

A KALOCSAI ÉRSEKI FŐGIMNÁZIUM RÖNTGENLABORATÓRIUMA ÉS ELSŐ VILÁGHÁBORÚS SZEREPVÁLLALÁSA

Szabó Róbert
ELTE TTK V. éves hallgató

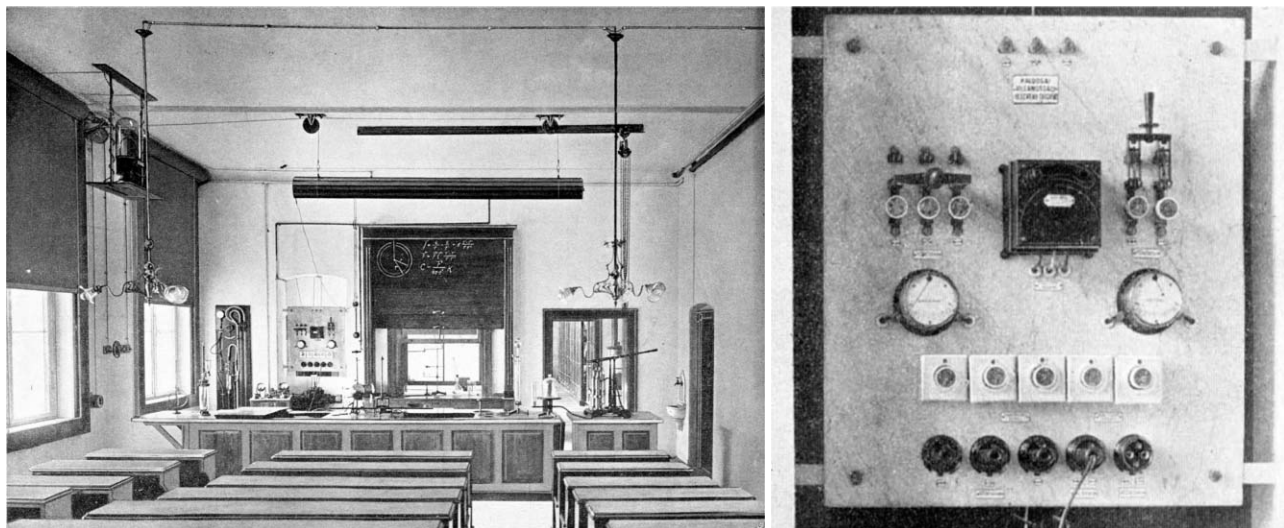
Középiskolai fizikatanárként munkánk jelentős részét a fizikaszertárban vagy fizikalaboratóriumban töltjük a tanórai kísérletekre való felkészülés céljából. Eközben lépten-nyomon olyan, esetenként nagyon régóta nem használt eszközökbe, berendezésekbe botlunk, amelyeket nemhogy használni nem tudunk, de rendeltetésük céljával sem vagyunk tisztában.

A szertár 20., sőt 19. századi felszerelésének megismerése azonban két ok miatt is fontos. Egyrészt rendelkezésre állhat olyan eszköz, amely napjaink egy-egy új, drágán beszerezhető darabját is pótolhatja; másrészt alkalmazásukkal testközelben tudunk beszélni azokról a témákról, amelyek jelenünkben más, önálló tudományág (például orvostudomány) részeivé váltak, így az iskolában már demonstrációs célokból sem tanítjuk őket.

Ilyen kutatás tárgyát képezheti egy 20. század első évtizedeiből származó röntgenlaboratórium, amelynek első tömeges alkalmazása az első világháborúban (Nagy Háború) történt.

Célok, motivációk

Az első világháború befejezésének (1918) századik évfordulója apropóján szükséges lehet nem csupán a had- és társadalom-, hanem a kapcsolódó tudománytörténeti témák feltárása is. Ennek egyik lehetőségét nyújtja, ha egy középiskola háborús áldozatvállalását és fizikaszertárának ebben jelentkező szerepét vizsgáljuk meg. Ez adja írásom legfőbb motivációját amellet, hogy volt középiskolám, a *Kalocsai Szent István Gim-*



1. ábra. A Főgimnázium 1906-ban átadott új épületének korszerű fizika-előadója és a benne található villamos kapcsolótábla [3].

názium történetének feldolgozására esett a választásom. Kutatásom ezáltal nemcsak hiánypótló, de korábbi tanulmányaimhoz is szorosan kapcsolódik.

