

MAGYAR TANÁROK ÉS DIÁKOK RÉSZECSEFIZIKAI OKTATÁSA A CERN-BEN

Horváth Dezső

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
és MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat korábbi tevékenységét folytatva, az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont tavalyi év augusztusában is megszervezte (a Pallas Athéné Domus Innovationis Alapítvány szíves támogatásával) magyar fizikatanárok CERN-i továbbképzését a modern fizika területén. Célja a tanárok lelkesedésének felkeltése, önbecsülésének visszaadása, és rajtuk keresztül a diákok természettudományos érdeklődésének erősítése. 2017-ben a CERN új programot kezdeményezett: középiskolás diákok kéthetes részvételét kutatócsoportok munkájában: ebben Magyarország úttörő szerepet játszott. Mindez része egy általános fizikai ismeretterjesztési tevékenységnek, amelyet hazai akadémiai intézetek és egyetemek közösen végeznek a magyar fizikaoktatás erősítése érdekében az országhatáron innen és túl.



Napjainkban sajnálatosan csökken a fiatalság érdeklődése a természettudományok iránt. A kutatói utánpótlás nem aggasztó, hiszen aki igazán elhivatott, az szívesen megy kutatónak, és a kutatói pálya erkölcsi és anyagi alapjai, főleg a külföldi munkavállalás lehetősége miatt, biztosítottak. A hazai tanárképzés helyzete azonban elkészerítő: a rendszerváltás óta eltelt évtizedek alatt változatlanul folytatódott a természettudományos tanári pályát választó egyetemisták számának és minőségének rohamos csökkenése. Ez világszerte is, de a fejlett országokban, és erre Németország a



Magyar tanárcsoport a CERN Mikrokozmosz-kiállításán, 2017-ben.

legjobb példa, agresszív ismeretterjesztő politikával sikerült megállítani, illetve bizonyos mértékig vissza is fordítani ezt a rendkívül aggasztó folyamatot. A kérdés három oldalról közelíthető meg: a nagyközönség, a diákok és a tanárok felől. A széles közönséget a Csodák Palotája, a természettudományi múzeumok és a Magyar Tudományos Akadémia szolgálja. Ezek vesznek részt a Magyar Tudomány Ünnepe, a Kutatók Éjszakája megmozdulásain és az Akadémia ismeretterjesztő előadásain, kitűnő példa volt erre néhány éve a napfogyatkozás rendkívül jól szervezett figyelése komoly tömegek részvételével az MTA székháza előtt. Azokat azonban, akik majd gyermekeinket és unokáinkat természettudományra oktatják, a középiskola elején vagy derekán kell elérni. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat rendszeresen szervez előadásokat fiataloknak, az *Atomoktól a csillagokig* sorozat sikere nagyon komoly. A Wigner Fizikai Kutatóközpont az Energiakutató Központtal együttműködésben üzemelteti a *Sokszínű fizikabuszt*, ezt a mozgó bemutatótermet, amellyel iskolákat látogatunk itthon és a környező országok magyarok lakta területein, és a látogatások idején a bemutatókhoz kapcsolódó ismeretterjesztő előadásokat tartunk. CERN-es programunk harmadik lehetőséget céloz meg, elsősorban a tanárok és rajtuk keresztül a diákok érdeklődésének felkeltését a modern természettudományok felé.



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



kat. Ezen kívül nyaranta a CERN-tagországo kból mintegy száz fizikatanárt két- és háromhetes részecskefizikai képzésre lát vendégül, ez utóbbiakon egyéni jelentkezéssel minden évben részt vesz egy-egy magyar fizikatanár is a 21 többi tagország tanárai társaságában.

Tizenkét évvel ezelőtt a CERN-ben felismerték: ahhoz, hogy igazán eljussunk fizikatanárok tömegeihez, anyanyelvi oktatásra van szükség. A CERN első ilyen egyhetes oktatását az Eötvös Loránd Fizikai Társulat részéről *Sükösd Csaba* (BME és ELFT) és *Jarosievtz Beáta* (GDF) szervezte meg 2006-ban. A CERN felkérésére az előadásokat

A 2016-os tanárprogram résztvevői a sokszálas kamrák építéskor, az előtérben Pázmándi Péter (Wigner FK), a háttérben Szillási Zoltán (Atomki), a program segítői. A kép bal oldalán az összeépített kamrasorozat egy átszaladó kozmikus részecskét észlel.

