

# Kutatódiákok a Wignerben

*Oláh Éva Mária<sup>1</sup>, Schramek Anikó<sup>2</sup>, Horváth Norbert<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Bálint Márton Általános Iskola és Középiskola  
2045 Törökbálint, Óvoda utca 6.

<sup>1</sup>MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont  
1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út. 29-33.

<sup>2</sup>Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium  
1082 Budapest, Horváth Mihály tér 8.

<sup>3</sup>Baár-Madas Református Gimnázium  
1022 Budapest, Lorántffy Zsuzsanna utca 3.

---

*A természettudományok iránti érdeklődés csökkenő számának okán sok intézmény döntött úgy, hogy már a középiskolások között igyekeznek diákokat megnyerni, utánpótlást találni. A MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont is több, ennek a korosztálynak szánt programot hirdet meg minden évben. 2017-ben indult új programjukba a középiskolásokat komoly munkába vonják be, részecskefizikai detektorok építésében vehetnek részt. A munkafolyamatok során a megszerzett ismeretek gyakorlati alkalmazása mellett foglalkozhatnak a nukleáris témakörök többségével, magfizikai folyamatok elemzésével, kísérletek végzésével ismerkedhetnek a szubatomi világ rejtelmeivel, törvényszerűségeivel. A detektorok demonstrációs céllal készülnek, a középiskolai bevezetés lehetőségét is vizsgálva, ugyanis manapság a magfizika szemléletes tanításához az iskolákban nincs jól bevált eszköz.*

---

## Bevezető

A fizikaoktatás az elmúlt években, főleg a legújabb Nemzeti alaptanterv [1] bevezetése óta nagymértékben megváltozott. A különböző diszciplínák nem határolódnak el élesen egymástól, a kerettanterv ajánlásokat ad az egyes tantárgyak közötti átjárhatóságra, adott témakörök tanításánál a kapcsolódási pontokra. Alapelve az egységes természettudományos gondolkodás kialakítása. A fejlesztendő készségek és képességek a természettudományos műveltség megszerzését, gyakorlati alkalmazását teszik lehetővé. Maga a fejlesztés tartalomba ágyazottan történik, a természettudományok közös kulcsfogalmihoz, alapvető elméleteihez és modelljeihez kapcsolódva. A természettudományos gondolkodás kialakításához nélkülözhetetlen a gyakorlatban való alkalmazhatóság lehetőségének felismerése, amelyhez különböző kutatóprojektek is szükségesek. A kutatásalapú oktatás a világ számos országában régóta ismert, bevezetése hazánkban még gyerekcipőben jár. Határozott törekvések vannak arra vonatkozóan, hogy a diákok a tanórán úgynevezett nyitott végű problémákkal is foglalkozzanak, ne a tanár mutassa meg, mi lesz például egy kísérlet eredménye [2].

Magyarországon már voltak erre vonatkozó kezdeményezések. Említhetnénk Dr. Jarosievitz Beáta különböző projektjeit [3], "Humán-infra képalkotás és diagnosztika", "Egész-test radioaktivitásának mérése", valamint "Környezeti minták radioaktív analízise" témakörökben.

A mi kutatásaink alkalmával a diákok a fizika olyan területével ismerkedhetnek meg ezen módszerekkel, amelyek a középiskolai oktatás részét nem képezik. A tananyagban szerepel az atommag fizikája vagy a kvantummechanika, de a nukleonok belsejében lezajló folyamatok tárgyalására legfeljebb szakköri feldolgozás során van lehetőség.

## Kutatói lehetőségek diákok számára

Kutatómunka végzésére egy mai középiskolásnak szinte csak az iskola keretein belül van lehetősége, lelkes fizikatanárok szakkörökön, emelt szintű tanórák keretein belül próbálkoznak a kísérleti alapon történő felfedező módszerrel. Minisztériumi pályázatok kerülnek egyre nagyobb számban kiírásra, hogy ezen az iskolák változtatni tudjanak, egyetemekkel, kutatóintézetekkel kötött megállapodási szerződést követően lehetősége legyen 2-5 fős diákcsoportoknak bekapcsolódni különböző kutatásokba. Évek óta nagy sikerrel pályázunk az Emberi Erőforrások Minisztériuma által támogatott „Útravaló, Út a tudományhoz” [4] és a Nemzeti Tehetség Programra, ezek kapcsán kezdődött kapcsolatunk a MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjával [5]. A Részecske és Magfizikai Intézet Nagyenergiás Fizikaosztályán Dr. Varga Dezső vezetésével működik az MTA Lendület Innovatív Detektorfejlesztő Kutatócsoport, amely többfajta részecskefizikai észlelő berendezéssel foglalkozik. Nagy hangsúlyt fektetnek az utánpótlás oktatására is, doktoranduszok, egyetemisták folyamatosan kapnak lehetőséget kutatóprojektjeik

