

A részecskefizika mai problémái

(Magyar fizikusok a Dubnai Egyesített Atomkutató Intézetben)

A modern természettudományos ismeretek alapját képező kvantummechanikát 1925-ben fedezték fel. A fizikai kutatások fontos fordulópontja volt ez: sikerült megragadni az atomi méretű fizikai rendszerek változásait irányító alapvető törvényszerűségeket. A kvantummechanika törvényei, elsősorban Niels Bohr munkássága nyomán, 1935-re ugyanolyan tisztán álltak az akkori fizikus előtt, mint ma. Azóta az jellemzi a modern fizikát, hogy felvértezve a kvantummechanika törvényeivel, azokat alkalmazva, a természeti jelenségek bámulatba ejtően széles körét sikerül megmagyaráznia, illetve új jelenségeket, offektusokat képes felfedezni. A legközismertebbeket említtem csak, mint a maghasadás, félvezetők, laserek, szupravezetés, Mössbauer-effektus stb. A kémia és biológia előtt is megnyílt az út, hogy ne csak leírását, de megoldását is adják a kémiai és biológiai jelenségeknek. Bár Niels Bohr már 1937-ben felhívta a figyelmet arra, hogy a kvantummechanika felfedezése a biológia előtt is óriási perspektívákat nyitott meg, a kvantumbiológia csak a 2. világháború után kezdett kialakulni, s napjainkban izmosodik a fizikával összemérhető kvantitatív tudományággá.

Minderről azért tettem említést, hogy megértsük, ha kezünkben vannak az atomi rendszerek törvényszerűségei, akkor az anyag földi halmazállapotában atomos szerkezetű lévén, lényegében nemcsak a fizika, hanem az összes természettudomány alapvető törvényszerűségeit ismerjük meg.

A mai fizikán belül két lényegesen különböző kutatási irányt tudunk megkülönböztetni. Az egyik irány fő célja olyan összetett tulajdonságok vizsgálata, amelyek bár atomi struktúrán alapulnak, annyira bonyolultan épülnek fel az atomokból, hogy azokat lehetetlen közvetlenül a kvantummechanikából levezetni, bár meggyőződésünk szerint, ha a megfelelő egyenleteket meg tudnánk oldani, helyes magyarázatot találnánk. E kutatási irány van közvetlen kapcsolatban a technikai fejlődéssel, e kutatási irány produkált olyan látványos eredményeket, mint a szupravezetés vagy a laserek, és ettől várjuk olyan alapvető problémák megoldását, mint pl. a magfúzióval történő energiatermelés.

A másik kutatási irányt a fizika belső törvényszerűségei teszik jogossá. Ez az irány tesz fel olyan alapvető kérdéseket, hogy hogyan alakult ki a Világmindenség, vagy hogy mi van az atomfizikán túl. Tudjuk, hogy az atom elektronokból és atommagból áll, az atommagok pedig protonokból és neutronokból, de tudjuk-e, hogy milyen a proton szerkezete, mi azoknak a nem elektromágneses erőknél a természete, amelyek kötve tartják az atommagban a semleges neutronokat és a pozitív töltésű protonokat és azokat, amelyek a neutron lassú elbomlásához vezetnek? S vajon az elektronon, protonon, neutronon kívül milyen elemi építőkövekben tud az energia „kicsomósodni”, milyen elemi részecskék vannak, milyen mértékben tekinthető „elemi részecskének” egy proton stb.?

