

HOGYAN VÁLJUNK SZUPERHŐSÖKKÉ A CERN-BEN?

Horváth Dezső^{1,2,@}, Jarosievitz Beáta^{3,#}, Oláh Éva Mária^{1,4}, Sükösd Csaba^{5,*}

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest, ²Babes–Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

³Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium, Budapest

⁴Bozzay Pál Német Nemzetiségi Nyelvtanító Általános Iskola, Budapest

⁵BME Nukleáris Technikai Intézet, Budapest

@E-mail: horvath.dezso@wigner.hun-ren.hu; #E-mail: jarosievitz@gmail.com; *E-mail: sukosd@reak.bme.hu

Bevezető

Napjainkban sajnálatos módon csökken a fiatalság érdeklődése a természettudományok iránt. Elkeserítő a hazai tanárképzés helyzete: a rendszerváltás óta eltelt évtizedek alatt változatlanul folytatódik a természettudományos tanári pályát választó egyetemisták számának és minőségének csökkenése. Ez világjelenség, de a fejlett országokban – és erre Németország a legjobb példa – agresszív ismeretterjesztő politikával sikerült megállítani, illetve bizonyos mértékig vissza is fordítani ezt a rendkívül aggasztó folyamatot. A kérdés megközelíthető három oldalról: a nagyközönség, a diákok és a tanárok felől. Képzésünk a harmadik lehetőséget célozza meg, a tanárok motivációjának erősítésével, és rajtuk keresztül a diákok érdeklődésének a felkeltésével a modern természettudományok iránt.

A CERN egy részecskefizikai világlaboratórium Svájc és Franciaország határán, Genf közelében található. Jelenleg 24 ország a tagja, és a kísérletekben a Föld szinte valamennyi országa részt vesz, mintegy 17 000 kutatóval. A részecskefizikán kívül a CERN szinte alapítása (1954) óta foglalkozik szervezett oktatással. A kísérletekben részt vevő több ezer doktoranduszon és diplomamunkáson kívül minden évben vendégül lát 150 egyetemi hallgatót nyári diákként, és százával foglalkoztat mérnök-hallgatókat. Nyaranta vendégül lát ezen kívül mintegy száz fizikatanárt a CERN-tagországo kból kéthetes, angol nyelvű részecskefizikai képzésre. E cikk mindkét tanár szerzője részt vett ezen.

2004 és 2008 között Robert Aymar (1936–2024) volt a CERN főigazgatója (director general). Ezt megelőzően Aymar a franciaországi Cadarache-ban nemzetközi együttműködéssel épülő ITER fúziós kísérleti berendezés igazgatója volt. Egyik szerzőnk (Sükösd Csaba) akkoriban magyar delegáltként részt vett Brüsszelben az ITER-rel kapcsolatos megbeszéléseken, ott találkozott Aymarral. Egy kávészünetben beszélgettek arról, hogy hogyan lehetne a fúziós ismereteket a nagyközönség számára közelebb hozni. Csaba megemléltette, hogy a fizikatanároknak lehetne ebben szerepük, ám ők általában nem jól értenek angolul, ezért a saját nemzeti nyelvükön kellene továbbképzést szervezni számukra. Nem lehet tudni, hogy volt-e benne szerepe ennek a beszélgetésnek, vagy sem, mindenesetre egy évvel az után, hogy Aymar a CERN főigazgatója lett, 2005-ben meghirdették a fizikatanárok anyanyelvi továbbképzését. Természetesen nem a fúziós ismeretek, hanem a CERN profiljába tartozó területek kerültek bele ezekbe a továbbképzésekbe: részecskefizika, kozmológia, gyorsítók stb.