A CERN részecskefizikai oktató tevékenysége

A CERN, az európai országok egyesített részecskefizikai laboratóriuma, a világ legnagyobb kutatóintézete, szinte fennállása óta foglalkozik szervezett oktatással. A kísérletekben résztvevő jőpárezer doktoranduszon és diplomamunkáson kívül nyári diáként minden évben több száz egyetemi hallgatót lát vendégül, és százával foglalkoztat mérnökhallgatót-

Horváth Dezső (Wigner FK és Atomki), az intézetlátogatásokat *Szillási Zoltán* (Atomki) és *Béni Noémi* (Atomki és CERN) szervezte. A tanárcoport bérelt autóbusszal ment a CERN-be, ott délelőtként előadásokat hallgattak, délutánonként pedig kísérleti berendezéseket tekintettek meg a kinn dolgozó magyar fizikusok vezetésével. A CERN hozzájárult a kinti előadók és vezetők költségeihez, az autóbussz és a kiutazó fizikatanárok költségeire pedig hazai szponzorokat sikerült találni (Paksi Atomerőmű, Ericsson, ...). 2006 és 2015 között minden év augusztus utolsó előtti hetében



40-40 magyar fizikatanár vett részt ezen az iskolán, amelyek napirendje és teljes anyaga – és 34 ország hasonló programja – megtalálható a CERN oktatási honlapján [1].¹ A hazai részecskefizikai továbbképzésről konferenciacikket is írtunk [2], amely az Elsevier kiadó gondozásában jelent meg.

2017-es tanárprogram: Oláh Éva és Ujvári Balázs előadása.



A magyar fizikatanári program folytatása

Sajnos, a vállalati szponzorálás 2015-ben gyakorlatilag véget ért, a szűkös anyagi helyzet miatt többé nem tudták támogatni a programot. Az ELFT és az NKFIH egyszeri támogatásával sikerült a 2015-re meghirdetett tanári programot lebonyolítani, de a korábbi itthoni szervezők, Sükösd Csaba és Jarosievtz Beáta közölték, hogy ilyen körülmények között nem képesek folytatni a tízéves tevékenységet. A Magyar Tudományos Akadémia és az MTA Wigner FK úgy döntött, nem hagyják veszni ezt a rendkívül sikeres programot, és 2016-ban 20 magyar fizikatanár repülővel való kiutazását segítették a CERN-be, az ottani szálláskölt-

¹ Az egyes hivatkozásokat QR-kóddal is jelöljük.

ségüket is fedezték, a résztvevőknek csak a kinti ételmezezt és esetleges helyi közlekedést kellett fizetniük. A CERN továbbra is gondoskodik a kísérletek látogatásának megszervezéséről és termet biztosít az előadásoknak.

A létszám felére redukálásán kívül a repülővel történő kiutazás a program jelentős csökkenéséhez is vezetett. A korábbi programok keretében a hosszú buszutazás alatt kirándulásokat is tettek: Münchenben és a rajnai vízesésnél odafelé és a Mont Blancnál visszafelé menet. Az együtt töltött idő a csapatépítésnek is segített. Az autóbuzson mérőeszközöket lehetett kivinni a kint végzendő tanári kísérletek-



hez: optikai helyzetmeghatározáshoz, a levegő szennyezettségének és radontartalmának meghatározásához, valamint a hangsebesség és légnyomás méréséhez különböző magasságokban és helyszíneken. 2016-ban a csoport repülővel utazott, mérőberendezéseket nem tudtak vinni, ezért a gyakorlatokat CERN-beli detektorépítésre változtattuk. Ennek is nagy sikere volt a tanárok körében, viszont az előadókon kívül itthoni fizikus segítőkre is szükség volt. Az utolsó két, 2016-os és 2017-es tanári kurzusunk teljes programja az előadások videofelvételével együtt a [3] és a [4] lapon látható.

