

Görbe László SchP

A természettudományos oktatás a budapesti piarista gimnáziumban

Az emberiség hosszú évszázadok, évezredek alatt érte el, hogy a körülötte levő világot egyre jobban megismeri és alakítani akarja. Bármelyik korban igaz Arthur Clarke írása: „A civilizáció nem létezhet ismeretlennel való érintkezés nélkül. Szüksége van rá fizikailag és szellemileg egyaránt. A fizikai szükség nyilvánvaló: új földek, új források, új anyagok. A szellemi szükség-szerűség nem olyan magától értetődő, de hosszabb időt tekintve az a fontosabb.”¹ Amikor a budapesti piarista iskoláról beszélünk, amely a 18. század közepe óta áll a magyar természettudományos oktatás szolgálatában, mindig erre a szélesedő látóhatárra kell gondolni. A fizika, kémia, matematika és informatika ottani oktatásának történetében a tantárgyak magyarországi kialakulását, fejlődését követhetjük végig.

A pesti iskola kezdő lépései

A 18. század elején még szegény Pest város tanácsosai eleinte csak olcsó tanítómestereket akartak falaik közé hívni, amikor 1717-ben szerződést kötöttek a piarista renddel. A régi gimnáziumok valóban egyszerű, szegényes körülmények kö-

zött működtek. A fiúk sokszor alig fértek a szűkös termekbe. A diák addig járta az osztályt, míg az anyagot be nem gyakorolta, és csak akkor került felsőbb osztályba. Egy tanár egyszerre két osztályt tanított, mindenre, bár a tananyagot főként egyetlen tárgy uralta: a latin nyelv.²

Különösnek tűnhetik, hogy éppen az „ész századában”, mikor a vallásos érdeklődés egész Európában háttérbe szorult, Magyarországon a piaristák, tehát szerzetes tanárok bontanak zászlót az új tudományok új gondolatvilágának. 1744-ben Mária Terézia jóváhagyásával a pesti piarista kollégiumban megkezdődött a filozófia oktatása.³ Abban az időben a filozófiai oktatás nem a mai fogalmaink szerint, szűken értelmezett filozófiával volt azonos. Magába foglalta a matematikát, a fizikát, a csillagászatot, a növénytant, az állattant és a kőzettant, valamint volt benne etika és logika is. A reális részeket matematikai és fizikai alapon tárgyalták, ezért nevezték ezt a részt matematikai és mechanikai filozófiának. A piaristák bizonyos időkben a filozófiai tanfolyamokon építészetet is tanítottak.⁴

Az első pesti előadás-sorozatot 1744 és 1746 között a fiatal Cörver Elek (Alexius a S. Maria Magdalena, 1714–1747) tartotta, aki Rómában tanult.⁵ Az évek során a piarista atyák olyan fizikai szertárat is létrehoztak, amelyhez hasonló akkor még nagyon kevés volt az országban. A gyűjtemény alapítója Schaffrath Lipót (a S. Joanne Nep., 1734–1808) volt, aki 1755–1757 között Pisában végezte egyetemi tanulmányait. Egy olasz utazó, Domenico Sestini 1780-ban

arról számolt be, hogy pesti látogatása során „meglátogattam az akadémia [egykori] kísérleti fizika tanárát, P. [Schaffrath Lipót] piarista szerzetest, aki Firenzében is volt korábban. Ez az ember saját költségén sok gépet készíttetett az akadémia használatára, ami igen dicséretes dolog.”⁶ Abban a leltárban, amely a Schaffrath által a szertárban elhelyezett „matematikai eszközöket” sorolja föl, 42 pontban több mint 80 különböző eszköz szerepel. Ezek a kor akadémiai szintű kísérleti eszközei: ég- és földgömbök, angol teleszkóp, különböző mikroszkópok, optikai tükrök, barométerek, termométerek, Torricelli-cső, légszivattyú, elektromos gép, egyszerű gépek, Franklin-táblázat, vilálmhárító-modell, leideni palack, látcső stb.⁷ Az eltelt idő és a sok viszontagság miatt ma csak sejtjük, hogy a budapesti Piarista Gimnázium mai szertárában az eszközök közül melyik származhat ebből az időből.

Az akadémia legnevezetesebb kísérletét Szablik István mutatta be, aki 1784-ben, hazánkban másodikként háromszor is végzett sikeres hidrogénes léggömbkísérletet, ami hatalmas szenzáció volt (vö. kat. 2.2). A pesti piarista filozófiai akadémiaának ez volt mintegy a hattyúdala, mert 1784-ben a budai egyetem Pestre költözése miatt megszűnt.