Ezen írásom célja, hogy megvizsgáljam az iskola fizikaszertárának első világháborúban kifejtett tevékenységét, jelentőségét. Első lépésként górcső alá veszem a gimnázium egykori szertárában található röntgenfelszerelést, majd elemzem annak legfontosabb részeit. Arra törekszem, hogy a több mint száz éves eszközök és műszerek működését a korabeli szakirodalom¹ alapján magyarázzam meg. Munkámban ezen kívül még helytörténeti forrásokat – amelyek szétszórtnak tartalmazznak hosszabb-rövidebb írásokat az iskolai röntgenlaboratórium felépítéséről és a Nagy Háborúban betöltött, elismerésre méltó szerepéről – is felhasználok.

A Főgimnázium röntgenlaboratóriuma

A *Kalocsai Érseki Főgimnázium* a 20. század kezdetére, modern felszereltsége és a jezsuita rend, valamint a katolikus egyház támogatása révén országos hírnév-

Köszönetemet fejezem ki *Horváth Gábornak* témavezetői és lektori tevékenységéért. Ugyancsak köszönet illeti a Kalocsai Szent István Gimnázium könyvtáros tanárát, *Torgyik Tamást*, akitől sok forrásanyagot, illetve támogatást kaptam iskolatörténeti kutatásaimhoz. Hálas vagyok emellett *Tél Tamásnak* a témával kapcsolatos módszertani ötleteiért.



Szabó Róbert az Eötvös Loránd Tudományegyetem ötödéves fizika-történelem tanárszakos hallgatója. Középkiskoláját a Kalocsai Szent István Gimnáziumban végezte. Egyetemistaként főként olyan témákban kutat, amelyekkel a fizika és történelem összekapcsolására törekszik, az elkészített tananyagokkal pedig a tanárok munkáját segíti. Tavalyi kutatásában a régi középkiskolájában zajló fizika tanításának történetével foglalkozott, különös tekintettel az intézmény röntgenlaboratóriumára.

vel rendelkezett. Tanulói ugyanis nemcsak Kalocsáról és Pest-Pilis-Solt-Kiskun megyéből, hanem a Magyar Királyság számos távoli városából (Pozsony, Brassó stb.) is érkeztek.

Annak ellenére, hogy a gimnázium előtérbe helyezte a klasszikus műveltség és nyelvek tanítását, teret nyitott a természettudományok magas fokú művelésének is; ásvány-, állat- és növénytára, valamint fizikaszertára egyedülálló volt. Erről számos ékes példa is tanúskodik, például az, hogy 1906-ra, tíz évvel *Wilhelm Conrad Röntgen* német fizikus felfedezése (1895) után, az iskola egy teljesen önálló röntgenlaboratóriumot volt képes felszerelni. A modern berendezések (Wehnelt-féle elektrolitikus szaggató, röntgenlámpák stb.) ugyanis olyan szintű előrelépést jelentettek, ami az iskola „korral haladni tudását mutatták” [1].

Ez idő tájt a Főgimnáziumban még nem sejtették, hogy az eredetileg demonstrációs célokra szánt röntgenlaboratórium később rendkívül hasznos lesz az első világháborúban. A háború kitörése (1914. július 28.) azonban azt eredményezte, hogy a fizikaszertár az iskolában működő hadikórház kezelőorvosainak laboratóriuma lett [1].

A következőkben e röntgenlaboratórium részeit és azok működési elvét mutatom be.

A röntgenlaboratórium felépítése

A laboratórium első eleme a *villamos kapcsolótábla* (1. ábra), ami az áram forrásaként szolgált. Mivel a kapcsolótáblába a városi középponti telep áramát vezették be, így célja annak szabályozása és elosztása

¹ Cikkem alapvető szakirodalma Zemplén Győző: *Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai* című könyv második kiadása (1927). Ugyanis, annak ellenére, hogy a szerző az első világháború olasz frontján életét vesztette (1916), Zemplén nagyszerű művét *Pogány Béla* és *Selmeci Pöschl Imre*, nyugalmazott egyetemi tanárok később átdolgozták, így került sor a második kiadásra 1927-ben.

