

Irodalom

1. Erdős Géza, Kecskeméty Károly Király Péter: Somogyi Antal (1920–2010). *Fizikai Szemle* 60/12 (2010) 427.
2. Jánossy Lajos: *Kozmikus sugárzás*. Művelt Nép könyvkiadó, Budapest, 1954.
3. Kántor Károly, Zsdánszky Kálmán.: Automatikus üzemű Wilson-kamra kozmikus sugárzás vizsgálatára. *Magyar Fizikai Folyóirat* 6 (1958) 191–208.
4. Gémesy Tibor, Sándor Tamás, Somogyi Antal.: A kozmikus sugárzás kiterjedt légizaporainak vizsgálata Wilson-kamrával. *MTA KFKI Közl.* 8/1 (1960) 4–6.
5. P. C. Bhattacharya, T. Gémesy, T. Sándor, A. Somogyi, L. Uray: The attenuation length of extensive air showers in air. *Il Nuovo Cimento* 24 (1962) 290–300.
6. A. Somogyi, L. Uray: Determination of the absorption length from the angular distribution by means of the method of maxi-

7. Somogyi Antal, Uray László: Exponenciális abszorpció paramétereinek meghatározása irányeloszlásból a legnagyobb valószínűség módszerével. *MTA KFKI Közl.* 10 (1962) 403–422.
8. Uray László: *Kiterjedt légizaporok zenitszögeloszlása*. Diplomamunka, ELTE, Budapest, 1961.
9. Jánossy Lajos (főszerkesztő): *Atommaglexikon*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1963.
10. Somogyi Antal: A kozmikus sugárzás felfedezésének 50. évfordulójára. *Fizikai Szemle* 12/5 (1962) 133.
11. Király Péter: Jánossy Lajos és a 100 éve felfedezett kozmikus sugárzás. *Fizikai Szemle* 62/12 (2012) 400–406.
12. Kövesi-Domokos Zsuzsa: Kozmikus sugárzás extrém energiákon, I. és II. rész. *Fizikai Szemle* 62 (2012) 234–239., valamint 298–300.

A FIZIKA TANÍTÁSA

RÉSZECSEFIZIKA TANÍTÁSA A KUTATÓLABORBAN

Oláh Éva Mária

ELTE TTK Fizikatanári Doktori Iskola
Mechatronikai Szakközépiskola, Budapest

A részecskefizika oktatása a középiskolában nem könnyű feladat. A témakör a tanmenetben nem szerepel, a tankönyvek legtöbbször utalást sem tesznek a mikrorészecskék létezésére. Viszont a 21. század elején, amikor szinte naponta értesülünk a részecskefizikai kutatások legújabb eredményeiről, nagyon fontos lenne, hogy a média által több-kevesebb sikerrel kommentált eseményeket valamilyen módon közelebb vigyük a diákokhoz.

Szerencsés helyzetben van egy budapesti iskola, a Mechatronikai Szakközépiskola hét diákja, akik heti rendszerességgel részt vehetnek a Wigner Fizikai Kutatóközpont Nagyenergiás Fizikai Osztályán dolgozó detektorfizikai csoport munkájában. Itt bepillantást nyerhetnek a Detektorlaborban folyó kutatásba, olyan fizikusoktól tanulhatják az elemi részecskék elméletét, akik a CERN-ben is rendszeresen dolgoznak. A laboratóriumban különféle detektorokat, azaz mikrorészecskék észlelését végző berendezéseket terveznek és építenek a kutatók. A közös munka során a diákok terveznek, sőt maguk is összeállítanak egyszerűbb mérőeszközöket, illetve ezek kipróbálására részecskefizikai tesztméréseket hajtanak végre. Így kerülnek pillanatról-pillanatra közelebb a mikrovilág rejtelmeihez, és modern eszközök segítségével ismerkednek az elemi részecskék fizikájával.

Az itt folyó munkát fogom bemutatni, hangsúlyozva azt a tényt, hogy a részecskefizikát tantermi körülmények között nem lehet eredményesen tanítani. A diákok által készített és elvégzett kísérletek sokkal nagyobb érdeklődésre tartanak számot, mint pusztán egy elméleti oktatás.

A mikrorészecskék fizikájával csak fakultáción vagy szakkörön tudunk részletesebben foglalkozni. Hogy ez a többség tanulmányaiból se maradjon ki, a tanítási órán a fizika szinte minden témakörébe ügyesen be lehet csempészni. A kinematikán belül, amikor nevezetes sebességekről beszélünk, megemlíthetjük az LHC-ben közel fénysebességgel utazó protoncsoomagokat, hőtannál is beszélhetünk a Nagy Hadronütköztetőről, az Univerzum legmelegebb és leghidegebb pontjáról. Elektromosságban az óriás szupravezető mágneseket, modern fizikában a részecskék által kibocsátott radioaktív sugárzást hozhatjuk fel példaként.

