

Részecskefizika — itthon és a világban

Az alap kutatás és a társadalom

Az alábbi néhány gondolatot a részecskefizikára gondolva fogalmazzuk meg, de azok több természettudományra, ill. frontvonalban álló alap kutatásra is érvényesek.

Az alaptudományok helyzete ma sajátos. Igaz ugyan, hogy ez a század a tudomány és technológia forradalmát hozta, ugyanakkor a tudományt a társadalomtól elválasztó tendenciák is erősödtek. A különféle komplikált és/vagy tömegpusztító fegyverek, a környezetkárosodás veszélyei félelmet keltenek. Az alap kutatás hihetetlen sebességgel, egyre mélyebbre hatol, ezért szükségképpen egyre elvontabbá válik, területek önállósdnak, mások zárttá alakulnak. Szükségképpen egyre bonyolultabb nyelvezetek alakulnak ki. Mindez hozzájárul a bizonytalanság és félelem állapotához. A félelem és nem tudás talaján pedig virágoznak a hazug (de nagy pénzt termelő) áltudományok. A probléma úgy is jelentkezik, hogy a társadalom nagy része a tudomány kényelmét adó, nagy alkalmazásait tudomásul veszi mint természetes adományt, amiért senkinek sem kellett keményen dolgozni, de a működésig vagy megértésig nem jut el, kísérletet sem tesz az utánagondolásra. A Pascolini, a padovai egyetem elméleti fizikus professzora megfogalmazása szerint: a tudomány következményei és az égi neutrínósugárzás egy ponton közös, mindkettő elárasztja az embert, és mindkettő felismerése nehéz, de ez csak a tudomány számára drámai.

De kell-e alap kutatás? Ez különösen élesen vetődik fel a fizikában, amin a természettudományok nyugszanak. Valóban, mindenhol kimutatható bennük a fizikai történet, és a fizikai modellalkotás teljesen meghatározó volta. Fizikai modellalkotás teszi lehetővé az emberiség tervezett kényelmét! Ezért a társadalom igazi érdeke az, hogy ne szűnjön meg a fizikai modellalkotás, ami tipikusan az alap kutatás sajátja. Általában a modellek a fizika sok ágában fejlődnek ki, és az évszázadok folyamán azok egymásra épülnek. A számtalan megoldatlan probléma világosan mutatja, hogy a fizika a jövő században is döntő alaptudomány lesz, és sok „newtoni csillgó kavicsal” fog szolgálni. Ha az alap kutatást befagyasztanánk, és adott fejezeteknél megállnánk, a véges számú új alkalmazás után semmi újat nem kapna a társadalom, és kétségtelenül fogyna rugalmassága, illetve hajtóereje. Ennélfogva az alap kutatást hosszabb időre nem tanácsos kirekeszteni és mindig új fejezeteket kell nyitni a tudományban. Egy idő múlva nagy energiával lehetne csak feléleszteni az adott alap kutatató tűzhely tűzét, ha egyáltalán lehetséges. De kívülről belenyülni egy adott alap kutatás szellemébe is veszélyeket rejt. Egyrészt előre nem zárható ki a nagy eredmény (alkalmazás stb), másrészt lehet, hogy a kizárással Neumann Jánosokat és Wigner Jenőket szerveznék át agyuknak nem olyan hatékony területére, és a kár (főleg egy kis országnak) sokkal nagyobb lenne, mint az adott alap kutatás kizárása a versenyből. Az alap kutatást tápláló örök kíváncsiságnak eleget kell tenni, — attól lett az ember Ember!

Találó Faraday, a világhírű angol fizikus véleménye az alap kutatásról. Faradayt 1857-ben az elektromosság és mágnesség kapcsolatát kutató hosszadalmas kí-

sérletei közben meglátogatta az akkori angol pénzügyminiszter, későbbi miniszterelnök, Gladstone. A labor elég rendetlen és piszkos volt (lehet, hogy pénzt kért Faraday?), a miniszter a látottakra ezt mondta: érdekes, de mire jó ez az egész? Faraday válasza: azt nem tudom, de egyszer adózni fognak miatta.

