

## Az „elemi” részecskék kettős természetéről

SZABÓ GÁBOR

A mikrofolyamatokat leíró kvantummechanika az elmúlt néhány évtized alatt jelentős eredményeket ért el. Így, például, feltárta az „elemi” részecskék kettős természetét. A mikrovilág tudattól független létezését, objektivitását és megismerhetőségét részben vagy egészben kétségbe vonó különböző idealista irányzatok egy része éppen az „elemi” részecskék kettős természetének meg nem értésén, torz felfogásán alapul.

### *Az „elemiség” fogalmáról*

Régebben elemi olyan anyagrészt értettek, amely egyszerű, oszthatatlan, átalakulásra nem képes. Hosszú időn keresztül a kémiai elemek legkisebb részecskéit, az atomokat tekintették elemieknek.

A radioaktivitás, az elektron stb. felfedezése alapján azonban kiderült, hogy a korábban eleminek hitt atom bonyolult struktúrájú, tovább bontható, és át is alakul más atommá. Világossá vált, hogy az atomok nem „elemiek”, nem végső elemei az anyagnak.

E felfedezések után az elemiség fogalmát az atomok alkotórészeire (elektronra, protonra, neutronra), továbbá azokra a részecskékre vitték át, amelyeket a tudomány pl. a különböző sugárzásokban megtalált.

De egyre inkább kísérletileg is alátámasztottá válik, hogy ezek az ún. „elemi” részecskék, még az elektron is, nem beszélve a nehéz részecskékről, igen bonyolult belső struktúrával rendelkeznek. Ez különösen akkor tapasztalható, ha különböző energiaállapotoknál vizsgáljuk őket.

Igaz, hogy a tudomány jelenlegi állása nem igazolja, hogy pl. egy elektront még kisebb részecskék alkotnak. De az viszont már teljesen ismert, hogy egy ún. alfa-részecske milyen kisebb részecskékből áll.

Ismeretes pl. e részecskék olyan tulajdonsága, mint — meghatározott körülmények között — a kölcsönös átalakulás képessége. Mondhatjuk, hogy éppen ez az „elemi” részecskék legjellemzőbb tulajdonsága. Ismeretes, hogy pl. az atommagot alkotó protonok és neutronok állandóan kölcsönösen átalakulnak egymásba, ennek folyamán részben vagy egészben elveszítik individuális természetüket, a köztük levő kölcsönhatást pi-mezonok közvetítik. Így tehát az a jellemzés, hogy „elemiek, mert nem alakulnak át”, sem illik rájuk.

Mindezek alapján azt mondhatjuk, hogy az „elemi” régi fogalma jobban különbözik az „elemi” mai fogalmától, mint a régi atomfelfogás a maitól. A ma még eleminek tekintett mikrorészecske azért „elemi”, mert még nem ismerjük belső struktúráját; azért „elemi”, mert — bizonyos feltételek mellett — egységet alkot; más feltételek, más energiaállapot mellett azonban nem bizo-

nyul egységnek, „eleminek”; ilyenek csak azon energiaállapot mellett tekint-  
hető, amelynek függvényében vizsgáljuk. Az „elemi” részecskék kölcsönös  
átalakulását illetően pedig: ma már az átalakulásoknak számos formája  
ismeretes.

### *A korpuszkuláris és a hullámtulajdonság*

A tudományban hosszú ideig az a felfogás uralkodott, hogy a fény kor-  
puszkulárból áll. Később ezt az értelmezést háttérbe szorította a fény hullám-  
természetéről szóló magyarázat, ezzel egyidejűleg az anyagot — élesen el-  
választva a fénytől — csak diszkrét természetűnek tartották. A XIX. század  
végén, a XX. század elején azonban kísérletileg is igazolást nyert, hogy a fény  
a hullámtermészet mellett korpuszkuláris, diszkrét tulajdonságot is mutat  
(fotonokból áll). A továbbiak során pedig kiderült, hogy az addig csak kor-  
puszkulárisnak vélt egyéb sugarak sem csak diszkrét jellegűek, hanem hullám-  
természetűek is. Kiderült, hogy a korpuszkuláris és a hullámtulajdonság  
között nincs áthatolhatatlan válaszfal, merevnek tekintett ellentétüket fel-  
kellett váltani a reálsan létező egységük elismerésével.

