

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar
Kísérleti Fizikai Tanszék
Kísérleti Fizika Szakirányú Továbbképzés

**A fizika tanítása a hódmezővásárhelyi
Bethlen Gábor Református
Gimnáziumban a XX. század első
évtizedeiben**

SZAKDOLGOZAT

Készítette: **Nagy Tibor**
Témavezető: **Dr. Papp Katalin**
egyetemi docens

2006

Tartalomjegyzék

Bevezető	1
I. A röntgensugarak felfedezésének előzményei	4
II. A röntgensugárzás felfedezése	10
III. Wilhelm Conrad Röntgen élete és munkássága	15
IV. A röntgensugárzás tulajdonságai	19
V. A röntgensugarak gyakorlati alkalmazása	21
VI. A röntgensugarak felfedezésének fogadtatása Magyarországon	24
VII. A fizikaszertár rövid története	29
VIII. A szertár témához csatlakozó eszközeinek leírása és működése	33
IX. A vizsgált jelenségkör megjelenése a közoktatásban használatos tankönyvekben	54
Összegzés	60
Irodalomjegyzék	61
Nyilatkozat	63
Köszönetnyilvánítás	64

Bevezető

Fizika-matematika szakos középiskolai tanárként immár tíz éve tanítok a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnáziumban. Az óráim javarésze fizika, aminek én meglehetősen örülök, hiszen a két szaktárgyam közül diákkorom óta a fizikát szerettem jobban. Amikor idekerültem ebbe a patinás gimnáziumba tátott szájjal álltam a fizikaszertár ajtajában, magam sem akartam elhinni, hogy milyen "kincsestárba" kerültem. Ettől a pillanattól kezdve igyekeztem megismerni, megérteni e nem mindennapi eszközök működését, és ha lehetőségem nyílt rá, akkor a tanuló ifjúsággal is megismertetni.

A kezdetektől elbűvölt, hogy fizikatanár elődeink milyen alapossággal, féltéssel, precizitással gondoskodtak évtizedeken át (immáron 144 éve!!!) a fizikai eszközökről és lehetőségeikhez képest mindent elkövettek, hogy ezen eszközök a történelem viharos éveiben is fennmaradjanak az utókornak.

Az eszközökön túl a fizika tanári szoba lenyűgöző tartozéka a KöMAL folyóirat 2. évfolyamától napjainkig megjelent összes száma bekötött formában, de megtalálható itt a Rádiótechnika, a Fizikai Szemle, A fizika tanítása című folyóirat összes száma is. A tanári szoba és az iskola páratlan könyvtárának "*tartozéka*" a sok-sok fizikai tárgyú könyv, lexikon is, amely szintén elődeink gondos gyűjtőmunkáját dicséri.

E könyvek között kutatva találkoztam egy-egy olyan könyvvel, kiadvánnyal is, amelyek az adott téma felfedezése után csak néhány évvel jelentek meg, pl. a röntgensugárzással, az elektron-elmélettel vagy a radioaktivitással foglalkozó művek már a XX. század első évtizedében a gimnázium könyvtárának tulajdonát képezték. A szertár leltárkönyveit kutatva láthatjuk, hogy az 1905-ben beszerzett röntgencső segítségével már 10 évvel a felfedezés - és 4 évvel a Nobel-díj után - már bemutatható volt a gimnáziumban a röntgensugárzás.

Érdekelni kezdett a téma, hogy vajon mennyire voltak elődeink naprakészek a XIX.-XX. század fordulójának nagy felfedezéseiből, mennyire voltak részei ezek az új felfedezések a tananyagnak. Hogyan és milyen tankönyvekből tanították a "*modern fizikát*" a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnáziumban.

A dolgozatban elsősorban a röntgensugárzás felfedezéséhez vezető eredményekkel, a sugárzás felfedezésével és annak gyakorlati hasznosságával, jelentőségével szeretnék foglalkozni. Külön szeretnék kitérni az egyes korai elméletekre, valamint a kor "legújabb és legmeglepőbb" eredményeinek kísérleti igazolására, amelyek közül jónéhányat már a

Bethlen gimnáziumban is el tudtak végezni a XIX. század utolsó évtizedeiben illetve a XX. század legelején.

A sok aktuális probléma közül több ok miatt választottam a röntgensugárzást:

1. A tudomány történetében alig akad még egy felfedezés, amely ekkora hatást gyakorolt volna, s ekkora átalakulást idézett volna elő, mint a röntgensugárzás. Maga Sir William Thomson (Lord Kelvin) a *"British Association for the advancement of Science"* Kanadában tartott ülésén elnöki beszédében kijelentette: *"A röntgensugarak felfedezésének köszönhetjük a fizika legújabb haladásának hatalmas lépéseit. Egy ilyen meglepő felfedezés, mint éppen a röntgensugaraké, akkora jelentőségű, akár az arany felfedezése egy gyéren lakott vidéken. Munkásokat vonz oda, akik csupán az aranyért jöttek, de hamarosan észreveszik, hogy van a vidéknek még más terméke, más, talán még az aragnál is értékesebb varázsa."*
2. A röntgensugárzás a gyakorlati alkalmazásokat tekintve a XIX. század egyik leghasznosabb felfedezése. Példaértékű a felfedezés gyors gyakorlati alkalmazása, amivel a gyógyászatban, a tudományos élet területén és az iparban is igen sok hasznot hozott az emberiségnek.
3. A röntgensugárzás felfedezését előkészítők között magyar tudóst is találunk, hiszen Lénárd Fülöp kísérletei nagyban segítették Wilhelm Conrad Röntgent a jelenség felfedezésében.

A XX. század elején a gimnáziumban természettant és fizikát tanító tanárokat bátran nevezhetjük tudós tanároknak. Nemcsak azért mert hihetetlen gondoskodással építették fel, hozták létre szinte a semmiből a gimnázium fizika szertárát, hanem mert az akkori idők legújabbnak számító művei, könyvek, újságcikkek gyűjteménye mind-mind arról tanúskodnak, hogy nagyfokú nyitottságot mutattak az *"új"* iránt és az ezeket a modern elméleteknek számító újdonságokat a tanuló ifjúsággal is megosztották. Azt hiszem, ezzel megalapozták a gimnázium megyei és országos hírnevét egyaránt, egy egész életre szóló útravalót adva tanítványaiknak, ahogy a híres fizikus, tanár Dr. Zemplén Győző fogalmazott: *"A gazdagság kevesebb, mint a bölcsesség, mert a bölcsesség megvéd, a gazdagságot pedig védeni kell!"*



1. ábra: A hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium épülete



2. ábra: A hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium folyosója

I. A röntgensugarak felfedezésének előzményei

A XIX. században hatalmas fejlődés következett az elektromosságtan területén. Az emberiség életét megkönnyítő, nagy jelentőségű felfedezések egész sora jelent meg (pl.: elektromos távíró, telefon, villanylámpa, villanyvasút... stb.). Ezek a felfedezések ismét egy olyan kérdés felé fordították a fizikusok gondolkodását, amely már nagyon régóta foglalkoztatta a őket. Ez a kérdés pedig az elektromosság mibenléte, amelyről már a legkorábbi időkben is ismerünk elméleteket, de ezek egyike sem elégítette ki minden maradék nélkül a természettudósokat.

A legelső elméletek egyike Thalesz (i.e. 624 - i.e. 547) nevéhez fűződik, aki az elektromosságnak lelket tulajdonított. Ennél a primitív elméletnél azonban már jóval komolyabbnak bizonyultak a XVIII. sz. vége felé megfogalmazott elméletek. Benjamin Franklin (1706-1790) tudatos kísérleteket végzett a légköri elektromos jelenségekkel kapcsolatosan, s így próbálta elméletét igazolni, miszerint az elektromosság egy súlytalan folyadék jelenlétére vezethető vissza. Ezzel az elmélettel némileg vitatkozott Robert Symmer (1707-1763), aki szerint az elektromosság nem egyéb, mint két, ellenkező tulajdonságú, úgynevezett pozitív és negatív folyadék.

Ezekkel a kezdetleges elméletekkel azonban több olyan jelenség magyarázata titokban maradt, amelyek élénken foglalkoztatta a tudósokat. Ennek fő oka, hogy bár tudták, hogy a mechanikai munka árán lehet elektromosságot előállítani, s hogy a turmalin melegítve elektromos állapotba kerül, ismerték némely hal elektromos szerveit, mégis az elektromosságnak csak egyetlen forrását ismerték: a dörzsölést. [1.]

Ezért volt a továbbiakra nézve alapvető fontosságú, hogy 1780-ban Luigi Galvani (1737–1798) a bolognai egyetem anatómiaprofesszora egy békacomb idegének kipreparálása közben észrevette, hogy miközben a boncolókésével hozzáért az ideghez, a comb rángatózni kezdett, ha közben a békacomb egyidejűleg egy másik fémhez is hozzáért. Galvani a későbbiekben megállapította, hogy a rézhorog segítségével az ablak vasrácsára kiakasztott békacombok akkor is rángatóztak, ha véletlenül a békacomb nekiütdött a vasrácsnak. Galvani arra következtetéshez jutott, hogy az elektromos jelenségek eredete a békacombban van, és ezért ezt a jelenséget állati elektromos jelenségnek nevezte és eredményeit 1791-ben közzé is tette.

Alessandro Volta (1754-1827) - aki ugyanebben az időben a rivális pavai egyetem fizika professzora volt - először megismételte Galvani kísérletét, és elfogadta Galvani következtetését is, vagyis azt, hogy a villamos jelenségeket a békacomb szolgáltatja. A

következő évben, 1793-ban azonban Volta elvégezte ugyanezeket a kísérleteket, de a kísérletekből arra következtetett, hogy a békacombnak Galvani kísérleteiben semmi más szerepe nem volt, mint hogy jelezze az elektromos hatás jelenlétét, és a lényeg a két különböző fém érintkezésében van. Ki is mutatta, hogy amennyiben Galvani kísérleteinél vigyázunk arra, hogy csak egyfajta fém szerepeljen, nem is kapunk rángatózást. Volta arra is rájött, hogy ez a hatás erősíthető, ha több cinklemez és rézlemez rakunk egymás fölé, és ezek közé egy általa másodrendű vezetőnek nevezett anyagot, például vizes kartont teszünk. [14.]

A galvánelemek, s így az elektromos áram felfedezésével új korszak köszöntött be az elektromosság mibenlétét keresők életében. Egyre inkább a gázokban lejátszódó elektromos jelenségek magyarázatában látták a teljes, és hibátlan megoldás kulcsát. Így ebben az időben egyre több kutatás indult ez irányban a remélt siker érdekében, ahogy Faraday fogalmazott: *"E jelenségek sokkal nagyobb hatással lesznek az elektromosság elméletére, mint jelenleg feltételezhetjük."* A feltevés nem volt alaptalan, s a kutatók munkáját fényes siker koronázta.

Az állandó áramokat a Ruhmkorff-féle szikrainduktor segítségével nagy feszültségűvé lehetett tenni, így lehetőség nyílt az elektromos kisüléseknek a különböző sűrűségű gázokban való vizsgálatára. Korábban - amíg csak a dörzselektromos gépet ismerték -, erre nem volt lehetőség, mivel dörzsöléssel nagy feszültséget elő lehet ugyan állítani, de kicsi az áramerősség. Ezért ilyen módon nagy szikrák létrejöhetnek ugyan, de ezzel az eljárással vegybontást nem tudtak végezni. A galvánelemek viszont kis feszültséget, de nagy áramerősséget adnak. Ha ezt a kis feszültségű, de nagy áramerősségű áramot a szikrainduktor segítségével megszágtatták, majd feltranszformálták, akkor ennek segítségével tanulmányozhatták az elektromos áram viselkedését ritkított gázokban.

Az ilyen jellegű kutatásokhoz elengedhetetlennek bizonyult a német Julius Plücker (1801-1868) 1854-es találmánya a katódsugárcső. Plücker javaslatára kezdte gyártani Johann Heinrich Wilhelm Geissler (1815-1879) német üvegtechnikus a később róla elnevezett kisülési csöveket, amelyeket ő gyártott le bonni műhelyében. A csövek működtetéséhez szükséges vákuum előállítására higanyos szivattyút talált fel, amivel szinte sorozatban tudta gyártani a csöveket, így neve széles körben ismertté vált. A Geissler-csőben néhány száz Pa nyomásnál a katód és az anód közé kapcsolt nagyfeszültség hatására pasztellszínekben világító gázoszlop alakul ki. [27.]



3. ábra: Johann Heinrich Wilhelm Geissler (1815-1879)



4. ábra: Egy színes Geissler-cső

Plücker tanítványa a szintén német Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914) részletesen vizsgálta a katódsugárzás természetét. Felfedezte, hogy ha a katódsugárzás útjába egy drótot helyez a katód és az anód közé, akkor annak éles árnyéka jelenik meg a katóddal szemközti falon. Ezzel igazolta, hogy a sugárzás a katódból indul ki, és egyenes vonalban terjed, becsapódásakor pedig több anyagon fluoreszcenciát okoz. Kimutatta, hogy a katódsugárzás eltéríthető mágneses mezőben. A kisülési csövekben tapasztalható fényjelenségek magyarázatára egy ütközési ionizáción alapuló elméletet dolgozott ki. Véleménye szerint a ritkított gázokban tapasztalható vezetési jelenség középutat foglal el a tiszta fémes vezetés és az elektrolitok vezetése közt, mert szerinte itt mind a két vezetési mechanizmusnak szerepe van.

William Crookes (1832-1919) angol fizikus - a katódsugárzás és a gázkisülések egyik leghíresebb kutatója - 1856-ban ritkított gázban végbemenő elektromos kisülések vizsgálata során elsőként figyelte meg a katód körüli sötét térrészt, amelyet ma Crookes - féle sötét térnek neveznek. Bebizonyította, Hittorf után, de tőle függetlenül, hogy a katódsugarak egyenes vonalban terjednek, s ha bizonyos anyagokba csapódnak, azt fénykibocsátás (foszforeszcencia) és hőtermelés kíséri. A katódsugarak tanulmányozására számos berendezést fejlesztett ki, az angolok a kisülési csöveket ma is Crookes-csőnek nevezik. A sok szertárban megtalálható máltai kereszt cső is tőle származik, annak illusztrálására, hogy a sugárzás egyenes vonalban terjed. [27.]

Bebizonyította, hogy a katódsugarak ionizálják azokat a gázokat, amelyeken áthaladnak. 1879-ben a katódsugárzásra, mint az anyag negyedik halmazállapotára, új elméletet dolgozott ki, ami azonban hibásnak bizonyult. Szerinte a katódsugár nem más, mint negatív töltéssel ellátott molekulák áramlása. A molekulák úgy tesznek szert negatív töltésre, hogy a katódnak ütközve onnan negatív töltést vesznek fel, majd nagy sebességgel eltaszítódnak tőle. A molekula áramlási hipotézisét később Goldstein cáfolta kísérletével.



5. ábra: William Crookes (1832-1919)



6. ábra: Crookes-féle Máltai kereszt cső

Eugen Goldstein (1850-1930) német fizikus már 1870-ben leírta, hogy az egyenes katódsugarakkal bombázott fluoreszkáló ernyő fénylik. 1871-ben kimutatta, hogy a katódsugárzás merőlegesen lép ki a katód felületéről, bármilyen legyen is a katód anyaga. A sugárzás kémiai természetét vizsgálva, azt a Nap ultraibolya sugárzásával találta hasonlónak. Többfajta katódanyagot is megvizsgált, de a sugárzás tulajdonságaiban változást nem tapasztalt. 1876-ban bevezette a jelenségre a hamarosan széles körben elterjedő katódsugárzás elnevezést. Úgy gondolta, hogy a sugárzás elektromágneses hullám természetű. Ne felejtjük el, hogy ekkor az elektromágneses hullámok megléte még csak hipotézis volt!

A katódsugarak szerkezetére azonban ebben az időben még két elmélet állt egymással szemben. Az egyik a Crookes-féle ún. anyagi elmélet, másik az ún. rezgési elmélet.

Crookes és a mellé álló angol fizikusok abból indultak ki, hogy a szép bársonyszerű zöldes fény, ami a katódsugarak áthaladásánál a csövön keletkezik, az anyag egy kicsiny része izzásának köszönhető, amely nagyon nagy sebességgel terjed tova. Kísérletileg kimutatták, hogy a katódsugárban tovarepülő anyagi részecske - amelyet először Newton műnyelvén szólva "*korpuskeln*"-nek neveztek el-, töltést tartalmaz és mágneses mezővel eltéríthető. Bebizonyították, hogy ez a töltés minden repülő részecskénél egyenlő, ezt nevezték később elektronnak. Megszületett az "*elektron-elmélet*", amely az elektronokkal próbálta megmagyarázni az egyes jelenségeket. Ebben az időben még az elektronnak három fajtáját különböztették meg:

1. A vezető elektronokat, amelyek főleg a fémekben találhatók és az áramvezetésért felelősek.
2. A polarizációs elektronokat, amelyek leginkább a szigetelőkben fordulnak elő és a rugalmas erők mintájára vannak az atomokhoz csatolva.
3. A mágnesező elektronokat, amelyek a pozitív atom körül keringve alkotják a molekuláris mágneses áramkört.

Mivel ekkor még sem a protont, sem a neutront nem ismerték, így a negatív elektron mintájára bevezették a pozitív elektront is. Mivel a pozitív részecskéket tartalmazó "*anódfény*" nem téríthető el mágnessel olyan könnyen, mint a negatív részecskéket tartalmazó "*katódfény*", ez alapján meghatározták, hogy a pozitív elektron kb. 2000-szer nehezebb, mint a negatív elektron.

A német fizikusok többsége elvetette ezt az elméletet és a Maxwell-féle elektromágneses fényelmélet mintájára a katódsugarak okozta jelenségeket is a "*rezgési elmélet*"-tel igyekeztek megmagyarázni. A röntgensugarak felfedezése idején ugyan mindkét elmélet jelen volt, de a tudósok nagy része az "*elektron-elmélet*"-et támogatta. Ebből kiindulva aztán távolabbi következtetéseket is igyekeztek levonni, ahogy Lord Kelvin fogalmazott: "*A kétféle pozitív és negatív elektromos egység tömegének és nagyságának ismerete anyagot szolgáltat az elektromosság úgynevezett molekuláris elméletének felépítéséhez és kiindulópontja az anyag szerkezete elméletének is; mert a legtermészetesebb nézet, amit az ember ideiglenes föltevés gyanánt elfogadhat, az, hogy az anyag éppen a pozitív és negatív elektromossági egységek halmaza, s hogy az erők, - melyek az atomokat és molekulákat összetartják, - és a tulajdonságok, - amelyek az egyik fajta anyagot a másiktól megkülönböztetik, - eredetüket valamennyien azoknak az*

elektromos erőknek köszönhetik, amelyeket a pozitív és negatív elektromos egységek gyakorolnak egymásra; ezek az erők a különféle elemek atomjaiban különbözőképpen vannak csoportosítva!" [1.]

