

fizikai szemle

2012/10



Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat
havonta megjelenő folyóirata.
Támogatók: A Magyar Tudományos
Akadémia Fizikai Tudományok Osztálya,
a Nemzeti Erőforrás Minisztérium,
a Magyar Biofizikai Társaság,
a Magyar Nukleáris Társaság
és a Magyar Fizikushallgatók Egyesülete

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

**Bencze Gyula, Czitrovszky Aladár,
Faigel Gyula, Gyulai József,
Horváth Gábor, Horváth Dezső,
Iglói Ferenc, Kiss Ádám, Lendvai János,
Németh Judit, Ormos Pál, Papp Katalin,
Simon Péter, Sükösd Csaba,
Szabados László, Szabó Gábor,
Trócsányi Zoltán, Turiné Frank Zsuzsa,
Ujvári Sándor**

Szerkesztő:

Füstöss László

E szám vendégszerkesztője:

Horváth Dezső

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

A folyóirat e-mail címe:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

http://www.fizikaiszemle.hu

A címlapon:

**Az LHC (Nagy hadronütköztető)
alagútja 100 m mélyen a föld alatt
a Genf melletti CERN-ben.
(Fotó © Maximilien Brice, CERN)**

TARTALOM

<i>Horváth Dezső: Magyarország 20 éve a CERN tagja</i>	325
<i>Igó-Kemenes Péter: Emlékezés</i>	328
<i>Raics Péter: A Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékének tettei a részecskefizikában – I. rész</i>	333
<i>Veres Gábor: Minden kezdet nehéz</i>	340
<i>Turbányi Géza: Mozaikok a CERN és az informatika történetéből – I. rész</i>	341
<i>Dénes Ervin: Utazási kalandok 1981 és 90 között</i>	344
<i>Horváth Dezső: Az atomfizikától a nagyenergiás fizikáig</i>	345
<i>Hajdu Csaba: Az első e-mailtől a gridig – kalandjaim a CERN körül</i>	353
<i>Barna Dániel: CERN-i egypercetek</i>	356
<i>Pásztor Gabriella: Higgs-vadászat @ CERN</i>	358
<i>D. Horváth: Hungary's twenty years of CERN membership</i>	
<i>P. Igó-Kemenes: CERN remembrances</i>	
<i>P. Raics: The Department of Experimental Physics at University of Debrecen: activities in particle physics – part I</i>	
<i>G. Veres: Starting work: difficulties, as usual</i>	
<i>G. Turbányi: Details of the history of CERN and informatics – part I</i>	
<i>E. Dénes: Travel adventures 1981–1990</i>	
<i>D. Horváth: From atomic physics to high energy physics</i>	
<i>Cs. Hajdu: From the first e-mail to grid</i>	
<i>D. Barna: CERN – one minute remarks</i>	
<i>G. Pásztor: Higgs hunt @ CERN</i>	
<i>D. Horváth: Ungarns zwanzig Jahre im CERN</i>	
<i>P. Igó-Kemenes: CERN-Erinnerungen</i>	
<i>P. Raics: Der Lehrstuhl für Experimentalphysik an der Universität Debrecen und seine Tätigkeit auf dem Gebiet der Teilchenphysik – Teil I.</i>	
<i>G. Veres: Aller Anfang ist schwer</i>	
<i>G. Turbányi: „CERN und die Informatik“: Einzelheiten aus der Geschichte – Teil I.</i>	
<i>E. Dénes: Reiseabenteuer 1981–1990</i>	
<i>D. Horváth: Von der Atomphysik bis zur Physik hoher Energien</i>	
<i>Cs. Hajdu: Von der ersten e-mail bis zum Grid</i>	
<i>D. Barna: Ein-minuten – Bemerkungen zum CERN</i>	
<i>G. Pásztor: Higgs-Jagd @ CERN</i>	
<i>Д. Хорват: Двадцатилетие членства Венгрии в CERN-e</i>	
<i>П. Иго-Кемениш: Воспоминания</i>	
<i>П. Раич: Кафедра Экспериментальной Физики Дебреценского Университета и её деятельность в физике частиц – часть первая</i>	
<i>Г. Вереш: Начинать всегда затруднительно</i>	
<i>Г. Турчани: Очерки из истории «CERN и информатика» – часть первая</i>	
<i>Э. Денеш: 1981–1990 – дорожные приключения</i>	
<i>Д. Хорват: От атомной физики к физике больших энергий</i>	
<i>Ч. Гайду: От первой e-mail до grid-a. Мои приключения</i>	
<i>Д. Барна: Одноминутные рассказы по CERN-y</i>	
<i>Г. Пасноп: Охота за частицу Хиггса</i>	

Fizikai Szemle
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését anyagilag támogatják:



paksi atomerőmű



Nemzeti
Kulturális
Alap

NCA
Nemzeti Civil Alaprogram



Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Matematikai és Fizikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LXII. évfolyam

10. szám

2012. október

MAGYARORSZÁG 20 ÉVE A CERN TAGJA – a vendégszerkesztő előszava

Horváth Dezső
MTA Wigner FK RMI

Magyarország 20 éve az Európai Nukleáris Kutatási Szervezet (European Organization for Nuclear Research, Centre Européenne pour la Recherche Nucléaire, CERN) hivatalos tagországa, de magyar kutatók már jóval régebben, a hetvenes évek óta dolgoztak a CERN-ben. Eleinte ennek leggyakoribb módja az volt, hogy magyarok a dubnai Egyesített Atommagkutató Intézet, az EAI színeiben vettek részt CERN-i kísérletekben, a CERN és az EAI között ugyanis a kezdetektől – hidegháború ide vagy oda – igen szoros, baráti együttműködés volt. Jelenleg is évente közös iskolát szerveznek doktoranduszok számára (a legközelebbi CERN–EAI közös részecskefizikai iskola 2013 júniusában éppen Magyarországon lesz), és a dubnai intézet egyike az LHC-kísérletek egyik legjelentősebb résztvevő intézeteinek.

A részecskefizika különösen érdekes a kutatók, a nagyközönség, valamint az ipari fejlesztés szempont-

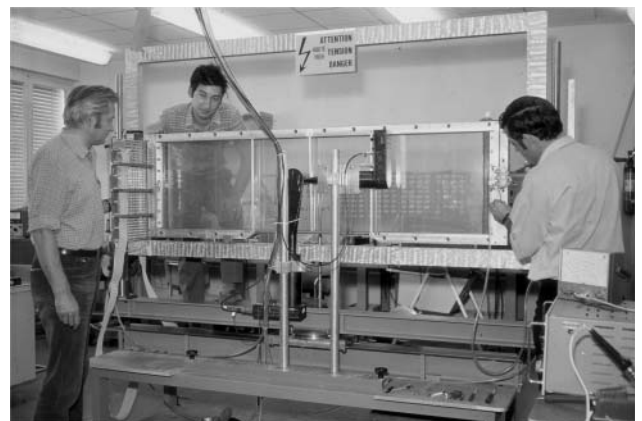
jából. Ami a részecskefizikus kutatók számára magától értetődő, az a más területen dolgozó kutatókat elképeszti: az együttműködések és mérőrendszerek iszonyatos mérete és a némileg ipari jellegű szerveztség eredményeképpen születő, több ezer szerzős publikációk. A nagyközönség fantáziáját is a méretek mozgatják: ha a világ adófizetői hajlandók voltak összeadni 6 milliárd eurót az LHC megépítésére, amelynek egyik fő célja a Higgs-bozon megtalálása, akkor az a Higgs-bozon biztosan nagyon érdekes, kering is róla rengeteg vicc az interneten. Az ipari fejlesztést is a méretek érdeklik, hiszen egy-két eszközt még megveszünk a boltban, de sok ezer egyformára már érdemes célberendezést fejleszteni.

A CERN jelenleg a világ legnagyobb részecskefizikai laboratóriuma: mintegy 2800 főt foglalkoztat, és ezzel tízezerrel jóval több, a kísérletekben résztvevő kutatót és több mint ezer diákot szolgál. Részecskefizikai alapkutatásra szakosodott intézmény, jelentősége azonban

1. ábra. Göncz Árpád a CERN-ben, 1997. Áll: Michelberger Pál (MTA). Első sor: Vesztergombi György (Wigner FK), Göncz Árpád, Siegler András (NKTH). Számunk szerzői közül a 3. sor jobbszélén ül Igó-Kemenes Péter (Heidelbergi Egyetem), jobbra mögötte, félig eltakarva Hajdu Csaba (Wigner FK).



2. ábra. Sokszálas proporcionális kamra építése a CERN-ben. Georges Charpak, a kamra Nobel-díjas (1992) felfedezője bal oldalt látható.



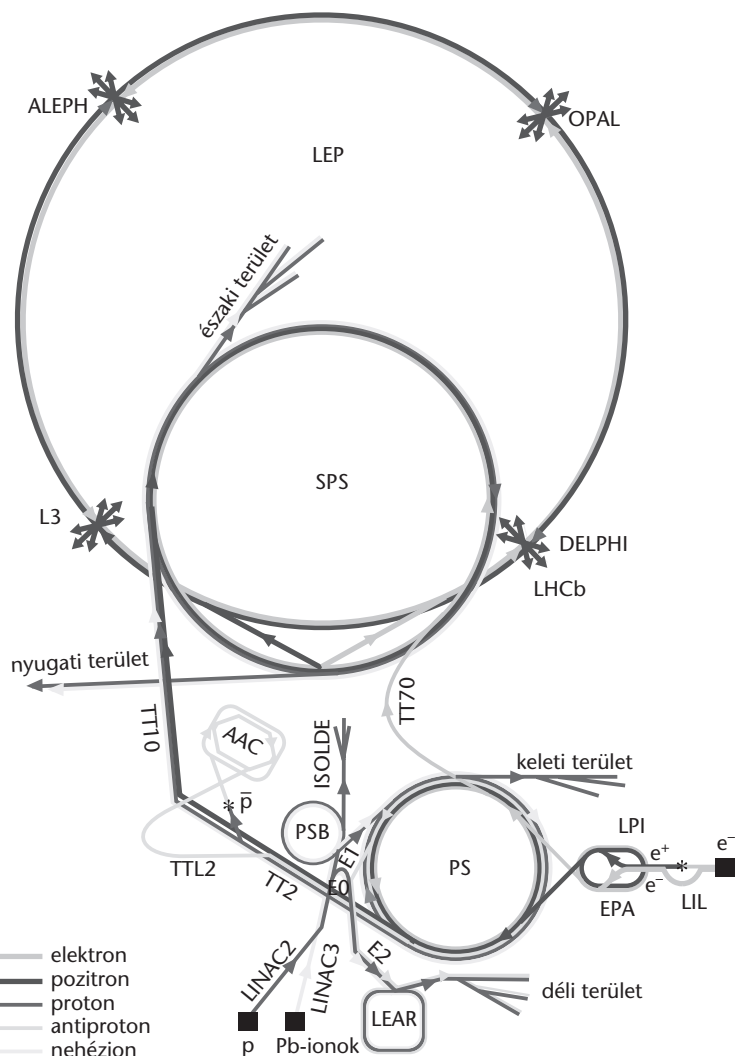
messze túlnő a részecskefizikán. *Georges Charpak* (2. ábra) 1968-ban építette meg a CERN-ben az első sokszálas proporcionális számlálót, amely azután forradalmasította a részecskeészlelés technikáját (nemcsak a részecskefizikában), és Nobel-díjat hozott a felfedezőnek. Az a technológiai kihívás, amelyet az újabb és újabb gyorsítók és detektorrendszerek kifejlesztése és megépítése követel, komoly fejlődést hozott a vákuumtechnikában, az elektronikában és a számítástechnikában egyaránt. A LEP (Nagy elektron-positron ütköztető, 1989–2000) gyorsító DELPHI (Detector with Lepton, Photon and Hadron Identification) detektora a világ legnagyobb szupravezető mágnesét tartalmazta 1989-ben, és a 2009-ben indult LHC (Large Hadron Collider, Nagy hadronütköztető) CMS (Compact Muon Solenoid) detektora tartalmazza a jelenlegi legnagyobb szupravezető szolenoidot: a hat méter belső átmérőjű hengerben 3,8 T mágneses tér honol. A CERN körül, a svájci-

francia határ mindkét oldalán, hatalmas technikai parkok jöttek létre, fejlesztőcégek tucatjaival.

A CERN máig legnagyobb jelentőségű (mellék)terméke a világháló. 1990-ben *Tim Berners-Lee* két munkatársával arra fejlesztette ki, hogy a fizikusok az irodáikból (legyen az Genfben vagy Londonban) tudják ellenőrizni a kísérlet állapotát (a főnöke azt írta az eredeti tanulmánytervre, hogy „Vague, but exciting”, „Bizonytalan, de izgalmas”), és néhány év alatt robbanásszerűen elterjedt a világban, 1994-ben már a vatikáni könyvtárban barangoltam vele. A CERN a jelenleg igen gyorsan fejlődő Grid-technológia fejlesztésében is az élen járt: egy 2004-ben kezdődött EU-projekt keretében a világ nyolcvan intézményének konzorciumát koordinálta egy egységes Grid-rendszer kifejlesztése érdekében. A CERN-ről sok közérdeklődésre is számot tartó érdekesség olvasható a CERN honlapján (<http://intranet.cern.ch/Public>).

A CERN gyorsítókomplexuma 2000 előtt

A legnagyobb gyűrű a LEP, a Nagy elektron-positron ütköztető volt négy kísérlettel, amelyek közül kettőben, az L3- és az OPAL-kísérletben



működött magyar csoport. A részecskék energiáját több gyorsító növelte, amíg elérte a kívántat, és a közbeni gyorsítók közvetlen kísérleteket is szolgáltak. Az elektronok és pozitronok a balra lenn található EPA-ból (Elektron-positron akkumulátor) indultak és a Proton szinkrotron (PS) és a Szuperproton-szinkrotron (SPS) gyorsítókra keresztül jutottak a LEP-be. Az SPS protonokat és nehéz ionokat juttatott az ott telepített kísérleteknek, amelyek közül az NA-49 nehézion-kísérlet jelentős magyar részvétellel működött. A protonok a LINAC2 lineáris gyorsítóból a PSB-be (Proton-szinkrotron booster) jutnak, ahonnan a részecskék felé az ISOLDE (Isotope Separator On-Line Device) izotópszeparátorba juttatják, itt segítségével atomi nyalábokat készítenek. A protonok másik fele a PS-ben 24 GeV energiát nyer, majd továbbjut az SPS-be, vagy antiprotonokat állítanak elő vele az AAC (Antiproton akkumulátor / kollektor) számára, amely azokat folyamatosan gyűjti. Amikor a LEAR (Low Energy Antiproton Ring, Alacsonyenergiás antiproton-gyűrű) kifogy az antiprotonokból, az AAC átküldi a felgyűlt antiproton-készletét a PS-be, amely azt kellőképpen lelassítva a LEAR-gyűrűbe juttatja. A LEAR állandó nyalábhűtés közben lelassítja őket, majd fokozatosan a kísérletekhez engedi, az azok által kívánt ütemben. Az ólomionok a LINAC3-ból indulva járnak végig a protonok útját egészen az SPS kísérleteiig.

A CERN az ismeretterjesztést és a közoktatást is támogatja: évente mintegy 80 000 látogatót fogad, főként iskoláscsoportokat, és fizikatanárok számára többféle továbbképzést is szervez: kéthetést angolul és egyhetest anyanyelven. Az utóbbit mi, magyarok szerveztük meg elsőként 2006-ban, és azóta évente ismétljük 40-40 magyar fizikatanár részvételével; azóta már évente 30 hasonló kurzus van különböző nyelveken. A korábbi magyar nyelvű iskolák teljes anyaga megtalálható a http://education.web.cern.ch/education/Chapter1/Page3_HU.html lapon.

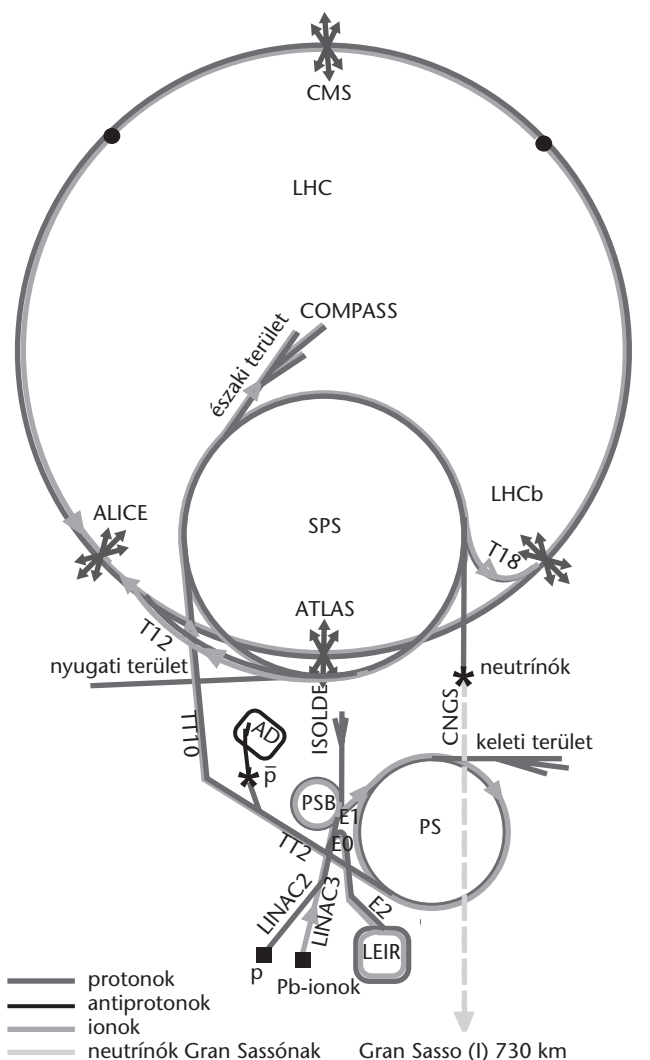
A magyar ismeretterjesztő sajtó mindig komoly figyelmet szentelt a CERN-i kutatások magyar vonatkozásainak. 1994-ben a *Fizikai Szemle* különszámot szentelt a CERN fennállása 40. évfordulójára, és a *Természet Világának* is volt részecskefizikai különszáma (*Mikrovilág*, 2003), amelyben a kísérleti vonatkozású cikkek a CERN-re összpontosultak. Amikor *Zimányi Józseffel* a *Fizikai Szemle* 2003-as CERN-külszámát szerkesztettük csatlakozásunk 10. évfordulója alkalmából, felhívásunkra annyi cikk érkezett, ami messze meghaladta egy szám terjedelmét, ezért a különszám

megjelenése után csepegtetve, hónapokig jelentek meg az eredetileg oda szánt cikkek. Valószínűleg a mostani felhívásunknak is hasonló eredménye lesz. A 20 éves magyar tagság kapcsán ugyanis most másfajta cikkek megírására kértük CERN-es kollégáinkat: írjanak személyes élményeikről, kalandjaikról. Hátha abból a lelkesedésből, amellyel csatlakoztunk és részt vettünk a CERN tevékenységében, sikerül valamit a fiataloknak átadni, és növelni bennük a természettudományok iránti érdeklődést. Ebben a cikksorozatban tehát elsősorban nem fizikáról, hanem a CERN-nel kapcsolatos személyes élményeinkről írunk. Remélem, a tisztelt olvasók megbocsájtják nekünk az ebből fakadó aránytalanságokat: van, akinek sok minden eszébe jutott, van, akinek kevesebb, de biztosan mindegyik írás érdekes és helyenként kimondottan mulatságos.

A későbbiekben keretes, rövid írásokban felidézük a CERN főbb mérőberendezéseit és gyorsítóit. Ezekkel az évtizedek folyamán számtalan cikkben foglalkoztunk, de a jobb megértés érdekében most is érdemes összefoglalnunk.

A jelenlegi gyorsítókomplexum

A CERN jelenlegi zászlóshajója az LHC (Large Hadron Collider, Nagy hadronütköztető), amely 2012-ben 4 TeV (1 TeV = 1000 GeV) energiájú protonokat ütköztet egymással négy pontban, az ALICE, ATLAS, CMS és LHCb óriási észlelőrendszerek középpontjában). A protonok a korábban leírt LINAC2, PSB, PS és SPS úton, két irányból jutnak egymással szemben keringve az LHC-ba. A nehéz ionok is ugyanezt az utat járják be a LEAR helyén épült LEIR (Low Energy Ion Ring, Alacsonyenergiás iongyűrű) közbeiktatásával. Az LHC ólomionokat is tud egymással ütköztetni, sőt 2013-ban proton-ólom ütközéseket is tervez. Az AAC helyén most az AD (Antiproton Decelerator, Antiproton-lassító) működik. Az LHC-kísérletek közül az ALICE-ben és a CMS-ben dolgozik nagy magyar csoport. Működik még magyar csoport a CMS két oldalán felépült TOTEM-kísérletben, valamint az ATLAS-ban is. Ezekon kívül az SPS SHINE kísérletében (az NA-49 utóda) van még magyar csoport, valamint az AD ASACUSA-együttműködésében.



Kellemes itt a cseresznyefa árnyékában tölteni a nyári napokat és böngészni a múlt időket. Családi házunk egy kis francia falucskában helyezkedik el, a svájci határtól és Genf városától néhány kilométerre, a CERN kutatóintézetétől alig tízpercnyi utazásra, az LHC-gyorsító huszonhét kilométeres gyűrűjének nagyjából a közepén. Szinte érezni – de ehhez fizikusnak kell lenni – a protonnyalábok száguldását az alagútban ötven-hatvan méterrel a föld alatt és a kozmikus energiájú proton-proton ütközéseket a gigantikus mérőberendezések (detektorok) szívében.

Olykor a CERN hívó szava is ide hallatszik egy-egy fontosabb előadás alkalmából. Most éppen 2012. július 4-ét írjuk és igen fontos bejelentések tanúi lehetünk: úgy tűnik, hogy több évtizedes erőfeszítés után végre sikerül a mérési adatokban észlelni a Higgs-bozon első jeleit!

A CERN folyosóin ide-oda rohangálnak a farmer-nadrágos fiatal fizikusok, kamerás újságírók és öltönyös-nyakkendőes emberek. A nagy előadóterem bejáratánál fűrtökben csüngenek a kint rekedt érdeklődők, akik nem sejtették, hogy már az éjszakát is itt kellett volna tölteniük, szendviccsel és kispárnával. A kávézóban nagy a zsibongás: a világ minden nyelvén – így magyarul is – folyik a halk szavú, izgalmas beszélgetés, találgatás, várakozás.

Mint nyugdíjas fizikusra, aki nemrég tette le a lantot, rám is hatott a CERN hívó szava: otthagytam a cseresznyefa árnyékát, hogy meghallgassam a két mamut kísérlet, az ATLAS és a CMS életbevágó bejelentését. Közben az én szívem is nagyokat dobban, mert emlékezetemben még élnek az elmúlt évtizedek erőfeszítései és főképp a 2000-es év izgalmai, amikor a LEP-gyorsító utolsó hónapjaiban mi tettünk hasonló (de a mainál lényegesen szerényebb) bejelentést. A mostani adatok ismeretében már kijelenthetjük, hogy mi sem jártunk messze a felfedezéstől: ha a LEP-gyorsító energiáját még csak öt százalékkal sikerült volna magasabbra tornáztatni (amire tech-

nológiailag semmi esélyünk nem volt), akkor a felfedezés a miénk lehetett volna. – De azért ma együtt örülünk a felfedező csapatával, köztük a harmincnál is több magyar fizikussal, akik jogosan osztoznak a dicsőségben.

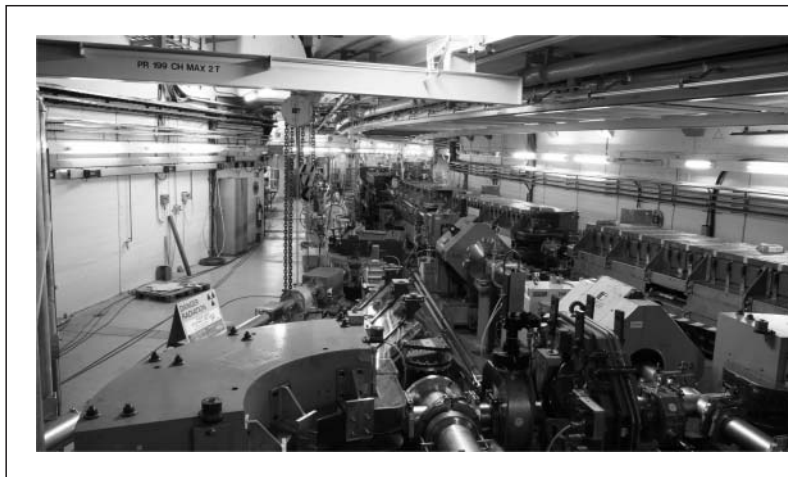
Hogy erre sor kerülhetett, ahhoz előbb komoly átalakulásoknak kellett végbemenniük a magyar és az európai politikai és társadalmi szintéren. A vasfüggöny leomlásának külső szemlélőjeként még ma is csodálattal gondolok vissza az 1989 és 91 közötti időszak bámulatos eseményeire, amelyek alapjaiban változtatták meg a közép-európai országok geopolitikai helyzetét, bekapcsolva őket újra Európa vérkeringésébe.

Indulás

A napvilágot otthon láttam meg, de Nyugaton nőtem fel. Németországban érettségiztem, az egyetemet Belgiumban végeztem, és először 1967-ben, friss fizikusi diplomával a kezemben jártam az akkor még embrionális CERN intézetben. 1971-ben doktoráltam a Lueveni Egyetem fizikai karán, és mint fiatal ösztöndíjas kerültem újra a CERN-hez. Ott a Heidelbergi Egyetem kötelékébe kerültem, de a CERN-ben végeztem kutatói tevékenységem legjavát.

Az emigrációban élő magyarok különös érzékenységgel szűrik ki a magyar szót az idegen nyelvű háttérből. Így nem csoda, hogy feleségemmel együtt már a hetvenes és nyolcvanas években gyakorlatilag minden magyar kutatóval kapcsolatba kerültem, aki a CERN-ben megfordult. Közülük többel ma is igazi barátság köt össze; mások váltakozó magatartásából pedig pontosan fel tudtuk mérni, hogy otthon éppen hogyan viszonyulnak a „Nyugatra szakadt honfitársakhoz”.

A CERN-hierarchia, mint „magyar fizikust” tartott számon, és talán ebből adódik, hogy az 1989–90-es



PS (Proton-Szinkrotron)

A CERN veterán részecskegyorsítója, 1959 óta működik. Protonokat és nehéz ionokat gyorsít protononként 24 GeV energiára, de pályafutása során gyorsított elektront és pozitront is a LEP és antiprotonot az SPS számára, valamint lassított antiprotonot a LEAR-nek.



1. ábra. Magyarország csatlakozása a CERN-hez: az ünnepélyes zászlófelvonás.

évek nyitásának időszakában többször kerestek meg kérdésekkel vagy éppen kérésekkel. Én váltig magyarázhattam, hogy „másféle” magyar vagyok, akinek nemigen van rálátása az otthoni viszonyokra; mégis, számítottak a segítségemre a kapcsolatok kiépítésében.

