

MAΦGYELŐ

2013 MÁRCIUS

XXIII. ÉVFOLYAM

III. SZÁM

A MAGYAR FIZIKUSHALLGATÓK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA



Az egyetem utolsó évében, '89 decemberében váltottam munkahelyet és jöttem a Műegyetemre. Itt a Fizika Intézetben rögtön a demonstrációs laborba kerültem, és itt kezdődött ez az egész történet...

Härtlein Károlyt kérdeztük (4. oldal)



Téli Iskola 2013

A huszadik század egyik legnagyobb vívmánya, mely mára a nagyobb kutatóintézetek és nemzetközi együttműködések egyik fő témája, a részecskefizika. Miriádnyi részecskét ismerünk már, hallottuk a nevüket, gyakran a médiából is visszaköszön egy-egy kvark vagy mezon. De mégis, hogyan találtuk meg őket? Mik ezek egyáltalán? Miért van az erőnek is közvetítő részecskéje, és amúgy is, mire jó ez az egész? Ezekre, és sok más kérdésre keresett választ az idei Mafihe Részecskefizika Téli Iskola.

Röviddel a vizsgaidőszak után, február 6-8. között az ELTE tárt kapukkal várta a téma iránt érdeklődő hallgatókat. A jól strukturált, összeszedett előadássorozat elméleti alapozással indult, melyekre építhettek a későbbiek, végül kísérleti témájú előadások zárták a Téli Iskolát. Már az első nap váratlanul nagy létszámban voltunk jelen, az Ortvay-termet jórészt kitöltő hallgatóság lelkesen várakozott. Voltak itt hozzáértők is, de

A sorozatot Varga Dezső folytatta, nagyban építve az előző gondolatmenetre. Többek között a fentiek alkalmazását és bővítését tűzte ki célul, megismerkedhettünk a Standard Modellel, a kölcsönhatásokkal és a részecskefizika jóslási módszereivel, többnyire az LHC példáján keresztül. Az első nap zárásaként Takács Gábor mesélt a kvantummechanika



jelentős számban képviseltették magukat alsóbb évfolyamok is, sok-sok gólyát számlálhatott az erre felé ismerős szem.

Először Dávid Gyula alapozta meg a résztvevők tudását, többnyire a matematikai szemszögből indulva. Az érdekes előadáson megismerkedhettünk a csoportelmélet felhasználásával, a szimmetriákkal és a klasszikus tér-elméletek alapjaival. Itt még az elsőéves fizikushallgatók is labdába rúghattak, bár műegyetemistaként egy meglehetősen gondolkodtató és odafigyelést igénylő 3 órától volt szó, mivel mi nem tanultunk csoportelméletet. Az előadás azonban annyira magával ragadó volt, hogy meghozta a kedvet az ilyen irányú tanulmányokhoz is, és rávilágított arra, milyen szépen összeforrt ezen a területen a fizika és a matematika.

és a részecskefizika frigyről, a kvantumtérelméletekről. Eközben jól fel kellett kötnie a gatyáját mindenkinek, ugyanis még kvantumos ismeretek mellett sem volt egyszerű az anyag. Szerencsére az előadását egy 12 oldalas jegyzettel is megtámogatta, így ez is könnyen megüledhetett az érdeklődők fejében.

A csütörtököt Bajnok Zoltán indította mértékelmélettel, melyen egy kis geometriával megfűszerezve vezette be a hallgatóságot a differenciálgeometriába. A sort Jakovác Antal folytatta, aki a kvantumtérelméletről beszélt. Az előző napi kvantummechanikai alapok megerősítése után megismertett minket a Feynman-gráfokkal,

lehetővé téve a részecskék bonyolult kölcsönhatásainak egyszerű jelölését és leírását. Sajnos az előadás végén a renormálás és annak kísérleti eredményekkel való összevetésére nem sok idő jutott.

A további előadások inkább tematikusak voltak, sorra vették az ismert kölcsönhatásokat, kezdve a legerősebbel. A délutánt Katz Sándor nyitotta meg kvantumszándinamikai előadásával, melyből sok mindent megtudhattunk a hadronokról, azok felépítéséről és kölcsönhatásairól. Mivel ez egy kicsit más irányból indult és csak később torkollott bele a többi sodrába, így nagyon jól érthető volt a részecskefizikában kevésbé jártasak számára is. A második napot Csörgő Tamás zárta, még mindig az erős kölcsönhatás vonzásában. A viszonylag újonnan megismert kvarkanyagokról és a kvark-gluon plazmáról adott elő nekünk, eléggé elmélyülve a részecskefizika rejtelmeiben, majd nagyszerű meglepetésként ért a könnyed zárás, melyben az előadó bemutatta lányával és vejével kifejlesztett részecskés kártyajátékot, mely több kutatóintézetten és egyetemen is hihetetlen pályafutással büszkélkedhet. A játék a fizika népszerűsítéséért díjakat kapott, szerencsére itthon is kapható.

A pénteki, záró napon az előadások már a gyenge kölcsönhatás körül kutakodtak, megismertette a közönséget a legfontosabb modellekkel, mint pl. a Glashow-Salam-Weinberg modellel. Palla László reggel szépen összefoglalta a Nobel-díjjal kikövezett utat, mely az év legnagyobb szenzációjához, a Higgs-bozonhoz vezetett. Az első igazi kísérleti előadással Siklér Ferenc örvendeztetett meg minket, aki a részecskefizikai kutatás fellegvárába, a CERN-be kalauzolt el minket. Részletesen bemutatta az LHC projektjeit és azt, hogyan is függ össze a már két napja folyamatosan hallott, bonyolult elmélet a kísérleti vizsgálatokkal.

A Téli Iskolát két kitekintő előadás zárta, bizonyítva, hogy van még mit kutatni a témában. Cynolter Gábor vázolta fel a Standard Modell hibáit és azt, miként orvosolhatóak ezek, mi az, ami miatt változtatni kell a leírásukon. Előadása a nagy egyesített elméletekre való törekvésekről szólt,



és arról, hogy mégis, miért is keressük a Higgs-részecskét. Péntek délutánra a fáradt hallgatóságot nem is lehetett volna mással felcsigázni, mintsem a szuperszimmetriával és a Higgs-bozonnal, a részecskefizika új dívájával. Horváth Dezső mesélte el nekünk az új részecske történetét, és mutatta meg, miért szükséges a hírekben oly sokat látott köntörfalazás és ködösítés, miszerint csak „nagyon valószínű”, hogy ez az a részecske, amit kerestek. Ez valójában nem tökéletesen tisztázott kérdés, mivel a két nagy LHC kísérlet két elkülöníthető csúcsot is adott, melyekből akár több Higgs-bozon léte is következtethetünk majd, további mérések után.