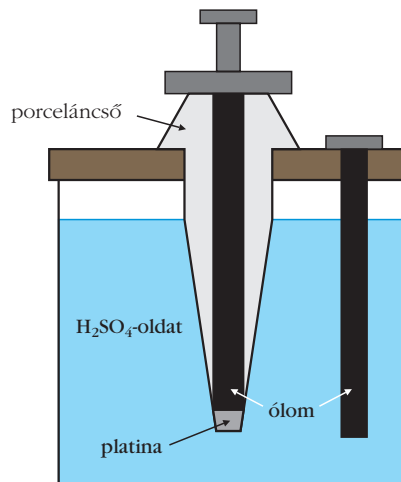
volt. A kapcsolótábla – ami egy falra helyezett márványlap – felületén helyezkedtek el a kapcsolók, az áram- és feszültségmérők, illetve a különféle biztosító berendezések. Az elektromos vezetékeket, valamint a feszültség szabályozására alkalmas ellenállásokat azonban elrejtette a tábla, amit két fontos tényező is indokolt. Az elrejtés egyrészt esztétikai okokból volt szükséges, másrészt azért, hogy a tanulók ne férhessenek hozzá a vezetékekhez, ezáltal kerülve el az esetleges sérülést [2].

Ezután, a kapcsolótábla által szolgáltatott áram² előbb a *Wehnelt-féle elektrolitikus áramszaggatóba* (2. ábra), majd az általa működtetett Ruhmkorff-féle szikrainduktorba jutott.

A Wehnelt-féle elektrolitikus áramszaggató egy olyan elektrolitos cella, amelynek üveghengerben lévő folyadékját körülbelül 30%-os kénsav (H_2SO_4) alkotta. Az elektrolitikus cellába egy vastag porceláncső nyúlt be, amelynek egyik elektródja egy vastagabb ólomrúd, másik elektródja pedig egy apró platinacsúcs volt [2]. Működésének lényege, hogy az apró platinaelektród környezetében, az áram hőhatása következtében a folyadék elpárolgott, s gőzbuborék képződött. E gőzbuborék hirtelen megszakította az áramot, megszűnésével (felszállásával) az áram azonban újra megindult, hiszen a drót ismét érintkezni tudott a kénsavval. Mivel a buborékképződés igen sűrűn, másodpercenként akár több százszor is bekövetkezett, a megszakítások száma rendkívül nagy volt [2, 4].

A felszerelés következő elemét a *Ruhmkorff-féle szikrainduktor* (3. ábra) képezte, amely a transzformátor elve alapján működött. Az induktor lényegében két, lágvasmagra csévéltekercsből állt, amelyből a belső (primer) tekercsben az áramot a Wehnelt-féle szaggatóval rendkívül gyorsan zárták és nyitották. E váltakozó áram hatására változó mágneses fluxus jött létre a primer tekercsben, ami feszültséget indukált a külső (szekunder) tekercsben. A primer tekercs viszonylag alacsony, a szekunder tekercs pedig magas menetszámmal rendelkező [4], így a külső tekercsben könnyedén lehetett rendkívül nagy, akár 10–100 kV-os váltófeszültséget előállítani.

Az elrendezés egyik utolsó elemének tekinthető az *ion-lámpa (röntgenlámpa)*, amelyből a gimnázium négy darabbal is rendelkezett. A 150 mm gömbátmérőjű, Wehnelt-szaggatóhoz és Ruhmkorff-féle szikrainduktorhoz ajánlott iskolai röntgensövet három csőnyúlvánnyal látták el: az egyik nyúlványba a katódot (negatív töltésű elektróda) forrasztották, ennek végét gömbsüveg alakú alumíniumlemez alkotta; a másik az



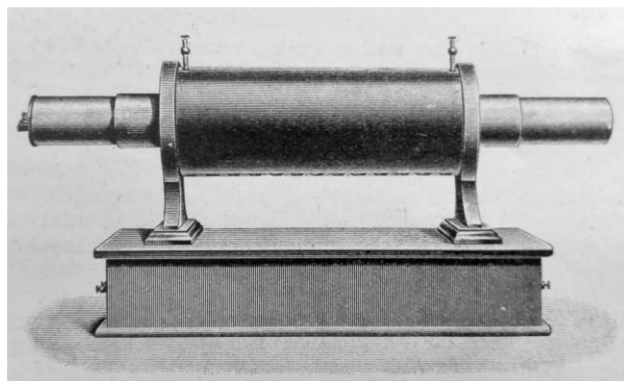
2. ábra. A Wehnelt-féle elektrolitikus áramszaggató felépítése.

anód (pozitív töltésű elektróda) volt, amit egy egyszerű alumíniumrudacska helyettesített. A harmadik elektród a platinából készült antikatód, a röntgensugarak forrása volt. Az anódot és antikatódot kívülről elektromosan vezető drót kötötte össze, így e két elektród azonos potenciálon volt [2].