Kapcsolatok

Akkoriban leginkább *Vesztergombi György* kollégámmal „kávézgattam”, akinek igazi szívügye volt Magyarország kapcsolódása a CERN-hez. Úgy hiszem, ő hozott össze *Zimányi József* professzor úrral, akinek barátságát 2006-ban bekövetkezett haláláig élveztem. „Jozsó” és felesége, *Magdolna* többször járt otthonunkban és mi is élveztük vendégszeretetüket a Diós-árok utcai lakásukban. Ők hoztak össze *Pungor Ernő* akadémikussal, akárcsak az RMKI és ELTE számos professzorával és kutatójával. Az ő társaságukban utaztam a debreceni „vándorgyűlésre”, ahol a már javában működő LEP-gyorsító friss eredményeiről számolhattam be. Sajnos semmiféle meglepetéssel nem szolgálhattam, mert a mérések mind a Standard

Modell elméletet igazolták és az azon túli „új fizikának” semmi nyomát nem mutatták. Így csak az esti banketten sikerült némileg magamra vonni a figyelmet, amikor két centiméteres pontossággal sikerült megsaccolnom tíz méter távolságból egy madzagon lógó, akkor már üres borosüveg talpának padlóhoz viszonyított távolságát.

A csatlakozás

Komolyra fordítva a szót: az 1991–92-es tárgyalások eredményeként a magyar delegációnak végül sikerült méltányos anyagi feltételeket kiharcolnia, és 1992-ben sor kerülhetett Magyarország felvételére a CERN tagállamai közé. A Tanács zártkörű gyűlésére, az ünnepi aktus pillanatában bevonultunk mindannyian, a CERN-ben tartózkodó magyarok egy nemzeti színű zászlóval. Emlékeimből már csak a csehszlovák delegátus beszédét tudom felidézni, aki méltató szavakkal illette Magyarországot helyét Európa tradicionális tudományos életében.

A déli órákban került sor a magyar zászló felvonására a CERN bejáratánál a többi tagállam zászlaja közé. Az aktust *Carlo Rubbia* vezérigazgató és Pungor Ernő akadémikus együttesen végezték, több-kevesebb sikerrel. A zászló ugyanis rögtön az elején elakadt, és világosan lehetett látni, hogy a két nagy tudású ember éppen ellenkező irányban rángatja a kötelet, amíg az „okosabbik” végül engedett. Estefelé egy kedélyes, kötetlen fogadásra került sor a mi családi házunkban. Pungor Ernő köszöntőjében, pezsgős pohárral a kezében el is mondta (de ez később nem szerepelt a Magyar Televízió közvetítésében), hogy az ő ujsza szorult a csiga és a kötél közé, és igen fájdalmas volt, ahogy Rubbia professzor minden áron át akarta ráncigálni rajta a drótkötelet, úgy hogy végül ő volt kénytelen engedni (1. ábra).

Nem sokkal az ünnepélyes beiktatás után került sor *Göncz Árpád* köztársasági elnök úr hivatalos látogatására, és ennek előkészítése kapcsán az én baráti kö-



SPS (Szuper-proton-szinkrotron)

A CERN részecskegyorsítója protonok és nehéz ionok számára. 1976-ban épült, 6,9 km kerületű föld alatti alagútban helyezkedik el, nyalábenergiája protononként 400, illetve 450 GeV-et ér el. A gyorsítandó részecskéket a Proton-szinkrotrontól (PS) kapja 24 GeV protononkénti energián, a felgyorsított részecskéket továbbítja az LHC Nagy hadronütköztetőnek (LHC), illetve álló céltárgyas kísérleteknek juttatja, amelyek közül az NA61 (más néven SHINE) nehézion-kísérlet rendelkezik komoly magyar részvétellel. A gyenge kölcsönhatást közvetítő W- és Z-bozonokat az SPS UA1-kísérlete (lásd a CERN múzeumában készült képet) fedezte fel az SPS proton-antiproton ütköztető üzemmódjában, ez Nobel-díjat hozott *Carlo Rubbiának* és *Simon van der Meernek*.

OPAL (Omni-Purpose Apparatus for LEP)

A CERN-ben 1989 és 2000 között működött LEP (Nagy elektron-pozitron ütköztető) részecskegyorsító legkisebb együttműködése: 9 ország 330 kutatója vett részt benne, közöttük 1995-től változó létszámú, 5-11 fős magyar csoport az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjából, az MTA Atommagkutató Intézetéből és a Debreceni Egyetemről, valamint hallgatók az Eötvös Loránd Tudományegyetemről és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemről. A kísérlet fő célja a Standard Modell ellenőrzése és a Higgs-bozon, valamint új fizika keresése volt; az ellenőrzés sikerült, de Higgs-bozont és új fizikát nem talált. Magyarok elsősorban a töltött Higgs-bozonok keresésével és fotonfizikával foglalkoztak, amelyekből számos magyar diplomamunka és PhD-dolgozat született, de részt vettek a detektor fejlesztésében és üzemeltetésében is.



röm is növekedett. A CERN ugyanis újra engem kért fel a helyi magyarság „összeterelésére”, hogy az Elnök urat elkísérjük CERN-járásán. Az internetes hívó szavamban megemlítettem, hogy jó volna az alkalom méltóságához illő öltözékben megjelenni. Postafordultával érkezett *Horváth Dezső* válasza (akit akkor még nem ismertem), miszerint neki sajnos csak farmernadrágja van. Mire én: hogy szívesen kölcsönzök neki egy jobb szövetből készült nadrágot; mire ő: hogy igen ám, de ő majd két méter magas; mire én: hogy én is! Így azután könnyen felismertük egymást, és ettől kezdve együtt híreszteltük (például a kávézó olasz személyzete előtt), hogy a magyar fizikusok mind ilyen magasak. Erről azután hamarosan le kellett tennünk, amikor *Pásztor Gabriella* csatlakozott társaságunkhoz fiatal doktoranduszként.

Építkezés

Az ünnepi aktusok után folytatódott az érdemi munka: a CERN-tagság kereteit valódi tartalommal kellett megtölteni. A fentiekben már említettem, hogy korábban is munkálkodtak magyar fizikusok a CERN-ben, ők többnyire egyéni utakon, például az orosz dubnai intézeten, vagy más külföldi intézeteken, egyetemeken keresztül érkeztek. Most viszont egész csoportok megszervezése került napirendre, hiszen a CERN nyújtotta lehetőségek erőteljesebb kihasználása nélkül indokolatlanná válhatott volna a költséges CERN-tagság.

Az időpont alkalmasnak bizonyult. A világviszonylatban is vezetőként számon tartott LEP-gyorsító már évek óta ontotta a szebbnél szebb, analízisre váró mérési adatokat. Kutatási téma akadt bőven, és a kísérleti berendezések futtatása, karbantartása és állandó fejlesztése is sok „emberanyagot” igényelt. Így volt ez az OPAL-kollaborációnál is, amelynek már vagy tíz éve jómagam is tagja voltam a Heidelbergi Egyetem égisze alatt. Adva volt tehát a lehetőség egy magyar csoport befogadásához. Magyar részről Zimányi József és Pungor Ernő személyében találtam komoly

támogatókra: ők készítették elő az utamat Budapestre és Debrecenbe, ahová a CERN részéről elkísért *Rolf Heuer*, akkor még „csak” heidelbergi kutató társam, ma már a CERN vezérigazgatója. Együtt ismertettük az OPAL-csoport kutatási programját, az elért eredményeket, és tárgyaltunk egy magyar csoport csatlakozásának lehetőségéről.

Debrecenben *Pálinkás József*, az ATOMKI igazgatója, majdani miniszter és a Tudományos Akadémia mai elnöke fogadott bennünket, és nagy lelkesedésben arra kért, hogy *hic et nunc* fogalmazzunk meg két doktorátusi témát, amihez ő majd javasol diákokat. Rolf Heuer kollégával egymásra néztünk és percek alatt meg is szerkesztettünk két „kiírást” a Higgs-bozonok felkutatásának területén. Ez számomra egyszerű volt, mert az OPAL-kísérlet Higgs-csoportjának vezetőjeként a témát jól ismertem, és azt is tudtam, hogy hol jönne jól a segítség. – Elég az hozzá, hogy ott rögtön össze is állt egy kis magyar csapat Pálinkás József (távoli) vezérlete alatt.

Itt kell megemlítenem, hogy hasonló szervezkedés más LEP-kísérleteknél is folyt, nevezetesen az L3-kollaborációnál *Nagy Elemér* személye körül, és az NA35 nehézion-kísérletnél, ahol már évek óta munkálkodott Vesztergombi György, *Fodor Zoltán* és többen mások is. Feltételezem, hogy ezekről a kezdeményezésekről mások számolnak be, így az én visszaemlékezésem csak az OPAL-kísérletnél történő szerepvállalásra szorítkozik.

A magyar OPAL-csoport vezetéséhez még kerestett egy rátermett személy, aki egyéb elfoglaltsága mellett huzamosabb időt tudott „odakint” tölteni, aki komoly tudományos múltat tudott felmutatni, múltbéli tevékenysége révén jártas volt a CERN-ben és ugyanakkor alaposan ismerte a hazai kutatások anyagi és emberi erőforrásait is. Talán Zimányi József irányította figyelmünket Horváth Dezső személyére, aki erős karfacsargatás és nem kevés töprengés után el is vállalta a feladatot. Megkezdődhetett tehát egy tíz éves szoros és eredményes együttműködés, amelyről több száz közös tudományos közlemény tanúskodik.

Érdemi munka

Eredeti felállításában a magyar OPAL-csoport a következő személyekből állt: Pálinkás József (akkor még „Jóska”), Horváth Dezső, Pásztor Gabi doktorandusz és Hajdú Csaba tudományos kutató. A magyar csoport kutatása elsősorban a Higgs-bozonok felkutatására irányult, de idővel kiterjedt más témákra is, nevezetesen a Standard Modellen túli, úgynevezett „szuperszimmetrikus” részecskék és általában az „új fizika” nyomainak keresésére. Természetesen mindenki kivette részét a rutinszerű munkából is, ami magában foglalta az OPAL-detektor állandó, éjjel-nappali üzemben tartását, a detektor részeinek és az analízis-szoftver fejlesztését, számítógépes szimulációkat; egyszóval mindazt, ami a kísérleti részecskefizikus mindennapját jelenti. Húsz év távlatából elmondhatjuk, hogy a magyar csoport érdemben szolt hozzá a LEP-kutatások szinte minden fontos témájához.

A gyorsító programjának első fázisában (LEP 1: 1989–1995) a nemrégiben felfedezett Z-bozonra összpontosult a figyelem; ez a részecske az elektromágneses kölcsönhatás közvetítőjeként központi szerepet játszik az elméletben. A Standard Modell nagy pontossággal meghatározza a Z-bozon valamennyi tulajdonságát, így a mérések összevetése a számításokkal a Standard Modell érvényességének határait feszegeti. A fizikus természetesen főképp az eltérésekre kíváncsi, hiszen ezek jelzik az újat és ismeretlent, vagyis az igazi felfedezést. A gyorsító ütközési energiája a Z-bozon tömegére lett hangolva, és az így gerjesztett Z-bozonok közül több millió példányt sikerült az évek során azonosítani és alaposan górcső alá venni. Ezek a nagy pontossággal végzett mérések mind „csak” a Standard Modellt igazolták, így a LEP-program első fázisa a Standard Modell győzelmeként értékelhető.

Az elmélet egyik fontos állítása, hogy a Z-bozonok bomlástermékei között nagyritkán, de szükségszerűen meg kell, hogy jelenjen a régóta áhított, „isteni részecskének” is becézett, agyon mediatizált, de mindvégig hiába keresett Higgs-bozon is. E ritka részecske kiszűrése a sok millió másféle bomlástermék közül joggal hasonlítható a varrótű és a szénaboglya esetéhez; csak persze a kísérleti fizikus a számítógépre bízta ezt a szinte kilátástalan válogatást. Az algorit-

musok kidolgozásában és alkalmazásában komoly szerepet vállalt a magyar csoport, de a felfedezés háborzongató öröme sajnos elmaradt.

Következett tehát a kísérleti program második fázisa (LEP2: 1995–2000), amelynek során a gyorsító ütközési energiája fokozatosan növekedett. Minden lépést nagy elvárások kísértek, mivel ilyenkor egy-egy új, soha nem látott energiatartományba hatoltunk be. Az elméleti fizikusok váltig bíztattak bennünket: „It is just around the corner!”, vagyis „a felfedezés már a kapuban áll”, hangoztatták naphosszat, hol a Higgs-bozonra, hol pedig általában az „új fizikára” gondoltak. A négy LEP-kollaboráció munkáját nagy versengés és bizonyos titkolódzás jellemezte, ami nem meglepő, hiszen mindegyik elsőként szeretne volna bejelenteni az áttörő felfedezést; de hát a kiszivárgások elkerülhetetlenek, amikor egy-egy kísérleti csoport több száz kutatója ugyanabban a kantinban ebédel, kávézik és érdeklődése is egymértékben azonos.

A felfokozott izgalom hatására elő is fordult egy-egy „felfedezés”, ami azután nem állta ki az idő és a másik három kísérlet próbáját. Komoly gondot okozott például egynéhány „négy-jet” esemény az ALEPH-adatokban, amelyekben a szerzők a Higgs-bozon ismérveit vélték felfedezni. Nagy izgalom, sok huzavona és meddő vita után összeállt egy közös munkacsoport a négy kísérlet Higgs-kutatói közül, amely az ellentmondásos tényállást volt hivatott tisztázni. Több éves közös erőfeszítés és újabb adatok feldolgozása árán végül sikerült ezt az ominózus effektust elsüllyeszteni a statisztikus fluktuációk tengerében.

Hasonló „felfedezés” az OPAL berkeiben is előfordult, de az izgalom minálunk csak estétől hajnalig tartott és reggelre elillant. A gyorsító éppen akkor váltott magasabb energiára, tehát újra *terra incognita*-ra léptünk. Július 14-ikét írjuk, amikor egész Franciaország a Bastille lerombolását ünnepli tűzijátékkal és szabadtéri táncmulatsággal. Ebben a borgőzös hangulatban csak néhány eltökélt fizikusnak jut eszébe, hogy a számítógép képernyőjét böngéssze a felfedezés reményében. Ez utóbbiak közé tartozott Pásztor Gabi, akinek menségére szóljon, hogy éppen ő volt a soros.

Úgy éjfél tájban két jelzést találtam az üzenetrögzítőmön: az egyiket Gabitól, a másikat egy japán kollé-



LEP (Large Electron Positron collider)

A CERN-ben 1989 és 2000 között működött Nagy elektron-positron ütköztető részecskegyorsító, 27 km kerületű, 100 m mély, föld alatti alagútban Svájc és Franciaország között. Elektront és pozitron ütköztetett kezdetben 91 GeV, majd az energiát fokozatosan növelve 200 GeV fölötti energián. Négy nagy kísérlete volt: ALEPH, DELPHI, L3 és OPAL. Leszerelése után a LEP-alagútban építették fel az LHC-t, a Nagy hadronütköztetőt.

gától (a japánok sohasem alszanak), miszerint a regisztrált „események” egy gyanús csoportosulást mutatnak egy és ugyanazon tömegsávban és egyébként a Higgs-bozon ismérveit viselik. Csoportvezetői minőségemben nem mondhattam, hogy „majd holnap”, mivel ki tudja, talán ne-adj-isten, a CERN másik szegletében már készül a jelentés, és hajnalra az egyik konkurens kísérlet megelőzhet minket! (Egyébként akkor tényleg ennyire kiélezett volt a versengés a kollaborációk között.) Tehát elindultam a CERN felé és útközben bekopogtam Horváth Dezső tető alatti fészekszerű lakásának ajtaján, aki érthető okokból nem volt elragadtatva az éjjeli látogatásomtól, de a helyzet komolyságára való tekintettel ruhát öltött és velem jött. Rövid vizsgálódás után eldöntöttük, hogy jó lesz értesíteni az OPAL-kísérlet felelős vezetőjét. Ő, mély álmából ébredve, nem sokat teketóriázott: azonnal rendkívüli gyűlésre invitálta az egész kollaborációt reggel kilencre. Ekkor már kissé melegünk lett és mondogattuk is, hogy talán jobb lett volna egyet aludni rá. Az éjszaka hátralevő néhány óráját lázas tevékenységben töltöttük: minden egyes eseményt alaposan megvizsgáltunk; számígtattunk, mérlegeltünk, és mire hajnalodott, valamennyi eseményt el is vetettük.

Reggel kilencre az OPAL szemináriumterme zsúfolásig megtelt. A legfiatalabbak elől a padlón ültek, mások a székek támláján, az asztalokon és egymáson, és mindenki felfokozott izgalommal várta a bejelentést. Ha csak rajtunk múlik, egy rövid „bocsival” be is értük volna; csak hogy akkor már a nagyérdeműre is átszállt az izgalom és így nekünk kellett bizonygatnunk, hogy valójában mégsem a felfedezés szálait tartjuk a kezünkben. Végezetül megmaradt a tanulság: egy-egy felfedezés bejelentése előtt okosabb „tízeg számolni”.

Versengés helyett együttműködés

Bizonyára az ALEPH „négy-jet” effektusa körüli polémia is hozzájárult ahhoz, hogy a LEP-program utolsó éveiben közös, úgynevezett LEP-csoportok alakultak egyes kiemelt fontosságú kutatások közös végzésére, a közös *végeredmények* kidolgozására és közlésére. A

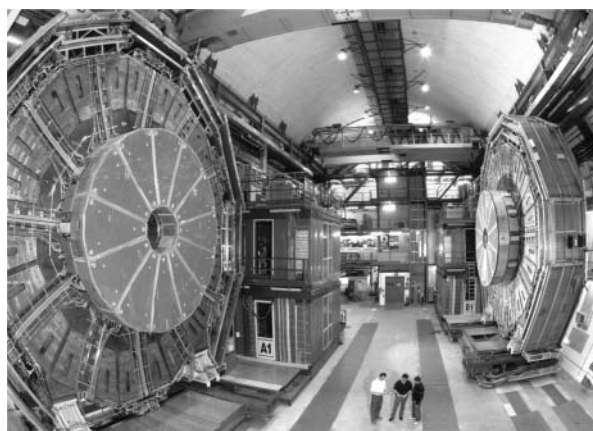
négy kísérlet adatainak összegzése növeli az végeredmények statisztikus értelemben vett pontosságát és egyúttal lehetővé teszi az esetleg felmerülő ellentmondások kielemezését és feloldását.

A kiemelt témák egyike természetesen a Higgs-bozonok felkutatása volt, és a közös LEP-Higgs csoport felállítását és vezetését rám bízta a négy kollaboráció. Természetesen a legmegbízhatóbb kollégákat szemeltem ki a közös munkára: így vált a magyar OPAL-csoport néhány tagja egyben a LEP-Higgs csoport részévé. A feladat elvégzése sok fejtörést okozott. A négy kísérletnél alkalmazott technológia erősen különbözött egymástól, így a mérési adatok is más és más formában jelentek meg. Meg kellett tehát találnunk azt a közös „platformot”, ahol az adatok egyáltalán összevethetőek. Továbbá, ki kellett dolgoznunk az összegzés legmegbízhatóbb, és a feladatnak leginkább megfelelő statisztikai módszerét. Csak ezek után kezdődhetett meg az érdemi munka, vagyis a Higgs-bozon keresésére irányuló adatok rendszeres statisztikus összegzése. Erre évente több alkalommal került sor, főképp a téli és nyári világkongresszusok előtt. A közös eredmények először a CERN közönsége előtt kerültek bemutatásra, és csak a minden oldalról megvizsgált, végül jóváhagyott eredmények nyertek zöld utat a nemzetközi konferenciák felé.

Ami a Higgs-bozonok témáját illeti, a gyorsító energiája hiába ért el egyre magasabb csúcspontokat; hiába nyíltak meg új vadászterületek; az eredmény évről évre negatív maradt: a Higgs-bozon nem mutatkozott. „Just around the corner” szöveg rendületlenül az elméleti kollégák bátorítása. Addig-addig ismétlődött ez a kép, amíg végül 2000 augusztusában, alig két hónappal a LEP-program végleges lezárása és a gyorsító tervezett elbontása előtt, az ALEPH-kollaboráció tagjai (már megint ők) nagy bejelentéssel álltak elő: újra a Higgs-bozon jeleit vélték felfedezni. A bejelentést mindenütt lázas tevékenység követte, de a másik három kísérlet közül egyik sem tudta megerősíteni az ALEPH-eredményt. A figyelem végül a LEP-Higgs csoportra összpontosult: tőlünk várták az adatok összegzésén nyugvó végső ítéletet. A tét óriási volt, mert a vélt felfedezés hatására egyre erősödtek a LEP leállítá-

ALEPH (Apparatus for LEP Physics)

A CERN-ben 1989 és 2000 között működött LEP (Nagy elektron-pozitron ütköztető) részecskegyorsító együttműködése, magyar csoport nem vett részt benne. Az ALEPH-kísérlet 2000-ben felfedezni vélte a Higgs-bozont 115 GeV körül, de ezt akkor a másik három LEP-kísérlet cáfolta, és az LHC azóta teljesen kizárta. Az észlelt jelenség csupán statisztikus ingadozás lehetett.



sát ellenző hangok, ami viszont az LHC-gyorsító építésének *sine die* elnapolását jelentette volna, komoly emberi és anyagi következményekkel.

A LEP-Higgs csoport a csatazaj és a média növekvő érdeklődése közepette, higgadtan végezte munkáját és a kitűzött dátumra el is készült a feladattal. Bár a négy kísérlet adatainak összegzése lényegesen gyengítette az ALEPH-megfigyelést, a teljes kizárásra (statisztikai értelemben) nem volt képes. Így a tisztán tudományos döntés helyett egy sokáig vitatott politikai döntésre került sor, melynek alapján a LEP-gyorsító elbontása hamarosan el is kezdődött, hogy átadja helyét az LHC-gyorsítónak. Ezzel lezárult a részecskefizikai kutatások egy roppant termékeny és izgalmas időszaka, amiből az újonnan csatlakozott tagállamok, köztük Magyarország is, bőségesen kivehették részüket.

Epilógus

Visszaemlékezésem utolsó sorait egy másik cseresznyefa alatt, a Balaton partján írom, ahol a nyári hónapokat töltjük évről évre gyermekeinkkel, unokáinkkal. Innen indulunk országjárásra; ide várjuk régi ismerőseinket, barátainkat, kollégákat, akikkel olykor jólesik felidézni a közös múltat.

Nem tudom, e történet szereplői milyen érzelmekkel gondolnak vissza a kezdetekre és a közös erőfeszít

ésekre. Ami engem illet, az elmúlt két évtized bizonyára tudományos életem legizgalmasabb és legértelmesebb ideje volt. Örömmel tölt el, hogy a magam szerény módján hozzájárulhattam a magyar CERN-tagság előmozdításához is, és hogy aktív éveim legjavában élvezhettem magyar kutató barátaim társaságát.

De vajon miképpen vélekedik az Akadémia mai elnöke a pionír napokról, amikor ő is a fizikus standard öltözkéjében, farmerben és tornacipőben, „nyomta” az éjszakai műszakot az OPAL-kísérlet kontrolltermében, néha már az álom és unalom határán, és velünk együtt végezte a detektor szívverését, vérnyomását, egyéb életfunkcióját ellenőrző rutinméréseket, vagy figyelte a képernyőn a beáramló „eseményeket”? Vajon hogyan értékeli az elmúlt időket azok a magyar diákok, fiatal kutatók, akik a közös munkából merítették doktori disszertációjuk témáját; rangot és elismerést nyertek, és ma is a kutatás élvonalában tudhatják magukat? Sokan közülük megtalálták helyüket a kutatások jövőjét jelentő LHC-gyorsító egyik vagy másik kísérleténél és most részesülnek az igazi felfedezésekkel járó izgalmakban és a kitüntető figyelemben; mások azóta hazatértek és itthon találták meg a kibontakozás lehetőségét.

Úgy hiszem, mindenképp elmondhatjuk, hogy a CERN-tagsággal hazánk teljes mértékben beágyazta magát a nemzetközi fizikai kutatások medrébe és hogy a kezdetek erőfeszítései elérték céljukat!

A DEBRECENI EGYETEM KÍSÉRLETI FIZIKAI TANSZÉKÉNEK TETTEI A RÉSZECSEKEFIZIKÁBAN – I. RÉSZ avagy a csodálatos 20 év alulnézetből

Raics Péter
Debrecen Egyetem, Kísérleti Fizika Tanszék

Puskás Öcsinek tulajdonítják a következő összefüggést: Kis pénz kis foci ... [1]. De azért a világot megrongatták az Arany Csapat eredményei! Kis pénz kis fizika, vagyis KisFizika? [2] (A tanszéket rövidítve KisFiz-nek becézzük.) Hogyan alakítja át a korábban csak atommagfizikával foglalkozó egyetemi tanszék oktatását, kutatását, szemléletét a természettudományos megismerés egyik csúcsát jelentő nagyenergiájú fizika? Mennyi pénz kell ehhez? És még mi?

Hazánk CERN-beli tagságának kezdetekor alakul ki az egyetemi csoport (az akkor még Kossuth Lajos Tudományegyetemen, KLTE-n). Véletlenül? Az alapító ősatyák és ősifjak tevékenységét megpróbáljuk „tudományosan” összefoglalni. A szubjektivitás elkerülését meg sem kíséreltük, mivel a szerző maga is közvetlen résztvevője a történetnek.

Ez az írás amolyan bemutatkozás-féle is (az ilyen sorozatban nem jelentünk meg annak idején a *Fizikai*

Szemlében). Ezért hosszabb bevezetést kell végigszenvednie az olvasónak, hogy érthető legyen a részecskefizikában végzett tevékenységünk megannyi sajátossága.

Réz- és vaskor

A matematika-fizika-kémia szakos diplomával rendelkező *Szalay Sándor* professzor (1909–1987) a *Rutherford*-nál eltöltött fél évét követően 1936-ban elindítja a magyar magfizikai kutatást és oktatást Debrecenben a Tisza István Egyetem Orvoskari Fizikai Intézetében (a KisFiz jogelődjében). Réz üstökből Van de Graaff gyorsító épül, mozdonykerékből pedig alfa-spektrométer. Szinte minden eszközt saját erőből készítenek a később alapított akadémiai kutató intézetben (ATOMKI) is. Ez a szemlélet hatotta át tanítványait,

amikor új területre merészkedtek. Az volt az elv, hogy itthon meg kell tanulni, csinálni mindent, amit lehet és utána érdemes külföldre menni. Ehhez műszaki infrastruktúrára van szükség és elméleti csoportra. Az alap kutatás eredményeit az alkalmazások (például urán kutatás, levegő radioaktivitás, kormeghatározás stb.) jól tudták hasznosítani. Ezzel az egységes szemlélettel és megközelítési móddal vált méltán híressé a *Szalay-iskola*.