elvégzésére, de az utóbbi években ez kiegészült középiskolások fogadásával is.

Sajnálatos módon egyre kevesebb középiskolás diák választja a fizikusi, vagy a műszaki tudományos pályát, ezért változtatásokra van szükség mind a közoktatásban, mind a kutatóintézetek részéről. Ezt felismerve ismerkedhetnek immár hatodik éve a középiskolás diákok a kutatómunkákkal, részt vehetnek a Kutatóközpontban dolgozók mindennapos munkájában.

## Kutatótanári laboratórium

Első alkalommal, tulajdonképpen még csak kísérleti jelleggel került kiírásra a Wigner Fizikai Kutatóközpont által egy úgynevezett „Kutató tanári program”, amely nem azonos az életpálya besorolással, de azzal a céllal, hogy a kutatásokkal foglalkozó fizikaszakos tanárok bekapcsolódhassanak diákjaikkal effajta tevékenységekbe. A pályázatnak köszönhetően a 2017/2018-as tanévben két budapesti gimnázium (Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Baár-Madas Református Gimnázium) kapott lehetőséget arra, hogy fizikatanáruk vezetésével az általuk kiválasztott diákokkal részt vehessenek egy detektorépítő programban. A Fazekas Gimnázium fizikatanára, Schramek Anikó, aki doktori tanulmányait végzi az ELTE Fizika Doktori Iskolájának Fizika Tanítása Programján, demonstrációs céllal sokszálas proporcionális kamrákat készít tehetséges és motivált diákjaival együtt. A kutatótanári laboratórium vezetője Oláh Éva, aki szintén a fent említett képzés keretein belül doktorjelölt státusszal rendelkezik. Horváth Norbert a Baár-Madas Gimnázium tanára évek óta készíti fel diákjait nagynevű fizikaversenyekre és ér el velük kimagasló eredményeket. Az Innovatív Detektorfejlesztő Kutatócsoport nemzetközi szintű kutatómunkával foglalkozik, részt vesznek például a CERN ALICE kísérletében is, úgynevezett időprojekciós kamrák (TPC) fejlesztésében, illetve Tokiói Egyetemen közösen végzett kutatásban is figyelemreméltó sikereket érnek el, működő vulkánok feltérképezéséhez fejlesztenek müon-detektorokat [AHEP]. Hatalmas eredmény, hogy ebben a tevékenységben évek óta középiskolás diákok is teret kapnak, szinte hihetetlen, hogy a professzionális eszközök megépítésében is segídezhetnek.

Oláh Éva éveken keresztül dolgozta ki a kutatásalapú oktatás lehetőségét a detektorfejlesztő laboratórium és dolgozóinak támogatásával, korábbi iskolájába járó fiúkkal először csak egyszerűbb feladatokat végeztek, műhelymunkákkal ismerkedtek meg, elektronikai részfeladatokat kaptak, vagy teszteltek detektorokhoz szükséges különböző anyagfajtákat [6]. Jelenleg csak lányokból álló kutatócsoportot vezet, akik iskolájának, a Bálint Márton Középiskolának tizedik évfolyamának tanulói.

Oláh Éva ajánlásával és később hathatós segítségével Horváth Norbert egy nyertes NTP-MTTD-15-ös pályázattal kapcsolódhatott be tehetséges tanítványaival a detektorépítésbe a dr. Varga Dezső vezette csoportban. Az akkor maturáltak mindannyian fizikusjelöltek valamelyik hazai, ill. külhoni egyetemen [7].

A jelenleg futó kísérleti programban így összesen három különböző iskola 3-4 fős csoportja vesz részt, heti rendszerességgel látogatják a kutatóközpontot tanítási kötelezettségeik elvégzése után.