A Ratio educationis után

Az 1777-ben megjelent királyi rendelet nem kezdeményezett új iskolastruktúrát, hanem az addig működött igyekezett egységessé tenni. A kisgimnázium az addigi

négy helyett három (majd 1806-tól ismét négy) latin grammatikai osztályból állt, a nagygimnázium pedig a retorikai és poétikai osztállyal volt bővebb. Ehhez jött a két éves filozófiai (bölcseleti) tagozat, amely Pesten nem a piarista gimnáziumhoz, hanem a királyi egyetemhez kapcsolódott, bár ennek is voltak piarista tanárai, például Dugonics András, aki 1784-ben magyar nyelvű matematikai tankönyvet adott ki (*A tudákosságnak könyvei*, Pest, 1784).⁸

A gimnáziumban is minden évfolyamon volt matematikaoktatás, a tananyagban a reáliák: a földrajz, a természetismeret, a fizika a korábbiaknál jelentősebb szerepet kaptak. Újszerűen kísérelték meg a középszintű tantárgyakat a „hasznosság” szerint csoportosítani. Ugyanakkor a korábbi szabadság helyébe az állami előírások léptek. A zseniális egyéni elképzelések elmaradtak, és a keretek megmerevedtek.⁹

A szabadságharc bukása után 1849. október 9-én lépett életbe a császári rendelet (*Entwurf*), amely elrendelte a nyolc osztályos gimnáziumi képzést, a végén érettségi vizsgával. A pesti gimnáziumban 1850-ben megnyílt a VII., majd 1851-ben a VIII. osztály, így főgimnáziummá lett.

A színvonalas tanítás mellett a magyar nyelvű és akkori tudományos elvárásoknak megfelelő tankönyvírást tekintették fontos feladatnak a piarista atyák. Matematikából Schirckhuber Móric, Sümeghi Pál, Barcs Ferenc, Schröck (Somhegyi) Ferenc pesti tanárok jelentették meg az *Elemi tiszta mennyiség-tani* műszók



Nagy az öröm a budapesti Piarista Gimnázium Fizikus Klubjában: a Műegér megtalálta a sajtót a labirintusban. Balra Vesztergombi György magyarázza találmánya működését diák-társainak, 1963. (MTI fotó)

szótárát. A matematikai fogalmak 60-70 százalékát ma is így használjuk (pl. *analízis* = elemzés, *geometria* = mértan, *linea* = vonal, *index* = mutató), de vannak olyanok is, amelyek azóta kikoptak (*sinus* = kebel, *cosinus* = pótkebel, *hiperbola* = mentelék, *parabola* = hajtalék, *logaritmus* = viszonyszám, *tangens* = érintő stb.).¹⁰

A budapesti gimnázium szertárainak az 1850-es évektől követhetjük a beszerzéseit az évkönyvekből. Az első teljes leltár

az 1879/1880-as tanévből maradt fenn.¹¹ Ekkor a szertár anyagát 13 csoportba osztották. A fizikát akkori fejezeteinek megfelelően csoportosították (geosztatika, hidromechanika, aerosztatika, rezgés, optika, kaloria, elektrosztatika, magnetika, elektrodinamika). Az 1851/1852-es tanévben szereztek be galvanizáló készüléket, valamint Morse-féle telegráfot (1840-es találmány). Az 1866/1867-es tanévben színképelemző készletet (1814-es találmány),

Kund-csővet (1866-os találmány), Holtz-féle influenciagépet (1865-ös találmány), ez utóbbit több változatban is. 1877-ben mutatták be a Bell-féle telefont, melyet az előző évben szabadalmaztattak. A 1880-as évek végétől fényképezőgépek kerültek a szertárba. Az 1881/1882-es tanévben szereztek be 6 darab stroboszkóp-képet. Stroboszkópról csak 1902-ben van említés. 1912-ben Röntgen-csővet, 1913-ban Brusch-féle ellenállászekrényt, teljes telefonpárt, 1914-ben Crookes-csővet, Geissler-féle csövet, 1915-ben Eöt-vös-ingát, 1918-ban optikai rácsokat és az elektromos kisülést demonstráló ritkítható gázcsövet helyeztek el a gyűjteményben.¹² A fizikatanári könyvtárban megtalálhatók voltak az akkor legmodernebb kiadású könyvek és német folyóiratok, s két német tanszergyártó cég, a Leybold és a Phywe katalógusai.