A fény, valamint a megismert „elemi” részecskék vizsgálata során  
számos tény szólt amellet, hogy a fény és az „elemi” részecskék *egyidejűleg*  
hullám- és korpuszkuláris természetűek. A fénytörés, az interferencia, a diff-  
rakció és a polarizáció amellet szóltak, hogy a fény elektromágneses hullám.  
Más kísérleti tények viszont — a fotoelektromos effektus, a fénykibocsátás,  
a fényelnyelés — a részecsketulajdonság, azaz amellet szóltak, hogy a részecs-  
kék mint egységes egészek hatnak, és nem függenek egymástól. Mindig az  
objektív körülmények szabják meg: a fény hullám- vagy korpuszkuláris  
természete dominál-e.

Lássunk röviden egy-egy példát. Említettük, hogy a hullámtermészet  
mellett szól pl. a fény interferenciája. Az interferencia abban áll, hogy hullámok  
találkozásukkor erősítik vagy gyengítik egymást; bárhol is fordul elő a ter-  
mészetben, azt jelzi, hogy ott hullámsajátosság létezik. A fény korpuszkuláris  
természetét igazolja pl. a fotoelektromos effektus. Ha fényt bocsátunk vala-  
mely fémre, akkor a fény elektronokat szakít ki belőle. Az erősebb fény  
többet, a gyengébb kevesebbet. A kiváltott elektronok sebessége azonban  
mind erős, mind gyenge fény esetében azonos, csak a fény színétől — azaz a  
rezgésszámától — függ. Ezt a jelenséget egyedül a hullámelmélettel nem lehe-  
tett magyarázni, csak a korpuszkuláris elmélet segítségével, amely szerint a  
foton átadja energiája egy részét az elektronnak úgy, mint mikor két rugalmas  
golyó ütközik. Ha a foton rezgésszáma, tehát energiája nagyobb, nagyobb a  
kiváltott elektron sebessége is.

Compton kutatásai nyomán az is ismeretessé vált, hogy az energia-  
átadás impulzusátadással is együtt jár. A foton energiája (rezgésszáma) kisebb  
lesz az ütközés után, a differenciát átadta a kilépő elektronnak. Az elektron-  
kiváltás iránya függ attól a szögtől, amellyel a foton az ütközés folytán eredeti  
irányától eltér. Minél nagyobb a szóródás szöge, annál inkább csökken a foton  
rezgésszáma, illetve megnő hullámhossza (Compton-hatás). Ezt a jelenséget  
nem magyarázza sem a csak korpuszkuláris, sem a csak hullámsajátosság,  
hanem a korpuszkuláris és a hullámsajátosság egysége, a kettős természet együt-  
léte, elválaszthatatlansága. (A fény kettős természetének igazolására Jánossy  
Lajos vezetésével hazánkban is folynak kísérletek, ezekre később visszatérünk.)

Louis de Broglie 1925-ben feltételezte, hogy nemcsak a fényrészecske, hanem a többi elemi részecske is kettős természettel rendelkezik. Gondolatmenete a következő volt: a foton energiája kifejezhető a következő módon:  $E = h\nu$ , de az energiát ki lehet fejezni így is:  $E = mc^2$ . Ebből következik, hogy a foton impulzusa,  $mc = \frac{h\nu}{c}$ ; de ez kifejezhető a  $\frac{h}{\lambda}$ -val. Tehát az impulzus kifejezhető mind a korpuszkuláris, mind a hullámsajátosságon keresztül. ( $E =$  energia,  $m =$  tömeg,  $c =$  fénysebesség,  $\nu =$  a hullám rezgésszáma,  $\lambda =$  hullámhossz,  $h =$  Planck-féle állandó.)

Ha a részecske tömege  $m$ , sebessége  $v$ , akkor impulzusa  $mv$ , ami egyenlő  $\frac{h}{\lambda}$ -val. Innen  $\lambda = \frac{h}{mv}$ . Ez azt jelenti, hogy egy  $m$  tömegű  $v$  sebességű részecske  $\frac{h}{mv}$  hullámhosszúságú hullámként is viselkedhet.

De Broglie elméletét a kísérleti tények teljes egészében igazolták. Így Davisson és Germer, majd Tompson, Tartakovszkij és mások kimutatták az elektron hullámtulajdonságát is.