A tudománytól való félelem, bizonytalanság, műveletlenség ellen a tudomány sokkal jobb népszerűsítő elterjesztésével kell küzdeni, és hazánkban ez történik a társulatokban és egyes más fórumokon. Különlegesen fontos ez olyan tudományoknál mint a részecskefizika, ahol sokszor nem oly szemléletesek az eredmények, mint például a csillagászatban vagy az úrfizikában. Ezt felismerve hozták létre a CERN-ben az European Particle Physics Outreach Group szervezetet. Ezen túlmenően érdemes odafigyelni arra, hogy az angol kutatóintézetek, kutatási költségvetésük 1 %-át költhetik népszerűsítő — kommunikációs aktivitásra. Ez az aktivitás nemrég szélesben jelent meg az USA-ban, például a CERN-ben kutatási együttműködés szinten. A világ majdnem egyidőben most látja a tudomány átadásának fontosságát a társadalom minden szintje számára. Csak attól a társadalomtól várható el a tudomány támogatása, amelyik tud is a tudományról!

A tudományos ismeretterjesztés szisztematikus itthoni kiterjesztésének lényeges munkáját a kutatóknak kell felvállalniuk — miként a világban bárhol. Késlekedni nem szabad és a társadalom minden szférájára hatni kell. Együttal tömegbázisra terelődik az eddig viszonylag keveseket érintő ismeretterjesztés. Akadémiai osztályoknál, OMFB-nél, egyetemi intézeteknél, tanszékeknél, kutatóintézeti főosztályoknál egyaránt szükség van CERN mintájú, tudományt „átadó” csoportokra (magokra), amelyek nagymértékben öntevékenyek lennének. Sokszor az segít, ha a szakemberek ott adnak át, ahol a munka folyik. Ne csak a kutatók menjenek előadni iskolákba, hanem iskolai osztályok is járjanak rendszeres tevékenységre egyetemi tanszékekre. Az Outreach Group hálózat létrehozását az MTA és az Oktatási Minisztérium kezdeményezhetné.

Mi a részecskefizika?

A részecskefizika az atommag méret, 10^{-13} cm, alatti méretnél kutatja az anyag szerkezetét, az elemi építőköveket, a köztük ható erőket és korrelációkat, és azt, hogy miként működik a felderített szerkezet. Egyre nagyobb energiájú gyorsítóknak felgyorsított részecskenyalábokkal egyre több részletet oldható fel a bombázott céltárgy részecskéiből. Ezáltal egy folyamatosan változó méret tudományáról van szó, szemben a fizika konvencionális fejezeteivel, amelyek általában egy rögzített tartományban működnek (pl. makroszkopikus testek mechanikája, atomok stb.). A részecskefizika egyre kisebb méretek felé haladva az anyag hihetetlen sokféleségét és átalakulási készségét tárta fel. Ma a feltárás a száztrilliomod cm méretnél tart. Azt, hogy pl. a proton három pontszerű objektumból (kvark) áll, és 10^{-13} cm-nél valamivel kisebb, több mint 20 éve tudjuk. Mégis, még a proton szerkezetének jobb megértése is számos feladatot ró a kutatóra: Milyen energiák, és hogyan vannak elrejtve benne, hogyan alakul ki individuális arculata (a valójában milyen) alkatrészeiből stb.? Hasonlót lehet mondani a többi nehéz részecske mélyebb megértéséről is.

A megértés jelenlegi szintjéhez kapcsolódó mikroszkopikus világkép minden biztonnyal változni fog. Jelenleg pl. az elektronnal vagy neutrínóval dolgozunk, de vajon nem parányi szerkezetek-e, amelyeket jelenleg képtelenek vagyunk feloldani? De pl. hogyan fogjuk értékelni a fény és anyag kölcsönhatásának mostani leírását (térelmélet) a strukturált elektron alapján? Lehet, hogy a térelmélet is csak közelítő leírás? Jelenleg a stuktúra kérdés talán a top kvarknál a legégetőbb (töltése 2/3-szor pozitív elektrontöltés nagyságú), e részecske olyan nehéz, mint 180 hidrogénatom, és a részecskefizikában pontszerűként bánunk vele.

Az egyre kisebb távolságok feloldása egyre finomítja világképünket, és a finomítás minden egyes szintjén újabb technikai vívmányok várhatók. Ez mindig is így volt a fizika történetében. A kíváncsiság, a kötelességtudás az új nemzedék iránt elődeink tudománya talaján, új fizikai részecskefizikai modellekhez vezet, ami végül is mindnyájunk életét szolgálja a tudomány állandó megújulásának folyamatában.

