számítás végezhető el a Thomson–Reid-kísérletnél. A gyorsítófeszültség $13\,800$ V. Itt a visszaverődési szöget a geometriai adatokból kell számítani: a celluloid és a fotolemez távolsága 10 cm volt, a diffrakciós gyűrűk sugarai 3 , 5 és $6-7$ mm. Ezekből az adatokból $=0,104$ angström. A celluloid szerkezetére jellemző egy atomsík-távolság a

$$d = \frac{\alpha}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

összefüggésből $2,08$ angström.

A számítások gyakorlásához mutatunk néhány további adatot G. P. Thomson eredeti méréseiből (29): a vizsgált anyag és a képernyő távolsága mindig 30 cm volt. D a diffrakciós gyűrű átmérőjét, a a lapcentrált köbös rács kockájának élét jelenti.

Anyag	Gyorsító feszültség (V)	D (cm)	a (cm)
Arany	58 000	1,5	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Alumínium	64 000	1,47	$4,07 \cdot 10^{-8}$
Platina	25 500	2,46	$3,89 \cdot 10^{-8}$

A platinánál például az elektronhoz rendelt hullámhossz 0,077 angström, ha azt a gyorsító feszültségből számolják, és 0,079 angström, ha a geometriai adatokat használjuk $d=a/2$ atomsík-távolsággal.

A TUNGSRAM elektrondiffrakciós csővével 4500 V gyorsító feszültségnél 1,5 cm sugarú diffrakciós gyűrűt észlelünk. A grafit rácsállandója $1,4 \cdot 10^{-10}$ m. A grafitréteg és a képernyő távolsága 11,5 cm. Ezekkel az adatokkal az elektronhoz rendelhető hullámhossz elméleti értéke $1,825 \cdot 10^{-11}$ m, a tanulói mérésből számított érték $1,815 \cdot 10^{-11}$ m. A két hullámhossz aránya 0,994. (30)

Rutherford, Mayer, Jedlik mérési eredményei

Az elektrondiffrakciós mérési eredmények részletes közlése után a magátalakítási kísérletekről, Jedlik és Mayer mérési eredményeiről nem szólunk részletesen. Részben, mert nem is közzölték azokat, részben pedig azért, mert ezek nem kapcsolódnak olyan egyenletekhez, amelyekbe ezen eredményeket ellenőrzés vagy gyakorlás céljából látványosan behelyettesíthetnénk.

R. Mayer szülővárosában, Heilbronnban, az ottani Szakfőiskolán *W. Dörr* és *V. K. Rombusch* professzorok vezetésével megépítették a kalorimotorikus készülék működőképes mását, és azzal 1978 júliusában *méréseket is végeztek*. Az ott kapott eredmények: „469 kpm/kcal, illetve 470 kpm/kcal”, azaz a mérési hiba 10%-os, a jelenleg érvényes 426,80 kpm/kcal értékhez képest. R. Mayer 1842-ben 367 kpm/kcal-t *számolt* (14%-os hiba), Joule pl. 1846-ban 432 kpm/kcal-t *mért* (1,2%-os hiba).

1978. október 21-e és 26-a között, a halálának 200. évfordulója tiszteletére rendezett kiállításon Mayer készülékének mását lehetett is látni Heilbronnban. A kiállítás katalógusában a másolat fényképe is megtalálható.

A Rutherford-féle szóródási képlet igazolása

Geiger és Marsden mérései közül közlünk egy táblázatot (ld. a 6. ábrát!). Ez jól mutatja a korábban említett korrekciókat (háttérsugárzás: 2. oszlop és a sugárforrás gyengülése: 5. oszlop).

A Rutherford-féle szóródási képletbe történő behelyettesítéskor a fólia látószöge, vastagsága, sűrűsége a hányadosképzéskor kiesik (5. oszlop eredményei per hatodik oszlop eredményei).

Célszerű számítógéppel kirajzoltatni a szórt alfa részek okozta felvillanások számát a szórás szög függvényében.

A sikeres Holdradar-kísérlet mérési eredményei

Csodálatos dolog lehetett a *sokadik* egyórás mérés, majd a gondos kiértékelés után biztosan tudni: visszaérkeztek a radarjelek a Holdról. Azok a jelek érkeztek vissza, amelyeket a kutatók küldtek a Hold irányába.

