

Részecskefizika tanítása középiskolában

Oláh Éva Mária

Témavezetők: Dr. Horváth Dezső emeritus professzor

Dr. Varga Dezső tudományos főmunkatárs

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Fizika Doktori Iskola

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár

Fizika Tanítása Doktori Program

Vezető: Dr. Tél Tamás egyetemi tanár



2017.

Bevezetés

Korunk egyik legdinamikusabban fejlődő tudományágának, a részecskefizikának a hallatán sokan valami nagyon nehéz, mérettartománya alapján szinte elképzelhetetlen objektumokat felsorakoztató tudományágra gondolnak. A régebben végzett középiskolai tanárok egykor, tanulmányaik során alig hallottak a mikrorészecskék fizikájáról. A téma a középiskolai tananyagban még emelt szinten sem szerepel, ezért sok kolléga maga sem érzi szükségesnek a legújabb kutatási eredmények megismerését még annak ellenére sem, hogy a médiában is gyakran találkozunk például az „antianyag”, „isteni részecske” vagy a „részecskegyorsító” kifejezésekkel. A kíváncsi, érdeklődő diák természetesen feltesz fizikatanárának ezekhez kapcsolódó kérdéseket. A válaszok megadásához ugyan sok szervezett program is segíti a kollégákat, mint például a fizikatanárok számára minden évben megrendezésre kerülő CERN-i továbbképzés, vagy a Wigner Fizikai Kutatóintézetben lebonyolított Részecskefizikai Diákműhelyek, viszont ezek alkalmával, az idő rövidsége miatt szinte lehetetlen ennek az összetett témakörnek a megértése és feldolgozása.

Kutatómunkám és dolgozatom célja, hogy olyan módszereket mutasson be, amelyek a részecskefizikának tanórán belüli és kívüli tanítását segítik. A részecskefizika megértése sok diáknak okoz problémát, hiszen alkalmazás szintjén széleskörű fizikai előismereteket követel meg. A részecskefizika igazi megértéséhez szükség van a klasszikus mechanika, elektrodinamika, a magfizika, a kvantummechanika és a relativitáselmélet törvényeinek ismeretére. További problémát jelent, hogy a modern fizika tárgyalására az iskolai tantervekben a szükségesnél sokkal kevesebb idő jut. Az elmúlt évek tapasztalatai szerint a doktori munkám során a részecskefizika tanítására kidolgozott új módszerek, a fenti objektív nehézségek ellenére is eredményesen alkalmazhatók a diákok érdeklődésének felkeltésére és a részecskefizika néhány fontos és izgalmas kérdésének bemutatására.

A módszer lényege a diákok tanári irányítással és tevékeny részvételével segített aktív „kutatómunka”. Diák kutatócsoport szervezésével az érdeklődő tanulók számára lehetőség nyílik a kutatásalapú oktatásba való bekapcsolódásra. Az elemi részecskék megismerését szolgálhatja egy olyan, papírból készült mértani test sorozat, amelyek elkészítését a diákok maguk végzik, így játékos formában alkothatnak szemléletes képet a világunkat alkotó építőkövekről.

Zenei analógiák használata az oktatásban mindig nagy sikert arat, így ennek a művészeti ágnak a mikrorészecskék fizikájával való összekapcsolása is az érdeklődés felkeltésének egyik hatékony módja.

Az oktatásban manapság egyre fontosabb feladat a diákok fizika tantárgy iránti attitűdjének a pozitív irányú megváltoztatása, ennek érdekében a legtöbb tanár nagyon nagy erőfeszítéseket tesz. Különböző, rendhagyó versenyek, programok szervezésével, egyfelől a tanulók szabadidejének értelmes eltöltését segíthetjük elő, másfelől a fizika tanulásának egy

olyan formáját alakíthatjuk ki, amelyben, a nem szokványos volta miatt, a diákok szívesebben vesznek részt.

A fizikatanárok részecskefizikai ismeretei többnyire hiányosak, viszont ennek bővítése nélkül nem várhatjuk, hogy a középiskolás tanulók egyre több alkalommal találkozzanak szakkörökön vagy tanórákon a mikrorészecskék fizikájával. Az alább ismertetett munkám elsősorban a részecskefizika megismertetésére, könnyebb megértetésére irányul, de helyet kap benne a szélesebb körű ismeretterjesztés is a természettudományokon belül.