## Müondetektor a középfokú oktatásban

Az első sokszálas proporcionális kamra készítője Georges Charpak (1992 Nobel-díj), működése a töltött részecskék ionizáló hatásán alapszik. A kamra a Geiger-Müller számlálóhoz hasonlóan működik, részletes működését egy angol nyelvű cikk mutatja be [8]. A detektor belsejében lévő, gázon áthaladó részecske ütközik a gáz atomjaival, a keletkező szabad elektronok felgyorsulva újabb ütközéseket eredményeznek, így egy úgynevezett elektronlavina jön létre és kelt jelet a kamrában elhelyezett vezető szálakon. A sok szál szerepe éppen az, hogy a jelek keletkezésének helyeiből a részecske pályájára következtethetünk.

A kamra általunk használt formája az intézet fizikusainak ötlete alapján készül, a célok között az egyszerű és költséghatékony gyártási mód szerepelt. Ez fontos szempont, mert a kamrát akár részecskék detektálására nagyskálás „átvilágításhoz” [9], akár földalatti üregek felderítésére használják [10], esetenként nagy felületet fednek le, így nagyszámú kamrára van szükség.

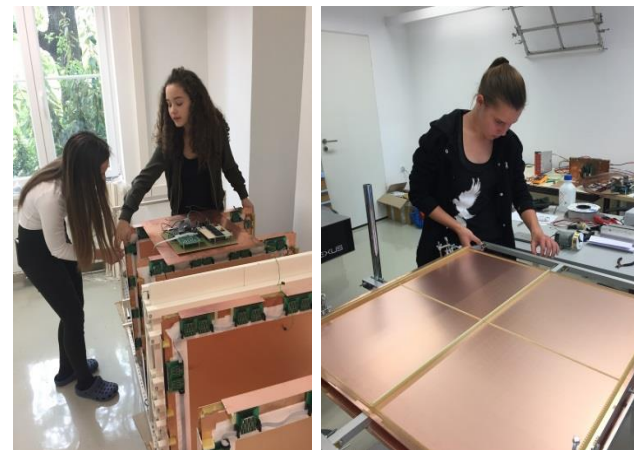
## A kamra építése

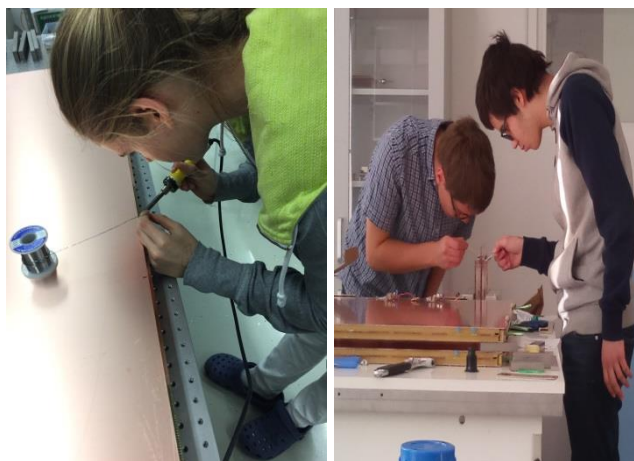
A kamra alapját és tetejét nyáklemezek, oldalát erre a célra legyártott plexi falak alkotják. Ezeket precíz illesztés után kétkomponensű ragasztóval rögzítjük egymáshoz. A speciális vezetőkeket egy erre a célra kifejlesztett eszköz alkalmazásával, tekerve illesztjük a helyükre, majd szálanként forrasztással rögzítjük (1. ábra).



1. ábra: Ragasztás és száltekerés

A vastagabb szálak tipikusan 100  $\mu\text{m}$  vastagságú bronzból, a vékonyabbak 24  $\mu\text{m}$  vastagságú aranyozott wolframból készültek. A szálak távolsága 12 mm, az általunk készített kamrák alapja, 20 cm $\times$ 12 cm, magasságuk 2 cm, de a diákok a 80 cm $\times$ 80 cm méretű detektorok készítésében is segítenek alkalmanként, illetve az intézetben a fejlesztéseknek köszönhetően újabban 80 cm $\times$ 120 cm méretű eszközök is készülnek (2. ábra).