A történethez hozzátartozik, hogy amikor Jarosievitz Beáta, a CERN angol nyelvű International High School Teacher Programme HST programjának [1] korábbi résztvevőjeként megkapta a nemzeti nyelvű továbbképzés ötletének hírért, kapcsolatba lépett Mick Storrrel (Beáta éppen a CERN-hez közel sielt Franciaországban, és Mick Storr ott látogatta meg). Ezek után az előzmények után talán nem véletlen, hogy a CERN első egyhetes, anyanyelvi tanár-továbbképzését az Eötvös Loránd Fizikai Társulat részéről Sükösd Csaba és Jarosievitz Beáta



Horváth Dezső Széchenyi-díjas kísérleti részecskefizikus. 1970-ben végzett az ELTE-n, kutatásait Dubnában és Leningrádban kezdte, a kanadai TRIUMF, az amerikai BNL, a svájci Paul-Scherer Intézet, az olasz INFN, majd a CERN következett. Budapest–Debrecen kutatócsoportokat szervezett CERN-kísérletekre. 2006 óta koordinálja a magyar fizikatanárok részecskefizikai oktatását a CERN-ben. Emeritus professzor, magántanárként részecskefizikát oktat a Debreceni és a kolozsvári Babes–Bolyai Egyetemen.



Dr. Jarosievitz Beáta 2022-től kezdve és jelenleg is a Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium fizikaszakos tanára (főiskolai tanár, mesterpedagógus, tanfelügyeleti szakértő, közoktatási szakértő: fizika, informatika) és a „Természeti” munkaközösség-vezetője, az iskola akkreditált kiváló tehetségpontjának kapcsolattartója. Szívügye a fizika népszerűsítése. 9 éven keresztül az Ericssonnal közösen sikeresen megszervezte az „Öveges tanár úr utódai” elnevezésű ismeretterjesztő előadásokat, 10 éven keresztül (2005–2015) a CERN-beli tanártovábbképzést.



Dr. Oláh Éva Mária 2018-ban sikeresen védte meg PhD-fokozatát a fizika tanítása témakörben. 2021 óta kutatótanári minősítéssel matematikát és fizikát tanít egy általános iskolában, és tehetséges középiskolásoknak szervez kutatási lehetőségeket a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpontban. Egyik kutatási területe a STEM- és STEAM-pedagógia szakmódszertanának a fejlesztése. 2016 óta egyik szervezője és előadója a CERN-ben folyó fizikatanári továbbképzéseknek.



Sükösd Csaba (1947) a BME címzetes egyetemi tanára, az ELFT elnökségi tagja. Kísérleti magfizikus, aki kísérleti munkáját nagyrészt külföldi kutatóintézetekben végezte. Kutatási területe a magreakciók, óriásrezonanciák és némely asztrofizikailag releváns magreakció vizsgálata radioaktív ionnyalábokkal. Marx György tanítványaként részt vett a 70-es évek MTA oktatási kísérletében. Azóta is szoros kapcsolata van a fizikatanárok közösségével, több tanári és oktatással kapcsolatos program vezetője.

szervezte meg 2006 augusztusában. A kinti foglalkozások előkészítésére és lebonyolítására a CERN igazgatósága Horváth Dezsőt kérte fel, a helyi logisztikát és a látogatásokat Mick Storr (CERN) intézte, és jelentős segítséget kaptunk a kint dolgozó magyar kollégáktól.

Tíz éven át évente 35–40 fizikatanár bérelt autóbusszal történő utazását és teljes kinti ellátását sikerült biztosítani. Az útiköltséget pályázatokból teremtettük elő, a kinti szállást és étkezési hozzájárulást a CERN biztosította – részben „hálaból” azért, hogy elsőként mi mozdultunk rá erre a programra. 2016-ban azonban sok minden módosult: megszűnt a korábbi hazai támogatás forrása, és a CERN is szigorított. Már nem fizették a szállást, és étkezési hozzájárulást sem adtak. Ezek miatt a program felépítését 2016-ban módosítani kellett, új támogatót is kellett keresni. Azóta 20 fizikatanárt tudunk eljuttatni az egyhetes továbbképzésre, és az idő jobb kihasználása érdekében repülővel utazunk. A programon résztvevőkre pedig nagyobb anyagi terhek jutnak, mint korábban. A továbbiakban bemutatjuk a 2016 előtti tíz évet, majd a mostani program sajátosságait ismertetjük.

