

RÉSZECSEKEFIZIKAI DIÁKMŰHELY

A Fizika Világévének keretében az Európai Részecskefizikai Ismeretterjesztő Csoport (EPOG) „méréseket” szervezett középiskolásoknak a *CERN saját kezűleg* című honlap felhasználásával. Ezek a mérések a CERN 18 tagországnak 80 intézetében zajlottak 2005. március 7. és március 18. között. Magyarországon a következő három helyszínen vettek részt diákok a mérésben: az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutató Intézetben (Budapest), a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizika Tanszékén és a Budapesti Műszaki Főiskola Számítógéptechnikai Intézetében (Székesfehérvár).

Előzmények

Erik Jobansson, a Stockholmi Egyetem professzora vezetésével 1998 körül megalkották a „CERN saját kezűleg” (*Hands on CERN*, http://hands-on-cern.physto.se/hoc/_v21en/) honlapot, amely több díjat is nyert. Ezt tavaly felújították, és az eredeti angol és svéd mellett számos más nyelvre lefordították. A honlap magyar változatának leírása megtalálható a *Lássuk a részecskéket!* című cikkemben (ld. 261. o.).

A mérés megrendezésére felsőoktatási vagy kutatóintézetek jelentkezhetnek. A rendezvény honlapján az intézetek lehetőséget kaptak, hogy angolul és saját nyelvükön ismertetőt tegyenek közzé tevékenységükről. Ez a honlap a *CERN saját kezűleg* fordításaival együtt CD-re került, amelyet a diákműhelyen részt vevő összes diák megkapott egy részecskefizikai tárgyú képregénnyel és egy német kutatóintézetről, a DESY-ről szóló ismertetővel együtt.

A diákműhelyek napjára a részt vevő intézmények összekapcsolásával videokonferenciát is szerveztünk, amelynek főpróbája két hónappal a rendezvény előtt zajlott. A próbára szükség volt, hiszen kezdetben gyakori volt, hogy a hangerő nem volt megfelelő, vagy a hangszóróból a hang visszajutva a mikrofonba visszhangot okozott, vagy a tűzfal beállításai miatt a kép nem érkezett meg a többi helyszínről.

A magyarországi események

A diákműhely-sorozat március 7-én indult. Aznap volt az általam Székesfehérváron szervezett rendezvény is. Dél előtt egy hosszabb előadást tartottam, amelynek első felében a délutáni mérés megalapozására és ismertetésére fektettem a hangsúlyt (a részecskefizikai Standard Modell alapjai, részecskegyorsítók és detektorok), a második felére pedig a részecskefizikával kapcsolatos érdekességekkel készültem (csatolási állandó, szuperszimmetria, az erős kölcsönhatás furcsaságai, ...). A [\[bmf.hu/fizika\]\(http://bmf.hu/fizika\) oldal a BMF Számítógéptechnikai Intézet fizika honlapja, ahol megtalálható előadásom anyaga és más, az eseményhez kapcsolódó több fájl.](http://www.szgti.</p>
</div>
<div data-bbox=)

A közös intézményi ebéd után sor került még egy laboratóriumi bemutatóra, ahol a résztvevők megtekinthették többek között a Világhálón bárki által vezérelhető bolygószondánkat, a Hunveyor-4-et (<http://hunveyor.szgti.bmf.hu>).

Ezután a mérésekkel folytattuk a programot. A feladat a CERN LEP gyorsítóján történt 92 GeV-es tömegközépponti energiájú elektron–pozitron ütközések végállapotainak osztályozása, majd az egyes eseményfajták gyakorisága alapján a Z-bozon bomlási csatornák (kvark–kvark \rightarrow dzsetek, e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, $\tau^+\tau^-$) valószínűségeinek meghatározása volt. A vizsgálandó végállapotokat a CERN-ben is használt eseménynézegető program segítségével elemezték. Egy-egy számítógép előtt ülve két-három diák szem-

1. táblázat

A debreceni és székesfehérvári diákok által adott válaszok átlagértékei az előzetes ismeretekkel kapcsolatban