1. ábra. Az első utunk 2010-ben.





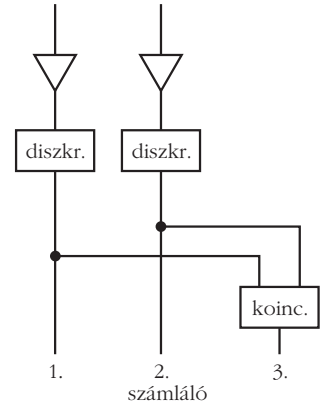
2. ábra. A szerencsés csapat.

A Mechatronikai Szakközépiskolában, ahol tanítok, a diákok motiváltsága nem tekinthető átlag fölöttinek. Bármilyen kisebb siker elérésének érdekében nagy munkát kell befektetni, hiszen a többség nehéznek tartja a tantárgyat, előítélettel viseltetnek irányában. Mindent be kell vetnünk ahhoz, hogy felkeltsük érdeklődésüket akár a részecskefizika legújabb eredményei iránt is.

2009-ben részt vettem a magyar fizikatanárok számára a CERN-ben rendezett továbbképzésen, ami meghatározó élmény volt számomra. Ekkor köteleztem el magam, hogy a részecskefizika rejtelmait a diákokkal is megismertessem. Az egyhetes út hatására a következő tanévben 22 tanulóval (1. ábra), 2013-ban pedig már 50 fővel tettünk több napos látogatást a híres kutatóközpontban. Az akkori kiránduláson ráadásul még az LHC egyik detektorához, a Kompakt Műon Szolenoidhoz (CMS) is lejutottunk, ami mindannyiunknak maradandó élményt jelentett.

Iskolámban hét tanuló jár emelt szintű fizikaképzésre. Ők abban a szerencsében részesültek, hogy az elmúlt tanévben heti rendszerességgel járhattak a Wigner Fizikai Kutatóközpontba, ahol részt vehettek a Nagyenergiás Fizikai Osztály Detektorfizikai laboratóriumában végzett kutatómunkában (2. ábra). Mindkét témavezetőm, Horváth Dezső és Varga Dezső ott dolgozik, és mint doktoranduszuknak biztosítani tudták a kutatás alapú oktatásban való gyakorlat megszerzését.

A hét fiú egyszerre nem tudott a laborban dolgozni, ezért két csoportra osztottuk őket. Az első néhány alkalommal Horváth Dezső és Varga Dezső tartott nekik bevezető jellegű előadásokat a részecskefizikáról, a detektorlaborban folyó munkáról és a detektorok működési elvéről. Elsőre kissé megijedtek a hallottaktól a fiatalok, de a végeredmény bizonyította, hogy képesek voltak hasznos feladatokat ellátni. A több



3. ábra. Az elektronszórást vizsgáló mérés összeállítása.

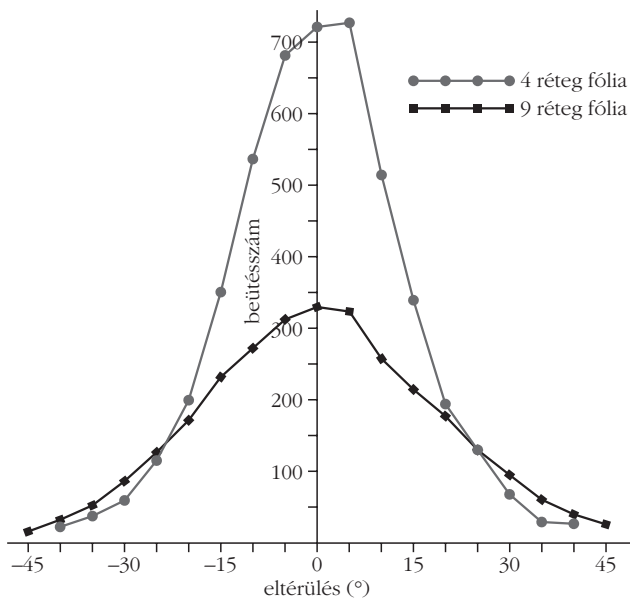
hónapig tartó munka során észrevétlenül sajátították el a modern fizika és azon belül is a részecskefizika bizonyos módszereit. Minden alkalommal örömmel érkeztek a laboratóriumba, soha nem kellett noszogatni őket, és nem törődtek azzal, hogy a hivatalos tanórai időtartam már rég lejárt, sokszor estig maradtak, hogy az elkezdett méréseket befejezhessék.