Középkor: részecskefizikai kísérletek és gondolkodás magfizikai köntösben

A kutatások főbb területeit a magreakciók és a bomlások vizsgálatai képezték a tanszéken, majd az ATOMKI-ban is. A *Berényi Dénes* (1928–2012) vezette csoport a béta-bomlás kísérleti és elméleti tanulmányozását végezte. Ma ezt elegánsan a gyenge kölcsönhatás kutatásának nevezzük. (E sorok írója a béta-bomlás jelenségeire, elméletére a mai napig félelemmel vegyes csodálattal néz fel.)

A neutrínófizika egyre jobban mindennapi életünk meghatározó részévé válik. A különleges részecske közvetett kimutatásának legszebb, a részecskefizikai könyvek által sűrűn idézett visszalökési kísérleteit 1954-től kezdve végezte *Csikai Gyula* és *Szalay Sándor* expanziós ködkamra segítségével [3]. Kísérleti berendezésük az elektromechanikai vezérlés és optika, adatgyűjtés és kiértékelés korabeli csúcspontja volt.

A magfizika és részecskefizika sokáig keveredik. Az utóbbi a kutatásokban és oktatásban az előbbiből születik Debrecenben. Egy részecskefizikai tankönyvrészlet [4] írása során az általam az induktív tárgyalást előnyben részesítő felépítés a magfizikai alapokból indult volna ki, amely megoldást szeretett és tisztelt *Horváth Dezső* kollégám igen zokon vett, s bírálatában kemény szavakkal illetett. Hát igen! Ő részecskefizikusnak született, én pedig dezertáltam a magfizikából. Hiába bábáskodtam az új tudomány helyi újragszületésénél, annak gondolatvilága nem vált vérré bennem (de legalább felismertem új időknél új szavát). Bocsanat az ifjúság hamvas lelkének folytatólagosan és tudatosan elkövetett megrontása miatt! Egyébként: tényleg röhej, hogy volt bátorságom ilyen témából oktatási segédleteket készíteni! Még csak hályogkóvács sem vagyok, mert az legalább tudatlanul is képes a megfelelő helyen vágni. Mentségem a szokásos: aki tudja csinálja, aki nem, az tanítja (aki erre sem képes, az szervezi). Ám, aki tudja, csinálja és még tanítja is, az néha írhatná is! Dezső minden szempontból a legautentikusabb lenne, hiszen nemcsak világhírű kutató, a főcsapások irányának meghatározója nemzetközi szinten, de csodálatos tanár és pedagógus is. Ezt egyetemünkön tartott előadásai, tanítványainak sikerei egyértelműen bizonyítják.

Ezúton is megköszönöm *Fényes Tibornak*, az MTA Atommagkutató Intézet emeritus professzorának, hogy egységes szemléletű, folyamatosan karbantartott kétkötetes tankönyvvel ajándékozott meg bennünket

atommag- és részecskefizikából [5]. Az ő példája (is) mutatja: nem feltétlenül káros és szégyellnivaló, ha valaki a magfizikától jut el a részecskefizikáig!

Alapozás az Újkorhoz

Csikai Gyula akadémikus 1967-ben vette át a tanszék vezetését (én is ekkor kerültem ide). Rögtön építettünk egy 200 kV-os „Házi Neutrongenerátort”, egy hordozható pedig a Nemzetközi Atomenergia Ügynökségtől kaptunk. (Ezzel a szervezettel sokoldalú, gyümölcsöző kapcsolat alakult ki.) Egy harmadik, az úgynevezett Nagyáramú/fluxusú gyorsító is épülgetett hosszú évekig a külön az erre a célra kialakított korszerű földalatti laboratóriumban, a „bunkerben”... (Ez sem akármilyen történet! Egyik kollégám szerint „ez volt a mi Bős-Nagymarosunk”). Neutronindukált magreakciókat vizsgáltunk, gerjesztési függvényeket mértünk itthon és nagyobb gyorsítókon külföldön, aztán az ATOMKI ciklotronján. Elméleti modellekkel értelmeztük a tapasztaltakat. Neutrongáz-fizikai vizsgálataink közvetlen felhasználást nyertek alkalmazott célokra. Kutató csoportok alakultak ki egyes témák körül. Én a boldog emlékü *Daróczy Sándor* (1935–1995) vezette hasadási csapatban dolgoztam *Nagy Sándor* (NaSa) barátommal. Sok tehetséges fizikusjelölt vett részt a maghasadás termékei tömegeloszlásának gamma-spektrometriai meghatározásában. (Tanítványaink között köszönhetjük *Hamvas Istvánt* is, a Paksi Atomerőmű jelenlegi igazgatóját.) Ebből eredt aztán a nehéz elemeken létrejövő ($n, 2n$) folyamatok gerjesztési függvényének mérése, az urán dúsításával és az atomerőművek biztonságával kapcsolatos in-situ alfa- és gamma-spektrometriai módszerek kidolgozása. (1985 óta járunk az atomerőmű blokkjait ellenőrizni; külföldön is végeztünk hasonló méréseket...)

A tanszék kísérleti-technikai háttére: kifesztültségű gyorsítók, aktivációs technika NaJ(Tl), Ge(Li), Si(Li), HpGe gamma-spektrométerekkel, repülési idő neutron-spektrometria, alfa-spektrometria, alacsony-háttérű béta-detektálás (^3H), a szükséges elektronika és mechanika elkészítése, mikro-, mini-számítógépek alkalmazása, DSP felhasználása. „Látszerész” társammal, *Szabó Józseffel* az optikai laboratóriumi gyakorlatok fejlesztése során új technikákat honosítottunk meg hobbyszerűen, a paletta színesítése és a mi örömnünk végett: LED-ek, lézerek, száloptika, PC-vezérelt spektrométer, detektálás (gyors diódák, fotoelektron-sokszorozók, CCD, CMOS-szenzor), alkalmazások. Ebből újszerű speciálkollégium született *Modern optika* néven, ami további ösztönzést adott a fejlesztésre („... , aki nem tudja, az tanítja”). De a többi labor is túlnőtt a hagyományos oktatási kereteken. Különösen fontos lett a nukleáris technika által megkövetelt gyors impulzus-elektronika, amelynek ihletett művelője *Sztaricskai Tibor* (azaz Sztari) volt.

Az egyetemre jellemző univerzalitás tanszéken belül, az ATOMKI-val közösen, illetve a többi intézettel együttműködve nagyon sok alap kutatási, interdiszciplináris és alkalmazott feladat megoldását tette lehető-

vé. És az ember megtanulta, kihez kell fordulni, vagy honnan lehet valami hirtelen „kölcsonvenni” a legváratlanabb esetekben. Mindezzel szinte tudat alatt (de tudatosan) készültünk a részecskefizikai jövőnkre.

A *Szalay–Csikai-iskola* a kísérletezésen, építésen, fejlesztésen alapult. Mi kell még ehhez a „kiművelt emberfőkön” kívül? Műhelyek nagyszerű technikusokkal, szakmunkásokkal, akik ugrásra készen várják az oktatáshoz, kutatáshoz szükséges speciális eszközökre vonatkozó (néha örült) igényeket, amelyek teljesítési határideje „tegnap(előtt)”. A mechanikai, elektromos, elektronikus, üveg- és vákuumtechnikai egységek nemcsak „termeltek”, hanem tanítottak is: egyetemi hallgatókat a kísérleti eszközök sajátkezü elkészítésének alapjaira, szakmunkástanulókat a hivatásukra.

Néhány hozzávetőleges adat a KisFiz-ről a 90-es évek kezdetén: diplomások száma 26 (fizikusok, tanárok, mérnökök), műhely-dolgozóké 7, irodaiaké 2, egyéb feladatot ellátóké 6. Jövőre a kiváló elektronikus technikusunk nyugdíjba küldésével megszűnik az utolsó műhely is. Mitől lesz „Kísérleti” egy tanszék? A „KisFiz” ezentúl valóban „kicsi fizikát” fog jelenteni? Miközben évfolyamonként száznál több villamosmérnököt képezünk BSc-n! És végre újra kezdődhet a tanárképzés az egyedül értelmes osztatlan, 5+1 éves rendszerben?! (Miért is nem állítjuk vissza a fizikus képzésben is az ötéves tanulást? Olyan nehéz beismerni, hogy az általunk megvalósított BSc-MSc teljesen megbukott? Nincs, mert nem is lehet valódi „munkaerő-piaci kereslet” a BSc-s fizikusokra. Az öt év alatt 2 szakdolgozat, 1 felvételi vizsga, 2 záróvizsga, nem egyenletes súlyú képzés a két időszakban – szegény hallgatók! Mikor tudnak végre elmélyedni a tudományban?)

Milyen nagy a részecskefizika?

Baksay László „amerikás magyar professzorral” (jelenleg Florida Institute of Technology, Melbourne, Florida) 1992-ben született meg a kapcsolat Pesten, ahol Csikai professzor úr javaslatára néhai *Vas László* (1947–1997) társunk találkozott vele. Előbb a KFKI

munkatársaival dolgozott együtt OTKA-pályázat keretében, majd a BME Fizikai Intézetével. Ősszel Debrecenbe jött és meglátogatta a KisFiz-t, amit Nagy Sándorral mutattunk be neki. Meglepte, itt milyen sokan oktatnak, kutatnak. Szerinte a világ egyik legnépesebb fizikatanszéke a miénk. Szétnézett és látta: a munkatársak hajlandók kísérletezni, építeni, fejleszteni, a kezüket is használni, izzadni, nemcsak üveges tekintettel bámulni a számítógép képernyőjét. A műhelyek különösen megragadták figyelmét.

Másnap feltette nekem a kérdést: *Miért nem csináltok ti részecskefizikát? Minden adottságotok megvan hozzá. Ez a legizgalmasabb kutatási terület mind az elmélet, mind a kísérlet számára!*

– *De hát a részecskefizika az ilyen nagy!* – mutattam neki széttárt kezeimmel a méteres skálát.

– *Debogy – válaszolta –, ilyen kicsi részekből van összetéve – jelezte ujjaiával a mm-t. – Sokan csinálják együtt, attól lesz olyan óriási!*

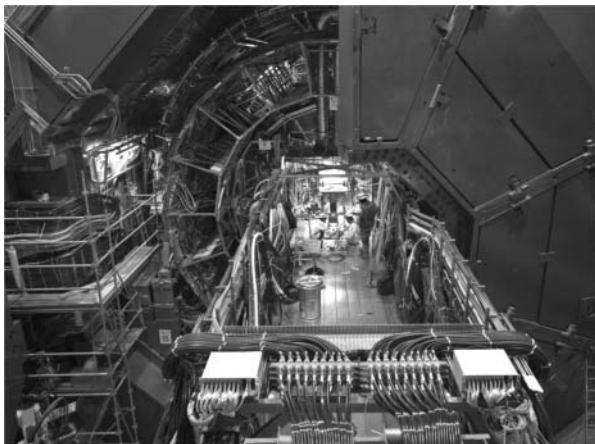
Ez a lecke nagyon elgondolkoztatott. Addig is volt részem hazai és nemzetközi együttműködésben, de ez valami különlegesnek ígérkezett. Azután Nagy Sanyi barátommal hármasban beszélgettünk vele tovább és egyre logikusabbnak látszott a felvetés: váltunk. Igen, persze, hogyne, de...

Szóval: világosan látszott, mi van mellette és mi ellene. Legalább egy-egy objektív és szubjektív elem:

– Ezt a tudományágat mindenképpen meg kell honosítani az egyetemen, mert a kutatás mellett az oktatást is teljesen felpezsdíti, vonzó lesz a diákok számára, nemzetközi kapcsolatok épülhetnek, csodálatos világ nyílik ki előttünk akár 80 nagyságrend távlatában is.

– Ám valamelyikünknek fel kell vállalnia a téma gondozását FŐÁLLÁSBAN, nem pedig a magfizika mellett, félvállról, maradék időben!

A második mondat azt jelentette, hogy vége a magfizikus múltnak az alapkutatásban, ami pedig már elég jól be volt járva (cikkek, kandidátusi fokozat, esetleg belátható időn belül nagydoktori, és...). Ismertük a „szabályt”: egy futó kísérletben (akkor a CERN-i LEP/L3) sokáig nem kerülünk fel a szerzői listára. Ez, ugyebár, nagy veszteség, mert az egyete-



L3

A CERN-ben 1989 és 2000 között működött LEP (Nagy elektron-positron ütköztető) részecskegyorsító egyik legnagyobb együttműködése volt, jelentős magyar csoport vett részt benne a kezdetektől, főként az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetéből és a Debreceni Egyetemről. A kísérlet fő célja a Standard Modell ellenőrzése és a Higgs-bozon, valamint új fizika keresése volt; az ellenőrzés sikerült, de Higgs-bozont és új fizikát nem talált. Jelentős volt a magyar hozzájárulás a detektor optikai helyzetmeghatározó rendszeréhez és fotonfizikai eredményeihez. Eredményeiből számos magyar diplomamunka és PhD-dolgozat született. Az L3-kísérlet mágnesét a LEP lebontása után az LHC ALICE kísérlete hasznosította.

men, sajnos, nem az oktatási tevékenysége, hanem kizárólag a számszerűsíthető tudományos eredményei alapján ítélik meg az oktatót. Mivel Sanyi oktatás- és tudományszervezési feladatokat kapott korábban dékánhelyettesként (majd rektorhelyettesként), egyértelmű volt az önkéntes választásom. Ő maga is átállt erre a témára, természetesen, és előadások tartásával, szervezésével sokat segített, mellettem-mellettünk állt mindenben. Feleségemmel, a szintén fizikus *Gyarmati Edittel* is megbeszéltük, hogy az új fokozat, meg egy „fényesebb” (mert bejáratott) jövő talmi ragyogása áll szemben valami teljesen újjal. Soha vissza nem térő alkalom! (Persze, rá sokkal több munka hárult ettől kezdve öt gyermekünk nevelésével kapcsolatban! Én meg bíbelődhettem egy új játékkal.)

Ne higgye senki, hogy olyan súlyos, drámai áldozatot hoztam! Megvallom őszintén, mindentől függetlenül, az addig művelt magfizikában is elkövetkezett volna valami váltás. (És a disszertációkkal szembeni irtózásom így igazolást nyert.)

Kezdeti botladozások

A kutatásfinanszírozás adott rendszere miatt az indulás (és sokáig a folytatás is) Baksay Laci önzetlen anyagi és tárgyi segítségén alapult (utazások, eszközök). Az ő révén kerültünk be a CERN LEP/L3 nemzetközi együttműködésbe.

Zilizi Gyula 1993-ban Pesten találkozott vele és megbeszélték a korábban a KFKI-ban Laci szervezésében az L3 kísérlethez épített Drift Velocity Monitor (DVM) felújításának feladatait. Májusban utaztak Genf-be Laci Talbot Horizon kocsijával (7 liter benzin / 100 km, 1 liter olaj / 1000 km, javítása roncsleptei alkatrészekkel). 1994-ben Gyulával, *Szabó Zsolttal* már négyen autóztunk együtt Genf-be a Silicon Microvertex Detector (SMD) és *Hans Tuscherer* megismerésére. Őt az akkor még Alabamai Egyetemen tanító, aacheni múltú, (1978-ban *Carlo Rubbiánál* doktoráló) Baksay alkalmazta a CERN-ben. Az úton kemény vallási-filozófiai-történelmi vitát folytattunk Lacival, aki református volt, e sorok írója pedig római katolikus. Kérdés volt az is: Genfben a legnagyobb református templom miért viseli Szent Péter és Pál nevét, ha a protestánsoknál

nincsenek szentek? Mit hozott a magyarságnak a kereszténység? És a reformáció? *Szent István* keménysége hogyan fért össze a szeretet vallásával? A fiatalok fizetni is akartak, nehogy abbahagyjuk. A hangos beszéd egyúttal a sofőr ébrentartását is hivatott volt szolgálni.

Betértünk Aachenbe *Hans Reithler*hez, aki már akkor bekapcsolt minket a még csak tervezett CMS-detektor „muon alignment” programjába, mondván, „ha már az L3-nál úgyis ezt csináljátok”. Később Sztaricskai Tibor és Szabó Zsolt a müon teszt-impulzus rendszer kialakítása céljából utazott az RWTH-ra. Zilizi hosszabb időt töltött Baksaynál az Alabamai Egyetemen a DVM elektronikájának felújítása kapcsán. (Történelem: egy teljesen új rendszert kellett volna építeni az SSC-hez is, de éppen akkor állította le az Amerikai Kongresszus a szupergyorsító építését.)

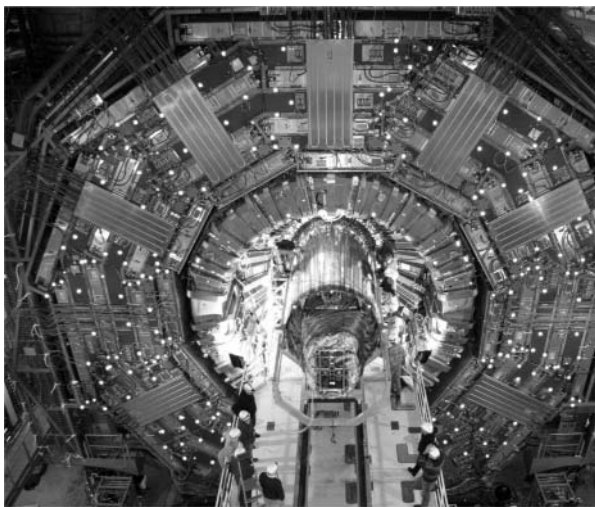
Laci révén kerültünk szoros kapcsolatba az ugyancsak L3-as *Gutay Lászlóval* (Purdue University), aki-vel Zilizi alakított ki szoros, a CMS-nél ma is élő munkakapcsolatot. Ennek során mind az USA-ban, mind a CERN-ben folyt a fejlesztő munka, igen széles skálán (detektorfejlesztés, gyártásautomatizálás LabVIEW-használattal, ami később a villamosmérnök-palánták képzésénél lett fontos nálunk). Gutay professzor lakást tartott fent a CERN közelében, a francia oldalon, ahol az egymást váltó fizikusok szállást találtak rövidebb-hosszabb időre. Meg kellett szoknunk: ezek az együttműködések sok utazással, távolléttel járnak.

A futó programok esetén a berendezések felügyeletét is el kellett látni, ami kötelező műszak (shift) vállalással járt és a cikk szerzői közé kerülés egyik feltétele volt. Ez kemény munkát, sok számítógép eredményeinek figyelését, gyors beavatkozást kívánt. Az L3 vezetője a Nobel-díjas *Ting* professzor volt (különleges telefonja bálványként csillogott az asztalon a föld alatt 100 m mélységben lévő irányító központban). Ő megkövetelte, hogy a nyálábidőt ez a csapat használja ki a legjobban, több adatot gyűjtve a konkuren detektoroknál (például OPAL). De ha túl gyorsan adtuk fel a nagyfeszültséget a sokszálas proporcionális detektorokból álló rendszerre, és az e^-e^+ nyáláb a kezdeti instabilitások miatt a falra futva hatalmas elektromágneses zavarokat keltve „kiütötte” a számlálókat, akkor bizony jelentős kieséssel tudtuk csak az adatgyűjtést elkezdeni. A főnök nem örült.

SMD (Silicon Microvertex Detector)

Valamennyi nagyenergiás érzékelőrendszer szíve, az ütközési pont környékén, közvetlenül a nyálábvezeték körül elhelyezkedő, a digitális fényképezőgépek érzékelőjéhez hasonló, igen finom felbontású, félvezető pixel-lapokból készült részecske-detektor a töltött részecskék pályájának és kiindulási pontjának azonosítására.





CMS (Compact Muon Solenoid)

A két óriási, általános célú LHC-együttműködés másik kísérleti berendezése. 3000-nél több fizikus és mérnök, valamint mintegy 1000 egyetemi hallgató vesz részt benne 41 ország 179 intézetéből, közöttük 40 magyar kutató az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjából, az MTA Atommagkutató Intézetéből, a Debreceni Egyetemről, az Eötvös Loránd Tudományegyetemről és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemről. 2012 júliusában jelentette be az ATLAS-kísérlettel együtt a Higgs-bozonhoz hasonló részecske felfedezését. Részecskeészlelő rendszere a világ legnagyobb, 6 m belső átmérőjű szupravezető mágnesét tartalmazza: a detektor 21 m hosszú és 15 m átmérőjű, a súlya 14000 tonna. Magyar fizikusok több részegységét segítenek üzemben tartani és fejleszteni, és igen jelentős a részvételük a nehézion-programban.

Érdekes tanulsággal szolgált a munkavédelmi – sugárvédelmi – tűzvédelmi – balesetelhárítási oktatás és vizsga. Itthon megszoktuk, hogy valaki eldarálja ezeket, távolról megmutatja (ha egyáltalán) a falon csüngő, lejárt szavatosságú tűzoltó készüléke(ke)t és már töltjük is ki a tesztlapot (közösségi munkával). A CERN-ben *mindent* bemutatnak működés közben. Elektromos és „egyszerű” tüzeket produkáltak. Nekünk kellett kiválasztani a megfelelő eszközt és (az ő felügyeletük mellett) el kellett oltani azt. A „pompiere”-k elmondták: 100 méter mélységben először nekünk kell intézkednünk, mert egyébként a kikerülő lánglovagok legfeljebb elszenesedett maradványainkat tudják majd összekaparni a hátramaradottak számára (esetleg azt sem, mert a szellőző csöveken át a nemes természetbe már régen kiszálltak füstmaradványaink...). Vidámság, kemény munka, móka, kacagás – és fegyelem.

Első CERN-i tartózkodásaink során sok segítséget kaptunk a KFKI-s fizikusoktól a kinti eligazodásban, szakmai és szervezési kérdésekben, a Genf–Budapest autós utazásokban: *Vesztergombi György*, *Tóth József*, majd *Bencze György* és mások. Itthon az SMD-fejlesztésekben *Ádám Antal*, *Kornis János* és munkatársai segítettek sokat (BME Fizikai Intézet). A „CERN-i magyarok” egymást támogató nagy családjába így kapcsolódtunk be fokozatosan mi is Debrecenből.

A csapat felépítése szempontjából alapvető volt a hallgatók bevonása a kutatásba, fejlesztésbe, építésbe. A nem könnyen elérhető CERN-i nyári diák ösztöndíjak nagyon fontos lehetőségeket adtak számunkra. Néhányukat őszre is visszahívták munkájuk folytatására. A ma is kint dolgozó csapatból *Szillási Zoltán* az első egyike volt, aki ilyen lehetőséget kapott. Mintegy tucatnyi fiatal ismerhette így meg a professzionális kutatás ízét, a nemzetközi együttműködés erejét. Egyik diplomamunkásom, *Bondár Tamás* is hosszabb időt tölthetett ott; amikor végzés után egy jó nevű külföldi elektronikai céghez felvételizett, a CERN-i hónapok említése után azonnal alkalmazták.

Műszaki egyetemisták is kerültek a fejlesztési időszakokban a nyári diákok közé. Villamosmérnök fiam, *Zoltán* így tölthetett huzamosabb időt Bencze Gyuri és csapata mellett, konkrét példákon (nemcsak szülei elbeszéléséből) megtanulva, mit jelent a kutatás – fejlesztés – építés egysége a fizikus és mérnök harmonikus együttműködésében (most éppen egy világhírű bázei neurobiológiai kutatóintézetben hasznosítja tapasztalatait).

A fejlődés, erősödés rögzös útjai a KisFiz-es csapatnál sztrádává szélesednek

Világos volt, hogy hazai pénzügyi segítség nélkül nem lehet folytatni a költséges kutatásokat. Ki adhat be és mikor OTKA-pályázatot? Egy új csapat esetén mennyi az esély? Ki kitől veszi el a támogatást? (A magfizika és a részecskefizika között is megvolt az ellentét: hazai kutatás vagy külföldre szórjuk el a pénzt? – kaptam a szemrehányást Debrecenben.) A pesti és a fiatal debreceni csapat képviselői az Akadémia egyik termében ültek le 1993 nyarán megbeszélni a jövőt, felosztani a tortát. Heves volt a vita, néha személyeskedéstől sem mentesen, például: „Te hány Z0 eseményt értékeltél már ki életedben?” Végül is Csikai Gyula vállalta, hogy beadja az OTKA-t és vezeti a jelzésértékű összeggel elfogadott pályázatot (1994–96). Ebből már a legszükségesebb kiadások fedezhetőek voltak, de Baksay Laci sokszínű segítségére ezután is rászorultunk. Időközben ő oktatási munkája révén vendégprofesszori kinevezést kapott a KLTE-n és a pályázatok ezután már az ő nevében is futhattak. 2002-ig három, egyre növekvő pénzügyi támogatást nyertünk témavezetésével. Mások nevében is egyre több sikeres pályázatunk volt a részecskefizikai kutatásokkal és oktatásával kapcsolatban, amelyekben ő is mindig részt vett. Nagy áttörés volt ez! Sokat köszönhetünk Vesztergombi Györgynek, Horváth Dezsőnek, Bencze Gyurinak és másoknak, akik önzetlenül és sokoldalúan

lúan támogatták az új csapat elindulását, fejlődését. Kiderült, a témák nem ütöttek, hanem jól kiegészítettek egymást, a CERN-i munkák sikere mindenkinek érdeke volt/lesz, mert a közös (nemzetközi) cél a *fizika* önmaga, az ismeretlen felfedezése! A tortaszettek nem kisebbedtek, illetve nem így kellett nézni a közös asztalt. A *magyar csapat* vált sikeresebbé!

Fiataljaink intenzíven bekapcsolódtak a fejlesztő munkán kívül a fizikai analízisbe is, amely kezdetben Tóth József segítségével folyt, majd Horváth Dezső és *Trócsányi Zoltán* fogta bizonytalan kezüket, illetve a CERN-i közösség terelgette őket.

Csodálatos érzés így dolgozni! És ez megmaradt később is. A CMS müon-detektorai optikai helyzetmeghatározó rendszerének kiépítésénél a fővezér Bencze György lett (kicsi a világ: Nagy Sanyival évekig együtt voltak Dubnában). Vele ugyancsak nyertünk OTKA-kat, az egyiket az ATOMKI-val közös csapattal. Valahogyan szenvedést okozhattunk neki valamilyen, mert időközben szívinfarktust kapott. Lábadozása közben sem hagyott békét nekünk, például ekkor javította, bírálta Zilizi disszertációját.

Szinte a teljes magyar részecskefizikai közösséget képes volt nagy CMS OTKA-pályázatokban egyesíteni Horváth Dezső 2005-től. Ez az együttműködés a sok résztvevő és eléggé eltérő feladatok ellenére nagyon szoros. Megint a lelkesítő fizikai célok, elsősorban a Higgs-bozon észlelésének csábítása (és a korábbi együttműködések sok jó tapasztalata) teremtette meg az összhangot. No meg a Dezső által életre hívott heti rendszerességű szemináriumsorozat, amelyen mindenki részt tudott venni az élő internetes kapcsolatok segítségével, bárhol is érte őt a hétfői nap a világon...

