

AKTUÁLIS KUTATÁSI TÉMÁK A TERMÉSZETTUDOMÁNYOKBAN

Berényi Dénes
ATOMKI, Debrecen

Jól tudjuk, hogy a természettudomány megszületése óta sikereit jó részben annak köszönheti, hogy a kutatások során figyelmét bizonyos jól körülhatárolt jelenségekre irányítja – mondhatjuk – korlátozza. Ez az egyes kutatókra is érvényes. Ezt már sokan, sokféleképpen megfogalmazták. Így *Németh László* szerint: „A tudomány ... lassú, módszeres haladást kíván – a tudósnak le kell mondania a részletekért az egészről.” A Nobel-díjas *John C. Polányi* megfogalmazása hasonló: „A tudomány sikere részben látókörének szűkítéséből ered.”

Teljesen érhető tehát, hogy korunk fizikusa is szűkebb területekre összpontosít. A fizikában nemcsak az újabb és újabb tudományterületek különülnek el, de ezeken belül is az egyes kutatók, kutatócsoportok energiájukat egy-egy jól körülhatárolt jelenség, jelenségkör tisztázása érdekében koncentrálnak. Fiatalkutatók esetében sem lenne szerencsés, ha elvesznének egy-egy széles tudományterület eredményeinek, tudásanyagának megtanulásában valamilyen jól meghatározott jelenség kreatív tanulmányozása, pontosabban: kutatása helyett.

Ugyanakkor nagyon fontos, hogy a kutatási témákat megfelelő látókörrrel válasszuk ki. Tehát időnként, a tudományos pálya egyes szakaszain érdemes „megállni” egy kicsit és „széjjelnézni”, hogy hogyan és hol is állunk a természet megismerésében, melyek a fizikában és a természettudomány egészében a megoldatlan, kutatásra váró problémák. Azt természetesen senki sem tudja megjósolni, hogy az ezekre vonatkozó kutatásokban hol és milyen „átütő”, szemléletformáló eredmények fognak születni.

Afelől manapság már nemigen lehet senkinek kétsége, hogy korunkban nem vagyunk sem „az emberi tudás csúcán”, sem a „tudomány végén”, bár ez az elképzelés szinte minden kor kísértése volt az ókortól a középkoron keresztül a legújabb korig. A neves történész *J. Barzun* írja például, hogy „...a 18. század is végtelenül biztos volt abban, hogy birtokolja a tudás teljességét”. A 20. század nyolcvanas éveiben *Stephen Hawking* gondolta úgy, hogy a fizikai kutatás a lényegyet tekintve hamarosan a végéhez ér (nem először merült fel ez a fizika történetében). Ezt a nézetét később azután visszavonta. „Csúcspontról” meg éppen nem lehet szó, *Maddox* szerint, aki hosszú időn keresztül a híres *Nature* folyóirat szerkesztője volt: „A kopernikuszi elv érvényes a felfedezések történetére is; miként is képzelhetjük, hogy a tudomány a huszadik században érte el csúcspontját.”

Kolozsváron a szerző Babeş–Bolyai Tudományegyetemen történt tiszteletbeli doktortá avatásához kapcsolódóan fizikusok számára rendezett kerekasztal-beszélgetés bevezető előadásának magyar nyelvű, módosított változata.

Felmerülhet a kérdés, hogy a fizikusnak miért kell, vagy legalábbis érdemes messzebb, a fizika körein túl – a természettudomány egészére – néznie, a megoldatlan kérdések, az időszerű kutatási témák áttekintése során. Erre több oka is van. Annak ellenére, hogy „...a fizika szót arra tartjuk fenn ..., hogy vele a természettudomány magját jelöljük ...” (*Carl Friedrich von Weizsäcker*), a fizika törvényei az egész, így az élő természetben is érvényesek. „A tudományok ellentmondásmentes beágyazási rendszerében a fizika kétségtelenül az alap...” (*Konrad Lorenz*). Ma már nyilvánvaló, amit *Francis Crick*, a DNS szerkezetének egyik felfedezője állapított meg, „...hogya a biológia számos alapvető problémáját csupán a fizika és a kémia precíz gondolkodásának és módszereinek segítségével lehet megoldani”. Sőt, ezen túlmenően: „A modern hozzáállásnak új eleme továbbá, hogy *minden*¹ jelenség – a Világegyetem létezése, az élet ténye a Földön, az agy működése – fizikai magyarázatot követel” (*John Maddox*).