A kutatási feladat megfogalmazása a diákokkal közösen történt, ez is motiválta őket. Az egyik csoport többszörös szórás kísérleteket végzett saját maguk által összeállított kísérleti eszközzel. Különböző fóliákat teszteltek béta-sugárforrásból származó részecskék segítségével. Ez időigényes, gondos beállítást követelő feladat. A mérési eredmények segítségével a diákok ellenőrizni tudták a szakirodalomban található értékeket a konkrét detektoranyagokra. A mérés alapelve az, hogy meghatározzuk a béta-sugárforrásból kijövő olyan elektronok számát, amelyek egy fólián áthaladva az egyenes repülés pályájától adott szöggel eltérnek. Az elektron pályáját néhány milliméter átmérőjű lyukakkal (kollimátorokkal) irányítjuk. A mérés során a szóródási szög meghatározása mellett a diákok lejegyezték a keletkezett részecskék számát a szcintillátorokban történő beütések száma alapján.

A 3. ábrán láthatjuk a mérés összeállítását, amelynek jobb alsó sarkában a henger alakú tárgy a béta-sugárforrás, a szürke dobozban pedig két szcintillátor található. A sugárforrás olyan kialakítású, hogy az már meghatározza a beérkező sugárzás irányát (a forrást tartalmazó tok maga egy kollimátor). A mérendő fólia

4. ábra. Életképek a laborból.

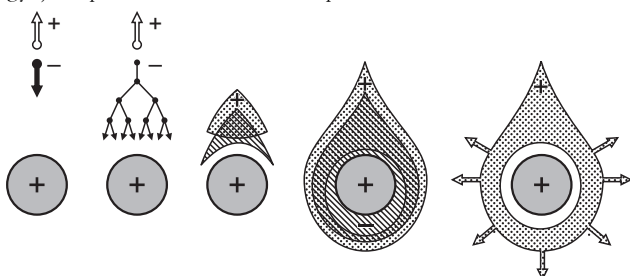




5. ábra. A tanulók által készített grafikon a 4, illetve 9 rétegben hajtogatott, 25 μm vastag alumíniumfólián szóródott elektronok mért beütésszámáról az eltérülés szögének függvényében.

vagy lemez a forrás tokjára van rögzítve. Az áthaladó elektron irányát egy bronzlemezbe fúrt 2 mm-es lyuk rögzíti. Ez utóbbi a szcintillátorok előtti háromszög alakú lemez. A szcintillátorok jeleinek vázlatos logikai rajzát a diákok készítették: a szcintillációs számlálók-ból először a két erősítőbe mennek a jelek, majd egy-egy zajsűrítő diszkriminátorba. Az elektron beérkezését a két szcintillátor egyidejű, azaz koincidenzában történő megszólalása mutatta. A mérés előtt beállításokat végeztek a diákok, majd kiosztották egymás között a feladatokat. Eldöntötték, ki fogja a szöget változtatni, ki olvassa le a beütések számát és ki jegyzi le az adatokat (4. ábra). Egyikük számítógépen is rögzítette az eredményeket, és standard számítógépes programokkal megrajzolták a keresett görbét. Az eredmények láthatóan mutatták, milyen kapcsolat van a fóliák anyaga és a görbe szélessége, magassága között. A pontos képlet helyett első körben számukra csak az volt a fontos, hogy lássák, a fóliák vastagságát növelve a görbe alacsonyabb és szélesebb lett, azaz jobban szétszórta az elektronokat.

6. ábra. Az elektronlavina létrejötte. A töltött részecske a gáztöltésű kamrában elektron-ion párt kelt. Az elsődleges elektron gyorsulva repül az anód felé, a szál közelében megnövekedett térerősség hatására a nagy sebességű elektron lavinaszerűen újabb elektron-ion párokat kelt. A csepp alakú lavina körbeöleli az anódot, amelyből az az elektronokat igen rövid, nanoszekundum körüli idő alatt begyűjti. A pozitív ionfelhő ehhez képest lassan távozik a katód felé.



Az egyik konkrét eredmény – a szög függvényében az alumíniumfólián áthaladó és szóródott elektronok száma – a diákok által készített 5. ábrán látható. A szürke vonal 4 réteg 25 μm vastag alumíniumfólia, a fekete pedig az ugyanebből az anyagból összeállított, 9 réteggel végzett mérés görbéje. A két grafikont összehasonlítva, jól látszik, hogy a haranggörbe magassága csökkent, szélessége pedig nőtt. Elméletileg azt várjuk, hogy a két görbe magasságaránya 9:4, félérték-szélességük aránya pedig 3:2 legyen. Ezt a mérések megerősítették.