Egymás munkáját folyamatosan figyelemmel tudjuk követni, benne élünk a történetekben. Így aztán 2012. július 4. nem ért teljesen váratlanul bennünket: őszinte és közös örömet szerzett 5000-nél is több résztvevő közös munkájának csodálatos eredménye: egy új részecske (Higgs?) „észlelésének” bejelentése. Utána jártam Marosvásárhelyen, ahol a Teleki-tékában saját szemmel olvashattam *Bolyai János* Temesvárról 1823. november 3-án apjához írt levelének eredeti példányá-

ban az aláhúzással kiemelt híres sort: „semmitől egy ujj más világot teremtettem”. Lehet, hogy a mostani CERN-beli eredmény is egy más világ hírnöke.

Itt kell legalább a megemlékezés szintjén, a teljeség kedvéért kitérni a „szomszéd várakra” (amelyekről nyilván külön beszámoló készül). A KisFiz-en a LEP/OPAL csoport Horváth Dezső és Trócsányi Zoltán segítségével alakult meg. A tanszékvezetői feladatot 1995-től ellátó *Pálinkás József* is ebben az együttműködésben vett részt. Ő előbb került itt a szerzői listára, mint a mi csoportunk tagjai az L3-ban, és büszkén mutatta az egyik ilyen első különnyomatát. A cikk a Δ^{++} -részecskékről és a Z0 bozonról szólt. Megkértem, olvassa fel hangosan a címet. Bepöccent, elküldött, sarkon fordult ... Nyilván megdöbben tudatlanságomon. A főleg a hecc kedvéért folyó „rivalizálás” egyik pillanatában ő mondta: „Úgyis együtt leszünk majd mindnyájan a CMS-ben.” Így is történt.

Az ATOMKI munkatársainak kötődése a részecskefizikához majd kiderül az ő visszaemlékezésükből. A LEP két kísérletében közvetlenül vettek részt: OPAL, DELPHI. Közös munkáink nagyrészt a CMS-ben voltak, Bencze Gyuri OTKA-főnöksége mellett: detektorok, elektronikai eszközök gamma- és neutronsugárzás-tűrése *Fenyvesi András*sal, elektronikai fejlesztések a helyzetmeghatározáshoz *Molnár József* révén a KisFiz-es Szabó Zsolt és *Bíró Zoltán* elektronikus technikus alapvető közreműködésével.

Legendárium

Egy csoporttörténetet a jeles mondások és legendák képesek hitelesíteni. Íme:

Baksay László dolgozószobájában volt látható a KisFiz-en, a „To do list” szomszédóságban:

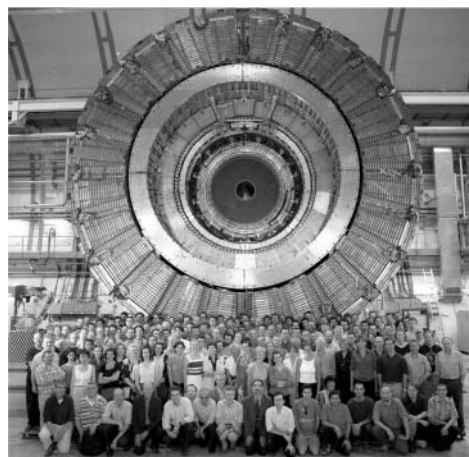
„The experience is a great thing. It enables you to recognize a mistake, when you make it again.” (A kísérletezés csodálatos: általa felismerheted a hibát, amit újra elkövettél.)

Szóval, tanulni sem árt néha...



DELPHI (DEtector with Lepton, Photon and Hadron Identification)

A CERN-ben 1989 és 2000 között működött LEP (Nagy elektron-pozitron ütköztető) részecskegyorsító legnagyobb együttműködése, magyar csoport nem vett részt benne. Elkészültek a világ legnagyobb szupravezető mágnesében az akkori legmodernebb észlelőrendszereket tartalmazta.



Diákként nem mindig volt luxus életkörülményekben részünk a CERN-ben, de erre általában nem is volt semmilyen panaszunk. Az a tudat, hogy bekapcsolódhattunk a világ egyik vezető laboratóriumának munkájába, minden nehézségért kárpótolt. Emellett ezek a helyzetek az általános rugalmasságunkat növelték, amire nagyon nagy szükségünk volt későbbi pályánk során is. Úgy éreztem, hogy a gazdag országokból származó kollégák el vannak kényelmesedve, így adott esetben a mi túlélőképességünk versenyképessé tesz velük szemben. Többet, keményebben és rosszabb körülmények között is hajlandók voltunk dolgozni.

A kalandok általában már a CERN-be való kiutazással kezdődtek. Akkor még nem léteztek olcsó, fapados légitársaságok és a benzin sem volt még ennyire drága, tehát megérte autóval közlekedni. Ezeket az utakon általában témavezetőnk autóját használtuk és a 16-18 órás utazást a hátsó ülésen vésztük át. Az út első felében nagyon sok érdekes dolgról, fizikáról, terveinkről, politikáról, életről beszélgettünk – ezek a beszélgetések, illetve az erre természetes alkalmat adó utazások azóta is nagyon hiányoznak –, de azután előbb-utóbb mindenkinek elfogyott a mondani-valója. Mivel megfigyelések szerint minden ötperces megállás félórás késést okozott a megérkezésnél (ennek pontos magyarázatát még most sem sikerült felfedni), ezeket igyekeztük elkerülni, kivéve egy ötperces tankolást Münchenben, félúton. Ezért azután rájöttünk, hogy az utazásra egy „léböjt”-kúrával érdemes felkészülni, tehát a reggel 8 órai indulás előtt 12 órával (és alatta) semmit nem szabad inni, főleg reggeli teát, kávét nem. A legjobb megoldás az volt, ha egész éjjel nem aludtunk indulás előtt, mert akkor sokkal könnyebb volt az autóban a kényelmetlen ülő helyzetben is végig aludni – ez az utazás unalmasságára és egyben veszélyességére is egyaránt gyógyírt jelentett.

Veszélyességére, hiszen jó öreg autónk vezetéséhez elég volt az ébrenlét és alvás között félúton lebegni, tekintve hogy a „tempomat”, azaz a gázpedál

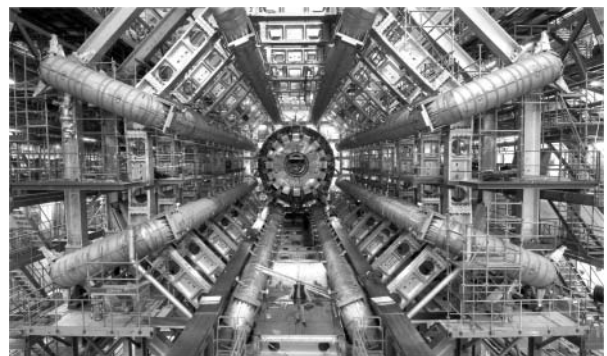
és vezetőülés közé szorított hosszú esernyő szükségelenné tette azt a(z ébren tartó) fizikai erőfeszítést, amelyet a gázpedál nyomkodása jelentett volna. Megtanultuk tehát, hogy az autópálya szélén kialakított aszfaltbarázdák mennyire hasznosak, és milyen erősen tudnak sivatítani. Én személyesen is hírhedt voltam arról, hogy ha én is a kocsiban utaztam, akkor – fizikai törvényekkel nem magyarázható módon – minden alkalommal adódott valami probléma: tankolás után nem indult be a motor, vagy túlmelegedtek a fékek (pedig fékezni csak a legritkább esetben szoktunk), illetve csak 80 km/h sebesség fölött működött a világítás (vagy még akkor sem – ekkor a nálam levő kerékpár-hátsólámpával teremtettük meg a biztonságos közlekedés feltételeit). Egy ilyen alkalommal történt, hogy hazafelé Budaörsnél késő este egy jól láthatóan valódi ok nélkül elhelyezett 30 km/h-s sebességkorlátozás táblát meglátva súlyos dilemmával kellett szembenéznünk: a közelben várakozó rendőr vagy gyorsajtás, vagy a világítás hiánya miatt fog megbüntetni... szerencsére sikerült az „arany középutat” választanunk, azaz 60 km/h sebességgel, teljes sötétségben átrobogni a táblán, a nem messze várakozó rendőr legnagyobb megdöbbenésére... aki csak annyit tudott mondani, hogy nem lenne szívesen a helyünkben.

A CERN-es szállásaink is nagy változatosságot mutattak, az arab munkanélküliek által elfoglalt tömegszállók takarítást ritkán látott szobáitól (ahol a hiányos közbiztonságot esetenként a lépcsőházban található, szúrt sebektől származó vérfoltok, az étkezési szokásokat pedig a közös zuhanyzóban kivézetett kecskék jelezték) kezdve a pár négyzetméteres kollégiumi szobákon keresztül az éjjelenként ugyan elhagyatott, de nappal a munkások által használt, félre-eső, ám fűtéssel és kempingágyakkal ellátott barakkokig, ahova 20 kilométeres kerékpározás vezetett a majdnem mindennapos esőben.

Külön érdekességet jelentett, hogy ez a szállásunk a genfi repülőtér kifutópályájától 800 méterre volt, alvásra tehát éjjel 12 és reggel 6 között volt lehetőségünk, amikor nem szálltak fel gépek.

ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus)

A két óriási, általános célú LHC-együttműködés egyike. 3000-nél több fizikus és mérnök, valamint mintegy 1000 egyetemi hallgató vesz részt benne 38 ország 176 intézetéből, közöttük két magyar fizikus az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjából. 2012 júliusában jelentette be a CMS-kísérlettel együtt a Higgs-bozonhoz hasonló részecske felfedezését. A világ legnagyobb részecskeészlelő rendszerével működik: szupravezető toroid- és szolenoidmágnest is tartalmazó detektora 45 m hosszú és 25 m átmérőjű, tömege 7000 tonna.



A pihentető alvás után pedig nem egyszer kemény munka várt ránk: míg a nappali műszakban egy élvonalbeli kísérlet detektorait próbáltuk – egyébként nagyon sikeresen – olyasmire használni, amire az nem is volt tervezve („hozzuk ki a lehető legtöbb belőle”), addig az esti és éjszakai órákat a már felhagyott, de még élvonalbelibb kísérletek leselejtezett alkatrészeinek szétszedésével ütöttük agyon, illetve nemcsak azokat, hanem majdnem egymást is, az állványzatról leejtett kábelvágó ollóval...

A CERN-ben ugyanis számos olyan eszköz, alkatrész, számítógép van, amelyek leselejtezés és egy kis adminisztráció után hozzáférhetőek és ajándékba megkaphatók, ha megfelelő oktatási-demonstrációs célra óhajtjuk őket felhasználni. Egy ilyen alkalommal a Genf–Budapest távolságot a fent már bemutatott, 150 kg teherbírású tetőcsomagtartóval is ellátott gépjárművel szeretnénk volna hősieken megtenni, miután a tetőre – *utólagos* becslésünk szerint – *több mázsányi* kiselejtezett szcintillátorrudat pakoltunk fel. Az út egyenletlenségeitől (amelyekből Svájcból kiérve egyre több lett) a rakomány fokozatosan elkezdett „bejönni” az autóba, azaz a meghajlott csomagtartó hiábavaló erőfeszítését szinte lehengerelve, behorpasztotta a tetőlemezt. Belülről, legjobb tudásunk szerint kézzel igyekeztünk ellensúlyozni a gravitáció egyre erősebbnek tűnő térnyerését. Az akkor még szigorú ellenőrzés alatt álló hegyeshalmi határátkelőnél a fáradt arcú vámos a letekert ablakon lemondóan bekiabált „és ez meg mi akar lenni?” kérdéssel utalt a tetőn levő furcsa, párhuzamos rudakra, amelyek előrefelé elkeskenyedő végén a fotoelektron-

sokszorozókat valaha tartó fémkarikákat csörgette a hideg februári szél. „Ez a repülési idő mérésére szolgál” – hangzott a készséges válasz, mely láthatóan gondolkodóba ejtette hivatalnokunkat. Kisvártatva megkérdezte: „tehát *polgári* repülési célokra lesz?”. Ez a kérdés viszont a témavezetőnket gondolkoztatta el erősen. Én gyorsan kezdtem átgondolni, hogy miféle választ lehet erre adni, de ő megelőzött: „*Nem.*” – közölte a vámossal, aki erre feladta a további okoskodást (pedig már számítottam rá, hogy visszakérdez: „*Akkor tehát katonai célra?...*”), megnézte a papírunkat, amelyen az állt, hogy a holmi értéke mindössze egyetlen svájci frank, tehát nem kell vámot fizetnünk. Ezzel azonban a másfél óras várakozásnak mégsem lett vége, mert felfedezte, hogy a nyomtatványunk sorszáma túl kevés számjegyből áll: négy számjegy hiányzik. Kérdésünkre, hogy akkor hol kaphatunk a papírunkra még pár számjegyet, a téli ködben alig látszó távoli barakkra mutatott. Témavezetőnk el is indult az ítéletidőben a számjegyekért, és félóra elteltével visszatérve közölte, hogy *megüti a guta...* Felháborodva mutatta, hogy kapott ugyan belőlük még négyet, de *mind a négy számjegy nulla volt!*... Fáradozásunk viszont nem volt hiábavaló, hiszen ezeket az eszközöket ma is használjuk az oktatásban, kozmikus müonok detektálására – tehát valóban nem polgári repülési célra.

Több, mint egy évtizeddel ezelőtti CERN-i kalandjainkat szórakoztatás céljából írtam meg. Azóta az utazási és munkakörülmények rengeteget javultak; nem szeretném, ha cikkem elrettentené az ifjú utánpótlást a CERN-ben való munkától.

MOZAIKOK A CERN ÉS AZ INFORMATIKA TÖRTÉNETÉBŐL – I. RÉSZ

Turchányi Géza
INFO-IPV6 Kft., Budapest

A CERN a fizikusnak fizikáról szól, az informatikusnak viszont informatikáról, illetve számítógép-hálózatokról, az Internetről. Persze a fizikusnak is, az informatikusnak is mindkettőről, de másképp, mert másra figyelnek. Akkor is, ha a CERN büvökörébe vonódva előbb fizikus vagy matematikus volt, azután lett informatikus...

A fizikusnak a mágnesszalag-kapszulákról (*1. ábra*) az jut eszébe, hogy a kísérleti adatokat ide mentik el, s innen töltik le lemezre, hogy azután feldolgozzák. Az informatikust a kiszolgáló, felügyelő programrendszer izgatja, amit valaki már megírt, de nem csak használni kell, hanem időnként karban is tartani. S hogy az egész működése elragadóan automatizált, de mégis, *mellé kell ülni*. Vagy talán az: nincs az a sávszélesség, amin gyorsabban lehetne átvinni egy kamionnyi mágnesszalag-kapszulán elférő adatot, mint magával a kamionnal, akármilyen komótosan is menne... Vagy a közeljövőben mégis lesz? *Épp a CERN@Wigner program keretében?*

Csapjunk a történet közepébe

Ha valaki meg akarná írni az informatika történetét, akkor ajánlom figyelmébe, fussa át a CERN School of Computing történetét először, kezdve a csc.web.cern.ch oldalon, folytatva a kutatást az egykori KFKI könyvtárában. Az iskola azokra a számítástechnikai témákra fókuszál, amelyek a részecskefizikusok kísérleteinek kiszolgálásához a legfontosabbak lehetnek, ideértve a mikroprocesszorok és a számítógép-hálózatok világát is. Ha a témák nem is ölelnek fel mindent, például az ügyviteli alkalmazásokat sem, de nagyon sok területre kiterjednek. 1994-től kezdve egyre több részlet lett elérhetővé a weben keresztül is, de a korábbi előadások, tematikák csak a szép halványzárga, A4-es lapméretű CERN reportokban olvashatók el. Az 1982-es, a hetedik iskola reportja például a CERN 83-03 azonosítót viseli, a 94-es pedig a CERN 95-01-et.

A CERN School of Computing a CERN informatikai nyári iskolája, amit hagyományosan más-más országban tart, szűk két héten keresztül, kirándulásokkal és aktív sporteseményekkel tarkítva, 40-80 hallgatónak.

Az első olyan iskola, amiről már valami információmorzsa a csc.web.cern.ch web-szerveren keresztül is megtalálható, épp a magyarországi, az 1994-es, amit Sopronban tartottunk, *Szegő Károly*, *Zimányi Magdolna* és jómagam hazai szervezésében. A szervezést 12 évvel korábban, 1982-ben kezdtem el, amikor először tehettem be lábamat Svájcba, nevezetesen épp az akkori CERN School of Computing résztvevőjeként. Kiutazásom számomra kitüntetés volt, szűkebb munkahelyem, a KFKI Számítóközpontja számára viszont kisebb katasztrófa: a központ két éves nyugati utazási keretét ennek ellenére feláldozta *Lócs Gyula* főosztályvezető, hogy én kimehessek. Mégpedig nem az előző évit, hanem az azévit és a rákövetkezőt is. Ja, nem csak az informatika kerül pénzbe, hanem a tudása is – s nem kellett hozzá sokáig számolnom, hogy rájőjjenek, ha még egyszer az életben egy ilyen iskolán részt akarok venni, akkor meg kell, hogy szervezzem Magyarországon, mert még egyszer ekkora áldozatot nem fognak hozni értem (akkori 1100 CHF a részvételeért + útiköltség).

CERN School of Computing, 1982

Mi az, ami 30 év távlatából is megmaradt bennem néhány csinos francia kislány arcán túlmenően? Azon túl, hogy a svájci hegyek közti kiránduláson az iskolát vezető *Levrat* professzor saját kezűleg szedte össze azt a szemetet, amit néhány társam „elvesztett”?

Először is az, hogy néhány lengyel egyenest a CERN-ből jött, ők már akkor ott dolgoztak. Lengyelországban 1978-ban már volt egy ilyen iskola. Természetesen Lengyelország sem léphetett be akkor még a CERN tagországi közé, de a hetvenes években *Gierek* volt ott a vezető, aki Franciaországban és Belgiumban nőtt fel, pragmatikus volt, modernizálni akarta Lengyelországot, és amennyire lehetett, nyitni próbált Nyugat-Európa felé, ideértve a nyugaton élő lengyel emigrációt is.

Másodszor, életemben először találkoztam olyan orrossal, akinek ősei a Szovjetunióból menekültek el. *Zacharov*nak hívták, s rögtön kijelentette, hogy a híres szovjet fizikus *Sakharov*nak, a szovjet atombomba egyik atyjának, későbbi belső „disszidensnek”, emberi jogi aktivistának nem rokona. Jót gombásztunk együtt, akkor tanultam meg rókagombát szedni. *Zacharov* kitűnő, háromrészes előadás-sorozatot tartott arról, hogyan és mennyiben párhuzamosíthatók a számítástechnikai feladatok. Már akkor azt magyarázta, hogy a processzorok sebessége nem növelhető a végtelenségig, mert a fizikai törvények ezt behatárolják, ám egymás mellé akárhány processzort tehetünk, ha számításainkat párhuzamosítani tudjuk. Ha az azóta kifejlesztett grid-technológiákra gondolunk, meg arra a tízezernyi processzorkártyára, ami a



1. ábra. Robotokkal kezelt mágnesszalag-kapszulák terme a CERN-ben, 2001. © CERN

CERN@Wigner projekt keretében Csillebércre kerül majd 2013-ban, akkor elmondhatjuk, hogy *Zacharov* 30 évvel ezelőtt is jó irányban vizsgálódott.

Másik emlékezetes előadás a transputer chipről szólt. Ezt a processzort Európában fejlesztették, a bölcsőjénél elsősorban angol és svájci mérnökök szorgoskodtak. A chipet magát úgy tervezték meg, hogy könnyű legyen egy egész processzorfarmot összerakni belőle, mert nemcsak a hatékony mikroprogramozás, hanem a hatékony külső soros kommunikáció és együttműködés is az építőkövek közé tartozott. Mi ott a CERN iskoláján hamarabb hallottunk e chipről, s a hozzáfejlesztett Occam programozási nyelvről, minthogy ezeket a nagyvilág megismerhette. Én akkor el is hittem, hogy végre sikerült valamit (Nyugat)-Európának ledolgoznia a nyomasztó amerikai számítástechnikai fölényből, de tévedtem: a nagy piacok nyertek a szellemes megoldások felett, ismét. 1982 karácsonyára dobták piacra a Commodore 64-es játékgépet, 1983 márciusában az IBM XT-t, és ugye, az Apple gépek 1976-tól már hódítottak. Mire a transputer fejlesztői rájöttek (a 80-as évek második felében), hogy ha életben akarnak maradni, akkor az otthoni számítógépek, sőt a játékgépek fejlesztéseit is támogatniuk kellene, már késő volt. A meccset azok nyerték, akik nagyobb sorozatokat tudtak eladni, az pedig az olcsó számítógépek piacán volt csak lehetséges.

Agytekervényt mozgó előadást hallottunk a lokális számítógép-hálózatokról is. Ugye 2010 körül már minden harmadik magyar háztartásból is néhány Mbps sebességgel volt elérhető az Internet, többnyire egy belső kisebb ethernet-hálózattal kiegészítve. De 1982-ben még a Központi Fizikai Kutató Intézetben, vagy a SZTAKI-ban sem volt ethernet, legfeljebb olvastunk róla, illetve próbáltunk kitalálni valami hasonlót, ami a mi eszközeinkből összerakható lenne. Internetről akkor meg még nem is hallottunk, a mai Internet még kicsiben sem létezett. A KFKI-ban már működött a helyi CÉDRUS-hálózat, a SZTAKI-t vezető *Vámos Tibor* már 1981-ben az Akadémián lobbizott a távfeldolgozást támogató számítógép-hálózati fejlesztésekért. Ami ma a sarki fűszeresnél is kapható azt

bizony nemcsak azért nem lehetett akkor megvenni, mert még a nyugati sarki fűszeresnél sem volt kapható – hanem volt valami, amit a mai fiatalok nem értenek: úgy hívták, hogy embargó és COCOM-lista. Azaz ami a COCOM-listán rajta volt, azt az Elbától keletre – mi pedig ide estünk, a lengyeleket is beleértve – nem lehetett megvenni. Márpedig az összes számítógéphálózat-építési, távközlési technológia rajta volt a listán, de még a Commodore 64-es, 64 kbyte memóriával rendelkező játékszámítógép is!

Így aztán úgy hallgattam az ethernetről, az IBM Token Ringről és társaikról szóló előadásokat, mint tiltott, ízletes gyümölcsökről szóló meséket, amelyekből én enni talán soha nem fogok, hanem marad nekem *Bacsó Péter Tanú* filmjének magyar narancsa, ami kicsi, sárga, savanyú, de a mienk. Később néhány kollégám egészen „ízletes narancsokat” hozott össze Magyarországon is, ilyen volt a KFKI-s Telbisz-csapat LOCHNESS hálózata, amit a folyamatvezérlésekhez fejlesztettek ki (amire az ethernet nem is volt alkalmas), illetve a SztAKI-s *Bródy* féle „lóhalál” hálózat (többek között, de ezek csak kis sorozatokig jutottak el, természetesen epizódértékük volt).

Visszatérve az előadásra: itt hallottam először arról az ötletéről, hogy a falban levő villanyvezetékre is lehetne számítógép-hálózatot ráültetni – ami úgy húsz évvel később, már az új évezredben lett tömegesebb valóság.

Természetesen, egy ilyen iskola nem volt elképzelhető a gyorsítókról és a gyorsítók vezérlő-rendszereiről szóló előadások nélkül. A mai PC egerének ősi rokonát is a fizikusok kezdték szélesebb körben használni, ez volt a trackball – amit persze a katonák találtak ki, sokkal korábban, s arra használtak (hétpecsétes titokban tartva), hogy a radarképernyőkön megjelenő tárgyak helyét könnyebben azonosíthassák. A civil fejlesztések felé a katonai technológia a fizikusokon keresztül jött, akik természetesen elsősorban a részecskék képernyőkön látható nyomait azonosították a trackball segítségével.

Az egyik, a hetvenes évek közepén a CERN-ben bevezetett újítás az volt, hogy minden, a gyorsító vezérléséhez tartozó számítógépes konzolhoz tartozott

egy beépített trackball. Én erről az eszközről is itt hallottam először: egy évvel később, 1983-ban a Microsoft rendszeresítette a Word szövegszerkesztő használatához az egeret, de hozzánk az eger is pár év késéssel jutott csak el.

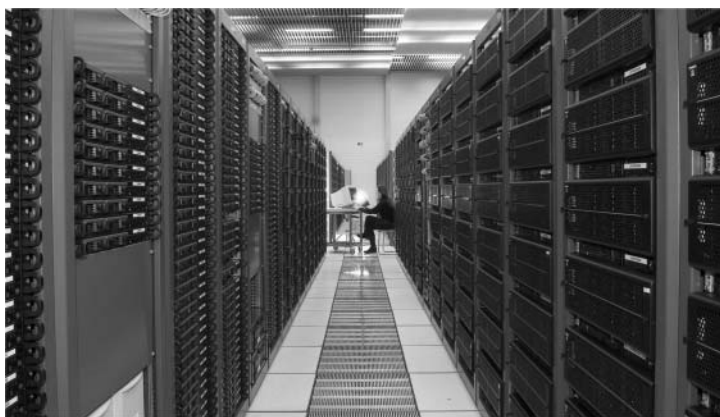
Természetesen itt csak szemezgetek az előadásokból, nem térhetek ki minden fontos részletre, de azt még el kell mondanom, hogy nem csak a technikáról tanultam ott, hanem arról is, hogyan kell előadni. Amíg Magyarországon az előadók többsége olyan nyelven beszélt, amit csak a beavatottak érthettek, az összes nyugat-európai előadó szemmel láthatóan a közérthetőségre, az áttekinthetőségre törekedett. Ha lehet, a humor eszközeit is felhasználva.

CÉDRUS, az első hazai számítógép-hálózat CERN-i gyökerekkel

„Egy újszülöttnek minden vicc új”, ám nemcsak a viccek, hanem a számítástechnika kultúrájának CERN-től való eltanulása is régebbi, mintsem hogy én ebbe a folyamatba belecsöppentem volna.

Azt a luxust, hogy odaülhetek egy képernyő elé, ahol bepötyöghetem a programomat, majd lefuttathatom, megnézhetem az eredményét ma minden PC-használó élvezhetné, ha a Microsoft környezetben is lehetne kényelmesen programot fejleszteni..., de a 70-es években a képernyős fejlesztés legfeljebb elképzelhető volt Magyarországon, de nem gyakorolható.