Az idei TISK is hozta a szokásos minőséget, nagyszerű előadásokat hallhattunk nagyon jó előadóktól. A hallgatóság beszélgetései és a helyszín is megadták az alaphangulatot, ahogyan a szünetekben jól működő büfé is. Egyetlen dolog volt, amit hiányoltam a tavalyi, szegedi Téli Iskolához képest, ez pedig az előadásokon kívüli programok, mint a városnézés és a laborlátogatás vagy a buli. Sajnálom, hogy csak a tudományos része volt kiemelve a fizikuslétnek, de mégis azt kell, hogy mondjam, nagyszerű alkalom volt ez a téma a hallgatótársak megismerésére. Aki nem ért rá eljönni, de érdeklődik a téma iránt, az előadások anyaga és a kiadott jegyzetek megtekinthetőek a tisk.mafihe.hu oldalon.

almabali

Részecskefizika kvíz

- Hol hagy nyomot a τ részecske a CMS detektorban?
 - elektromágneses kaloriméter
 - hadron kaloriméter
 - műon kamrák
 - egyik sem
- Hány °C hőmérsékletre kell „melegíteni” az anyagot, hogy halmazállapota kvark-gluon plazma legyen?
 - $4 \cdot 10^{10}$
 - $2 \cdot 10^{12}$
 - $3 \cdot 10^{14}$
 - 10^{16}
- Hány kilogramm rezet lehetne megolvasztani az LHC két teljes nyalábjának energiájával?
 - 10^{-5}
 - 1
 - 10
 - 1000
- Milyen szimmetriacsoporttal írható le az elektromágneses kölcsönhatás?
 - U(1)
 - SU(2)
 - $U(1) \times SU(2)$
 - $SU(2) \times SU(3)$

A megoldásokat április 20-ig a mafigyelo@mafihe.hu címre várjuk. A helyes megfejtők között Részecskés kártyát sorsolunk ki, melyet Csörgő Tamás ajánlott fel.

Härtlein Károlyt kérdeztük

Nemrég a BME Fizikai Intézetének oktatójával beszélgettünk. Többek között elmesélte nekünk, hogy került szorosabb kapcsolatba a fizikával, mit gondol az oktatás változásairól, és hogy milyen egy Szkeptikus Konferencia

Mikor került először komolyabb kapcsolatba a fizikával, és miért döntött úgy hogy fizikát fog tanítani?

Az általános iskola elvégzése után apám úgy döntött, hogy abban a gépipari technikumban fogom folytatni a tanulmányaim, ahol ő is tanított. Ebben az iskolában szokás volt, hogy a tanárok ide írárták be a gyerekeiket, és a kollégák első dolga az volt, hogy minél többet próbáljanak meg kihozni belőlük. Azt azért büszkén elmondhatom, hogy azt a szellemiséget, amit az iskola képviselt, most mi adjuk tovább. Ez az iskola, a József Attila Gépipari Technikum, a IX. kerület szívében, a Vendel utcában volt. 1977-ben szűnt meg jogutód nélkül, ebben az évben érettségiztem. A „vendeles tanárok”, és 1977 óta mind a mai napig Vendel napján összejönnek. Ez nem kis dolog! Még mindig harmincnál több régi dolgozó gyűlik össze minden évben. Nem hiszem, hogy sok ilyen összetartó közösség van! Tehát nem véletlen, hogy a pedagógia iránt ilyen fogékony voltam. A gépipari után, felvételt nyertem a Műegyetem „autós” karára, de apám legnagyobb bánatára ezt visszautasítottam és elmentem a Bánki Donát Gépipari és Műszaki Főiskolára, ahol gyártástechnológus diplomát szereztem. Mindezt csak azért, mert akkoriban kenúztam és szerettem volna az olimpiára kijutni, de ebből sajnos semmi sem lett. Azért vállaltam ezt, mert erre az egyetemre előfelvételi volt, és ezután 11 hónapig lettem volna katoná, ami 11 hónap kihagyást jelentett volna, de a főiskolán folyamatosan tudtam edzeni és csak utána vonultam be. 1977-ben az év Ifjúsági Kenusa díjat nyertem el, melyet a Magyar Bajnokságon a legjobb eredményt elérőknek adnak, ezért úgy képzeltem, hogy elérhetem az olimpiát. Ez idő alatt szereztem diplomát, majd behívtak katonának. Ezután a kenúzásnak köszönhetően egy sportállásba kerültem a Budapesti Sport Egyesületnél, eközben elvégeztem a Bánkin a mérnök-tanárít és szaküzem mérnöki diplomát is szereztem. A

kenúzás befejezése után, jelentkeztem az ELTE-re fizika tanár szakra. A felvételi nagyon nagy élmény volt számomra, mert Károlyházy Frigyes, Brájer László és Sas Elemér tanár urak voltak, akik elbeszélgettek velem. Kérdezték, hogy miért akarok fizika tanár lenni, és mondtam, hogy nagyon sok szabad szellemi energiám van, ez nagyon tetszett Károlyházy tanár úrnak. Felvettek, és 1990-ben vehettem át a fizikaszakos tanár diplomámat. Már a kenus éveim végén kezdődött a tanári pályafutásom, óraadó tanárként tanítottam egy évig az Oleg Kosevoj Szakmunkásképző Iskolában. 1989 decemberéig az Ihász Dániel Közlekedésgépészeti Szakközépiskolában, ahol gépész-mérnökként autószerelést és gépészeti tárgyakat tanítottam, a fizika szak elkezdése után ugyanitt elkezdtem fizikát is oktatani. Az egyetem utolsó évében, '89 decemberében váltottam munkahelyet és jöttem a Műegyetemre. Itt a Fizika Intézetben rögtön a demonstrációs laborba kerültem, és itt kezdődött ez az egész történet...

Középiskolában két, nagyon jó fizikatanárnőm volt, Nagy Sándorné, Edit néni és Szabó Lászlóné, Ida néni. Nemcsak én szerettem a fizikát, hanem diáktársaim is, ami ma meglepő dolognak számítana egy gépészsuliban, akkoriban ez természetes volt. Rengeteg kísérlet volt, és sose feledkeztek meg arról, hogy kiket tanítanak. Nagyon fontosnak tartom, hogy egy szakközépiskolában úgy kell tanítani, hogy a fizika egyfajta alázattal szolgálja ki a szakmát. Mind a mai napig azt gondolom, hogy azokon a helyeken ahol nem fizikusokat képeznek, a fizika oktatásnak azokat a kérdéseket kell elsősorban megválaszolni, ami az adott szakmához fontos. Egyszer helyettesítettem egy iskolában másfél hónapig, ahol nővéreket képeztek, megpróbáltam olyan dolgokról, műszerekről beszélni nekik, amikkel majd a munkájuk során találkozhatnak, azt hogy hogyan működik például



az EKG. Döbbenetes volt, ahogyan elkezdtek figyelni.