A programról

A program 3 lábon állt 2006 és 2015 között:

- Magyar „specialitások”: a hosszú autóbusszút előnyei- nek a kihasználása, a tanári kísérletek.
- A CERN előírása alapján a kinti program végrehaj- tása. Előadások, üzemlátogatások.
- Kulturális programok.

a) A CERN-be egy augusztusi vasárnap délután kellett megérkezni, hogy hétfőn reggel a program elkezdőd- hessen. Ehhez szombaton reggel korán el kellett busszal indulni Budapestről, így a vidéki kollégáknak már pénteken este Budapestre kellett érkezni. Ezt használtuk ki arra, hogy pénteken délután tartottunk egy ismerkedés- sel egybekötött, „bevezető-bemelegítő” rendezvényt a TIT Kossuth Klubban, Budapesten. Ezen a csapatépíté- sen néhány előadás hangzott el, és még a levegő radon- tartalmának a mérését is elvégezte egy mérőcsoport a „porszívós” kísérlettel. A magyar specialitás másik része ugyanis egyes tanári kísérletek elvégzése volt. Ezeket a tanári kísérleteket a CERN által ajánlottakon felül iktattuk be. A tanárok – előre megalakított csoportokban – olyan kísérleteket állítottak össze, amelyeknek valami- len közük volt ahhoz, ahogy a busz útja során a külső körülmények, paraméterek változnak. A kísérletek azon- ban iskolai körülmények között is könnyen végrehajtha- tók. A kísérletek listája a következő:

- Torricelli kísérlete vízzel a CERN-ben és a Mont Blanc Aiguille du Midi csúcán (a légnyomás változásának kimutatása).
- A hangsebesség mérése a CERN-ben (augusztusi me- legben) és a Mont Blanc-on (hidegben). A hangsebes- ség hőmérséklettől való függésének mérése.
- A természetes háttérsugárzás mérése az út során, több helyszínen. A Mont Blanc-on a kozmikus hát-

térsugárzás hatásának kimutatása dózisteljesítmény- mérővel.

- A víz forráspontjának mérése a CERN-ben és a Mont Blanc-on (a forráspont nyomástól való függésének ki- mutatása).
- Földrajzi helymeghatározás a Nap segítségével az út során több helyszínen (a busszal történő többszáz ki- lométeres elmozdulások kimutatása egyszerű eszkö- zökkel).
- A radonkoncentráció kimutatása, porszívóval a pincé- ben gyűjtött radioaktív minta effektív felezési idejének mérése GM-csővel.

A jelentkezések tavaszi lezárását követően már meg- alakítottuk a mérőcsoportokat. A tanár kollégáknak több hónapjuk volt arra, hogy a kísérletekre felkészülhesse- nek. Ugyancsak magyar specialitás volt, hogy a résztvevő kollégáktól elvártuk, hogy a CERN-beli foglalkozásokat írásban véleményezzék, leosztályozzák, és az egész prog- ramról részletes írásbeli beszámolót készítsenek. Ezeket a beszámolókat átnéztük, és ha voltak benne szakmai hibák (időnként voltak), azokat az érintett kollégákkal megbeszéltük. Szerintünk nagyon fontos, hogy a taná- rok ne hibás információkat továbbítsanak a diákjaik felé.

