

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

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

LVI. évfolyam

3. szám

2006. március

MILYEN LENNE A VILÁG, HA A PLANCK-ÁLLANDÓ ZÉRUS VOLNA, A FÉNYSEBESSÉG PEDIG VÉGTELEN?

Lovas István

professor emeritus, Debrecen

Ezt a furcsának tűnő kérdést az indokolja, hogy *Albert Einstein* száz évvel ezelőtt publikált két olyan munkát, amelyek a fizikában a Planck-állandónak és a fénysebességnek különleges szerepet adtak. Többek között ez volt az oka annak, hogy a századik évfordulót a *Fizika Nemzetközi Éveként* ünnepeltük 2005-ben.

Mi történne, ha ezt a két állandót elkezdenénk folytonosan „hangolni”? Rövid töprengés után arra az eredményre jutunk, hogy nem történne semmi drámai. Amit kapnánk, az egy „elhangolt” világ leírását adná, amely csak kvantitatíven különbözne a mi világunktól, kvalitatíven alig. Sok olyan írás jelent meg az elmúlt száz év alatt, amelyek ilyen elhangolás segítségével próbálták emberileg közelebb hozni a kvantumelmélet és a speciális relativitáselmélet szokatlan következményeit. Itt most azt a kérdést tesszük fel, hogy mi történne, ha ezt az elhangolást ad abszurdum vinnénk. Más szóval azt kérdezzük, hogy mi történne, ha az emberi skálán mérve kicsiny Planck-állandót zérussal és a nagyon nagy fénysebességet végtelennel helyettesítenénk. Matematikailag fogalmazva, azt akarjuk megvizsgálni, hogy az elmélet értelmes paraméterei kompakt teret alkotnak-e, azaz, hogy a paraméterterhez hozzátartoznak-e a határpontok.

A címben megfogalmazott kérdésre a válasz a fizika-tankönyvekből kiolvasható.

Nézzük előbb az egyrészecskés kvantummechanikát! A legtöbb tankönyv tartalmazza annak bizonyítását, hogy a $\hbar = 0$ esetben visszakapjuk a klasszikus mechanika Newton-féle elméletét. Ez pedagógiailag rendkívül fontos eredmény! Azt bizonyítja ugyanis, hogy a Newton-mechanika „jó”, nem kell elvetni! A kvantummechanika a klasszikus mechanikának csupán az érvényességi határát jelöli ki a mikrovilág irányában.

Nézzük ezután a relativisztikus mechanikát! A legtöbb tankönyv ugyancsak tartalmazza annak bizonyítását, hogy a $c = \infty$ esetben visszakapjuk a klasszikus mecha-

ka Newton-féle elméletét. Ez pedagógiailag ugyanolyan fontos eredmény, mint az előző! Arra világít rá, hogy a Newton-féle mechanika „jó”. Korrekcióra csak akkor szorul, ha a mozgás sebessége megközelíti a fénysebességet.

Az itt idézett két, széles körben ismert, pedagógiailag nagyon fontos tényt sokszor úgy értelmezik, hogy ha a Planck-állandó helyébe zérust, a fénysebesség helyébe viszont végtelent helyettesítenénk, akkor visszakapnánk azt az emberszabású „klasszikus világot”, amelyben mi, emberek otthon érezzük magunkat.

Ez azonban tévedés! Az alábbiakban ezt kívánjuk bebizonyítani.

Nézzük először a sokrészecskés kvantummechanikát. Közismert, hogy egy részecske x helykoordinátájához szükségképpen hozzátartozik egy Δx helybizonytalanság, és hasonlóképpen a p_x impulzuskomponenshez egy Δp_x impulzusbizonytalanság. A kvantummechanika egyik alaptörvénye kimondja, hogy a két bizonytalanságra érvényes a

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar/2$$

Heisenberg-féle bizonytalansági reláció. Hasonló relációk érvényesek az y és a z komponensekre is.

Egy részecske állapota jól meghatározott (azaz jobban már nem tudjuk meghatározni), ha mindhárom relációban az egyenlőséggel érvényes. Szorozzuk össze a három egyenletet:

$$\Delta x \Delta y \Delta z \Delta p_x \Delta p_y \Delta p_z = (\hbar/2)^3.$$

Innen leolvashatjuk, hogy egy szabad részecske állapota akkor van jól meghatározva a kvantummechanikában, ha a hatdimenziós fázistérben éppen egy $(\hbar/2)^3$ térfogatú tartományban helyezkedik el. Ha a szóban forgó részecske $1/2$ spinű fermion, akkor érvényes rá a Pauli-féle kizárási elv, amely kimondja, hogy egy jól definiált kvan-

tumállapotban legfeljebb egy részecske foglalhat helyet. Az $\frac{1}{2}$ spinű részecskének összesen 2 különböző spinállapota van. N darab fermion esetén tehát fennáll az

$$N \leq 2 V V_p / (\hbar/2)^3$$

egyenlőtlenség, ahol a térbeli térfogatot V -vel, az impulzustérbeli térfogatot V_p -vel jelöltük. Ez az egyenlőtlenség azt fejezi ki, hogy a részecskék száma nem haladhatja meg a lehetséges kvantumállapotok számát. Tegyük fel, hogy a részecske-rendszer (kinetikus) energiája korlátos. Ekkor az impulzustérfogata is korlátos. Ha növeljük a részecskék N számát, akkor szükség szerű, hogy növekedjen a rendszer V térfogata. Ezt minden kőműves tudja: „Ha több téglát építek be, akkor nagyobb falai lesznek a háznak.”