A mikrovilágról alkotott képünk befolyásolja a Világegyetemről alkotott képünket, és viszont. A kis távolságok fizikája (részecskefizika) befolyásolja a nagy távolságok fizikáját (csillagászat, asztrofizika, kozmológia), és viszont. Ez azért van így, mert a világ a részecskefizika elemi építőköveiből áll. Az Univerzum történetében az ős-robbanás után abszolút lényeges, hogy milyen részecskék voltak jelen. Fordítva, pl. először asztrofizikai megfigyelések sugallták, hogy csak háromféle könnyű neutrínó létezhet. Pl. a világegyetemben felhalmozódó energia szempontjából fontos, hogy a neutrínó kis, nem eltűnő nyugalmi tömegű. De a részecskefizikán belül is igaz, hogy az anyag kisenergiájú viselkedése általában nem független nagyenergiájú viselkedésétől. Így hát egységes világkép van kialakulóban, és lecsatoló világképeknek nincs esélyük.

Talán a fentiek érzékeltetik, hogy a részecskefizika a kérdések mélységeiben halad, és bár létszámban nem óriástudomány, mégis olyan fejezete a tudománynak, amely megközelítené a részecskefizika 33 Nobel-díját.

A részecskefizika világtendenciái

Néha elhangzik, hogy a fizika a jövő században nem folytatja diadalútját (ezért az igényeket nyirbáljuk meg). Ennek azonban ellentmond a fizika frontjain érzékelhető helyzet. A részecskefizika is expanzióban van, most kezdjük csak igazán látni, mennyire az út elején tart a kutatás. Egyre több és nehéz tudományos kérdést szül a kutatás és ez igazán lelkesítő. A CERN-ben a jóváhagyott Nagy Hadron Ütköztető (LHC), amely protonokat ütköztet protonokkal, a részecskefizika jövőjét 2005-től 20 évre biztosítja. Japán, Németország, USA nagy lineáris elektron-pozitron ütköztetőket szándékozik építeni, de az USA újonnan nagy szerepet vállal az LHC-ben is, és további (műön)-gyorsító építésén gondolkodik. A társadalom újra megadja a pénzügyi fedezetet, mert felméri a kulturális-gazdasági hasznot is. A tudományos célok közül a legfontosabbak a következők.

1. Az egységes képbe foglaló ún. standard modell, elektromágnesességet és gyenge erőt (pl. béta-radioaktivitás) még hiányzó kísérleti alátámasztása (Higgs-bozon).

2. Az előbb felsorolt erők egységbe foglalhatók-e a nukleáris erőkkel (kölsönhatások nagy egyesítése).

3. Az elemi építőkövek (fermionok) és erőt (kölsönhatásokat) közvetítő részecskék (bozonok) közti összefüggés (szuperszimmetria) kimutatása.

4. A gravitáció kvantumelmélete és egyesítése a többi kölsönhatással.

5. Mindent jobban érteni, amit tudunk.

A részecskefizika folytatja integráló munkáját. Egyrészt nagy kutatói közösségek alakulnak ki, másrészt számos tudományt felhasznál és serkent. Utóbbira példa a matematika több ága, a magfizika, a statisztikus fizika, az asztrofizika, az anyag-szerkezet-kutatás sugárzásokkal, szilárdtestfizika, informatika (l. alább is). A nagy nemzetközi kutatói közösség tagjai pedig úgy érzik, hogy jobban beleolvadtak az egyesült Európába, és hatásosabb a kutatás.