2. ábra: Segítség a nagydetektorok építésében

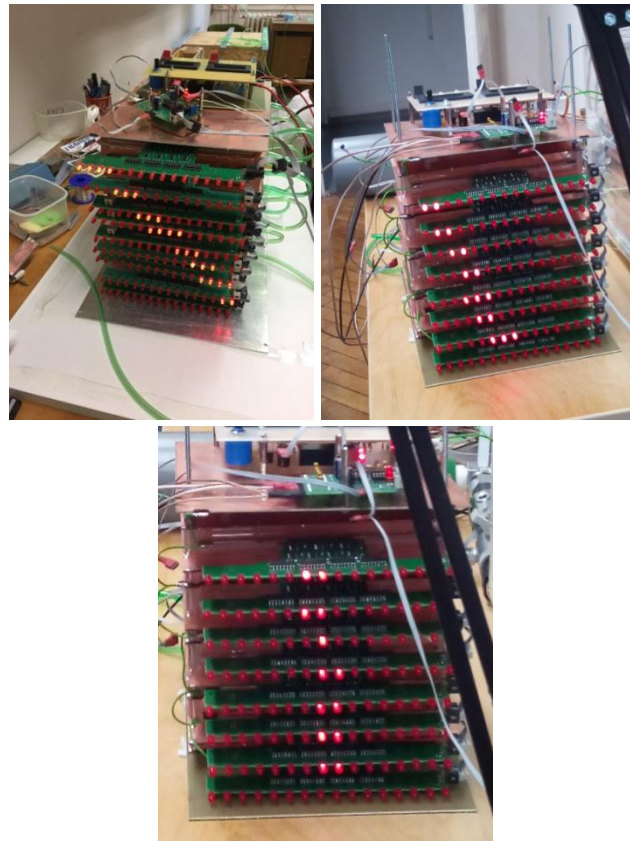
Az 1650 V-os nagyfeszültségre kapcsolt anódszálak a speciális, 24  $\mu\text{m}$  átmérőjű W-Au szálak. Kellően kis átmérőjüknek a térerősség nagyságában van szerepe, emellett pedig fontos, hogy a mechanikai igénybevételnek is megfeleljen. Ez jelentős részt jelent a költségekből, hiszen az arannyal bevont száltekercs „aranyárban” van. Az intézetben kifejlesztett tekerceselő eszköz szerepe a munka gyorsabbá és egyszerűbbé tétele mellett az, hogy az e szálakból keletkező hulladék mennyisége a lehető legkisebbre csökkenjen. Ennek során két kamrát egy vízszintes tengely körül forgatható keret két oldalára rögzítünk. A keret tengellyel párhuzamos oldalain egy megfelelő távolságra található vájatokkal ellátott műanyag henger található, a tekerceselés idejére ezek a vájatok rögzítik a szálakat. A folyamat végén az ideiglenes rögzítést forrasztással tesszük véglegessé. Az eszköz segítségével egyszerre két kamrát is tudunk tekerceselni, miközben csak az átforduláshoz szükséges darabok esnek le. A vastagabbak, az úgynevezett térformáló szálak, amelyek az anódszálak között helyezkednek el felváltva, a teret, illetve az erővonalak elrendeződését optimalizálják, átmérőjük 100  $\mu\text{m}$ . Ezeket ugyanezen eszközzel illesztjük a helyére, majd - a kamra szálakkal párhuzamos alsó és felső lapjához hasonlóan - föld potenciálra kötjük. A ragasztás után a lezárt kamrákat ellenőrizzük, hogy nem maradtak-e lyukak, ahol a gáz megszökhet előlük (3. ábra).



3. ábra: A lezárt kamra ellenőrzése

Ez nem könnyű feladat, szemmel sokszor nem láthatók a rések, ezért speciális gázszivárgást mérő eszközt is használunk. A kamrákba töltött gázkeverék összetételét is kísérletek előzték meg, minden szempontból legkedvezőbbnek az argon és szén-dioxid 4:1 arányú keveréke bizonyult, ezért ezt használjuk. A kész kamrát lassan, körülbelül 5 liter/óra sebességgel töltjük fel és a

továbbiakban a gázt áramoltatjuk működtetés közben. Az elektronlavina következtében már mérhető jeleket tudunk észlelni a szálakon, és bár a keletkező elektromos jelet akár számítógéppel is fel lehet dolgozni, a mi általunk készített eszközök középfokú oktatásban is használható változatban készülnek, ezért az adott szálak végére kötött LED égősor felvillanása jelzi számunkra az áthaladó részecskét (4. ábra).