(Elméletileg minden test hullámtermészetű is. De a  $\lambda = \frac{h}{mv}$  képlet szerint a — nagy  $m$  értékű — makrotestek esetében a  $\lambda$  értéke oly csekély, hogy nem is kell figyelembe venni. Viszont az „elemi” részecskénél, ahol  $m$  kicsi, a  $\lambda$  értéke nagy lesz: tehát nem lehet elhanyagolni. Ezért is jelent a kettős természet lényeges különbséget a makro- és a mikrovilág között. Másrészt ebből is érthető, hogy a makro- és a mikrovilág között ebben a vonatkozásban sincs éles határvonal.)

Compton kísérletei annak idején csapást jelentettek Bohrnak az energiát illető idealista elképzelésére. Bohr ugyanis azt állította, hogy a hullám nem visz magával energiát, tehát az atomi tárgyak területén nem érvényes az energia megmaradásáról szóló egyetemes törvény. Azóta már ismeretessé vált, hogy az energia kapcsolatban áll a hullámsajátossággal is. Az energiaváltozás is egyenlő a Planck-féle állandó és a rezgésszám szorzatával, amiből következik, hogy a rezgésszám szigorúan meghatározott, nincsen tetszőleges hullámhossz.

A kísérleteket, amelyek — mint láttuk — arra utaltak, hogy a hullám- és a korpuszkuláris sajátosságok egyaránt jellemzik az „elemi” részecskéket, a kutatók máig sem értelmezik egységesen. A kvantummechanika története során különböző elképzelések születtek.

### *A kettős természet idealista eltorzítása*

Egy régebbi felfogás szerint (E. Schrödinger) a mikrotárgyak tulajdonképpen csak hullámsajátossággal rendelkeznek, a korpuszkuláris jelleg csak a kezdeti hullámok interferenciájának az eredménye (hullámcsomag). Ész szerint a korpuszkuláris részecskejelleg nem állandó, nem stabil tulajdonsága a mikrotárgyaknak. Az azóta végzett kutatások azonban bebizonyították, hogy az „elemi” részecskék közül a foton, az elektron és a nukleon igen stabil részecskék.

Egy másik felfogás szerint (N. Bohr, W. Heisenberg) a mikrotárgyak csak korpuszkuláris képződmények, a hullámsajátosság pedig csak a műszer és a mikrotárgy közötti ellenőrizhetetlen kölcsönhatás eredményeként — tehát

csak szubjektíve — érzékelhető.<sup>1</sup> A hullámtermészet tehát nem létezik reálisan, csak a mérések eredményeinek valószínűségét meghatározó matematikai függvény formájában mutatkozik meg. Ebben a felfogásban „... az anyag-hullám fogalmát teljesen absztrakt, formális matematikai módon kezdték értelmezni. Az anyag-hullámot 'nem érzékileg észrevehető valaminek', hanem matematikai szimbólumnak fogták fel. Itt bevonult az idealizmus az anyag-hullám-elméletbe, amely eredetileg nem tartozott hozzá. Kölcsönkérték a filozófusoktól a 'mintha' (als ob) gondolatát. Úgy viselkedik, 'mintha' hullám volna...” Ez az idealista értelmezés elméleti kifejezést nyert Born hipotézisében, amely a 'valószínűség-hullámok' fogalmának szubjektív értelmezésén keresztül formalizálja, matematikai absztrakcióvá alakítja át az anyag-hullámot.<sup>2</sup>

Bár a kvantummechanika fejlődése során mind újabb bizonyítékok támasztották alá a kettős természetet, a fenti felfogásokhoz újabb és újabb idealista magyarázatok kapcsolódtak.

Az idealista nézetek egyik csoportja egyszerűen az „elemi” részecskék objektív létezését próbálja tagadni, így náluk fel sem merül a kettős tulajdonság objektív létének problémája. Így pl. A. March (1957-ben elhunyt osztrák fizikus) szerint a modern fizika fejlődése az „elemi” részecskék „deszubsztancializálódásának” a folyamata; ezek a részecskék csak tiszta formák, „szubsztancia nélküli” struktúrák. A modern fizika területén — szerinte — a materializmus szelleme kudarcra van ítélve.<sup>3</sup> Mások (pl. P. Jordan és V. Lenzen) csak „észkonstrukciónak” tekintik a mikrorészecskék létezését, s ezt — szerintük — éppen a kettős természet igazolja. Véleményüket filozófiai érvekkel is igyekeznek alátámasztani. „Amikor arról beszélnek, hogy az atomfizika forradalmat váltott ki a filozófiában — írja Reichenbach —, akkor éppen a korpuszkula és a hullám dualizmusának elképzelt következményeit veszik tekintetbe.”<sup>4</sup>

A kettős természet jó alkalmat nyújt egyes idealista filozófus-fizikusok számára, hogy az „elemi” részecskék objektív realitását felcseréljék a „megfigyelhetőséggel”; szerintük a létezés = megfigyelhetőség.