Hazánk 1992 óta teljes jogú tagja CERN-nek, ahol élenjáró részecskefizikai kutatás folyik. Így viszonylag olcsón veszünk részt a munkában és juthatunk fontos elvi és technikai ismeretekhez. Valóban, minden ország igyekszik belépni a CERN-be, és már csak a déli és keleti országok nem tagok. Most áll küszöbön Bulgária felvétele. Itt csak egy aspektust említenék meg, a nem részecskefizikai hasznokat. A CERN hatalmas technikai potenciáljával a mérnöktovábbképzés otthona, ezt ki-

használhatnánk. Sok mérnöki állást kínál. A másik a CERN által felkínált ipari megrendelések, ezek tetemes pénzbevételhez juttatnak tagországokat. Németországban pl. 43 nagyvállalat kap CERN-megrendeléseket. Példamutató Finnország esete, ahol a CERN-tagdíjat túlszárnyalják az ipari megrendelések. Miért ne követhetnénk a finn utat? Sehol sem okoz gondot, hogy az állami befizetés ipari megrendelés kompenzációja magánvállalatokhoz fut be. Itthon az 1998. évi ipari megrendelés egyenlő a CERN-tagdíj háromnegyedével. Nyilván, magas szintű iparágak és jó szerzés révén egyre több pénz áramlik vissza az adott országba.

A részecskefizikának az alaptudományokban hozott hasznai (pl. CERN) mellett egyéb hasznai is vannak, ezekre itt csak röviden utalunk. A szóban forgó hasznokat három csoportra oszthatjuk.

1. Informatikai alkalmazásokban hozott hasznok. A webet a CERN-ben találták ki. Az első szuperszámítógépet pedig olasz részecskefizikusok konstruálták meg.

2. Gyorsítóépítés folyamán szükségessé váló K+F fejlesztések, amelyek számos klasszikus iparág elé állítottak új kihívásokat (vákuum, geológia, tisztaság, mágnesek, elektromos teljesítmény stb.).

3. Sugárzások ipari, biológiai, orvosi alkalmazásai.

Hazai részecskefizika

E kutatásokat *Novobátzky Károly* (elmélet, ELTE) és *Jánossy Lajos* (kísérlet, KFKI) indították el. A színvonalat később számos nagy konferencia, nemzetközi bizottsági elnöki poszt fémjelzte. Mégis, kb. 20 éve, az akkori legjobb kutatók jelentős része, emberi nemtörődés miatt elhagyta az országot. Azóta a magyar részecskefizika újraéledt és életképes. Az aktivitás fele a CERN-munkákat jelenti. A kutatómunka élvonalbeli kérdésekre irányul, a legfőbb kutatások: neutrínófizika, standard modell fizikája, (protonszerkezet, erőt közvetítő kvantumok, nagyenergiás sugárnyaláb, a világ barion-aszimmetriája) új részecskék keresése, térelméleti modellek. A kísérlet zöme az RMKI-ban folyik, de a KLTE, ATOMKI is részt vesz a kutatásban. Az elméletet főleg az ELTE-n, valamint az RMKI-ban, KLTE-n és a JATE-n művelik. A terület nemzetközi súlya és kapcsolatrendszere nagyon jó. Munkakapcsolatban áll a CERN, a hamburgi DESY, a trieszti ICTP, Max Planck Intézetekkel, valamint számos német, angol, francia, olasz egyetemi intézettel. A kollégák számos nagy konferencia meghívott előadói. Itthon évente van legalább egy szakkonferenciánk.

Néhány statisztikai adat, a nehézion-kutatások nélkül, de beleértve a relativitáselméletet, a következő. Kutatói létszám: 6 fizikus munkát végző mérnökkel, doktoranduszok nélkül 62, 25 doktorandusszal együtt a jelenlegi összkutatói létszám 87. Az ELTE-n 1993-tól évente 4–6 fő, összesen 29 doktorandus dolgozott, a végzetek 80%-a doktorált. 62 kutató kétharmad minősített: 3 nyugdíjas akadémikus, 1 levelező tag, 13 MTA doktora, 26 kandidátus. 1996. január 1-től 3,5-nél magasabb impaktszámú referált folyóiratban megjelent 347 cikk, 1 kutatóra évente átlagban 1,86 cikk jut. A CERN-aktivitás kapcsán 260 (zömében kísérleti) cikk jelent meg, ezekre 1400 hivatkozás található. Az elméleti cikkekre több száz hivatkozás van.

Fontos feladat a fiatalok és általában a szakterületi tudományos potenciál megőrzése. Ennek egyik alapfeltétele az odafigyelés, a társadalomtudományok segítőkész környezete. A CERN-kutatásoknál eddig még semmiféle működési költséget nem biztosítottak, ezért kutatóink példátlanul gyenge feltételek mellett igyekeznek missziójukat teljesíteni.

Pócsik György