A busszal történő utazás nagyobb kísérleti eszközök szállítását is lehetővé tette. Sajnos 2016 után ezekről az érdekes tanári kísérletekről le kellett mondani.

b) A hivatalos program és a foglalkozások hétfőtől péntekig, reggeltől késő estig tartanak a CERN-ben. Ez így volt 2016 előtt, és így van most is. A CERN előírásai alap- ján a tanárok a következő témákban hallottak, illetve hallanak kinti előadásokat magyar kutatóktól:

- Bevezető előadás a CERN-ről (történet, felépítés, he- lyi ismeretek)
- Részecskefizika (I., II., III.)
- Kozmológia (I., II.)
- Gyorsítók
- Detektorok
- Adatfeldolgozás és számítástechnika
- A fizikai felfedezések orvosi alkalmazásai
- Hogyan hozzunk tanítványokat a CERN-be?

Ezekhez mi hozzátettünk két témát, amelyeket fon- tosnak éreztünk hazai vonatkozásban:

- A kvarkanyag kutatása, nehézion-fizika
- Magyar aktivitás a CERN-ben

A CERN is felajánlott egy tanári kísérletet a résztvevők- nek, amely azóta is része a programnak: egy Wilson-féle ködkamra építését. A diffúziós ködkamra ionizáló sugár- zások [2], töltött részecskék nyomát képes megmutatni. A kamrában az izopropil-alkohol túlhűtött gőze a részecs- kék által keltett ionokon [3] kicsapódik (kondenzálódik). A jelenség ugyanaz, mint a repülőgépek kondenzcsíkja [4].

Drótkamra építése 2014 óta része a továbbképzésnek, és csak a magyar fizikatanárok végzik, más nemzetek ta-

nári programjaiban nem szerepel. A középiskolai diákoknak a HUN-REN Fizikai Kutatóközpontban már sok éve van lehetőségük bekapcsolódni a Részecske és Magfizikai Intézet Nagyenergiás Fizika Osztályán működő detektorfejlesztő kutatócsoport munkájába. Az évek során a diákok aktív közreműködésével megépült egy úgynevezett „villogós” detektor, ami a professzionális, sokszálas gáztöltésű detektorokhoz (MWPC) teljesen hasonló elrendezésben készült el, azzal a különbséggel, hogy kisebb a felülete, és a többnyire müon részecskék által keltett jeleket egy LED-sor segítségével láthatóvá teszi. A kozmikus sugárzásban keletkező müonokat a tudósok számos alkalmazott kutatásban használják, többek között barlangok, vulkánok, piramisok szerkezetvizsgálatát végzik segítségével. Az elmúlt 10 évben közel 50 diák vett részt a sokszálas proporcionális kamrák összeállításában, ezért fontosnak tartottuk, hogy fizikatanáraink is megismerhessék ezt a különleges tanulási módszert. 2014 óta a tanárok gyakorlatképpen sokszálas gáztöltésű detektort építenek, ehhez a Wigner Fizikai Kutatóközpont Innovatív Detektorfejlesztő Kutatócsoportja és a CERN CMS együttműködése nyújt segítséget. A tanárok a CERN hivatalos továbbképzési programja után esténként, kis csoportokban elkészítenek 3–4 új kamrát, amit az előző években elkészült kamrarendszerhez kapcsolunk. A legtöbb tanár életében először használ forrasztópákát, ismeri meg a száltekerés folyamatát, és érzi azt a hatalmas örömet, ami egy saját magunk által készített eszköz sikeres beindításával jár.