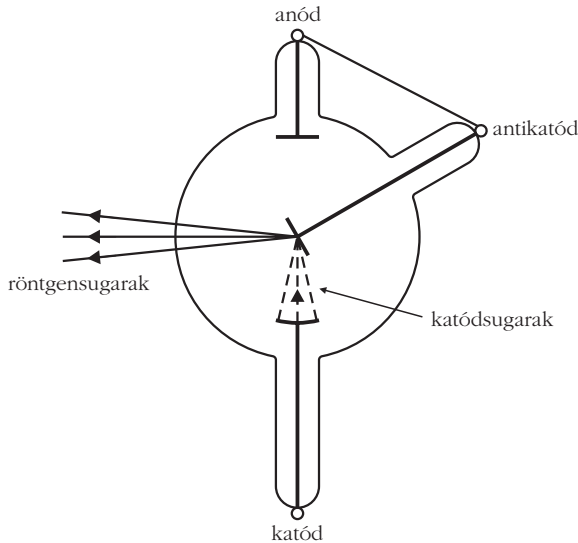
Végül, mivel az ion-lámpa közvetlen kapcsolódik a röntgenképek elkészítéséhez, a felszerelés elemei között említhető még meg a *röntgenernyő*. Ha a röntgenezni kívánt tárgyat a röntgenső és egy röntgensugárzásra érzékeny, például bárium-platina-cianidral bevont fekete papírlap (ernyő) közé tesszük, akkor a tárgy képét nyerjük, mégpedig úgy, hogy a röntgensugár egy része elnyelődik a tárgyban, és ekkor a fluoreszkáló anyaggal bevont ernyőn csak a tárgyon áthatolt sugarak rajzolnak képet. Ezt elnyelésképnek nevezzük. (Fluoreszkáló anyagnak olyat érdemes választani, amelynek hullámhosszára szemünk viszonylag érzékeny. A sugárzás hatására világoszöldben világító bárium-platina-cianid erre kiválóan alkalmas [6].)

A röntgenképek minősége függ az átvilágítandó anyag szerkezetétől. Ennek megismeréséhez a sugárzás keletkezésének körülményeit is szükséges áttekintünk.

3. ábra. Az elektrolitikus szaggató működtetéséhez alkalmazott Ruhmkorff-féle szikrainduktor (oldalnézeti képe), amellyel a Főgimnázium is rendelkezett [5].



² A váltakozó áramú generátor működésének alapelve, hogy homogén mágneses térben egy zárt drótkeretet (lapos tekercset) forgatunk, minek következtében abban váltakozó áram keletkezik. A váltakozó áramú gépek jelentőségét viszont csak a 19. század végén ismerték fel, így a már korábban is működő kalocsai városi villamostelep még egyenáramú generátorokkal dolgozott, 220 V-os egyenáramot szolgáltatva az iskolának. Az egyenáramot ugyanakkor úgy állították elő, hogy a váltakozó áramú gép áramát áramfordító (kommutátor) segítségével „egyenirányították” [4].



4. ábra. A röntgensugárzás keletkezésének folyamata: a katódból kilépő elektronok az antikatódba ütköznek, ami a röntgensugarak kiindulópontja lesz, a [8] alapján.

A röntgensugárzás keletkezése

A katódból³ kiinduló elektronok mozgási energiájukra akkor tesznek szert, amikor a katódból kilépve a katód és az anód közötti U_{gy} gyorsítófeszültség hatására felgyorsulnak, az m_e tömegű és v sebességű elektron az elektromos mező ugyanis eU_{gy} munkát végez:

$$\frac{1}{2} m_e v^2 = eU_{gy}. \quad (1)$$

Röntgensugárzás akkor keletkezik, ha ezen elektronok a ferdén elhelyezett antikatódba ütköznek és lefékeződnek (fékezési sugárzás) [7]. Ez lesz a röntgensugarak kiindulópontja, amelyből a kilépő röntgensugárzás maximális intenzitása a töltés gyorsulásának irányára merőlegesen, hengerszimmetrikusan történik (4. ábra) [9].