Itt azonban két különböző, egymástól teljesen eltérő kérdésről van szó. A mikrorészecskék világában valóban nem tudunk egyszerűen, szabad szemmel megfigyelni különböző folyamatokat; nem tudunk olyan modellt sem felállítani, amely pontosan szemléltetné a korpuszkuláris és a hullámjellegét. Mindez azonban nem bizonyíték az objektív lét ellen.

Mások nem tagadják a részecskék objektív létezését, de a kettős természetet nem tartják reálisan létezőnek. P. Dirac pl. ezt írja: „A hullámokat és részecskéket úgy kell nézni, mint két absztrakciót, amelyek hasznosak egy és ugyanazon fizikai realitás leírásánál. Nem szabad azonban azt gondolni, hogy a reális fizikai világban léteznék akár hullám-, akár részecske-tulajdonság.”<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Az utóbbi időben Bohr elvetette az „ellenőrizhetetlenség” elvét.

<sup>2</sup> Fogarasi Béla: Logika. Akadémiai Kiadó, 1958., 4. kiad. 455. o.

<sup>3</sup> A. March: Das neue Denken der modernen Physik. Rowolth, 1957. Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen. Braunschweig, 1955.

<sup>4</sup> H. Reichenbach: La signification philosophique du dualisme ondescorpuscules. 1953.

<sup>5</sup> P. Dirac: Основы квантовой механики (A kvantummechanika alapjai). 1932. 10. o.

Dirac szerint a kettős természet csak a mikrofolyamatok leírására szolgáló alkalmas fogás.

Az idealizmus talaján álló filozófusok és fizikusok közül azonban a legtöbben nem mindkét (korpuszkuláris és hullám-) sajátosság objektív létezését vonják kétségbe, hanem csak az utóbbit, csak szubjektívnek, a tudatban meglevőnek fogva fel. Ez a felfogás található J. Jeans műveiben, ez figyelhető meg W. Hume-Rothery „Elektronok, atomok, fémek és ötvözetek” c. könyvében és másoknál. Jeans így ír erről: „... a hullámok nem a természetből erednek, hanem a mi erőfeszítésünkől, hogy a természetet megértsük.”<sup>6</sup> Úgy akarja megoldani a problémát, hogy mind az idealizmust, mind a materializmust „kielgítse”. Szerinte: „... a részecskék anyagiak, a hullám azonban valószínűség, tehát szellem.”<sup>7</sup> Később teljesen behődöl az idealizmusnak: „A hullámok uralkodnak a részecskék felett, vagy a régi kifejezésmódon szólva, a szellemi uralkodik az anyagi felett.”<sup>8</sup> W. Hume-Rothery pedig, említett könyvében, ezt írja: „Az elektronhullámok nem valamiféle anyag hullámozásai. Az elektronhullámok merő matematikai függvények, amelyekkel kiszámíthatjuk, hogy mi a valószínűsége annak, hogy az elektront a különböző helyeken találjuk... ezek a hullámok csak az egyenletek szemléltetésének eszközei, és tényleges fizikai létük nincsen.”<sup>9</sup>

A mai pozitivisták (pl. R. Carnap) szerint, függetlenül attól, hogy milyen sajátosságok léteznek a valóságban, hogyan zajlanak le a különböző mikrofolyamatok, az a fontos, hogy találjunk megfelelő szavakat s ezeknek megfelelő sorrendet a megfigyelés eredményeinek kifejezésére. Azt hangoztatják, hogy a fizikának nincs is szüksége olyan létező dolgok pontos értelmezésére, mint pl. az elektronok, elektromágneses hullámok stb. Ezeket, csak mint jeleket kell felfogni, amelyeknek az a funkciójuk, hogy velük a megfigyelés eredményeit kifejezzük.<sup>10</sup> Ehhez hasonló álláspontot képvisel Ph. Frank, aki arról ír, hogy „... az elektron bizonyos fizikai értékek összessége, amelyeket azért vezetünk be, hogy felállhassuk azon elvek rendszerét, amelyekből a mérőműszereink által mutatott értékek levezethetők”.<sup>11</sup> A neopozitivisták szerint tehát nem az objektív realitáson és a megismerésen van a hangsúly, hanem a megfigyelhetőségen és a mérés folyamatában megfigyeltek leírásán.