Ezeket a problémákat vizsgálja, s próbálja a választ rájuk megtalálni az *elemi részecskék fizikája*. Rögtön meg kell jegyeznünk, hogy az atomon belül az elektronok, protonok és neutronok száma szigorúan állandó, az atomot elektromágneses és kvantummechanikai erők tartják össze, emiatt ha sikerül is választ adni az előzőekben felvetett kérdésekre, nem várhatjuk azt, hogy ugyanolyan látványos fejlődés küszöbére érkezzünk, mint a kvantummechanika felfedezése idején. Az atomi méretű rendszerekben azok építőköveit, a protont, a neutront és az elektront nagyon jó közelítéssel szerkezet nélküli objektumoknak tekinthetjük. Más szóval a proton szerkezete nem tükröződik közvetlenül vissza a földi élet mindennapi jelenségeiben, amelyeket az atomi méretű testek törvényszerűségei határoznak meg. (Ugyanakkor az anyag kvantummechanikán túli törvényeinek ismerete az anyag legalapvetőbb törvényeinek ismeretét jelenti.) A fizikus számára azonban a fenti kérdések ma éppen olyan izgalmasak, mint a húszas években volt az a kérdés, hogy miből áll az atom és milyen az atomot összetartó erők természete.

A proton szerkezetének kutatása rendkívül költséges. A kvantummechanika szerint egy p impulzusú elemi részecskéhez $\lambda = h/p$ hullámhossz tartozik, ahol h a Planck-állandó. Tekintettel arra, hogy az atommag sugara $10^{-11} - 10^{-12}$ cm, a proton sugara 10^{-12} cm, olyan részecskékkal tudjuk csak letapogatni a proton belső szerkezetét, amelyeknek hullámhossza 10^{-12} cm-nél kisebb. Ugyanúgy, ahogy a vízhullám is csak olyan objektumon szóródik lényegesen, amelynek mérete összemérhető a vízhullám hullámhosszával. Egy $\lambda \approx 10^{-13} - 10^{-14}$ cm hullámhosszúságú részecske impulzusa $p \approx h/\lambda \approx 10^{14}$ eV. Mivel a fénysebességhez közeli sebességgel száguldó részecskék energiája $E \approx pc$, ahol $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/s a fénysebesség, figyelembe véve, hogy $h = 4,14 \cdot 10^{-15}$ eV·s, ilyen kicsi hullámhosszal a 10–100 milliárd elektronvoltos felgyorsított részecskék rendelkeznek. Legalább 10 milliárd elektronvolt energiájú elektronokat kell a protonba belőni, hogy információt kaphassunk a proton belső szerkezetéről. (Történtek is ilyen kísérletek. Kiderült, hogy a proton szemcsézett szerkezetű, Feynman hasonlatával élve olyan, mint az eper: kicsi kemény magvacskák vannak a lágy húsba beágyazva, a magvacskákat partonoknak, vagy speciális esetekben kvarkoknak nevezik. De ugyanakkor még nem sikerült összetörni a protont. Az elektron még ilyen nagy energiájú ütközésekben is struktúra nélkülinek, azaz pontszerűnek tekinthető.) A 10 milliárd eV energia fantasztikusan nagy, ekkora mozgási energiával rendelkező részecske mozgási energiája 5 proton-antiproton pár keltésére elegendő (Einstein jól ismert $E = mc^2$, a tömeg és energia ekvivalenciáját kifejező képlete szerint). Ilyen nagy energiát csak óriás-gyorsítók segítségével lehet létrehozni, ilyen nagy energiájú részecskéket csak speciális detektáló berendezéssel lehet detektálni. Ezek a tények magyarázzák meg, hogy miért költséges a proton szerkezetének is általában az elemi részecskéknek a kutatása.

Az óriás-gyorsítók építésének és üzemben tartásának költségeit csak a nagy nemzeti jövedelemmel rendelkező országok képesek vállalni. A kisebb országok számára a nemzetközi tudományos együttműködés a járható út. Ennek megfelelően nemzeti szinten elsősorban a Szovjetunióban és az USA-ban folynak részecskefizikai kutatások, bár kisebb gyorsítók vannak Angliában, Olaszországban, Franciaországban és az NSZK-ban is.