Az elektronok mozgási energiája tehát az antikatódon alakul át a röntgensugárzás ε elektromágneses energiájává:

$$eU_{gy} = \varepsilon. \quad (2)$$

A fékeződő elektronok az elektromos mezőnek azonban csak adagokban (kvantumokban) képesek átadni ezt az energiát [7]. Ennek oka az, hogy az elektronok, miközben az antikatód anyagának atomjaival ütköznek, lelassulnak. Az ütközések során egyrészt meglökik az atomokat, aminek hatására az anyag felmelegedik, másrészt egy röntgenfoton is keletkezhet a folyamatban [9]. Az ütközések statisztikus folyamatok, ezért az energiavesztés egy-egy ütközésben külön-

böző mértékű lehet. (Igen kis valószínűséggel olyan eset is előfordulhat, hogy az elektron energiája teljes egészében egyetlen foton létrehozására fordítódik.) Ennek megfelelően, különböző frekvenciájú (hullámhosszú) fotonok keletkeznek, vagyis folytonos röntgenszínkép alakul ki. Ekkor, létezik egy maximális $hf_{határ}$ fotonenergia, ami felvilágosítást ad az f frekvencia lehetséges értékéről az

$$eU_{gy} = hf_{határ} \quad (3)$$

összefüggés szerint [8]. Ugyanakkor az f frekvencia a

$$\lambda = \frac{c}{f_{határ}} \quad (4)$$

értelmében megadja a röntgenfoton hullámhosszát, egyúttal meghatározza a röntgensugarak keménységét (áthatolóképességét) is, ugyanis a röntgensugarak áthatolóképessége a frekvencia növekedtével együtt (nem arányosan) nő. Az U_{gy} gyorsítófeszültséggel arányosan növekszik a frekvenciamaximum értéke, tehát magasabb gyorsítófeszültséggel nagyobb áthatolóképességű, kemény sugarak állíthatók elő (az alacsonyabb energiájú, lágy sugarak áthatolóképessége természetesen kisebb).

A képkészítés folyamatát a sugarak keménységén kívül anyagminőségi tényezők is jelentősen befolyásolják, így a következőkben arról ejtünk néhány szót.

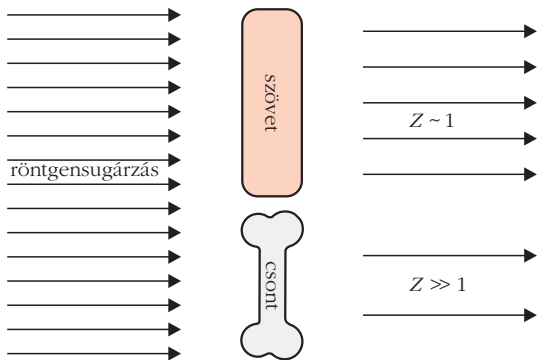
A röntgenkép készítése anyagminőségi szempontból

A röntgenlámpák fala általában üvegből készült, a röntgenkép készítésekor ismerni kellett a lámpa pontos típusát, anyagszerkezetét is. A röntgenfény abszorpciója (elnyelődése) ugyanis az abszorbeáló atomok Z rendszámának negyedik hatványával nő, vagyis annál hatékonyabb volt a lámpa működése, minél alacsonyabb rendszámú elemekből állt az üveg. Ezért diagnosztikai célokra – a normál üveghez használt Na ($Z = 11$), Ca ($Z = 20$), Si ($Z = 14$) helyett – inkább lítiumüveget alkalmaztak, ahol az alkotó elemeket a Li ($Z = 3$), Be ($Z = 4$) és B ($Z = 5$) adta. (Utóbbiak a sugárzás mindössze 10–15%-át nyelték el, míg a normál üveg a sugárzás akár 60%-át is.)

Az előzőből az is következik, hogy minél nagyobb egy elem rendszáma vagy sűrűsége, annál hatékonyabban nyeli el a röntgensugárzást. Ezért a különböző vastagságú és sűrűségű szövetekből, szövetekből álló emberi testet állítva röntgensugárzás útjába, a keletkező röntgenképen az egyes testrészek kiválóan felismerhetők lesznek (5. ábra).