II. A röntgensugárzás felfedezése

A röntgensugarak felfedezéséhez vezető úton ki kell emelnünk egy magyar fizikus munkásságát, akinek kísérletei nagyban hozzájárultak Röntgen felfedezéséhez. Bár az utókor igen ellentmondó személyiségnek ábrázolta Lénárd Fülöpöt, a korabeli könyvek, újságcikkek „igaz magyarként” emlegetik, akire méltán lehet büszke minden magyar ember. Tény, hogy Lénárd 1862-ben akkori magyar földön, Pozsonyban született, és tanulmányai, munkája is gyakran Budapestre szőlították és kiválóan beszélt magyarul. Később gyakran dolgozott külföldi egyetemeken is, leginkább Németországban, ahol kutatásai leginkább a katódsugarak irányába terelődtek. 1886-ban, Heidelbergben, Quincke laboratóriumában foglalkozott azzal a problémával, hogy egyáltalán terjednek-e a katódsugarak légüres térben. Ez azért volt nehéz feladat, mert igen nagy légritkítás esetén nem jött létre elektromos kisülés, így nem jött létre katódsugárzás sem. Olyan katódsugár csövekkel kísérletezett, melyeknek a végét - mestere, Leonard Hertz tanácsára - vékony alumínium fóliával látta el. A siker nem maradt el, a foszforeszkáló ernyőtől néhány centiméter távolságban is világított, mintha a katódsugarak a szabad levegőn is terjednének és a sugarak a fotólemezen is nyomot hagytak. A kísérleti berendezés tökéletesítésével a katódsugárcsőből ibolyaszínű fénypamacs jelent meg, ugyanis a nagy mozgási energiával kilépő elektronok a levegő részecskéivel kölcsönhatásba lépve fluoreszkáló hatást váltanak ki, így az amúgy láthatatlan elektronsugár láthatóvá vált. [30.]

Lénárd kísérleteinek leírását Természettudományi Közlöny 1896. áprilisi számából idézem:

„Hogy a katódsugarak a légüres térben, a mennyiben ilyet létesíthetünk, is terjednek, azt Lénárd úgy mutatta ki, hogy a katódsugárcsövet megtoldotta egy másik csővel, úgy, hogy csak az alumíniumablak választotta el őket egymástól. Ebben a másik csőben is vannak beforrasztott elektródok, de ezek csak annak a kimutatására szolgálnak, hogy benne már nem keletkeznek katódsugarak, feltéve, hogy belőle a levegőt higanylégszivattyúval előbb lehetőleg eltávolítottuk. Ha most az eredeti katódsugárcsőben megindítjuk a kisüléseket, a keletkező katódsugarak az alumíniumablakon keresztül tovább terjednek a másik cső felé, megvilágítják az útköbe eső kör alakú elektródot, és ha ez át van lyukasztva, a cső másik végén éles fényfoltot létesítenek. E kísérletet hosszú ideig csinálhatjuk anélkül, hogy a csőben a gáz mennyisége és ezzel kapcsolatban a nyomása

észrevehetőleg megnövekednék, a mi azt bizonyítja, hogy a katódsugárcsőből nem mentek át a gázmolekulák a másik csőbe, tehát nem is ezek közvetítették a katódsugarakat. E kísérlet, Lénárd véleménye szerint, megdönti a Crookes-féle elméletet a sugárzó anyagról és valószínűvé teszi, hogy a katódsugarak az éterben végbemenő mozgások.” [21.]

Lénárd volt tehát az első, akinek sikerült a katódsugarakat abból a térből kivezetni, ahol keletkeznek. Ezek után meg tudta őket vizsgálni mind a légüres térben, mint a közönséges nyomású levegőben és e közben igen érdekes tapasztalatokra jutott. Lénárd megállapította, hogy a kivezetett sugarak megegyeznek a katódsugarakkal, és a katódsugarak sebességétől függ az áthatolóképességük. Vizsgálta a sugarak ionizáló hatását és mágneses térben történő eltérülését is. Megállapította, hogy minél nagyobb ritkításnál létesítette a katódsugarakat (azaz minél nagyobb azok sebessége), annál kevésbé térültek el a mágneses térben. Elkészítette a „különböző minőségű” katódsugarak „*mágneses spektrumát*”. Lénárd 1905-ben fizikai Nobel-díjat kapott „*a katódsugarakkal kapcsolatos munkásságáért*”.

Lénárd 1893-ban publikálta kutatásai eredményét, azonban Hertz bekövetkezett halála miatt abbahagyta kutatásait, és Hertz félbe maradt műveinek kiadásával, életművének összegyűjtésével foglalkozott.



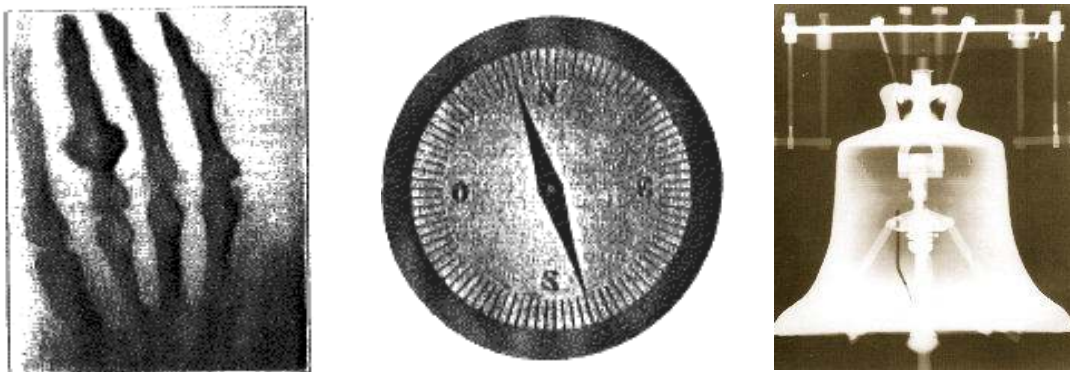
**7. ábra: Lénárd Fülöp
(1862-1947)**

1895-ben Röntgen – a würzburgi egyetem tanára – Lénárd megfigyeléseit tanulmányozta, s közben meg akarta ismételni Lénárd kísérleteit. Ennek érdekében kért és

kapott is Lénárdtól az ő speciális csöveiből, az ún. Lénárd-csövekből. Röntgen a csövet jól záró, fekete papírárnyékolással vette körbe, hogy a kisülés fényei ne zavarják miközben a katódsugarakat a csöppnyi Lenard-ablakra próbálta koncentrálni. Feltűnt neki, hogy a kisülési cső mellett az asztalon heverő tárgyak némelyike - kristályok, fluoreszkáló anyaggal bevont ernyők egyike, másika halványan villog. Így kezdődött a felfedezés. A többi már tudatos kísértetkezés volt: Röntgen lépésről-lépésre haladt előre a katódsugárzás által kiváltott, ismeretlen sugárzás vizsgálatában. Egy teljesen elsötétített szobában észrevette, hogy az egyik oldalán bárium-platin-cianürrel (bárium-[tetraciano-platinát]) borított papír fényesen fluoreszkál a befestett oldalán és a másik oldalán is, ha a cső közelébe vitte, de a fluoreszcencia akár két méterre is látható volt. Kimutatta, hogy a fluoreszcencia a vákuumcsőből ered. Vizsgálni kezdte a jelenséget, és feltételezte, hogy egy addig ismeretlen sugárzást fedezett fel, melyet - a bizonytalanság miatt - X-sugárzásnak nevezett el (angolszász és francia nyelvterületeken mai napig ez a röntgensugárzás neve). Amikor bárium-platin-cianürrel bevont ernyőn fel tudta fogni, észrevette, hogy ez a sugár a különböző sűrűségű anyagokban eltérő mértékben nyelődik el, sőt ezek a sugarak a vastagabb fán és a vékony fémrétegen át is hatolnak. Saját leírása alapján 1895. november 8.-án éjjel látta meg először saját kezének átvilágított képét a laboratóriumban. Részletesebb vizsgálatai kimutatták, hogy a sugarak áthatolóképessége növekszik, ha növelik a katódsugárcsőben alkalmazott feszültséget. A sugarakat sem elektromos, sem mágneses térrel nem tudta eltéríteni, így kizárta, hogy a felfedezett sugárzás a katódsugarak egy energikusabb fajtája legyen. Felfedezte a sugarak ionizáló hatását, és a levegőben való szóródását is. A további vizsgálatok megmutatták, hogy az áthatoló sugárzás a katódsugárcső üvegfalának a katódsugarak nyalábja által érintett részéből indul ki. Rájött, hogy keletkezett sugarak intenzitását lényegesen növelni lehet azzal, hogy a katódsugár útjába nehézfémről készült lemezt, úgynevezett antikatódót helyeznek, s így a sugarak emisszióját a katódsugarakat alkotó elektronoknak az útjukba helyezett lemezbe ütközése hozza létre. Ilyenkor az elektronok lefékeződnek, és energiájukat igen rövid hullámhosszúságú elektromágneses sugárzás alakjában bocsátják ki. A fékezési sugárzás spektrális eloszlása folytonos. Bár Röntgen arra is rájött, hogy az ismeretlen sugár a fényhez hasonlóan egyenesen áramlik, Ő maga arra gondolt, hogy a felfedezett sugárzás az éter longitudinális hullámmozgása. A röntgensugár keletkezésének módjából E. Wiechert és G. G. Stokes már 1896-ban arra következtetett, hogy a röntgensugarak rendkívül rövid hullámhosszúságú fénysugarak, de feltevéseiket csak jóval később Charles Glover Barkla polarizációs vizsgálatai és Max von Laue interferencia kísérleteivel tudták igazolni,

bebizonyítva a röntgensugarak transzverzális hullám mivoltát és elhajlíthatóságát. A röntgensugarakkal az orvosi diagnosztika és terápia területén szinte a sugarak felfedezése pillanatától kísérleteztek. [21.]

Röntgen 1895 december végén levélben értesítette Európa vezető tudósait, de személyesen csak 1896. január 23.-án a Fizikai-Orvosi Társaság előtt számolt be felfedezéséről, ahol többek között bemutatta a felesége kézfejről, illetve egy fémdobozba teljesen bezárt iránytű lapjáról és mutatójáról saját maga által készített képeket, amelyek megdöbbentették a tudóstársadalmat, s gyakorlati alkalmazások sokaságát tették lehetővé.



8. ábra: Az első röntgenképek

A fentiekből is kiderült, hogy Röntgent Lénárd Fülöp is segítette felfedezésében, s az akkori híradások szerint csak túlságosan nagy precizitása gátolta meg abban, hogy Ő tegye meg ezt az igen jelentős felfedezést, hiszen Lénárd a teljes árnyékolás miatt fémburokkal, míg Röntgen "csak" fekete papírlappal vette körbe a csövet. Így gyakorlatilag - mint annyi más felfedezés során is - a véletlen jelentős szerepet kapott a röntgensugarak felfedezésénél, hiszen igen nagy valószínűséggel csak idő kérdése lett volna, hogy Lénárd észre vegye ezeket a sugarakat is.

Maga Lénárd egyik értekezésében így ír Röntgen felfedezéséről: *"Röntgen felfedezését általában a véletlen felfedezések különös példájaként emlegetik. De ha meggondoljuk, hogy a kísérlet az említett csővel történt, a kísérletező figyelme a cső belsejéből a külsejére terelődött, a cső célja pedig a foszforeszkáló ernyő jelenlétét*

megkövetelte, úgy vélem, hogy a fölfedezésnek a fejlődés eme fokán szükségszerűen be kellett következnie."[6.]

Egyes német fizikatörténészek tudni vélik, hogy a Nobel-díj bizottság gondolkozott azon, hogy az első Nobel-díjat megosztva adja ki Röntgennek és Lénárdnak. Tény azonban, hogy az első Nobel-díjat 1901-ben egyedül W. C. Röntgennek ítelték oda.

III. Wilhelm Conrad Röntgen élete és munkássága

Wilhelm Conrad Röntgen 1845. március 27.-én Lennepben született. Hároméves volt, amikor apja kendőgyárát és üzletét a Düsseldorf melletti Lennepből a hollandiai Appeldoornba helyezte át. A fiatal Röntgen először magániskolában tanult, majd egy utrechti ipariskolába iratkozott be, ahonnan aztán egy ártalmatlan diákcsinny miatt a végbizonyítvány megszerzése előtt kicsapták. Ez az esemény későbbi életét alapvetően meghatározta, mivel magánúton sem tehetett érettségi vizsgát, s így kezdetben a tudományos élet sok kapuja zárva maradt előtte.

Rendszeresen bejárt az utrechti egyetemre, de ott csupán csak érdeklődőként hallgathatott meg természettudományi előadásokat, míg 1865-ben a zürichi Technische Hochschuléra iratkozott be, ahol nem követelték meg feltétlenül az érettségi bizonyítványt. August Kundt, a kísérleti fizika tanára felfigyelt tanítványa kiváló képességeire, és rábeszélésére Röntgen - aki a főiskolán irodalmi és művészettörténeti előadásokat is hallgatott- gépészmérnöki diplomájának megszerzése után, 1869-ben egy gázelmélettel foglalkozó értekezése nyomán filozófiai doktori vizsgát tett, és Kundt asszisztense lett. 1870-ben Kundt magával vitte a würzburgi egyetemre, ahol Röntgen szeretne volna a magántanári képesítést megszerezni, de a würzburgi egyetem szabályai szerint érettségi bizonyítványának hiánya elzárta ennek lehetőségétől, ezért 1872-ben Röntgen követte Kundtot a strassburgi birodalmi egyetemre. Ott kapta meg az oktatási engedélyt, s ezután az 1873-1874-es tanévben a hohenheimi mezőgazdasági főiskola matematika és fizikaprofesszora volt. Miután a főiskola gyengén felszerelt laboratóriumában semmi lehetőség nem volt a kísérletezésre, két szemeszter után az elméleti fizika rendkívüli tanáraként visszatért Strassburgba. 1879-ben a gisseni egyetem kísérleti fizikai tanszékének élére került.

Kísérleteit elsősorban az elektromágnesesség és a fénytan területén folytatta. 1888-ban kimutatta, hogy az elektromosan polarizált dielektrikum mozgásának az elektromos áramhoz hasonló mágneses hatása van. E hatást, melynek felfedezése jelentősen hozzájárult

J. C. Maxwell elméletének elismeréséhez, Lorentz nyomán Röntgen-áramnak nevezik. 1889-ben - miután a jénai és az utrechti egyetem meghívását visszautasította - a würzburgi egyetem fizikai intézetének vezetését vállalta el. 1894-ben az egyetem rektorává választották.



**9. ábra: Wilhelm Conrad Röntgen
(1845-1923)**

1895. november 8.-áról 9.-ére virradó éjszaka Röntgen Lénárd Fülöp kísérleteinek megismétlése közben felfedezte a röntgensugárzást. Eredményeiről csak a felfedezett jelenség körültekintő vizsgálata után tett jelentést. Az a körülmény, hogy a mindig magányosan, szinte titkolózva dolgozó Röntgen világra szóló eredményéről oly sokáig hallgatott, továbbá, hogy a röntgensugárzás egyes hatásait korábban már más kutatók is tapasztalták - bár ezeknek a jelenségeknek előtte senki sem tulajdonított jelentőséget, és senki sem vizsgálta meg azokat -, Röntgen elsőségét kétségbe vonó mendemondákra adott okot. Mivel Röntgen felfedezésének nem voltak szemtanúi, és a tudós maga az előzményeket illetően igen bizonytalanul nyilatkozott, a döntő jelentőségű megfigyelés lefolyásáról évtizedekig egymásnak is ellentmondó változatok keringtek. Röntgennek élete végéig védekeznie kellett a gyanúsítások ellen. Ezért még 16 évvel később is tartózkodóan fogadta a fiatal Max von Laue-t, amikor az bemutatta neki a röntgensugárzás hullámtulajdonságait bizonyító felvételeket. Röntgen eredményeit 1896. január 20-án a párizsi akadémián H. Poincaré jelentette be, felmutatva a Röntgen által készített fényképeket. A felfedezés és a képek hatalmas feltűnést keltettek. Röntgen január 23-án a Fizikai-Orvosi Társaság előtt számolt be felfedezéséről, ahol R. von Kölliker, a köztiszteletben álló anatómus javasolta, hogy a Röntgen által X-sugaraknak nevezett ismeretlen sugarakat a jövőben nevezzék röntgensugaraknak. Az angolszász szakirodalomban azonban kiejtési nehézségek miatt inkább X-ray (X-sugár) elnevezés

terjedt el. 1900-ban Röntgent meghívták Münchenbe, ahol az egyetem fizikai intézetének igazgatójává és a fizikai-méréstechnikai gyűjtemény vezetőjévé nevezték ki.

1901. decemberében a világ első tudósaként kapta meg a Nobel-díjat *"a róla elnevezett sugárzás felfedezésével szerzett rendkívüli érdemeiért"*. A díjjal együtt járó pénzösszeget végrendeletében a würzburgi egyetemre hagyta, de az 1923-as infláció következtében az adomány elértéktelenedett. 1904-től kezdve Röntgen egyre inkább visszavonult a közélettől.



10. ábra: Röntgen Nobel-díjának oklevele



11. ábra: Korabeli röntgenfelvételek

A Münchentől 60 km-re fekvő Weilheimbe költözött, 1920-ban saját kérésére felmentették professzori és igazgatói megbízása alól. Ugyanabban az évben hozta nyilvánosságra utolsó munkáját a kristályok fizikájáról, melyhez az anyagot az Abram

Jofféval közösen végzett vizsgálatok szolgáltatták. A háború utáni időkben igen szűkös körülmények között élő, hiányosan táplált Röntgen szervezete nem tudott ellenállni az emésztőrendszerét megtámadó betegségnek. Münchenben halt meg 1923. február 10.-én. Végrendeletének megfelelően minden levél vagy kézirat jellegű hagyatékát elégették.