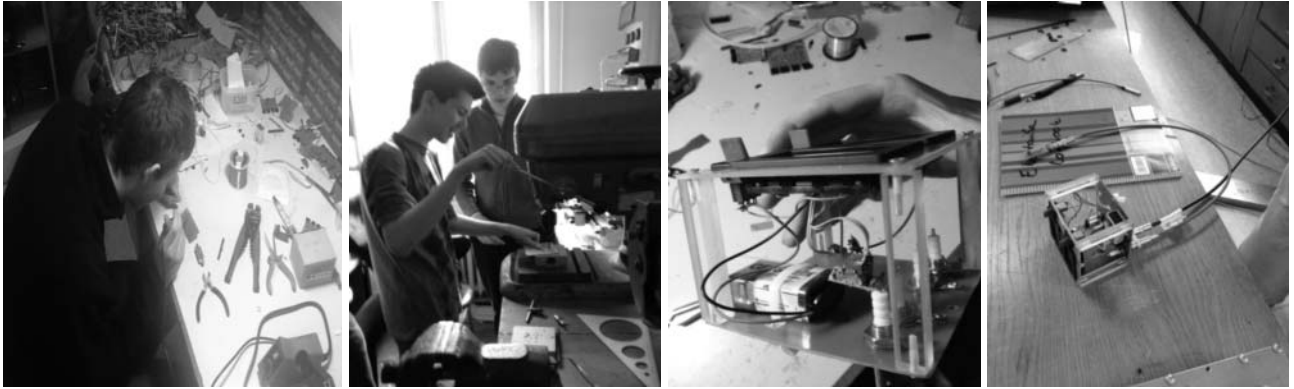
A laboratóriumban végzett munkánk során megtanultuk, hogy a detektorrendszerek működésének folyamatos ellenőrzéséhez kiegészítő, monitorozó berendezésekre is szükség van. Az LHC óriási „digitális kamerái” sokkal nagyobbak, mint amilyenekkel itt találkoztunk, és ha ezek meghibásodnak, költséges és nagyon bonyolult a szétszerelésük. A folyamatos adatszolgáltatás érdekében viszont a cél az, hogy minél hosszabb időn keresztül, fennakadás nélkül tudjanak működni, a meghibásodásra utaló jeleket pedig időben észrevehessék.

Ilyen jellegű problémával volt kapcsolatos a másik csoport munkája. Ők azt a feladatot kapták, hogy olyan árammérő műszert tervezzenek és építsenek, amely több kV-os feszültség mellett nanoamper nagyságrendben képes több detektor áramát mérni. Az ehhez szükséges elméleti háttérrel ismerkedve a diákok megértették a gáztöltésű kamrák működési alapelveit. Egy proporcionális számlálóban a mérendő ionizáló (töltött) részecske elektron-ion párokat hoz létre, az elektronok a pozitív töltésű vékony anódszál felé vándorolnak. A szál közelében nagy az elektromos térerősség, emiatt elektronlavina alakul ki: a gyorsuló elektron újabb elektront kelt, majd minden egyes lépésben megduplázódik az elektronok száma, exponenciálisan növekedve akár százezerszeres méretre (6. ábra).

Ha folyamatosan lavinák keletkeznek, az időben átlagos töltésáramlást, azaz áramot jelent. Az áram értéke tipikusan kicsi, nA alatti. Hibásan működő detektornál – például szennyeződés hatására – koronakisülések keletkeznek, ami növeli az áramot. Az áram nagyon pontos mérésével tehát a detektor helyes működését ellenőrizhetjük.

A diákok második csoportja egy ilyen, a detektorok áramát mérő eszköz megépítésével foglalkozott. Az általuk készített kapcsolási rajz segítségével kezdtek neki a mérőműszer megtervezésének, próbapanelen állapították meg, hogy miként tudják elhelyezni az elektronikai alkatrészeket.

A csapat egy része az ampermérő elektronikai részével foglalkozott. Az iskolában szerencsére már gyakorlatot szereztek, emiatt nem volt ismeretlen számukra a forrasztópáka használata, vagy az ellenállások színkódja. Rutinosan bántak a csípőfogóval, blankoló fogóval és egyéb szerszámokkal. Két fiú a mérőműszer dobozát állította össze. A 7. ábra második képén egyikük éppen a műszer alsó lemezén fúr adott nagyságú lyukakat a nagyfeszültségű csatlako-



7. ábra. A detektoráramokat mérő műszer készítése.

nagyságú lyukakat a nagyfeszültségű csatlakozók számára. Beszerelték a négy, műanyag tartóoszlopot, ami a doboz formáját adta meg, a digitális kijelzőket, és végül beforrasztották a nyomtatott áramköröket is.