1. Részecskefizikai detektor építése középiskolai háttérrel

A MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont kozmikus müon-sugárzás vizsgálatára alkalmazott mérőműszert (sokszálas proporcionális számláló) alapul véve iskolai kísérletezésre alkalmas demonstrációs eszköz fejlesztésében vettem részt és építettem ilyen. Az eszköz építésébe diákjaimat is bevontam. A szakköri keretek között végzett munka eredményeként a diákok nem részecskefizikai szakmai ismereteket szereztek, de a fizika egésze iránt is motiváltakká váltak és érettségi után is ilyen irányban tanultak tovább.

A demonstrációs eszköz, a tudományos vizsgálatokra kifejlesztett műszerhez hasonló. Lényegében két nagyobb felületű fémlappal határolt lapos doboz, amelyeket szigetelő fal választ el egymástól. Az alsó fémlaphoz közel párhuzamosan kifeszített vékonyabb és vastagabb fémhuzalok találhatók. A doboz légterét argon-széndioxid keverékű gáz tölti ki. A fémlapokra és a huzalokra megfelelő elektromos potenciált kapcsolva speciális elektromos tér alakul ki a dobozban. A doboz felső lapjába becsapódó kozmikus müonok, nagy energiájuk miatt gyakorlatilag akadálytalanul haladnak át a kamrán. A felső fémlapon át belépő müonok, ha a dobozban egy atommal ütköznek, ionizálhatják azt. A leszakított elektron az elektródák terében gyorsulva ismétlődő ionizációval elektronlavinát kelt, amely a legközelebbi vékony, pozitív potenciálú anódszál áramkörében áramlökést eredményez. A tudományos igényeknek megfelelő müon-detektor nagy felületű és rendkívül precízen kivitelezett mérőeszköz, amelynek hiteles működtetése is különlegesen tiszta laborkörülményeket igényel. Az általam demonstrációs célra kifejlesztett eszköz méreteiben sokkal kisebb a tudományos célra készített változatnál, kivitelezése is jóval egyszerűbb és olcsóbb. Mivel csak a jelenség bemutatása fontos, könnyebben hozzáférhető anyagokat használunk és nincs szükség a elektródák elhelyezésénél sem tizedmiliméteres pontosságra, a töltőgáz extra tisztaságára, stb. Demonstráció esetén a müonok becsapódását világító LED-ek jelzik. Ha a leírt eszköz több példányát egymásra helyezük a felső dobozba belépő müon áthalad a kamrák során. Ha az ionizáció több kamrában is fellép, a világító diódák sora elénk rajzolja a müon pályájának függőleges síkba eső vetületét.

Az eszközt az előzetes tervezés után szakközépiskolás diákjaim bevonásával, szakköri keretek között építettük meg. A szakkör programját részletesen kidolgoztam. A diákok először a mag- és részecskefizika alapjaival ismerkedtek meg, majd a szakkör helyszínét a Wigner Fizikai Kutatóintézet detektorépítő laboratóriumába helyeztük át, ahol a kísérleti kutatómunkával, a

detektorok működésével ismerkedtek a középiskolások. Ezt követte az egyszerűsített müondetektor megépítése. A szakközépiskolások aktívan részt vettek a műszerépítés minden lépésében. A projektet az évek során más-más diákokkal többször is megismételtem, amely során a feldolgozás módszerei éppúgy fejlődtek, mint a műszerek. A projektmunka legfontosabb eredményének azt tartom, hogy beigazolódott, hogy szakközépiskolás diákok körében is lehet színvonalas tehetséggondozó munkát végezni nemcsak gimnazistákkal. A tanár és a diákok közös munkája motiválóan hat a diákokra. A projektben résztvevő diákoknak látványosan javultak a fizikában mutatott iskolai eredményei és legtöbbszörük sikeresen folytatja tanulmányait fizikus vagy mérnök hallgatóként.

A projektet fizikatanárok számára szervezett hazai és nemzetközi fórumokon is bemutattam, műszerépítő középiskolásaim sikerrel szerepeltek több diákpályázaton.

Kapcsolódó publikáció: [1], [2], [3], [4]

2. A részecskefizika szemléletes oktatása papírkockák segítségével

Új módszert és szemléltető segédanyagot dolgoztam ki az elemi részecskék diákok számára érdekes, de nehezen áttekinthető rendszerének tanításához, beleértve a részecskefizikai változásokra jellemző speciális megmaradási tételeket is. A módszer a diákok cselekvő aktivitásán keresztül, játékos formában segíti az ismeretek rögzítését, illetve alkalmazását.