A részecskefizika mellett a magfizikai és a nagy neutronfluxust igénylő szilárdtestfizikai kutatások is igen költségesek, éppen azért a KGST tagországok 1956 augusztusában arra az elhatározásra jutottak, hogy közös kutatócentrumot hoznak létre, amely lehetővé teszi, hogy a tagországok kutatói kivegyék részüket az élenjáró magfizikai és részecskefizikai kutatásokból, s ez az intézet egyben támogatást nyújtana a hazai kutatásoknak is. 1956. szeptember 23-án írták alá azt az egyezményt, amely a Moszkvától 120 km-re északra fekvő Dubnát jelölte ki a közös intézet helyének, s az intézet az *Egyesített Atomkutató Intézet* elnevezést kapta. Jelenleg az intézetnek 4000 alkalmazottja van, köztük több akadémikus (egy Nobel-díjas is: I. Frank). Az intézet igazgatója N. N. Bogoliubov akadémikus. Az intézet 6 laboratóriumból áll (Nagyenergiájú Fizika, Magproblémák, Magreakciók, Neutronfizika, Elméleti Fizika, Számítástechnika és Automatizálás), jól felszerelt tudományos könyvtára és technikai kiszolgáló apparátusa van. A tagországok: Bulgária, az NDK, a VDK, a KNDK, Mongólia, Lengyelország, Csehszlovákia, Románia, Magyarország és a Szovjetunió. Az intézet tudományos igazgatását nemzetközi tudományos tanács végzi és a tagországok közösen fizetik az intézet fejlesztési és fenntartási költségeit. Az intézet évi költségvetése jelenleg körülbelül 3000 millió forint. A nem szovjet munkatársak száma 450–550 körül mozog. A magyar kolónia általában 40–60 kiküldöttből áll (fizikusok, vegyészek, mérnökök). (A nyugat európai országok 1954-ben hoztak létre hasonló céllal nemzetközi intézetet, a CERN-et.)

Volt időszak, amikor a jelenleg is működő 10 milliárd elektrovolt (10 GeV) proton- és szinkrotron gyorsító volt a világ legnagyobb gyorsítója. (A Szovjetunióban az 1967-ben elkészült szerpuhovi 76 GeV-es szinkrotron a legnagyobb, amely 1972-ig volt a világ legnagyobb gyorsítója. Jelenleg a világon a második legnagyobb gyorsító. A világ legnagyobb gyorsítója jelenleg az 1972-ben üzembe helyezett 250 GeV-os szinkrotron, Bataviában, Chicago egyik elővárosában van.)

Nagyon sok jelentős tudományos eredmény született Dubnában, köztük magyar eredmények is. A dunai intézet részt vesz a Szerpuhovban folyó mérésekben (Szerpuhov 120 km-re délre van Moszkvától), így jelenleg magyar fizikusok is használhatják a 76 GeV-es szerpuhovi gyorsítót.

Az óriás-gyorsítók segítségével elvégzett szórás kísérletek kiértékelése igen nagy munka. A kiértékelésnek több olyan része van, amely a gyorsítótól távol, pl. Budapesten is elvégezhető, nem túl költséges berendezések és jó számítógép segítségével. Éppen ezért egyrésztől állandó kapcsolatban kell lenni a gyorsítót üzemeltető intézettel, ismerni és érteni kell a gyorsítón folyó munkát, másrésztől bizonyos időszakonként részt kell venni a gyorsítón folyó tényleges mérésekben is.

A magyar fizikusok tehát a Szovjetunióval és a KGST országokkal folyó tudományos együttműködés révén vesznek részt a részecskefizikai kutatásokban. Méréseket végeznek a dunai és a szerpuhovi gyorsítók segítségével, itthon pedig az ott szerzett tapasztalatok birtokában a kiértékelő munkát folytatják. A kiértékelt kísérleti adatok elméleti feldolgozása már az elméleti fizikusok feladata, s bár ez is elvégezhető a gyorsítóktól távol, a jó elméleti munkának elengedhetetlen feltétele a mérések állandó figyelemmel kísérése, tehát a gyorsítót üzemeltető intézettel való szoros együttműködés.