IV. A röntgensugárzás tulajdonságai

A röntgensugárzás felfedezése után azonnal megkezdődött a sugarak tulajdonságainak feltérképezése. Ezekbe a kísérletekbe Röntgen mellett más fizikusok is bekapcsolódtak. Ez nem is tűnt annyira egyszerű feladatnak, hiszen a röntgensugarak szabad szemmel nem láthatóak. Az új sugárzás talán legszokatlanabb tulajdonsága a fényhez viszonyított rendkívüli áthatolóképessége volt. A fizikusok - részben maga Röntgen - fokozatosan rájöttek hogy minél sűrűbb egy anyag szerkezete, az X-sugár annál kevésbé tud áthatolni rajta: a vastagabb fémek például teljesen elnyelik. Már a felfedezéskor kiderült a sugarak fluoreszkáló hatása, amelyet a fluoreszkáló ernyőre fejtettek ki, de a sugarak egyik legérdekesebb - a mai napig talán leginkább kiaknázott - tulajdonsága, hogy a fotólemezen erősségének függvényében feketedést okoz, ami a röntgenfelvételek elkészítését teszi lehetővé. Hamar észrevették, hogy a test szöveteire roncsoló hatással vannak a sugarak, ha hosszabb időn át érik a testet, tehát felfedezték a röntgensugárzás ionizáló hatását. Tudták, hogy a röntgensugarak egyenes vonalban terjednek, és sem elektromos, sem mágneses mezőben nem térülnek el. [22.]

Bár a felfedezést követő években már ismerték a fenti tulajdonságokat, igazi magyarázatot a röntgensugarak mibenlétére még nem tudtak adni. Wiechert és Stokes szerint *„Az elektromágneses erők egymást sűrűn követő lökésszerű ingadozásának tovaterjedéséből származnak a röntgensugarak, ellentétben a fénysugarakkal, melyeknél ezen erők folytonos ingadozást nem szenvednek!”*. Maga Röntgen az X-sugarakat az éterben terjedő longitudinális hullámoknak vélte, bár tisztában volt vele, hogy az általa felállított hipotézis még szilárdabb alapokat igényel. Erre abból következtetett, hogy nem tudta kimutatni a röntgensugarak polarizációját és interferenciáját, így szerinte nem lehetnek a fényhez hasonló transzverzális elektromágneses hullámok. Ma már tudjuk, hogy Röntgen ez irányú sikertelen kísérletei annak köszönhetőek, hogy nem tudott elegendően nagy intenzitású sugarakat előállítani.

Amikor Bassler kimutatta a röntgensugarak polárosságát, majd Erich Marx, a lipcsei egyetem tanára 1905-ben kimutatta, hogy a röntgensugarak a levegőben fénysebességgel terjednek, újabb magyarázatokat kerestek. Főleg ezeknek az új eredményeknek köszönhetően az 1910-es évek végére úgy vélték, hogy a röntgensugárzás az elektromos tér lökésszerű megzavarásának a következményei, melyek a katódról kilépő elektronoknak az antikatódba való ütközése során lépnek fel. Ekkor a röntgensugarakat nagy előszeretettel hasonlították az akkor nemrégiben felfedezett radioaktív sugarakhoz.

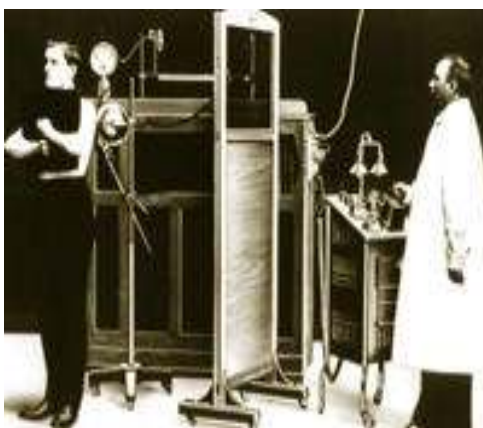
Azt, hogy valóban sugárzásról van szó, azt a német Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914) és az angol William Crookes (1832-1919) kísérletei tették teljesen bizonyossá nem sokkal később. [1.]

Az X-sugárzás fontos tulajdonsága hullámtermészete. Ezt korábban több tudós is felvetette, de bizonyítania Max von Laue-nak (1879-1960) sikerült 1912-ben. Laue a hullámtermészet kimutatásához szükséges interferenciát úgy érte el, hogy a létező legkisebb rácsállandójú rácson, kristályrácson vezette keresztül a sugarakat. Kísérlete sikerrel zárult, így bebizonyosodott, hogy az X-sugár rövid hullámhossza miatt nem sikerültek a korábbi vizsgálatok. Pár év múlva az angol Sir Lawrence Bragg (1890-1971) Laue kutatásaiból kiindulva rájött arra, miként lehet a röntgensugárzással egy-egy atom szerkezetét kimutatni, ami az új sugárzás felhasználásának új területét nyitotta meg. [23.]

V. A röntgensugarak gyakorlati alkalmazásai

A röntgensugarak felfedezését követő években három alapvető gyakorlati alkalmazását ismerték a sugaraknak. Ezek, az akkori szóhasználattal a következők voltak: radioscopia, a radiografia és a radioterápia.

I. A radioscopia azokat a jelenségeket vizsgálja, amelyeknél a sugarak valamely testen áthaladva a fluoreszkáló, barium-platincianürrel bevont ernyőre esnek, s mivel a testek különbözőképpen nyelik el a sugarakat, az ernyőn megjelenik a test „árnyéka”. Ezeknek az ún. „elnyelésképeknek” a segítségével tudták átvilágítani a testet, s azok szerkezetét megvizsgálni. Ez volt az első olyan vizsgálati módszer, amellyel az emberi szervezet belsejét – annak műtéti felnyitása nélkül – tanulmányozni tudták, így megfizethetetlen és mára már nélkülözhetetlen segítséget nyújtott az orvostudománynak és az emberiségnek egyaránt. A „hőskorban” már megjelentek a röntgensugarak anyagszerkezetet vizsgáló alkalmazásai is. Röntgensugarakat használtak a drágakövek vagy az élelmiszerek hamisításának felismerésénél. Mivel az összes ásvány közül a gyémánt engedi át legjobban a röntgensugarakat, az „eredeti” gyémánt „árnyékképe” világosabb lett, mint a hamisítotté. Az élelmiszerek hamisításának megállapítása pedig azon alapszik, hogy a szerves vegyületek könnyebben átbocsátják ezeket a sugarakat, mint a szervetlenek. Emiatt a hamisított élelmiszerek „árnyékképe” sötétebb lesz.



12. ábra: Korabeli radioscopiás eljárások

II. Ebben az időben a röntgensugarakat minden belső szerv (pl.: szív, tüdő, gége, gyomor, has, vese... stb.) vizsgálatához egyaránt használták mindenféle megkötés nélkül, így hamar kiderültek a káros mellékhatások is. A korabeli leírások szerint annál a betegnél, akit hosszabb ideig röntgensugárzásnak tettek ki a köröm megrepedését, esetleg leszáradását, a bőrön égési sebeket, valamint a haj és szőrzet elvesztését tapasztalták. Felmerült az igény egy olyan eljárás kidolgozására, amelynél a beteg nincs olyan hosszú időre kitéve a sugárzásnak, de mégis hosszabb időn keresztül vizsgálható. Ez az eljárás a radiografia, ahol a röntgencső segítségével előállított képet fényérzékeny lemezen felfogták. Ennek igen nagy előnye, hogy a képet hosszabb ideig is tanulmányozhatták anélkül, hogy a beteget - és az orvost - hosszabb ideig sugárterhelésnek tették volna ki, és a leleteket összehasonlíthatták más leletekkel. Az egyre jobb röntgencsővek és tökéletesített előállítási eljárások segítségével egyre pontosabb képet lehetett létrehozni, így megszületett a mai orvostudományban is használatos röntgendiagnosztika. [1.][29.]



13. ábra: Korabeli radiografiás eljárás

III. Radioterápia nemcsak a röntgensugarak, hanem az ultraibolya, az elektromágneses sugárzások, és a radioaktív sugárzások kémiai, gyógyító hatásával foglalkozó eredmények, megfigyelések összefoglaló neve volt. Elsősorban bőrbetegségek gyógyításánál, szőrtelenítésnél használták. A belső bajok gyógyításánál nem sok eredményt értek el, a korabeli beszámolók egyedül a veszettség baktériumait említik, amelyeket sikeresen elpusztítottak röntgensugarakkal. A korabeli kísérletek leginkább a

baktériumok elpusztítását, a szövetek erősítését vagy a vér tisztítását tűzték ki célul, - ahogy említettem – rendszerint sikertelenül.

Mivel ekkor még a kezeléseket végző orvosok rendszeresen benyúltak a sugárzás útjába a felvételek készítése során, a sugárzás káros mellékhatásaként jelent meg az orvosok gyakori bőrgyulladás. A *"röntgenkéz"* néven ismert tünet együttesnek gyakran voltak súlyosabb következményei. A bőr alatti erek károsodása és a minduntalan kifelélyesedés miatt gyakran vált szükségessé az ujjak amputálása is. Gyakran alakult ki bőrrák is. Legalább 400 röntgenorvosról tudunk, akinek halála a sugárzás okozta bőrráknak tulajdonítható. Emlékükre a hamburgi Szent György Kórház parkjában egy emlékművet állítottak fel. Az emlékművön 18 magyar orvos neve is olvasható.



14. ábra: Korabeli radioterápiás

VI. A röntgensugarak felfedezésének fogadtatása Magyarországon

1895. december 28.-án jelent meg Röntgen első ismertetése az általa felfedezett sugárzásról. Rövid dolgozatát Európa vezető tudósainak is megküldte s újévi üdvözlétként csatolta hozzá néhány elkészült felvételének másolatát, s ezzel mindenhol óriási lelkesedést váltott ki. A prágai német egyetem fizikaprofesszora, E. Lecher, -aki 1890-ben egy drótpár mentén haladó hullámokkal ismételte meg Hertz kísérleteit- megmutatta Röntgen képeit apjának, a bécsi Neue Freie Presse szerkesztőjének, aki a lap január 5.-i, vasárnapi számában tudatta a felfedezést az olvasókkal, s így a bécsi újság világgá kürtölte a különös sugarakat. Akinek lehetősége volt rá, maga is megkísérelt saját röntgenképet készíteni. A sugárzás híre hamar végigsöpört az európai tudóstársadalmon.



15. ábra: 1896-os újságcikk Röntgen felfedezéséről

Kevesebb, mint egy hónappal Röntgen eredeti tanulmányának megjelenése után, már 1896. januárjában megjelent az első hazai tudósítás a röntgensugárzásról a Természettudományi Közlönyben. Ebben Wartha Vince, a Műegyetem tanára a bécsi Die Presse alapján közölte a felfedezés hírét. A cikk végén egy felvétel látható Eötvös Loránd akkori kultuszminiszter kezéről, ami igazi nagy szenzációnak számított. A röntgenképet az a Klupathy Jenő készítette, aki a politikussá lett Eötvöst helyettesítette a budapesti Kísérleti Fizika Tanszéken. Klupathy január 16.-án a Fizikai Intézet nagyelőadójában beszámolt Röntgen kísérleteiről. Előadását demonstrációval kísérte, s a már elkészült

fényképekkel illusztrálta. A hiteles szöveg később megjelent a Mathematikai és Physikai Lapokban.

"...Az első hír után hozzáálltam Röntgen kísérleteinek ismétléséhez. A szálkeresztes Crookes csövet úgy állítottam a kazettába zárt érzékeny lemez elé mintegy 10 cm távolságra, hogy az a katódsugarak irányára merőleges legyen... A kísérleteket később erősebb árammal és a célnak elég jól megfelelő Puluj lámpával ismételtem. Ez a lámpa a Crookes-csőhöz teljesen hasonló, csak hogy erősen fluoreszkáló festékkel bevont lemez van benne a katódsugarak útjába helyezve... A zárt kazettára helyezett pénzdarabok, olló, kulcs stb. éles világos képe jelent meg a fényképező lemezen előhíváskor... Hogy nagyobb hatást érjek el, később megkíséréltem az olajos transzformátor segítségével a kisüléseket feltranszformálni, mint a Tesla-kísérleteknél. Ily módon óriási mértékben növekszik a hatás, úgyhogy 3-4 perc alatt oly erős képeket kaptam, mint előbb 15-20 percnyi exponálás után... Kezemet a zárt kazettára helyezve felülről 10 cm távolságban Puluj-lámpával megvilágítottam. Az exponálás időtartama 3/4 óra..."

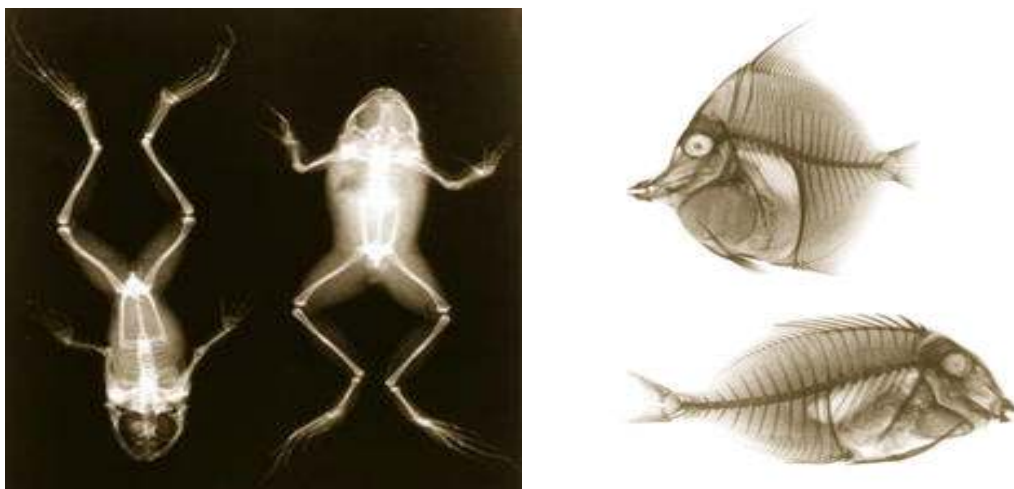


16. ábra: Eötvös Loránd kezéről készült felvétel

Más hazai tudósok is felfigyeltek a felfedezésre: Honor István a szegedi főreál fizika szertárában január 18.-án készített először felvételt. Egy hónap múlva pedig a városháza közgyűlési termében kápráztatta el a szegedieket. Egy átvilágított kézzől készült fénykép az iskola 1896. évi értesítőjében is megjelent.

Nem sokkal később Gothard Jenő, tudományoknak élő herényi földbirtokos csillagászati vizsgálatainál használt spektralfotográfiai csöveit alkalmazta sugarak előállítására.

Februárban már hazánkban is több helyen tartottak ismeretterjesztő előadásokat a röntgen-sugárzásról. Kolozsváron az egyetemen Abt Antal előadásához Pfeiffer Péter demonstrált, a katolikus főgimnáziumban pedig Lóky Béla tanár úr szombat délutánonként VII. és VIII. osztályos tanítványaival közösen készített röntgen-felvételeket (kulcsról, kézről, békáról, halról...).



17. ábra: Korabeli röntgenfelvételek

A röntgenezés orvosi felhasználása az első pillanattól fogva nyilvánvaló volt. Klupathy már első kísérleteinél Hőgyes Endrével működött együtt. Először csak hullákat röntgeneztek, azután már élő betegeket is. Különösen csonttörések kezelésénél alkalmazták sikeresen a röntgen-átvilágítást. Sok múlt azon, sikerül-e nagy méretű, intenzíven fluoreszkáló képernyőt előállítani. A leggyakrabban használt "*foszfor*" a barium-platino-cianür $\text{Pt}(\text{CN})_4\text{BaH}_4\text{H}_2\text{O}$ volt. Jól jött, hogy Pozsonyban a híres fizikatanár, Klatt Virgil fotolumineszcencia kísérleteihez kalcium-, stroncium- és bariumfoszforokat kísérletezett ki. A három "*pozsonyi foszfor*" keresett cikk lett az egész országban.

Klatt Virgil ingyen bocsátotta ezeket a pozsonyi katolikus gimnázium fizikusainak rendelkezésére, ahol a fő fizikatanár, Dohnányi Frigyes igen jó kísérletező hírében állt. Az Ő vezetésével az iskola fizika szertárában röntgenlaboratóriumot rendeztek be a pozsonyi kórház számára és az 1897/98-as tanévben elkészült laborban Dohnányi tíz éven keresztül

röntgenezte a betegeket. Az 1909-ben bekövetkezett halála után, Klatt Virgil fia, Klatt Román vette át tőle ezt a munkát.



**18. ábra: Klatt Virgil
(1850-1916)**



**19. ábra: Károly Ireneusz József
(1854-1929)**

Röntgen csodálatos felfedezésének talán legeredetibb hasznosítója Magyarországon a nagyváradai premontrei főgimnázium fizikatanára Károly Ireneusz József (1854-1929) volt. Károly József előbb piarista volt, majd 1875-től lett premontrei szerzetes, akkor vette fel az Ireneusz rendi nevet. 1880 óta tanított a nagyváradai premontrei gimnáziumban. Nagy hatással volt rá Röntgen felfedezésének híre. Először is gyűjtést rendezett a városban egy nagy röntgenberendezés megvásárlására. Miután több mint 1000 forint összegyűlt, saját költségén elindult Németországba, hogy személyesen válassza ki a megvásárlandó eszközöket. Járt Röntgennél Würzburgban, s a Leybold cégnél Kölnben. Számos kiállítást látogatott végig és bevásárolt. Nemcsak kisülési csöveket és fluoreszkáló ernyőket rendelt, de Chemnitzben Kohltól egy óriás szikrainduktort is, mely 50 cm-es távolságot is át tudott ütni normál nyomású levegőben. Amikor a tulajdonos megtudta, hogy a pénz gyűjtésből származik, s Károly elmondta, hogy milyen tervei vannak a felhasználásra, még engedményt is kapott. A nagyváradai röntgen-laboratórium 1896. december 12.-én kezdte meg működését. Mivel a berendezés 1580 forintba került, Károly a hiányzó összeg előteremtésére hét, kísérletekkel egybekötött, belépődíjas előadást tartott. Ezután megkezdődött a laboratórium működtetése. Az orvosok messze földről küldték hozzá a betegeket átvilágításra. A vizsgálat ingyenes volt, még az átvilágításról fényképeket is ingyen kapták a betegek. Ehhez, s a közben szükségessé váló fejlesztéshez szükséges anyagi fedezetet Károly további belépődíjas előadások tartásával szerezte meg. Előadásai

egyre népszerűbbek lettek Nagyváradon. Kolozsvárott az egyetemen, mint magántanár tartott előadásokat, a szükséges kísérleti eszközöket nagyváradi iskolai fizika szertárától kölcsönözte az előadáshoz. [27.]