A fenti elvi jellegű megfontolásokon túl, főleg kis országok kutatói esetében² még az is lényeges, hogy az aktuális kutatási feladatok megoldásában általában együttműködésre van szükség: nemzetközi vagy kutatási területek közötti interdiszciplináris együttműködésre – esetleg mindkettőre.

Aktuális kutatási területek a természet kutatásában

Ahogy a természettudományokat, úgy a természet kutatásában megoldásra váró feladatokat is többféleképpen lehet osztályozni. Itt azt a módszert választottuk, hogy a kutatási témákat három nagy csoportban foglaljuk össze, ezek: a mikrovilág, a makrovilág és a „köztes” jelenségek kérdéskörei. Természetesen nem lehet köztük éles határt vonni, vannak kérdések, amelyek akár egyik, akár másik csoportba is besorolhatók lennének. Másrészt a kifejezett alkalmazásokra nem térünk ki, bár természetesen nem egy területen komoly átfedés van a kifejezetten alap- és alkalmazott kutatások között. Végül megjegyezzük, hogy az egyes csoportokban lényegében csak egy listát állítottunk össze, azaz az aktuális kutatási problémák felsorolásáról van szó. Ezek mindegyikéről külön tanulmányokat lehetne írni. Mondanom sem kell, hogy a szóban

¹ Kiemelés tőlem (B.D.).

² Megjegyezzük, hogy napjainkban nemcsak a részecskefizikában vagy a fúziókutatásokban, hanem számos más kutatási területen, például a csillagászatban, az űrkutatásban, az oceanográfiában, a meteorológiában még a legnagyobb államok is „kicsiknek” tekinthetők, mert nekik is nemzetközi összefogásra van szükségük a megfelelő kutatási feladatok megoldására.

forgó felsorolások nem tartanak igényt a teljességre és természetesen bizonyos személyes vonásokat is hordozhatnak. Végül jegyezzük meg, hogy minden tájékozódás és objektivitásra törekvés mellett elkerülhetetlenül egy fizikus szempontjait tükrözik.

Mikrovilág

A szót tulajdonképpen idézőjelbe lehetne tenni, mert valójában az atomi és a szubatomi jelenségekről van szó, amelyek a „mikronnál nagyságrendekkel kisebb” tartományban játszódnak le. Íme egy csokor a kutandó problémákból:

– *A kvantummechanika értelmezési kérdései.* Ezek közel egy évszázad után sem zárultak le, folynak az erre vonatkozó kísérletek és viták a mélyreható elméleti megfontolások mellett.

– *A részecskék összekapcsolódási (entanglement) problémái.* Ha két elemi részecske egyszer kapcsolatban volt, egymástól eltávolodva is kapcsolatban marad. A jelenség részleteit máig sem sikerült még tisztázni.

– *A Higgs-bozon kimutatása.* Ezen részecske létezésének bizonyítása alapvető fontosságú a részecskefizikai Standard modell szempontjából, a többi elemi részecske tömegének megmagyarázásához elengedhetetlen.

– *A szuperszimmetrikus részecskék felfedezése.* Elméletileg meglehetősen kidolgozott terület, eddig minden kísérleti bizonyíték nélkül.

– *A kvantum-gravitáció elméletének megalkotása.* Mindaddig nem sikerült a kvantummechanika és az általános relativitáselmélet összeegyeztetése, egységes elméletté formálása.

– *Az alapvető kölcsönhatások egységesítése.* Folynak az erőfeszítések a természet alapvető kölcsönhatásainak egybefoglalására.

– *A kvark-gluon plazma.* Elméleti jóslatok szerint nagy energiájú nehézion-ütközésekben várható keletkezése, de eddig kísérletileg ténylegesen nem sikerült kimutatni, csak rámutató jelzések vannak.

– *Exotikus atommagok.* Számos megvalósulásuk lehetséges, amikor egyes nukleonokat más barionokkal helyettesítünk, és kutatásuk még egyáltalán nincs kimerítve.

– *Dinamikus atomi és molekuláris fizika.* Az atomfizikának ebben az ágában az atomok és molekulák ütközése során tapasztalható viselkedésüket tanulmányozzuk.

Ha végignézzük a fenti témák sorát, nyilvánvaló, hogy mind a fizika területéhez tartoznak, annak is csak bizonyos ágaihoz.