Játékos részecskefizika

Ez ugyancsak egy „hungaricum”, az egyik szerzőnk (Oláh Éva) fejlesztése. Az egyhetes továbbképzés során a CERN vezetői és a továbbképzés szervezői többször is hangsúlyozzák, hogy mennyire fontos szerepük van a fizikatanároknak a továbbképzést követően. „Szuperhősök” lesznek az egy hét alatt, hiszen magabiztosabbá, motiváltabbá válnak, a részecskefizika „nagyköveteknek” szerepét is be kell tölteniük. Ez azt jelenti, hogy a program során látottakat, hallottakat diákjaik számára továbbítaniuk kell, meg kell ezért ismertetni őket a részecskefizika legújabb kutatási eredményeivel, a témakör alapjaival. Sajnos a résztvevők nagy része olyan korú, hogy egyetemi tanulmányaik során csak érintőlegesen hallott a mikrovilágban zajló folyamatokról. Ehhez járul még az, hogy az elmúlt évtizedekben nagyon sok új felfedezés született ezen a területen is. A pedagógusok visszajelzései alapján kiderült, hogy a tudástranszfer azért nem tud igazán megvalósulni, mert a részecskefizika tudományát mélyebben nem sajátították el, illetve a mai oktatási rendszerben divatos *hands-on, mind-on* módszert nem tudják alkalmazni, ha maguk sincsenek tisztában a részletekkel. Ennek kapcsán született meg az az ötlet, hogy a szakmai előadássorozat előtt egy játékos részecskefizikai foglalkozást is tartunk, ahol a *learning by doing* módszert ismerhetik meg. Ekkor maguk is kipróbálhatják a gy-

korlatban, miként lehet diákjaik érdeklődését felkelteni a témakör iránt és a legalapvetőbb fogalmakat elsajátítani.

Üzemlátogatások – a kísérleti berendezések meglátogatása

A CERN gondoskodik a kísérletek meglátogatásának megszervezéséről, és természetesen biztosít az előadásokhoz. Az „üzemlátogatások” jelentik a CERN-beli tanártovábbképzés csúcspontját és kvintesszenciáját. Ezeknek csak a CERN-ben lehet szerét ejteni – az előadásokat (és még a tanári kísérleteket is), itt Magyarországon is el lehetne végezni. A helyszíni látványt, a leszállást a föld alá 100 méteres mélységbe és ott törpeként állni a több emelet magas CMS detektoróriás mellett, bámulni a milliárdnyi kábel kusza rengetegét, amelyen az univerzum titkait feltáró információk utaznak iszonyatos sebességgel – no, ezt az élményt nem lehet megkapni sehol máshol a világon! Ezt nem pótolja az a videóközvetítés sem, amelyen – a kinti magyar kollégáknak, Szillási Zoltánnak és Béni Noéminek köszönhetően – már sok magyar iskolás is részt vehetett.

Itt csak nagyon röviden ismertethetjük ezeket az üzemlátogatásokat:

- *Számítóközpont* (Data Center). A CERN nemcsak a részecskefizika fellegvára, hanem a WWW születésének a helye is. Azóta is a számítástechnika fejlődésének egyik éllovasa. Szükség is van erre, hiszen a CERN kísérletei emberi ésszel felfoghatatlan mennyiségű adatot termelnek. Nagy élmény a halkán duruzsoló, sokezer processzort és gépet tartalmazó terembe belépni.
- *NA61 kísérlet + Szinkrociklotron + PS, LEIR gyorsítók*. Itt mindegyikről sokat lehetne írni. Az NA61 még nem az LHC nyalábját használja, hanem a Szuper Protonszinkrotronét (SPS). A Szinkrociklotron már nem üzemel, de egy nagyon érdekes és szép kiállításon fény- és hangjáték keretében mutatják be. A PS (Protonszinkrotron) pedig a CERN legrégebbi nagy gyorsítója. 1959-ben építették – 5 évvel a CERN alapítása után –, és úgy tervezték, hogy kb. 15 évig fog működni. Még ma is működik, és a CERN gyorsítókomplexumának igen fontos tagjaként szorgalmasan küldi a felgyorsított protoncsomagokat az SPS-be.
- *A CMS detektor meglátogatása* – 100 méterrel a föld alatt – volt a továbbképzés csúcspontja a tanárok többségének véleménye szerint. Ez volt az egyik detektoróriás, amelynek segítségével sikerült megtalálni a régóta keresett Higgs-részecskét.
- *ATLAS, LHCb és ALICE, valamint a többi LHC-kísérlet*: azoknál a föld alá nem mehettünk, csak a hozzájuk fűződő kiállításokat és vezérlőtermüket tudtuk a helyszínen megnézni.
- *Az antianyaggyár*. Az antianyag nemcsak az egyszerű emberek (és filmesek) fantáziáját mozgatta meg (*Angyalok és démonok*), hanem a tudósok számára is rejtélyes. A CERN nagy energiájú ütközéseiben minden