Kérdés	Debrecen	Székesfehérvár
Mennyi időt töltesz a számítógép előtt ($1 =$ több mint $1b/nap$, $5 =$ kevesebb mint $1b/hét$)	2,05	1,31
Milyen gyakran kísérleteztek fizikaórán? ($1 =$ nagyon gyakran, $5 =$ sosem)	3,36	3,4
Milyen gyakran használtok számítógépet az adatok kiértékeléséhez? ($1 =$ nagyon gyakran, $5 =$ sosem)	4,21	4,31
Előismeretek ($1 =$ teljesen egyetértek, $5 =$ egyáltalán nem értek egyet)		
Sokat tudok fizikából	2,84	2,87
Többet akarok tudni belőle	1,26	2,18
A fizikaórák jól előkészítettek a diákműhelyre	3,05	2,62
Szeretem a fizikaórákat	1,36	2,37
Az iskolai fizika kapcsolódik a mindennapi élethez	2,44	2,56
Az iskolai fizikaórán megtudom, hogy mi a szerepe a fizikának a modern technikai fejlesztésekben	2,26	2,5
Az iskolai fizikaóráról tudom, hogyan szervezik és kivitelezik a tudományos kutatási folyamatokat	3,31	2,87
Mielőtt ide jöttem, a következő dolgokról ($1 =$ sokat, $5 =$ nem) tudtam		
Radioaktivitás	2,31	2,93
Kvarkok és leptonok	3,73	4
Általában a részecskefizikáról	2,84	3,62
Részecske-detektorok	3,10	3,81
Részecskegyorsítók	2,42	3,68



lélte és osztályozta a vizsgálandó 100 esemény képét. Intézetenként ugyanannak az 1000 eseménynek a közös kiértékelését végezték el. A mérés indítása nagy figyelmet igényelt. Főleg a többdzsetes és a tau-események megkülönböztetése jelentett gondot.

Az eredmények összegzése után került sor az aznap mérést végző 5–6 intézet részvételével rendezett videokonferenciára (március 7-én rajtunk kívül osztrák, két görög és egy német csoport mért). Ennek során eredményeinket összehasonlítottuk a többi intézet csoportjai által kapott eredményekkel, illetve a nagy nemzetközi kísérleti együttműködésekben milliós eseményszám alapján mért értékekkel és az elméleti számításokkal. Az eredmények a statisztikus bizonytalanság határain belül egyeztek az „igazi” mérésekkel! A konferenciabeszélgetések során a diákok kicserélték élményeiket és a mérések során fellépő nehézségeiket.

A nap befejezéseként a diákok a műhelyt értékelték kérdőíveket töltötték ki, végül az ajándékok, valamint a részvételt igazoló egységes nemzetközi diploma kiosztása következett.

A többi telephelyen is hasonló időbeosztás szerint haladtak a programok. A második nap, március 8-án került sor a budapesti rendezvényre. A diákokat a Szilárd Leó tehetségkutató verseny résztvevőiből toborozta a szervező, *Jancsó Gábor*. Debrecenben az évente megrendezésre kerülő *Fizikus Napok* kiegészítőjeként március 16-án tartotta *Trócsányi Zoltán* a diákműhelyt az egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékén.

A kérdőívek tanulságai

Az események tanulságainak összegzése érdekében a központi szervezők angol nyelvű kérdőívet állítottak össze. A kérdőívek névtelenek voltak, a korra, nemre vonatkozó kérdést tartalmaztak, valamint azt, hogy milyen szintű képzésen vesznek részt fizika, biológia és kémia tantárgyakból. A további kérdések a diákműhely előtti ismereteket, a szerzett ismereteket, a témához való viszonyulás változását, az előadás, a mérés és a videokonferencia követhetőségét vizsgálták. A kérdőívek közül csak a székesfehérváriakat és a debrecenieket tudtam feldolgozni. A mellékelt *táblázat*okban megtalálhatóak a számszerűsíthető adatok átlagai.