A sugárzás híre után - bár sokan a röntgensugarakban társadalmi és nemzeti veszedelmet láttak - leginkább a lehetséges alkalmazások kiaknázására, illetve a már ismert alkalmazások tökéletesítésére terelődött a hangsúly. Ebben is élen járt egy magyar ember, Alexander Béla budapesti orvos, aki az addig csak elmosódott, határozatlan képeket tökéletesítette. Kutatásai arra irányultak, hogy ne csak a tárgyak síkbeli képét tudja rögzíteni, hanem a tárgyak térbeli elhelyezkedését, domborulatait (akkori szóhasználatnál a testek plaszticitását) is szeretne volna megállapítani. Ennek érdekében a tárgyak felszínére eső, és így másodlagos röntgensugarakat keltő sugarakat is figyelembe vette. A korabeli hírek szerint a sok-sok kísérlet meghozta eredményét és a röntgensugárral felvett képen sikerült rögzítenie a tárgy azon oldalának domborzati viszonyait, amely a fényérzékeny lemez felé nézett. A hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Gimnázium könyvtárában található napilapok is megemlítik a röntgensugarak felfedezését, majd az egyes fejleményeket a sugárzással kapcsolatosan. "Az újság" című napilap 1906. március 11.-i száma így tudósít a Budapesti Királyi Orvosegylet tudományos üléséről, ahol Alexander Béla ismertette felfedezését:

"Alexander dr.-nak sikerült emberi testrészekről oly felvételeket készíteni, a melyekhez képest az eddig ismert Röntgen-fényképek csak kezdetleges daguerrotypiák. Ezeken az újfajta felvételeken az a bámulatra méltó, hogy rajtuk a csontváz alkatrészei nem mint eddig egy síkban, hanem plasztikusan, majdnem kézzelfoghatólag, testi mivoltukban jelennek meg, ami a tájékozódást rendkívül megkönnyíti."

VII. A fizikaszertár rövid története

A hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium működésével kapcsolatos dokumentumok 1723-tól kezdve maradtak fenn folyamatosan, bár számos irat beszámol az iskola XVII. századi létéről is. 1845-ig iskolánk a debreceni kollégium partikulájaként működött, amikor elnyerte a nyilvánossági jogot.

A fizika nem volt önálló tantárgy, a XVIII. században még a nagyobb iskolákban is, mint a filozófia egy részét tanították. A magyarországi fizikaoktatás egyik úttörőjének a debreceni református kollégium tekinthető, de ott is csak 1798-ban lett független a filozófiától, és kezdett kísérleti tárggyá válni. Mivel a hódmezővásárhelyi iskola a debreceni iskola partikulájaként kezdte meg működését, tanterve is a debreceni iskola nyomdokain haladt, bár a vásárhelyi iskola tanulólétszámban, anyagiakban sokkal szegényebb volt. A partikula jellegéből az is következett, hogy a néhány évig itt tanító fiatal rektorok pedagógiai és tudományos munkája messze elmaradt az anyaiskola színvonalától, így Vásárhelyen a fizika még a szabadságharc előtti években sem szerepelt önálló tárgyként. [5.]

A szabadságharc leverése után a bécsi kormány 1850-ben Magyarországra is kiterjesztette az Ausztriában érvényes középiskolai tanulmányi rendet az ún. Entwurfot. Ennek politikai célja a magyar nemzeti érzés elfojtása volt, ezért szemben állt vele az egész ország, de ennek ellenére a szervezeti és módszertani előírásai: szakosított oktatás, az egységes és korszerűbb tanterv, az érettségi bevezetése, megfelelő tanári létszám, tankönyv és iskolaépület biztosítása a középfokú oktatásra jótékony hatású volt. Ennek következtében a vásárhelyi gimnázium a korábbi hétosztályos iskola helyett 1852-től négyosztályos gimnáziumként működött tovább. Az Entwurf pontosan megszabta az oktatás rendjét, határozottan előírta a tananyagot, óraszámot, tankönyveket, s megkívánta az oktatáshoz szükséges felszereléseket, eszközöket is. A tanterve korszerűbb volt, a matematikának és a természettudományoknak nagyobb teret biztosított. Önálló tantárgy lett a fizika is, a negyedik osztályban kellett tanítani heti három órában, majd egy évtized múlva már a harmadik osztályosok is tanulhatták a tantárgyat. 1860 körül a politikai elnyomás enyhülése következtében a református iskolák belső élete mozgalmas lett, ez évtizednyi elnyomás után új erőre kaptak, fejlődésnek indultak. Hódmezővásárhelyen az 1859-60-as tanévben megnyílt az ötödik osztály és évenként bővülve az 1862-63-as tanévben ismét nyolcosztályos lett a gimnázium. A tanári állások száma kilencre, a tanulók

létszáma az eddiginek kétszeresére növekedett, önképzőkör alakult, a tanítás színvonala emelkedett. A nyolcosztályos gimnáziumban a debreceni tanterv szerint a III., IV. és VIII. osztályban volt fizikatanítás és az iskolavezetés 1862 nyarán a felsőbb osztályok számára matematika - fizikai tanszéket hozott létre. [3.]

Mivel az előírt tankönyv kísérletekre hivatkozva közölte az ismereteket, különösen fontossá vált egy, a tananyaghoz illeszkedő fizikaszertár megalapítása. A szertár kialakítása az 1850-es években kezdődött el, s 1862-ben Garzó Imre matematika-fizika tanárrá való kinevezésével kapott igazi lendületet. Az eszközök beszerzéséhez kecskeméti diákéveiből merített ötletet: a költségek előteremtéséhez nyereménysorsjátékot szervezett. Az akció anyagilag és erkölcsileg is sikeresnek bizonyult, mivel a megye lakossága értesült a szertár megalapításáról, látta a komoly, bizalmat ébresztő munkát, és az iskola segítségére sietett. A nyereményjátékból az egyéb magánadományokkal együtt 1800 forint gyűlt össze. Ez igen nagy pénz volt abban az időben, különösen, ha tudjuk, hogy egy tanár éves fizetése ekkor kb. 700 forint volt. A szertár legrégibb eszközei ennek eredményeképpen 1863-ban kerültek beszerzésre, s jórészt ma is megvannak, működnek. Talán érdemes a legfontosabbakat megemlíteni: az erők összetevésére, függetlenségének szemléltetésére, a lejtő erőviszonyainak mérésére szolgáló eszközök; másodpercinga; hangvillák; Cagniard de la Tour-sziréna; Winter-féle elektromos gép; hőelem; mágnesrudak; az áram mágneses hatását kimutató eszközök; vízbontó; galvánelemek. A kiegyezésig került beszerzésre a csillagászati távcső, a napmikroszkóp és a polarizációs készülék, továbbá néhány barométer, mérleg és mérlegminta, csiga, csigasor, Crookes-cső, valamint sok hőtani és optikai eszköz. 1863-ban a város is jelentős eszközzel gyarapította a kialakuló szertárat: egy légszivattyút ajándékozott a gimnáziumnak. Tartólemezébe vésve ma is olvasható: *"H. M. Vásárhely városa ajándéka 1863"* [2.]. 1892-ben egyenáramú generátort vásároltak, hét évvel megelőzve a városi villanytelep létrehozását.

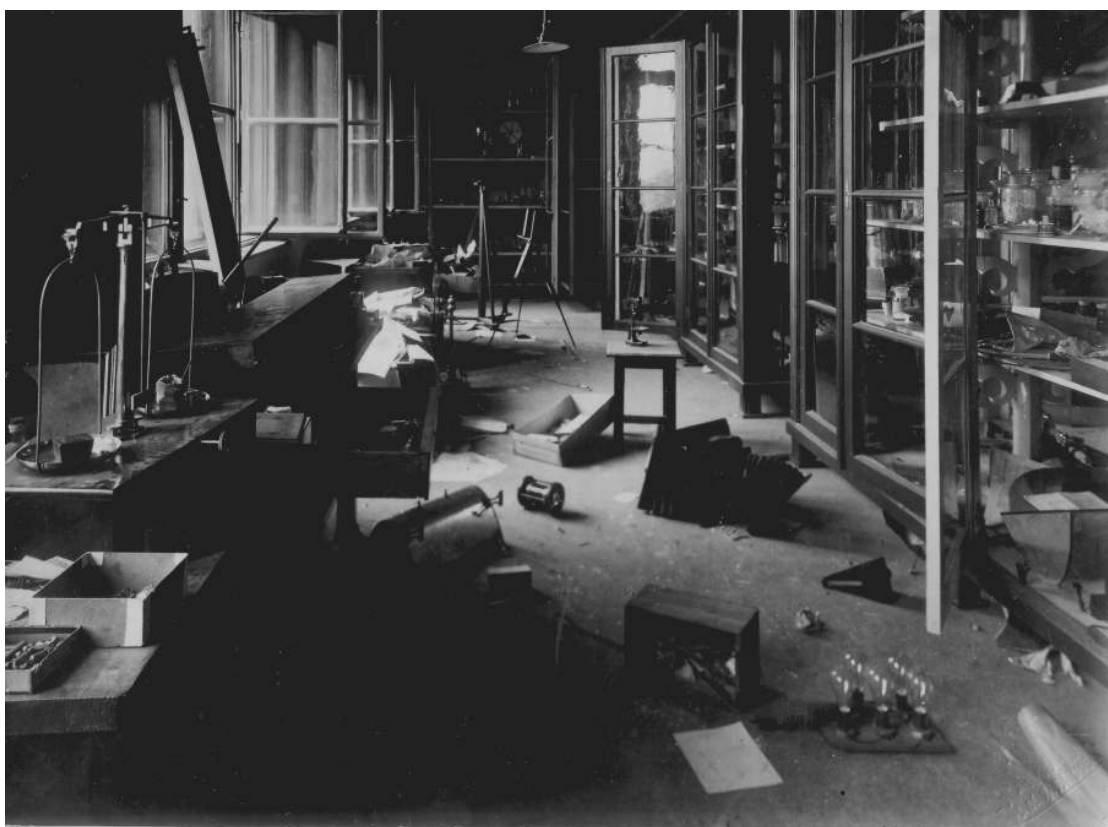
1896-ban az iskola új épületet kapott, ahol ma is működik. Az új épületben előadóterem, szertár és előkészítő szoba szolgálta a fizikaoktatást, összesen kb. 200 m² alapterületen. (Ezen helyiségek azóta is a fizikatanárok rendelkezésére állnak, kiegészülve az 1967-ben elektromos mérések céljára kialakított második előadóteremmel.)

Az első világháborút közvetlenül megelőző évek beszerzései a következők: ingaóra-minta, ütközési gép, Eötvös-féle piezométer, Coulomb-féle torziós mérleg, gőzgépmodell

(1897), spektroszkóp (1888), orgonaasztal 12 síppal (1899), Geissler- és Crookes-csövek (1900), Melloni-készülék a hősugárzáshoz (1901), csillagászati diapozitívok (1903),

Kundt-cső, fényképezőgép (1904), nagy szikrainduktor (1905), Calderoni-féle vetítő, Tesla- és Hertz-féle berendezések (1907), precíz amper- és voltmérő (1909), Hartl-féle optikai korong, demonstrációs galvanométer (1912), kézi fényképezőgép (1913), ellenállásszekrény (1914) és nagyon sok kisebb eszköz.

Az első világháború után, 1919-ben a Tanácsköztársaság elleni harcok közben a városba bevonuló román csapatok az iskolában mint mindent, így a fizika szertárat is tönkretették (146 eszköz pusztult el).



20. ábra: A fizikaszertárról készült első fénykép a bevonuló román csapatok pusztítását örökítette meg (1919.)

Az ezt követő beszerzések talán már nem történelmi érdekességűek, mégis érdemes ezek közül megemlíteni a Galilei-féle lejtőt 1930-ból, illetve a '30-as évek végéről származó a Waltenhofen-ingát, a szélcsatornát, és a hődrótos amper- és voltmérőt. Ezen beszerzések ellenére a két világháború közötti években nem volt biztosított gimnázium fizika szertárának korszerű fejlődése, a szertár elmaradt a tanterv követelményeitől, a tananyag egy részét nem lehetett kísérletekkel szemléletessé tenni. 1944 májusában az iskola épületét német csapatok szállták meg, ahol katonai kórházat működtettek. A háború végén néhány évig a háború okozta rongálódások helyrehozása folyt, és jelentősebb

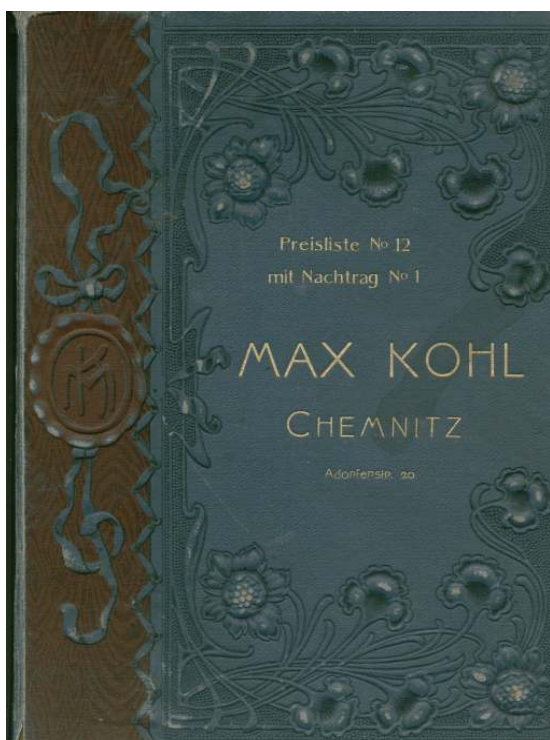
beszerzésre nem volt mód. Az államosítás után a korszerűbb tananyag, a természettudományok fokozottabb oktatása a szertárak fejlődését is megkívánta. 1951-től nyílt lehetőség jelentősebb beruházásokra: demonstrációs voltmérők és ampermérők, univerzális árammérő-műszerek, rádiópad, BOMEKO, katódsugár oszcilloszkóp Van de Graaf szalaggenerátor, szétszedhető transzformátor és sok más kisebb eszköz került beszerzésre. [4.]

A muzeális szemléltető eszközök kb. hatvan darabos kollekciója 1974 óta külön szekrényben van elhelyezve. Restaurálásukat az iskola fizikatanárai végzik folyamatosan.

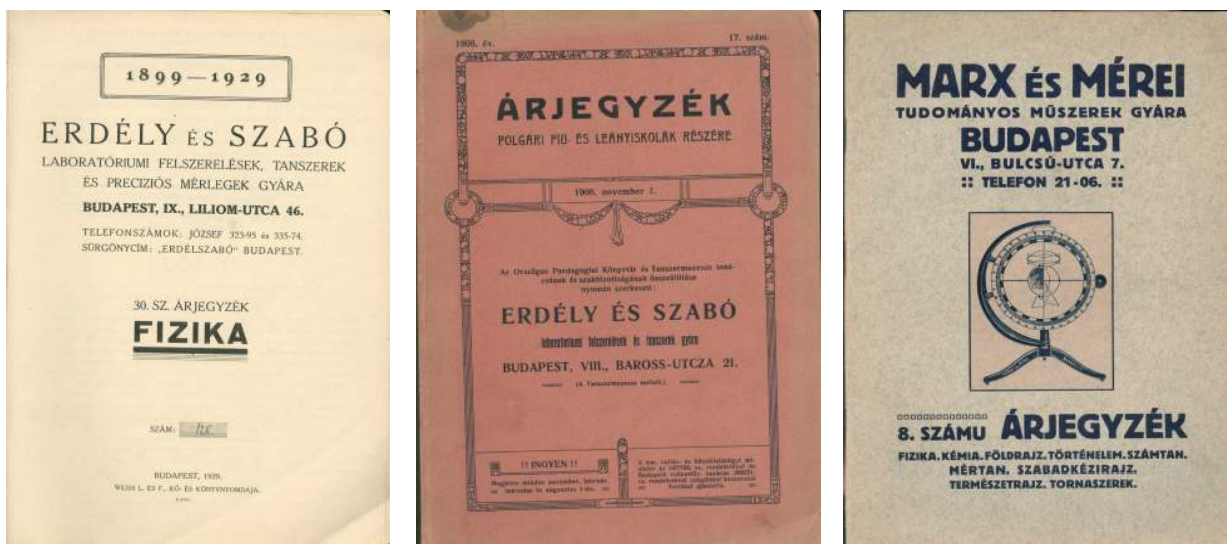
Sajnos, jelenlegi szertárfejlesztés - elsősorban anyagi okok miatt - javarészt a régi eszközök rekonstrukciójában merül ki, de így is sikerült az elmúlt években beszerezni egy modern forgószámolyt, egy nukleáris indikátort, egy Geiger-Müller csövet megfelelő digitális számlálóval, amellyel a modern fizika oktatása vált szemléltethetőbbé.

VIII. A szertár témához csatlakozó eszközeinek leírása és működése

A jelenségkör kísérletekkel való bemutatásához a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium szertár igen gazdag eszköztárral rendelkezik. A szertár történetét leíró fejezetben már említettem, hogy fizikatanár elődeink igen korán beszerezték azokat az eszközöket, amelyekkel a ritkított gázokban való áramvezetést vagy a röntgensugarakat be tudták mutatni a tanuló ifjúságnak. Ebben a fejezetben ezeket az eszközöket szeretném rendszerezni, leírni működésüket. A leíráshoz minden esetben mellékelek egy-egy korabeli katalógusból származó rajzot [16.] [17.] [18.] [19.], illetve egy digitális fényképezőgéppel készített képet, amelyek az eszközök működését érthetőbbé teszik.



21. ábra: Max Kohl tanszerkatalógusa 1901.



22. ábra: Korabeli tanszerkatalógusok

A korabeli eszközök tárgyalását két olyan alapvető eszköz leírásával kezdem, amelyek segítségével lehetetlen lett volna a jelenségkör bemutatása. Ezek az eszközök pedig a kétköpűs légszivattyú és a szikrainduktor.

A kétköpűs légszivattyú (beszerzési év: 1863, Hódmezővásárhely város ajándéka) két üvegköpűvel, ún. Babinet-csappal és csappal elzárható barométerrel rendelkezik. A készülékhez tartozik egy 240 mm átmérőjű, csiszolt széllel és gombbal rendelkező üvegbúra, az ún. recipiens.

