

Hogyan építsünk müondetektort diákokkal és tanárokkal?

Oláh Éva Mária

Bálint Márton Általános és Középiskola, Törökbálint, Magyarország

olaheva@hotmail.com

Kulcsszavak: detektor, müon, részecskefizika

Kivonat—Részecskefizika tanítására a középiskolában kevés alkalom kínálkozik, pedig korunk egyik vezető fizikaágának a megismerése izgalmas és egyre fontosabb feladat. Évek óta lehetősége adódik számos diáknak, hogy kutatásalapú tanulási módszerrel fejlessze tudását. A Wigner Fizikai Kutatóintézet gáztöltésű detektorokat fejlesztő kutatócsoportjának (REGARD) a munkájába kapcsolódhatnak be a tanulók, és a maguk által tervezett és összeállított, sokszálas proporciónális kamrákkal végezhetnek kozmikus müonok megfigyelésére alkalmas méréseket. A kamrák egymás fölé helyezésével, és LED égősorok használatával a beérkező részecskék iránya is láthatóvá tehető. A CERN-i tanártovábbképzésen a fizikatanárok is megismerkedhetnek a programmal, és megépipthetik a kutatók és a diákok által már kifejlesztett változatot.

Abstract—There is little time for teaching particle physics in secondary schools, although familiarizing students with one of the leading branches of physics of our time is an interesting and very important task. For years several high school students have had chance to widen their knowledge using a research based learning method. During this the students had a chance to join the work of REGARD (RMKI ELTE Gaseous detector Research and Development) at the Wigner Research Centre for Physics and have had the opportunity to carry out measurements using multiwire chambers designed and assembled by themselves. By stacking the chambers above each other and using strands of LED lights, the direction of the incoming particles can be made visible. Within the framework of CERN's teacher course, physics teachers can get familiar with the programme and build the model developed by the researchers and students.

1 BEVEZETÉS

Pár éve kezdtem el foglalkozni a részecskefizika középiskolában való tanításának lehetőségével. A modern fizikának ez a speciális ága nem szerepel a tantervben, emelt szintű képzés, vagy szakkör keretén belül sikerül csak időt szakítani a téma feldolgozására. Évek óta lehetőségem adódik a Wigner Fizikai

Kutatóközpont Nagyenergiás Fizika Osztályának munkájába bekapcsolódní, ahol gáztöltésű detektorok fejlesztése folyik. Érdeklődő diákjaimból alakítottam egy csoportot, akik az elmúlt 4-5 évben megismerkedhettek az ott dolgozók tevékenységével, és maguk is bekapcsolódhattak a kutatásokba. Az eddigi tapasztalatok egyértelműen bizonyítják, hogy létjogosultsága van az

oktatásban a kutatásalapú tanításnak is, hiszen ezzel a tanórán kívüli oktatási módszerrel a diákok az elméleti ismeretek megszerzésén kívül a gyakorlati elemeket is elsajátíthatják.

2 ELŐZMÉNYEK

Kezdetben diákjaim, általában 4-6 főből állt a kutatócsoport, egyszerű méréseket végeztek, a detektorokhoz szükséges anyagokat, fűliákat teszteltek többszörös szórási kísérletek segítségével [1]. Mindeközben ismerkedtek a laboratórium berendezéseivel, figyelték a fizikusokat kísérletezés közben. Később összetettebb feladatokat is kaptak, például meg kellett tervezniük, és össze kellett állítaniuk egy olyan mérőműszert, amely nanoamper nagyságrendű áramok mérésére alkalmas [2]. A detektorok általában 1-2 kV nagyságú feszültségen működnek, viszont a hozzá tartozó áramerősségek nagyon kicsik.

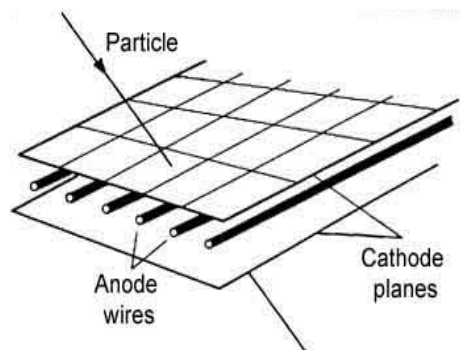
3 DETEKTOROK A FIZIKAÓRÁKON

Majdnem minden fizikaszertárban megtalálható a Geiger-Müller féle számlálócső, amely az ionizáló sugárzás észlelésére képes. A keletkezett jelet egyenesen egy számlálóba lehet vezetni, vagy egy hangszóró alkalmazásával hallhatóvá tenni. Egyszerűsége miatt radioaktív sugárzások gyors kimutatására alkalmas eszköz viszont a középiskolai oktatásban radioaktív anyagok használata nem megengedett.