Az atommagokat alkotó protonokat és neutronokat többféle elképzelhetetlenül kicsiny (10^{-18} m nagyságrendű) részecskék, kvarkok építik fel. Mivel ebben a mérettartományban nem sok értelme van a részecskék alakját firtatni, ezzel szemben viszont a különböző kvarkokat hat tulajdonságukkal (kvark-íz) lehet jellemezni, adódott az ötlet, hogy a kvarkokat egyszerű papírkockákkal modellezzük és a kockalapokra felírva jelezzük a neveiket és fontos sajátságait. Ezen túl a papírkocka színezésével a kvarkok úgynevezett színtöltését is jelezzük.

Az ismeretlen mikrovilág érdekli a diákokat. Szívesen vállalják, hogy saját készítésű egyszerű papírkocka modellek segítségével, a természet néhány „játékszabályát” elfogadva játszva tájékozódjanak a szubatomi folyamatok között.

A kvarkok alapvető jellemzőinek ismertetése és néhány alapszabály elfogadtatása után a különböző kvarkokat jelző kockákból a diákok maguk építhetik fel az atomokat alkotó protont és neutronot, illetve a hadronok másik csoportját alkotó mezonokat. A kvarkok kocka-modelljei mellett az erős kölcsönhatás közvetítő részecskéit a gluonokat „szabálytalan” alakú szintén színezett műanyag-részecskék szemléltetik.

Tapasztalataim szerint a kocka-modell segítségével a tanulók gyorsan megjegyzik a részecskefizika legfontosabb alapismereteit.

A kocka-modellel a speciális megmaradási törvények figyelembevételével részecskefizikai folyamatok is illusztrálhatók, illetve elemezhetők. Ezek közt kiemelt figyelmet fordítok a középiskolai tananyagban is szereplő radioaktív béta-bomlás értelmezésére.

A kockák használatának legfőbb pedagógiai célja, hogy a diákok az önmaguk által elkészített részecskemodellek segítségével tanulják meg a részecskefizika alapjait. Bizonyos szabályok elsajátítása mellett saját maguk jönnek rá a mikrovilágban zajló folyamatok törvényszerűségeire. A színek és antiszínek gyakorlására alkalmasak a töltőanyagként használt hungarocell darabok, amelyeket a diákoknak a szabályoknak megfelelően kell festeniük. Ezekkel modellezhetjük az erős kölcsönhatás közvetítő részecskéit, a gluonokat. A játékos feladatok során szellemi erőfeszítésre, alkotó munkára vettem rá a diákokat, amely a tanórákon manapság egyre nehezebb feladat. A tanulókkal folytatott játékos tanulás során saját ötleteikkel is gazdagodott a projekt, például a Nobel-díj kiosztását követően Higgs-bozon és annak bomlástermékei is bekerültek a készletbe.

Kidolgoztam egy módszert a középfokú érettségien rendszeresen előforduló radioaktív bomlások egyikének, a béta-bomlásnak a mélyebb megértéséhez. A diákok ennek során különböző, a tananyagban szereplő megmaradási törvények mellett új, a részecskefizikai folyamatokban előforduló megmaradó mennyiségekkel ismerkedhetnek meg, és egyszerű számolással ellenőrizhetik azok állandóságát. Ennek bemutatásához újabb kockák elkészítésére van szükség, amelyeknek oldalain a megmaradó mennyiségek értékei állnak. A kockák egyidejű forgatásával mindig más törvény ellenőrizhető. Ebben a szemléletes feladatban ismét lehetősége nyílik a diákoknak a kreatív, önálló gondolkodásra, hiszen a bomlás pontos leírásához saját maguknak kell kitalálni a keletkező lehetséges részecskéket. Eddigi tapasztalataim azt mutatják, hogy ezeken a foglalkozásokon örömmel vesznek részt tanítványaim, átélik az alkotás örömét és azt, hogy önmaguk fedezhetnek fel olyan törvényszerűségeket, amelyeket tudósok korábban már megfogalmaztak. A projekt az évek során folyamatosan bővül, mindig új ötletek kerülnek előtérbe, és adnak lehetőséget a mikrovilágban zajló események megismeréséhez.