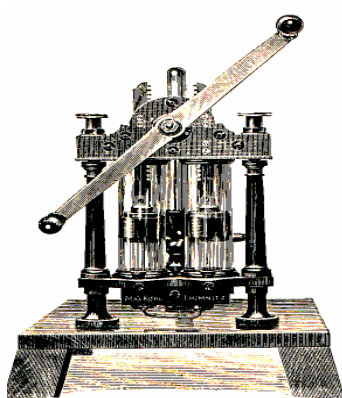


Fig. 866, No. 2164, $\frac{1}{2}$ nat. Gröfse.



23. ábra: Kétköpűs légszivattyú 1863.

A légszivattyúk - ahogy a nevük is mutatja - a levegő, vagy más gázok nyomásának a csökkentésére szolgáló berendezések, amelyeknek a szerepe a modern fizikában és technikában igen jelentős. A sok típus közül az egyik legrégebbi a Guericke által 1650

körül feltalált dugattyús vagy köpűs légszivattyú. Működését tekintve a henger (köpű) falához jól simuló dugattyú felhúzásakor a ritkítandó levegőt tartalmazó edény (recipiens) levegőjének egy része a henger alján felfelé nyíló szelepen át a hengerbe jut, s a dugattyú letolásakor pedig a henger levegője a dugattyú tetején levő szelepen át a szabadba távozik. A kétköpűs légszivattyúnál az egyik dugattyú letolásával egyidejűleg a másik dugattyút felhúzzuk, így a légritkítás gyorsabban elvégezhető. Az ezzel a berendezéssel maximálisan elérhető légritkítás (a vég- vagy határvákuum) kb. 1 torr. Ennek oka, hogy a dugattyú alsó helyzetében a dugattyú és a köpű feneke közti kis *"káros térben"* légköri nyomású levegő marad vissza, így a nagyobb légritkítás eléréshez bonyolultabb szerkezetű légszivattyúk szükségesek, ahol a káros teret valamilyen anyaggal, pl. a tömítésül is szolgáló olajjal töltik ki. [13.]

A szertár három szikrainduktorral rendelkezik. Ezek közül - a leltári könyvek elnevezése szerint - a *"nagy szikrainduktor"* 1905-ben került az iskolába, valamint a *"kis szikrainduktor"* (beszerzési év: 1910) hivatalos elnevezésük szerint Ruhmkorff-féle szikrainduktorok. A hálózati szikrainduktor (beszerzési év: 1959) is hasonló jellegű, de muzeális értékük miatt most csak az első két szikrainduktor működését szeretném ismertetni.

A régebbi, és nagyobb méretű Ruhmkorff-féle szikrainduktor Deprez-rendszerű mechanikus és külön Faraday-féle higanyos szaggatóval is el van látva. A korabeli tanszerkatalógusok szerint a szikrainduktor a Deprez-szaggató esetén 250 mm-es, míg a higanyos szaggató használata esetén 300 mm-es átütőképességgel bír. A szikrainduktor beépített kondenzátorral rendelkezik. Mivel a szikrainduktor egyenfeszültséggel működik, így a Ruhmkorff-féle áramfordítóval, vagy pólusváltóval az áram iránya megfordítható.

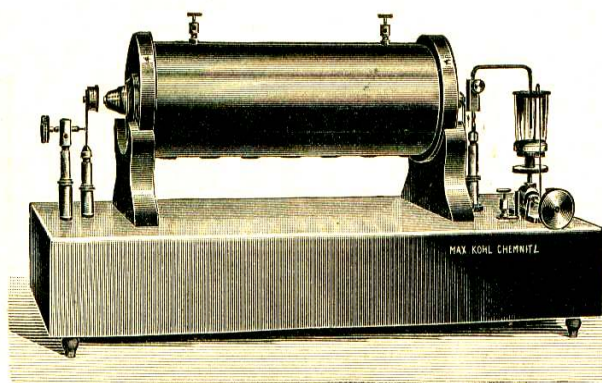


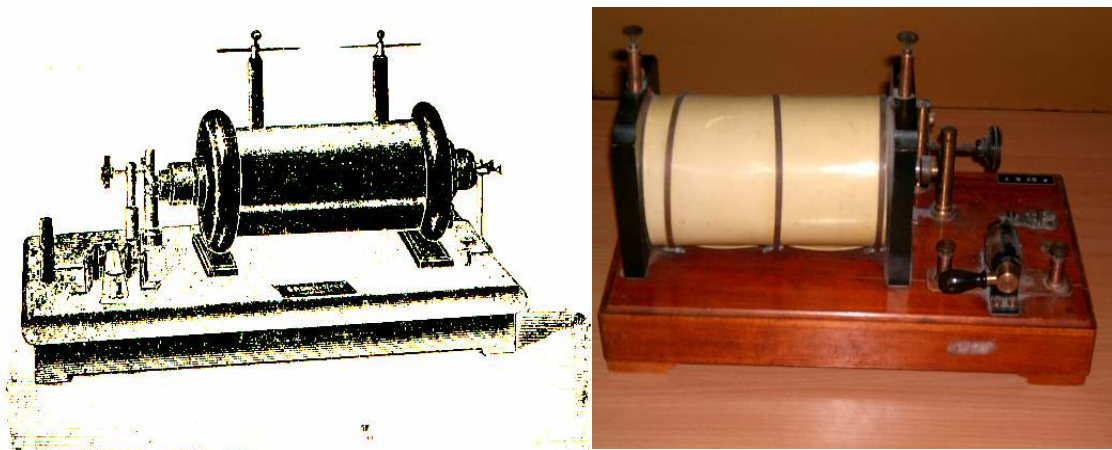
Fig. 6014, No. 12771, $\frac{1}{9}$ nat. Gröfse.

24. ábra: Nagy Ruhmkorff-féle szikrainduktor 1905.

A Ruhmkorff-féle szikrainduktor nevét a felfedezőjéről kapta (1850. Heinrich Daniel Ruhmkorff). Szerkezete és működése a transzformátoréhoz hasonló. A vasmagos, viszonylag kevés menetű primer tekercsbe vezetett áramot a villanycsengőnél megismert "*kalapácsos szaggató*", (amit régi nevén Deprez-rendszerű szaggatónak is neveznek) vagy higanyos szaggató periodikusan megszakítja, ezáltal a sokmenetű szekunder tekercsben nagy (de nem szinuszos) váltakozó feszültség indukálódik. Az induktor vasmagja nem zárt, hogy a zárt vasmaggal járó nagyobb induktivitás ne gátolja a primer áram megfelelően gyors változását, amelyet ennél az eszköznél kétféleképpen is megoldottak, s ezek közül a felhasználó szabadon választhat. A kalapácsos szaggató működése azon alapszik, hogy ha zárul az áramkör, akkor az elektromágnes magához húzza a rugalmas lemezre helyezett lágyvas korongot, ezáltal megszakítja az áramkört, így a rugalmas lemez visszarántja eredeti helyzetébe a fémlapot, így a primer körben újra megindul az áram, s így a jelenség újra megismétlődik. Ha a szikrainduktor jól van beállítva, akkor áramszaggatója működés közben jellegzetes zümmögő hangot ad. Ha az induktor a feszültség rákapcsolásakor nem indul be, akkor szaggató csavarjának finom hangolásával hozható működésbe a kalapácsos szaggató. A Faraday-féle higanyos megszakító is hasonlóan működik, de itt a megszakítás egy, a kalapácson elhelyezett fémes érintkező és a higany között történik. A szikrainduktor fontos tartozéka a Fizeau-féle kondenzátor, amelyet a megszakító csúccsal párhuzamosan kapcsoltak. Ennek szerepe, hogy a szikrázást megakadályozza, ezáltal az áram megszakításakor az áram gyorsabban zérussá lesz, emiatt nagyobb feszültség keletkezik a szekunder tekercs végei között. [13.]

A későbbi, és kisebb méretű **Ruhmkorff-féle szikrainduktor** nem csak méretében különbözik nagyobb elődjétől. Erről a szikrainduktorról - talán éppen a higany használatának elkerülése miatt - már hiányzik a higanyos szaggató, így a felhasználó csak a Deprez-rendszerű mechanikus, kalapácsos szaggatóval tudja a primer áram megfelelően gyors változását biztosítani. Ezen az eszközön is található a szaggató finom hangolását lehetővé tevő csavar, és található olyan pólusváltó, amellyel a pozitív és negatív pólus könnyen és biztonságosan felcserélhető.

Tehát szikrainduktorok segítségével a néhány voltos akkumulátorfeszültségből előállított szekunder feszültség szaggatott egyenfeszültségnek tekinthető és akár elérheti a több tízezer voltos értéket is. Emiatt kitűnően alkalmazhatók az egyenfeszültséget igénylő kisülési csövek vagy röntgen csövek táplálására.



25. ábra: Kis Ruhmkorff-féle szikrainduktor 1910.

A gázok közönséges körülmények között jó szigetelők, mert semleges molekulákból állnak és töltéshordozókat - elvileg – nem tartalmaznak. Így az alapján, hogy milyen módon kerülnek a töltéshordozók a gázba, a gázokban történő áramvezetésnek két fő típusát szokták megkülönböztetni. Ha a töltéshordozók kívülről jutnak a gázba, vagy általában a vezetéstől független külső hatásra (pl. melegítés, radioaktív sugárzás) keletkeznek, akkor nem önálló vezetésről beszélünk. Ha az áramot közvetítő töltéshordozók javarészt maga a vezetési mechanizmus hozza létre, akkor önálló vezetésről beszélünk. Mivel történetileg az utóbbi típusú jelenségekört figyelték meg először, így ebben a dolgozatban elsősorban ezekkel a jelenségekkel szeretnék foglalkozni. Ezeknél a jelenségeknél a gáz nyomásának lényeges szerepe van, így a gázkisüléseket különböző nyomású ritkított gázokban vizsgáljuk. A különböző nyomású csövekben létrejövő fényjelenségek bemutatását, a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium fizikaszertárában levő muzeális értékű eszközökkel, csövekkel szeretném megtenni.

A szertárban található legrégebbi eszköz, amely a jelenségkör bemutatására használható, az iskola első légszivattyújának „mellékleteként” került az iskolába. Ez az eszköz a légszivattyúra helyezhető gömb elektromos kisülések kimutatására (beszerzési év: 1863). Ez egy sárgaréz talpon elhelyezett, kb. 20 cm átmérőjű gömb, amelyben egymással szemben két fém elektróda található, amelyre az adott feszültséget lehet rákapcsolni. Miközben az elektródákra rákapcsoljuk az elegendően nagy feszültséget (pl. szikrainduktor segítségével), a talpazat alján levő, csappal elzárható nyílást a légszivattyúhoz kötjük, így légritkítást tudunk a gömb belsejében létrehozni. Légköri

nyomáson fényjelenséget nem tapasztalunk. Ennek az az oka, hogy a levegő normál körülmények között jó szigetelő és a két elektróda kb. 18 cm távolságra van egymástól. A Bethlen szertárában levő légszivattyúval kb. 40 Hgmm nyomású légritkítást lehet létrehozni. Ezen a nyomáson megindul az áram, s így a két elektróda között vékony, szikrához hasonló - a levegőre jellemzően kékes színű - „fényfonál” jelenik meg. Nagyobb légritkítást – sajnos – iskolai körülmények között nem tudunk előállítani, de az eszköz így is kiválóan alkalmas a csökkentett nyomású gázokban lezajló önműködő vezeték bemutatására.



26. ábra: Légszivattyúra helyezhető gömb elektromos kisülések kimutatására 1863.

A másik, szintén légszivattyúra kapcsolható eszköz az az **üvegbúra alatt levő két szénrúd** (beszerzési év: 1902), amellyel a korai időkben sikerült megmutatni az ívkisülést ritkított levegőben. Az eszköz egy 240 mm átmérőjű, csiszolt széllel és gombbal rendelkező üvegbúrából (recipiens) áll, amelybe két oldalról, egymással szemben benyúlik egy-egy szigetelő nyélen, egy-egy üreges fémcső, amelyek távolságát a szigetelő nyél segítségével szabadon változtathatjuk. A fémcsövekbe adott átmérőjűre faragott, kihegyezett grafit rudakat lehet helyezni, amelyekre a fémérintkezőkön keresztül feszültséget kapcsolhatunk. Ha a grafit rudakra legalább 40-50 voltos feszültséget kapcsolunk és a szabad végüket összeérintjük, majd kissé széthúzzuk, akkor a rudak között nagy fényerősségű ívkisülés vagy ívfény keletkezik. Ekkor mintegy 2-20 amper az áramerősség. Közös levegőben ez a nagy áramerősség a rudak összeérintésekor a nagy átmeneti ellenállású érintkezési helyen a rudakat izzásba hozza. A szétválasztás után

az áram nem szakad meg, mert az izzókatódról kilépő elektronoknak a gázmolekulákkal való ütközése révén és a nagy hőmérsékleten jelentős hőmérsékleti ionizáció miatt újabb elektronok és pozitív ionok keletkeznek, amelyek az anódba, illetve a katódba ütköznek, s így az elektródokat továbbra is izzásban tartják. Ha a búra alól kiszívjuk a levegőt (vagy legalábbis ritkítjuk), akkor éppen az ütközési és a hőmérsékleti ionizáció feltételét szüntetjük meg, így az adott szénrúd távolság és feszültség mellett az ív fényjelensége megszűnik.

Ha szikrainduktor segítségével sok ezer voltos, szaggatott egyenfeszültséget kapcsolunk a két grafit rúdra, akkor ugyanezzel az eszközzel bemutatható a gázok önálló vezetése is ritkított gázokban. Ha ekkor adott rúdtávolság esetén kiszívjuk légszivattyú segítségével a búra alól a levegőt, akkor a korábban említett *"fényfonál"* megjelenését figyelhetjük meg.

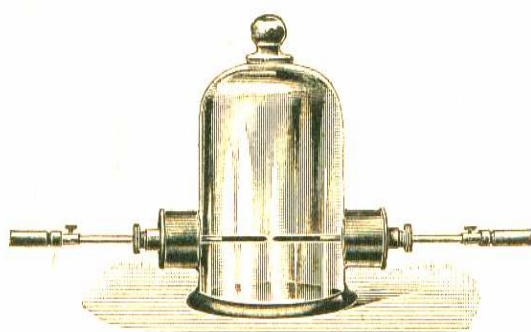


Fig. 5332, No. 11197, $\frac{1}{9}$ nat. Gröfse.



27. ábra: Üvegbúra alatt levő két szénrúd 1920.

A különböző ritkításnál fellépő jelenségek bemutatásához leginkább használatos kisülési csősorozat vagy **Cross-féle vákuum-skála** (beszerzési év: 1908.) hat darab, egyenként 40 cm hosszú csővel van ellátva. A csövek fa állványra vannak szerelve, s fogantyús kapcsolóval vannak ellátva, amellyel a csöveknek az egymás után történő bekapcsolását lehet megoldani. A csövek végeibe beforrasztott elektródokra szikrainduktoron keresztül több ezer voltos feszültséget kapcsolunk.

- Az első csőben 40 Hgmm nyomású levegő van. Általában ezen a nyomáson indul meg az áram, s így a két elektróda között vékony, szikrához hasonló *"fényfonál"* jelenik meg.

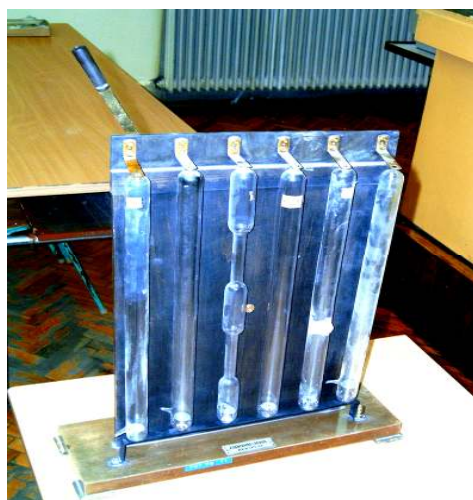
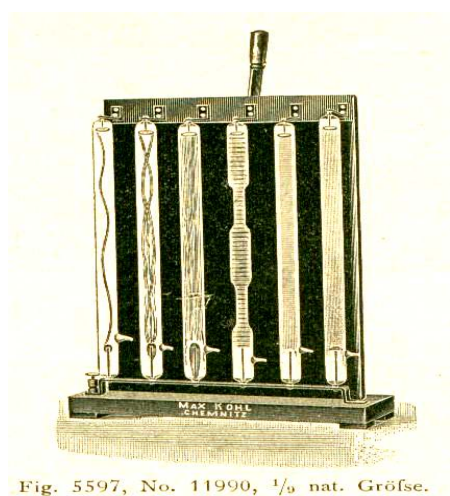
- A második számú csőben 10 Hgmm nyomás van, amelynél a „fényszál” kiszélesedik, és ún. fénynyaláb jön létre.

- A harmadik számú csőben 6 Hgmm nyomáson megjelenő fényjelenséget Geissler fénynek nevezzük. Az elnevezést onnan kapta, hogy általában ilyen, vagy még ennél egy kicsit kisebb nyomás található a később tárgyalandó Geissler-csövek belsejében.

- A negyedik számú csőben 3 Hgmm a ritkítás. Ebben a csőben figyelhetjük meg a leglátványosabb jelenségeket, mivel ezen a nyomáson a cső egész keresztmetszetén, hosszirányban élesen elkülönülő világosabb és sötétebb rétegek különböztetők meg. Az ebben az esetben fellépő ködfénykisülés (vagy glimmkisülés) rétegei a katódtól indulva a következők: a katódot borító vékony hártya a katódfény (vagy katódréteg); az ehhez csatlakozó rész a sötét katódtér (vagy Hittorf-féle illetve Crookes-féle sötét tér); a katód felől élesen elhatárolt és az anód felé elmosódó negatív ködfény; ezt követi a Faraday-féle sötét tér; a cső legnagyobb részét kitöltő pozitív oszlop vagy más néven plazma; a sötét anódtér; s végül az anódot beborító anódfény (vagy anódréteg).

- Az ötödik csőben 0,14 Hgmm a ritkítás. Ebben az esetben az anódhoz csatlakozó fényoszlop egyre inkább összehúzódik, a katód oldalán pedig egyre inkább előre nyomul az anód felé. Ez az ún. Tesla-fény.

- A hatodik csőben már igen nagy légritkítás, mintegy 0,03 Hgmm nyomás van. Ekkor már a gázban fényjelenség alig, vagy egyáltalán nem tapasztalható. Ezt a nyomást Crookes-vákuumnak is nevezik, mivel a később tárgyalandó William Crookes által gyártott Crookes-csövekben is ekkora a nyomás. Közel ezen a nyomáson működnek a katódsugárcsövek, ahol az üvegcső zöld színben történő fluoreszkálását figyelhetjük meg illetve a röntgencsövek is. [13.]