4. ábra: „Villogó” detektor

## A müionokról

Az általunk készített detektorokkal müion részecskék pályáját figyelhetjük meg két dimenzióban. A müion a Standard Modell egyik leptonja, az elektronhoz hasonló, csak 207-szer nagyobb a tömege, a kozmikus sugárzásban keletkezik pionok bomlásából. A müion nagyon rövid idő alatt tovább bomlik stabil részecskékre és az élettartama nem tenné lehetővé azt, hogy a földfelszín közelében, sőt, akár alatta is észlelni tudjuk. Az egyik legrégebbi bizonyítéka a relativitáselméletnek az, hogy képesek vagyunk földi laboratóriumokban is méréseket végezni velük. Még egy fontos eleme az eszköznek, hogy középfokú oktatásban is alkalmazható, a szemléletes bemutatás mellett olyan sugárzást használunk, amely „ingyen” van és nem káros az egészségre.

## További munkálatok

A diákok a rendszeres látogatásaik alkalmával olyan feladatokat is végezhetnek, amelyekkel a gimnáziumi oktatás keretein belül soha nem lenne alkalmuk megismerkedni. A műhelyekben ipari fűrógéppel, fűrésszel, vágóberendezéssel készítik elő a detektorhoz szükséges elemeket, természetesen megfelelő felügyelet mellett (5. ábra).



5. ábra: Műhelymunkák

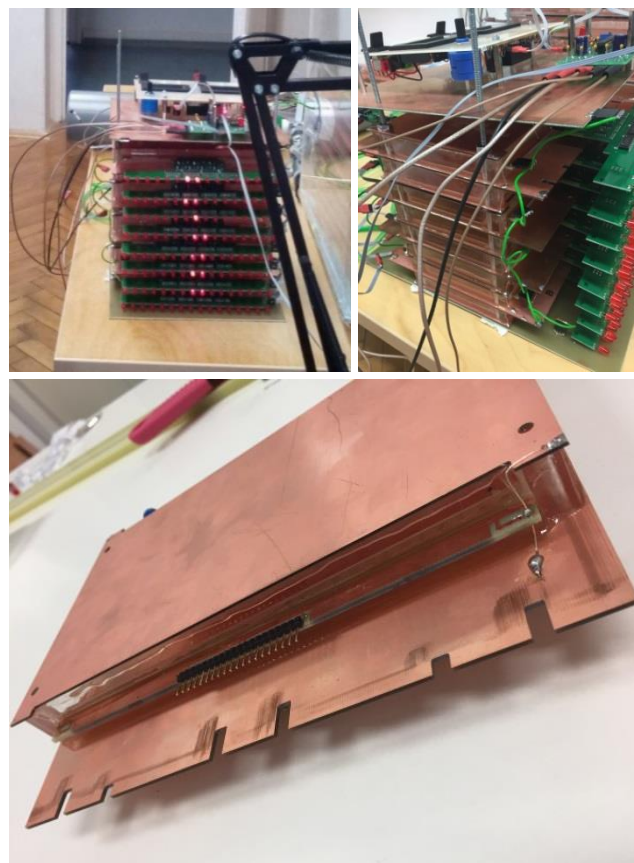
A kamrák lezárását követően pedig a kiolvasáshoz szükséges elektronikai alkatrészeket kell beforrasztaniuk a megfelelő helyekre (6. ábra). Eközben megtanulják, mit jelentenek a kondenzátorokon lévő feliratok, miért csíkosak az ellenállások és az adott színek mekkora ellenállást jelentenek.



6. ábra: Forrasztás közben

A nagyfrekvenciás zajok kiszűrésének céljából egy két ellenállásból és egy kapacitásból álló áramkört kapcsolunk az anódszálakhoz. A jelek észlelése a kamrára rögzített áramkört lapon történik. Az anódszálakról érkező jel mellett a térformáló szálakon is megjelenik egy feszültségimpulzus, a LED az egyidejű jelek keletkezésékor villan fel.