létrejött részecske mellé keletkezik az antirészecskéje is. A világ ilyen szempontból teljesen szimmetrikusnak látszik. Ugyanakkor akármerre tekintünk az univerzumban, csak anyagi részecskékből álló világokat látunk, az antianyagból álló világ hiányzik. Máig rejtély, hogy mi ennek az aszimmetriának az oka. Ezt is kutatják a CERN-ben az antianyaggyárban.

- *AMS-vezérlő + CERN-vezérlő + az SM18 és az LHC mágnesei és gyorsító elemei.* Az AMS (Alpha Magnetic Spectrometer), amelyet a Nemzetközi Űrállomás a Föld körüli pályán tart, a sötét anyag és az antianyag kutatásában játszik szerepet. Ennek az eszköznek a vezérlése és az adatainak a feldolgozása ugyancsak a CERN-ben történik. A látogatások során megnézzük ennek a vezérlőtermét, és követhetjük a Nemzetközi Űrállomás helyzetét. Ellátogatunk „Houstonba” is, abba a terembe, ahol a CERN nagy gyorsítóit irányítják. Sok száz számítógép képernyőjén villognak a gyorsítók adatai. Az LHC hatalmas szupravezető mágnesei a maguk kategóriájában a legnagyobbak a világon. Ezeknek a tesztelése, beállítása folyik az SM18 csarnokban. Itt testközelből láthatjuk ezeket a hatalmas eszközöket.

Csapatépítés

A korábban 10 napos, az utóbbi években már csak 7 napos továbbképzés a részecskefizika tudományában való elmélyülés mellett azt a rendkívül fontos célt is szolgálja, hogy a magyarországi, de sokszor a határon túli magyar településeken tanító fizikatanárok szakmai és baráti kapcsolatokat is kialakítsanak. Ennek két formája is jelen van a szabadidős tevékenységek, illetve közös gyakorlatok során. A buszos utazás során látogatást tettünk a müncheni Deutsches Museumban, megálltunk a Rajnai vízesésnél, a csoport szabadnapján pedig majdnem minden évben feljutottunk Európa legmagasabb hegyének, a Mont Blanc masszívumnak az Aiguille du Midi nevű, látogatók számára is elérhető csúcsára. Kíváncsi turisták szeme láttára végeztük ebben a magasságban Torricelli légnyomást megmérő kísérletét vízzel és vörösborral. Hasonlóan közkedvelt kiránduló úti cél a Mer de Glace gleccser belsejében lévő jégbarlang vagy a Mont Salève és Genf városának felfedezése, amely játékos formában, „kincsvadászattal” történik. A közös munka, a tanulás és az élmények minden évben egy nagyon összetartó csapat létrejöttét eredményezik, amelyben a kapcsolatok a program lezárását követően is fennmaradnak.

Mint említettük korábban, a részt vevő tanároknak beszámolási és értékelési kötelezettségei is vannak. A visszajelzéseket egy őszi vagy decemberi utótalálkozáson beszéljük meg, amely egyben jó alkalom arra is, hogy újból személyesen is találkozhassanak a kollégák.