Már csak a műszer kalibrálása volt hátra, amelynek eredményével a gyakorlott kutatók is meg voltak elégedve.

A résztvevők a tanév során mindkét projektet sikeresen lezárták, de a diákok annyira megszerették ezt a fajta tanulást-kutatást, hogy még a nyári szünetükből is hajlandók voltak pár hetet erre áldozni. Augusztusban már önálló szervezéssel mentek fel dolgozni a Wigner Fizikai Kutató Központba, ahol az ott dolgozók akkor is, mint ahogyan egész évben, nagy tudással és türelemmel foglalkoztak a jövő „kutatóival”. Az iskolai tanórákon is látom az elmúlt tanévben végzett munka kedvező hatását, azóta ezek a diákok sokkal tudatosabban készülnek a továbbtanulásra, és belát-

ják, hogy ehhez nélkülözhetetlen a fizika egyes ágain belül az elméleti tudás megszerzése. Ebben a tanévben egy középiskolában összeállítható és működtethető, kozmikus részecskéket detektáló eszköz kifejlesztése a cél.

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőimnek kívül *Hamar Gergőnek*, és a REGARD detektorfejlesztő kutatócsoport további tagjainak, akik áldozatos munkájukkal segítenek abban, hogy az érdeklődő tanulók számára egy másfajta tanulási módszert is kifejleszthessek.

Irodalom

1. Géczi János: Sajtó, kép, neveléstörténet. *Iskolakultúra-könyvek* 38 (2010) Gondolat kiadó, Budapest, 220 old.
2. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Geiger%E2%80%93M%C3%BCller-sz%C3%A1ml%C3%A1l%C3%B3>
3. <http://itirex.wordpress.com/2011/07/07/gaztoltesu-detektorok/>
4. gluon.particle.kth.se/TEACHING/laboratory/xray/xray_instr.html

FELHŐK MAGASSÁGÁNAK MÉRÉSE

Stonawski Tamás
Nyíregyházi Főiskola

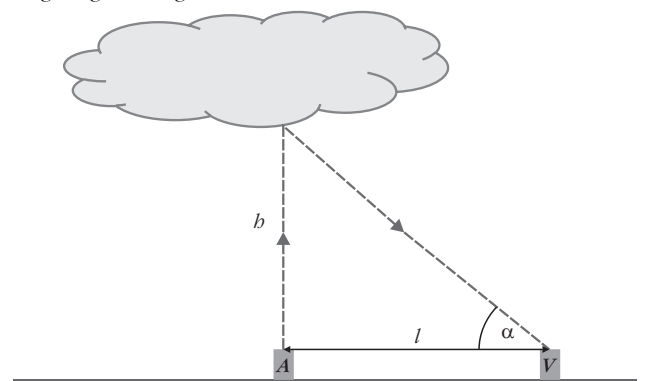
Hosszú megfigyelések eredményeként jött létre a Nemzetközi felhőatlasz, amely 10 felhőfajt, 14 felhőtípust, 9 altípust, 9 járulékos alakzatot és ezek lehetséges variációit adja meg. A felhőatlasz a felhők jellemző paramétereit tartalmazza, többek között a földfelszíntől mért magasságukat is. A magasságértékek igen sok műszeres mérésből adódnak össze, így a légkört meghatározó mennyiségek változásai miatt a táblázatokban nem egy-egy konkrét magasságértéket találunk, hanem egy széles intervallumot átfogó értékssereggel jellemezhetjük a kiválasztott felhőfajok talajszinttől mért magasságát.

A magasságmérés elvégezhető ballonnal, radar-technikával és lézerrel is. A ballon által felvitt pszichrométer alapján meghatározható a harmatpont magassága, ami a felhőalap magasságával egyezik meg.

Az elektromágneses hullámokkal történő mérés lényege, hogy egy függőleges hullámmal visszave-

rődését érzékelik egy ismert távolságból (1. ábra). A detektor állásából meghatározható a magassági szög, amely alapján a felhőmagasság már kiszámítható [1].

1. ábra. Az A adóból induló hullámokat a felhőről visszaverődve a V vevő detektálja. A detektor adataiból meghatározható a felhőalap magassága: $b = l \tan \alpha$.



Köszönet *Jubász Andrásnak* és *Jánosi Imrénének* a segítségükért.