Újabb az „elemi” részecskék kettős természetét nemcsak a szubjektív, hanem az objektív idealizmus alátámasztására is felhasználják. Különösen megfigyelhető ez W. Heisenbergnél, aki korábbi szubjektív idealista nézeteiről az objektív idealizmus talajára csúszik át, és a modern fizika legújabb eredményeit Platon idealizmusával házasítja össze (Bohr pedig Hegelhez próbál visszatérni).

Heisenberg újabb elgondolásai szerint a modern fizikában — hasonlóan a platóni felfogáshoz — nem a tartalom, hanem a forma játssza az elsődleges szerepet. Nem az a fontos, hogy maga az objektív anyagi valóság milyen, hogy az „elemi” részecskék korpuszkuláris- és hullámtulajdonsággal rendelkeznek-e, hanem az őket leíró, tulajdonságaikat jellemző matematikai formula

<sup>6</sup> Jeans: Az új világnézet. Dante, 1944. 170. o.

<sup>7</sup> Fogarasi: I. m., 436. o.

<sup>8</sup> Idézi Fogarasi, i. m. 436. o.

<sup>9</sup> W. Hume—Rothery: Elektronok, atomok, fémek és ötvözetek. Bp. 1955. 47. és 49. o.

<sup>10</sup> L. R. Carnap: Foundations of Logic and Mathematics.

<sup>11</sup> Ph. Frank: Foundations of Physics. 1946. 54. o.

az elsődleges. „Hasonlóan Platón elgondolásaihoz, úgy látszik, hogy e látszólag oly bonyolult elemi részecskékből és erőterekből álló világ alapja: egy egyszerű, kristálytiszta matematikai struktúra” — írja.<sup>12</sup>

A matematika szerepének ilyen eltúlzása elfogadhatatlan. A matematikai formulák, egyenletek eszközök az objektív anyagi valóság összefüggéseinek leírására, és csak abban az esetben helyesek, elfogadhatók, ha megegyeznek az objektív anyagi valósággal és objektív összefüggéseivel. Heisenberg — mint látjuk — ezt úgy fordítja meg, mintha az objektív anyagi valóság, az „elemi” részecskék, kettős tulajdonságuk, az erőterek egy nem anyagi „egyszerű, kristálytiszta matematikai” struktúra megnyilvánulásai lennének.

Az idealizmus képviselői közül sokan felhasználják az „elemi” részecskék kettős természetének eltorzított, a valóságtól eltérő értelmezését saját agnoszticizmusuk igazolására. Ebben a vonatkozásban különösen a Heisenberg-féle „határozatlansági reláció” jön segítségünkre, amely kimondja, hogy a mikrorészecskék — éppen kettős természetük miatt — objektíve nem rendelkeznek egyidejűleg pontos helykoordináta és impulzusértékekkel. Ebből azután levonják azt a következtetést, hogy a kettős természet kizárja a mikrovilág további megismerését, a „határozatlansági reláció” megismerőképességünk elvi határát jelzi, amelyet sohasem tudunk átlépni.

A tudomány története azonban azt bizonyítja, hogy az objektív világ megismerésének folyamata, ha vannak is közben fennakadások, kitérések, csak előrehalad, túljut az abszolútnak tartott határokon, felfogásokon. (Az atom is oszthatónak bizonyult, a klasszikus fizika pedig a mikrorészecskék világában átadta helyét az új fizikának.) A mai fizikában ezt az az irányzat mutatja, melyet L. de Broglie, D. Bohm, J. Vigier, J. P. Terleckij és mások képviselnek, akik a kvantumozás szintnél mélyebben igyekeznek megismerni a jelenségeket.

### *A kettős természet és a dialektikus materializmus*

A dialektikus materializmus alapvető tétele, hogy az egész anyagi világot, a dolgokat, a jelenségeket úgy fogja fel, ahogyan a maguk valóságában léteznek. Minthogy a valóságban a dolgok, a jelenségek mozgásban, változásban vannak, ellentmondásos oldalakkal rendelkeznek; a helyes megismerésre csak az vezet, ha ezeket figyelembe vesszük. A modern fizikában számos jelenség teljesen érthetetlen lenne, ha nem úgy vizsgálnánk őket, mint az ellentétek egységét. Sz. I. Vavilov akadémikus ír arról, hogy a régi fizika olyan nagy ellentétei, mint a folytonos és a nem folytonos, a korpuzzkula és a hullám, a fizikusok előtt, a XX. század új felfedezései nyomán, egymástól elszakíthatatlan egységben mutatkoztak.<sup>13</sup>

Ez az „elemi” részecskékre is vonatkozik. A mikrovilág jelenségeinek helyes, a valóságnak megfelelő feltárását, megismerését is a kettős természet egyidejű, objektív, reális létezésének elismerése teszi lehetővé.