27. ábra: Cross-féle vákuum skála

Igen nagy riktásnál ($p < 10^{-5}$ torr) a levegő gyakorlatilag szigetelőként viselkedik, mivel ekkora nyomáson nagyon kevés molekula van a gázban, így nagyon megnő a közepes szabad úthossz. Ekkor a molekulák gyakorlatilag egymással nem ütköznek össze és viszonylag kis számuk miatt röntgen- vagy radioaktív sugárzás hatására sem jön létre a gáztérben ionizáció. A fenti jelenséget az az elektród nélküli, fényezett fatalpon elhelyezett 15 cm átmérőjű, **Tesla-vákuum-gömb** (beszerzési év: 1905) mutatja, amely a szikrainduktor elektródjai közé téve - az erős mező ellenére - a gömbben levő nagy vákuum miatt semmilyen vezetést sem mutat.



28. ábra: Elektród nélküli Tesla-vákuum-gömb

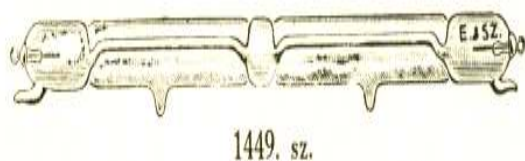
A ködfénykisülés úgy jön létre, hogy a gázokban - főleg a radioaktív és kozmikus háttérsugárzás miatt – eleve jelen levő töltéshordozók bizonyos feszültség hatására a gázmolekulákba való ütközéssel újabb töltéshordozókat keltenek. Az így létrejövő ütközési ionizáció rohamosan növeli a gázban levő töltéshordozók számát. Az eközben észlelhető fényjelenség úgy jön létre, hogy az ütközések miatt a gázmolekulák gerjesztett állapotba kerülnek, s úgy lépnek vissza kevésbé gerjesztett állapotba, hogy közben fotonokat bocsátanak ki. A ködfénykisülés gyakorlati alkalmazásai közé tartoznak a nagyságrendileg 1-6 Hgmm nyomású gázt tartalmazó Geissler-csövek, amelyeknél a pozitív oszlop fényét fényforrásként is használják. Mivel a fényjelenségek színei különböző gázok esetében eltérnek, így adódik az egyik legelterjedtebb gyakorlati alkalmazásuk: a Geissler-csöveket reklámvilágításra használják (pl.: a neonnal töltött cső vörös; a héliummal töltött cső sárga; a higanygőzzel töltött cső pedig kék színű). A Bethlen Gimnázium szertárában több

Geissler-cső is található, amelyek – a leltári könyvek szerint - pár évvel az első szikrainduktor beszerzése (1905) előtt kerültek az iskolába, így valószínű, hogy „beüzemelésük” „csak” 1905 után történhetett meg. A csövekbe forrasztott két elektródára több ezer voltos feszültséget kapcsolva látványos jelenségeket figyelhetünk meg. Talán a legimpozánsabb látványt az a **fényezett fa talapzaton elhelyezett, színezett üvegből készült, spirális alakú Geissler-cső** (beszerzési év: 1900) adja, amely a mai napig szép színekben tündököl. [25.] [26.][28.]



29. ábra: Színezett üvegből készült, spirális alakú Geissler-cső 1900.

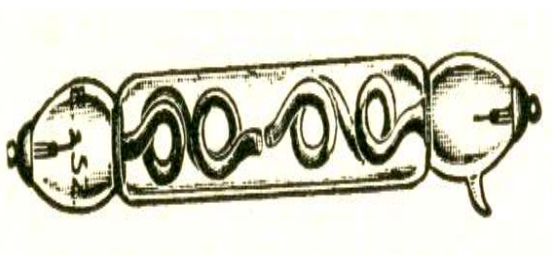
A korabeli tanszerkatalógusok szerint a Geissler-csövekből igen változatos formákat tudtak kialakítani és szinte csak emberi képzelet szabott határt az ügyes üvegtechnikusok által létrehozott formáknak. A 19. század végén már nem csak tisztán gázokat tartalmazó csövek készültek, hanem az adott vákuummal ellátott csövekbe gyakran helyeztek el olyan különböző anyagokat, amelyek a gerjesztésre – legtöbbször több ezer voltos feszültség - fluoreszkálni kezdtek, vagy a gerjesztés megszűnte után foszforeszkáltak. Ezek lehetnek szilárd halmazállapotú anyagok (pl. por) vagy a Geissler-cső belsejében elhelyezett újabb - tetszőleges alakú - csövekben elhelyezett folyadékok is.



30. ábra: Geissler-cső foszforeszkáló porral töltve 1899.

A Bethlen szertárában található két ilyen cső működik, bár a csövek végein levő elektródák az idők során részben letöredeztek, így csak nagy nehézségek árán lehet a szikrainduktorról levett feszültséget rájuk kapcsolni. Az egyik **Geissler-cső foszforeszkáló porral** van **töltve** (beszerzési év: 1899). Hossza kb. 20 cm és állvány már nincs hozzá, de az is előfordulhat, hogy eredetileg sem tartozott a csőhöz. (30. ábra)

A másik **Geissler-cső fluoreszkáló folyadékkal** van **töltve** (beszerzési év: 1899). A cső hossza kb. 10 cm és hozzá illő kis fatalpon lehet beüzemelni. A belsejében elhelyezett cikk-cakk alakú másik csőben található a zöld színű folyadék, amely a feszültség hatására az elsötétített szobában szép zöld színben világít. [26.] [28.]

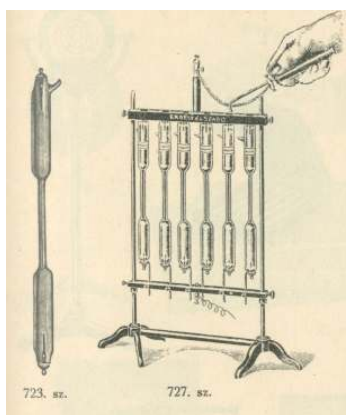


31. ábra: Geissler-cső fluoreszkáló folyadékkal töltve 1899.

A kisülési cső fényének egyik fontos tulajdonsága, hogy a spektruma az adott gázra jellemző. Emiatt a Geissler-csövek másik felhasználási területe a spektroszkópiai vizsgálatokkal kapcsolatos. Az ilyen Geissler-Plücker-féle spektrálcsőeknek a középső része kapilláris cső, ahol nagyobb a fénysűrűség. Ha az ilyen csöveknek a két elektródájára szikrainduktor segítségével több ezer voltos feszültséget kapcsolunk, akkor spektroszkóp segítségével tanulmányozhatóak a csőben levő anyag (pl.: nemesgázok) színeképvonalai, amelyek az adott anyag anyagi minőségére jellemzőek. Ezen az elven működik az a **12 darab csőből álló, különböző foszforeszkáló anyagokkal ellátott Geissler-Plücker-féle csőkészlet** (beszerzési év: 1912), amelynek, a gerjesztés megszűnte után a csőben levő gáz vagy por foszforeszkálását figyelhetjük meg. A korabeli tanszerkatalógusok mintegy 37 féle, különböző töltéssel bíró csövet árultak. A szertárban levő csövek tartalma - fennmaradó vásárlási iratok, számlák hiányában - ismeretlen. Ma már középiskolai körülmények között - eszközök hiányában - meghatározásuk igen nehéz. [18.] [28.]

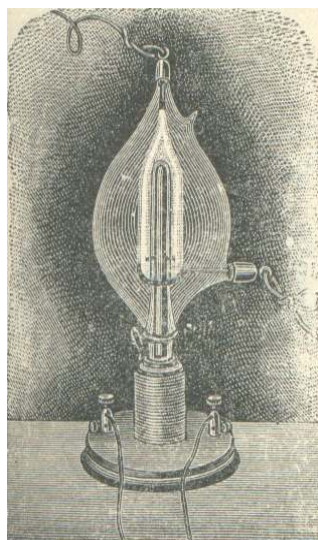


32. ábra: Geissler-Plücker féle spektrálcsővek 1912.



33. ábra: Geissler-Plücker féle spektrálcsővek beüzemelése

A csőben levő gáznymást tekintve a Geissler-csővek sorába tartozik, de mégis más jelenséget bemutató eszköz az ún. **De la Rive-cső** (beszerzési év: 1906), amely a szertár igen ritka kincsei közé tartozik. A cső kb. 20 cm magas, és a csőhöz tartozik egy elektromágnes, amelyből egy hosszú vasmag nyúlik bele a cső belsejébe. A két elektróda közül az egyik a cső tetején található, a másik egy hurok formájában körbeveszi az elektromágnes vasmagját. Ha az elektromágnessel változó mágneses mezőt hozunk létre (pl. szikrainduktor segítségével), és ezt a csőbe nyúló vasmag által a csőbe juttatjuk, akkor a változó mágneses fluxus által létrehozott örvényes elektromos mező a vasmag körül elhelyezett hurok körül, forgó elektromos kisüléseket eredményez. A korabeli tanszerkatalógusok szerint ezeket a csöveket áramfordítóval illetve anélkül is árulták. A szertárban található De la Rive-csőhöz nincs áramfordító. Ez az eszköz gyakorlatilag tekinthető egy nagyon korai kompakt fénycsőnek is. [20.] [24.]



34. ábra: De la Rive cső 1906.

A Geissler-csövekhez hasonló felépítésű, de sokkal kisebb nyomású gázt tartalmazó ún. Crookes-csövek egész gyűjteményével rendelkezik a Bethlen Gábor Református Gimnázium szertára. Mivel ezeknek a csöveknek az előállításához már fejlettebb vákuumtechnika kellett, így ezek csak néhány évvel a Geissler-csövek után jelentek meg, viszont a tapasztalható érdekes fényjelenségek miatt igen gyorsan elterjedtek. Az első Crookes-csöveget az iskola már a kiegyezés (!) előtt beszerezte. Sajnos ezek az eszközök már nincsenek meg, vélhetően törés, vagy a kellő légritkítás megszűnte után leselejtezésre kerültek. A szertár mai tulajdonában található Crookes-csövek beszerzése az 1900 és 1906 közötti időszakra – tehát az első szikrainduktor beszerzésének idejére – tehető, tehát a legfiatalabb is 100 éves! Javarészüket ma is működik, csak néhánynál szűnt meg a kellő vákuum, de természetesen ezeket a csöveket is őrizzük. Beüzemelésüknél ügyelni kell arra, hogy csak könnyű vezetékeket használjunk, hiszen a vastag, nehéz vezetékek, vagy az esetlegesen használt krokodilcsipesz könnyen tönkreteszhetik a csöveket, hiszen az elektródák amúgy is előregedett kapcsolai könnyen letöredezhetnek, és ez gyakorlatilag a Crookes-cső halálát jelentené. [15.]

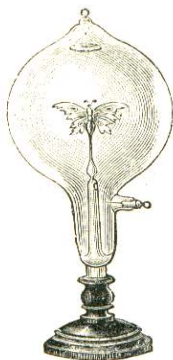
Ezen a nyomáson a cső belsejében gyakorlatilag nincsenek fényjelenségek, de az üvegcső fala különösen a katóddal szemközti rész zöld színben fluoreszkál. Ezt a fluoreszkálást a Plücker által 1859-ben felfedezett katódsugarak okozzák. Ha a katódsugarak útjába különböző testeket, anyagokat helyezünk, akkor kiválóan tanulmányozhatóak a katódsugarak tulajdonságai. E célból készültek az első Crookes-csövek, de később – éppen a katódsugarak bizonyos tulajdonságait kihasználva – csupán „csak” a gyönyörködtetés céljából is készítettek ilyen csöveket.

A Crookes-csőben a katódról kilépő katódsugarak útjába gyakran helyeztek különböző festékanyaggal bevont tárgyakat. Ezt a gyakorlatban általában úgy oldották meg, hogy az anód volt a festékekkel bevont tárgy. A festékanyagok részecskéit – anyagi minőségtől függően – gerjesztik a becsapódó katódsugarak. Amikor ezek a részecskék visszatérnek kevésbé gerjesztett állapotba, akkor az adott festékanyagra jellemző színű fényt bocsátanak ki. Ilyen módon mutatható ki a katódsugarak fluoreszkáló vagy foszforeszkáló hatása. A szertár két – ezen az elven működő - leglátványosabb darabja a **fényezett fatalpon elhelyezett, kb. 30 cm magas, öblös Crookes-cső, a belsejében különböző színekben lumineszkáló virágcsokorral** (beszerzési év: 1906).



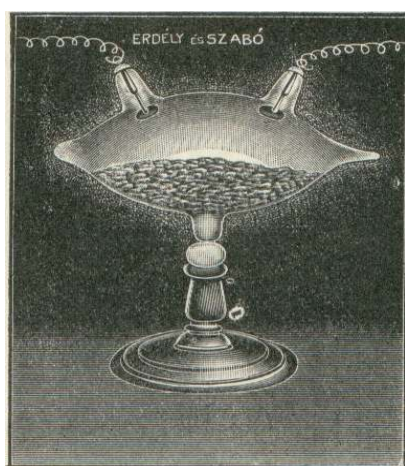
35. ábra: Öblös Crookes-cső lumineszkáló virágcsokorral 1906.

Hasonló paraméterekkel rendelkező **fényezett fatalpon elhelyezett, kb. 30 cm magas, öblös Crookes-cső, a belsejében különböző színekben lumineszkáló lepkével** (beszerzési év: 1906). [26.] [28.]

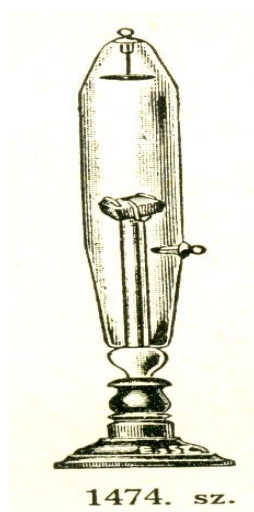


36. ábra: Öblös Crookes-cső lumineszkáló lepkével 1906.

A szertár további két darabja – valószínűleg a csőben levő vákuum megszűnése miatt – már nem működik, de muzeális jellegük, az oktatásban betöltött korábbi szerepük miatt fontosnak érzem őket is bemutatni. Az első egy kb. 8 cm átmérőjű, fényezett fatalpon elhelyezett, tojás alakú Crookes-cső, foszforeszkáló pectolith ásványdarabokkal (beszerzési év: 1900), a második egy kb. 30 cm magas, fényezett fatalpon elhelyezett, henger alakú Crookes-cső, foszforeszkáló ásvánnyal, csigával (beszerzési év: 1900), amelyekben az ásványokba becsapódó elektronok gerjesztik az ásványokra kent festékanyagok részecskéit, amelyek aztán energiájuktól megszabadulva foszforeszkáló hatást fejtenek ki. [26.] [28.]

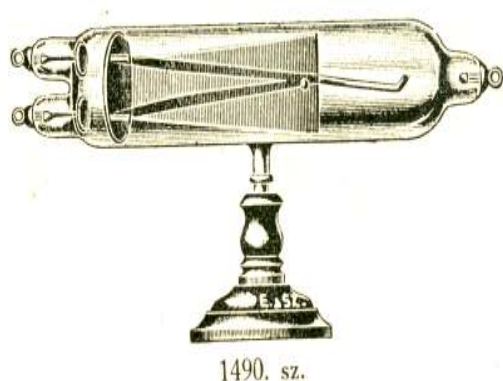


37. ábra: Tojás alakú Crookes-cső, foszforeszkáló pectolith ásványdarabokkal 1900.



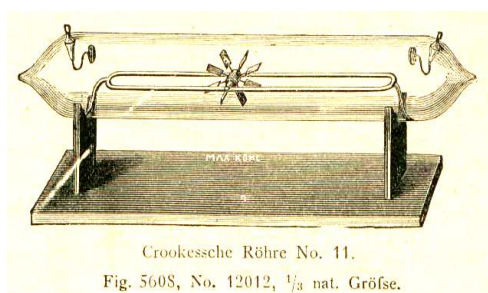
38. ábra: Henger alakú Crookes-cső, foszforeszkáló 1900.

A katódsugarak tulajdonságait a legsokoldalúbban bemutató eszköz az a kb. 25 cm hosszú, **kétréses Crookes-cső** (beszerzési év: 1906), amelynél – két katódja lévén – tetszés szerint egy, illetve két katódsugarat is indíthatunk a katódról. A katódsugarak elé ferdén odahelyezett, fluoreszkáló festékanyaggal bevont ernyő segítségével látványosan kimutatható az egy irányba haladó katódsugarak egymásra kifejtett taszítása. A katódsugarakra merőlegesen elhelyezett kondenzátorlemezek segítségével bemutatható, hogy a katódsugarak elektromos mezőben eltérülnek, illetve mágnesrúddal vagy eltérítő tekercsel bemutatható a katódsugarak mágneses mezőben való eltérülése. Ismert indukciójú mágneses mező segítségével az eszköz az elektron fajlagos töltésének a meghatározására is alkalmas. [7.] [28.]



39. ábra: Kétréses Crookes-cső 1906.

A katódsugarak mechanikai hatását azzal az eszközzel lehet könnyen bemutatni, amely egy kb. 15 cm hosszú, **faállványon elhelyezett, egyik oldalán csillámlemezzel ellátott, alkalmasan elhelyezett alumínium kerékkel felszerelt Crookes-cső** (beszerzési év: 1906). Alaphelyzetben a katódról kilépő elektronok éppen az alumínium kerék tengelyére csapódnak, így forgatónyomatékot nem tudnak kifejteni, ezáltal forgást sem tapasztalunk. Ha viszont alkalmasan választott mágneses mezővel eltérítjük eredeti mozgásirányuktól az elektronokat, akkor már ki tudnak fejteni forgatónyomatékot a kerékre, így a kerék forgásba jön. A forgást még látványosabbá teszi a keréken elhelyezett csillám lapocskák csillogása. Ha az eltérítő mágneses mező irányát az ellenkezőjére változtatjuk, akkor a forgás is ellenkező irányúra változik. A szertárban két, a mai napig működő ilyen eszköz is található. [26.] [28.]