Az emberi testről készült képen a csontok jól megkülönböztethetők, hiszen anyaguk – CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – egyik fő alkotórésze a Ca ($Z = 20$), amely a lágy szöveteket alkotó többi elemhez – H ($Z = 1$), C ($Z = 6$), N ($Z = 7$), O ($Z = 8$) – képest viszonylag magas rendszámú. Ehhez hasonlóan, a csonttól könnyen

³ Abból a célból, hogy mindig a katód legyen az elektronok forrása, a lámpán két irányban is áthaladni képes áramot a cső „egyenirányította”. Ennek köszönhetően a Wehnelt-féle elektrolikus szaggató alkalmazásával előállított, szaggatott (nem szinuszos) szekunder feszültség egyenfeszültségként jelent meg az ion-lámpán [4].



5. ábra. Az emberi testet alkotó szövetek és csontok jól elválaszthatók az őket alkotó elemek Z rendszámának különbözősége miatt.

elválasztható az első világháborúban használt, ólomtartalmú ($Z = 82$) lövedék (6. ábra) is.

Az ion-lámpák antikatódja szintén anyagszerkezeti megfontolásokból készült platinából ($Z = 78$) [2]. A cső adott elrendezése miatt az antikatód nagy rendszámú és vastag platinaanyaga ugyanis egyrészt elnyelte a hengerszimmetrikusan kibocsátott sugárzás felé irányuló részét, és emiatt a kilépő sugárzás többé-kevésbé oldalra „irányított”, aszimmetrikus lett. Másrészt, a magas rendszámú platina jobban fékezte a becsapódó elektronokat, mint egy kisebb rendszámú fém, és így a röntgensugárzás kibocsátásának határfoka megnőtt. Az elnyelt energia miatt arra is szükség volt, hogy az antikatódot vízzel hűtsék (7. ábra), hiszen a lefékeződő elektronok energiájának csak csekély hányada alakult át röntgensugárzássá, a nagyobb rész maradékhő formájában melegítette az antikatódot [9].

Ugyancsak a röntgensugárzás elnyelődésének tulajdonságával magyarázható, hogy diagnosztikai célokra olyan lámpát érdemes használni, amelynek spektrumát lágy és közepes keménységű sugarak alkotják. Ebben az energiatartományban ugyanis a különböző anyagok elnyelése nagyobb mértékben tér el egymástól, jelentősen javítva a röntgenképek kontrasztját-minőségét [2]. A nagy áthatolóképességű sugárzás kevésbé hat kölcsön az anyaggal, következésképp az elnyelési árnyékok is nagyon halványak; a kép túl „világos” és kontrasztzegény lesz. Ezzel szemben a kis áthatolóképességű lágy röntgensugarak nem hatolnak át a testen; a kép újfent információzegény, „fekete” lesz.

A létrehozott képek élességét, azaz felbontását ezen túl egy másik tényező is befolyásolja. A keletkező elnyelési kép felbontása annál jobb, minél kisebb kiterjedésű (akár pontszerű) az őt létrehozó fényforrás. Az alumíniumból készült katód formája ezért homorú, hiszen így a felületéről merőlegesen elrepülő elektronnyaláb koncentráltan esett az antikatódra [9].

Következtetések

A Kalocsai Érseki Főgimnázium röntgenlaboratóriumának megismerésével lehetőségünk nyílt egy olyan, napjainkban már nem használt demonstrációs berendezés felkutatására, amely mára elveszítette régi jelen-



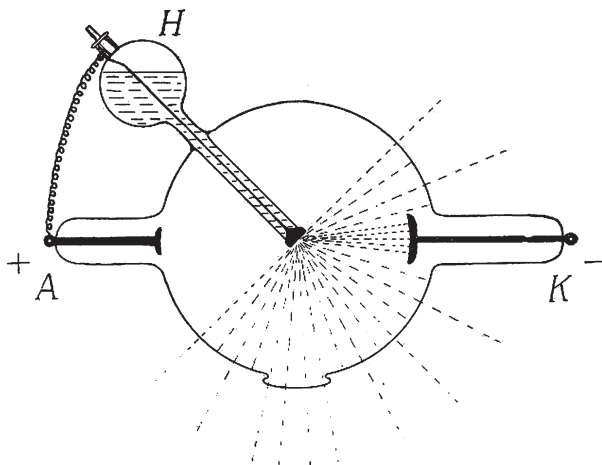
6. ábra. Felvétel egy, az iskolában röntgenezett katona bordáiról, amelyek között egy hegyes orosz lövedék látható [10].

tőségét. Ugyanakkor, a szükséges eszközök beszerzésével lehetővé válna, hogy írásom alapján a laboratóriumot újra megépítsük, sőt oktatási célra használjuk.