Sok lelkes fizikatanár készít diákjaival ködkamrát. Ez a majd százéves megfigyelő eszköz, ionizáló sugárzások, töltött részecskék nyomát képes kimutatni a repülőgépek kondenzcsikájához hasonló elven. Oktatási és demonstrációs célokra még manapság is kiválóan használható.

4 MÜONDETEKTOROK

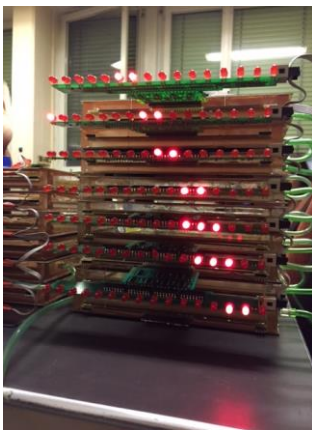
Az utóbbi évtizedben, köszönhetően a Genf közelében elhelyezkedő világhírű nukleáris kutatóközpontban (CERN) működő részecskegyorsítóban (LHC), egyre nagyobb figyelmet kapnak az ott folyó részecskefizikai kutatások. Ott is található kozmikus müonok megfigyelésére alkalmas berendezés, de hatalmas mérete és ára miatt alkalmatlan középiskolai, vagy akár egyetemi oktatási célokra. A REGARD kutatócsoport olyan gáztöltésű detektorok fejlesztésével foglalkozik [3], amelyek a kozmikus sugárzásban keletkező müonok észlelését teszik lehetővé. A müon egy lepton, az elektron kb. 200-szor nehezebb „testvére”, és minden másodpercben több is áthalad rajtunk anélkül, hogy egészségére károsító hatása lenne. Alkalmazott kutatásokban már régóta használják „hozzáférhetősége” és káros mellékhatás nélküli használatának a lehetősége miatt. A laboratóriumban G. Charpak hatvanas évek elején kifejlesztett, Nobel-díjas ötletén alapuló, úgynevezett sokszálas, proporcionális kamrákat (1. ábra) építenek és terveznek.



1. ábra. Sokszálas detektor

Belsejünkben az elektronlavina, és ennek következtében a megfelelő nagyságú elektronikus jel létrejöttét argon-széndioxid (80%-20%) gázkeverék segíti.

A Dr. Varga Dezső vezette kutatócsoport diákjainak is lehetőséget adott egy olyan fejlesztő tevékenységbe való bekapcsolódásra, amely során kísérletet tettünk kozmikus müonok észlelésére alkalmas berendezés összeállítására, amely a középfokú oktatásban is alkalmazható [3]. Időközben, miután egyre több helyen, (konferenciákon, ankétokon) bemutattuk detektorunkat, a fizikatanárok érdeklődését is sikerült felkeltenünk. A folyamat ma már ott tart, hogy több vidéki iskolába járó tanuló is bekapcsolódhatott diák-kutatócsoportunk munkájába, és az elmúlt nyáron, a fizikatanárok CERN-i továbbképzésén sikerült a tanárokkal együtt megépíteni 4 kamrát. Az összeállítás érdekessége, hogy több kamra egymásra helyezésével és összekapcsolásával a beérkező részecskék pályája is meghatározható, és LED-sorok használatával vizuálisan is érzékelhető. (2. ábra)

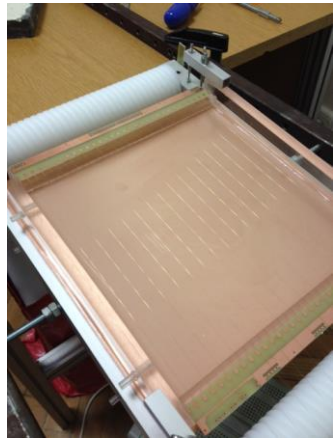


2. ábra. A „villogó” detektor

5 MUNKAFOLYAMATOK

A részecskék detektálására alkalmas berendezésünk több, többnyire 6-8 db kamrából áll. A kamrák mérete különböző lehet, a pontosabb mérőeszközök 80x80 cm-es méretben készülnek, de a tanulók főleg 20x20 cm-eseket készítenek. Ezekben 16 vastag és 16 vékony szálát helyezünk el, az előbbieket az elektromos tér formálását szolgálják, a vékonyak, az anódszálak nagy feszültség alatt vannak, 1500 V-körüli értéken, és ide áramlanak a keletkező elektronok, tipikusan centiméterenként kb. 100 db.