A tanárok körében kezdettől óriási sikere van a CERN-i továbbképzésnek, sokan ismételten is jelentkeztek rá, és bár őket csak várólistára vettük, az évek folyamán így is több ismétlőnk volt. Csaknem minden olyan fizikatanár, aki részt vett a CERN-i tanfolyamon, később diákcsoportot vitt ki a CERN-be, volt, aki évente többet is. A kurzus egyik előadása éppen erről szól: hogyan kell e látogatást előkészíteni és lebonyolítani.

A megújult tanárprogram

2017-ben elnyertük a Pallas Athéné Domus Innovationis Alapítvány támogatását a tanárok utazási és szállásköltségének fedezésére. Felhívásunkra 46 magyar fizikatanár jelentkezett, közülük választottunk ki 21-et: aktív tanárokat, iskolánként egyet, kizárólag olyanokat, akik ilyen programban még nem vettek részt és megfelelő motivációs levelet írtak. Hét tanár volt Budapestről, a többiek különböző vidéki középiskolákból, ketten Ukrajnából. Várólistát is készítettünk, de arról senki sem került be, ugyanis az eredetileg kiválasztottak közül senki sem lépett vissza.

A program 2017. augusztus 18. péntektől 25-ig tartott, az utazás a fapados EasyJet légitársasággal történt, ugyanis egyedül az biztosít közvetlen Budapest–Genf utat. A CERN részéről a szervezést *Jeff Wiener* végezte. A tanárokat elkísérte *Oláh Éva*, *Szathmári Nóra* és *Horváth Dezső* (mind Wigner FK), kinn *Ujvári Balázs* (Debreceni Egyetem), *Szil-*



Sokszálas kamrák építése 2017-ben. Fölül Varga Dezső magyarázza a műveleteket, alul a kamratestek összeragasztása.

lási Zoltán, *Makovec Alajos* (Atomki), *Béni Noémi*, *Darvas Dániel* (CERN) és *Fodor Zoltán* (Wigner FK) vezette őket, a sokszálas kamrák építését pedig *Varga Dezső* és *Pázmándi Péter* (Wigner FK) vezényelte. Előadásokat rajtuk kívül még *Barna Dániel* és *Lévai Péter* (Wigner FK), valamint *ifj. Krasznaborkay Attila* (CERN) tartott.

A szombati egész napos oktatási programot vasárnap kirándulás követte. A tanárok háromféle kirándulás között választhattak: felvonóval a Mont Blanc vagy a közeli Salève hegyre, vagy pedig városnézés fürdőzéssel Genfben. A Mont Blanc-ra vállalkozókat több menetben Ujvári Balázs szállította Chamonix-ba, a felvonó alsó állomásához és vitte vissza a CERN-be hétüléssel kocsiján.

A CERN-beli program hétfő reggel folytatódott és péntek reggelig tartott, aznap délutáni hazarepüléssel.

Sokszálas proporciónális kamrák építése

Az utóbbi két évben a korábbi tanári kísérleteket még izgalmasabb gyakorlattal helyettesítettük. Varga Dezső, a Wigner FK Innovatív Detektorfizikai Laboratóriumának Lendület-díjjal kitüntetett vezetője szervezésében a tanárok igazi, a kozmikus müonok észlelésére szolgáló detektorokat, sokszálas proporciónális kamrákat építenek a CERN-ben. A munka valamennyi fázisát – a kamratestek összeragasztásától a



Kamraépítés, 2017: a szálak forrasztásos rögzítése és az elektronika készítése.