40. ábra: Alumínium kerékkel felszerelt Crookes-cső

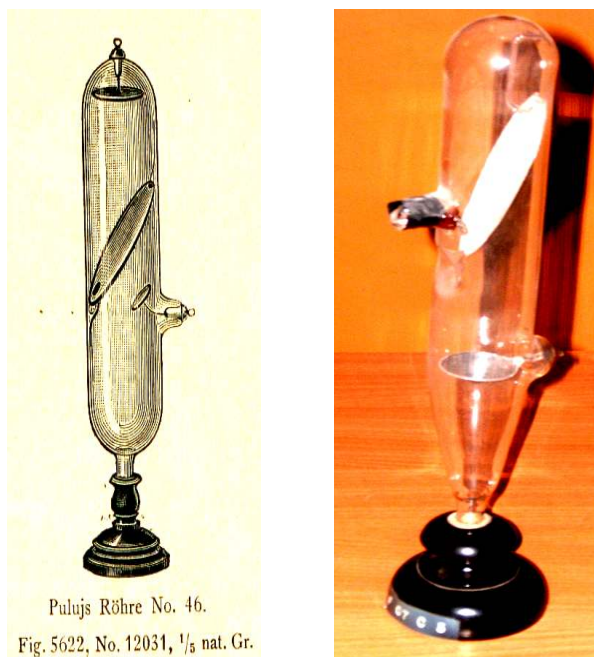
A fenti két eszköznél szükséges mágneses eltérítést gyakran nem mágnesrúddal vagy patkómágnessel oldották meg, hanem a taneszköz gyártó cégek által külön erre a célra a **Crookes-csövekhez gyártott ún. eltérítő tekercs** (beszerzési év: 1906) segítségével. A tekercs tengelyének megváltoztatásával tetszőleges irányú, a tekercs áramának megváltoztatásával pedig tetszőleges mértékű eltérítést tudtak produkálni.



41. ábra: Crookes-csövekhez gyártott ún. eltérítő tekercs 1906.

A Crookes-csövek közül is igazi ritkaságnak, muzeális darabnak számít az a fényezett fatalpon elhelyezett, kb. 30 cm magas, ún. **Crookes-Puluj-féle foszforeszkáló lámpa** (beszerzési év: 1905), amelynek leírását már csak korabeli tanszerkatalógusokban találjuk meg. A magas vákuummal ellátott csőben levő két elektród közül a kör alakú katód a cső alján, míg az anód a cső oldalán helyezkedik el. A katódról kilépő elektronok útjába egy 45°-os szögben megdőntött, foszforeszkáló festékanyaggal bevont síklapot helyeztek. Az elektronok becsapódása után hosszú percekig világít befestett lapocská. Az eltelt 100 év (!) alatt a nagy vákuum már megszűnt, így a beszivárgó levegő miatt -

véletlenül - pontosan akkora nyomás van a csőben, amekkora a rétegeképződéshez szükséges. Így a véletlennek köszönhetően a foszforencián túl, a rétegeképződés is kiválóan megfigyelhető a Crookes-Puluj-féle csőben. [18.]



42. ábra: Crookes-Puluj-féle foszforeszkáló lámpa 1905.

A légritkított csövek sorában végül - de nem utolsó sorban - a röntgensövekről szeretnék írni. Az ilyen csövekben a Crookes-csőeknél megszokott, vagy még nagyobb vákuumállítottak elő. A ezekben a csövekben a katód izzításával, az nagy mennyiségű elektront emittál, így körülötte elektronfelhő keletkezik. Az anód és a katód között potenciál különbséget hoznak (ipari berendezésekben 40-750 kV) létre úgy, hogy az anód legyen a pozitívabb. Ennek hatására a katód körül lévő negatív elektronok a pozitív anód irányába száguldanak. Minél nagyobb a potenciálkülönbség, annál nagyobb sebességre tesznek szert, azaz nagyobb a mozgási energiájuk. Ha az anódon egy wolfram lapkát (kb. 2x2 mm) helyeznek el, az elektronok ebbe csapódnak be, és a kinetikus energia egy része röntgensugárzássá alakul, ezért fékezési röntgensugárzásnak is nevezik. Az elektronok wolframba történő becsapódásakor mélyen a kristályszerkezetbe hatol, mindaddig, míg olyan közel nem kerül egy wolfram atomhoz, hogy mozgási energiájának egy részét át nem adja az elektrónhéjának, minek hatására elektronjai gerjesztett állapotba kerülnek. Ez azt

jelenti, hogy az elektronok külsőbb, magasabb energiaszintű elektronpályákra kerülnek. Ez az atom gerjesztett állapota, de ez instabil, a gerjesztés megszűnése után (elektron tovább halad), az elektronok igyekeznek az általuk elfoglalható legalacsonyabb energiaszintű pályát elfoglalni. A szintek közötti energiakülönbséget az atom kizárólag elektromágneses hullám formájában sugározza vissza.

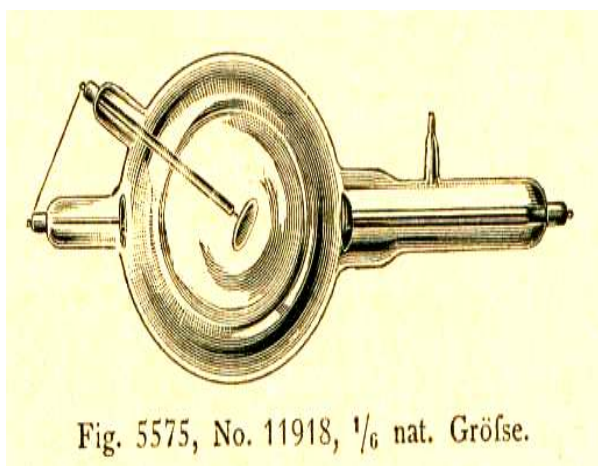
A keletkező sugárzás hullámhossza annál rövidebb (nagyobb az áthatoló képessége) minél nagyobb a gyorsító feszültség. A sugárzás intenzitását a csőben lévő elektronok mennyiségével, azaz a csőárammal lehet szabályozni. Ezt úgy valósítjuk meg, hogy a katódot wolfram izzószálból alakítjuk ki, és transzformátorról (pl. szikrainduktorról) változtatható feszültséggel izzítjuk.

W. C. Röntgen 1901-ben kapta meg a Nobel-díját és a Bethlen Gimnázium öt évvel később már beszerezte az első röntgencsőveket és a felvételek készítéséhez szükséges bárium platincianür lemezt.

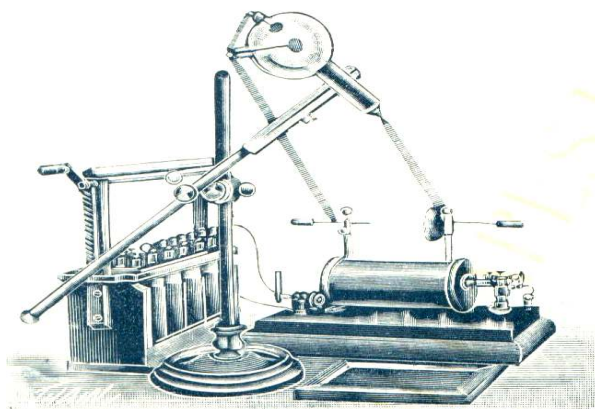
A korai röntgencsővek gáztöltésűek voltak. A kisnyomású gázra azért van szükség, hogy a katódból kilépő gyenge elektronnyaláb ütközéses ionizáció révén a gázból további elektronokat váltson ki, amik az antikatódba ütközve több fotont, így intenzívebb röntgensugárzást váltanak ki. Az ütközés révén azonban az elektronok energiája lecsökken, ezért kisebb energiájú foton, s így kisebb áthatolóképeségű, kevésbé "kemény" röntgensugárzás keletkezik. Idővel azonban az üveg és a fém abszorpciója miatt a gáz mennyisége csökken a csőben, ezért a sugárzás intenzitása is csökken, miközben nagyobb energiájú foton keletkeznek, így a sugárzás keménysége nő. Ezért a gázt idővel pótolni kell. A gáztöltésű csövek másik nagy hátránya az volt, hogy csak a sugárzás erősségét lehetett szabályozni, keménységét nem. Az izzókatódos röntgencsővek megjelenésével a gáztöltésű csövek teljesen eltűntek. Az izzókatódos csőben szinte tökéletes vákuum van, és mint neve is mutatja, az elektronokat egy izzított fémkatód szolgáltatja. Ezeknél a katód fűtőáramának váltogatásával a sugárzás erőssége, az anód - katód feszültséggel pedig a keménysége változatható. Az erősség és a keménység különválására csak a fotonhipotézis elfogadásával lehetett magyarázatot találni. A sugárzás erőssége a nyalábban lévő fotonok számával arányos, a keménysége pedig az egyes fotonok energiájával (frekvenciájával). A röntgensugárzás tehát a foton hipotézis egyik fontos támasza volt.

A szertárban található két darab, regenerálási-berendezés nélküli **egyszerű röntgenlámpa platina antikatóddal** (beszerzési év: 1906) van ellátva. A lámpák átmérője 100 mm, beüzemelésükhöz a korabeli tanszerkatalógusok szerint 10-20 cm átütőképességű platina vagy higanyos szaggatóval ellátott szikrainduktor szükséges. Ennél az egyszerű,

demonstrációs célokra készült röntgensőnél nincs szó izzított wolframspirálról, mint a komolyabb készülékeknél. Itt a szikrainduktor biztosítja a kívülről gömbsüveg alakú alumíniumlemezben végződő katód és az anód, illetve az anóddal vezetővel összekötött, 17°-os szögben megdöntött, platina antikatód közötti nagy feszültséget, melynek hatására elektronok lépnek ki a katódról. Az antikatódba csapódva lefékeződnek, és az antikatóddal szemben keletkezik a röntgensugárzás. A röntgenső és a bárium platincianür lemez közé helyezve az átvilágítandó tárgyat, az ernyőn megjeleni a tárgy ún. elnyelésképe. [6.] [29.]



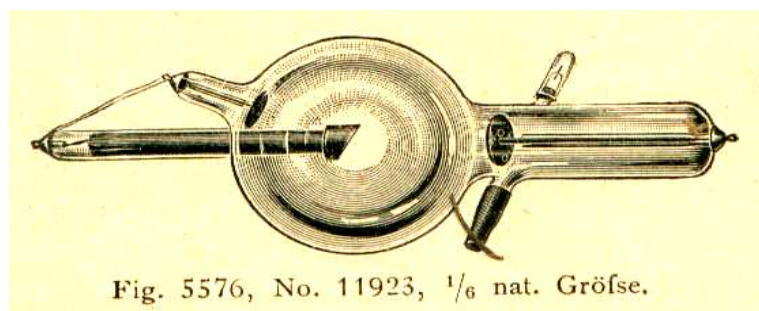
43. ábra: Egyszerű röntgenlámpa platina antikatóddal 1906.



44. ábra: A röntgenső bekötése

A szintén korán beszerzett - sajnos azóta eltörött üvegbúrával rendelkező - **osmo-regenerálással és erős platina antikatóddal ellátott röntgenlámpa** (beszerzési év: 1906) átmérője 120 mm, beüzemeléséhez szintén 10-20 cm átütőképességű platina vagy higanyos

szaggatóval ellátott szikrainduktort ajánlottak a korabeli tanszerkatalógusok. Az egyszerű röntgenlámpához képest ezen a csövön található egy olyan kis "nyúlvány" is, amelyen keresztül a csőben levő vákuumot szabályozni lehetett. Erre azért volt szükség, mivel a cső használata közben a cső ritkítása fokozódik és így az egyre nagyobb vákuumban már alig hatol át az áram, s végül a cső hasznavehetetlenné válik. A cső oldalán levő nyúlványban kis platinadrót található, amely rendes körülmények között sok gázt nyel el. Ha a drót külső végét lánggal melegíteni kezdjük, akkor a platina az elnyelt gázok egy részét a csőbe bocsátja, s így a cső keménységét megszünteti. Mivel a katódsugarak hatása alatt az antikatód jelentékenyen felmelegszik, így a hosszabb távú használat esetén a hűtésről folyamatosan gondoskodni kellett. Ezt ebben a csőben úgy oldották meg, hogy az antikatódot nagy felszínű fémhenger fém henger végére erősítették, így növelve a lehűlés sebességét. [6.]



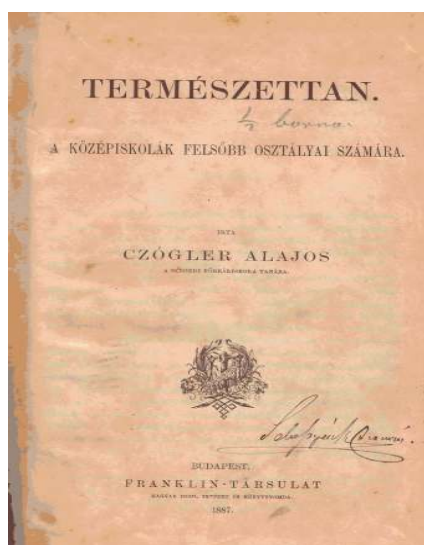
45. ábra: Osmo-regenerálással és erős platina antikatóddal ellátott röntgenlámpa 1906.

IX. A vizsgált jelenségkör megjelenése a közoktatásban használatos tankönyvekben

Bár a századfordulón a fizikatanítás legfontosabb eszköze a kísérletezés, s így a "tüнемények" bemutatása volt, már ebben az időben is jelentek meg magyar nyelvű tankönyvek, amelyek segítették a diákok felkészülését. A hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium könyvtárában kutatva 1945-ig tekintetem át, hogy a fellelhető fizika tankönyvek hogyan tárgyalták a témát, milyen mélységben, milyen szemléletben, valamint, hogy milyen részekre helyezték a hangsúlyt az egyes tankönyvek.

A könyvtárban fellelhető legelső fizika tankönyv 1887-ből származik. Ez a könyv *Czögler Alajos: Természettan a középiskolák felsőbb osztályai számára* című műve, amely nem csak régi nyelveze miatt érdekes és lenyűgöző olvasmány a fizikát szerető ember számára. Ekkor még a gázokban történő vezetés vizsgálata kimerült a légköri elektromosság vizsgálatában. A villámok "tüнемényeivel" külön fejezet foglalkozik. Méltatja Franklin munkásságát, bemutatja a villámok tulajdonságait, foglalkozik azok alakjával, a "mennydörgés"-sel, de megjelenik a gömbvillám és a száraz villám fogalma is. Felhívja a figyelmet a villámok veszélyességére és leírja a villámhárító működését.

Külön fejezet foglalkozik a szikrainduktorok különböző fajtáival és azok működésével. A Ruhmkorff-féle szikrainduktor tárgyalásánál leírja, hogy a szikrák átsapnak a levegőn keresztül a két elektróda között, ugyanakkor légritkított levegőben vagy gázokban a szikra megszűnik s "fénypamatok" keletkeznek. Kísérletképpen megjegyzi a Geissler-csőket, amelyekben a mutatkozó "pompás fénytüнемény" a ritkítás mértékétől, a csőben levő gázok anyagi minőségétől erősen függnék. [8.]



46. ábra: Czögler Alajos: Természettan 1887.

A XX. század elejéről több könyvet is őriz az iskola könyvtára, de ezek nem tankönyvek, hanem rendszerint a tanárok használatában levő *"kézikönyvek"*, amelyek java része német nyelvű. Az egyik legjelentősebb magyar nyelvű fordított könyv *Fredeick Soddy: A rádium* című 1912-es műve, amely bár a radioaktivitással foglalkozik, mégis több fejezetben megjelennek a katódsugarak valamint a Crookes-csőben lejátszódó jelenségek. [7.]

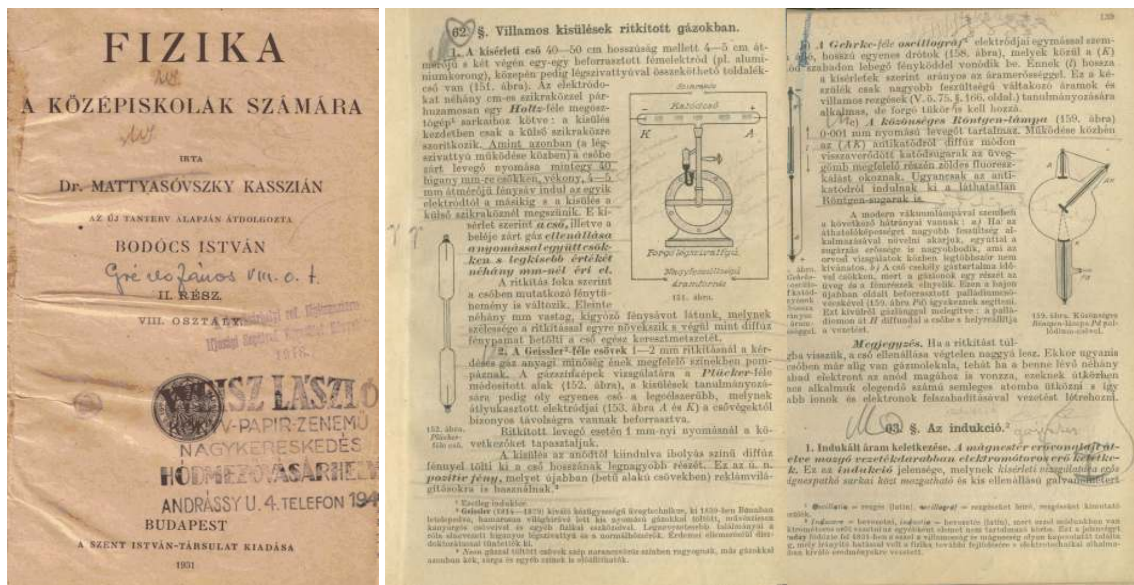
Időrendben haladva, a következő fizika tankönyvet *"csak"* az 1931-es évtől őrzi a könyvtár. *Dr. Mattyasóvszky Kasszián: Fizika a középiskolák számára* című tankönyve a VIII. osztályosoknak, azaz a végzősöknek szól. Fontos változás a korábbiakhoz képest, hogy itt már megjelenik az elektron, amelyet a *"negatív villamosságnak az anyagi kapcsolatból kiszabadult elemi kvantumjai"*-ként definiál. Az elektron kiszabadítás módszerül az Edison-effektust (elektroncső), valamint a fényelektromos hatást adja meg.