A kamra egy zárt doboz, amelynek a fedőlapjai rézzel bevont lapok, és ezek töltik be a katód szerepét. Az oldalfalak plexi rudakból készülnek, amelyeken a gázcsövek számára megfelelő méretű lyukakat kell fúrni. A szálak rögzítéséhez előbb a plexi rudakra forrasztási pontokkal ellátott „nyák” lemezt kell ragasztani, utána egy vezetőkeret segítségével kell a szálakat adott feszességre feltekerni. A vastag szál 100 µm vastagságú bronz-, (3. ábra)



3. ábra. Vastag szálak tekerése

a vékonyabb, 25 μm -es aranyozott wolframszál.

Elsőként a mechanikai munkálatokat kell elvégezni, a diákok megismerkednek az esztergagép és az ipari fűrógép használatával, bár több szükséges elem méretre készítve áll rendelkezésükre. Meg kell tanulnia mindenkinek forrasztani is, hiszen a szálak forrasztással történő biztonságos rögzítése létfontosságú feladat.

A ragasztás, bár a minden barkácsboltban megtalálható, közönséges, kétkomponensű ragasztóval történik, az egyik legfontosabb munkafázis, hiszen detektorunk gázzal van feltöltve, és a legkisebb rés sem engedhető meg. Ráadásul a ragasztó 5 perc elteltével használhatatlanná válik, tehát sietni kell, de közben az egyenletes eloszlásra és a pontos elhelyezésre is figyelni kell. Első alkalommal még több-kevesebb hibával dolgoznak mind a tanárok, mind a diákok, de hamar ráérez mindenki saját tapasztalatai alapján.

A száltekerés folyamata már egy hosszabb kutatás, kísérletezés eredménye, cél volt a hatékonyság, a gazdaságosság növelése, az időfaktor csökkentése mellett. Jelenleg egy előre legyártott vezető keret mindkét oldalára elhelyezünk egy-egy, fél detektort, így a hulladékként elvesző szálak mennyisége jelentősen csökken. Ez főleg az anódszálak esetében lényeges szempont, hiszen ezeknek bekerülési költsége igen magas. A szálak azonos feszességét egy motor segítségével biztosítjuk, az ellenirányú feszítőerőt kb. 5-6 V feszültséggel érjük el.

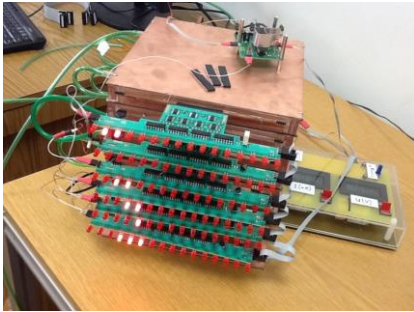
A szálak pontos beigazítása után következik azoknak leforrasztása, amely csak egy kis gyakorlást igényel. Azt tapasztaltuk, hogy ezt fiatal, idősebb ügyesen végezte, korlátot legfeljebb a

látás élessége jelentette. A forrasztásnál arra mindenképen figyelni kellett, hogy szétfröccsenő ön ne kerüljön be a gáztérbe. Erre az egész munka során nagyon kell figyelni, bár ezeket a demonstrációs célt szolgáló kamrákat nem úgynevezett „tisztá laborban” készítjük, igyekszünk minél tisztább körülményeket biztosítani. Izopropil alkohollal mindent, a munkaasztalt és az egyes elemeket gondosan áttörölgetünk használat előtt.

A kamra lezárása szintén ragasztással történik. Ezt követi a „lyukkeresés”, amit elsőként szabad szemmel, sikertelenség esetén speciális eszközzel végzünk, amely a kereskedelmi forgalomban is kapható.

A mechanikai munkálatokat az elektronikai feladatok követik. A beérkező kozmikus részecske ionizálja a kamrában lévő nemesgázt, úgynevezett elektronlavinát hozva létre. Az anódszálhoz érkező jelet elektronikus formában tudjuk érzékelni, és ennek érdekében a detektorunkhoz különféle áramköri elemeket, ellenállásokat, kondenzátorokat, nagyfeszültségű csatlakozókat kell forrasztani. Az egyes kamrákat, hiszen többet szeretnénk egymás fölé helyezni, elektronikus összeköttetéssel hozzuk kapcsolatba, és a gázcsövek segítségével a beérkező gáz is szabadon áramolhat mindegyikén át.

A kamrarendszer lelke a trigger (4. ábra), amely a megfelelő pillanatban jelet ad, és indítja a mérést. Ennek az eszköznek az elkészítését, és a kiolvasó elektronikát is diákok készítik, így sikeresen tudják alkalmazni a szakközépiskolájukban tanultakat. Ha részecskék kétdimenziós pályáját is láthatóvá szeretnénk tenni, az előre elkészített 16 LED-ből álló égősort is csatlakoztatjuk a 16 csatornás



4. ábra. A detektor „lelke”, a trigger

detektorokhoz, így az egymásra helyezett készülékek különböző helyein jelet adó részecske irányát is meg tudjuk határozni.