szálak beerősítésén és a gázáramoltatás felszerelésén át egészen az észlelelektronika forrasztásáig – maguk végzik. Annak ellenére, hogy ez az igencsak fárasztó művelet a kinn töltött 6 este közül hármat késő éjszakába nyúlóan felemezst, a tanárok óriási lelkesedéssel vesznek részt benne, és rendkívül büszkék, amikor az új kamrák – 24 órás gázáramoltatás után megfelelően kitisztulva – végre működésbe lépnek. A természetes buktatók és apró hibák ellenére eddig még mindegyik sokszálás kamra megfelelően működött, mutatván a kozmikus eredetű töltött részecskék (főként müonok) áthaladását. 2017-ben a tanárok megismerkedhettek a kísérletekben ténylegesen használt kamrák kiolvasó elektronikájával is. Oszcilloszkóp képernyőjén láthatták a kamrákból kijövő és a feldolgozott (vagyis digitalizált) jeleket is. A kamrák alá és fölé helyezett szcintillációs számlálók segítségével



A 2017-es tanársoport a CMS-detektor életnagyságú képe előtt.

még észlelésindító (trigger) rendszert is építettek; mindehhez Szillási Zoltán közvetítésével a CMS-kísérlettől kaptuk a kamragázt és eszközeit, valamint a kiolvasó elektronika egységeit.

Intézetlátogatás

A CERN-es oktatás rendkívül feszített volt, amint az a programból [4] is jól látszik. Reggel fél kilenctől előadások, délután üzemlátogatás, vacsora után pedig három napon át a sokszálás proporciónális kamrák építése zajlott, általában éjjel 11-ig. A látogatások során, amelyeket több kolléga, főleg Szillási

A 2017-es tanársoport a CMS szervizaknájában, Szillási Zoltán (fehér sisakban) magyaráz.





Kvarkmodell építése kockákból 2016-ban és 2017-ben Oláh Éva vezetésével.

Zoltán és Béni Noémi vezetett, a tanárok megtekintették a CERN két állandó kiállítását, az LHC vezérlőközpontját és CMS kísérletét (az LHC működése miatt csak a föld alatti szerviztermet), a nyugalomba helyezett szinkrociklotron, amelyen egy film elmagyarázza a gyorsítók működését, az AMS-2 műholdas kísérlet vezérlőtermét, a CERN mágnes-előkészítő laboratóriumát és számítóközpontját, az Antianyaggyárat és a Szuper-protonszinkrotron NA61/SHINE kísérletét. Az utóbbit, hála Fodor Zoltánnak, a kísérlet technikai koordinátorának, testközelből lehetett megnézni.

Kvarkkockák

Oláh Éva saját fejlesztésű, a kvarkmodellt oktató gyakorlati foglalkozást vezetett, amelyen gyerekeknek lehet megtanítani a kvarkmodell elemeit. Ezt már több



Ködkamraépítés a S'Cool Labban.

helyen bemutatta és az utolsó két tanári programnak is része volt. A tanárok színes kockákból állítják össze a standard modell összetett részecskéit, ebből azok kölcsönhatásait és bomlásait is könnyű megérteni.

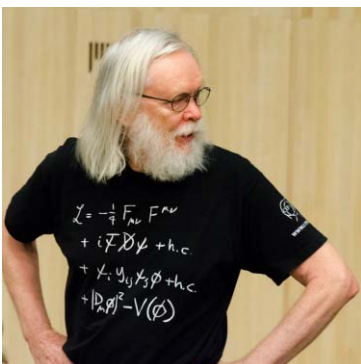
Ködkamraépítés a S'Cool Labban

A CERN néhány évvel ezelőtt berendezett egy oktatólaboratóriumot, amelyet szójátékkal *S'Cool Lab*nak hívnak. Ott a diák- és tanársoportok egy ködkamrát építenek, amely szárazjéggel hűtött alkoholvapárájában kirajzolódnak a kozmikus eredetű müonok pályái. Ez a gyakorlati foglalkozás 2006 óta a tanárprogram egyik legnépszerűbb eleme, mert akár az iskolákban is elvégezhető, csupán szárazjég kell hozzá, és eredménye rendkívül látványos.