Kapcsolódó publikáció: [9], [10] előadás: [11], [12]

3. A mikrovilág megismertetése zenei analógiával

A fizika egyes fejezeteinek érdekes, figyelemfelkeltő tanításához bevezettem új, általam kidolgozott módszereket zenei párhuzamok használatával. Hangok különböző eszközökkel való keltésén és elemzésén túl dallamok segítségével magyarázhatók a bolygómozgás törvényei vagy akár a húrelmélet jelenleg ismert tételei. Így a zene jótékony hatását kihasználva diákjaink motivációja növelhető.

A fizika és a zene kapcsolata régóta ismert. Nagy fizikusok, mint Kepler, Newton vagy akár Einstein, de a részecskefizikával foglalkozók is számtalan alkalommal nyúltak a zene adta lehetőségekhez. Tanításom során régóta használom ezt a módszert egyes tananyagok színesítésére, jobb megértéséhez. Például Kepler törvényei a nagy méretekből adódóan

nehezen képzelhetők el, viszont azok, a bolygók „hangjainak” kepleri megszólaltatásával érdekesebbé, és könnyebben megjegyezhetővé válnak. Azt tapasztaltam, hogy bármilyen absztrakció igényes modell egy ilyen fajta hangulati elem segítségével a tanulók számára természetesebbé, „kézzel foghatóbbá” válik. Kutatómunkám során találkoztam azzal, hogy a húrelmélet képviselői találóan, kozmikus szimfóniaként emlegetik az Univerzumban lejátszódó jelenségeket, és bár a szuperhúrelmélet a részecskefizika egy speciális területe, amely elemi részecskék helyett rezgő energiaszálak kifejezést használ, mégis felhasználhatjuk ezt a modellt is a részecskefizika iránti érdeklődés felkeltéséhez Több mint négy évtizede tartó zenei érdeklődésem, és az, hogy magam is játszom klasszikus gitáron, ahhoz a kérdéshez vezetett, vajon a mikrovilágot én is kapcsolatba tudom-e hozni a zenével, és ezen belül egy gitárhúr hangjai megfeleltethetőek-e különféle elemi részecskéknek.

Megmutattam, hogy a láthatatlan mikrovilágban zajló eseményekre fel lehet a diákok figyelmét hívni akár a művészeteken keresztül is, és lehet kapcsolatokat találni zenei hangok és részecskék között, bár nem pontos fizikai tartalommal. Az általam kidolgozott pedagógiai módszer azt a célt szolgálja, hogy a diákok egy általuk igen kedvelt hangszer, a gitár segítségével kerüljenek közelebb a szubatomi világ rejtelseihez. Ennek a módszernek a segítségével az elmúlt három-négy év alatt több száz diák érdeklődését keltettem fel a témakör iránt. Szakköri foglalkozások, előadások során a gitárhúr rezgési mintázatait játékos feladatok során rendeltük hozzá különböző részecskékhez. Az energiákkal arányos frekvenciákat pedig zenei hangokkal hoztuk kapcsolatba, vagyis „megszólaltattuk” a mikrovilág láthatatlan alkotóelemeit. Ezen alkalmakkor különböző tárgyakat is segítségül hívtunk zenei hangok keltéséhez, amely tovább segítette a hangtan alapjainak az elsajátítását. Bebizonyosodott számomra, hogy a zene jótékony hatása a fizikatanítás során is rendkívüli módon érvényesül.

Kapcsolódó publikáció: [5], előadás: [13]

4. A tanulók motiválása nem hagyományos módszerekkel

Azon diákok számára, akik nem a fizikát választják továbbtanulásuk során, kidolgoztam újszerű fizika versenyeket és programokat, ezzel segítve érdeklődésük felkeltését a tantárgy iránt. Mindezek ahhoz is lehetőséget nyújtanak, hogy művelt, a felfedezések és újítások iránt is nyitott emberekké váljanak, tudásukat képesek legyenek másokkal is megosztani.

Munkám során lépten-nyomon tapasztalom, hogy mennyire nagy erőfeszítéseket kell tennie a fizikatanároknak, annak érdekében, hogy diákjaik érdeklődését felkeltsék a természettudományok iránt, és kedvet csináljanak a fizika tanulásához, különböző módszerekkel történő feldolgozásához. Az utóbbi években, főleg az informatika robbanásszerű fejlődésének hatására, már nem taníthatunk csupán az eddig megszokott „kísérletezős”, „feladatmegoldós” módszerekkel, új impulzusok kell, hogy ériék tanulóinkat, és a megszokottól eltérő módszereket is be kell „vetnünk” az eredmények eléréséhez.