Azt gondolom, ha fizika tanítás abba az irányba fejlődne, hogy azokra a kérdésekre adna választ, ami a gyerekeket érdekli, amivel meg lehetne fogni őket, akkor nem kerülne az utált tantárgyak közé. Nagyon nagy gond, hogy ilyen kevés idő van ennek a tárgynak az elmélyítésére. Kiszámoltam, hogy a fiam kevesebb mint a fele fizika órát fog hallgatni mire eljut az érettség, mint én hallgattam anno. Én '77-ben végeztem. Mindenki érzi azt, hogy így nem szabadna tanítani a fizikát, ilyen kevés óraszám, lepusztult szertárak és sokszor motiválatlan, túlhajtott kollégák adják a keretet. Szerintem ennyi idő alatt nem lehet megtanulni a fizikát. Megpróbáljuk átadni a tudást, de ezek a feltételek alkalmatlanok arra, hogy akár a diáknak, akár a tanárnak sikerélménye legyen a fizikaórán. Amikor én fizikát tanítottam, a heti óraszámom nem volt több tizennyolcnál, így volt időm elmélyedni a kísérletezésben, készülni az órára a szertárban. Ha ma elbeszélgetek kollégákkal, a heti kötelező 24 óra mellett, el lehet képzelni mennyi idejük marad erre. A diák ebből annyit lát, hogy a tanár bemutat egy kísérletet, ami vagy sikerül vagy nem, ha sikerül akkor a tanár és a fizika népszerű lesz, ha nem... Ahhoz hogy biztosan sikerüljön egy kísérlet, ahhoz készség szinten kell kezelni az eszközöket. Beszélhetnénk arról is, hogy egy átlagos fizika szertár mennyire korszerű és hadra fogható! Ha az eszközök „túlkorosak”, akkor egyre több időt kell rájuk fordítani. Én az itteni eszközeimet jól ismerem, ennek

ellenére még most is sokat szoktam a bemutatóimra készülni. Szeretek minden eszközt a bemutatás előtt kipróbálni, ami rengeteg idő, aki ezt az időt meg akarja spórolni, annak szembe kell néznie a gyakori sikertelenséggel. Aki szeretne jól bemutatni egy órányi kísérletet, annak biztosan nem egy órát kell foglalkoznia azzal, hogy összeállítsa. A hallgatói kísérletek, mivel több példányban kell produkálni őket, és nem szakavatott kezekbe kerülnek, jóval több időt igényelnek. Vélhetően ezért nincs idő ezekre az egyébként elengedhetetlen élményt adó kísérletekre. A fizika töredékét tudják csak megtanítani, és úgy kerülnek ki a középiskolából a gyerekek, hogy például a hidrosztatika nem volt törzsanyag. A Műegyetemen a fizika oktatásban ennek a hiányosságának a pótlására nincs lehetőség. Előfordulhat, hogy egy frissen végzett mérnök, itt a BME-n, átveszi a diplomáját és lemegy a Duna partra. Felkap egy követ, bedobja a vízbe amely elmerül. Ha összegyűri a diplomáját, és azt is bedobja, az persze úszni fog, és ha megkérdeznénk hogy miért, nem valószínű, hogy meg tudja megmagyarázni a látottakat... Pedig egy diplomás mérnök. Ezt meg kellene változtatni! A minisztériumban ülőknek meg kellene értenie, hogy a természettudományok nélkül nincsen jóléti társadalom.

Említette, hogy sokat járt egyetemre, milyen volt az egyetemi élet, a közösség?

A főiskolás és egyetemi éveim nekem sportosak voltak, hiszen átszötte őket a kenuzás. Nyugodtan mondhatom, hogy csak épp annyit maradtam, amennyit muszáj volt. Persze így is van emlékezetes élményem a főiskoláról. Volt egy nagyon jó barátom, aki szeretett, és rendkívül jól is tudott zongorázni, afféle művészlelek volt. A főiskolának volt egy kollégiuma, ahova gyakran elmentünk és ott játszott nekünk a haverokkal. Egyik alkalommal beosontunk a Zeneakadémiára egy üres terembe, és ott zongorázott egy kicsit egy igazi, jól behangolt zongorán. Persze hamar lebuktunk, feltették a kérdést hogy „kik vagyunk és mit keresünk itt”, mi meg azt válaszoltuk, hogy hallgatók vagyunk csak nem egészen itt és „jöttünk kicsit zongorázni”.

Mindig is sokat tett a fizika népszerűsítéséért, mire a legbüszkébb ezek közül, melyiket tartja a legsikeresebbnek?

Nem tudom... Talán itt az egyetemen lévő rendezvényekre: a Mikulás napi fizikára és a gyereknapi fizikára, ahova egyre és egyre többen jönnek. Ezt egy zártkörű rendezvényként kezdtük, először tanszéki, aztán kari gyerekeknek, most már gyakran megtelik az F29, a nagyelődő. Sőt odáig is eljutottunk, hogy vannak, akik hetekkel előtte várják. Hasonlít a kutatók éjszakájára, de mégis más. Jönnek gyerekek, a szüleikkel, és közösen élvezik az erre az alkalomra „megszelídített”, szórakoztató fizikát. Én mindegyik rendezvényt szeretem, de talán ennek a legjobb a hangulata. Kísérleteket bemutatni a Fizikatanári Ankéton, az is hálás feladat, ugyanúgy a népszerűsítés része. Ha van egy olyan kísérletet, amit én többször is bemutattam, és ezt látom egy kollégától, vagy megtalálom YouTube-on, az jó érzéssel tölt el. Nagyon rossz lenne, ha csak egymagam lennék ilyen megszállott, de szerencsére még vagyunk jópáran. Nincs az országnak olyan része, ahol ne lenne lelkes fizika tanár. Jó velük együtt szerepelni. Például az egyik szabolcsi kisvárosban él Varga Pista barátom, meghívtam egy kis közös kísérletezésre a Kutatók Éjszakájára, fantasztikusan jó hangulatot teremtett, mikor itt a nagyelődőben egy kerti benzinmotoros permetezővel kezdett el kísérletezni. Ezt a kísérletet érdemes a neten megkeresni!

Milyen álmok, ötletek vannak még, amik megvalósításra várnak?

A kísérletek amiket látni kell van január végén, szeptemberben a Kutatók Éjszakája, ezenkívül a Szkeptikus Konferencia és a két gyerekeknek szóló rendezvényünk. Az elmúlt nyolc évben meghívtak a Múzeumok Éjszakájára is, az utóbbi időben el szoktunk menni egy strandra fizika órát tartani, ami szintén elég különleges, de ennyi rendezvény nekem épp elég. 2006-ban amikor az Eötvös Társulat főtítkárhelyettese voltam, kereste meg az ELMŰ-ÉMÁSZ a Társulatot, és a segítségükkel elindulhatott az Energia sulis program és egy évvel később a Fizibusz. Ezt nagy sikernek élem meg. Az, hogy a Fizibusz öt befejezett tanév után közeledik az 1000. fizika órához, az nem kis dolog. Először az Energia Suli indult el honlapként, az ELMŰ-ben pedig az egy éves együttműködés után látták, hogy jól a program fogadtatása,

ezért újabb tervekre kértek fel minket. És én előálltam egy régi álmommal! Rendezzünk be egy kisbuszt, mozgó fizika szertárnak, ami járja az országot, ahogy a szlogenünk is mondja: „Házhoz visszük a tudást.”. Amikor ígent mondtak, el kellett gondolkodnom azon, hogy a Fizibusz miatt el kellene hagynom az egyetemet, vagy találok valakit a feladatra. Van egy jó barátom, Tóth Pali, végül ő lett a „végrehajtó” a Fizibusz mindenese. Mint kiderült, ez egy tökéletesen rá szabott munka, ő vezet, szervezi a látogatásokat, karbantartja az eszközöket és nem utolsósorban, profi módon mutatja be a kísérleteket.