A kémia akkoriban még nem volt önálló tantárgy, hanem a „természetrájk” része (amely nem összetévesztendő a „természettannak” nevezett fizikával), a növénytan, állattan és ásványtan fejezetei között. Ezért 1904/1905-ben a természetrájk szertárba „különféle kémiai szereket” szereztek be: Bunsen-állványt, Bunsen-lámpát, Deville-gázfejlesztőt, Hoffmann-víz-bontót.¹³ Ezzel megkezdődött a kémiai szertár fejlesztése is.

Sajátságos egyébként, hogy a kémia „másodrendű” szerepe ellenére a gimnázium diákjai közül kikerült mindkét Nobel-díjas tudós ezen a tudományterületen ért el világra szóló eredményeket. Hevesy György (1885–1946) a radioaktív izotópos jelzések kutatásáért kapta meg a díjat 1943-ban, Oláh György (1927–2017) pedig a karbokation (pozitív töltésű szénatomok) kémiájában elért eredményeiért 1994-ben.



Terényi Lajos
a Didaktomat
használatában, 1964 (MTI fotó)

Az első világháború után

Az első világháború után, 1924-ben új középiskolai tantervet vezettek be. Ennek alapján matematika minden évfolyamon volt, és belőle érettségizni is kellett. A tanárok és diákok Suták József (1865–1954) piarista, egyetemi tanár előző időszakban megjelent matematika tankönyveit használták, amelyeket Vörös Cirill (1868–1948), majd Hatvani Ede (1879–1954) és Lóky Béla (1872–1946) piaristák dolgoztak át az újabb tantervek követelményei szerint. Ezek számos kiadást értek meg a Lampel kiadónál és a Franklin Társulatnál.¹⁴ 1938-tól kezdve fokozatosan váltotta föl ezeket a Szent István Társulat tankönyvsorozata, amelyet Gidró Bonifác és Holenda Barnabás bencések írtak.

Fizikát a harmadik osztályban tanultak először. A tankönyv Nagy József (1882–1962) *Kis természettana* (1926). A hetedik és nyolcadik osztályban Vörös Cirill *Kísérleti természettan* című könyvét (első kiadása 1901-ben jelent meg) használták, amelyet Nagy József dolgozott át. 1939-től jelentek meg Öveges József (1895–1979) piarista fizikatankönyvei, amelyeket a Szent István Társulat adott ki. Először a *Kis fizika a III. osztály számára* (1939), majd a hetedik és nyolcadik osztály fizikatankönyve (1941–1942). Ezek az egyházi iskolák 1948. évi államosítása után is használatban maradtak, de újabb, átdolgozott kiadásai az 1950-es és 1960-as években természetesen már az állami Tankönyvkiadónál jelentek meg.¹⁵

A szertárakat a piarista tanárok továbbra is szinten tartották és fejlesztették, amelyhez alapvetően új lehetőséget nyújtott, hogy a gimnázium 1917-ben új épületbe költözött, ahol a fizikai és természetrajzi előadótermek és szertárak korszerű helyet és berendezést kaptak. Akkor készültek a máig használt tárolószekrények is. A csehszlovákiai piarista iskolák megszüntetése után a podolini és szentgyörgyi szertárak anyagának egy része a pesti szertárat gazdagította.

A fizika új eredményei is megjelentek a középiskolában. Öveges József, aki 1940-től a budapesti gimnázium tanára lett, 1943-ban atomfizikai kísérletek leírását tette közzé (kat. 3.16).¹⁶ A középiskolában gyakorlatilag ma is ezeket használjuk.

A budapesti gimnázium önképzőkörén belül (amelyet 1920-ban Vörösmarty Mihályról neveztek el) a „természettudományos irányban különösebben érdeklődő tanulók” számára 1920-ban Karl János külön szakkört szervezett, majd 1921-től már külön természettudományi és matematikai szakosztályok is működtek.¹⁷ Az évkönyvek tanúsága szerint ezekben élénk munka folyt. Érdekes előadásokkal, kísérleti bemutatókkal, vetítéssel és technikai újdonságokkal találkozhattak a tanulók. A fizika tanulását délutáni gyakorlattal segítették a tanárok.