Az az ellentét, hogy az „elemi” részecskék korpuzzkuláris és hullámtulajdonsággal rendelkeznek, a dialektikus materializmus számára nem meglepő, mert tudja, hogy a világ bármely jelensége ellentmondásos oldalakat rejt magában, amelyek azonban egymástól elválaszthatatlanok, egységet alkotnak.

<sup>12</sup> W. Heisenberg: Planck felfedezése és az atomelmélet alapvető filozófiai kérdései. Valóság, 1959. 2. sz. 48. o.

<sup>13</sup> L. Успехи физических наук. XXVI. Кöt. 2. 1944. 124. o.

Nem arról van szó, hogy az egyik részecske csak hullám-, a másik pedig csak korpuszkuláris tulajdonsággal rendelkezik, nem is arról, hogy a részecskék egyszer csak a korpuszkuláris-, máskor pedig csak a hullámsajátossággal rendelkeznek. Mindkét tulajdonsággal egyszerre, egyidejűleg rendelkeznek. E két ellentétes tulajdonságnak, e két ellentmondó oldalnak az „elemi” részecskén belüli együttléte adja a mikrorészecskék minőségét: azt a minőséget, amely eltér a makrotetek minőségétől.

Az anyag különböző formái — közöttük a mikrorészecskék is — egy sor dialektikus ellentétet rejtnek magukban, ezek egyike éppen a korpuszkuhullám egymást kölcsönösen feltételező egysége. A makrovilágban is találkozunk ezzel az ellentéttel, itt azonban el lehet tekinteni vagy a korpuszkuláris-, vagy a hullámtulajdonságtól. A mikrovilágban azonban ugyanúgy nem választhatók el egymástól, mint pl. a folytonos — nem folytonos, a részecske — antirészecske s más dialektikus ellentétpárok.

A modern fizika és a dialektikus materializmus e téren elért eredményei a tudomány előrehaladását, fejlődését bizonyítják. A tudomány fel tudta fedni — magának az objektív valóságnak megfelelően — a korábban egymást kizáró korpuszkuhullám ellentétet, s feltárta — bár még nem minden vonatkozásban — ezen sajátosságok ellentéte mellett az egységüket, elválaszthatatlan kölcsönkapcsolatukat is.

A fizikusok előtt jelenleg, a többi között, az a feladat áll, hogy olyan kísérletet vagy olyan szemléltető modellt állítsanak fel, amely szintetizáltan tudná bemutatni a két sajátosság egyidejű létezését. Ez a kérdés az utóbbi években különösen előtérbe került. Nálunk Jánossy Lajos ír le egy interpretációt, amely szintetizálná a két tulajdonságot. Az ő értelmezése szerint a fény kisugárzása kvantumos, a kvantum azonban — a kisugárzás megtörténte után — az elektromágneses tér formáját veszi fel. Ez az elektromágneses tér csak az elnyelődésig létezik, az elnyelődés folyamatában a kvantum ismét mint részecske, mint foton jelenik meg.<sup>14</sup>

A fény kettős természetére vonatkozó kutatásokat Jánossy és munkatársai tovább folytatva, újabb eredményekhez jutottak. Egy kísérletsorozat során a következőket tapasztalták: 1. Elektronsokszorozó katódjára fotonokat bocsátva, fotoelektronok emittálódnak. Ezek regisztrálása, megszámlálása pontosan utalt a fotonok egyenkénti érkezésére. 2. Fénynyalábot, félig átlátszó tükör közvetítésével két komponensre bontva, elektronsokszorozóra juttatnak. A fotonok ráesési időpontjából kimutatható, hogy nem hasadnak ketté. 3. Egy fent leírt tükör segítségével fénynyalábot ugyancsak két komponensére bontottak, de a komponenseket egy-egy tükör segítségével visszaverődítették a félig átlátszó tüdőre, ahonnan azután egy harmadik irányba haladó pályán a komponensek egy része egyesült, interferenciák keletkeztek. A harmadik pálya útjában elhelyezett elektronsokszorozó az interferencia-csíkok világos pontjain sok, sötétebb helyein pedig kevés elektront mutatott ki.