Az előbb szóba hozta a Budapesti Szkeptikus Konferenciát, aminek a szervezőbizottságában is benne van. Hogyan született meg ez a konferencia, mi a célja, üzenete?

Ezt az eseményt hárman találtuk ki, Füstös Lászlóval és Orosz Lászlóval rendszeresen eljártunk a székesfehérvári Szkeptikus Konferenciára, amit mindig ősszel egy szombat délután tartanak mind a mai napig. Feltűnt, hogy a kitűnő előadók és műsor ellenére egyetemi hallgatót szinte sohasem láttunk. Úgy éreztük, hogy azokat a témákat amiket ott felvetnek, a hallgatóinknak látni kéne. Így támadt az az ötletünk, hogy csináljuk ezt ott, ahol a célközönség, a hallgatók vannak, tehát Budapesten, a Műegyetemen, a Fizikai Intézetben. Először 2004-ben rendeztük meg. A legnagyobb bánatomra mostanra a hallgatók száma nagyon lecsökkent és egyre inkább az idősebb korosztály foglalja el a helyüket. Pár hete ért véget az idei konferencia, és nagyvonalakban azt tapasztalatot szűrtem le, hogy a hallgatók nem érdeklődnek a szkeptikus dolgok iránt. Az okát nem értem, hiszen személyesen is próbáljuk megkeresni, meghívni azokat, akiket tanítunk. Ha a konferenciánk a felépítését nézzük, a szünetig, mindig kőkemény „tanítás folyik”, szó sincs arról, hogy itt áltudományok elleni küzdelem folya, hagyományaink szerint olyan előadókat hívunk meg, akik a szakmájuk neves művelői. Idén is több akademikust sikerült előadónak megnyerni. A modellalkotás rejtelmeiről hallgathattak előadásokat az érdeklődők, s általában arról, hogy hogyan és mivel foglalkozik egy fizikus. Miután tudással felvérteztük a hallgatót, sokkal könnyebben



észreveszik az áltudományokat, nem nekünk kell áltudóst kiáltani. Igazából ez a konferenciánk filozófiája. A napi problémákra délután kerül sor, hogy mi történik a médiumokban, a sajtóban... Nem célunk, hogy pellengérré állítsunk egy áltudóst, nem mondom, hogy nem volt ilyen, de nem biztos, hogy ez a helyes út. Azt gondolom, hogy az áltudományok ellen, csak tudással lehet védekezni. Ha a közoktatásban a természet-tudományos órák számának drasztikus csökkenését figyeljük, rájöhethetünk, hogy nem véletlenül terjednek az áltudományok. A legtöbb áltudományban megfigyelhető, hogy olyan fogalmakkal magyaráznak áltudományokat amelyeket az iskolában nincs esély jól megtanulni. Fogalmakat, amelyekről csak hallottak az iskolában, olyan kontextusban mutatnak be aminek nincs értelme, de nagyon tudományosnak tűnik. Például az élőlényekre milyen hatással van a mágneses tér, netán annak a változása. A középiskolában megszerezhető tudás kevés arra, hogy az ember ezek ellen fölvertezzze magát. Ezen kéne változtatni. De nem feltétlenül fogja őket a diploma sem megvédeni. A legnagyobb baj mindenképpen a médiumok hozzáállásával van. Az áltudományokkal való csatározásban semmilyen mértékben nem partnerek, sőt ők a legnagyobb terjesztőik. Minden alkalommal példázom az asztrológiával. A közmédiumok egy közös oldalra költöztek nemrégiben, ezen az oldalon minden nap a nyitó oldalon kiemelt helyen találkozhatunk horoszkóppal. Ettől mindig égnék áll a hajam...

Milyen általános ismertető jegyei vannak az áltudományos termékeknek,

milyen tanácsot tud adni, hogy felismerjük ezeket?

A középiskolában tanítunk informatikát. Nem tudom hogyan kellene ezt tanítani, de vannak ötleteim, hogy miben segíthetne, mire kellene mindenképpen választ adnia. A felnövekvő gyerekem példáján tudom, hogy ha valamit meg akar keresni, rögtön az internethez fordul. A keresés eredményeként milliónyi találatból kell megtalálni a helyes választ. Szükséges lenne, hogy a temérdek találatból az informatika módszereivel megtudja találni a helyes választ. Ha valaki a halmazelméletet jól megtanulja, akkor tudja, hogy feltételekkel igen gyorsan meg lehet találni a keresett információt. Nézzünk egy példát: Azt szeretnénk megtudni, hogy például a gömbvillámról hogyan vélekedik a tudomány? Egyértelmű, hogy ebben az esetben hiteles oldalakat próbálunk keresni, és nem az önjelölt áltudósok oldalait szeretnénk tanulmányozni. Szűkítsük úgy, hogy csak egyetemi oldalakat vagy állami kutatóintézetek oldalait keressük fel. Könnyen mehet ez angol nyelven, mert a .edu domain-en csak egyetemeket és főiskolákat találunk. Ha csak ezen a tartományon belül keresünk, hiteles információkhoz fogunk jutni. Ha nálunk Magyarországon is összeszednék az egyetemeket, főiskolákat és az akadémiai kutató intézeteket egy domainbe, akkor az nagyon megkönnyítené az eligazodást, így csak tudományosan hiteles oldalakra juthatnánk el. Az áltudomány másik ismertető jegye, hogy celebek kezdik el reklámozni. Ha egyetlen egy tudományos referenciát nem tudnak felmutatni, akkor kezdjen az ember óvatos lenni. Gyanút keltő lehet, ha egy vadonatúj dolgot úgy kezdenek el reklámozni, hogy „már az ókorban is tudták”, vagy ha valami túl sokat ígér, mint például a lézeres vérmosás. El kell gondolkozni azon, vajon mit tud lemosni egy lézernyaláb, a vérlemezkékről. Az ideai szkeptikus konferenciánkon hallhattuk, hogy a NAT-ba (Nemzeti alaptanterv) a posztmodern eszmék már betették a lábukat. Ha valakit ez bővebben érdekel, Tél Tamás előadását érdemes meghallgatnia.

A rengeteg dolog mellett amit csinál, marad-e ideje kikapcsolódni, mit csinál szívesen a szabadidejében?

A szabadidőmben is nagyon szeretek otthon büttyölni, fizikakíséleteken gondolkodni. Nekem a hobbim is a fizika. De persze a legnagyobb feltöltődést a családom jelenti és a kutyám, amit ha meg lehet említeni, Hekinek hívnak. Remélem mindenki kitalálhatja miért. Igen, Öveges professzor kutyájáról, Heki a rezonancia kutya után kapta a nevét.

Végül, szeretne-e üzeni valamit a hallgatónak?