Ehhez, mint láttuk, egyrészt a röntgenlámpa alkalmazásának elengedhetetlen feltétele a Wehnelt-féle elektrolitikus szaggató, valamint az általa működtetett Rumhkorff-féle szikrainduktor. Másrészt, a lámpák felépítését, anyagszerkezeti tulajdonságait megismerve megértettük, hogy a röntgensugárzás diagnosztikai alkalmazása azon a felismerésen alapul, hogy az emberi test szövetei különböző mértékben nyelik el a sugárzást. Ezáltal, megállapítható, hogy az elnyelő-, illetve áthatolóképességben való tudományos jártasság alapvetően járult hozzá a laboratórium sikeres, első világháborús alkalmazásához.

A fizikaszertár sebesültek gyógyítására, ápolására alkalmazott röntgenlaboratóriuma akár több száz katona életét is megmenthette. Ezáltal kijelenthető, hogy a gimnázium fizikatanára, *Roznóvszky János* és a kalocsai Vöröskereszt kórházának főorvosa, *Schönwald József* kiemelkedő szolgálatot tett a haza javára, hiszen a röntgenezett katonák száma már az első há-

7. ábra. A Főgimnázium röntgenlámpájával analóg – korabeli – sematikus rajz az anód (A), a vízzel hűthető (H) antikatód és a katód (K) jelölésével [11].



borús tanévben (1914–1915) elérte a 350 főt [12]. Figyelembe véve, hogy az eszközök eredetileg csak oktatási, demonstrációs céllal készültek, ez mindenképpen nagy eredménynek tekinthető.

A gimnázium fizikaszertára rendkívül modern és felszerelt volta könnyen kielégítette tehát a Nagy Háború támasztotta igényeket. Az sem okozott számára különösebb problémát, hogy épületében hadikórházat kellett berendezni.

Kitekintés

Írásommal példát kívántam mutatni arra is, hogy miként lehet a fizikát és történelmet interdiszciplináris tudománnyá gyúrni. Hiszen e téma feldolgozásával lehetővé vált, hogy a röntgenlaboratórium működését és a röntgenfelvételek készítésének elvét történelmi kontextusban ismerjük meg, s ezt felhasználva tanítsuk meg a középiskolában. További előny, hogy tudománytörténettel kapcsolatos kutatási témák kidolgozásával a természettudományok felé kevésbé orientálódó diákok figyelmét is leköthetjük, és hasonlóan izgalmas témák felkutatására sarkallhatjuk őket.

Irodalom

1. *A Kalocsai Jézus-Társasági Érseki Szent István Gimnázium Értesítője az 1935–1936. tanévben.* Árpád Részvénytársaság Könyvnyomdája, Kalocsa (1936) 9.
2. Zemplén Győző: *Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai.* Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest (1927) 108–625.
3. *A Jézus-Társasági Kalocsai Érseki Főgimnázium Értesítője az 1905–1906. iskolai évről.* Jurcsó Antal Könyvnyomdája, Kalocsa, 1906.
4. Budó Ágoston: *Kísérleti fizika (Elektromosságtan és mágnesség-tan), II. kötet.* Tankönyvkiadó, Budapest (1979) 281–295.
5. Zemplén Győző: *Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai.* Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest (1927) 108.
6. Zemplén Győző: *Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai.* Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest (1910) 661–664.
7. Erostyák János, Kürti Jenő, Raics Péter, Sükösd Csaba: *Fizika III. Fénytan. Relativitáselmélet. Atombéj-, atommag- és részecskefizika.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2006) 272.
8. Budó Ágoston, Mátrai Tibor: *Kísérleti fizika (Optika és atomfizika).* III. kötet. Tankönyvkiadó, Budapest (1985) 254.
9. Tarján Imre: *Fizika orvosok és biológusok számára.* Medicina Könyvkiadó, Budapest (1971) 340–342.
10. *Stefáneum. A Kalocsai Jézus-Társasági Nevelőintézet lapja.* XVIII. szám. Jurcsó Antal Könyvnyomdája, Kalocsa (1915).
11. Zemplén Győző: *Az elektromosság és gyakorlati alkalmazásai.* Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest (1927) 609.
12. *Stefáneum. A Kalocsai Jézus-Társasági Nevelőintézet lapja.* XIX. szám. Jurcsó Antal Könyvnyomdája, Kalocsa (1915) 7–21.