Kincsvadászat és ünnepi vacsora

Szerda délután a tanári gárda 4 csoportra oszlott és 15 perces különbséggel indítva, térképpel a kezében bejárta Genfet, hogy egy kérdőív alapján felkeresse a város nevezetességeit és olyan kérdésekre válaszoljon, amelyekre csak az adott helyszínen lehet. Végül este annál az étteremnél találkoztunk, ahol a CERN vacsorára látta vendégül a résztvevő tanárokat, előadókat és segítőköt. A program CERN-es vezetője, Jeff Wiener elmondta, hogy 2016-ban 40 csoportot

John Ellis professzor a nevezetes pólóban és a csoportkép közepén.



látott vendégül, ami 40 esti fondue-evést jelentett: rengeteget kell futnia, hogy ledolgozza ezt a kalória-mennyiséget.

Beszélgetés CERN-es kutatókkal

A program egyik legfontosabb eseménye a résztvevő tanárok beszélgetése kinn dolgozó kutatókkal: túlnyomórészt fizikusok, de mindig találunk mérnököket is, a CERN-ben ugyanis jó néhány magyar villamosmérnök, gépészmérnök és informatikus dolgozik (részben ők szolgáltak mentorokként a tavaszi HSSIP diákprogramban is). A tanárookra mindig mély benyomást tesz a kutatók közvetlen stílusa és munkájuk iránti lelkesedése. Ezt például jól mutatja, hogy a CERN étterme a hét minden napján, folyamatosan működik, vasárnap este is több száz vacsoráznak benne. A program utolsó teljes napján, csütörtökön került sorra a kérdések és válaszok hagyományos ülésére, amelyen a tanárok kérdéseket tesznek fel az előadóknak, és nem csak a közvetlen témájukat illetően. A csütörtök fénypontja az volt, amikor *John Ellis* professzor, a CERN legnevezetesebb elméleti fizikusa meglátogatta a társaságot és egy órát beszélgetett velünk. John Ellis kézírásában szerepel a standard modell alapegyenlete a CERN pólóin, pulóverein és bögréin. A tanárok igen aktívan kérdezték életéről, munkájáról és terveiről.

Többek között elmesélte, hogy egy elvesztett darts-meccs következményeképpen miként vezette be a *pingvin* szót a részecskefizikába, bizonyos reakciókat leíró egyenlet [5] képszerű ábrázolásához.

Utótalálkozó

A résztvevő tanárok menet közben értékelik a programot: előre megadott szempontok szerint osztályozzák az elhangzott előadásokat, a látogatásokat és a gyá-

korlatokat, valamint utólag szöveges beszámolót írnak benyomásaikról, tapasztalataikról. Minden év végén megbeszélést szervezünk, amelyben a résztvevő tanárok újra találkozhatnak egymással és az előadókkal, és ahol áttekintjük az értékeléseket és a tanárok írásos beszámolóit.

Ezek sorából kiemelendő a 2016. november 12-i általános utótalálkozó a budapesti Piarista Gimnáziumban, amelyre az elmúlt 11 alkalommal részt vett valamennyi tanárt meghívtuk. A találkozóra 130 fizikatanár jött el, teljes programja a [6] lapon látható.

Az idei utótalálkozóra 2017. november 25-én a Wigner FK médiatermében került sor, amelyen részt vett a tanárok és az előadók nagy része, a szervezők, közöttük videokonferencián még négy, a CERN-ben dolgozó előadó is. Rajtuk kívül fő szponzorunk, a Pallas Athéné Domus Innovationis Alapítvány igazgatóját, *Bánkuty Tamást*, valamint *Lendvai Jánost*, a *Fizikai Szemle* főszerkesztőjét és *Tóthné Vízkelety Barbarát*, a Magyar CERN-bizottság titkárát üdvözölhettük. A program értékelési része után *Vasúth Mátyás* a gravitációs hullámokról és *Djotyan Gagik* a CERN AWAKE gyorsítófejlesztési programjáról tartott előadást, majd az utóbbi program kísérleti berendezését nézték meg a Wigner FK-ban. A napot Lévai Péter, a Wigner FK főigazgatója zárta a tanárprogram jövőjéről tartott előadásával. A teljes program megtekinthető a [7] lapon.