Például ha megnézzük, hogy egy évben, hány mérnök kap diplomát, akkor azt lehet mondani, hogy ez egy nagy szám. A fizika tanárookra ez sajnos egyáltalán nem igaz, hiszen ezek a hallgatók olyan ritkák mint a sárga hollók, nem a fehér, hanem a sárga hollók. Nem lesz mindenkiből – aki végez – jól fizetett ember, van akinek lesz állása, és van aki munkanélküli marad. Föltehetjük a kérdést tudjuk-e ezt irányítani? Tapasztalatom szerint a hallgatók tanuláshoz való hozzáállása két szélsőség között található meg: Van aki csak megúszni akarja az egyetemi éveit a tanulást, neki elég mindenből a kettes. Van aki már az egyetemi éveit a későbbi karrierje építésével tölti. Túl azon, hogy a vizsgákra lelkiismeretesen tanul, mellette TDK-zik, megpróbál esetleg egy évet egy külföldi egyetemen elvégezni. Ők szerintem a munka kereséskor behozhatatlan előnyökre tudnak szert tenni. Olyannak érdemes tekinteni az egyetemi éveinket mint egy befektetést, a diplomából még legalább negyven évig kell megélnünk. Amikor diák éveim követelményeit összehasonlítom a mostaniakkal, szembetűnő az, hogy ha valakinek akár csak egyetlen vizsgája nem sikerült, akkor félét kellett ismételnie, aztán ha még egyszer nem sikerült, akkor kezdhette előről az egész képzést. A kredit rendszerben ez sokkal lazább lett, pedig ez egy elég komoly szűrő volt. Véglegesen kikerülni az egyetemről két félév alatt is lehetett. Nem mindegy, hogy a hallgatónak elég minden félévben egy-két vizsgán jól szerepelnie, vagy ugyan annyi idő alatt öt-hat alaklommal méretik meg. Mint ahogy az se mindegy, hogy valaki egyben futja le a maratoni távot, vagy egy hét napjain arányosan elosztva. Mindkettő teljesítette a távot, de a teljesítményük messze nem ugyanaz.

Lufraat & Ági

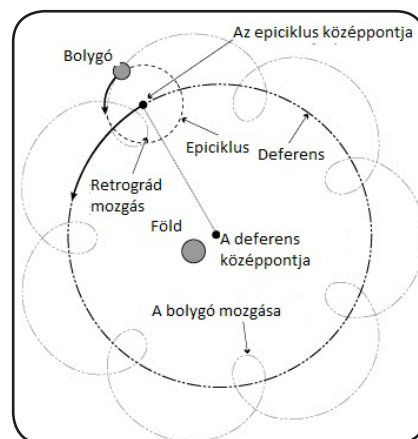
A két nagy világrendszer

Az, hogy a geocentrikus világkép volt az általánosan elfogadott rendszer több mint ezer évig, talán mindenki számára ismert tény. De miért ezt a rendszert fogadták el, és miért volt szükség ennyi időre, hogy megtörjék Ptolemaiosz elméletét?

Az emberek már évszázadok óta az eget vizsgálták különböző jelenségek után kutatva. Minden nap megfigyelték, hogy a Nap átvonul az égen, és a csillagok is pontosan ugyanilyen mozgást végeznek. Azonban voltak más „megfigyelések” is: a talaj nem mozdult ki a megfigyelők lábai alól, következésképpen a Föld nem keringhet semmilyen égitest körül. Éppen ezért olyan világképet dolgoztak ki a kor csillagásza, amiben a statikus Földet helyezték az Univerzum középpontjába. Közben viszont színre léptek más tudósok is, akik szerint ez nem így van. Arisztarkhosz volt az egyik első, aki felállított egy hipotézist, mely szerint a Föld nem lehet az Univerzum közepe. Helyette inkább a sokkal nagyobb méretű Napot helyezte a középpontba, aminek a méretét és

a Földet, nem pedig fordítva. Egy másik ellenérv szerint Arisztarkhosz rendszere nem felelt meg néhány kritériumnak: ha a Föld mozogna, akkor folyamatosan szembe fújó szelet kellene érzékelnünk, és valaminek ki kéne húzni a talajt a lábunk alól. (A valóságban persze a talaj és a levegő együtt mozog.) Emellett a görögök gravitációról alkotott képe nem egyezett ezzel a rendszerrel: elméletük szerint minden az Univerzum középpontja felé esik. Megfigyelések szerint a tárgyak lefelé esnek, következésképp a Föld az Univerzum középpontja (ellenkező esetben, ha a Föld nem a világ közepén lenne, akkor a tárgyak fölrepülnének). Egy harmadik ok, amiért a geocentrikus rendszert támogatták, az az, hogy a csillagok látszólagos helyzetében semmiféle változást nem sikerült kimutatni. Ha a Föld kering a Nap körül, keringése során a földpálya egyik végéből a másikba eljutva 300 millió kilométerrel kerül arrébb. Ekkora elmozdulás esetén a csillagok látszólagos helyzetének meg kellett volna változnia. Azonban a görögöknek még nem voltak olyan műszerei, amivel ki tudták volna mutatni ezt a parányi különbséget.

Ezek az indokok vezették a filozófusokat arra a megállapításra, hogy a Földnek KELL az Univerzum középpontjában elhelyezkednie. A három legkülső bolygónak (Mars, Jupiter, Szaturnusz) a mozgása felkeltette a csillagászok érdeklődését, mivel időnként úgy tűnt, mintha visszafelé vándorolnának. Ma már tudjuk, hogy a bolygók egy irányban keringenek a Nap körül, de azért látjuk úgy, mintha szabálytalanul haladnának, mert a mozgó Földről figyeljük meg őket. Csakhogy akkor úgy gondolták, hogy ezek az égitestek hurok alakú pályán mozognak. Platón szerint a legszebb és legtokéletesebb alakzat a kör, tehát a bolygóknak is kör alakú pályájának kell lennie. Ebből a feltevésből a Kr. e. 2. században Ptolemaiosz felállított egy hipotézist, melyben a bolygók



körpályán keringenek, illetve meg tudja magyarázni, hogy miért „fordulnak vissza” a bolygók keringésük során.

Ptolemaiosz egy Föld-középpontú körből indult ki (ez a deferens), aminek egyik pontjához egy rúd van erősítve, ami körbe tud fordulni körülötte. A kérdéses bolygó ennek a rúdnak a mozgó karjához van rögzítve. Ha a deferens mozdulatlan, és a rúd forog tengelypontja körül, akkor az égi test egy kisebb sugarú körpályán mozog (ez az epiciklus). Ha megengedjük, hogy a kar akkor is mozogjon, miközben a rúd röj a köröket a Föld körül, akkor a két mozgás összességéből megkapjuk a bolygók „hurok” alakú pályáját.