Nagy lehetett az öröm. Hisz annak is szoktunk örülni, ha egy erdőszélen vagy hosszú folyosón kiáltásunk visszhangját halljuk.

Valami látványos, nagy mérési eredményre számítottunk s talán kicsit meglepődünk, ha a 17. ábrára tekintünk. A VII. coulométer volt a Hold-visszhang jelének coulométere. Ebben 4%-kal változott a vízszint a vakkísérlet eredményéhez képest. A többi csőben a hibahatárnak megfelelő 1%-nyi volt az eltérés.

Eredeti kéziratok, laboratóriumi jegyzőkönyvek, magánlevelek (A gondolat születése)

A felfedezések történetének tanulmányozásakor, amikor egyre jobban belemélyedünk a munkába, érdeklődni kezdünk az első publikációk *kézirata* felől. Ez csak abban a korban érdekes igazán, amikor a tanulmányokat még valóban *kézírással* küldték a szerkesztőségbe. Most már nem követjük az előző fejezetek beosztását, hanem csupán példákat említünk. Röntgen, Eötvös és Bay egy-egy kéziratrészletének másolatát mutatjuk meg (18. ábra), sorrend szerint a röntgensugárzás felfedezéséről, az Eötvös-törvényről és oktatási, nevelési gondolatokról. A fizikátörténeti kutatók szeretnék megragadni a *gondolat születésének pillanatát*, ezért tanulmányozzák a kísérletekről vezetett laboratóriumi jegyzőkönyveket, naplókat. Ezekben több esetben megtalálható, hogy pontosan mely napon, milyen mérés közben fedeztek fel egy új eszközt (tranzisztor: 19. ábra), gondoltak egy új mérési eljárásra (pásztázó alagút-mikroszkóp: 20. ábra), illetve igazoltak egy feltételezést (elektrondiffrakció: 21. ábra). Nagyon fontosak a jó kísérletek, a pontos mérések. Azonban legalább ilyen fontosságú az eredmények helyes értelmezése, az ehhez szükséges mérész, új gondolat. *Madame Curie* és *Pierre Curie* kerékpártúráik alkalmával is tudtak alkotó tudományos beszélgetéseket folytatni. (31) J. Watson és F. Crick teázás közben vitatták meg új elképzeléseiket. (32) Így az új gondolatok nem mindig a mérőeszközök mellett születtek.

Ismerjük *Strassmann* és *Lise Mintner* levelezését. A maghasadás gondolatát, a transzúrán elemek megsejtését egy-egy levelük tartalmazza (22. ábra).

A kéziratok, laboratóriumi jegyzőkönyvek, magánlevelek tanulmányozása során *közlebb kerülünk a kutatóhoz, illetve magához az emberhez.*

Szobrok, emléktáblák, érmek, kiállítások, múzeumok – fizikusok tiszteletére (Az ember)

A fizikátörténeti szemléletű fizikaoktatás egyik célja: megismertetni a hallgatókat a tudósok életével, célratörő, kitartó munkájával, emberi, szellemi nagyságával. Tiszteletet akarunk ébresztetni a kimagasló szellemi teljesítmények iránt, ugyanakkor szeretnénk elérni, hogy egyesek példaképnek tekintsék nagy fizikusainkat. Célunk, hogy a hallgatók higgyék el: ők is tudnak majd eredetit alkotni, és akarjanak is dolgozni a cél eléréseért. Szerényebb szinten már az is eredmény, ha nő az önbizalmuk, mondván „ha ily hatalmas teljesítményre voltak képesek egyesek, akkor nem létezik, hogy nekem ne sikerüljön legalább a tananyagot megérteni, megtanulni.”

Moravcsik Mihály, az Oregoni Egyetem fizikaprofesszora, egykori fásori diák az alábbi sorokkal emlékezett középiskolájára: „Mindenekelőtt a gimnáziumban tanultam meg, hogyan kell dolgozni, és hogy kell önfegyelmellemmel és koncentrálással a képességekhez képest maximumot produkálni. Én ezt rendkívül fontosnak tartom. Akkor persze nem tudtam, de később beláttam, hogy tehetség és adottság csak egy kis része a sikeres tudományos kutató szükséges fegyvereinek, és munkaképesség, céltudat és koncentrálóképesség valóban nagyobb szerepet játszanak.”