Egy átlagos középiskolában általában kevés diák jut el arra a szintre, hogy nagynevű, országos fizika versenyeken sikerrel vegyenek részt, viszont szeretnek versengeni, az adott tantárgyon, és közösségen belüli helyzetüket felmérni, közös projektekben együttműködni. Ezt felismerve dolgoztam ki újszerű, a fizikához kapcsolódó, szórakoztató versenyformákat, programokat, amelyek alkalmával kettős cél vezérelt. Természetesen nagyon fontosnak tartom a tehetségek kibontakoztatását, de ennek a kis létszámú csoportnak folyamatosan lehetőséget biztosítok szakkör és kutatócsoport formájában is a fizika tananyagban való mélyebb elmélyüléshez. A másik, a diákok nagyobb részének a motiválása, a gyengébb képességű tanulóknak a fizika tudományába való játékos bevonása. Ilyen esemény, az immár hagyománnyá vált „Kísérletkészítő és bemutató verseny”, vagy a rendkívüli népszerűségnek örvendő „Konstruktív fizikaverseny”. Előbbi esetében egy saját kezűleg, lehetőség szerint otthon található alanyagokból összeállított kísérletet kell bemutatni a tanulóknak, a hozzá tartozó magyarázattal együtt, utóbbinál pedig építeni kell megadott feltételek mellett egy megadott objektumot. Gondolván a szerepléstől tartó diákokra is, bevezettem az úgynevezett „Könyvolvasós” versenyt, amely során egy tudományos, de szórakoztató művet kell feldolgozniuk a tanulóknak kvíz formájában. Hiszek a test és a lélek egységében, ezért nagyon fontosnak tartom a fiatalok rendszeres sportoltatását. Ennek érdekében futóversenyekre viszem őket évente egy alkalommal, ahol „tudományosan” futunk, a mechanikában tanultakat alkalmazzuk a gyakorlatban. Projekthetek alkalmával is igyekszem a fizikát interdiszciplináris módon megszerettetni, sőt, a manapság divatos zenei műfaj, a rap stílusában való felelés sem ritka fizikaóráimon. Infokommunikációs technikák alkalmazásával készített, egy-egy adott témakört feldolgozó videó filmek készítésével is összemérhetik tudásukat, képességeiket a tanulók. Természettudományos Önképző Köröt szerveztem, ahol saját diákjaink, tanáraink vagy meghívott előadók tartanak havi rendszerességgel előadásokat fizika és természettudományos témakörben. A résztvevők jelentős létszáma ezeken a nem hagyományos versenyeken és rendezvényeken, és a fizika tantárgyat mind többen kedvelők száma egyértelműen bizonyítja számomra ezeknek a programoknak a létjogosultságát, és hogy mennyire fontos a középiskolás fiataloknak perspektívát mutatni szabadidejük hasznos eltöltéséhez.

Kapcsolódó publikáció: [7], előadás: [13], [14]

5. A tanárok ismereteinek bővítése részecskefizikából

A fizikatanárok részecskefizikai ismereteinek felelevenítéséhez és fejlesztéséhez kidolgoztam egy komplex tematikát, amely segítséget nyújt számukra a témakör feldolgozásában. Oktatási segédanyag, kutatómunkába való bekapcsolódás vagy az általuk korábban már ismert kísérletek mikrofizikai elemzéseivel tudásuk növekszik és ezáltal magabiztosabbá válnak a részecskefizika tanítása során.

Nekünk, fizikatanároknak a tanításon kívül nagyköveti szerepünket is be kell töltenünk. Továbbképzések, konferenciák alkalmával látottakat, tanultakat kötelességünk megosztani diákjainkkal és kollégáinkkal. A tanárok közötti együttműködés nélkül nem várhatjuk, hogy

jelentős fejlődésen essen át az oktatás, és olyan területe a fizikának, mint a részecskefizika, bekerülhessen a középiskolai tananyagba, akár csak szakköri kereten belül. Több éves kutatómunkám eredményeit szeretném minél több fizikatanár társammal megosztani, és közös projektekbe is bevonni őket.