Magyar diákok kéthetes munkája a CERN-ben

A CERN nemzetközi részecskefizikai diákműhelyei már 14. éve folynak: a tagországok minden tavasszal egynapos diákprogram keretében LHC-kísérletek valódi mért adatait elemzik, és az eredményeket nemzetközi videokonferencián hasonlítják össze. 2017-ben a CERN új diákprogramot [8] hirdetett és mi voltunk a próbaország [9]: 22 magyar középiskolás diákot két tanárkísérővel két hétig vendégül láttott. A gyerekek kettes csoportokban, kint dolgozó magyar kollégák felügyelete mellett párosával bekapcsolódtak 11 kinti kutatócsoport munkájába. Természetesen közös program is szerveztek: műhelygyakorlatok, a kísérletek és más CERN-területek látogatása és kirándulások, de a legfontosabb a kiscsoportos kutatómunka volt. Köszönjük, CERN!

A magyar diákcsoport és kinti vezetői. A bal felső sarokban a váltófutásban dobogós diákcsoport.



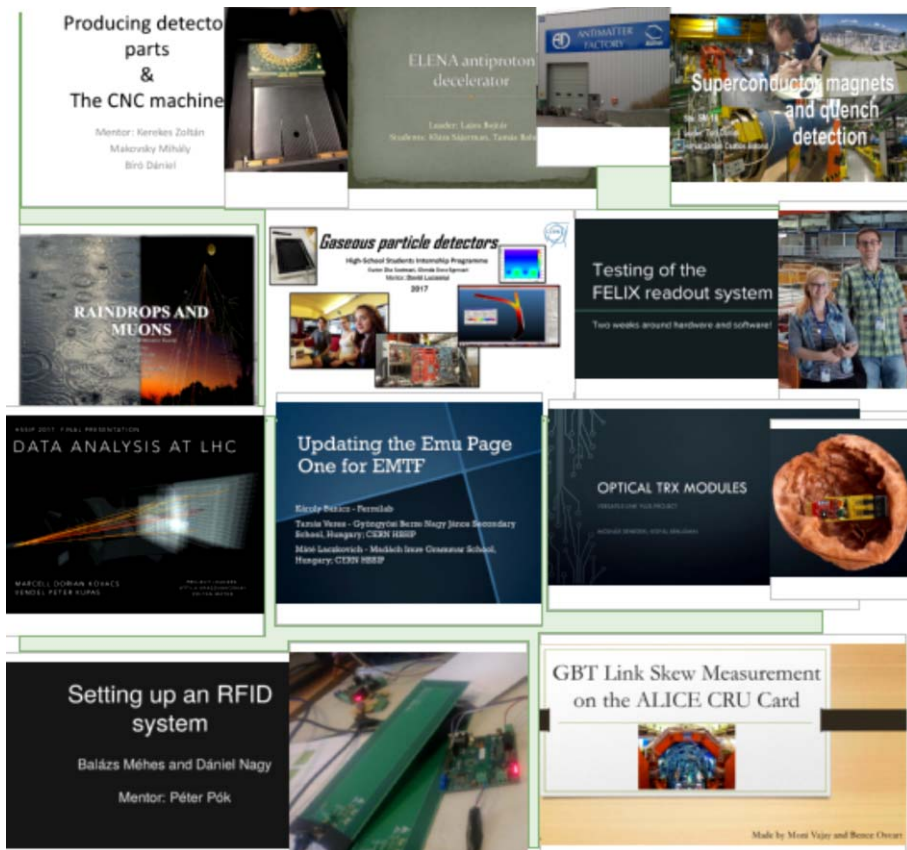
A program [10] honlapján megtekinthető a résztvevő diákok névsora a küldő középiskolával. A 22 diák között 16 fiú volt és 6 lány, 9–11. osztályosok. Általában minden középiskolából 1-1 gyereket válogattunk be a sok jelentkezőből, többet csak olyanokból, akik már korábban részt vettek részecskefizikai kutatásban (többnyire a Wigner FK detektorépítő laboratóriumában). A 18 középiskolából 10 budapesti és 8 vidéki volt. Kitettük a honlapra a 11 kutatócsoport mentorai, témái és diákpárjai listáját is. A részletes programban csak a munkán kívüli látogatások szerepelnek, a csoportmunka folyamatos volt.