A szocialista hatalom idején

Az 1948-ban államosításra került piarista iskolák közül kettőben, Kecskeméten és Budapesten 1950-ben újra megindult a pi-

arista oktatás. Hamar világossá vált, hogy az iskola diákjait az ideológiai ellenőrzés alatt álló jogi és bölcsészettudományi karokra nem veszik föl, tehát elsősorban a reálterületeken lehet boldogulási lehetőségük. Ehhez elengedhetetlenül szükség volt a matematika kiváló oktatására. A rend legjobb, kiválóan felkészült tanárait hívta vissza a budapesti gimnáziumba, mint Pogány Jánost (1907–1983), Helyes Lászlót (1914–1981) és Kovács Mihályt (1916–2006). Munkájukat jellemzi, hogy a piarista diákok a tanulmányi versenyek döntőjében, sőt az 1960-as években elindult matematikai diákolimpián is gyakran sikeresen szerepeltek. A jó oktatás hatására többen váltak alkotó matematikussá.

Az atombomba bevetése a második világháború végén az egész világ figyelmét a fizikára terelte. A budapesti gimnázium szertára a gimnázium 1953. évi kényszerű költözése után, a Mikszáth Kálmán téri épületben is viszonylag tágas helyet kapott. 1958-tól a Nemzetközi Caritas segélyszervezet segítségével fejlesztették, így ugyanis „az ajándékba kapott taneszköz vámmentesen kezelendő” volt. Ilyen módon kaptak ajándékba Geiger–Müller-féle számlálót, Wulf-féle elektroszkópot, tér-elektronmikroszkópot, hőerőgépet, iskolai szalaggenerátort, jól kezelhető sugárzó anyagokat, expanziós ködkamrát, folytonos ködkamrát, *Fadenstrahlrohr*t, plexi planetáriumot, Klystron asztali radart stb. Az egyetemről is eljöttek megcsodálni, illetve a volt tanítványok vitték el bemutatni ezeket az eszközöket az egyetemre.¹⁸

A Kovács Mihály által 1960-ban megindított atomfizikai szakkör ezekre az eszközökre épült. A szakköri foglalkozásokat kéthetenként két órában tartották. Az egyes előadásokat a vezető tanár útmutatása alapján és a kézbe adott szakirodalmat áttanulmányozva önként vállalkozó szakköri tagok tartották. A kísérleteket a szakkör-vezető tanár az előadást tartó szakköri tagokkal készítette elő, és azokat általában az előadók mutatták be, tanári felügyelettel. Szakköri előadások témái voltak például: Az elektron és az elektronsugár; Az energia is atomos szerkezetű; A fény és az anyag kettős természete; A természetes radioaktivitás; Sugárzásfajták; Gyorsító-berendezések; Az atommag szerkezete; Magerők; Elemi részecskék; Izotóptechnika stb. Az előadások témái évenként változtak, de ebből a témakörből kerültek ki.¹⁹

A Fizikus Klubban a szakkörösök az érdeklődőknek tartottak előadásokat, hogy a fiatalok a technikai újításokról tájékozódhassanak. A bemutatott érdekes kísérletek segítettek megérteni a fizikai jelenségeket és a technikai újításokat, és ezzel vonzóvá tenni a fizikát. Az előadások témáiból: Műholdas műsorszórás; Félvezetők; Légpárna vagy mágnes párna; A radar és a repülés irányítása; Hologram – Laser; Van-e élet a Marson; A Viking program; Az űrhajózás fizikája; Az Apolló program; A Voyager szonda lendítése.²⁰

A természettudományos oktatásban a kémia oktatásának is fontos szerepe volt. A gimnázium második emeletén a kémia is külön termet és szertárat kapott,

ahol az 1980-as években a tanulói kísérletek lehetőségét is megteremtették. Tanáraink több továbbképzésen adtak elő az új eszközökkel, a diákok pedig sokszor értek el sikereket tanulmányi versenyeken is.

Informatika – új tantárgy születése

A budapesti piarista gimnázium első kibernetikai szakköre az 1958/1959-es tanévben indult meg, húsz negyedikes jelentkezővel, Kovács Mihály vezetésével. Lothar Wolf előző évben, Németországban(!) megjelent könyvének (*Elektronengehirn*

und Rechenautomat: Physikalische Schulversuche zur Automation) menetét követve, reléből és elektroncsövekből építettek „kibernetikai” eszközöket. 1960-ban elkészült Logi, a kártyázógép, majd a következő években a többi kibernetikai játék: a Csodamalom, a Halom, a Műegér, amelyek nemcsak a diákok között élveztek nagy népszerűséget, hanem a sajtó útján országos visszhangot is kaptak.²¹