Itt már külön fejezet foglalkozik a katódsugarakkal, azok előállításával (katódsugárcső), illetve tulajdonságaikkal (Braun-cső és Lénárd-cső) és külön fejezet említi a nagy ritkítású csövekben létrejövő csodálatos *"fénytünieményeket"* (Geissler-cső és Crookes-cső). A gázok színeképek tanulmányozásához a Plücker-féle csövet ajánlja, míg a kisülések tanulmányozására a 40-50 cm hosszú, 4-5 cm átmérőjű, s a két végén egy-egy beforrasztott elektróddal ellátott, valamint a közepén légszivattyúval összekötött Geissler-csövet ajánlja. Részletesen leírja a különböző nyomásviszonyok mellett bekövetkező fényjelenségeket valamint a rétegződés esetében részletesen tárgyalja a potenciálesést a Geissler-cső belsejében. Külön említi a könyv az átlukasztott elektródok alkalmazásával kimutatható, az anódtól a katód felé mozgó ún. anódsugarakat (vagy csőszugarakat), amelyeket a Geissler-csőből kivezetve mágneses mezőben el tudnak téríteni, s így vizsgálni lehet a tulajdonságaikat (többek között ezek a kutatások vezettek a proton felfedezéséhez). A könyvben szép rajzokat láthatunk a különböző alakú, formájú Crookes-csővekről, amelyeket a kisülési csőben levő nyomás további csökkentésével állítanak elő, és a katódsugarak további tulajdonságainak megfigyeltetéséhez elengedhetetlen segítséget nyújtottak (Máltai-kereszt Crookes-cső).

Ebben a könyvben már megjelennek a röntgensugarak is, amelyeket *"rendkívül kis hullámhosszúságú fénysugarak"*-nak tekint. Részletesen leírja ezeknek az új sugaraknak a keletkezését, tulajdonságaikat, valamint az orvosi és egyéb gyakorlati alkalmazásaikat is.

A könyv külön érdekessége - amelyet majd az utána következő tankönyvek is átvettek -, hogy tananyagban megjelenő idegen - általában latin- szavakat a lap alján levő lábjegyzetben megmagyarázza, s az egyes felfedezéseknél a tudósok életrajzát egy pár

mondatban bemutatja. Azt hiszem, hogy sok mai tankönyv is megirigyelhetné ezt az eljárást. [9.]



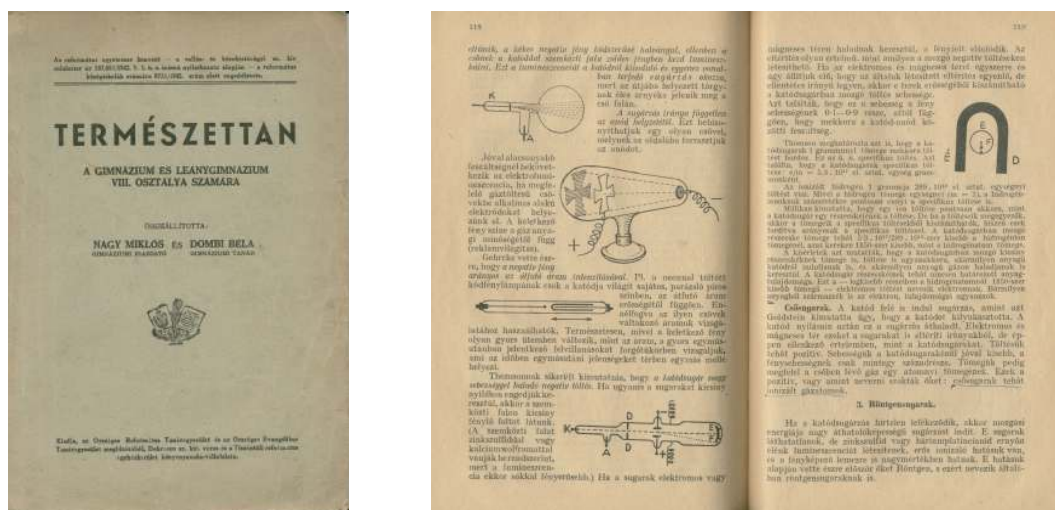
47. ábra: Dr. Mattyasóvszky Kasszián fizikakönyve 1931.

Időben haladva a következő tankönyv 1938-ból származik, *Szijártó Miklós-Fornvald József: Kísérleti fizika a gimnáziumok VIII. osztályai számára* című könyve. Ez a könyv az előző tankönyvhöz képest sokkal inkább a kísérleteket helyezi előtérbe, nem véletlenül kísérleti fizika a címe. Részletesen taglalja az elektromos kísérleteket a levegőben, s a termoionizálás módszerével kísérletileg is bemutatja, hogy a levegőben történő vezetéshez ionokra, töltött részecskékre van szükség (gyertyával felmelegíti a levegőt az elektroszkópra kötött töltéssel rendelkező fémlap körül, akkor a levegő vezetővé válik, s az elektroszkóp elveszíti a töltését).

A ritkított gázokban lezajló elektromos kísérletek kapcsán részletes rajzokon taglalja a Geissler-csőben különböző nyomásokon lejátszódó fényjelenségeket és az elnevezéseket, de magyarázatot nem ad rájuk. Külön kitér a katódsugarakra (keletkezés, tulajdonságok, Lénárd Fülöp munkássága) és leírja a Goldstein-féle cső sugarakat is.

A röntgensugarakkal sajnálatosan keveset foglalkozik, csak tömondatokban ír a keletkezésükről, tulajdonságaikról, gyakorlati jelentőségükről, de ebben a könyvben említik először Laue röntgensugár interferencia kísérleteit, és itt láthatott először a tanuló ifjúság "igazi" röntgenképet, amelyet egy kézről készült fénykép formájában találhatunk a könyvben. [10.]

A következő fizika tankönyv már a II. világháború idejére tehető. 1942-ben adták ki Nagy Miklós és Dombi Béla: *Természettan a gimnázium és leánygimnázium VIII. osztálya számára* című könyvét. Ez egy külön egyházi iskolák számára íródott tankönyv, amit - tekintettel az akkori zűrzavaros politikai és oktatási viszonyokra -, valószínűleg a kényszer szült. Nagyon jól jelzi ezt a könyv egyik fejezete, amely "*A fizika a honvédelemben*" címet viseli, s a szerzők hosszasan tárgyalják, hogy a fiatalok az egyes fizikai eredményeknek hol vehetik hasznát haza védelmében.



48. ábra: Nagy Miklós és Dombi Béla fizikakönyve 1942.

A könyvben mindösszesen hat oldalon találkozhatunk e dolgozat témájába eső témakörökkel, s ott is elég szűkszavúan taglalja a témát. A szerzők a "*sugárzások*" című fejezetben tárgyalják a gázok elektromos vezetését, a katódsugarakat valamint a röntgensugarakat. A korábbiakhoz képest újdonságot jelent, hogy a könyv ismerteti a Wilson-féle ködkamra működését, amivel a mozgó, töltéssel rendelkező részecskék mozgását követhetjük nyomon. A Laue-féle interferencia kísérlet is előjön, valamint két módszert is ad a könyv a röntgensugarak hullámhosszának a mérésére. A Laue-módszer a vékony kristálymetszeten áthaladó hullámok interferenciaképéből számította a hullámhosszt, míg a Bragg testvérek módszere a kristályfelületről visszavert röntgensugarakat vizsgálta. Mivel a kristályban az egyes atomrétegek egyforma távolságra vannak, az egyes rétegekről visszavert sugarak az egyes útkülönbségektől függően erősítést vagy gyengítést eredményeznek, amiből - a kristály rácsállandójának az

ismeretében - a hullámhossz számítható. A rövidebb hullámhosszúságú röntgenfényt keménynek, míg a hosszabb hullámhosszúságút lágnak nevezte.

A könyv külön bekezdésben tárgyalja a röntgensugarak gyakorlati alkalmazásait, külön megemlítve azok veszélyességét, így a védekezés fontosságát is. A fejezet végén pedig a megemlíti, hogy újabban már olyan röntgen lámpákat is készítenek, amelyeknél nem a feszültség hatására lép ki a katódról az elektron, hanem más energia (általában hő) hatására. Ezeknél a lámpáknál a katód-anód feszültség csak az elektronok sebességét szabályozza. [11.]

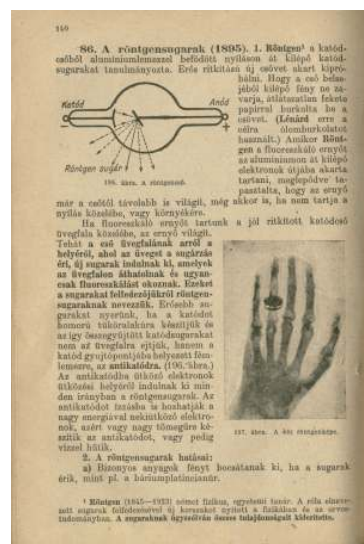
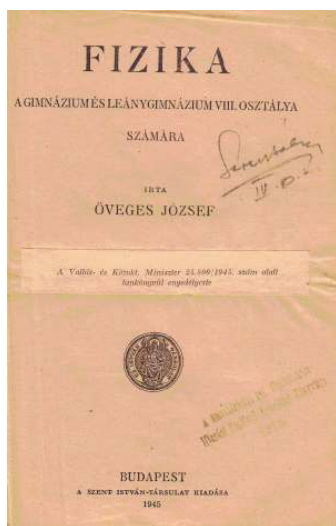
S végül, de messze nem utolsó sorban meg kell említenem *Öveges József: Fizika a gimnázium és leánygimnázium VIII. osztálya számára* című, 1945-ben megjelent tankönyvét, amely Öveges Tanár Úrra jellemző gyakorlati szemlélettel ismerteti a témát. Sok rajz, ábra "díszíti" a könyvet, amelyek segítik a megértést. Ebben a könyvben - az eddigiektől eltérően - vastag betűvel kiemelték a lényegesnek vélt részeket, és itt is találhatók lábjegyzetek, amiben elsősorban a témához csatlakozó fizikatörténeti vonatkozásokat ismerteti a szerző.

Ez a könyv - igazi tankönyvként - érthetően, lényegre törően írja le az elektromos vezetést ritkított gázokban, majd a katódsugarakat illetve azok tulajdonságait. A szerző - igazi gyakorlati emberként - gyakorlati alkalmazások sokaságát írja le, rajzokkal segítve a megértést (reklámcsövek, ködfénylámpa, higanygőzlámpa, Braun-féle cső, mint a távolbalátó készülék üvegfala, vagyis a televízió képcsöve).

Külön bekezdést szentel a szerző az anódsugaraknak, összehasonlítva a tulajdonságait a katódsugarakkal, így érthetőbbé téve azokat. Megjegyzésben figyelmeztet, hogy az 1934-ben felfedezett pozitronok nem egyeznek meg az anódsugarakban található pozitív töltésű gázionokkal, így pontosítva, hogy - a pozitronokkal ellentétben - a pozitív elemi töltések nincsenek szabadon, hanem csak az anyaghoz kötve. Az anódsugarak gyakorlati alkalmazásaként a tömegspektrográfot jelöli meg, amelynek segítségével az izotópokat felfedezték.

A röntgensugarakról külön fejezet számol be, tárgyalva a keletkezést és a sugárzás tulajdonságait. Látható a könyvben az a híres röntgenfelvétel, amit Röntgen készített saját felesége kezéről. Tárgyalja a könyv a röntgensugarak mibenlétét. Mivel sem elektromos, sem mágneses mezőben nem téríthetők el, így alapvetően különböznek a katód vagy anódsugaraktól. A Laue-féle interferencia kísérletet ismertetve olyan fényképet is láthatunk a könyvben, amely a kristályrácsra áthaladó röntgensugarakkal előállított interferenciát

ábrázol. A kísérlet leírásakor szerző már használja az energiakvantum kifejezést, amivel a kemény és lágy sugarak közötti különbséget ismerteti. [12.]



49. ábra: Öveges József fizikakönyve 1945.

Összességében véve tehát elmondható, hogy a korai fizika tankönyvek - a felfedezéseket követően már tíz, húsz vagy esetleg harminc év múlva - megemlítik az egyes jelenségeket, és sokkal részletesebben tárgyalták a gázkisüléseket, az áramvezetést ritkított gázokban, a katódsugárzást illetve a röntgensugárzást, mint a mai tankönyvek. A fentiek közül csak a katód és a röntgensugárzást említik a mai tankönyvek, ha egyáltalán említik. Ennek egyik fő oka lehet a hihetetlen tananyagcsökkentés, másrészt pedig a forgalomban levő fizika tankönyvek nem egyformán érzik fontosnak e jelenségek tárgyalását, máshová helyezik a hangsúlyt. Ez a tendencia pedig - úgy gondolom - sajnálatos.

Összegzés

A dolgozat összegzéseként elmondható, hogy a hódmezővásárhelyi fizikaoktatás egy szeletét igyekeztem feldolgozni, amely időben a XX. század első évtizedeire volt tehető. A korabeli tankönyvek, kézikönyvek segítségével szerettem volna áttekinteni mind azt a tudást, amelynek elődeink birtokában voltak.

A munkámban az akkori "*modern fiziká*"-val kapcsolatos ismereteket, elméleteket foglaltam össze, különös tekintettel a röntgensugárzásra és a ritkított gázokban lezajló fényjelenségekre. Ismertettem a felfedezések előzményeit, körülményeit. Külön fejezetben tértem ki a röntgensugarak akkoriban ismert gyakorlati alkalmazásaira és az itthoni fogadtatására.

Ezen eredmények helyi aktualitását adta, hogy a hódmezővásárhelyi Bethlen Gábor Református Gimnázium szertárában már a felfedezések után néhány évvel megjelentek azok az eszközök, amelyekkel ezek a jelenségeket be tudták mutatni. A dolgozat java része a szertárban található 27 (!) darab ilyen eszköz - amelyek közül jónéhány igazi kultúrtörténeti ritkaság - leírásával, működésük ismertetésével foglalkozik.

A dolgozat utolsó fejezetében pedig áttekintettem a gimnázium könyvtárában levő régi fizikakönyveket, abból a szempontból, hogy milyen felfogásban és mélységben foglalkoznak az adott jelenségkörrel illetve, hogy az egykori tanuló ifjúságnak mennyit kellett tudnia a kor nagy felfedezéseiről.

Irodalomjegyzék

- [1.] Torday Lajos: A röntgensugarak felfedezésének története és hatása a természettudományok fejlődésére
Szentés, 1911. Üntermüller Ernő Gyorssajtója
- [2.] Futó Mihály: A hódmezővásárhelyi államilag segélyezett ev. ref. főgymnasium története
Hód-Mező-Vásárhelyi Részvény-Nyomda 1897. 368-369.old.
- [3.] Garzó Imre: Természettani oktatás a gymnasium felsőbb osztályaiban
A Hód-Mező-Vásárhelyi Államilag Segélyezett Főgymnasium évkönyve 1871.-72.
- [4.] Hajnal Imre: Fizika szertárunk száz esztendeje
A Bethlen Gábor Gimnázium évkönyve 1962.-63.
- [5.] Jakucs István - M. Zemplén Jolán: Debrecen és a magyarországi fizika kezdetei
Fizikai Szemle 1962. 361. old.
- [6.] Dr. Zemplén Győző: Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai
Királyi Magyar Természettudományi Társulat Bp. 1927.
- [7.] Fredeick Soddy: A rádium
Királyi Magyar Természettudományi Társulat Bp. 1912.
- [8.] Czögler Lajos: Természettan a középiskolák felsőbb osztályai számára
Franklin-Társulat, 1887.
- [9.] Dr. Mattyasóvszky Kasszián: Fizika a középiskolák számára
II.rész VIII. osztály
Szent-István Társulat, 1931.
- [10.] Szijártó Miklós-Fornvald József: Kísérleti fizika a gimnáziumok VIII. osztályai számára
Szent-István Társulat, 1938.
- [11.] Nagy Miklós és Dombi Béla: Természettan a gimnázium és leánygimnázium VIII. osztálya számára
Debrecen szabad királyi város és a Tiszántúli református egyházkerület könyvnyomda-vállalata, 1942.
- [12.] Öveges József: Fizika a gimnázium és leánygimnázium VIII. osztálya számára
Szent-István Társulat, 1945.
- [13.] Budó Ágoston: Kísérleti fizika I.-II. rész
Tankönyvkiadó, Budapest 1989.
- [14.] Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete
Gondolat Kiadó, Budapest, 1986. 17. és 306–316. o.

[15.] Dr. Csada Imre-Csekő Árpád-Jeges Károly-Öveges József: Fizikai kísérletek és eszközök
Tankönyvkiadó, Budapest 1954.

[16.] Erdély és Szabó laboratóriumi felszerelések és tanszerek gyárának árjegyzéke
Országos Központi Községi Nyomda Részvény Társaság, Budapest 1908. 17. szám

[17.] Erdély és Szabó laboratóriumi felszerelések és tanszerek gyárának árjegyzéke
Otthon Könyvnyomda, Budapest 1914. 24. szám

[18.] Erdély és Szabó Fizika Tanszerkatalógusa
Weiss L. és fia, Budapest 1929.

[19.] Max Kohl Physikalische Apparate
Chemnitz, 1901. Preisliste No. 12.

[20.] <http://chem.ch.huji.ac.il/~eugeniik/history/rive.html>
(2006. január 15.)

[21.] <http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/mol/elektron.html>
(2006. január 15.)

[22.] <http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/viz/rontgen.html>
(2006. január 15.)

[23.] <http://195.199.198.117/atomfizika/>
(2006. január 15.)

[24.] http://physics.kenyon.edu/EarlyApparatus/Titlepage/Static_Electricity.html
(2006. január 15.)

[25.]
<http://www.sulinet.hu/eletestudomany/archiv/2000/0013/diakoldal/techtort/technika.html>
(2006. január 15.)

[26.] <http://www.sparkmuseum.com/GLASS.HTM>
(2006. január 15.)

[27.] <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9110/rgy9110.html>
(2006. január 15.)

[28.] <http://members.chello.nl/h.dijkstra19/index.html>
(2006. január 15.)

[29.] <http://www.roentgen-museum.de/>
(2006. január 15.)

[30.] <http://magyarok.sulinet.hu/nagymagyarok/nobeldijasok/lenardfulop.html>
(2006. január 15.)

Nyilatkozat

Alulírott Nagy Tibor Kísérleti Fizika Szakirányú Továbbképzésben résztvevő hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozatomban foglaltak saját munkám eredményei, és csak a hivatkozott forrásokat használtam fel.

Tudomásul veszem azt, hogy szakdolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem könyvtárában, a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

.....
Nagy Tibor

Szeged, 2006. április 14.

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Papp Katalin egyetemi docensnek a dolgozat elkészítése során nyújtott segítségéért, hasznos tanácsaiért, észrevételeiért.

Külön köszönet mondok Bodrogi Sándor tanár úrnak a szertár egykori őrének, gondozójának és Berecz János kollégámnak a fizikaszertár jelenlegi őrének a régi, muzeális eszközök beüzemelésénél, újraélesztésénél nyújtott segítségükért, praktikus és hasznos tanácsaikért.

S végül, de nem utolsó sorban köszönet illeti Gyermán Jánost és Alan Mortont a szkennelés során illetve a fényképek elkészítésénél nyújtott segítségükért.