A kimagasló emberi teljesítmények elismerésének egyik módja, hogy a tudós jelentőségét felismerő hálás utókor emléktáblát, szobrot állít neki. Büszke nagy fiára a szülőföld, vagy az az iskola, intézmény, ahol tanult, dolgozott. Ápolják a fizikusok emlékét ott is, ahol a kutatási eredményeikre alapoznak, vagy a nevüket viselik.

Hívjuk fel tanítványaink figyelmét a fizikusok emlékhelyeire, hogy egyéni utazásaik vagy csoportos kirándulásaikkor megtekintsék, esetleg megkoszorúzzák szobraikat, a

szülőházukon vagy a kutatóintézetekben elhelyezett emléktáblájukat, netán gondozott-gondozatlan sírjukat. A Fizikai Szemle 1992 decemberében egy teljes számot szentelt a magyarországi fizikus-emlékhelyeknek. (33)

A már korábban említett emlékhelyeken túl, a tárgyalt személyekre vonatkozóan néhány további példáról is szólunk.

Robert Mayert szülővárosában, Heilbronnban bolondnak tartották, hogy orvos létére állandóan az energiamegmaradás törvényéről értekezett. A halálának 100. évfordulójára kiadott emlékkönyv – amely az ez alkalomból rendezett emlékkiállítás katalógusa is – már büszkén hirdeti a címlapján: „A heilbronni gondolat: az energia átalakulása és megmaradása.” „A német Newton”, „a 19. század Galileije” – így nevezik Mayert, és a városi levéltár, valamint a Heilbronni Történeti Társaság sorra jelenti meg a róla szóló kiadványait. (34) Ezekben a kiadványokban megtalálhatunk mindent, amiről eddig szót ejtettünk: kéziratot, első publikációt, szülőházat, portrét, rekonstruált eszközt, „a város legjelesebb fiának” domborművével díszített síremléket, érmet, főtéri emlékművet.

Wilhelm Conrad Röntgent két város is számontartja: Reimscheid-Lennep, ahol született, és Würzburg, ahol a nagy felfedezést tette, ahol professzor volt. Lennepben a szülőház ma emléktáblával jelölt múzeum. Tőle nem messze külön német Röntgen Múzeum is van. Ez utóbbiban a sok személyes eméltárgy, szobor, plakett mellett kiállították Röntgen eredeti eszközeit, valamint láthatunk itt korabeli és modern röntgengépeket is. Korunk múzeumi stílusának megfelelően van interaktív része is a kiállításnak: gombnyomásra működni kezdenek a magyarázó modellek, a kisülési csövek és megszólal a magnetofon a Röntgen-szobor mögött, hogy elmondja az életrajzot.

Würzburgban 1995-ben, a felfedezés 100. évfordulójának évében rendeztek gyűjteményes emlékkiállítást a kastélyban, és van állandó Röntgen-kiállítás az egyetemen. Rendeztek alkalmi Röntgen-kiállítást Cambridge-ben, a Cavandish Laboratóriumban és Budapesten, az Elektrotechnikai Múzeumban. Ez utóbbiban az első *magyarországi* röntgenfelvételeket (1896. január 16.) és az azokat létrehozó berendezést is bemutatták. A magyarok – Budapesten, Szombathelyen, Kolozsváron – egy-két hónapon belül követték Röntgent. A magyar kiállítás is világszínvonalú: a kiállított korabeli eszközöket a tárlatvezető működteti.

A kerek évfordulókra rendezett kiállítások mindig igen figyelemreméltóak. A jeles alkalomra összegyűjtik azokat az eredeti darabokat, amelyeket más-más helyen őriznek, ahol esetleg nem is láthatók kiállításon. Általánosan igaz, hogy egy adott időpontban a múzeumi kincseknek csak mintegy 20%-át tudják bemutatni.

Würzburgban az eredeti Röntgen-eszközök, -felvételek mellett a továbbfejlesztésre, az alkalmazásokra helyezték a hangsúlyt: a látogató belenézhetett a komputertomográf belsőjébe, gombnyomásra működtethette a valódi és a modell berendezéseket, vásárolhatott Röntgen-posztert, Röntgen-érmet, katalógust. Ott volt *Laue* röntgendiffrakciós készüléke Münchenből, a Deutsches Múzeumból (amely ott is állandó kiállítási tárgy), de ott volt *W. H. Bragg* és a fia, *W. L. Bragg* kristályvizsgáló készüléke a cambridge-i Cavandish Laboratóriumból, illetve a londoni Science Muzeumból, ahol korábban nem is kerültek kiállításra.