Ha részecskék kétdimenziós pályáját is láthatóvá szeretnénk tenni, az előre elkészített 16 LED-ből álló égősort is csatlakoztatjuk a 16 csatornás detektorokhoz, így az egymásra helyezett készülékek különböző helyein jelet adó részecske irányát is meg tudjuk határozni.

Az egyes munkafolyamatok nem tűnnek megoldhatatlannak, diákok sokasága, és több lelkes tanár bizonyította már, hogy képes mindenki ezeknek elvégzésére. Az apró részletek viszont jelentős mértékben befolyásolhatják a mérés sikerességét, ehhez nyújtanak minden alkalommal óriási segítséget a laboratóriumban dolgozó fizikusok.

A detektorok fejlesztésére irányuló kutatómunka további célja a méret optimális kiválasztása, a detektorrendszer biztonságos szállításának megoldása, és a gáz minél egyszerűbb biztosítása. A középiskolások bevonásával történő kutatások egyre nagyobb körben válnak ismertté, budapesti és vidéki középiskolákból egyaránt érkeznek lelkes, érdeklődő tanulók, hogy az ott

dolgozók támogatásával, gyakorlati ismeretek elsajátítása közben ismerkedhessenek a részecskefizika alapjaival. Az elvégzett munka közben szembesülnek azokkal a tényekkel, hogy a saját maguk által épített eszköz működését csak a fizika törvényeinek ismerete által tudják maradéktalanul megérteni. Indirekt módon történik a kutatásalapú fizikaoktatás, hiszen a diákok a fizikusok tevékenységének figyelése és a detektorok megépítése közben fedezik fel a tanulás szükségességét. A tapasztalatok megszerzése közben értelmet nyernek a képletek, a folyamatok, csapatmunkára készíteti őket, és a maguk mellett látott példa pozitív hatással van továbbtanulási terveikre is. A diák-kutatócsoportban az elmúlt években megforduló diákok mindegyike műszaki vagy természettudományos pályát választott, de van közöttük olyan is, aki ma már munkahelyének tudhatja a laboratóriumot.

Számos diáksiker is köthető ennek a kutatómunkának a végzéséhez, InnoDiák, TUDOK, vagy az EU F fiatal Tudósok versenyén két középiskolás tanulónk is kimagasló eredményeket ért el.

6 ÖSSZEGRÉS

Az eddigi tapasztalataim azt mutatják, hogy sok szempontból érdemes a diákokkal kutatásalapú fizikaoktatásba kezdeni, mert ennek során mélyebb és szélesebb körű ismeretekre tehetnek szert. A kozmikus müonok észlelésére újabb és újabb típusú eszközöket szeretnénk kifejleszteni, természetesen a tanulók bevonásával. Az úgynevezett „hands-on minds-on” módszer, vagyis hogy a saját maguk által megépített kísérleti eszközök által kerülnek a diákok

közelebb a fizika törvényeihez, egyre elterjedtebb, és számos sikert eredményez.

Ehhez viszont arra is szükség van, hogy a tanároknak is lehetőségük legyen bekapcsolódní ezekbe a gyakorlatokba. Ennek elősegítésére dolgoztunk ki egy hosszú távú programot a CERN részecskefizikai kutatóközpontban rendezett továbbképzés keretein belül, ahol minden résztvevő fizikatanár belepillanthat a sokszálas kamra építésének folyamatába, és aktívan részt is vehet az eszköz megépítésében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőimnek, Dr. Horváth Dezsőnek és Dr. Varga Dezsőnek, hogy lehetőséget biztosítottak kutatómunkám végzéséhez, amely a MTA „Lendület” Innovatív Detektorfejlesztő Kutatócsoport keretén belül folyik.

ÍRODALOM

- [1] Mária Éva Oláh, Csilla Fülöp: Teaching particle physics in a research laboratory, Prague, 2014, ISBN 978-80-7378-266-5, pp. 844-851
- [2] Oláh Éva Mária, Részecskefizika tanítása kutatólaborban, Fizikai Szemle (2014) LXIV. évf. 9. sz. pp. 317-320
- [3] Cosmic Muon Decector Using Proportional Chambers. , D. Varga, Z. Gál, G. Hamar, J. S. Molnár, É. Oláh, P. Pázmándi, Eur.J.Phys. 36 (2015) 065006, EJP-101114.R1