A kibernetikai szakkör tapasztalatainak segítségével, a diákok közreműködésével építették meg, majd szabadalmaztatták 1964-ben Kovács Mihály és Terényi Lajos (1929–1970) a Didaktomat „felel-



Kovács Mihály budapesti diákjai körében a Didaktomat II-t (kat. 3.20.) szereli, 1966 (MTI fotó)

tetőgépet” (kat. 3.20). Ugyancsak ennek a munkának az eredménye volt a Mikro-mat kibernetikai építőkészlet (kat. 3.21), amelynek prototípusát Kovács Mihály útmutatása alapján Woynarovich Ferenc III. osztályos diák építette meg 1966-ban, és amely 1967-től a Budaörsi Kisipari Szövetkezet gyártásában kereskedelmi forgalomba került.²² Használatához a vezérkönyvet Kovács Mihály írta meg. Ebben a következőket olvashatjuk: „Érdeemes a számítógépekkel alaposabban megbarátkoznunk. Hozzáértők véleménye szerint a jövőben nem csak különleges szakembereknek kell ismerniök őket. Eljöhet az az idő, hogy »telefonhívásra« számológép-központok állnak szinte mindenkinek rendelkezésére, hogy a maga szakterületén a gyorsabb, olcsóbb eredményesebb munka érdekében bármikor felhasználhassa ezeket a gépeket, melyek kétségkívül korunk legcsodálatosabb alkotásai közé tartoznak.”²³ Kovács Mihály itt a harminc-negyven évvel későbbi információs társadalom programját írta le.

A Hewlett-Packard P-9810-es asztali kalkulátora 1972-ben jelent meg az amerikai piacon. Kovács Mihálynak már 1974-ben sikerült behozatnia egyet, külföldi jötevé segítségével, drága pénzen (14 000 német márka). Sajátos kódban lehetett programozni, majd a programokat mágneskártyára rögzíteni, és azokat bármikor beolvasatni (a fáradtságos „bepötyögtetés” helyett). Az adatokat, eredményeket termoprinterrel (nyomtatóval) ki is lehetett nyomtatni. Ez végleg a gépek progra-

mozása felé fordította a budapesti Piarista Gimnázium diákjainak figyelmét. 1976-ban az asztali kalkulátorhoz hoztattak egy nyomtató-rajzoló (*printer-plotter*) gépet is. Ez nemcsak nyomtatni, hanem rajzolni is tudott.²⁴

Az első, asztalra tehető és teljes értékű számítógépnek tekinthető eszköz Amerikában jelent meg a Tandy Corporation gyártmányaként 1979-ben, és TRS-80-asnak (Tandy/Radio Shack Z-80) nevezték el. 16 kilobájt memóriával bírt és BASIC nyelven lehetett programozni. Ennek a számítógépnyelvnek az egyik megalkotója Kemény János volt – sajnos Amerikában. Kovács Mihály 1980-ban kapott egy ilyet ajándékba. Az igazi számítógépes idők a budapesti Piarista Gimnáziumban ezzel a géppel kezdődtek. 1980-ban egy újabb TRS-80-as gépet kapott az iskola Centronix elnevezésű tús nyomtatóval és floppy disc mágneses rögzítővel. Ez már nem a nehézkes mágnesszalagra, hanem egy mágnesezhető korongra, lemezre rögzítette a gépből az adatokat, és a programokat sokkal gyorsabban és megbízhatóbban tárolta, mint a magnetofon. Az új nyomtatóval pedig már közönséges papírra is lehetett nyomtatni, mint az írógéppel, teljes magyar ábécével.²⁵

Az 1983-as évet arany betűkkel kellene írni a magyar iskolai számítástechnikai oktatás történetében. Az iskolai számítógépekkel foglalkozó bizottságnak, miután tanulmányozták az iskolánkban működő gépet, sikerült a felsőbb hatóságokat rábírnia arra, hogy minden iskolának adjanak

legalább egy mikroszámítógépet, hogy behozzuk a számítástechnika terén a Nyugattal szemben való lemaradásunkat. Az iskolai számítógép (HT 1080Z) a Piarista Gimnáziumban levő TRS-80-as gépek távol-keleti kiadása lett, amelyet az országban csak összeszereltek. Az iskolai számítógép program keretében minden gimnázium kapott a minisztériumtól egy példányt ingyenesen. Meglévő programjainkat változtatás nélkül lehetett futtatni rajtuk.²⁶

A Fizikus Klubban a gépeket minden nap a tanítás végétől délután 4-ig, péntek déltől pedig vasárnap estig bármelyik tanuló használhatta. Szombat délelőttönként az erősen érdeklődő fiatalabb fiú- és lánytestvéreknek, barátoknak is szerveztek szakkört, ők is használhatták a gépeket. Tréfásan „óvodának” nevezték ezt a szombati foglalkozást.