Igen értékesek és az oktatás számára hasznosak a kiállítások katalógusai és posztersorozatai. A drága, vaskos katalógusok gondosan, részletesen felsorolják a kiállított tárgyakat és sok magyarázatot, fotót is tartalmaznak. (35) Ugyancsak eredményesen használható a Magyar Műszaki Múzeum Alkotó magyarok című kiállításához készített segédanyag. (36)

A katalógusoknál is jobban megfelelnek szemléltető célra a kiállítások anyagát didaktikusan feldolgozó posztersorozatok. Példaként a cambridge-i Whipple Múzeum négyrészes E. Rutherford-poszterét és a 11 részes Newton-sorozatot említjük. Ez utóbbi a Principia megírásának 300. évfordulójára készült.

Poszttereket mi magunk is készíthetünk, illetve hallgatói vagy az iskolában tanulói munkával készíthetjük. Ezekben a szülőház-emlékmű-síremlék hármassal mellett célszerű szerepeltetni a fizikusról szóló legfontosabb könyvek címlapjait, a tudós kézírását, fotóját, a felfedezéséről szóló hazai és külföldi publikációkat. Példaként az 1995-ös év három jelentős százéves évfordulójára a Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola Fizika Tanszékén készített posztteret említjük, amely Jedliket, Röntgent és Övegest ábrázolja. Kívánságra szívesen kölcsönözzük ezeket.

A fizikátörténeti kutatómunka eredményeinek az oktatásban való felhasználására további példaként szolgálhat a Wigner Jenő halálakor, 1995 januárjában és a Holdradar-kísérlet 50 éves évfordulójára, 1996 februárjában készült összeállítás. Ezek a posztterek az évforduló elmúltával is fent maradhatnak a fizikai előadó falán. Az évforduló idején viszont üveges tárlóba kithetünk még könyveket, cikkrészleteket fénymásolatait, folyóiratokat, érmekeket.

Sok szót ejtettünk a korabeli kísérleti eszközökről és magukról a kutatókról. Léteznek olyan felvételek, ahol a fizikus éppen a kezében tartja a nagy felfedezést eredményező eszközt. Példaként felsorolunk néhány általunk ismert és birtokolt fotót: Rutherford az atommag-átalakító kis eszközével, Compton a Compton-szórási csövével, Davisson és Germer az elektrondifrakciós csővel. Az elméleti fizikus, Wigner Jenő, szellemi termékét, könyvét tartja kezében. Neumann János már csak a számítógép *elé* tud állni, ugyanígy Szilárd Leót is csak a chicagói első „atommáglya” *előtt* lehetett a fentiekhez hasonló helyzetben lefényképezni, hisz századunk közepén, a méretek növekedése miatt már nem lehetett kézbe venni a kísérleti berendezés leglényegesebb elemét sem.

Fizikátörténet – szakdolgozatok, eszközépítés

Hálás téma a fizikátörténeti szakdolgozat, illetve a tudománytörténeti tanulói pályázat. Ez utóbbi munkák például a Természet Világa című folyóirat pályázati kiírásaira küldhetők be.

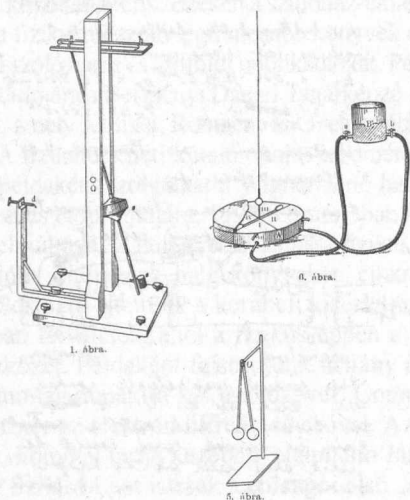
Az igaz, hogy a fiatalok még kevésbé vonzódnak a múlt történéseihez, viszont ha elkezdik a kutatást, akkor viszonylag könnyen érhetnek el szép eredményeket, és hamar megszerethetik az ilyen jellegű levéltári, múzeumi, könyvtári feltáró munkát. Általában szívesen ismételnék meg régi, híres kísérleteket s építenek meg újra, működőképes állapotban régi eszközöket.