Makrovilág

Az ide csoportosítható témák területe már sokkal szélesebb, helyet kap benne a csillagászat (annak különböző ágai), az asztrofizika, a kozmokémia, az űrkutatás.

– *Az Ősrobbanás kutatása.* Bár az Ősrobbanás ténye ma már megbízható és nagy pontosságú megfigyeléseken alapul, a részletekre vonatkozóan még sok a tisztázni való.

– *Gravitációs hullámok.* Közvetlen észlelésük eddig nem sikerült, vizsgálatuk közvetlenül az Ősrobbanás utáni Világegyetem állapotáról adhat ismeretet.

– *A Világegyetem szerkezete.* Kutatások folynak a galaxisok Univerzumon belüli elhelyezkedésének, csoportosulásainak megállapítására.

– *Sötét anyag és energia a Világmindenségben.* Az előbbit már régen kutatják, az utóbbit csak egy évtizede, de lényegében csak létezésük igazolása sikerült.

– *Exobolygók az utóbbi évtized egyik nagy felfedezését jelentik.* Föld-szerű bolygók kimutatása jelenleg a legfontosabb célkitűzés.

– *Nukleáris asztrofizika.* Az atommagjelenségek fontossága a csillagok belsejében jól ismert, de a részletekre vonatkozóan sok a tisztázni való.

– *Naprendszerünk bolygóinak kutatása* főleg űrszondákkal és automatikus kutató műszerekkel történik.

– *A fekete lyukak vizsgálata.* A rájuk vonatkozó elméleti megfontolások elég régi múltra tekintenek vissza, a megfigyelésükkel kapcsolatos problémák azonban még egyáltalán nem tekinthetők lezártaknak.

„Köztes” jelenségek

Ez az a gazdag kutatási terület, amelyik se a mikrovilághoz, se a makrovilághoz nem tartozik. Ide számíthatjuk a fizika bizonyos területeitől kezdve (pl. szilárdtestfizika, felületfizika stb.) a biológia különböző ágaival, de ide tartozónak tekintjük a Földre, az óceánokra vagy a légkörre vonatkozó kutatásokat is.

– *A Föld mélyégi folyamatainak kutatása* távolról se zárult le, számos megoldandó problémát rejt (pl. földrengések kutatása).

– *A Föld felszíni jelenségeinek kutatása,* beleértve például az oceanográfiát is.

– *A klíma és klímaváltozás jelenségei* – különösen a globális felmelegedéssel kapcsolatban – az érdeklődés előterében állnak.

– *A nem-lineáris jelenségek* – beleértve a káoszt – széles körben jelen vannak a természetben, és ismereteink ezekre a jelenségekre vonatkozólag távolról sem tekinthetők lezártaknak.

– *A kollektív jelenségek* – az atomok világától a biológián keresztül a társadalmi jelenségekig – megértése további intenzív kutatást igényel.

– *A felületi jelenségek* a legkülönbözőbb területen nagy fontosságúak, és további széleskörű kutatást igényelnek.

– *A nano-szerkezetek* és egyáltalán a nano-méretben lezajló jelenségek megismerése érdekében ma különösen nagy jelentőségű kutatások folynak.

– *A kvantum-számítógépek elméleti és kísérleti kutatása,* bár a „mikrovilágban” gyökerezik, a jövő számítógép-generációinak alapját képezheti.

– *Az intelligens robotok kutatása* számos más területtel kapcsolódik össze, de elsősorban az agykutatással.

– *A molekuláris elektronikus áramkörök* az elektronika és a számítástechnika jövőbe mutató irányát képviselik.

– *A bioelektronikus jelenségek* az összekötő kapcsolatot jelentik az elektronika és a biológia között.

– *A genetika, a genomkutatás* az utóbbi egy-két évtizedben különösen előtérbe került, de még távolról sincs befejezve.

– *Az összejtudomány* mind a természet megismerése, mind a gyakorlat szempontjából kitüntetett fontosságú.

– *Az agy és az idegrendszer természete és működése* nagyarányú interdiszciplináris együttműködés keretében folyik.

– *Az emberi lények viselkedésének sokirányú kutatása* tulajdonképpen az összekötő kapocs a természet- és a társadalomtudományok között.