A diákok a fentieknek megfelelően sok munkafolyamatban vehettek részt, esetenként tanulhatták meg azokat. Ezek között a fűrészelés és a ragasztás éppen úgy előfordul, mint a tekercselés vagy a forrasztás. A részecskék nyomának követése céljából több kamrát helyezünk egymásra, mind a föld potenciálra, a jelek továbbításához pedig az erre alkalmazott áramkörökre. Az ezekhez szükséges, végükön kivezetésekkel ellátott vezetéseket szintén a diákok készítették (7. ábra).



7. ábra: A kész detektor

## Tanulás kicsit másképp

A különböző munkafolyamatok előtt mindig előzetes elméleti oktatásban részesültek a tanulók, a laboratóriumvezető kutatói mindig elmondták mit, miért és hogyan kell használni, milyen folyamat eredményezte az eszközök kialakítását, illetve természetesen a szükséges fizikai hátteret is átbeszéltek a diákokkal. Ebben nekünk, tanároknak is nagy szerepünk van, hiszen a tananyagban többnyire még nem tartunk az adott témakörnél, ezért előzetes és utógondozásra is szüksége van a diákoknak a jobb megértés érdekében. A kamra működési elvéről és alapvető felépítéséről érdemes már az első látogatás előtt beszélgetni a diákokkal. Ebben nagy segítséget nyújt az az egyedülálló lehetőség, amelyet a CERN nyújt fizikatanárok számára [11], részt vehetnek egy hetes továbbképzésen a Genf melletti részecskefizikai kutatóközpontban. Ebben az öt napban a tanárok is építhetnek detektorokat, a népszerű ködkamra mellett pár éve már műion kamrák összeállítására is lehetőségük van [12]. Ezáltal tudást és magabiztosságot szerezhetnek egy hasonló projekthez, amelyhez az egyetemen tanult tananyag elsajátítása nem elegendő. A munkák közben felmerülő kérdésekre mi, tanárok sem tudjuk mindig a választ, nekünk is folyamatosan tanulnunk kell a terület szakavatott fizikusaitól, de a mai, fejlődő világunkban nekünk is tájékozottnak kell lennünk a legújabb kutatási eredményekkel kapcsolatban. Van olyan témakör, mint például az elektrodinamika, amely a középiskolai tananyag részét képezi, de emellett olyan diszciplínákkal is kell foglalkoznunk, mint a részecskefizika, relativitáselmélet, kvantumelektrodinamika, amely legfeljebb a szakkörök, vagy az emelt szintű képzések során kerül tárgyalásra.

Volt, hogy szóba jött például a határozatlansági reláció, vagy az idődilatació, amely kapcsán természetesen egyéb kérdések is felvetődtek, így nagyon izgalmas foglalkozások alakultak ki, mindig hatalmas öröm motivált, érdeklődő gyerekekkel foglalkozni. Vagyis az iskolában végzett „háttér munkánknak” óriási szerepe van. Emellett sokszor hívunk külső előadókat, vagy mi tartunk a továbbképzéseink alkalmával elsajátított ismereteinkről foglalkozásokat. A diákokkal folytatott beszélgetésekből az is kiderült, hogy sok ismeretet önállóan szereznek meg, és igyekeznek a témának mindig utánanézni.

A munkában részt vevő diákok lelkesek, nyitottak voltak már korábban is, az órán való aktív részvétel mellett egyéb fizikához köthető programokban is számíthatunk rájuk. A szakkörökön, iskolai vagy egyéb rendezvényeken fellelhető fizika témájú előadásokon mindig részt vettek, tudásukat versenyeken elért eredményeik is bizonyítják. A programra jelentkező – szerencsére nagyszámú – tanuló közül azok kapták meg ezt a lehetőséget, akikről korábban már látszott a fizika iránti elhivatottságuk, szándékaik szerint fizika területen szeretnének továbbtanulni.