Ha van türelmünk, akkor megismételhetjük Bouger és Condamine ingalengétési kísérletét, amelyről Jedlik Ányos az 1850-ben kiadott *Súlyos testek természettana* című tankönyvének 234. oldalán így írt: „...azon inga, mely Amazon folyó partján 24 óra alatt 98 770 lengést végzett; Quitóban – a tenger színétől 1460 párisi öl magasságon – ugyanazon idő alatt csak 98 740 lengést tett.” Ha ragaszkodunk a történeti hűséghez, akkor ne engedjük meg, hogy a hegy lábánál és a csúcson fotócellás berendezés számolja a lengéseket s elektronikus óra mérje az időt. Legyen próbára téve a figyelem, türelem, s számolják csak maguk a diákok a lengéseket! Esetleg közülük csak az végezheti el a modern változatot, aki maga építi meg a szükséges hordozható észlelőt és számlálóberendezést. (Természetesen Dél-Amerikába nem juthatunk el, de az Alpok közeli csúcsai, a Magas Tátra vagy hazai hegyeink reális mérési helyeknek tűnnek.)

Viszonylag könnyű Eötvös demonstrációs eszközeit újraépíteni. Nagyszerű szemléltető eszköz a kosaras ejtőinga, a torziós inga demonstrációs változata és a fizikai inga lengésszámítógépének igazolására szolgáló villás inga. Ezen készülékek leírását és ábráit az 1930-as *Eötvös Emlékkönyv* tartalmazza (23. ábra). (37)

A németországi Oldenburgi Egyetemen az Otto Sibum és Falk Riess vezetésével dolgozó kutatócsoport a régi eszközök rekonstrukciójánál ragaszkodik a teljes történeti hűséghez. (38) Ők például az eredetihez minden részletében hasonló Joule-féle készülékkel nedves pincében végezték el a hő mechanikai egyenértékének meghatározását, mert annak idején Joule is így mért. Joule készülékének eredeti darabjai Londonban, a Science Múzeumban láthatók.

Manfréd Achilles berlini kutató nem tud ellenállni a modern kor vívmányainak: a formára régi eszközeiben modern anyagokat is használ: plexiből van a Volta-féle elektroszkóp „üveglemeze”, esztergályozott vasrúdból, vaspálcából van az 1820-ban huzalokból összeállított Ampere-féle árammérleg. (39)



23. ábra. Eötvös demonstrációs eszközei

UNIT 2

2.13 AS FAST AS THE EAR

When thunder and lightning come together you know that a storm is over you. When the thunder arrives a few seconds after the lightning you know that it is some distance away, but how far? How fast does sound travel?

Activity

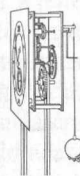
Design an experiment to measure the speed of sound. You will have to find some way of making a sound that can be seen from a long way away – a clapper board for example.

Apart from the time, what else will you have to measure?

The first tick

To find the speed of sound you need to know the distance travelled and the time taken. For early scientists measuring time was difficult. Galileo used his pulse to time the swinging of a pendulum. The pendulum clock gave physicists their first method of measuring time accurately. Using his clock, Huygens measured the speed of sound as being 340 m/s⁻¹. In 1738 French physicists used a cannon. Observers with accurate clocks 18 miles away noted the times when the flash and the sound of the cannon reached them. They worked out the speed of sound to be 332 m/s⁻¹.

Why did the observers stand so far away from the cannon?



CHRISTIAAN HUYGENS 1629-95

Christiaan was the son of a wealthy Dutch family. He studied law and was expected to become a diplomat but instead he stayed home to study science. He discovered the rings of Saturn using a home-made telescope. In 1657 he invented the pendulum clock. A year later many towns in Holland had one of his clocks. In 1666 he was given a post at the Paris Academy of Sciences.