A 2006 és 2015 közötti utótalálkozók egy részét Budapesten, a Kazinczy u. 21.-ben található Magyar Elektrotechnikai Múzeumban tartottuk. Ezen a rendezvényen újra alkalom nyílt a találkozásra és a kötetlen beszélge-

tésre. Legtöbb alkalommal a szponzoraink egy része is képviseltette magát, és a CERN-ből Mick Storr fizikus, kapcsolattartónk, barátunk is részt vett. Emellett a kollégák újabb tudással is gazdagodhattak a meghallgatott szakmai előadásból. Ebben a múzeumban láthattuk Jedlik Ányos bécsi világkiállításra készített és mai napig is működő csöves „villamfeszítőjének” a másolatát [5], amivel kb. 50 cm-es „villám” is előállítható. A résztvevők mind részesei lehettek egy „rendkívüli fizikaórának”, ahol elvégezhetek néhány interaktív kísérletet is. Ezt a foglalkozást Jarosievitz Zoltán [6] matematika-fizika szakos nyugdíjas tanár úrnak köszönhetjük.

Nagyköveti szerep

A CERN-ben töltött egy hét során a fizikatanárok tudása sokat gyarapodik, a kollégák inspirálódnak és saját bevalóságuk szerint sokkal motiváltabbakká válnak. Úgy érzik, hogy a kutatóközpont vezetői, segítői rendkívül fontosnak tartják az oktatásban betöltött szerepüket, amit rendszeresen hangsúlyoznak is. A CERN főigazgatójától kezdve az oktatási igazgatóig és a tanárprogram vezetőjéig mindenki szuperhősöknek tartja az összes fizikatanárt, aki részt vesz a továbbképzésen. Nagyra értékeli, hogy többlettudásra akarnak szert tenni a részecskefizika különleges világában. A mindennapi oktatás során ezt ritkán érzi egy tanár, ezért még fontosabb, hogy feltöltve, új tervekkel, ötletekkel gazdagodva térjen vissza az útja után. Egyfajta nagykövetéivé válnak a tudománynak, hiszen a világhírű laboratóriumban látottakat tovább kell adniuk diákjaiknak, akiknek a modern fizika tudományában való jártasságát szintén fejleszteniük kell. Számos eseményre kerül sor a továbbképzést követően, szinte mindenki tart beszámolót kollégáinak, diákcsoportjainak, de többen szakköri órák keretén belül adják tovább a látottakat, hallottakat, gyakorlati foglalkozásokon modellezik a mikrovilágban zajló folyamatokat. A Lorentz-erő gyakorlati alkalmazásánál [7] a CERN-ről külön iskolai órát érdemes tartani. A kint élő kollégák a virtuális látogatást is messzemenőleg segítik, támogatják.

Sok iskola látogatást is szervez érdeklődő diákjai számára, de akiknek erre nincs anyagi lehetőségük, azoknak a kinti kutatók egy rendhagyó virtuális látogatás során viszik házhoz a CMS detektort.

Összegzés

Minden év februárjában hirdetjük meg az augusztus 20-a körüli hét programját olyan aktív (elsősorban középiskolás) fizikatanárok számára, akik még nem vettek részt CERN-es oktatásban. Programjainkon eddig több száz magyar fizikatanár vett részt, nemcsak Magyarországról, hanem Romániából, Szlovákiából és Ukrajnából is. Sok fizikatanár, aki részt vett a CERN-tanfolyamon, a helyismeretet megszerezve, diákcsoportokat vitt ki később a CERN-be. Volt olyan kolléga, aki évente többet is. A kurzus egyik előadása

éppen az, hogy hogyan kell ilyen csoportos diáklátogatást előkészíteni és lebonyolítani. Az összes eddigi képzés teljes programja az előadások anyagával együtt megtalálható a CERN Hungarian Teacher Programme lapján [8], a korábbi programokról sok információ van Sükösd Csaba és Jarosievitz Beáta CERN-oldalán [9]. Az augusztusi program tanulságait a beszámolók alapján utótalálkozásokon elemezzük, a legutóbbi ilyen utótalálkozónk programja a CERN eseményhirdető lapján [10] is megtalálható.