Ez a gondolatmenet végigkövethető kötött sokrészecske-rendszerek (molekulák, atomok, atommagok stb.) esetén is, amelyeknél az egyes részecskék diszkrét kvantumállapotokat foglalnak el. Az eredmény természetesen ugyanaz.

Ezek után feltehetjük a kérdést: mi történik, ha \hbar helyébe zérust helyettesítünk? A választ az utolsó képletből olvashatjuk le. Tetszőlegesen kicsiny V térfogatban tet-

szőlegesen nagy N számú részecske „fér el”. Ez azt jelenti, hogy a fermionok elveszítik az építőköz szerepet. Nem lehet belőlük sem molekulát, sem atomot, sem atommagot építeni, következésképpen Déva várát sem. A részecskékből nem lehet térbeli struktúrát létrehozni.

Nézzük most az elektrodinamikát! Amint az közismert, a *Maxwell* által megfogalmazott „klasszikus” elektrodinamika azonos a relativisztikus elektrodinamikával. Elég tehát a Maxwell-egyenletekre hivatkozni. Ha c helyébe végtelent helyettesítünk, akkor az elektrodinamika egyenletei szétesnek az elektrosztatika és a magnetosztatika független egyenleteire. Ezeknek az egyenleteknek nincsenek időfüggő megoldásai. Ezek szerint az eseményeket, ha eseményekről egyáltalán lehetne beszélni, nem lehet idő szerint rendezni. Közérthetően fogalmazva: nincs történelem.

Összefoglalva megállapíthatjuk tehát, hogy, ha \hbar zérus lenne c pedig végtelen, akkor struktúra nem jöhetne létre sem térben, sem időben. Az ilyen világ tehát nem lenne az az emberszabású Világ, amelyben azért vagyunk, „hogy valahol otthon legyünk”, ahogy azt *Tamási Áron* mondta.

Kelt Debrecenben, a *Fizika Nemzetközi Évének* végén.

A CASSINI–HUYGENS ŪRMISSZIÓ LEGÚJABB EREDMÉNYEI A SZATURNUSZNÁL

Bebesi Zsófia
MTA KFKI RMKI

Az amerikai (NASA, *National Aeronautics and Space Administration*), az európai (ESA, *European Space Agency*), valamint az olasz (ASI, *Agenzia Spaziale Italiana*) űrügynökség által létrehozott Cassini–Huygens szondapár 2004. július elsején pályára állt a Naprendszer második legnagyobb bolygója, a Szaturnusz körül. A Cassini keringő egység a tervek szerint 4 évig kering a Szaturnusz körül, hogy ott minden korábrinál részletesebb tudományos vizsgálatokat végezzen. A Huygens leszállóegység 2005. január 14-én sikerrel landolt a bolygó legnagyobb holdja, a Titán felszínén.

A szondapár 1997. október 15-én indult útjára a Szaturnuszhoz. Az űrmisszió megtervezésében és megépítésében összesen 17 ország¹ vett részt, köztük hazánk is. Magyarország képviseletében az MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézetének munkatársai a Cassini fedélzeti műszerei közül a plazmaspektrométerhez (CAPS), valamint a magnetométerhez (MAG) készítették földi ellenőrző berendezéseket, szoftvereket és kalibráló berendezéseket, így ezen műszerek tudományos adataival kutatócsoportunk is dolgozhat.

¹ A Cassini–Huygens űrmisszió létrehozásában közreműködő országok: Amerikai Egyesült Államok, Franciaország, Németország, Olaszország, Anglia, Hollandia, Ausztria, Finnország, Norvégia, Svédország, Magyarország, Írország, Spanyolország, Csehország, Svájc, Dánia és Belgium.

A Cassini–Huygens szondapár fedélzeti műszerei

A Cassini–Huygens minden idők legjobban felszerelt űreszköze, melyet összesen 27 különféle tudományos vizsgálat elvégzésére terveztek [1]. A Cassini keringő egység fedélzetén 12, a Huygens leszállóegységen pedig 6 tudományos műszert helyeztek el.

A Cassini fedélzeti műszerei (1. ábra) két nagyobb csoportba sorolhatók: ezek a távérzékelők, valamint a helyben mérő (*in situ*) tér- és részecske-detektorok. A távérzékelők közé tartoznak az optikai (képalkotó alrendszer; 380–1100 nm), az ultraibolya (UVIS; 55–190 nm), valamint az infravörös (CIRS; 7–1000 μ m) kamerák és spektrométerek. A napszél, valamint a Szaturnusz mágneses terében áramló töltött részecskék irány- és energiaeloszlását leképező magnetosferikus képalkotó berendezés (MIMI; 15 keV – 130 MeV) és tömegspektrométerek (CAPS; 1 eV – 50 keV, INMS; 0,01–100 eV) mérik. A fedélzetén egy kozmikus poranalizátor is található, mely a Szaturnusz környezetében (elsősorban a gyűrűrendszerben és a holdak közelében) fellelhető porszemcsék mennyiségét és összetételét elemzi.

A Huygens leszállóegységen helyet kapott egy atmosféra-elemző berendezés, egy aeroszolgyűjtő és -párologtató, egy gázkromatográf és tömegspektrométer műszer, egy szélességmérő, egy képalkotó és spektrális sugár-