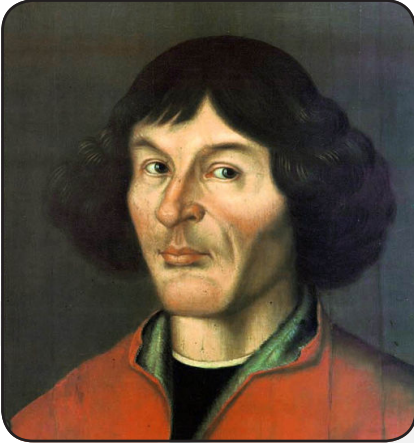
Ez a leegyszerűsített vázlat a valóságban sokkal bonyolultabb volt. Ptolemaiosz három dimenzióban építette fel a modellt, másrészt – hogy minél pontosabb eredményt kapjon – nagyon pontosan össze kellett hangolni a deferens- és epiciklus körök méretét. Hogy még pontosabb legyen a modell, a deferens kör középpontját egy úgynevezett excentrikus pontba tolták ki, majd az ekváns segítségével tovább pontosította a bolygók sebességét. A végeredmény: körökbe illesztett körökön keringő körök, deferensekre illesztett epiciklusok, melyeket olyan ekvánsokhoz rögzítettek, amelyek excentrikusokkal állnak kapcsolatban.

Noha ez egy végtelenül bonyolult rendszerre állt össze, mégis ki tudta elégíteni a legfőbb követelményeket: a Föld az Univerzum középpontja, a bolygók körpályákon keringenek. Ám az a furcsa helyzet állt elő, hogy az alapvetően hibás elmélet sokkal pontosabb eredményeket adott Arisztarkhosz modelljével szemben. Nem meglepő tehát, hogy ezt a modellt vélték helyesnek körülbelül ezeröttszáz



távolságát Eratoszthenész méréseinek köszönhetően ekkor már meg tudták becsülni, és ami körül szerinte minden a Naprendszerben megfigyelhető objektum természetes körpályán kering.

Viszont a heliocentrikus modell egyre több hiányosságát fedezték fel a kor csillagásza. A heliocentrikus felfogással szemben a legnagyobb gondot az jelentette, hogy nevétségesnek tűnt: mindenki számára egyértelmű volt, hogy láthatóan a Nap járja körbe



éven keresztül, amíg egy Torunban született lengyel tudós meg nem kérdőjelezte ennek helyességét.

Kopernikusz a lengyelországi Torunban született 1473-ban. Itáliai egyetemeken jogot, orvosi tudományokat tanult. Már ifjúkora óta érdekelte a csillagászat, amióta megvette az Alfonsz-táblázatok egy példányát. Megfigyelései során egyre jobban lenyűgözte őt a bolygók mozgása, majd ezeknek az értelmezéséből két publikációt írt összesen: az egyik a Commentariolus (Kommentár, 1514), a másik a De revolutionibus orbium coelestium (Az égi pályák körforgásáról, 1543). A Kommentárban hét axióma áll a középpontban: (i) az égitesteknek nincsen közös

pontjuk, (ii) a Föld középpontja nem középpontja a világmindenségnek, (iii) a világmindenség középpontja valahol a Napnál van, (iv) a Föld-Nap-távolság elhanyagolhatóan kicsi a csillagoktólunk való távolságához képest, (v) a csillagok látszólagos napi mozgásának az oka a Föld saját tengelye körüli forgása, (vi) a Napnak az év során megfigyelhető elmozdulása annak a következménye, hogy a Föld a Nap körül kering, (vii) a bolygók hátráló mozgása annak a következménye, hogy a megfigyelő a mozgó Földön helyezkedik el.

Művét azonban nagyon kevesen olvasták, hiszen nem nyomtatták ki, csak kéziratos formában terjedt. Kopernikusz tovább folytatta megfigyeléseit, hogy alaposabban kidolgozza elméletét. Miközben a művön dolgozott, félelem töltötte el, hiszen az egyház nem tűrte az eltérő véleményt. Végül 1543-ra elkészült a De revolutionibus orbium coelestium. A több száz oldalas írományt azonban nem azzal az előszóval nyomtatták ki, amivel Kopernikusz eredetileg akarta (egy sürgősebb dolog miatt át kellett adnia Andreas Osiandernek). Az új előszó (amit valószínűleg Osiander írt) lényegében visszavonta azokat az állításokat, amiket a könyv leír, valamint kijelenti, hogy a könyvben szereplő matematikai állítások nem egyebek, mint pusztán koholmányok.

Elismeri viszont, hogy a számítások kellően visszaadják a megfigyeléseket, azzal a megállapítással, hogy az egész inkább egy célszerű számítás, semmint a valóság leírása.

Részen az előszó, részben pedig a mű sok újdonság miatt a következő időkben nem okozott azonnali áttörést a tudományos közgondolkodásban. A csillagászok többsége még mindig a régi, ám sokkal bonyolultabb ptolemaioszi rendszert támogatta – nemes egyszerűséggel azért, mert az újra feltalált rendszer túlságosan hihetetlenül hangzott, illetve még mindig pontatlanabb volt. Így újabb évtizedeknek kellett eltelnie, hogy valaki ismét elővegye Kopernikusz elméletét...

A következő időkben Kepler és Galilei megfigyelései, felfedezései járultak hozzá a helyes világkép kialakításához illetve eldöntötték a kérdést arra vonatkozóan, hogy a geocentrikus vagy a heliocentrikus világkép a helyes. Ezen cikk folytatásában a fentebb említett két tudós történetéről lesz szó, arról, hogy milyen megfigyeléseket végeztek, majd ezekből milyen elméleteket vezettek le a rendszer helyességét illetően.

(Folytatás a következő számban...)

Hanyecz Ottó

A homoktól a tranzisztorig

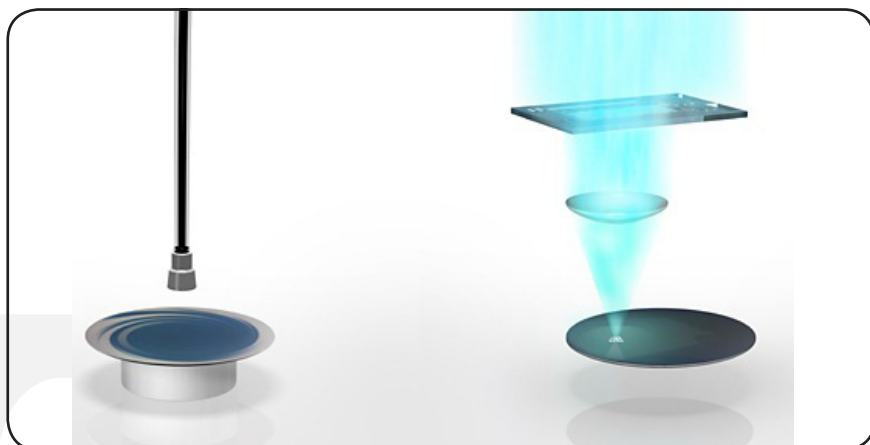
Számtalan olyan elektronikai eszköz található környezetünkben, amelyek mindennapjainkat gördülékenyebbé, esetleg szórakoztatóbbá teszik, és amelyek nélkül már létezni se tudnánk. Ezen eszközökben pedig szinte mindig találhatunk tranzisztorokat, amik az elektromos jel erősítésén/vezérlésén dolgoznak, azaz ezek hiányában a rendeltetésszerű működés nem valósulhatna meg.