2. táblázat

A diákműhely értékelése a tanulók véleménye szerint

Kérdés	Debrecen	Székesfehérvár
Az előadásokról (1 = teljesen egyetérték, 5 = egyáltalán nem értek egyet)		
Az előadásokat könnyű volt megérteni	1,5	2,93
Érdekesnek találtam az előadás témáját	1,33	2,25
Lehetőségünk volt kérdezni	1,33	2,06
A feladatokról (1 = teljesen egyetérték, 5 = egyáltalán nem értek egyet)		
A másokkal való együttműködés fontos volt a probléma megoldásában	1,61	2,18
Úgy érzem, hogy kompetens vagyok a probléma megoldásában	2,33	2,68
Lehetőségünk volt kérdezni	1,22	2,19
A videokonferenciáról (1 = teljesen egyetérték, 5 = egyáltalán nem értek egyet)		
A videokonferencia technikai színvonala (1 = jó, 5 = rossz)	3,81	2,69
Jól tudtam követni az egész konferenciát	2,88	2,83
A videokapcsolat a többi ország hallgatóival bepillantást engedett számomra a nemzetközi kutatási együttműködések működésébe	3,05	2,76
A műhelyről általában		
Hogyan tetszett a diákműhely? (1 = nagyon, 5 = egyáltalán nem)	1,64	2,43
Mi tetszett a legjobban a diákműhelyben (e = előadás, f = feladat, v = videokonferencia)	11e, 3f	10f, 3e, 3v
A diákműhely (1 = túl könnyű, 5 = túl nehéz) volt	3	3,37
A diákműhely után (1 = kevésbé, 5 = jobban) érdekel a fizika általában	4,11	3,53
Mit szeretnék másként? (1 = teljesen egyetérték, 5 = egyáltalán nem értek egyet)		
Több feladatot szeretnék mint előadást a diákműhelyen	3	3,06
Jobban szeretem azokat a programokat, mely több helyet ad a saját ötleteimnek	3,18	2,75
A diákműhely után többet tudok a részecskefizikáról	1,82	2,56
A diákműhely tájékoztatott a fizikának a modern műszaki fejlesztésekben betöltött szerepéről	2,11	2,37
A diákműhelyen megtanultam, hogyan szervezik és kivitelezik a tudományos kutatást	2,23	2,62
A modern fizikának mint a részecskefizikának nagyobb mennyiségben kellene szerepelnie az iskolai fizikaórán	1,70	2,75
A diákműhelyen hallott fizika megmutatta a kapcsolatot a mindennapi élettel	2,94	2,87
A diákműhely-foglalkozáson (1 = sokat, 5 = nem) tanultam újat a következőkről		
Radioaktivitás	3,35	3,81
Kvarkok és leptonok	1,52	1,93
Általában a részecskefizikáról	1,70	2,5
Részecske-detektorok	1,82	2,31
Részecskegyorsítók	2,17	2,18

Mindkét 20 fős csoportban három-három lány volt. A debreceni csoportban 16-an emelt szinten tanulták a fizikát, 17-en a matematikát. A fehérvári csoportban fizikából 7-en, matematikából 8-an vettek részt emelt szintű oktatásban. A programban részt vevő diákok tehát az átlagosnál jobban érdeklődtek a fizika iránt, így a kérdőívek tanulmányai elsősorban erre a csoportra értendők.

A debreceni csoportban a diákok szerint az előadás jobban érthető volt, és több lehetőségük volt kérdezni. A fehérvári csoportban a videokonferencia előkészítése volt sikeresebb. Összességében elmondhatjuk, hogy mindkét helyszínen a) sikert aratott a program; b) a diákok tanulságosnak találták a műhelyt, megítélésük szerint ismeretük a részecskefizikáról gyarapodott; c) a diákok a jelenleginél nagyobb mértékben igényelnék az iskolai fizikaórán a modern fizika eredményeivel való ismerkedést.

A kérdőívben megjegyzéseket is fűzhetek az eseményekhez. A fehérvári diákok közül többen megemlítették, hogy az *LHC az időgép* című magyar nyelvű lefordított 11 perces kisfilm tetszett nekik. Volt, aki jelezte, hogy

a videokonferencia idejére már elfáradtak. Debrecenben a diákok többségének az előadás, Fehérváron a feladat végzése jelentett nagyobb élményt.

A rendezők megítélése és a visszajelzések alapján a műhely a külföldi helyszíneken is sikert aratott. A diákok megérezték egy nemzetközi együttműködés apró emberi–technikai összetevőit. A rendezvény a részecskefizikus társadalom kezdeményezéséből indult, de a tapasztalatok alapján a fizika más területei és más tudományterületek is sikerrel járnának hasonló, a tudományos kutatásokat népszerűsítő rendezvényekkel. Az ez évi esemény nemzetközi szervezői a tapasztalatok alapján évi rendszerességgel kívánják az akciót folytatni. A hazai csatlakozásra készen állunk. Kérem, hogy a rendezvény iránt érdeklődő tanárok, illetve a részvétel iránt érdeklődő diákok a horvath.arpad@szgti.bmf.hu villámposta-címre küldjék jelentkezésüket.

A <http://wyp.teilchenphysik.org/mc.htm> oldal tartalmazza az esemény központi honlapját.