## Összegzés

Fentiek alapján azt tapasztaljuk, hogy a valódi kutatás, kísérletezés a vártnál is több alkalmat ad a tanulásra. Míg az osztályteremben többnyire induktív módszerekkel vezetjük be az adott témakört, a kutatómunkák során a szinte játékos építési feladatok közben észrevétlenül tanulják meg az elméletet, maguk jönnek rá, hogy az eszköz működésének mélyebb megértéséhez milyen ismeretekre van szükségük. Mi mentortanárok is minden alkalommal ott vagyunk diákjainkkal, munka közben jó hangulatú, kötetlen beszélgetések alakulnak ki, így rengeteg új ismeretet adhatunk a tanulóknak és további kérdéseket vehetünk fel bennük. Emellett óriási a program motiváló hatása. A diákok a felmerülő kérdéseknek saját kíváncsiságuk okán néznek utána, több oldalról járnak körül egy-egy jelenséget. A pályázat különleges lehetőséget jelent, de talán maga a módszer – a tevékenyen tanulás – átültethető iskolai körülményekre is. Reményeink szerint ezt a jövőben sikerrel fogjuk alkalmazni, így nagyobb létszámban élhetnek át mind a diákok, mind mi, tanárok hasonlóan motiváló alkalmakat.

---

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket szeretnénk kifejezni a Magyar Tudományos Akadémia Wigner Fizikai Kutatóközpontja Főigazgatójának, Dr. Lévai Péter Józsefnek, hogy lehetőséget nyújtott kutatásainkhoz, témavezetőinknek Dr. Cynolter Gábornak, Dr. Horváth Dezsőnek és Dr. Varga Dezsőnek, akik nagymértékben segítették munkánkat.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

---

## Irodalomjegyzék

- [1] [https://ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk\\_nat\\_20121.pdf](https://ofi.hu/sites/default/files/attachments/mk_nat_20121.pdf) (2018. 02. 26.)
- [2] <http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2016/03/06.pdf> (2018. 02. 26.)
- [3] Beata Jarosievitz: ICT, Multimedia used in the national and international educational projects In: *Informatika* 38. szám, 2011. pp.22-26.; ISSN: 1419-2527 Letölthető innen: [http://www.sukjaro.eu/Bea/pdf/informatika\\_38\\_6.pdf](http://www.sukjaro.eu/Bea/pdf/informatika_38_6.pdf)
- [4] [http://www.emet.gov.hu/hatter\\_1/ut\\_a\\_tudomanyhoz/](http://www.emet.gov.hu/hatter_1/ut_a_tudomanyhoz/) (2018. 02. 26.)
- [5] [http://www.emet.gov.hu/felhivasok/nemzeti\\_tehetseg\\_program143/](http://www.emet.gov.hu/felhivasok/nemzeti_tehetseg_program143/) (2018. 02. 26.)
- [6] Oláh Éva Mária, Részecskefizika tanítása kutatólaborban, *Fizikai Szemle* (2014) LXIV. évf. 9. sz. pp. 317-320.
- [7] Horváth Norbert, Sokszálas gázdetektor építése a Baár-Madas Református Gimnáziumban *Fizikai Szemle* (2016) LXVI. évf. 11. sz. pp. 387-392.
- [8] Dezső Varga, Zoltán Gál, Gergő Hamar, Janka Sára Molnár, Éva Oláh, Péter Pázmándi, *Cosmic Muon Detector Using Proportional Chambers*, *Eur. J. Phys.* 36 (2015) 065006: EJP-101114.R1
- [9] D. Varga, G. Nyitrai, G. Hamar, L. Oláh, *High Efficiency Gaseous Tracking Detector for Cosmic Muon Radiography*. *Advances in High Energy Physics*, Volume 2016 (2016), Article ID 1962317
- [10] L. Oláh, G. G. Barnaföldi, G. Hamar, H. G. Melegh, G. Surányi, D. Varga, *Applications of Cosmic Muon Tracking at Shallow Depth Underground* (en) *Astroparticle, Particle, Space Physics and Detectors for Physics Applications* (2014): , pp 280-284.
- [11] Éva Oláh, Péter Ádám, Noémi Béni, Gergő Hamar, Árpád Horváth, Dezső Horváth Gábor Jancsó, Beata Jarosievitz, Péter Lévai, Csilla Péntek, Csaba Sükösd, Zoltán Szillási, Zoltán Trócsányi, Balázs Újvári, Tamás Vámi, Dezső Varga, *Particle physics education in Hungary*, In *Nuclear and Particle Physics Proceedings (Journal)* 273-275 (2016) 2569-2571 Reference: NPPP709 PII: S2405-6014(15)00951-7, DOI: 10.1016/j.nuclphysbps.2015.09.462
- [12] <https://indico.cern.ch/event/630360/timetable/> (2018. 02. 26.)