E kísérletek együttesen igazolták a fény kettős természetét. Az első és második kísérlet azt igazolta, hogy a fény fotonokból áll (korpuszkuláris), s a fotonok külön-külön, nem pedig párokban jönnek. A harmadik kísérlet pedig a hullámtulajdonságot bizonyította.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> L. Jánossy Lajos tanulmányát a Вопросы причинности в квантовой механике (Az okság kérdései a kvantummechanikában.) c. kötetben 297—301. o. 1955.

<sup>15</sup> Jánossy Lajos: A fény kettős természetének problémája. Természettudományi Közönlöny, 1961. 9. sz. 388—390. o.

V. A. Fok arról ír, hogy léteznek olyan körülmények, amikor a korpuszkuláris és a hullámsajátosság egyszerre észlelhető, de nem élesen: „... az atomban kötött elektron hullámfüggvénye állóhullám-jellegű, az atom centrumától való távolodással gyorsan csökkenő amplitudóval. Ez egyrészt azt jelenti, hogy az atom közelítően lokalizált (korpuszkuláris tulajdonság), ugyanakkor részben hullámsajátosságokat mutat.”<sup>16</sup>

A kettős természet egyidejű és egyenértékű létezésére vonatkozó kísérletek még nem teljesen befejezettek. Nem tudjuk még teljes élességgel kimutatni egyetlen részecske példáján a kettős tulajdonságot. Az idealizmus, elsősorban a pozitívizmus, ezt a jelenlegi nehézséget használja ki a dialektikus materializmus ellen: tagadja annak lehetőségét, hogy teljes pontossággal kimutassuk mindkét tulajdonság egyidejű létezését. Ezzel kapcsolatban állítják fel az úgynevezett „komplementaritás-elvet”.

A modern fizika eredményei azonban nem a pozitívizmus vagy más idealista irányzat felfogását támasztják alá. „Az atom és a mikrorészecskék modern elmélete azon az úton fejlődik, amely ... a kettős, de egymással egységben levő korpuszkula- és hullámtermészet eszméjének a megerősítéséhez vezetett a fizikában. A matéria, vagyis az anyag és a mező sem nem részecske, sem nem hullám — abban az értelemben, ahogyan a klasszikus fizika értette —, sem a kettő keveréke; az anyag egyidejűleg rendelkezik a részecskékre és a hullámokra jellemző tulajdonsággal.”<sup>17</sup> Ez az elméleti haladás látható G. Heber és G. Weber német fizikusok munkájában, akik az objektív tényeket tudomásul véve, semmiféle hamisítást, torzítást meg nem engedve, eljutnak a helyes állásponthoz a kettős természetet illetően. Elismerik a kettős tulajdonság objektív, egyidejű létezését, a pozitivisták álláspontját pedig elvetik.<sup>18</sup> Sok tudós eltávolodik korábbi — gyakran szélsőséges — idealista nézeteitől, pl. L. de Broglie, N. Bohr és mások. Az „elemi” részecskék fizikájának — és a fizikának általában — a fejlődését továbbra is elsősorban azok a nézetek fogják elősegíteni, amelyek elismerik az anyag — és így a mikrorészecskék — objektív létét, objektív ellentétességük egységét.

<sup>16</sup> A modern természettudományok filozófiai problémái. Akadémiai Kiadó, 1962. 274. o.

<sup>17</sup> M. E. Omeljanovszkij: Дialeктическое противоречие в современной микрофизике (Dialektikus ellentmondás a modern mikrofizikában). Voproszi Filozofii, 1958. 10. sz. 68. o.

<sup>18</sup> L. G. Heber és G. Weber: Grundlagen der modernen Quantenphysik. I. 1956. 55—56. o.

## О ДВУЕДИНОЙ ПРИРОДЕ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ

*Габор Сабо*

В последние десятилетия квантовая механика добилась значительных результатов, раскрывая, между прочим, двуединую природу «элементарных» частиц. Именно с этим связана часть идеалистических извращений.

Данные частицы элементарны не в том смысле, что они уже неделимы и неспособны превращаться, как это думалось раньше об атоме. Они «элементарны», потому что при определенных условиях — т. е. в таких энергетических состояниях, в зависимости от которых они рассматриваются — они составляют единство. В то же время, как на это указывает ряд обстоятельств, они обладают сложной внутренней структурой. Таким образом, было бы ошибочно абсолютизировать понятие об их «элементарности».