Pontosabban: *Telbisz Ferenc* csapata összerakta a CÉDRUS számítógép-hálózatot 1978 végére, ami épp ezt a luxust teremtette meg egyszerre 10-12 felhasználónak a KFKI-ban. A CÉDRUS gyökerei is a CERN-be nyúlnak vissza (a CERN-iek meg egy kanadai egyetemi rendszert faragtak át korábban a saját környezetükhöz). Akkor még a közhasznú, „public domain”, nyílt forráskódú programok fogalma talán nem is létezett, de ebből a kulturális közegből indult. Az egyetemek és kutató intézetek között átadtak programokat a teljes forráskóddal, dokumentációval egyetemben, csak annyit kellett elvállalni, hogy üzleti vagy katonai célokra ezt nem fogják felhasználni. (Hosszú ideig a



WLCG (Worldwide LHC Computing Grid)

Az LHC adatainak tárolására és feldolgozására szolgáló, világméretű számítógép-hálózat. Rétegekre tagolódik, a központi Tier-0 jelenleg a CERN-ben van, de hamarosan CERN@Wigner néven Budapestre költözik, a Tier-1 elsődleges adattároló és -feldolgozó központok és a Tier-2 adatelemző központok szét vannak szórva a világban. A BUDAPEST Tier-2 állomás 2003-ban, hetedikként csatlakozott a WLCG-hez és azóta egyike lett a CMS-kísérlet egyik legmegbízhatóbb állomásainak.

katonai szembenállás, a hadi alkalmazásoktól való félelem vetette vissza az egész együttműködési rendszert kelet és nyugat között. A fizikusok nagyon sokat tettek a bizalmatlanság lebontásában, az együttműködés helyreállításában, mindkét oldalon.)

A legegyszerűbb számítógép-hálózathoz két gép kellett, és az a képesség, hogy a két gép hálózatban tudjon működni. Két gép már volt a KFKI-ban is, egy kicsi (strapabíró és magyar, KFKI-ban kitalált és gyártott) TPA-70, egy nagy (IBM nagygéppel kompatibilis kelet-német) R-40, de a hálózatban való működés képessége még nagyon gyerekcipőben járt a 70-es évek közepén. A szabványok alakulóban voltak, s eleinte a nagygépes világban teljesen más irányban indultak el, mint a kisgépesben. Így azután nem szabványos megoldás születhetett csak.

A CÉDRUS-rendszerben a nagy géppel azt kellett elhíttetni, hogy a szabványos nyomtatói egyikére ír, miközben valójában a kisebb gép felhasználójának válaszol, s a kis gép képernyője előtt dolgozó pötyörögése úgy érkezett meg a nagyobb gépbe, mintha az a 80 karakteres lyukkártya tartalmát olvasta volna be. Szóval az egész rendszer nem követett semmilyen számítógép-hálózati szabványt még, de működött. „Csak” ehhez át kellett írni a teljes forráskódot, hogy egyáltalán le lehessen fordítani a mi környezetünkben is (ehhez írtak egy FORTRAN-FORTRAN fordító programot az ELTE-n). Ki kellett fejleszteni a két gép közti összeköttetést megvalósító csatorna-adapter kártyát (*Sulyán János*), ehhez meghajtott, programozási felületet kellett írni, módosítani kellett a TPA70-es kisszámítógép teljes operációs rendszerét (*Arató András*), el kellett készíteni a TPA70-hez csatlakozó Videoton terminálok helyben futó szövegszerkesztőt (*Sarkadi Nagy István*). Kellott rendszerhívás-támogató program a nagygépes oldalon (Telbisz Ferenc), s az egészet össze kellett rakni, majd optimalizálni, mert induláskor nagyon lassú volt. Na, az időrabló prog-

ramrészek azonosításában, felgyorsításában már én is részt vettem, kisinasként kezdve Arató András és Telbisz Ferenc mellett a számítógép-hálózatokkal való ismerkedést. Arató András egy teljes monitor- és szimulációs rendszert fejlesztet ki, nagyító alá vette és helyrehozta a bolgár diszkek működését is, mert a legtöbb baj ezekkel volt...

Ezen tapasztalatok nélkül aligha lehettem volna 1991-től kezdve a magyarországi Internet egyik úttörője – de ez már egy másik történet. A CÉDRUS fejlesztését azért részleteztem ennyire, hogy lássuk: a CERN segítségével mellett mennyi hazai munka is kellett hozzá...

Ami még idetartozik: Arató András *Vaspöri Teréz* vak programozóval, *Bozsó Tibor* braille-kijelző dobozához kifejlesztette a CÉDRUS-hoz az első, vakok által is használható terminált, a teljes képernyőt letapogathatóvá téve, ez volt a BrailLab. Noha ennek nincs szoros köze a CERN-i technikai örökséghez, de a történet eleje és vége így rímel egymásra: a számítástechnika az emberért van, ez a kulturális üzenet is a CERN-ből jött erőteljesebben.

Az első magyarországi országos számítógép-hálózat, amelyet a Központi Statisztikai Hivatal, a KSH részére fejlesztettünk ki a 80-as évek közepére, szintén épített a CÉDRUS tapasztalataira, de nagyságrenddel többet tudott már. Ennek a fejlesztő csapata *Borbás Évával*, *Csuka Gáborral* és az 1982 óta önálló, számítástechnikai kisszövetekezeti tag *Kalmár Zoltánnal* erősödött meg a KFKI oldalán. A Központi Statisztikai Hivatalban *Alföldi István*, aki később a Neumann János Számítástechnikai Társaság (NJSZT) ügyvezetője lett, fogta össze az egész fejlesztést. Jó csapatban dolgoztunk, együtt a KFKI és a KSH.

A következő részben az Internet és a WWW magyarországi megérkezésének történetét vázoljuk, majd az 1994-es soproni CERN School of Computingal folytatjuk, ahol már az LHC-ről és a CMS-ről is tanulhattunk. Addig is köszöni a figyelmet a krónikás.

UTAZÁSI KALANDOK 1981 ÉS 90 KÖZÖTT

Dénes Ervin
MTA Wigner FK RMI

1975 és 1980 között a Dubnai Egyesített Atommagkutató Intézetben a RISZK streamer-kamra együttműködésben dolgoztam.¹ 40 GeV/c impulzusú negatív részecskék kölcsönhatásait vizsgáltuk különböző atommagokkal. A streamer-kamrában az eseményekről sztereó képek készültek, amit laboránsok mérőasztalokon digitalizáltak. A további feldolgozás a CERN-től kapott Fortran nyelven írt geometria- és kinematika programokkal történt. Ezeket a programokat postán, mágnesszalagon kaptuk meg. Az újabb és újabb változatokat egy *Karin* keresztnévű hölgy küldte,

akivel levelezési kapcsolatban voltunk. 1981 nyarán családommal, két kisgyerekekkel és egy Trabant gépkocsival, az engedélyezett valutakeret igénybevételével, európai körúton vettünk részt. Genfét is útba ejtettük, és gondoltam, megnézzük a CERN-t is. Simán beengedtek, már ez is egy élmény volt nekünk. A főépületben találtam egy intézeti telefonkönyvet és felhívtam Karint. Névről tudta ki vagyok és nagyon kedvesen fogadott. Mint szegény kelet-európainak fel is ajánlotta, hogy maradjunk még egy napot, és töltsük nála az éjszakát. És itt kezdődtek a problémák: Karin Franciaországban lakott, mi meg már Svájcban voltunk. Egyszeri belépési vízumot kaptunk mindenhol, amit már felhasználtunk. Nem kockáztat-

¹ Pintér György: A RISZK-spektrométer kísérlet. *Fizikai Szemle* 31/6 (1981) 240.



Határátkelő a CERN-ben.

tunk, továbbmentünk. Így első alkalommal csak fél napot töltöttem a CERN-ben, amit azután csak évekkel később sikerült folytatni.

A vízumokkal továbbra is sok gond volt. Autóval volt a legolcsóbb kiutazni, ami jó 20 óras vezetést jelentett. Kelltek osztrák és nyugat-német átutazó vízum, svájci és francia tartózkodó vízum. Mindezeket vagy az Akadémia Nemzetközi Osztálya szerezte be nagyon lassan, vagy személyesen kellett a sorokat többször is végigállni. A francia vízum volt a legproblémásabb. Egyrészt

meg kellett mondani, hogy hol lép be az ember, s erre Genf közelében csak a ferney-voltaire-i átkelőt lehetett megadni. Ezt persze nem tartottuk be. A munka és a szállás miatt is gyakran át kellett menni Franciaországba. Szerencsére a CERN melletti átkelőnél ebből nem csináltak problémát. A másik gond az volt, hogy csak háromszori belépőt adtak. Ezt már nehezebb volt kijátszani. Egy egy-két hetes kinn tartózkodás esetén sem volt ez elegendő. Igyekeztünk olyankor menni, amikor éppen el voltak foglalva mással a határőrök, vagy kollégák kocsijával utazni. Egyes határátkelőhelyek éjszákára bezártak. Ilyenkor csak a helyiek mehettek volna át, de gyakran megkockáztattuk zárás után az áthaladást. Egyszer, amikor Annecy-ből jöttünk vissza kollégákkal, ahol az L3-együttműködés kapcsán voltunk, igyekeztünk olyankor érkezni, amikor már zárva lesz átkelő. Kicsit korán érkeztünk. Már bezártak, de a határőr még a közelben volt. Direkt kinyitott, hogy bepecsételhesse mindenki útlevelébe, hogy egy belépés megtörtént.

A helyzet 1988 után kezdett drasztikusan javulni. Először csak Ausztriába nem kellett vízum, majd NSZK-ba és Svájcba sem, végül Franciaországba sem. Azóta minden alkalommal egy reveláció számomra, hogy útlevél sem kell, hanem személyi igazolvánnyal jöhetnek dolgozni a CERN-be.

AZ ATOMFIZIKÁTÓL A NAGYENERGIÁS FIZIKÁIG

Horváth Dezső
MTA Wigner FK RMI

Azokról a kísérletekről, amelyekben magam is tevékenykedtem, az utóbbi húsz évben bőségesen írtam a *Fizikai Szemlé*ben, a továbbiakban csak vázlatosan említem őket. Sajnos, ilyenkor óhatatlan, hogy ismétlésekbe bocsátkozzam, idősebb és jó emlékezőtehetségű, vagy a *Fizikai Szemle* archívumában turkáló kollégáimtól ezért előre elnézést kérek.

Antiproton-fizika a LEAR-nél

Ahogy annyi más magyar fizikus is, húsz éven át az RMKI áldásos toleranciája mellett külföldi támogatással vettem részt különböző részecskegyorsítóknál nemzetközi együttműködésekben: Dubnában és Gatsinában orosz, a TRIUMF-ban és Brookhavenben kanadai, a PSI-ben svájci és a CERN-ben kezdetben olasz, majd japán színekben.

Amikor 1989-ben véget ért alacsonyenergiás kaon-kísérletünk a brookhaveni AGS-gyorsítónál, és a van-couveri TRIUMF-ban is vége felé közeledett atomfizikai kísérletsorozatunk, a gyerekeim közölték, hogy többé nem óhajtanak külföldre menni (öt év Dubna és összesen három év Észak-Amerika után ez megbocsátható volt). Pár évig röpököttem Budapest és Észak-Amerika

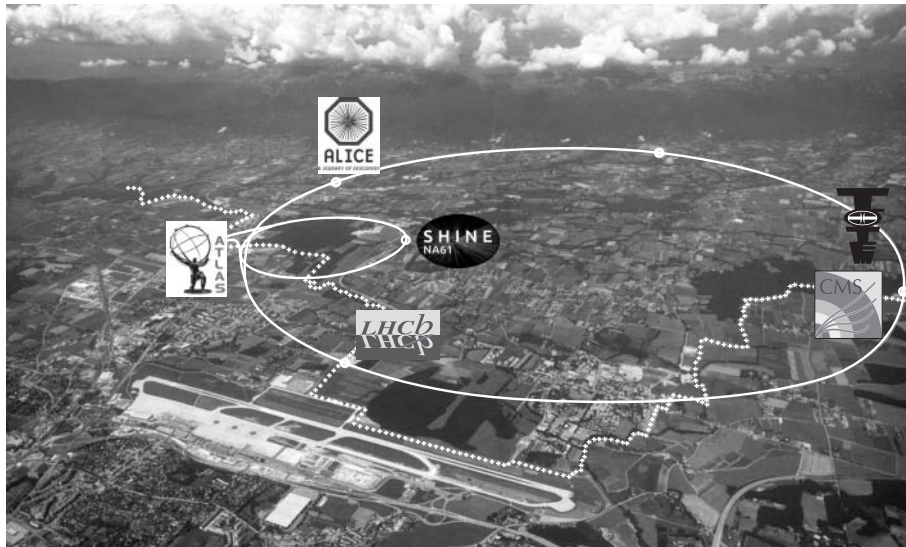
között, majd európai kísérletek után néztem, hogy közelebb legyek, így csatlakoztam olasz támogatással egy Pisa–Genova–CERN–Villigen együttműködéshez az antiproton gravitációs tömegének mérésére. Ehhez elsősorban nagy tömegben csapdában tartott és lehűtött antiprotonokra volt szükség, és azt egy anticiklotronnal, fordított üzemmódu szupravezető mini-gyorsítóval próbáltuk elérni. Ez egyike volt – szerencsére elenyészően kevés – sikertelen kísérleteimnek. Négyéves munkával kiderült, hogy a CERN Alacsonyenergiás antiproton-gyűrűje, a LEAR (Low Energy Antiproton Ring) nem alkalmas az anticiklotron számára szükséges, 72 MeV/c impulzusú nyaláb előállítására. Ráadásul módszerünk, amellyel az antiproton és a proton gravitációs gyorsulását szándékoztuk mérni, elvázelt a kezdeti feltételeken: a szimulációk szerint a szupravezető fémtizta felületén elkerülhetetlenül megjelenő kis elektrosztatikus potenciálok hatása teljesen elfedi a gravitációét. Ugyanakkor maga az anticiklotron azóta is kiválóan működik, hiszen a villigeni Paul-Scherrer-Institutban sikerült vele műonokat lassítanunk, pedig nyalábkarakterisztikájuk – rövid élettartamuk miatt – az antiprotonokénál sokkal gyengébb volt.

Évekig olasz fizikusokkal dolgoztam együtt, közben három évet töltve az olasz magfizikai intézet, az

INFN pisai szekciójában, ami hihetetlenül érdekes volt. Az olasz részecskefizikusok valószínűleg a legjobbak a világon, amit az is mutat, hogy messze többségben vannak a CERN kutatói között. Volt idő, amikor a négy LEP-kísérlet közül háromnak olasz vezetője volt, és egy periódusban mindkét óriási LHC-kísérletet, az ATLAS-t és a CMS-t is olasz fizikus vezette. Az olasz munkatársaimat rendkívül magas képzelőerő, találmányosság és munkabírási jellemzője jellemezte, viszont igencsak beszédesebbek voltak. Az olasz LEAR-kísérletnek én voltam a házmestere. Komoly erőfeszítésembe került, hogy rászoktassam őket a 8-órás műszakok betartására, mert nappal mindenki ott volt, aztán eltűnődtek. Az együttműködés vezetője, például, éjszakai műszakot vállalt, és rendkívül megsértődött, amikor egy este 8-kor közölte, hogy fáradt és hazamegy a szállóba, mire én rámutattam a műszakbeosztásra és mondtam, hogy akkor kezdődik a műszakja, nem mehet sehova. Egy doktoranduszunk meg, aki az adatgyűjtő programért volt felelős, akkor sértődött meg, amikor elküldtem a műszakja végén aludni, mondván, hogy az adatgyűjtés működik, ne nyúljon hozzá.

Rettenetes volt úgy dolgozni, hogy az ember mögött áll hat lelkes kolléga, akik érdeklődve kérdezősködnek, beleszólnak vagy egymással politizálnak. Ezt megakadályozandó, beszereztem egy nagy tárgyalóasztalt jónéhány székkel, kivettem a folyosóra, és az elektronikus barakkunk előtt a kőpadlóra vastag sárga szalagot ragasztottam, amelyre nyilak között angolul ráírtam: ha nem vagy műszakon, maradj ezen az oldalon. Ebből persze sok vicc lett, de a mérőhelyen jelentősen javult a légkör.

Olaszországi tartózkodásom mindennapjai is ropant érdekesek voltak. A tartózkodási engedély meg-



1. ábra. Légifelvétel a CERN környékéről az SPS- és LHC-gyűrűkkel és néhány kísérlettel.

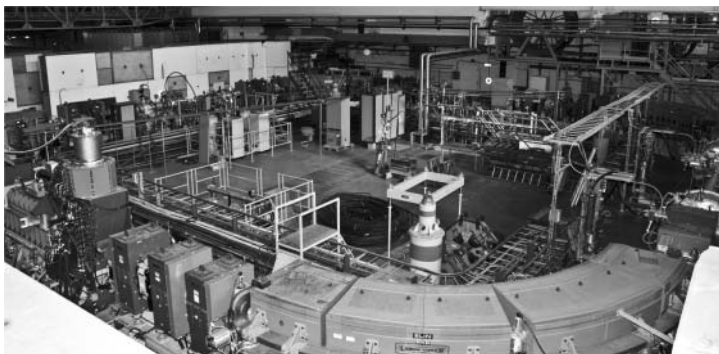
szerezése valamennyi általam ismert ország között ott volt a legbonyolultabb: nekem hat hétig tartott és háromszor kellett hozzá bemennem az idegenrendészeti hivatalba, a feleségemnek pedig egyáltalán nem voltak hajlandók kiadni, mondván, hogy menjen haza három hónaponként, addig meg maradhat vízum nélkül. Amikor én végre megkaptam, a hivatalban hatalmas zúrvar és tülekedés közben két dolog tűnt fel. A mellettem álló nigériai éppen aláírta egy főiskolába szóló diákengedélyét, három négyzetet rajzolva az aláírás helyére, és az ügyintéző hölgynek szemem sem rebtent, nyilván analfabétáknak szentelt főiskolára szólt a vízum. Ugyanakkor meg kinyílt egy addig zárva tartott oldalajtó és besétált rajta egy elegáns fiatalember három igen csinos és rendkívül kihívóan öltözött hölgygel: átvezették őket a tömegben egy másik helyiségbe és percek alatt megkapták az engedélyeket, gondolom, szintén valamilyen oktatási intézményhez.

Amikor lejárt a munkaszerződése, meg szerettem volna tudni, mi lesz a sorsa a nyugdíj járuléknak, amelyet rendszeresen levontak a keresetemből. Bementem a nyugdíjintézetbe, ahol, miután több menetben megpróbáltam lerázni és máshova küldeni, végül hosszas te-

CNGS (CERN Neutrinos to Gran Sasso)

Az SPS protonjai anyagba ütközve nagyenergiás pionnyalábot állítanak elő; a pionokat úgy irányítják, hogy a bomlásukból keletkező neutrínónyaláb a Rómától délre fekvő Gran Sasso föld alatti laboratóriumot vegye célba a földkérgen keresztül. Gran Sassóban több neutrínódetektor tanulmányozza a neutrínók egymásba alakulását. A képen az OPERA (Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus) kísérlet észlelőrendszere látható Gran Sassóban.





LEAR (Low Energy Antiproton Ring)

A CERN Alacsonyenergiás antiproton-gyűrűje, 1989 és 1996 között működött. Számos kísérletet látott el gyors vagy lassú antiprotonokkal, többek között ott fedezték fel az antiproton és pozitron kötött állapotát, az antihidrogén-atomot. Két LEAR-en végzett kísérletnél dolgozott magyar csoport az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetéből: a Crystal Barrel mezonspektroszkópiái, valamint a PS-205 atomfizikai együttműködésnél.

lefonálgatás után előkerítettek valakit, aki bejött a munkaidő alatt egyébként teljesen néptelen hivatalba és tudott válaszolni a kérdéseimre. Megkérdezte, mire számítok, mondtam, hogy Amerikában és Németországban megkapjuk a befizetett összeget. Ezután megkérdezte, mi van Magyarországon, közöltem (1994), hogy beleolvad a nagy közösbe, mire azt mondta: „Na látja, ugyanez történik itt is, de Olaszországban még évente meg is változtatjuk a nyugdíjtörvényt!”

A fenti kísérlet vége felé kezdett dolgozni a LEAR-nél a Tokiói Egyetem és a Müncheni Műszaki Egyetem kutatóiból álló PS-205 csoport régi barátom, *Jamazaki Tosimicu* (angolul persze *Toshibimitsu Yamazaki*) vezetésével: céljuk a hosszú élettartamú antiprotonos héliumatom (egy antiprotonból, egy elektrontól és a héliumatommagból álló kötött állapot) spektroszkópiái tanulmányozása volt.

Előéletem miatt viszonylag könnyű volt bekéredzkednem, bár a két kezemen kívül mást nem tudtam szállítani, a költségeimet – és később a magyar diákokét is – a Tokiói Egyetemről *Hajano Rjugo* (*Ryugo Hayano*) csoportja állta. Amikor 1993 tavaszán csatlakoztam az előkészületekhez, elképesztő rendetlenséget találtam: óriási meglepetésemre kiderült, amit azóta Tokióban is tapasztaltam, hogy a japán fizikusok gyakran nemigen törődnek a rendcsinálással. A kísérleti területen mindenfelé kinyitott és esetenként félig kidőlt dobozok heverték csavarokkal és vákuumalkatrészekkel, közöttük ledobva egy-egy szerszám, és senki semmit nem talált. Úgy látszik, a német szellem némileg befolyásolt bennünket a Monarchiában, mert egyből lett szerepem: szekrényeket és dobozokat vettem, és három hét alatt sikerült mindent normálisan elhelyeznem. Azt viszont, hogy vissza is rakják, nehezen sikerült elérnem, úgyhogy a továbbiakban, ha egy német vagy én megláttunk egy eldobott szerszámot vagy csavaros dobozt, visszavittük a helyére. Most már csaknem húsz éve használjuk az akkor feliratozott dobozokat és szekrényeket (igaz, a dobozokban többnyire más dolgok vannak). A műszakok végén a szemét kivitelét és a vizespoharak, kávésbögrék elmosását is mi csináltuk, ez – egyébként rendkívül kedves, művelt és dolgos – ifjú japán kollégáinkban fel sem merült. Egyszer az éjszakai vonattal (akkor éppen az volt a legolcsóbb, most az EasyJet az) mentem mérni Budapestről Genf-

be. Reggel érkeztem a mérőszobába, és észbontó rendetlenséget találtam: mindenfelé félig megevett szendvicsek, összegyűrt papírszalvéták és koszos bögrék heverték az étkezősarokban (nem melleleg egy olyan mérőhelyen, ahol tilos volt étkezni!). Döbönt arckifejezésemre a japán doktoranduszunk elmondta: azt hiték, csak este érkezem, előtte akartak rendet rakni (német éppen nem volt a mérésben). Ekkor jöttem rá, hogy a rendcsinálást valami európai mániának tekintik, amivel együtt kell élniük mifelénk. Évekkel később az új japán diplomamunkásunk vákuumalkatrészeket keresvén az egyik szekrényt kipakolta a padlóra. Amikor néhány órával később szóltam neki, hogy jó lenne visszapakolnia, annyira megdöbönt, hogy elrohant a témavezetőjéhez rákérdezni, hogy ilyenkor mi a teendő. A tájékoztatás után persze visszapakolt.

Akkor értettem meg, amikor Tokióban dolgoztam, hogy a japánok nem nyúlnak más tulajdonához, tehát náluk nem kell semmit elzárni. Ugyanakkor viszont Brookhavenben, Dubnában és a CERN-ben minden mozdíthatót ellopnak. Ebből a szempontból magasan a CERN a legrosszabb: az egyik karácsonyi leállás alatt behatoltak a barakkunkba és minden PC-ből kiszedték a memóriát, eltűnt a leláncolt és egyébként addigra tönkrement csoportbiciklik és az étteremben annyi kabátot loptak el, hogy a CERN egyszerűen megszüntette az étterem melletti ruhatárakat, be kell vinnünk télen a kabátokat és a székünk háttámlájára tennünk.

Antiprotonos héliumatomokon lézerspektroszkópiát végeztünk és így mértük az antiproton tömegét, azóta is ez az egyetlen módja a pontos tömegmérésnek. Az első két évben nagyon nehéz munka volt a lézerrezonanciák keresése, mert támpontunk két eléggé pontatlan korai számítás volt. Óriási diadal volt, amikor az első antiprotonos átmenetet sikerült két lézerrendszer két hétig való léptetésével megtalálnunk 1993-ban. Bonyolította a helyzetet a LEAR folyamatos nyalábja: az antiprotonok egyenként jöttek, megállásuk után vártunk 100 ns-ot, nem annihilálnak-e egy rövid életű állapotból, és ha nem, indítottuk a lézereket. Mivel másodpercenként százat lőtünk velük, naponta kellett festéket cserélnünk és excimer-tükröket tisztítanunk; lézereink négy év alatt teljesen el is használódtak. A festékcserérettenes munka volt, a lézerekben levő öt liter festék nem fért

el a nekik szánt négy literes tartályban, tehát mind a leeresztés, mind a feltöltés nagyon óvatosan, két menetben történt. Az óvatosság igencsak indokolt volt, ugyanis ahová az a festék rácsöppent, ott eltávolíthatatlan folt lett, a festékcseréhez tehát teljesen át kellett öltöznünk.

A fordulat 1995-ben következett be. *Révai Jánossal* közösen szerveztünk egy kis konferenciát Balatonfüreden 1995 januárjában, a befagyott tó mellett, és a PS-205-ös kísérlet résztvevőin kívül meghívtuk rá a témakör iránt érdeklődő elméleti kollégákat is. Ott *Dimitar Bakalov* Szófiából azt mondta, van egy barátja Dubnában, aki zseniális matematikus, és pontosan ki tudja majd számolni nekünk az átmeneti energiákat. Valóban, a barát, *Vlagyimir Korobov* pár hónap múlva küldött egy táblázatot, amelyben kiszámolt jó néhány átmenetet, és a számításai a két, már megmérttel jól egyeztek. Ilyenkor persze a kísérleti fizikus illesztésre gyanakszik, ezért megköszöntük, de nem voltunk különösebben oda érte, amíg el nem kezdünk mérni: akkor ugyanis kiderült, hogy a számítások mindössze 50 ppm-mel különböznek a mért értékektől, mégpedig mindig ugyanabban az irányban; ettől mérésünk egy nagyságrendet gyorsult, az átmeneteket nem kellett keresnünk, csak tanulmányoznunk. Amikor Korobov megérkezett, hatalmas üdvölgéssel fogadtuk, és nem értettük, miért olyan csalódott a különbség miatt. Azóta persze megtalálta az okát, és az elmúlt tíz évben négy nagyságrendet javított számításai pontosságán, versenytársai (a Tohoku Egyetem egy csoportja kivételével) mind feladták.

A LEAR-nél végzett munka életem egyik legszebb, bár igen fárasztó élménye volt. A mérési periódusok évente másfél-két hónapig tartottak, ezalatt folyamatos volt a munka. Mivel jó alvó vagyok, általában vállalkozom az éjszakai műszakokra, főleg, mivel olyan

kor kevés a személyes és telefonos szurkoló, akik nincsenek ugyan műszakon, de azért érdeklő őket, mi történik. A PS-205-ös kísérlet folyamán állítottam be egyéni rekordomat, negyvenhat egymást követő, éjszakai műszakkal. Azt, hogy milyen kicsi a világ, jól mutatja, hogy a bostoni csoport, amellyel Brookhavenben dolgoztam együtt, a szomszédos CP-LEAR kísérletben vett részt, a Crystal Barrel LEAR-kísérletben pedig a magyar csoporton kívül több vancouveri kollégám is dolgozott.