Kidolgoztam egy oktatási rendszert a részecskefizika népszerűsítésére és feldolgozására, amelyben részt vett az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a CERN magyarországi fizikatanárokat továbbképző csapata, valamint a Wigner Fizikai Kutatóintézet REGARD kutatócsoportja. Különböző segédanyagokat készítettem a mikrovilág bemutatására, amelyek középiskolában való felhasználásra is alkalmasak. Megismertettem fizika- és kémia tanár kollégáimmal, a részecskefizikával kapcsolatos módszereimet, amelyeket azóta többen is alkalmaznak tanításuk során. Régi, bevált kísérleteknél, mint például a „ködkamra” készítésnél a látható és láthatatlan nyomvonalak elemzéséhez új módszert használtam. Egy programot adtam a részecskefizika középiskolai feldolgozására, amely részletes szakköri tematikát is tartalmaz. Lehetőséget teremtettem továbbképzések alkalmával arra, hogy minél több érdeklődő tanár bekapcsolódhasson a kozmikus müonok észlelésére alkalmas detektorokat építő programba. Rendszeres segítséget nyújtok kollégáimnak a diákokat CERN-be eljuttató utazások szervezésében.

Ezeknek a tevékenységeimnek eredménye képen, egyre több fizikatanár foglalkozik a részecskefizika középiskolai oktatásba való beépítésének a lehetőségével, és ad diákjainak segítséget ahhoz, hogy tudásukat elmélyíthessék az adott témakörön belül.

Kapcsolódó publikáció: [6], előadás: [12]

Összefoglalás

Változó, informatikai világunkban a mai fiatalok érdeklődési körének átalakulását figyelembe kell vennünk. A klasszikus fizika nélkülözhetetlen mivolta mellett egyre nagyobb szerepet kell, hogy kapjon a XX., és a XXI. század fizikája, és annak a kornak a felfedezései, amelyben a tanulók felnőtté válnak. Ezért elkerülhetetlen hogy olyan témakör is, mint a részecskefizika bekerüljön tanulmányaikba. Tapasztalatom szerint a diákok sokkal nagyobb érdeklődéssel fordulnak a modern fizika eredményei felé, érdekesebbnek találják a jelenlegi kutatásokba való bekapcsolódást, mint a klasszikus fizika törvényeinek a megismerését. Ezt a változást kell nekünk kihasználnunk, és lehetőség szerint minél több alkalmat kínálni diákjainknak ez irányú érdeklődésük kibontakoztatására.

A Wigner Fizikai Kutatóközponttal kialakított több éves gyümölcsöző kapcsolatom egyértelművé teszi számomra, hogy szükség van nem csak a fizikatanárok által átadott tudásra, hanem hatalmas lehetőség diákjaink számára, ha bepillantást nyerhetnek a tudósok kutatómunkájába. A fizikusok segítségével és támogatásával végzett tevékenységük során szükségét érzik a gyakorlatban is fizikai ismereteik bővítésére, így az iskolában folyó oktató-nevelő munka is könnyebbé, eredményesebbé válhat. A fizikaórák száma rendkívül alacsony, ezért nélkülözhetetlenek a tanórán kívüli tevékenységek. Egy olyan területtel, mint a

részecskefizikával, csak délutáni foglalkozások alkalmával van lehetőségünk megismertetni a diákokat, amelyek többnyire szakköri vagy fakultációs foglalkozások keretein belül zajlanak. Viszont ebből fakadóan sokkal nyugodtabb, elmélyültebb munka folyhat, és a közös gondolkodásnak is teret ad. Az időigényes projektek, mint például a saját készítésű eszközök előállítására csak ilyen alkalmakkor lehetséges, ezért az a fizikatanár, aki a kötelező tananyag átadásán kívül többet szeretne elérni, időt és fáradságot nem nézve foglalkozik délutánonként az érdeklődő diákokkal. Több évtizedes tanítási gyakorlat után bátran állíthatom, megéri, talán a miáltalunk tanított gyerekekből lesz a jövő mérnöke, kutatója, és egyszer majd szeretettel gondol azokra a pillanatokra, amelyeket együtt töltöttünk.

Tézispontokhoz kapcsolódó publikációk:

[1] Oláh Éva Mária, Részecskefizika tanítása kutatólaborban, Fizikai Szemle (2014) LXIV. évf. 9. sz. pp. 317-320.

[2] Mária Éva Oláh, Csilla Fülöp: Teaching particle physics in a research laboratory, ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings, Prague, 2014, ISBN 978-80-7378-266-5, pp. 844-851.