Measuring the speed of sound in the early 18th century



24. ábra. Egy lap Peter Ellis tankönyvéből

Az Amerikai Egyesült Államokban, a minnesotai Minneapolis Bakken Múzeumában Nahum Kipnis vezetésével évenként megrendezik az „újralfelfedező” tanári továbbképzéseket. A 25–30 fős tanári gárda mindig más-más témakörben építi meg – eredeti dokumentumok alapján – a korabeli eszközöket, majd egymásnak bemutatják, közösen kipróbálják azokat. A korabeli dokumentumokat, az elkészített eszközöket bemutató könyv a téma tárgyalásakor tankönyvvül is szolgálhat. Ilyen például optikából a *Rediscovering Optics*. (40)

Tankönyvek – fizikátörténeti szemlélettel

A tudatosan fizikátörténeti szemlélettel készített tankönyvre két további példát említünk. A nagy oktatási reformok idején a hatvanas, hetvenes években az USA-ban dolgozták ki a *Project Physics* tanfolyam anyagát. Ennek tankönyvében ott találjuk például a Rutherford-féle szóródási képlet igazolásához végzett Geiger–Marsden kísérlet eredeti mérési eredményeit, *Millikannek* az elemi töltés meghatározásakor kapott esési idő-értékeit.

Külön olvasókönyveket is kiadtak, amelyek eredeti, korabeli írásokat tartalmaznak.

Az Egyesült Királyságban az ottani Nemzeti Alaptantervhez 1990-ben jelent meg *Peter Ellis What is Science?* című *fizikátörténeti szemléletű* tankönyve. Írásunkat ennek egyik lapjával zárjuk (24. ábra).

Reméljük, hogy hamarosan fizikátörténeti látásmóddal készült magyarországi tankönyvek egész sorát vehetjük kezünkbe.

Jegyzet

- (1) Heber, B–Weber, G.: *A modern kvantumfizika alapjai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
- (2) Keszthelyi Lajos: *Atomok és atomi részecskék*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962.
- (3) Davisson, C.–Germer, L. H.: *Diffraction of electrons by a Crystal of Nickel* (Elektronok diffrakciója nikkelt-kristályon). *Physical Review* 30., N^o 6, (1927. dec.) 705–740. p.
- (4) Davisson, C. J.: *Are electrons Waves?* (Hullámok az elektronok?) *Bell Laboratories Record*, 4., N^o 2, (1927. április), 257–260. p.
- (5) Thomson, G. P.: *Experiments on the Diffraction of Cathode Rays*. *Royal Society, Proceedings, A*, Vol. 117., 600–609. p.
- (6) Thomson, G. P. – Fraser, C. G.: *A Camera for Electron Diffraction*. *Royal Society Proceedings, Vol. A*, 128., 641–648. p.