Az Antiproton-lassító

A CERN részecskefizikai laboratórium, az atomfizika prioritása elhanyagolható. A CERN már a 90-es évek elején tervbe vette a LEAR végleges leállítását, és amikor 1996-ban a LEAR-nél működő három nagy részecskefizikai együttműködés befejezte az adatgyűjtést, az be is következett. A LEAR-nél dolgozó atomfizikusok ebbe nem törődtek bele: 1992-ben összeállítottunk egy tanulmánytervet az antihidrogén-atom tanulmányozásának lehetőségeiről a CERN tudományos bizottságai számára, majd azt jelentősen kibővítve publikáltuk is: a cikknek öt szerzője volt öt különböző országból. A gyorsító-fizikusok kitartó munkáján és négy ország (Japán, Németország, Olaszország és Dánia) célzott anyagi támogatásán kívül e cikkünk is hozzájárult ahhoz, hogy 1999 végére elkészült az Antiproton-lassító (Antiproton Decelerator, AD) három kísérlettel a CPT-invariancia ellenőrzésére. Magam kettőben is benne voltam: a PS-205-ös folytatásaként meghirdetett ASACUSA-ban és az antihidrogénes ATHENA-ban, de az utóbbiból később kiszálltam.

Az ASACUSA nevet (Tokió legrégebbi negyede után) az együttműködés nem-japán résztvevői találtuk ki,

AD (Antiproton Decelerator)

A CERN antiproton-lassító berendezése. A Proton-szinkrotron nyalábjának irídium-céltárgyba ütköztetésével gyors antiprotonokat állítanak elő, és azokat több lépésben lelassítják, hogy elektromágneses csapdában vagy ritka gázban be lehessen fogatni őket. Célja az antiproton tulajdonságainak tanulmányozásával az anyag és antianyag egyenértékűségét kimondó CPT (töltés-, tér- és időtükrözési) szimmetria kísérleti ellenőrzése. Főbb kísérletei az ALPHA (Antimatter Laser Physics Apparatus), az ASACUSA (Atomic Spectroscopy And Collisions Using Slow Antiprotons), az ATRAP (Antimatter TRAP) és az AEGIS (Antihydrogen Experiment: Gravity, Interferometry, Spectroscopy). Magyar csoport az ASACUSA-ban működik. A képen az AD mérőcsarnoka látható három kísérlet éppen ott levő résztvevőivel.





2. ábra. Barna Dániel és Sótér Anna az ASACUSA-kísérletben.

tekintettel a domináns japán hozzájárulásra, az Atomic Spectroscopy And Collisions Using Slow Antiprotons kezdőbetűiből. Három független kísérlet tartalmaz három csoporttal. Az Aarhushi Egyetem csoportja *Helge Knudsen* vezetésével lassú antiprotonok fékezőképességét méri, a Tokiói Egyetem Komaba-kampuszáról *Jamazaki Jaszunori* (*Yasunori Yamazaki*) csoportja pedig egészen lassú antiprotonnyalábot készített elektromágneses csapdában való befogással. A spektroszkópiai témában a Tokiói Egyetem Hongo-kampuszáról *Hajano Rjugo* csoportja dominált, részt vett rajtuk kívül két CERN-i munkatárs és egyidejűleg általában két-három magyar is. A kísérlet előkészületei során megszületett két debreceni diplomamunka (*Jubász Bertalan* és *Ujvári Balázs*), 2004-ben Jubász Bertalan doktori dolgozata és 2010-ben *Sótér Anna* (ELTE) diplomamunkája. *Barna Dániel*, miután PhD-t szerzett az NA-49 kísérletnél, az RMKI (most Wigner FK) munkatársaként, de a Tokiói Egyetem támogatásával 8 éve a CERN-ben dolgozik az ASACUSA-kísérletben. A mérőberendezéshez csoportunk a különböző részegységek pozicionáló állványainak megépítésével járult hozzá, azokat *Zalán Péter* (RMKI) tervezte.

Az AD 1999-es indulása óta folyamatosan javítjuk a spektroszkópiai módszerünket, ebben *Hori Maszaki* játssza a főszerepet. Ez jól nyomon követhető a két-évenként megjelenő *Review of Particle Physics* kiadásaiban: az antiproton tömegének és töltésének a protonétól való lehetséges eltérését kizárólag mi mérjük, és két-három évente egy nagyságrendet tudunk javítani a pontosságon; az most már a proton tömegmeghatározásának pontosságát közelíti.

Érdekes volt vitánk a CERN egyik korábbi főigazgatójával, *Luciano Maianival*. 2001-ben meglátogatta kísérletünket. Pályafutásom során jó néhány kutatóintézetet megjártam világszerte, és csak három olyan igazgatóval találkoztam, aki látogatta az intézetében folyó kísérleteket. Maiani közölte, nem érti, minek vessződünk ezzel a méréssel, hiszen (1) a elektromos töltés kvantált; (2) az anyag semlegességéből az elektron és a proton töltése hallatlan pontossággal egyezik; és (3) a töltés/tömeg arány egyenlőségét igen pontosan mérték protonra és antiprotonra. A 3. ábrán éppen az ellenkezőjéről próbáljuk meggyőzni; ez



3. ábra. Vita a CERN főigazgatójával. Balról jobbra: Vlagyimír Korobov, Luciano Maiani, HD, John Eades és Jamazaki Tosimicu.

hozzájárulhatott ahhoz, hogy később főigazgatói beszámolóiban a mérésünket a CERN kiemelkedő eredményei között emlegesse.

Sok éves munkával nekünk sikerült a legtöbb antiproton csapdáznunk és hidegen csapdában tárolnunk, sőt ki is vezetnünk a csapdából. Ezt a fejlesztő munkát *Jamazaki Jaszunori* csoportja végezte a Tokiói Egyetemről és a Tokió melletti RIKEN intézetből, együttműködésben, természetesen a másik tokiói csoporttal és velünk. Az antiprotonokat először egy utólassítóban az AD 6 MeV-éről 100 keV körüli energiára lassítjuk. Ez egy rádiófrekvenciás mikrohullámú rezonátor, lényegében lineáris gyorsító ellenkező irányban működtetve. Onnan belépnek az elektromágneses csapdába, ahol elektronok hűtik őket, majd kivezetik a kölcsönhatási térfogatba, ahol, például, anti-hidrogén-atomokat formálnak lassú pozitronokkal. Ezt a berendezést *MUSASHI*-nak neveztük el (Mono-

4. ábra. Mijamoto Muszasi, önarckép, 1640 körül.



energetic Ultra Slow Antiproton Source for High-precision Investigations) és mi, magyarok precíziós mozgatóállványok készítésével járultunk hozzá (*Zalán Péter* művei). A *MUSASHI* nevet *Jaszunorival* együtt ketten ötlöttük ki. *Mijamoto Muszasi* Japán történetének leghíresebb samurája volt, ifjú korában sok híres japán kardvívót kihívott és legyőzött párbajban, iskolákat alapított, majd idősebb korában írt két máig híres könyvet a harc filozófiájáról és 61 évesen, betegségben hunyt el. Az életéről szóló öt kötetes könyv magyarul is több kiadást ért meg.

Részvételünk az OPAL-együtműködésben

A CERN LEP-gyorsítója 1989-től 2000 végéig működött; a világ legnagyobb gyorsítóberendezése volt: 100 méter mélyen a föld felszíne alatt fekvő alagútja 26,7 km hosszú. Négy óriási (tipikusan 10 méter hosszú és 10 méter átmérőjű, hengeres) detektor (ALEPH, DELPHI, L3 és OPAL) figyelte az egymással szemben keringő elektronok és pozitronok négy ütközési pontjában keletkező részecskéket. A detektorok egymáshoz igen hasonló felépítéssel rendelkeztek, három funkcionálisan megkülönböztetett részük volt, koncentrikusan egymásba építve. A nyalábvezeték körül a töltött részecskék pályáját követte nyomon a belső detektor, ezt a különböző részecskék teljes energiáját elnyelő/mérő kaloriméterek vették körül, majd a műonkamrák következtek, a gyors műonokat ugyanis az összes többi részecskét elnyelő kaloriméterek nem tudják megállítani. Mindegyik detektor mágneses térrel működött, kettő szupravezetővel, a másik kettő közönséggel. A múlt idő nem véletlen: 2000-ben szétszerelték és részben elszállították, részben megsemmisítették, a felszabadult ócskavas ára fedezte a több szobányi elektronika megsemmisítésének árát (a nyomtatott áramkör veszélyes hulladék).

Budapesti és debreceni kutatókból álló csoportunk 1994-ben csatlakozott az OPAL (Omni-Purpose Apparatus for LEP) együtműködéshez; három fővel (*Pálinkás József, Hajdu Csaba* és jómagam) kezdtük és fénykorunkban tizenegyen voltunk. Megalakulásunk történetét *Igó-Kemenes Péter* írja le a *Fizikai Szemle* ugyan ezen számában. Kezdetben csak a Higgs-keresésben vettünk részt, 1997-ben azonban hála *Trócsányi Zoltán*nak témakörünk kibővült a kvantum-szindinamika ellenőrzésével, majd 1999-ben *Csilling Ákos*, aki az L3-ból jött át, hozta hozzánk a fotonfizikát. A tíz év alatt csoportunkban négy PhD-disszertáció és öt diplomamunka született a Debreceni és az Eötvös Egyetemen, valamint a BME-n (*Pásztor Gabriella, Dienes Beatrix, Vértesi Róbert, Hudácskó Attila, Patay Gergely, ifj. Krasznaborkay Attila* és Ujvári Balázs).

Az OPAL volt a legkisebb LEP-együtműködés csatlakozásunk idején, 1995-ben, a cikkeinken 330 szerző szerepelt kilenc ország harmincnégy intézményéből,



5. ábra. Az OPAL-detektor a LEP barlangjában. Az elektronikus barakkok szemben és kétoldalt közvetlenül érintkeznek a detektorrendszerrel, de eltávolíthatók a detektor javításához.

szemben a legnagyobb DELPHI együtműködés 550 szerzőjével. A 330 soknak tűnhet szerzőnek, de a detektor üzemeltetése állandó nehézségekkel küszködött, mert annak a 150 kollégának, aki ketyegtetette, a LEP működése alatt állandóan a CERN-ben kellett lennie. Amikor az OPAL csoportvezetőinek előadtam a létrehozandó magyar csoport tervét, az első kérdésük az volt, hány embert tudunk majd a CERN-ben állomásoztatni, ahogyan a többi csoport. A válasz természetesen az volt, hogy egyet sem, mert egy ember ott állomásoztatása a járulékokkal együtt mintegy hatmillió forintba került volna évente, annyi pályázati pénze pedig nálunk senkinek nem volt. Nekünk már a detektor közös költségeihez való, fejenként és évente egymillió forintos hozzájárulás is megoldhatatlan terhet jelentett, ezért kvótánkat a negyedére szállították le. Mindezt a nagyvonalúságot az tette lehetővé, hogy a többi csoport gazdag országokból jött, mi voltunk egyedül kelet-európaiak. Az is segített, hogy az OPAL volt a fiatalok között a legnépszerűbb LEP-kísérlet, volt olyan év, hogy a CERN újonnan felvett posztdoktorális ösztöndíjasai közül 80% hozzánk csatlakozott. Még ma is, 12 évvel a detektor leszerelése után, gyakran találunk ürügyet arra, hogy összejöjjünk a CERN-ben.

Mi magyarok, a többi csoportnál kevésbé tudunk részt venni a detektor üzemeltetésében, habár én ma-

NA35, NA49 és NA61

Egymást követő és egymásból kifejlődő nehézion-kísérletek a CERN SPS-gyorsítójánál, jelentős magyar részvétellel, főként az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjából és az Eötvös Loránd Tudományegyetemről. Magyar kutatók több detektoregységet is építettek az NA49-hez és NA61-hez, és jelentős volt részvételük az adatgyűjtő rendszer megépítésében és üzemeltetésében. Habár közvetlenül megfigyelniük nem sikerült, közel kerültek a kvark-gluon plazma előállításához. A fizikai eredményekből számos magyar PhD-munka született, jelentős magyar kísérleti nehézion-fizikai iskolát nevelt fel.



LHCb (Large Hadron Collider beauty experiment)

Az anyag és antianyag egyenértékűségét vizsgáló LHC-kísérlet, amely főként a b-kvark proton-ütközésekben való keletkezését és más részecskékre történő bomlási folyamatait vizsgálja.



gam benne voltam két aldetektorében, a Presampler Endcap javításában és gondozásában, valamint a Time-of-Flight Endcap szcintillációs fal megépítésében. Ugyanakkor az átlagosnál sokkal aktívabbak voltunk a publikációk írása körül. Valahányszor új cikk kezdett körzödni a kollaborációban, csoportunk valamelyik tagja elolvasta és javításokat javasolt rajta (fizikai és szövegszerűt). Ennek az lett a következménye, hogy az OPAL-együttműködés publikációs aktivitása versenyében végig vezettünk, úgyhogy pár év után bejelentettük, hogy a versenyt beszüntetik és a magyar csoportot örökös győztesnek nyilvánítják.

A LEP mintegy fél évet működött évente, és ez alatt általában hárman felügyeltük a mérőrendszert a föld alatt 100 méterre levő mérőszobában. Ügyeletes voltam, amikor egyszer áramkimaradás miatt minden leállt. Harminc telefonszámot kellett felhívunk, hogy az egyes detektorelemek szakemberei megjelenjenek, feltámasztani az egységüket. Ez Murphy törvényének megfelelően szombatról vasárnapra virradó éjjel, kettőkor történt, és mire az utolsó áldozatokat keltettem, az elsők már befutottak. Senki sem volt morózus, remek hangulatban vártuk az akkumulátoros vészlámpák félhomályában, hogy visszajöjjen a villany. Egy órával azután, hogy visszakaptuk az elektromos hálózatot, a rendszer működött, pedig több egység tönkrement és cserére szorult. Ez persze csak úgy működhetett, hogy az alegységeknek mobiltelefonjai voltak, amelyeket felváltva hordoztunk. Egyszer éppen én hurcoltam egy ilyen telefont, és hegymászás közben magyaroztam el az ügyeletesnek, hogyan kell az aldetektorom nagyfeszültségét visszaállítani.

Higgs-keresés az OPAL-nál

Mivel a Standard Modell valamennyi alapvető részecskéjét sikerült már megfigyelni a Higgs-bozonon kívül, a LEP-gyorsító működése utolsó éveiben már túlnyomórészt a Higgs-bozon(ok) keresésére összpontosított. A négy LEP-kísérlet Igó-Kemenes Péter vezetésével munkacsoportot alakított a Higgs-keresés eredményeinek összegzésére. Megdöbbentő módon 2000 folyamán az ALEPH-együttműködés szignifikáns Higgs-jelet látott, amíg a másik három eredménye a Standard Modellel

számított háttérhez közeli volt. Az ALEPH Higgs-jele statisztikailag annyira szignifikáns volt 2000 nyarán abban a csatornában, ahol a Higgs-bozon egy Z-vel együtt keletkezik, és mindketten két-két kvarkra, azaz összesen négy hadronzáporra bomlanak, hogy a kísérletezők nagy része azt szeretete volna, de hiába, ha a LEP működését a CERN egy évvel meghosszabbítja. Személy szerint én szkeptikus voltam, két okból. Egyrészt a látni vélt jel nagyon közel volt a kinematikai határhoz, hiszen a LEP átlagos energiája 2000-ben 206 GeV volt, és ha levonjuk a Z-bozon tömegének megfelelő 91 GeV-et, éppen 115 GeV-et kapunk, ahol az ALEPH Higgs-jele a legerősebb volt. A kinematikai határ környékén pedig az adatanalízis már eléggé bizonytalan. Másrészt az ALEPH-együttműködés már 1995-ben bejelentett egy új részecskét 4-hadronzáporos eseményekben, amelyet a többi kísérlet nem látott, és egy évvel később már maga az ALEPH sem.

A négy kísérlet egyesített eredménye végül rengeteg vita és még több megismételt adatelemzés után az lett, hogy a LEP-vizsgálatok 95%-os konfidencia mellett 114,4 GeV tömegig kizárják a Standard Modell Higgs-bozonjának létezését; csak háttérrel feltételezve a pusztá szimuláció 115,3 GeV-es határt jelezne. Viszszatekintve többen azt gondolják, hogy az ALEPH az LHC-nál most megfigyelt 125 GeV tömegű bozon „farkát” látta. Magam ezt két okból sem hiszem. Egyrészt az LHC-kísérletek még alulról is növelték egy kicsit a LEP kizárási határát, tehát arrafelé semmiféle jelet nem láttak, másrészt a Standard Modell Higgs-bozonja ennél a kis tömegnél sokkal keskenyebb tömegeloszlású, hogy olyan messzire elnyúljon.

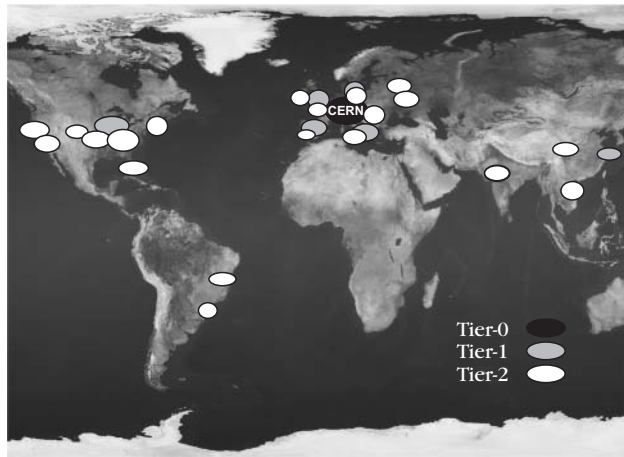
A Standard Modell kiterjesztései két Higgs-dublett terület feltételezve öt Higgs-bozont jeleznek, amelyek közül kettő töltött. A LEP-energiáknál feltételezhetően párban keletkeznek, és egyenként vagy két kvarkra, vagy egy tau-neutrínó párra bomlanak. Ennek megfelelően főként három bomlási csatornában várhatjuk megfigyelését: a négy-kvarkosban, a tiszta leptonosban, és a vegyesben, ahol az egyik bozon leptonokra, a másik kvarkokra bomlik. A töltött Higgs-bozon OPAL-keresésében csatlakozásunktól kezdve erős volt a magyar részvétel, a tiszta leptonos csatorna analízisén kívül valamennyi lépést csoportunk végezte, a csatornák statisztikus kombinációjával egyetemben.

Új részecskék keresése az LHC-nál

A Nagy Hadronütköztetőn, az LHC-n is négy ütközési pont van, kettőben a két óriási, általános célú kísérlet, a nagy magyar csoporttal rendelkező CMS és a kisebb magyar részvételű ATLAS működik, a másik kettőben kisebbek, a nehézion-fizikai ALICE (A Large Ion Collider Experiment) szintén jelentős magyar csoporttal és a b-kvark fizikáját tanulmányozó LHCb. A CMS két oldalán helyezkedik el a kis szögben szóródott protonokat vizsgáló TOTEM-berendezés, szintén jelentős magyar csoporttal. A CMS-detektor építésén két magyar csoport is dolgozott. A müon-detektor pozicionáló rendszerének fejlesztésében és építésében jelentős részt vállalt a Debreceni Egyetem és az ATOMKI közös csoportja (erről *Raics Péter* bővebben ír), és ma is részt vesznek az üzemeltetésében, a Very Forward kaloriméter építésében pedig az RMKI vett részt.

Rendkívüli feladatot jelent az LHC-események tárolása és analízise. Az LHC-ban jelenleg 50 ns-onként ütköznek (és a nagy leállás után 25 ns-onként fognak) a protoncsomagok, ütközésenként 20-25 p-p kölcsönhatást produkálva, és az összetett hadronokból csak egy-egy kvark ütközéséből várható fizikailag érdekes esemény (például Higgs-bozon keletkezése!), így óriási zajból kell kiválogatnunk, amit keresünk. Évente 10 PB (10^{16} bájt) adatot kell tárolni és analizálni majd. A CERN ehhez létrehozta az WLCG (Worldwide LHC Computing Grid) rendszert, amelyhez Magyarország is csatlakozott: jelenleg az egyetlen komoly magyar LCG-rendszert az RMKI üzemelteti 500 processzossal és 260 TB lemezterülettel. 2003 nyarán telepítettük (*Debreczeni Gergely*, Hajdu Csaba, *Hernáth Szabolcs* és *Kadlecsek József*) a résztvevő intézmények (jelenleg mintegy nyolcvan) közül hetedikként a WLCG szoftvert, és azóta azt néhány fizikus és informatikus üzemelteti. Népes magyar informatikusgárda vett részt a CERN-i grides fejlesztőmunkában, de a fejlesztés befejezése után jórészt elhagyták a CERN-t.

A CERN életében igazán pozitív változásokat hozott, amikor az OPAL egykori vezetője, *Rolf-Dieter Heuer* lett a CERN főigazgatója. Amikor az OPAL-nál

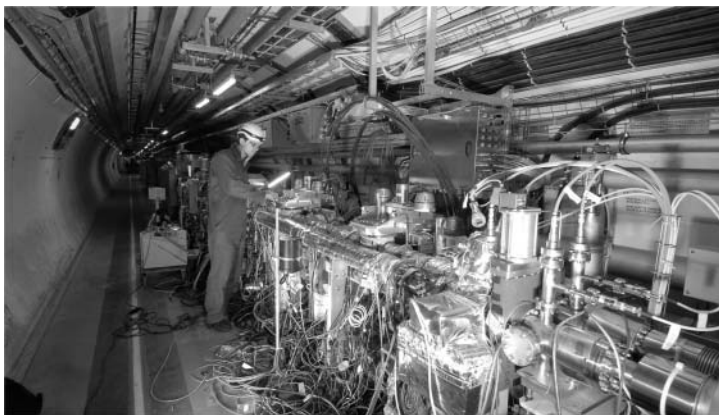


6. ábra. A CMS-kísérlet főbb grid-állomásai. A Tier-0 a CERN-ben van, az adattároló Tier-1 központok a Fermilabban, Oxfordban, Barcelonában, Lyonban, Karlsruheban, Bolognában és Tajpejben vannak, a budapesti Tier-2 Bolognához kapcsolódik.

mértünk, valamelyikünknek muszáj volt kocsival mennie a CERN-be, mert másképpen a mérőhelyhez igencsak nehéz volt eljutni (a CERN tűzoltói elszállították az embert, ha szépen megkérte őket). Rolf számozott, menetrend szerint közlekedő minibusz-járatokat vezetett be, amelyek munkanapokon hoznak-visznek bennünket a CERN területei között, még a repülőtérré is kivisznek, és minden nap reggel hétre, délután háromra és este 11-re kivisznek a CMS-hez és a műszakváltást kivárva visszavisznek a CERN-be, útbajt az LHCb-t is. Régebben, amikor munkaidő után érkeztünk, a kapuórségtől kellett felvennünk a vendégszobák kulcsát; Rolf bevezette, hogy a vendégszobák fogadóirodája reggel 8-tól éjjel 1-ig tart nyitva.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönettel tartozik a közös publikációkban szereplő (és nem szereplő) kollégáinak, akik nélkül semmi sem valósult volna meg a leírtakból, az INFN-nek, a CERN-nek és a Tokiói Egyetemnek, valamint a PS-205, OPAL- és ASACUSA-kísérletek résztvevőinek a húsz éves kellemes és eredményes együttműködésért, és amiért a különböző OTKA-, NKTH- és EU-pályázatok támogatásával együtt is igen szegény magyarokat befogadták és anyagilag is támogatták.



TOTEM

Az LHC-ben kis szögben szóródott protonok és más ott keletkezett részecskék azonosítására alakult együttműködés. Észlelőrendszere a CMS-detektor két oldalán helyezkedik el a nyalábvezetékben, illetve annak közvetlen közelében, a CMS közvetlen szomszédságából egészen többszáz méterre elnyúlva. Jelentős magyar csoport működik benne, főként az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjából és az Eötvös Loránd Tudományegyetemről, amely komoly részt vállalt a detektor ellenőrző rendszerének megépítésében.

AZ ELSŐ E-MAILTÓL A GRIDIG – KALANDJAIM A CERN KÖRÜL

Hajdu Csaba
MTA Wigner FK RMI

Valamikor 1989 nyarán, amikor még vezetékes telefonunk is csak a Magyar Postánál több éve heverő, teljesíthetetlen kérvény formájában létezett, egy (emlékeim szerint szombati) délutánon a gyalogos hírátvitel módszerét választva megjelent lakásunkon *Horváth Dezső* kollégám.

Szerencsére akkor éppen pár percnyi sétára laktunk egymástól, de az eset jól illusztrálja, mi helyettesít(h)ette akkoriban a ma már természetesnek számító (mobil)telefont, vagy e-mailt.

A hír, amit Dezső minél előbb szeretett volna átadni, az volt, hogy a LEP indítását közvetlenül megelőző tesztmérésekhez az L3-kísérlet keres lelkes fiatalokat, akik kimennének besegíteni két hónapra a CERN-be.

A pontos részletekre már nem emlékszem, de az biztos, hogy sokat nem töprengtem, és igaz, hogy (gyermekeim ifjú korára tekintettel) csak egy hónapot, de örömmel elvállaltam.

Akkoriban még nem úgy volt, hogy a zsebünkben lapuló személyi igazolványunkkal, a weben megszerzett foglalási kód birtokában felsétálunk a repülőgépre, így megkezdődött az út szervezése.

Vízumok is kellettek (Ausztriába már 1978-tól nem, de az NSZK, Svájc és Franciaország csak 1990-ben került a vízummentes körbe), viszont már útban volt a „fellazulás”, amit az is mutat, hogy ezen első CERN-i látogatásomra a Magyar Népköztársaságból indultam, és a Magyar Köztársaságba tértem vissza. A Köztársaság kikiáltását az akkor még magyarul is sugárzó Szabad Európa rádió hallgattam, az akkori úti csomagom elengedhetetlen részét képező rövidhullámú készüléken.

Az útlevelemben talált pecsétek szerint 1989. szeptember 3-án a Bhf. Friedrichstr. határátlépőn kereszteltem az akkor még álló Berlini Falat egy rövid szipantásra a „szabad levegőből”, és a keleten akkor még megúszhatatlan pecsételgetésnek köszönhetően tudom azt is, hogy ugyanezen év október 10-én indultam első látogatásomra a CERN-be.

Liszkey Laci kollégám 126-os Polski Fiatjával ketten keltünk útra, éppen hogy elfértünk a hátsó ülésre rakott csomagjainkkal. Kintlétünk alatt, a svájci-francia határ keresztezésekor csodálkoztunk, hogy nem mindig ellenőrizték a többszöri belépésre jogosító, mindkét oldalon szükséges vízumainkat, aztán rájöttünk, hogy mivel a kis Polski magyar rendszáma véletlenül éppen GE xxxx volt, előlrol valószínűleg genfinek néztek minket a kevésbé éber határőrök.

Az odaút csekély 24 óráig tartott, váltott sofőrökkel és minimális hajnali bóbiskolással a szűk kis autóban, valahol Németországban. Hogy az ifjúkori lelkesedés és az akkori lehetőségek mikre rá nem vették az embert...