A tranzisztorok felépítését, működését többször, több formában is megismerjük Fizika BSc-s kurzusainkon, ám viszonylag kevés szó esik róla, hogy milyen nyersanyagból, milyen technológiával készülnek napjainkban a legelterjedtebb szilícium tranzisztorok. Így jelen írással szeretnék némi kitekintést adni ezen utóbbi gyártási folyamatokról.

A tranzisztorok általában félvezető anyagokból készülnek,

melyeknek sajátossága, hogy alacsony hőmérsékleten nem, míg magasabb hőmérsékleten jól vezetnek az elektromos áramot. Az elektronikaipar azonban nem (csak) ezért szereti ezeket az anyagokat, hanem a félvezetőkben más-más elektromos tulajdonsággal rendelkező rétegek viszonylag könnyű kialakítása veszi le a lábáról. A legelterjedtebb ilyen anyag a szilícium (Si), amelyről érdemes tudni, hogy a periódusos rendszer negyedik oszlopában található, és hogy





a gyémánthoz hasonló kristályrács jellemző rá. A természetben főleg SiO_2 – szilícium-dioxid – formájában található meg, előfordulása igen gyakori, becslések szerint a földkéreg nagyjából 70%-át ez az anyag alkotja. Gyakorlatilag a közönséges homok is ebből áll (nem véletlenül található az Intel egyik legnagyobb gyára Arizona sivatagos lankái mellett), tehát szinte kimeríthetetlen források állnak rendelkezésünkre.

Első lépésként ki kell nyerni a tiszta szilíciumot oxidos formájából, amit ez utóbbi és szén reakciójaként valósítanak meg, merülő-elektrodás ívkemencében 2000°C felett. A folyamat végeredményeként megkapják magát a szilíciumot a kemence alján, de ez még használhatatlan az elektronikai ipar számára. Ennek oka a kapott anyag magas szennyezettség tartalma, hiszen ennek szilícium tartalma még csak 98%, ami elmarad a kívánt ppb (parts per billion) nagyságrendű szennyezéstől. A további tisztítás érdekében porrá őrlik a kapott szilíciumot, majd HCl -gázzal reagáltatják 300°C -on, amelyből a szilícium egy folyékony vegyületét, a triklórszilánt (SiHCl_3) kapjuk. Ezt aztán továbbreagáltatva hidrogén gázzal 1100°C hőmérsékleten, a kicsapódó Si-öntecs formájában megkapják a kívánt tisztaságú (99.9999%) alapanyagot.

Az így kapott szilícium tisztasága tehát már megfelelő, illetve tovább javítható az úgynevezett zónás olvasztás során. Ekkor oxigénmentes védőgázban megolvasztják egy vékony rész mentén a "kvarccsónakban" elfektetett, henger alakú öntecset, az egészen végigmenve. A folyamat során azt a jelenséget használják ki, hogy az olvadékból a

szennyezők korábbi mennyiségének nagyságrendekkel kisebb része jelenik meg. Az egyidejűleg több zóna megolvasztása felgyorsítja a folyamatot, amelynek végén a legszennyezettebb részt eltávolítják. A kapott szilícium azonban polikristályos, és ebben a formájában nem használható fel az iparban, ezért egy újabb gyártási fázison kell átesnie.

Ehhez kvarcbeütés grafittengelyben helyezik el a szilíciumot az olvadáspontja hőmérsékletén, 1414°C -on. Ekkor az olvadt anyaghoz egy megfelelő orientációjú egykristályt érintenek, ami a későbbiek során kristályosodási magként funkcionál. A folyékony szilíciumot ehhez érintik, majd hűtés után a megfelelő orientációjú egykristályt kapják. Ezt nevezik Czochralski-módszernek. A már lehűlt, szilárd fázist húzzák felfelé a folyamat során, a húzás közben alkalmazott sebesség a kristály sok tulajdonságára hatással van, például a szennyezés mértékére, a kristályhibák sűrűségére és a kristályátmérő nagyságára. Gyakran lassan forgatják a húzás mellett a szilíciumot, így egyenletesebb átmérőjű öntecset állíthatnak elő. A folyamat végén egy akár 2 méter hosszúságú és 40 centiméter átmérőjű henger alakú szilícium-egykristály öntecset is elő tudnak állítani, amit az elektronikaipar már fel tud használni.

Ezután az öntecset különálló lemezekre vágják, amelyeket aztán maratnak és tükörsimára políroznak. A nagy tranzisztorgyártók az így készült szilícium „ostyákat” veszik meg. A gyártás következő szakasza több száz különálló lépésből áll, illetve az egyes gyártók is féltve őrzik a pontos

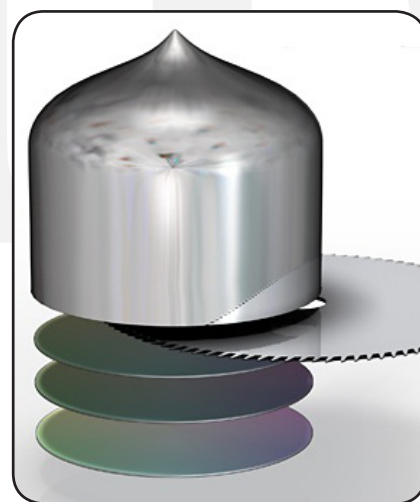
folyamatot, de lényegében az alábbi kezelésnek teszik ki az ostyákat:

Elsőként egy kemencében felmelegítik a szilíciumot magas hőmérsékletre, így kialakul egy SiO_2 réteg a felületén. Ezután a fotolitográfia folyamata következik. Ekkor egy úgynevezett fotorezisztet visznek fel az ostya felületére folyékony halmazállapotban, majd egy adott mintát tartalmazó maszkon keresztül ultraibolya fényel megvilágítják. Ahol a fény megvilágította a fotorezisztet, ott bizonyos kémiai folyamatok által az ostya bizonyos mélységig eltávolítható lesz maratószer segítségével és így a maszkon látható mintát visszakapjuk (egy ostyán több száz tranzisztor is helyet kaphat, a mintát ennek megfelelően alakítják ki). A folyamat végén eltávolítják a felesleges fotorezisztet.

Az ezután következő ionimplantáció során felgyorsított ionokkal bombázzák az ostya egyes tartományait (melyeken nincs fotoreziszt), és így kialakul a kívánt szennyezés a szilíciumban. A folyamat végén szintén eltávolítják a reziszt anyagot. Ekkor a tranzisztort bevonják egy szigetelővel, illetve megalkotják a csatlakozások helyeit, amelyeket rézzel töltenek ki. Végül létrehozzák az egyes tranzisztorokat összekötő rézvezetékek hálózatát, és tesztelik az így kapott eszközöket (pl. processzort).

A folyamat végén körfűrészsel feldarabolják az ostyát, az egyes eszközök megkapják a végső tokozást, tesztelik őket, majd forgalomba kerülnek.