Következtetések

Ha végigtekintjük az aktuális témákat, tulajdonképpen csaknem mindegyiknél felfedezhetjük, hogy művelésükhöz, megvalósításukhoz sok kutató együttműködésére, bonyolult kutatási kapcsolatok kiépítésére van szükség. A nagyberendezéseket: részecskegyorsítókat, teleszkópokat stb. igénylő kutatások legtöbbször nemzetközi kooperációt, és ezen belül számos technika és szakember együttműködését igénylik.

A nem nagyberendezéssel végzendő aktuális, korszerű kutatások általában komplexitásukkal, bonyolultságukkal tűnnek ki, ami legtöbbször több tudományág együttműködését igényli.

A jövő kutatásában tehát még az eddigieknél is fontosabb szerepe lesz a tudományos együttműködéseknek, közös kutatásoknak, a tudományos kapcsolatoknak.

A jövőben ezek szerint elkerülhetetlen lesz az is, hogy ezt a szempontot a tudományos fokozatok megadásánál figyelembe vegyék.

Irodalom

Az emberiség megoldatlan rejtélyei – Hol tart a tudomány? (főszerk. Bedi A.) Reader's Digest Kiadó, Budapest, 2004.

P. Davis: *Az ötödik csoda*. Vince Kiadó, Budapest, 2000.

E. Szabó L.: *A nyitott jövő problémája*. Typotex Kiadó, Budapest, 2002.

Huszonegy tudós a 21. századról. (szerk. Erdélyi A.) Tertia Kiadó, Budapest, 1999.

A következő ötven év. (szerk. J. Brockman) Vince Kiadó, Budapest, 2003.

J. Gribbin: *A tudomány története*. Akkord Kiadó, Budapest, 2004.

J. Maddox: *Ami a tudományban felfedezésre vár*. Vince Kiadó, Budapest, 2000.

J. Maddox: A felfedezések hömpölygő folyamata. *Természet Világa* 131 (2000) 98.

Tizenkét tudós a 21. századról. (főszerk. Szemenyei I.) Tinta Kiadó, Budapest, 2009.

A FIZIKA TANÍTÁSA

ANALÓGIÁK A FIZIKÁBAN ÉS SZEREPÜK A FIZIKA OKTATÁSÁBAN

Radnóti Katalin
ELTE TTK Fizikai Intézet

Írásunk első, bevezető részében általánosságban foglalkozunk az analógiával és a gondolkodásban, a megismerésben betöltött szerepével. Ezt követően bemutatunk néhány példát a fizika történetéből, majd az analógia fizika oktatásában betöltött szerepére koncentrálunk sok érdekes példa felhasználásával.

Az eredeti görög *αναλογος* kifejezés számok közötti viszonyt, összemérhetőséget, arányt jelentett. *Eukleidész* V. könyve a viszonyok hasonlóságaként értelmezi: „az arányosság” (*αναλογια*), „az arányok hasonlósága” olvasható a definíciók közt.

Az emberi gondolkodás alapvetően analógiás típusú, minden, számára új jelenséget már ismert kognitív struktúrákkal való analógia alapján ragad meg. Ez az a gondolkodásforma, amely a legjobban áthatja a megismerés más területeit, segíti a megértést, a fogalomelsajátítást és a problémamegoldást.

Két rendszer analóg, ha megfelelő részeik világosan megfogalmazható kapcsolataikban megegyeznek. Az analógiák előfordulnak a mindennapi gondolko-

dásban, a gondolkodás és a magyarázat eszközei, segítik a problémamegoldást, az új helyzet megértését a tanulásban és a tudományos felfedezésekben.

Az analógiával való gondolkodás a meglévő tudás felelevenítéséből áll, azért, hogy megértsük a számunkra ismeretlen, új információkat. Az analógia az emberi gondolkodás alapját képező mechanizmusok egyike. Minden értelmi cselekvés analógiás gondolkodást foglal magában, az analógia a kognitív képesség alapja, és az analógiás gondolkodás az intelligencia egyik fontos jellemzője. Az analógiák segítik az információk összekapcsolását és ezzel az átfogó, integrált tudásstruktúrák kiépítését [1].

A tudományban analógiát használunk akkor, amikor új hipotéziseket alkotunk, és amikor új tudományos közléseket vitatunk meg. Az analógiáknak nagy szerepe volt több fizikai jellegű felismerés létrejöttében. Írásunk következő részében a fizika történetéből keresünk példákat az analógiák alkalmazására. A klasszikus fizika megalkotói számos példát mutattak erre.