Horváth Árpád

MEGÁLLAPODÁS AZ ITER FELÉPÍTÉSÉRŐL

2005. június 28-án Moszkvában aláírták a megállapodást az ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) nemzetközi termonukleáris kísérleti reaktor felépítéséről, a helyszín Cadarache, Franciaország. Ezzel évek óta tartó vita zárult le, végre hozzákezdhetnek a beláthatatlan távlatokra biztonságos energiaellátással kecsegtető szabályozott termonukleáris fúzió feltételeinek megteremtéséhez.¹

A szabályozott termonukleáris fúzióban a legkönnyebb elemek összeolvadása, fúziója során szabadul fel az atommagok energiája. A százmillió fokra felhevített üzemanyagot, a hidrogén nehéz izotópjait (deutérium, trícium) erős mágneses térrel tartják össze. A ma legsikeresebb berendezéstípus a tokamak, ilyen lesz az ITER is, ebben gyűrű (tórusz) alakú térrészbe zárják a plazmát.

A hatalmas és drága kísérleti berendezés nemzetközi összefogással való megépítését *Gorbacsov* szovjet vezető vetette fel az 1980-as évek közepén, *Reagan* amerikai, majd *Mitterand* francia elnök egyetértése biztosította a politikai hátteret. A tervezést 1988-ban az Európai Közösség, Japán, a Szovjetunió és az USA együtt kezdte meg, idővel más országok is csatlakoztak. A helyszín kiválasztásáig békésen zajlottak az előkészületek. A helyszínről először francia–spanyol vetélkedés alakult ki az EU-ban, majd Franciaország és Japán küzdött a telephelyért.

Az ITER építését jövőre kezdik meg az Európai Unió, Oroszország, az Egyesült Államok, Japán, Kanada, Kína és Korea összefogásával. Az építés idejét tíz évre, költségeit 4,6 milliárd euróra tervezik, az építés ötvenezer embernek ad majd munkát. Az Európai Unió állja a költségek 40%-át, ehhez Franciaország még hozzáad 10%-ot,

tehát a költségek fele marad az EU-n kívüli résztvevőkre. Az üzemeltetést húsz évre tervezik. Így a 2030-as évekre gyűlhet össze elegendő tapasztalat, ismeret ahhoz, hogy dönteni lehessen a következő nagy lépés megtételéről, az erőművi reaktor megépítéséről.

Az építés évtizede alatt lesz majd mód a részletek bemutatására, itt csak néhány impozáns adatot idézek. Szupravezető mágnesekkel hozzák létre az 5,3 tesla erősségű mágneses teret. A D keresztmetszetű gyűrűben, a plazma nagy sugara 6,2 m, kis sugara 2 m lesz. A 840 köbméter térfogatú plazmában 15 megaamper áram folyik, az elérhető fúziós teljesítményt 500 megawattra teszik.

Magyarországon az 1970-es évek végére épült meg egy kis tokamak a KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetben (KFKI RMKI). A hazai kutatások, a korábbi magfizikai és lézerfizikai tapasztalatokra építve elsősorban a plazma tulajdonságainak vizsgálatára irányultak, új vizsgálati (plazmadiagnosztikai) módszerek születtek. A kutatások hazai kísérleti berendezése 1979-től 1998-ig állt a kutatások rendelkezésére. Az 1990-es évek elejétől szoros együttműködés jött létre német és svájci kutatóintézetekkel. A külföldi laboratóriumokban folytatott kutatások nagyrészt a magyar tokamaknál végzett munka folytatásának, illetve az ott kifejlesztett eljárások alkalmazásának tekinthetők.

A forró plazma paramétereinek meghatározására kidolgozott sikeres diagnosztikai módszerek egyikében gyorsított semleges lítiumatom-nyalábót irányítanak a plazmába és megfigyelik a keletkezett sugárzást, ez a plazma sűrűségfluktuációiról hordoz információt. A KFKI RMKI kutatói kaptak megbízást a lítiumnyaláb-diagnosztika továbbfejlesztésére a ma működő legnagyobb tokamakokon. Ez az Angliában működő Joint European Torus (JET). Itt hoztak létre a világon először szabályozott termonukleáris fúziót

¹ V.ö.: *Zoletnik Sándor*: Szabályozott magfúzió mágneses összetartással I–II., *Fiz. Szle.* 2005/3. 100. o., 2005/7. 234. o. írását.