Irodalom

Nagyon sok információt adnak Sükösd Csaba és Jarosievitz Beáta tanárprogrammal kapcsolatos lapjai:

https://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/16_2_256_Jarosievitz.pdf
<https://sukjaro.hu/JBea/CERN/sukjaro.pdf>
https://sukjaro.hu/JBea/pdf/MMO2017/jarosievitz_sukosd2017_poszter.pdf
https://sukjaro.hu/JBea/pdf/MMO2017/jb_sukosd2017_eloadas_poster.pdf

A *Fizikai Szemlé*ben is több, továbbképzéssel kapcsolatos publikáció jelent már meg a tanárképzés résztvevőinek tollából: <https://fizikai-szemle.elft.hu>. Az alábbiakban csak a megjelenés évét/hónapját és az első szerző nevét soroljuk fel:

2008/10.	Jónás Katalin	2013/06.	Riedel Miklós
2009/01.	Szabó László	2014/04.	Sükösd Csaba
2009/04.	Baranyai Klára	2014/09.	Oláh Éva
2009/10.	Holics László	2016/02.	Nyirati László
2013/05.	Riedel Miklós	2024/11.	Vígh-Kiss Erika Rozália

A kamraépítéssel kapcsolatban több publikáció is született, itt csak kettőt említünk:

Varga D., Gál Z., Hamar G., Molnár J. S., Oláh É., Pázmándi P.: Cosmic muon detector using proportional chambers. Eur. J. Phys. 36 (2015) 065006.

Barnaföldi Gergely és társai: Kincskeresés kozmikus müonokkal, avagy kozmikus müondetektálás alkalmazott kutatásokban. Fizikai Szemle, 2011/12, 401.

Hivatkozások

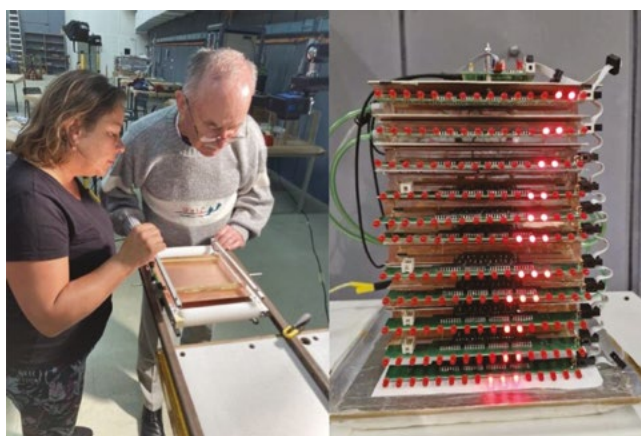
1. <https://hst-archive.web.cern.ch/hst/2001/work/index.htm>
2. https://hu.wikipedia.org/wiki/Ionizáló_sugárzás
3. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ion>
4. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Kondenzcsík>
5. <https://sites.google.com/view/villamossagtan2023/i-elektrosztatika/1-22-elektrosztatikai-gépek>
6. <https://sukjaro.hu/jb/szuleim/jarosievitz-zoltan/>
7. <https://sites.google.com/view/villamossagtan2023/iii-mágnesesség/3-12-lorenz-erő-gyakorlati-alkalmazásai/3-12-2-cern>
8. <https://teacher-programmes.web.cern.ch/hungarian-teacher-programme>
9. <http://cern.sukjaro.eu/>
10. <https://indico.cern.ch/event/1214084>



Wilson-féle ködkamra építése



Protonmuffin



Sokszálas proporcionális kamra építése és a kész kamratorony egy átfutó müon jelével



John Ellis professzor előadást tart a tanárainknak a CERN-ben



Jarosievitz Zoltán bemutatója az Elektrotechnikai Múzeum-beli utótalálkozón történt



Esti csapatépítés



Játékos kvarkmodellkészítés



2013-as csoportkép a CMS látogatása alkalmával