Около в начале настоящего столетия, на основе многочисленных экспериментальных фактов было открыто, что свет обладает как корпускулярным так и волновым свойствами. Явления распространения, отражения и интерференции света как и другие — свидетельствовали о волновой природе света; а фотоэлектрический эффект, излучение и поглощение света — о его корпускулярной природе. Луи де Бройль расширил определение по двуединой природе света на электрон и другие «элементарные» частицы. Позже и эта гипотеза была подтверждена экспериментально.

Для многих физиков и философов, однако, казалось непривычным, что бы частица имела как корпускулярную так и волновую природу. Поэтому одна часть философов-идеалистов и естествоведов, стоящих на почве идеалистической философии, повергали сомнению объективное существование или микрочастиц или же двойной природы, утверждая, что последняя в действительности не существует, а является только пригодным приемом для описания микропроцессов. Многие отрицают объективное существование волнового свойства, воспринимаемая его субъективным, существующим только в сознании; по их мнению волна — это только математическая функция, выражающая вероятность результатов измерения. В последнее время делают попытки использовать двойную природу «элементарных» частиц для подтверждения не только субъективного, но и объективного идеализма. С этим взглядом мы встречаемся у В. Гейзенберга, рассматривающего математические формулы, описывающие свойства и поведение «элементарных» частиц, как основу мира, состоящего из «элементарных» частиц и силовых полей.

В противоположность идеалистическим взглядам диалектический материализм утверждает, что в вещах скрываются внутренние противоречия, о чем свидетельствует и двуединая природа «элементарных» частиц. Корпускулярное и волновое свойства существуют вместе и одновременно в каждой микрочастице, и оба существуют реально и объективно. Этим и дано качество микрочастиц, отличающееся от качества макроскопических тел. Такой является объективная действительность в мире «элементарных» частиц, и истинное познание возможно лишь тогда, когда соблюдаются оба свойства, противоположные, но составляющие единство. В этом смысле воспринимаются частицы атома многими физиками и учёными.

## ABOUT THE DOUBLE CHARACTER OF THE "ELEMENTARY" PARTICLES

*Gábor Szabó*

In the course of the recent decades, quantum mechanics has achieved considerable results, revealing, among others, the double character of the "elementary" particles. It is exactly with this discovery, that the distortions of some of the idealistic conceptions are connected.

These particles are elementary not in the sense, as it was thought of the atom previously, — that they cannot be divided and are not capable of any transformation. They are elementary, because, under certain circumstances — under the energetic conditions in whose function they are examined — they form a unity. At the same time, as it is indicated by a number of other signs, they have a complicated, inner structure. Thus, it would be a mistake to absolutize the notion of "elementarity".

About the turn of the century, it was discovered — and proved by numerous experimental facts — that light has corpuscular and wave properties. The extension and reflection of light, interference and other phenomena, spoke in favour of the wave-character of light, while photoelectric effect, emission and absorption — in favour of its

corpuscular property. The statement about the double character of light was extended by Louis de Broglie to the electron and other "elementary" particles as well. Later on, this hypothesis, too, was proved experimentally.

Many physicists and philosophers, however, thought it unusual that a particle should have both corpuscular and wave properties. For this reason, the philosophers of idealism and a part of the natural scientists standing on the base of idealistic philosophy refused to believe the objective existence either of the microparticles or that of the double character, asserting that the latter does not exist in reality, but it is a suitable device to describe micro-processes. Most of them deny the objective existence of the wave-character, declaring that it is subjective and exists only in the mind. In their opinion, the wave is only a mathematical function denoting the probability of the results of the measurements. In recent times, it has been attempted to make use of the double character of the „elementary” particles in order to support not only subjective, but also objective idealism. We can see this in the case of W. Heisenberg, who regards the mathematical formulas describing the properties and behaviour of the "elementary" particles as the basis of the world consisting of "elementary" particles and fields.

In opposition to the idealistic conceptions, dialectical materialism states that there are inner contradictions concealed in things, which is proved also by the double character of the "elementary" particles. The corpuscular and wave-properties are present simultaneously in every microparticle, both existing objectively, in reality. This brings about the quality of microparticles, different from that of macro-bodies. Such is the objective reality in the world of the "elementary" particles, and correct cognition can be arrived at only by taking into consideration both properties which, though contradictory, form a unity. The atomic particles are interpreted in this way by many scientists.