Benji



Útikalauz CERN kirándulóknak

A Magyar Fizikushallgatók Egyesülete az előző évek tradícióihoz híven idén is megszervezi a CERN-túrát. A kirándulás április 16-20. között lesz, mely során most is három város világhírű kutatóintézetét járjuk be.

Az első célpontunk Lausanne, ahol ellátogatunk az EPFL-hez (École Polytechnique Fédérale de Lausanne), hogy megtekintsük az ott működő fúziós reaktort, amit plazmafizikai kutatásokhoz használnak. Az itt található tokamak Európa legnagyobb ilyen kísérleti berendezése. A tokamak fő része egy tórusz formájú alagút, melyben mágneses térrel tárolják és használják fel kutatási célokra a közel 100 millió fokos plazmát.

A kirándulás fő úticélja Genf, pontosabban a CERN, az Európai Nukleáris Kutatási Szervezet, amely a világ legnagyobb részecskefizikai kutatóintézete és az internet szülőotthona. Itt található a híres LHC, ami a világ legnagyobb energiájú szinkrotron gyűrűje, amelyben közel 7 TeV energiájú protonokat és nehéz atommagokat ütköztetnek. Emellett a CERN-ben folyó kutatások között figyelemre méltó az antianyag tartály, amelyben 2011-ben negyedórán keresztül tároltak antihidrogént, azaz egy antiprotonból, és egy pozitronból álló atomot. Az intézetben több nagy áttörés is történt, 1984-ben Nobel díjjal

jutalmazták a gyenge kölcsönhatásért felelős részecskék megtalálását, illetve nemrég jelentették be a sokáig keresett Higgs-részecske felfedezését.

Utazásunk utolsó állomása Grenoble, ahol elsőként ellátogatunk



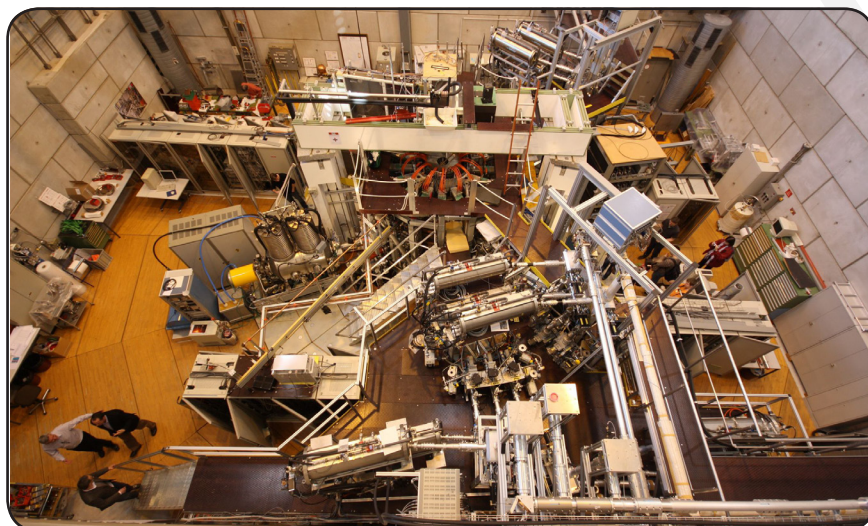
az ILL-be (Institut Laue–Langevin). Az intézetet 1967-ben alapították Max von Laue és Paul Langevin tiszteletére. Itt található Európa legnagyobb neutronfluxusú ku-

NE ESS PÁNIKBA!

Megtetszett a program és részt szeretnél venni az idei CERN Kiránduláson?

Stoppolj le egy helyet magadnak, most!

(További infók a hátoldalon!)



tatóreaktora. A reaktorban keletkező neutronokat felhasználják neutron-szórás-kísérletekre, illetve a neutronok részecskefizikai tulajdonságainak vizsgálatára is. A kutatóintézetet Nagy-Britannia, Franciaország és Németország alapította, de napjainkban már tizenhárom tagországot számol az együttműködés.

Grenoble-i kirándulásunk másik célpontja az ESRF, az Európai Szinkrotronsugárzási Üzem. Az intézményben a CERN-ben használt ciklotronhoz hasonló gyorsítóval állítanak elő röntgen-sugárzást, amelyet felhasználnak olyan változatos kutatási területeken, mint a fizika, a kémia, a paleontológia, az anyagtudomány és a biológia.

Várunk benneteket is a CERN-kirándulásunkra!

Anikó és Gergő

I. Mafigyelő fotópályázat eredménye

Gratulálunk a pályázat nyerteseinek! Az összes pályamű elérhető a mafihe.hu oldalon.

I. helyezett:

Molnár Dávid (Bice)

Szupercella

Leírás:

A kép nyáron, június 10-én készült este, Tatabányáról. Ez egy szupercellát ábrázol, ami Szlovákia felett járt, és elég heves villámtevékenységet produkált.



II. helyezett:
Németh Viktória
Apró csoda

Leírás:

A képet egészen véletlenül sikerül létrehozni, barátnőmmel beszélgettünk, és egyszer csak rászállt egy hópihe az egyikük hajára. Mindannyiunkat magával ragadott a látvány, én meg gyorsan lefényképeztem. Minden hópihe szerkezete sajátos és ez számomra lenyűgöző.



III. helyezett
Pávkovics Erik
A fizika sugárzó ereje

Leírás:

A középiskolánkban megcsináltuk a méltán híres alfa sugárzás átengedése aranyfüstlemezen kísérletet, ehhez kellett még ugye egy ködkamra is. Ha az ember jó megfigyelő, még láthatja is a két egymást keresztező alfa részecskét, ezzel bizonyítva, hogy létezik az atommag.

CERN KIRÁNDULÁS ÁPRILIS 16-20.

Intézetek:

*CERN
ILL*

*ESRF
EPFL*

A jelentkezési határidő:
2013. március 20. (szerda) éjfél.
Infók és jelentkezés: www.mafihe.hu

Támogatók:

*Pázmány - Eötvös Természettudományi Információs Alapítvány
Balassi Intézet Campus Hungary
BME Természettudományi Kar*

MAΦHE

Magyar Fizikushallgatók
Egyesülete

Telefon: (1) 372-2701, Web: mafihe.hu,
E-mail: mafihe@mafihe.hu,
Postacím: 1117 Budapest, Pázmány
Péter sétány 1/A. Kérjük, ha
módjában áll, ajánlja fel nekünk
személyi jövedelemadója 1%-át!
Adószám: 19025128-1-43

Mafigyelő, XXIII. évfolyam, 1. szám.

Lapzárt: 2013. március 9. Készült 500 példányban. e-mail: mafigyelo@mafihe.hu
Felelős kiadó: Lájner Márton Főszerkesztő: Tóth Ágnes
Tördelőszerkesztő: Tóth Zsolt Arculat: ZsolteE & Mucsi
Olvasószerkesztők: Pávkovics Erik, Almádi Balázs, Tuza Réka,
Jófejű Anikó, Németh Viktória, Enyingi Vera Atala
Nyomda: OOK-Press Kft.