[3] Éva Mária Oláh, Péter Ádám, Noémi Béni, Gergő Hamar, Árpád Horváth, Dezső Horváth, Gábor Jancsó, Beáta Jarosievitz, Péter Lévai, Csilla Péntek, Csaba Sükösd, Zoltán Szillási, Zoltán Trócsányi, Balázs Újvári, Tamás Vámi, Dezső Varga, Particle Physics Education in Hungary, Proceedings of ICHEP-2014, Valencia, Spain, Journal: Nuclear and Particle Physics Proceedings: NPPP709, PII: S2405-6014(15)00951-7, DOI: 10.1016/j.nuclphysbps.2015.09.462

[4] 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

[5] Oláh Éva, A mikrovilág zenéje, avagy játék a húrokkal, Juhász A., Tél T. (szerk.), A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban, Budapest (2013), ISBN 978-963-284-346-9, pp. 141-146.

[6] Oláh Éva Mária, Horváth Dezső, Magyar fizikatanárok a CERN-ben, Tasnádi P. (szerk.), Természettudomány tanítása korszerűen és vonzóan, ELTE TTK (2011), ISBN 978-963-284-224-0, pp. 327-332.

[7] Oláh Éva Mária: Versenyek, lehetőségek, pályázatok, avagy mindenki másképp csinálja, Molnárné Dr. László Andrea (szerk.), Mentorok egymás között, Várpalota (2013), pp. 77-80.

[8] Horváth Dezső, Oláh Éva, Sükösd Csaba, Varga Dezső, Patkós András, Beszélgetés az elektron méretéről, Fizikai Szemle 2015/5 pp. 151-156.

[9] Oláh Éva Mária, Építsünk Részecskefizikát! Nukleon X. évf. (2017) 203. ISSN: 1789-9613 Magyar Nukleáris Társaság

[10] Eva Maria Olah, Let's Build Particle Physics, TPI Conference Proceedings, Budapest, 2016. ISBN: 978-963-284-815-0, pp. 385-390.

Tézispontokhoz kapcsolódó előadások:

[11] Oláh Éva Mária, Építsünk Atomfizikát!, előadás, a magyar CMS csoport szemináriuma, Budapest, Wigner FK, 2014. április 7.

http://www.grid.kfki.hu/twiki/pub/CMS/WeeklyBudapestDebrecenMeetings/OlahEva_2014_0407.pdf

[12] Oláh Éva Mária, Bevezető a - Bevezetés a részecskefizikába- előadásokhoz, előadás, CERN-HTP, Budapest, 2014. augusztus 15., Budapest, 2015. augusztus 14., CERN, 2016. augusztus 15., CERN, 2017. augusztus 19.

https://indico.cern.ch/event/268114/session/0/contribution/39/attachments/479519/663315/olaheva_bevevf_20140815.pdf

https://indico.cern.ch/event/347862/contributions/814948/attachments/1140156/1632895/OlahEva_20150814.pdf

https://indico.cern.ch/event/505644/contributions/2211302/attachments/1323216/1985273/Bevezetes_a_részecskefizikaba_20160815.pdf

https://indico.cern.ch/event/630360/contributions/2623830/attachments/1504269/2343759/Bevezeto_a_Bevezetes_a_részecskefizikaba_20170705.pdf

[13] Oláh Éva Mária, A mikrovilág zenéje, avagy játék a húrokkal, előadás, Mechatronika Természettudományos Önképző Kör, Mechatronikai Szakközépiskola, Budapest, 2014. január 10.

http://users.atw.hu/mechatok/?atw_referer=https%3A%2F%2Fwww.google.hu%2Fhttps://www.youtube.com/watch?v=Sn9UtxpMZcA

[14] Oláh Éva Mária, A vízipók sem csodapók, előadás, Kutatók Éjszakája, Budapest, 2015. szeptember 25., Süssünk, süssünk valamit..., előadás, Kutatók Éjszakája, Budapest, 2016. szeptember 30. ISBN 978-963-12-6672-6

http://archive.galileowebcast.hu/20150925_Kutatok_Ejszakaja_Ericsson_2015/20150925_Kutej_Ericsson_F_Olah_Eva--A_vizipok_sem_csodapok.html

https://www.youtube.com/watch?list=PLenxi-TyRAb4GDN6v5B8MV3GwneWMP83n%B6ms%3DOAFIAVgl&v=TTAhcITQ5_4&mode=NORMAL&app=desktop