- (7) Kovács László: *Ted Wenham Cambridge-i útkalauza*. Fizikai Szemle, 1991. 7. sz., 260. p.
 - (8) Kovács László: *Az elektron hullámtermészete. Nagy felfedezések – régi, híres eszközök III.*, Természet Világa, 1994. 10. sz., 472–474. p.
 - (9) Rutherford, E. – Chadwick, J.: *The Artificial Disintegration of Light Elements*. Philosophical Magazine ser. 6., (1921. nov.) 42, p. 809–825. p.
 - (10) Geiger, H. – Marsden, E.: *Die Zerstreungsgesetze der α -Strahlen bei grossen Ablenkungswinkeln (α -sugarak szórástörvénye nagy elhajlási szögeknél)*. Sitzungsberichten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien, II. a, 121, 1912., 2361–2390. p.
 - (11) Bay Zoltán: *Elektronszorzó mint elektronszámláló*. MTA Matematikai és Természettudományi Értesítője, LVII., 513–541. p.
 - (12) Bay Zoltán: *Visszaemlékezés a magyar holdvisszhang-kísérletekre*. Fizikai Szemle 26, 1976. 2. sz., 41. p.
 - (13) Bay Zoltán: *Reflection of Microwaves from the Moon* (Mikrohullámok visszaverődése a Holdról). Acta Physica Hungarica 1946. 1. sz., 1–22. p.
 - (14) Saar Gyula: *Fénnyel szőtt halhatatlanság*. Fizikai Szemle, 1993. 11. sz., 452. p.
 - (15) Bay Zoltán: *Visszaemlékezés...*, i. m.
 - (16) Vajda Pál: *Újabb adatok a híradástechnika magyar úttörőiről*. Technikátörténeti Szemle VII., 81–100. p., 1973/74
 - (17) Czöglér Alajos: *A fizika története életrajzokban* I. K. M. Természettudományi Társulat, Budapest, 1882, 568. p.
 - (18) Heller Ágost: *A physika története a XIX. században* II. K. M. Természettudományi Társulat, Budapest, 1902, 367. p.
 - (19) Mayer Róbert: *Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme* (Észrevételek a hő mechanikai egyenértékéről). Verlag Johann Ulrich Landherr, Heilbronn, 1851.
 - (20) Schmoll, H.: *Das Rätsel um eine Maschine im Nachlass von Robert Mayer* (Egy gép rejtélye Robert Mayer hagyatékában). Historischer Verein Heilbronn, Jahrbuch 26 (1969).
 - (21) *The Scattering of Low Speed Electrons by Platinum and Magnesium*. Physical Review, 1923. 22., 242–258. p.
 - (22) Az első ilyen jellegű híradást Davison és Kunsman már 1921-ben közölte: Science, 1921. 545. sz., 523. p.
 - (23) Born, Max: *Physical Aspects of Quantum Mechanics*. Natura, 1927. 195. sz., 354–357. p.
 - (24) Nature, 119. évf., 1927. 3007. sz., 890. p.
 - (25) Rutherford, E.: *The Scattering of the α Rays and the Structure of the Atom*. Roy. Soc. Proceedings, 1911. March 7th; Kovács László: *Bay Zoltán, a kísérleti fizikus*. Savaria University Press, Szombathely, 1995; Kovács László: *Nagy felfedezések – régi, híres eszközök I.* Természet Világa, 1994. 4. sz., 184–186. p.
 - (26) Antlicher Bericht über die 33. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien im Sept. 1856. Wien, 1858.
 - (27) *Ueber Ketten aus Röhren bestehender Elektricitätsrecipienten* (Leydeni-palackok láncolatáról). Repertorium für Experimentalphysik für physikalische Technik... München, 1882. 33–45. p.
 - (28) O'Kelly, H. J.: *Science exhibits at the Vienna Exhibition, N V. (The battery of Dr. Jedlik, professor of physics in the University of Pesth)*. Engineering, 1873. oct. 31., 365–366. p.
 - (29) Thomson, G. P.: *Experiments on the Diffraction of Cathode Rays*, i. m.
 - (30) Kovács László: *Kapcsolatok a szilárdtestek szerkezete és néhány tulajdonsága között*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
 - (31) Curie, E.: *Madam Curie*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1962.
 - (32) Watson, J. D.: *A kettős spirál*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1972.
 - (33) Kovács László – Kovácsné Burján Gyöngyi: *Fizikus útkönyv*. Fizikai Szemle, 1992. 12. sz., 445–472. p.
 - (34) Schmolz, H. – Weckbach, H.: *Robert Mayer. Sein Leben und Werk in Dokumenten*. Weissenhorn, 1964; Schmolz, H.: *Robert Mayer: Die Idee aus Heilbronn: Umwandlung und Erhaltung der Energie*. Heilbronn, 1978.
 - (35) *Röntgen Rays Centennial Catalog*. Universität Würzburg, 1995; *Die Geschichte der Entdeckung der Kernspaltung* (A maghasadás felfedezésének története). Technische Universität, Berlin, 1989.
 - (36) *Tausend Jahre Technik und Innovation in Ungarn*. Magyar Műszaki Múzeum, Budapest, 1994.
 - (37) Báró Eötvös Loránd Emlékkönyv. Szerk.: Fröhlich I., MTA, Budapest, 1930.
 - (38) V. Mehrle u. andere: *Apparate und Denkmodelle aus der Geschichte der Elektrizität...* (Eszközök és gondolat-kísérletek az elektromosság történetéből). Universität Oldenburg, 1987.
 - (39) Achilles, M.: *Historische Versuche der Physik Funktions fähig nachgebaut* (Történeti fizikai kísérletek működőképes újraépítése). Springer, 1989.
 - (40) Kipnis, N.: *Rediscovering Optics*. Bena Press, Minneapolis, 1994.
- Néhány könyv a hazai magyar fizikátörténetből: Vajda Pál: *Nagy magyar feltalálók*. Zrínyi Könyvkiadó, Budapest, 1958.; Kovács László (szerk.): *Fejezetek a magyar fizika elmúlt 100 esztendejéből* (1891–1991). ELTE FT, Budapest, 1992; Marx, G. – Kovács L. G. – Kovács L.: *Tribute to Hungarian-American Scientists reprint from the book History of Science in Teaching Physics*. SPSI, Szombathely, 1995.