A kollégáktól beszerzett utasítások alapján könnyen megtaláltuk a CERN-t, ahova délután érkezve a Cafete-

riában rögtön *Dénes Ervin*be és *Futó Endré*be botlottunk, akik készségesen segítettek az újoncok első lépéseinek megtételében. Az RMKI-s munkatársak közül erről az útról még *Tóth Jóskára* emlékszem, aki szintén éppen a CERN-ben volt (gyanúm szerint a máig is használt, akkor még új Volkswagen Golfjával).

Lakhelyünk az azóta már lebontott barakkokban volt, háromgyas szobákban, majdhogynem tábori körülmények között. A lakhatás ezen formája későbbi pályafutásom alatt is előfordult, az OPAL-detektor mellett lévő, magyarok által időnként csövezésre használt barakkban. Ez a lehetőség egy, a CERN épületfenntartása környékén dolgozó, kivándorolt honfitársunk segítségével vált valahogy elérhetővé, de nem volt szabályos, így többszöri lebukások után végül megszűnt.

No de ne rohanjunk ennyire előre; még 1989-ben vagyunk, amikor szilárdtestfizikusként csak egyhónapos vendégszereplésre érkeztem a CERN-be. Egyből éreztem és láttam, hogy nevezett intézmény egy „jó hely”, csak azt nem sejtettem még, hogy később milyen lehetőségeket fog megnyitni előttem.

A pontos részletek már a múlt homályába vesznek, de egy úgynevezett test beam mérésre kellett felügyelnünk, váltott műszakban, valahol a meyrini rész Franciaország felé eső végén. Egy ki tudja már milyen (de nem PC) számítógép előtt ülve figyeltük a történéseket, illetve a méréshez is építettünk valamilyen egyszerű elektronikai kiegészítést.

Kaptunk saját azonosítókat a CERN-VM-re (ez nem keverendő a ma hasonló néven futó virtuális gépekkel), amelyekhez természetesen e-mail cím is járt. A munkával kapcsolatos kommunikációt a mérésben résztvevők között már e-mailben intéztük.

Akkoriban a lehetséges címzettek köre erősen korlátozott volt, még a kutatók között sem volt mindenkinek saját e-mail fiókja. Az RMKI-ban például még az alábbi, „kőkorszaki” módszert használtuk: a feladó üzenetét papírra vetette, majd odaadta egy laboránsnak, aki azt begépelte, és naponta egyszer felhívta a Bécsi Műszaki Egyetem számítógépét, majd a kagylót egy (talán 1200 baudos) akusztikus modemre helyezte. Ha sikeresen létrejött a kapcsolat (ami persze nem volt nyilvánvaló), akkor a kimenő maileket fel-, a bejövőket letöltötte, és az utóbbiakat kinyomtatás után a címzettek rekeszeibe helyezte a postaszekrényben.

Váltottam néhány e-mailt ezzel a módszerrel az itthoni kollégákkal is, azután nemsokára hozzánk is eljutott a mailezés maihoz hasonló formája. Az átmeneti ellás időszak után már 1992 februárjában az rmk520-as gépen voltak saját címeink.

Bankszámlát is kellett nyitnunk a CERN-ben, ami akkor még valószínűleg tiltott cselekmény volt, de megtettük. A számlám azóta is megvan, csak a bank nevének első betűje alakult közben át S-ről U-ra.

Mai szemmel nézve az egy hónap alatt nem történt túl sok, de azért ráéreztem Genf és a CERN hangulatára. A kifelé útnál alig rövidebb ideig tartó hazavonatozás után folytattam korábbi szilárdtestfizikai témámat, és közben az sem tűnt fel, amikor pár évvel később Magyarország belépett a CERN-be, hiszen az első látogatást egyszeri kalandnak tekintve nem igazán követtem az eseményeket.

Pedig nem sokkal később, valamikor 1994 tavaszán ismét megkeresett Dezső, ezúttal már az általa újonnan szervezett magyar OPAL-csoportba invitálva. Nem kellett sokat győzködni, hiszen a bő négy évvel korábban tapasztaltak alapján pontos képem volt arról, hogy hova és nagyjából mibe fogok belecsöppenni.

Megkezdtem hát az ingázást az RMKI és a CERN között; autóval legalább két tucatszor fordultam, egy irányt 12-18 óra alatt megtéve az éppen aktuális forgalmi akadályok függvényében. 1989-ben még az M1-es sem ért a határig, bár a kis Polskival nem is igazán hiányzott: még a Svájcban meglévő autópályákra sem mentünk rá, az értékes valutát spórolandó.

1999-ig közvetlen repülőjárat sem volt Genfben, és a (maihoz képest) alacsony üzemanyagárak és drága repülőjegyek miatt olcsóbb is volt kocsival menni. Ráadásul az autó kint is jól jött, amikor a tömegközlekedéssel elérhetetlen helyen lévő OPAL-detektorhoz kellett eljutni.

1996-ra az M1-es elérte a határt, de Genfig volt még néhány rövid szakasz, ahol hiányzott az autópálya. A sokadik menetben egyre unalmasabbá váló utak közben az jelentette a változatosságot, hogy a München után hiányzó néhány kilométeres szakaszokon drukkolunk azok megépüléséért. Egyáltalán nem ment gyorsan, talán még 2006-ban, amikor utoljára autóztam arra, sem volt teljesen kész. Svájcban viszont ebben az időszakban épült meg végig az A1-es autópálya, így egy picit rövidebb lett az út, mint az A12-esen kerülve.

A LEP, és ezzel az OPAL leállítását követően már nem volt annyira szükség kint az autóra, így fokozatosan áttértem a kényelmesebb, és az árviszonyok változása miatt olcsóbbá is váló repülésre. A közvetlen járatok beindulása még inkább a repülést tette előnyösebbé; az első fejske ezen a téren az Air Engiadina volt, bár nem járt túl nagy sikerrel. Ezt 1999 decemberében személyesen is tapasztalhattam, amikor Genf és Budapest között a körülbelül 30 személyes gépen összesen hatan voltunk: két pilóta, egy utaskísérő, és három utas. A személyzet annyira családiasnak ítélte a légkört, hogy (valószínűleg teljesen szabálytalanul) a pilótafülke ajtaja egész úton nyitva volt. Természetesen ilyen kihasználtság mellett ezek a járatok nem lehettek gazdaságosak, így 2001 tavaszán maga a légitársaság is megszűnt (a pesti járat valószínűleg már korábban).

A Malévozt nem rettentette el ez a kudarc, és valamikor 2002–2003 táján rögtön (hétköz)napi két járatot indított Genfben. Az Easyjet 2004-ben, a Swiss pedig 2008 körül szállt be a versenybe, így ekkor megkezdődött a Budapest–Genf járatok (utas szemszögből értendő) aranykora, hétköznapokon négy járatral. Egy oda-vissza utat még a Swiszen is meg lehetett üszni 20 000 Ft alatt,

a rekordomat pedig (valamikor 2006-ban) az Easyjeten állítottam fel, amikor minden járulékos költséggel együtt 8000 forintot fizettem egy retúrjegyért.

Úgy tűnik, napi 400 utas egyszerűen nincs ezen a viszonylaton, így a Malév még a csődje előtt megszűntette ezt a járatot, a Swiss pedig először csak kisebb gépet indított, de aztán végleg feladta az árversenyt. Mára csak az Easyjet maradt, de időben megvéve a jegyet, még most is meg lehet tenni 20 000 Ft alatt egy genfi túrát, ha mellőzzük a feladott poggyászt és hasonló luxusokat.

Érdeemes pár szót ejteni a pénzügyi helyzet és az árfolyamok alakulásáról is. 1989-ben a nagy kincsnek számító megtakarított valutát csak a munkáltató által kiadott engedély birtokában lehetett befizetni devizaszámlára, ahol lelkesen őriztettem, pedig szívesen beváltották volna körülbelül 36 Ft/CHF árfolyamon.

Meglepő módon a forint ma már természetesnek vett teljes konvertibilitása csak 2001 nyarán kezdődött, de a szolgálati utak valutaszükségletének biztosítása, illetve a nyugatra forintért történő jegyvásárlás szerencsére már 1995-től gyakorlatilag nem jelentett gondot. A CHF árfolyama viszont igen érdekesen alakult; a korábban már említett, mesterségesen alacsony szinttől látványosan emelkedett, de aztán 1998 szeptemberétől majdnem tíz éven át nem mozdult ki a 165 Ft \pm 10%-os sávból. A két országban érvényes betéti kamatokat is figyelembe véve kifejezetten jobb volt a pénz forintban tartani.

Első hosszabb kintlétem idején, 1997–98-ban még nem, vagy alig-alig voltak a maihoz hasonló internetes hírportálok, vagy a neten fogható adások, így hazai hírekhez elsősorban hagyományos rádión, vagy műholdas adásokból jutottam. A hely és a terjedési viszonyok szerencsés együttállása miatt lakásunkban szinte egész idő alatt már a délutáni óráktól tökéletesen fogható volt a Kossuth rádió középhullámú adása.

Az OPAL-kísérletben adatkiértékeléssel foglalkoztam, de a számítástechnika már ekkor kezdett előtérbe kerülni. A nagy, központi gépektől a PC-platform felé vezető út egyik érdekes pillanata volt 1996. június 30-án éjjelkor, amikor végleg leállították a korábban már említett CERN-VM még megmaradt részeit. Érdekes módon valahogy kötődünk ehhez a géphez, így nem hagytuk csak úgy magára, hanem éppen a CERN-ben lévén, éjjel az irodában maradtunk, és végignéztük, ahogy „kihúzzák alólunk”. Nem mintha nem lett volna világos e lépés szükségessége, inkább azt éreztük, hogy valamilyen értelemben történelmi pillanatot éltünk át.

Egy másik, az OPAL-hoz köthető „számítástechnikai cselekményem” a kísérlet által már lecserélt, de itthon még komoly értéknek számító ST4096-os diszkek hazahurcolása volt, a ma már nevetségesnek tűnő 80 megabájtos kapacitásukkal, amelyet a gyártónak bő két liternyi térfogatba sikerült bepréselnie. Az import legalitása kissé bizonytalan lábakon állt, de szerencsére nem lett gond belőle. Ma már a 80 gigabájts is kicsinek számít, és inkább az a kérdés, mikor lesznek 80 terabájts diszkek...



A norvég királyi pár a CERN-ben 2006. április 4-én.

Klasszikus értelemben vett fizikusként a LEP és az LHC körül nem nagyon alkalmaz(ott) senkit a CERN, így hosszabb idő ott töltésére csak számítástechnikai munka megpályázásával látszott esély. Természetesen az OPAL számítógépes csapatát megjelölve adtam be jelentkezésemet, de ez egyáltalán nem zavarta a CERN számítástechnikai részlegét abban, hogy „elhappoljon”, így keveredtem 1997-től a CERN-ben azóta mostohagyerekké vált HPSS nagyteljesítményű adattárolási rendszerrel kapcsolatos munkákba. Hosszú idő után most először ismét utánanézve e témának, meglepődve tapasztaltam, hogy ma is 30 helyen működik 1 petabajtnál nagyobb kapacitású HPSS rendszer. Persze ez az 1 PB ma már nem számít különlegességnek, hiszen a budapesti T2 grid állomásunkon is van 0,3 PB-nyi diszk (a HPSS rendszerekben mágnesszalag is van).

A családommal Genfben töltött másfél év után visszatértem Budapestre, illetve az OPAL-kísérlethez, de ekkor már javában zajlott a CMS előkészítése is, ahová az OPAL és a LEP leállása után a magyar csoport szinte egységesen átkerült.

Mivel az LHC-kísérletek adatmennyisége nagyságrendekkel nőtt a LEP-hez képest, az adatok feldolgozása is új módszerrel történik: már nemcsak a CERN-ben, hanem az úgynevezett Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) hálózatában, a világ különböző helyein megosztva zajlik. A WLCG egyik egységét a Wigner Intézetben alakítottuk ki (ez a kisebb, T2 szintű állomás nem keverendő a jelenleg épülő, T0-ás CERN adatközponttal), és korábbi, hasonló jellegű tevékenységem folytatásaként természetesen adódott, hogy a CMS-en belül itt kössék ki.

A budapesti T2 létrehozásával beléptünk a magyar grides társadalomba is, amelynek rajtunk, felhasználókon kívül elsősorban fejlesztéssel foglalkozó tagjai vannak. Ettől függetlenül a Magyar Grid Kompetencia Központ keretében immár a harmadik közös EU-s pályázatban veszünk részt, sőt, a másodiktól kezdődően ezen pályázatok vezetése is valahogy ránk hárult.

A grides feladatokhoz kapcsolódóan sikerült elnyernünk egy Marie Curie Transfer of Knowledge pályázatot is, amelynek segítségével 2005–2006-ban újabb egy évet töltöttem a CERN-ben, ezúttal kifejezetten a budapesti CMS T2 grid állomás üzemeltetésének betanulása céljából.

Ezen újabb kintlétem alatt a Globe mögött lévő, a magyar kollégák között „öröklés útján” terjedő kis lakásban laktam, csak át kellett sétálnom a CERN-be. Egyik nap arra lettem figyelmes, hogy a recepció előtti részen, a főút melletti járdán egy feltűnően elegáns, öltönyös úr az őt körülvevő, hétköznapi öltözetben lévő kisebb csoporttal beszélget valamilyen furcsa nyelven. Csak később derült ki egy híradásból, hogy Harald norvég királyt volt szerencsém látni, a CERN-ben dolgozó honfitársai körében. Sok más mellett korábban azt sem gondoltam volna, hogy hazafelé baktatva egy út szélén ácsorgó királyba fogok botlani... A web-sokoldalú használhatóságát mutatja, hogy a „king harald cern” kifejezésre rákeresve fél perc alatt ki tudtam deríteni: az eset 2006. április 4-én történt.

Természetesen nem minden, a CERN-ben egyébként gyakorta látogatást tevő magas rangú vendéggel fut össze az ember (vagy csak nem veszi észre őket), de az érintett nemzet tagjait értesíteni szokták, így Gőncz Árpáddal kétszer is volt alkalmam genfi látogatásai során találkozni.

A CERN (és Genf) addiktív voltát bizonyítja, hogy villamosmérnöknek indult, majd fizikusként végzett fiam is megfertőződött; első, közös kintlétem alatt francia iskolába járt, majd két nyáron is a CERN-ben dolgozott egy-egy hónapig. Ezután bő egy év következett technical studentként, idén ősztől pedig doktorandusként fog visszatérni, az úgynevezett Watt balance fejlesztésével foglalkozó kísérletbe, amelynek célja a tömeg definícióját alapvető fizikai állandókból származtatni, a jelenleg használt etalon helyett.

Az első, 1989-es kirándulásom után az OPAL-nál a Higgs-bozon keresésével kezdtem foglalkozni, ahonnan aztán lassan átcsúsztam a gridhez, amelynek ha csak közvetetten is, de lényeges szerepe volt annak a „Higgs-bozonnak látszó valaminek” a megtalálásában, amelynek ünnepélyes bejelentése most, 2012-ben, nem sokkal e cikk megírása előtt történt. A keresés megy tovább, és remélhetőleg a gyanú rövidesen hátrázott felfedezéssé alakul.

Szerkesztőség: 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33., 31. épület, II.emelet, 315. szoba, Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: mail.elft@gmail.com

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Szatmáry Zoltán főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrizzük meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szatmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyezményén.

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 800.- Ft + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és **HU ISSN 1588–0540** (online)

A tusoló

CERN-es karrierem kezdetén gyakran jártunk ki pár hétre a CERN-be, általában azért, hogy részt vegyünk egy megbeszélésen. Gyakorlatilag semmit nem tudtunk még az itteni körülményekről, milyen szálláslehetőségek vannak, hol lehet enni stb. Szerencsére témavezetőnk mindent elintézett, semmi tennivalónk nem volt:

– *Megszereztem egy barakk kulcsát, még konyhátok is lesz tévével, és tusolni is lehet.*

Így is volt. Az említett barakk az OPAL nevű kísérlet szerelőaknája fölötti telephelyen volt, erdők és mezők között, 10 perc autózásra az utolsó falutól. Mint kiderült, a barakkot az ottani munkások használták néha öltözőként vagy raktárként, a konyha is az övék volt.

– *Ez pedig a tusoló, a portásfülke hátsó részén...*

Egyik éjszaka éppen a tusoló felé csoszogtunk a vaksötétben, papucsban, törülközővel a vállunkon, amikor az éjszakai őrök autójának reflektorfényébe kerültünk.

– *Önök mit csinálnak itt??? –* hangzott a kérdés.

Rövid zavart csend után ezt a talpraesett választ sikerült adnunk:

– *Ööö... hát mi fizikusok vagyunk...*

Pár pillanat döbbsen hallgatás után az éjjeliőrök szó nélkül feltekerték az ablakot és elhajtottak.

Az eső

A CERN minden nyáron megrendezi a nyári diákprogramját, ahol az egyetemista diákok három hónapot tölthetnek el a CERN-ben, délelőttönként előadásokat hallgatnak, délutánonként pedig egy kísérletben dolgoznak. Ez volt számomra is az első hosszabb kintléte. Azt előre tudtuk, hogy leendő szállásunkról körülbelül 10-15 perces biciklizéssel lehet bejutni a CERN-ig. Ezért kihoztuk a biciklinket is, ne legyen gond a bejutás.

Genfben és környékén megesik, hogy nyár elején 1-2 hónapig esik az eső. Sajnos ez a nyár is pont ilyen volt. De ezt az első nap még nem tudtuk.

Felültünk a biciklire, esőkabátot vettünk és betekertünk. Az esőkabát nem sokat segített, eláztunk alaposan. Szerencsére volt annyi eszünk, hogy egy műanyag zacskóban vigyünk magunkkal száraz ruhát is, bent át tudtunk öltözni. Otthon aztán kiterítettük a vizes ruhákat.

Sajnos az idő olyan párás volt, hogy másnapra nem száradtak meg a ruhák. Aznap tehát egy új ruhát áztattunk el – és ez így ment még néhány napig. Hamar beláttuk, ha így folytatjuk, pár nap múlva nem marad száraz ruhánk.

Sok választásunk nem maradt. Következő nap beharaptuk az alsó ajkunkat és a sors szemébe nevetünk: fürdőnadrágot, strandpapucsot húztunk, és így tekertünk munkába. A sűrű kocsisor mellett eltekerve elkaptunk néhány döbbsen pillantást a maximumon járatott ablaktörők mögött. A CERN-ben azután óvatosan besurrantunk az irodánkba, magunkra zártuk az ajtót, letörülköztünk és átöltöztünk. És ez így ment még egy darabig, mire rájöttünk, *hogy van egy kisbuszjárat a szállásunk és a CERN között.*

A „kábelezés”

Amikor a LEP-et (Large Electron-Positron Collider) leszerelték, a berendezések és kábelek nagy része, mint elavult dologkidobásra került. Ha valaki akarta, elvihette őket. Egy magyar kezdeményezés az OPAL kísérlet ólomüveg detektoraira és a hozzájuk tartozó kábelekre csapott le. Ezeket megszerezni persze nem volt könnyű. A kábelek egy több tíz méter magasán levő tartószerkezeten voltak átvetve, egy köteg kábel átmérője 10-15 cm is lehetett, és akkora volt a súlyuk, hogy csak egy csörlővel lehetett az egyik végüket felhúzni és azután a túlsó oldalon leengedni. A leszerelt kábelek feltekerése is komoly fizikai feladat volt, 2 ember kellett hozzá.

A legtöbb embernek, akiket sikerült megnyerni az ügynek (ha csak 1-2 alkalomra is), persze nem volt belépési engedélye a föld alatt mintegy 100 méterre levő kísérleti csarnokba, így éjszakánként mentünk le, egyetlen érvényes belépőkártyával.

1. ábra. Robbantási kísérlet, első verzió.





2. ábra. Robbantási kísérlet – második, fejlettebb módszer.

A sors fintora, hogy ezek a kábelek végül szőrén-szálán eltűntek, vélhetőleg egy CERN-es ellenőrzés során dobták ki őket ideiglenesnek szánt tárolóhelyükről.

A robbantás

Az itteni munkabeosztás sajnos gyakran olyan, hogy 2-3 hónapig nincs egyetlen szabad napunk sem, és minden héten másik műszakban dolgozunk. Ez a mérési időszak végére eléggé kifáraszt mindenkit, és elég gyermeteg dolgokkal próbáljuk magunkat vigasztalni.

A kísérletben, ahol jelenleg is dolgozom, gyakran használunk folyékony nitrogént. Elhatároztuk, hogy felrobbantunk egy nagy fantás palackot. Kimentünk a kísérleti csarnok mögé, töltöttünk bele egy kevés folyékony nitrogént, bezártuk, letettük és hátrébb húzódtunk. A palack erősen füstölt, dudorodott, talán másfélszeresére is kitágult, de csak nem akart felrobbanni. Megközelíteni persze senki nem merte. Azután végre megtörtént. A fülünk percekig csengett, a kísérleti csarnok pedig felbolydult mint egy méhkas, mindenki pánikban kereste a robbanás okát.

Következő évben egy nagy műanyag szemetesvödört töltöttünk meg vízzel, a palackhoz pedig ólomtéglát rögzítettünk, és így dobtuk bele. A hatás drámai volt, a víz hatására a nitrogén sokkal gyorsabban felforrt és szétrepesztette a palackot. A víz sok méterre szétspriccelt, és sajnos a szemetesvödör sem élte túl, darabjait 4-5 méterre találtuk meg.

A mosás

CERN-es kinttartózkodásainkkor – bármilyen meglepő is – legtöbbször a mosás okozott bosszúságot. Nyári diákságom alatt a Saint-Genis határán levő szállóban laktam. A recepció mellett volt a mosógépszoba. Első nekifutásomat az hiúsította meg, hogy kiderült: a mosógép nem pénzürméssel működik, hanem a recepción vehető zsetonnal. Persze a recepció addigra már zárva volt. Legközelebb már zsetonnal felszerelve próbálkoztam kiokoskodni a francia leírásból, hogy pontosan mit is kell tennem. Akkor még egyetlen szót sem beszéltem franciául, így nem volt könnyű. Hosszas töprengés és próbálkozások után végre sikerült a masinát beindítani. Örömöm nem

sokáig volt felhőtlen: nemsokára periodikus kopogást hallottam belülről, és kiderült, hogy az egyik ingem zsebében felejtettem egy golyóstollat, ez ütögeti a mosógép ajtaját. A gépet leállítani sajnos nem lehetett. Nem volt rajta semmiféle kapcsoló, és az áramellátást is egy fix vezetéken kaptam, amit nem lehetett csak úgy kihúzni. A program lefutott, és a golyóstoll sajnos megadta magát a centrifugálásnál.

Később, amikor már a CERN belső szállójában laktunk, finomodott a helyzet. Az ottani gépek svájci pénzürméssel működtek, de sajnos nem adtak visszajárót (vagy csak 10 és 20 centime-os érmékkel működtek – már nem emlékszem). Mindenesetre állandó probléma volt a kis érmék hiánya. Valamint elég nagy volt a forgalom a mosóhelyiségben, ritkán lehetett üres gépet kifogni. Volt ugyan egy gép, ami általában üres volt, de azért, mert a pénz bedobása után senki nem tudta beindítani. Mint később rájöttünk, a programválasztó gombot a program kiválasztása után *kifelé* kellett húzni. Ez a felfedezés hihetetlen előnyökhöz juttatott minket: egyrészt mindig volt üres gép, amit használni tudtunk, ráadásul ingyen: a mások által bedobált és elhasználni nem tudott pénzürméssel.

Egyik kollégám mesélte egy sörözés alkalmával: „Mosás... a múltkor nagyon furcsa eset történt velem. Csodával határos módon minden szükséges összejött: volt aprópénzem, volt mosószerem és üres mosógép is. Féltem is hogy itt valami nem stimmel, de beindítottam a mosást. Később jutott eszembe: a ruhák...!!!!”

A tusfürdő

Mivel eleinte általában rövid időkre jöttünk ki, az ittlét végén megmaradt tusfürdőt, mosószert stb., illetve egyéb dolgainkat (lábosokat és egyebeket) az irodánkban levő szekrényben tároltuk. Nagyjából közös tulajdonként tekintettünk rájuk, aki kijött, magához vette ami kell, kintléte végén pedig visszatette ami megmaradt.

Egyik alkalommal *Varga Dezső*, aki pár héttel utánam érkezett, így érdeklődött:

- *Nem láttad véletlenül a mosószereket?*
- *Nem.*

– *Furcsa, pedig biztos vagyok benne hogy legutóbb itt hagytam. Egy tusfürdős dobozba töltöttem.*

– *Ja, akkor megvan, egy hónapja azzal mosok bajat.*

Az első lépések

Kapcsolatom a CERN-nel az Eötvös Egyetem folyosóján kezdődött, ahol egy szerény A4-es papír hirdette 1992–93 telén, hogy az Európai Részecskefizikai Kutatóintézet (CERN) nyári diákokat keres. *Csilling Ákos*-sal, akkori barátommal és mai férjemmel, rögtön kaptunk az alkalmon és jelentkeztünk.

A két hónap gyorsan elrepült a CERN-ben, ahol nem csak a részecskefizikába kaptunk betekintést, de megismerkedtünk a CERN-es magyarokkal is. Ákos a CMS-kísérlet müon-triggerének szimulációján dolgozott egy lengyel fizikus irányításával, aki – talán nem véletlenül – *Bencze Györggyel* osztotta meg irodáját. Hamarosan megismertük *Vesztergombi Györgyöt* (Gyurit) is, aki felajánlotta, hogy csatlakozzunk a magyar CMS-csoporthoz. A CERN könyvtárához vezető folyosón futottunk össze először *Horváth Dezső*vel, akkor még nem sejtve, hogy hamarosan újra találkozunk az OPAL-együttműködésben.

Hazatérve még haboztunk, elfogadjuk-e *Vesztergombi Gyuri* ajánlatát, és írjuk-e a diplomamunkánkat CMS-fizikából, vagy inkább forduljunk az elméleti kutatások felé. A döntésben azután akadt egy kis segítségünk. *Horváth Zalán* professzor úr, amikor érdeklődtünk dolgozhatnánk-e vele, elég nyomatékosan tanácsolta: „Amennyiben tetszett maguknak a kísérleti fizika a CERN-ben és éreznek hozzá affinitást, menjenek *Vesztergombi* tanár úrhoz diplomázni – szükség van fiatal kísérleti fizikusokra!” Így néhány hónap múlva ismét a CERN-ben találtuk magunkat (az utazás viszontagságait *Veres Gábor* írása hitelesen tolmácsolja).

Mint oly sok mindenhez az életben, a jó témaválasztáshoz is kell szerencse: jó helyen lenni a megfelelő időpontban. Éppen akkoriban merült fel Magyarország csatlakozása az OPAL-kísérlethez (amit diákként én természetesen nem tudtam). *Vesztergombi Gyuri* a CERN kávézójában bemutatott minket *Igó-Kemenes Péter*nek, a Heidelbergi Egyetem magyar származású kutatójának. Péter lelkesen ecsetelte a Higgs-bozon keresés kilátásait, és felajánlotta egyikünk csatlakozzon hozzájuk. Egy percig sem haboztam. A döntés megszületett: én Higgs-részecskék után fogok nyomozni a LEP (Nagy elektron-poziton ütköztető) OPAL-detektorával, Ákos pedig a jövő előkészítésén fog munkálkodni a CMS-együttműködésben. Mivel akkor még nem létezett magyar OPAL-csoport, diploma témavezetőm Péter lett, és *Zimányi József* professzor segített anyagi támogatást találni CERN-es utazásaimra az OTKA forrásaiból.