A CERN évente 5 hasonló diákcsoportot tervez fogadni, a miénk volt az első, Magyarország tehát legközelebb 4-5 év múlva kerül majd sorra.

A magyar kísérő tanárok, Oláh Éva és Szathmári Nóra kezdettől részt vettek a munkában, mind az előkészületek, mind a lebonyolítás során. Külön köszönet illeti *Jurcsó Pétert*, aki a kinti munkát megszervezte, rábeszélte a 11 kinti kollégát a mentorálásra, és egész idő alatt kézben tartotta a programot.

A program, sajnos, az érettségi vizsgák idejére esett, ezért a válogatásnál az utolsó évesek nem jöhettek szóba. Ennek ellenére kitűnő társaság jött össze, a diákok maximálisan kihasználták a két hét lehetőségeit. A CERN egységeinek látogatásakor az elhangzottakon túl mindig sok érdeklődő kérdéssel bombázták a látogatás vezetőit. A mentorok is nagyon elégedettek voltak a diákpárosok hozzáállásával, lelkesedésével, munkabíráásával és kíváncsiságával. A diákok egymásnak is sokat segítettek az új ismeretek magyarázásában, a feladatok elkészítésében.

A program utolsó napján, június 2-án a diákok rövid előadásokban mutatták be egymásnak, mivel foglalkoztak. A prezentációk több célt is szolgáltak. A diákok magyarul számoltak be egymásnak a két hét alatt elért eredményeikről, kutatási tapasztalataikról. Ez a CERN-ben végezhető munkalehetőségek sokszínűségét tárta fel a csoport tagjai előtt. Volt olyan kutató, aki a 11 beszámolót végighallgatva megjegyezte, „itt áll előttünk a tehetséges utánpótláscsapat”. Az angolul készített prezentációkat a CERN dokumentálta, a weboldal utolsó napján valamennyi megtekinthető. Megjegyezzük, hogy a gyerekeknek nem írtuk elő a nyelvtudást, de „történetesen” mindenki beszélt az angolt, ez már egy ilyen új diáknemzedék.



A 11 diákelőadás címlapja, esetenként illusztrációval.

A hivatalos programok közötti szabad időben remek csapatépítő kikapcsolódás zajlott. A fiúk bevállalós fele 5 alkalommal is úszkált a Genfi tóban, amely akkortájt (május!) 16-17 fokos volt. Esténként éjszakába nyúló társasjátékok mentek. Az évente megrendezett CERN-i váltófutásra [11] hat fős fiúcsapat nevezett be, és dobogóra került. A csoport magatartása az egész út alatt példamutató volt, ezt a szülők mellett tanárainknak is köszönjük!

A KFKI sporttelepén minden ősszel CERN-Wigner Open Days [12] rendezvény zajlik, 2017-ben ez szeptember 23–24-én került megrendezésre. A nyári CERN-programon részt vett diákok ismét előadták a CERN-es prezentációjukat, immár hazai közönségnek.

Internetes hivatkozások

1. <http://teacher-programmes.web.cern.ch/ntp/national-teacher-programmes>
2. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405601415009517>
3. <https://indico.cern.ch/event/505644/timetable/>
4. <https://indico.cern.ch/event/630360/timetable/>
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Penguin_diagram
6. <https://indico.kfki.hu/event/442/other-view?view=standard>
7. <https://indico.kfki.hu/event/768/>
8. <http://hssip.web.cern.ch/>
9. <http://hssip.web.cern.ch/np/hungarian-programme>
10. <https://indico.cern.ch/event/630615/timetable/>
11. <https://runningclub.web.cern.ch/content/relay-race-2017>
12. <http://wigner.mta.hu/hu/nyilt-napok-diakmuhelyek>