A számítógépek segítségével a diákok több fizikai és kémiai témát tettek szemléletessé. „A Föld és a Hold erőterében” című munka a Holdra szállást szimulálta. „Az ammoniás hűtőüzem modellezése” az új technológiát mutatta be. A „Fény interferenciakép intenzitás-görbéjének felvétele és vizsgálata számítógéppel” a kísérletezés új lehetőségeire példa. Természetesen több program és kísérlet számítógépes vezérlését és kiértékelését is megtervezték és bemutatták tanítványaink.

Az 1990-es évek közepén az Intel Pentium processzorra épülő, Windows operációs rendszereket futtató, IBM-kompatibilis személyi számítógépek meghódították az irodákat és az otthonokat. Ezek vették

át a korábbi gépek helyét. Az internet bekötésével a gépek összekapcsolódtak. A budapesti Piarista Gimnáziumban is megépült az első számítógépes terem 20 géppel, a hátsó szárny földszintjén, a korábbi diákkönyvtár helyén. Az egyetemen elindult az informatikatanárok képzése, és a fizikumban végzett úttörő munka tárgygyá lett. Úgy gondolom, hogy Kovács Mihályt – bár nem rendelkezett ilyen diplomával – az első magyar informatikatanárnak tarthatjuk.

Zárszó

A budapesti gimnáziumnak a 18. század óta sok kiváló matematika-, fizika-, kémia- és informatikatanára volt. A fentiekben csupán néhányuk nevét említettük. Mindenképpen szeretnék megemlékezni azonban azokról a „névtelen” piarista tanárokról, akik három évszázad alatt a hétköznapi munkában, a diákok között, az osztályokban folytatták az oktatás és nevelés fáradságos küzdelmét. Alkotó oktató munkájuk tette lehetővé sok magyar tudósnak, feltalálónak, a természettudományos és műszaki értelmiség sok kiválóságának pályáját. Ezek a piarista tanárok a nemzeti felemelkedést szolgálták, méghozzá nemcsak szellemi, hanem gazdasági téren is. Sokszor szerény eszközökkel rendelkeztek, és sokszor hoztak áldozatot, hogy a természet megismerését és a diákok érvényesülését minél jobban segítsék, és így valósítsák meg Kalazanci Szent József eredeti elgondolását.

- 1 MARX 1969, 7.
- 2 Vö. MÉSZÁROS 2000, 139. KOLTAI 2007, 16-17.
- 3 TAKÁTS 1895, 181.
- 4 TÓTH 2007, 263.
- 5 TAKÁTS 1895, 178. Ld. még a kötetben Koltai András tanulmányát: A piarista rend szerepe a természettudomány oktatásában Magyarországon a 17–18. században.
- 6 SESTINI 1815, 152-153.
- 7 TAKÁTS 1895, 195. GYIMESI 2000, 99.
- 8 GYIMESI 1992.
- 9 KOLTAI 2007, 29-30.
- 10 *Mennyiség-tani műszók 1850.*
- 11 GYIMESI 2000, 101-102.
- 12 GYIMESI 2000, 102.
- 13 Ért/Budapest 1904/1905, 41.
- 14 STÉHLI 2000, 134.
- 15 STÉHLI 2000, 135.
- 16 ÖVEGES 1943.
- 17 Ért/Budapest 1920/1921, 7; 1921/1922, 23.
- 18 GÖRBE 2007, 44-46.
- 19 GÖRBE 2007, 47-49.
- 20 GÖRBE 2007, 53-56.
- 21 KOVÁCS M., 1969. GÖRBE 2007, 57-70.
- 22 KÉPES-ÁLLÓ 2013, 60-61. GÖRBE 2007, 74-76.
- 23 KOVÁCS M. 1967, 146.
- 24 GÖRBE 2007, 81-82.
- 25 GÖRBE 2007, 83-84.
- 26 GÖRBE 2007, 86-87. KÉPES-ÁLLÓ 2013, 166-168.



Crookes-cső
1887-ből
(BpFizLelt L52).