Mire a befejeztem diplomamunkám, amelyben töltött Higgs-bozonokat kerestem a LEP 91 GeV tömegközépponti energián gyűjtött adataiban, Magyarország hivatalosan is csatlakozott a kísérlethez. *Horváth Dezső* (leendő PhD témavezetőm) lelkesen vezetett be a függvényillesztés rejtelmeibe. Akadémiánk elnö-

ke, *Pálinkás József* professzor úr, aki éppen műszakjait végezte a kísérletben, tanácsaival segített dolgozatom angolságának csiszolásában.

Egy kis kitérő – a Higgs-bozon

Bár az elmúlt hónapokban a sajtó sokat cikkezett a részecskefizika gráljának is nevezett részecskéről, amelynek (vagy egy hasonmásának) nyomaira bukkantunk az LHC (Nagy hadronütköztető) ATLAS- és CMS-detektoraival, talán hasznos egy pár szót szólni róla, úgy is mint történetem egyik főszereplőjéről.

A Higgs-bozon [1] – a legkeresettebb elemi részecske – 1964-ben született. Nevét *Peter Higgs*ről, az Edinburgh-i Egyetem professzoráról kapta. Születésének körülményeiről még vitáznak, de annyit biztosan tudhatunk, hogy többen is segédkeztek (*P. Higgs, F. Englert, R. Brout, G. Guralnik, C. R. Hagen, T. Kibble*). Természetét tekintve bozonunk elektromosan semleges és nulla spinű. Rövid életét más részecskékre bomolva végzi. Jelenlétére csupán ezen részecskék nyomának rekonstrukciójával következtethetünk.

Fő érdeme, amely az események (akarom mondani a részecskefizikai kutatások) középpontjába juttatta, hogy felfedezése bizonyítaná a Higgs-tér létezését, amely a Standard Modell [2] szerint központi szerepet játszik az elektromos szimmetria spontán sértésében [3]. Az elmélet szerint a Higgs-tér, amelynek saját vákuumbeli várható értéke nem nulla, jelen van mindenhol, még az üres térben is. Az elemi részecskék a vele való kölcsönhatástól kapják tömegüket. A Higgs-részecske, a Higgs-tér egy gerjesztése. Skalár (azaz nulla-spinű) volta miatt, fontos szerepet játszik abban, hogy a Standard Modellben bizonyos szórási folyamatok hatás keresztmetszete (például két W-bozon kölcsönhatása) ne sértse az unitaritást.

A Standard Modell egyes kiterjesztései, például szuperszimmetrikus modellek, nem csupán egyetlen Higgs-részecskét jósolnak. Ezen modellekben legalább öt Higgs-bozon léte szükséges (3 elektromosan semleges és két ellentétes töltésű). A legkönnyebb semleges bozon viselkedésében általában a Standard Modell Higgs-bozonjára hasonlít. Egy töltött skalár részecske felfedezése azonban, a Standard Modellen túli fizika létére utalna.

Kalandok a LEP2-n

Higgs-bozont keresni mindig is kihívásokkal teli és izgalmas volt. Ahogy 1995-ben a LEP-gyorsító energiáját fokozatosan emelni kezdték, a várakozás a tetőfokára hágott, én pedig izgatottan vettem bele magam a munkába. *Igó-Kemenes Péter* igen élvezetesen számol be kalandjainkról: az ALEPH-kísérlet által látni vélt, négy

hadronzáport tartalmazó események lázas, majd hosszan elnyúló kutatásáról; az OPAL-detektor adataiban felbukkanó fluktuációk okozta álmatlan éjszakákról; majd a LEP végnapjaiban megjelenő Higgs-szerű események (színes 1. ábra a hátsó belső borítón) nyomán születő reményekről és belpolitikai vitákról a CERN-ben.

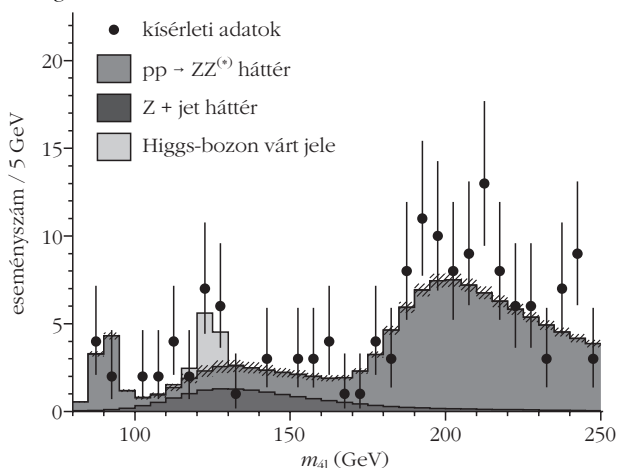
2000 novemberében a LEP-ütköztető sajnos befejezte Higgs-mentes, ám a gyenge Z- és W-bozonok pontos mérésében igen sikeres pályafutását. Az adatok elemzése még sokáig tartott (bármilyen hihetlen még 2012-ben is jelent meg OPAL-publikáció), de a fizikusok figyelme immár az új gyorsító, az LHC építése felé fordult. Mint oly sokan mások, én is megosztottam időm az OPAL-eredmények végső publikációja és a CMS-detektor tervezése és építése között.

Ismét a nyomon

Kalandos utam a CERN-ben (színes 2. ábra a hátsó belső borítón) 2008-ban az ATLAS-együttműködéshez vezetett. 2011 nyarán váratlanul, de nem kis nosztalgiaiával tértem vissza diákkori kedvencem, a Higgs felkutatásához [4]. Az előző néhány évben – egyebek között – az ATLAS-detektor elektron-rekonstrukciójának fejlesztésén dolgoztam. A 2010-es adatok felhasználásával éppen akkoriban fejeztük be az elektron-rekonstrukció teljesítményét dokumentáló cikk írását, amelynek én voltam a szerkesztője.

A kísérleten belül mindenki a Higgs-keresésben észlelt többletről beszélt, és a CERN folyosóin izgatottan folyt a találgatás, mit lát a rivális kísérlet, a CMS. A gond csak annyi volt, hogy a legjelentősebb többletet éppen a kísérleti szempontból nagy kihívást jelentő $H \rightarrow WW \rightarrow$

5. ábra. Az új bozon megmutatkozik. Az ábra a $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow ee$ csatornában kiválasztott eseményekben a négy lepton (elektron vagy müon) invariáns tömegét jeleníti meg. A fekete pontok a kísérleti adatot mutatják, míg a szürke hisztogramok a más folyamatokból várt háttér. A $pp \rightarrow ZZ^{(*)}$ folyamat adja a háttér nagy részét nagy tömegek esetén ($m_{4l} > 160$ GeV). Az $m_{4l} = 100-160$ GeV-es tartományban a háttér jelentős része Z+jet eseményekből származik. Az $m_{4l} = 125$ GeV tömegnél észlelt eseménytöbblet tulajdonságai megfelelnek a Standard Modell Higgs-bozon keletkezéséből várt jelének. Az itt látható eredmény, együtt a $H \rightarrow \gamma\gamma$ és $H \rightarrow WW$ csatornák eredményeivel, hozzájárult az LHC nagy felfedezéséhez, egy új semleges és nehéz bozon észleléséhez.



lv lv csatornában láttuk (színes 3. ábra a hátsó belső borítón). A fő nehézséget a neutrínók által elvitt energia és az alacsony impulzusú leptonok mérése, valamint a jelentős háttér okozza. Mivel szorított az idő (a nagy nyári konferenciák kezdetéig már alig egy hónap volt), az ATLAS vezetése úgy döntött, hogy egy szakértőkből álló csoport kezébe adja az analízis teljes átvilágítását. Az elektron-csoportból engem szemeltek ki, azonnal figyelmeztetve, hogy amennyiben vállalom a feladatot, az elkövetkező néhány hétben mindent emunkának kell alárendelni. Nem tudtam ellenállni a lehetőségnek. (Családi nyaralás elhalasztva, sürgős telefonhívás a nagyszülőknél, akik hamarosan meg is érkeztek a három apróság nagy öröme...)

A körülmények rengeteget változtak a LEP óta. Míg a LEP idejében általában egy pár fős csoport dolgozott egy-egy Higgs-analízisen, az LHC kísérleteiben még a nem divatos méréseken is 10-20 fős csoportokban dolgozunk. A Higgs-analízisekben pedig csatornánként akár több mint 100 fizikus is részt vehet. Természetesen nemcsak a kollaborációk mérete, de a feladatok bonyolultsága is nőtt, ahogy a LEP tiszta elektron-positron ütközéseinek vizsgálatáról áttértünk az LHC nehezen áttekinthető proton-proton eseményeire [5]. Érdemes összehasonlítani a LEP egyik legzsúfoltabb négyhadron-záport tartalmazó eseményét (1. ábra), az LHC-n észlelt legtisztább két- és négy-leptonos végállapotokkal (3. és színes 4. ábra a hátsó belső borítón).

Néhány hetes megfeszített munka után – beleértve minden reggel 8:00-kor egy bemelegítő megbeszélést, amelyen a Higgs-munkacsoport képviselőin és a szakértőkön kívül a kísérlet vezetője és fizika-koordinátorai is részt vettek, jól érzékeltetve a helyzet kiélezett voltát – készen álltunk az eredmények nyilvánosságra hozatalára. Az új részecske első nyomai a kezünkben voltak. Ekkor persze még remélni is alig mertük, hogy oly sok évnyi munka után végre a részecskefizika egyik legnagyobb felfedezése előtt állunk (és nem csupán ismét egy statisztikus fluktuáció bukkant fel a kísérleti adatokban).

Megízelve újra a Higgs-keresés izgalmát, hamarosan két genfi diákkal együtt csatlakoztam a $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow ll ll$ folyamat (4. ábra) kereséséhez. Izgalmakban aztán már nem volt hiány, hiszen nemcsak a kísérletek között, de magukon a kísérleteken belül is nagy a verseny.

Egyik fő feladatunk a háttér mérése volt. A legnehezebben megbecsülhető háttér olyan folyamatokból származik, ahol a proton-proton ütközésben egy Z-bozon mellett hadronzáporok is keletkeznek (Z+jet háttér). Ezekben a hadronzáporokban születhetnek elektronok is (például nehéz kvarkok bomlásaiából vagy fotonok elektron-positron párra való átalakulásából), de néha a hadronok is hagyhatnak olyan nyomot, amely kísértetiesen emlékeztet egy elektronéra. A várt háttér mennyisége, eloszlása és mérésének hibája a keresés egyik kulcskérdése. Különösen így volt ez, amikor egyre több eseményt találtunk 120-130 GeV környékén, éppen abban a négy-lepton tömegtartományban, ahol a várt háttér eloszlásának is maximuma van (5. ábra).



6. ábra. A hosszú sor. Várakozás a történelmi Higgs-szemináriumra a CERN folyosóin 2012. július 4-én (fotó: Stephen Sekula, SMU, Texas).

A rengeteg munka, az életteli viták végül meghozták gyümölcsüket. Az ATLAS- és CMS-detektorokkal sok-sok fizikus, mérnök és ki tudja mennyi különböző foglalkozást űző szakember munkáját dicsérve, egymástól függetlenül felfedeztünk egy új részecskét, egy bozont (azaz egész spinű részecskét), amely tulajdonságaiban nagyon hasonlít az oly sokáig keresett Higgs-bozonra. Csak több adat és további gondos analízis döntheti el, vajon tényleg rá vagy egy hasonmására akadtunk.

De álljunk meg egy percre, és térjünk vissza ahhoz a meleg nyári naphoz, amikor a két kísérlet a világ elé tárta a keresés eredményét!

Happy Higgs Day! Boldog Higgs-napot!

Július 4-én, a történelmi Higgs-szeminárium napján, kora hajnalban csörgött az óra. Az olasz diáklányom SMS-e sem késlekedett: „Most hallottam, hogy már 300-an állnak a sorban! Indulok...”

A CERN nagy előadóteremhez vezető folyosón ideoda kígyózó, de igen rendezett sorban ültek, álltak, beszélgettek a várakozók, többnyire fizikusok és diákok (6. ábra). Hirtelen megszólalt egy sziréna. A biztonságiak is azonnal megjelentek és megpróbálták

7. ábra. Az új bozon felfedezését ünnepli az ATLAS-együttműködés (Fénykép © 2012 CERN).



udvariasan kiüríteni az épületet. Senki sem mozdult... Egy perc múlva tűzoltók jöttek, gázmaszkban. Fényképezőgépek villogtak, de a sor rendületlenül állt. Egy idő után egy biztonsági is elővette a fényképezőgépét és többünk multságára immár ő fényképezett minket. A hangulat, különösen a korai órára való tekintettel, kissé szürreális volt. A fülrepszto sziréna végül elhallgatott. A gázmaszkos tűzoltók elmentek. Mi pedig találgattuk: „Talán egy későn érkező próbált (hiábavalóan) kedvezőbb pozícióba kerülni?”

Valami volt a levegőben. Mindannyian éreztük. Egy prominens fizikust kísérő tv-stáb megjelenésekor hangos ovációban tört ki a tömeg... a hangulat egy rockkoncert előtti várakozást idézte.

Persze mi már nem jutottunk be a terembe. Fél órával később érkeztünk, mint az utolsó szerencsés. Az előadásokat az ATLAS-on dolgozó kollégák körében, a CERN egy előadótermében, élő közvetítésben néztük. Megható volt. Azt hiszem nem voltam egyedül, amikor diszkréten egy könnyecseppet törlöttem le a nagy bejelentés után. A tudomány ünnepnapja volt ez. Ahogy az egyik résztvevő mondta: „Boldog vagyok, hogy részt vehettem egy tudományos rendezvényen, amelynek hangulata egy futballmeccsével vetekedik.”

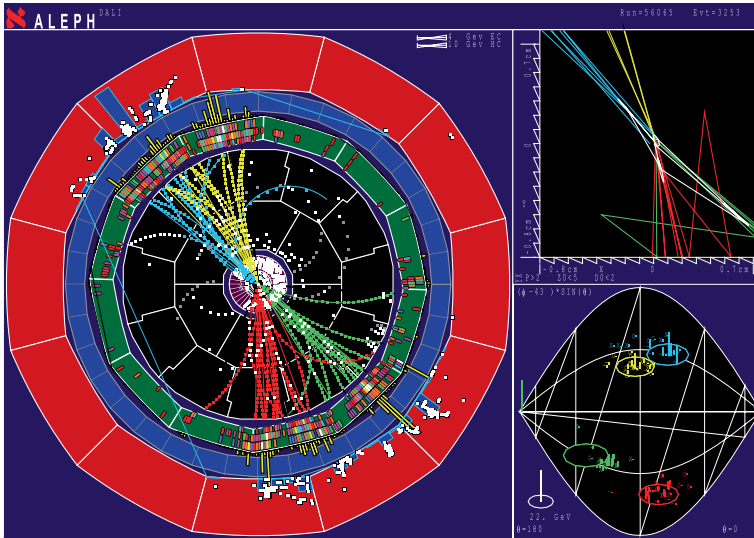
Öröm volt üzeneteket, telefonhívásokat kapni nemfizikus barátoktól, ismerősöktől, akik a rádióban, tv-ben hallottak a felfedezésről, látni a hírt a *Google News*-ban, a BBC-n, a *New York Times* címlapján... Rövid időre, a világ számos táján főszereplő lett a tudomány.

Hogyan tovább?

Az ünnep (7. ábra) véget ért, de a munka orszlánrésze még csak most következik. Mint említettem, ma még csak annyit tudunk mondani teljes bizonyossággal, hogy egy új részecskét, egy bozont fedeztünk fel. Vajon a Standard Modell Higgs-bozonját? Remélem, nem. Remélem, egy hasonmásához van szerencsénk. Ha így lenne, akkor megnyílna az út az „új fizika” felé, amely remélhetőleg közelebb visz minket nyitott kérdéseink megválaszolásához. Mi az Univerzumunkat betöltő sötét anyag? Egyesíthetők-e a természetben megfigyelt kölcsönhatások? Megannyi kérdés, amelyekre válaszokat keresünk a CERN-ben.

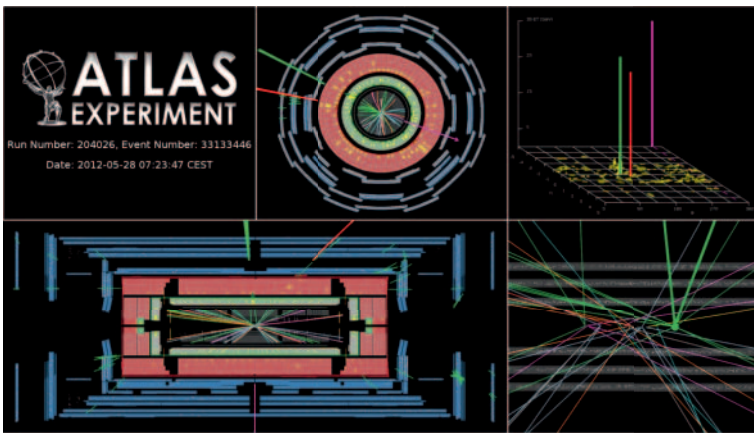
Irodalom

1. Leon Lederman, Dick Teresi: *Az isteni a-tom: Mi a kérdés, ha a válasz a Világegyetem?* TypoTeX Kiadó, Budapest, 2000, ISBN 9637546545
2. Horváth Dezső: A részecskefizika anyagelmélete: a Standard Modell. *Fizikai Szemle* 58/7 (2008) 246, <http://www.kfki.hu/fszemle/77archivum/fsz0807/horvath0807.html>.
3. Trócsányi Zoltán: Az eltűnt szimmetria nyomában – a 2008.évi fizikai Nobel-díj. *Fizikai Szemle* 58/12 (2008) 417, <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0812/trocsanyi0812.html>.
4. Trócsányi Zoltán: A Standard Modell Higgs-bozonja nyomában az LHC-nál. *Fizikai Szemle* 57/8 (2007) 253, <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0708/trocsanyi0708.html>.
5. Trócsányi Zoltán: A kvantum-szindinamika szerepe nagyenergiájú részecskeütközések értelmezésében. *Fizikai Szemle* 57/3 (2007) 73, <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0703/trocsanyi0703.html>.

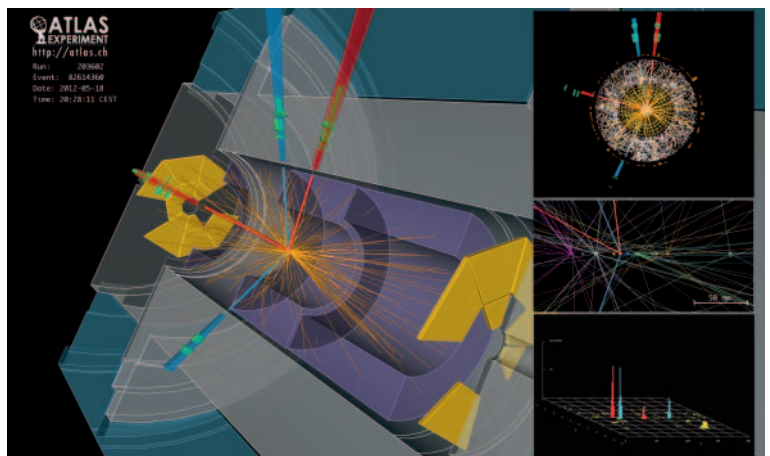


1. ábra. Egyike a nagy izgalmat okozó, 2000-ben észlelt Higgs-jelölt eseményeknek az $e^+e^- \rightarrow HZ \rightarrow bb\bar{b}b$ csatornában az ALEPH-kísérletben a LEP-ütköztetőn.

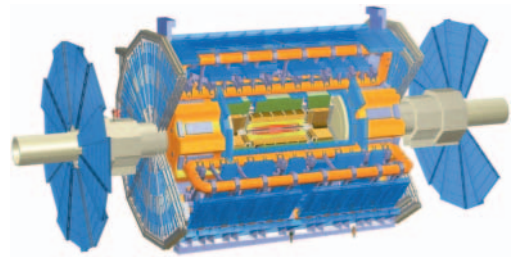
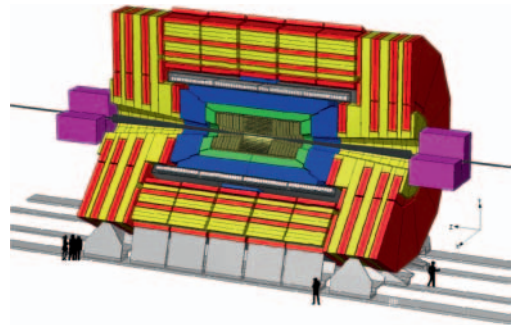
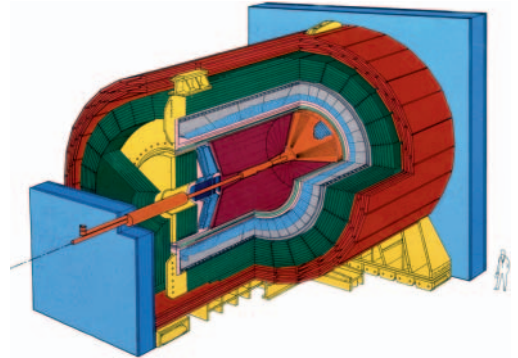
3. ábra. Egy Higgs-jelölt esemény az ATLAS-kísérlet 2012-ben gyűjtött adataiban a $H \rightarrow WW \rightarrow e\nu\mu\nu$ csatornában, különböző nézetekből. Jól látható a közös pontból induló elektron és müon nyoma, amelyekkel áttelentes irányban nyíl mutatja a hiányzó impulzus irányát. Az ütközésekben több proton-proton kölcsönhatás is történik az LHC nagy pillanatnyi luminozitása miatt. Az ezekben születő részecskék formálják az ábra jobb alsó részén kinagyított kölcsönhatási pontokat. Az elemi kölcsönhatások nagy száma jelenti az egyik fő nehézséget az adatok elemzésében.

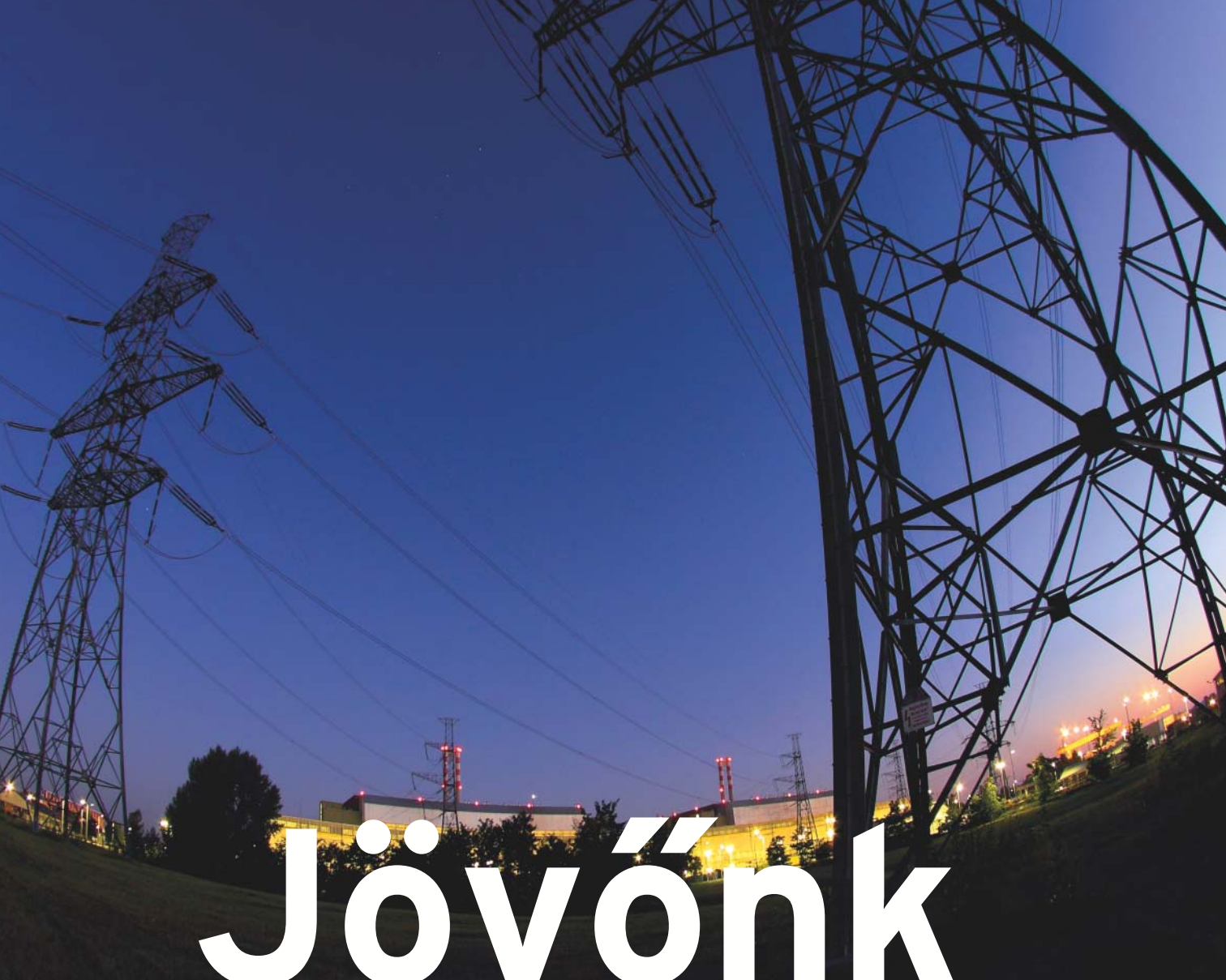


4. ábra. Egy Higgs-jelölt esemény az ATLAS-kísérlet 2012-ben gyűjtött adataiban a $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow ee\bar{e}e$ csatornában, különböző nézetekből. A jobb alsó sarok ábrája az elektronok – elektromágneses kaloriméterben mért – transzverzális energiáját mutatja. Megfigyelhető, hogy az erősen virtuális Z-bozonból egy alacsony energiájú elektron született. Ezen elektronok rekonstrukciója és felismerése, valamint a határfok pontos mérése komoly kísérleti kihívás.



2. ábra. Nagytól az óriásig: a három CERN-kísérlet, OPAL, CMS és ATLAS, amelyekben részt vettem. A CERN nagy gyorsítói (a LEP és az LHC) mellett épült általános célú detektorok mérik az ütközésekben születő részecskék útját és energiáját. A keletkező részecskék nagy energiája egyre nagyobb mérőrendszerek építését igényli. Az ábrákra rajzolt emberek méretarányosak.





Jövönk energiája



paksi atomerőmű