

TANULMÁNYOK

A kvantummechanika elveinek filozófiai tartalma

MÜLLER ANTAL

Napjainkban a fizikai megismerés problémáival foglalkozó filozófiai irodalom túlnyomó többsége az elemi részekkel kapcsolatos kérdéseket tárgyalja, ami kétségtelenül annak a jele, hogy a filozófusok lépést kívánnak tartani a fizika fejlődésével. Ez a törekvés mindenképpen elismerésre méltó, úgy gondoljuk azonban, hogy az elemi részek fizikájával kapcsolatos filozófiai problémák eredményes kutatása feltétlenül megköveteli egyrészt a kvantummechanikának az elemi részek fizikájától való világos ismeretelméleti elhatárolását, másrészt a kvantummechanika elveinek és eredményeinek összefoglaló filozófiai értelmezését is.

Véleményünk szerint ugyanis az elemi részek fizikája ugyanolyan alapvetően különbözik szemléletmódjában a kvantummechanikától, mint ez utóbbi a klasszikus fizikától. Mint ismeretes, a kvantummechanikának a klasszikus fizikától való alapvető eltérése egyrészt abban nyilvánul meg, hogy az előbbiben a kölcsönhatások folytonossága helyett a kvantáltság érvényesül, másrészt pedig abban, hogy a klasszikus fizikában különösként előforduló statisztikus, valószínűségi jelleg a kvantummechanikában alapvető, általános. Ami mármost az elemi részek fizikájának és a kvantummechanikának a különbségét illeti, itt is két alapvető mozzanatot találunk. Egyrészt míg a kvantummechanikában a mikroobjektumok száma és minősége egy adott folyamat során állandó, az elemi részek fizikájának a tárgya éppen a különböző elemi részek kölcsönös egymásba alakulása, illetve keletkezése és eltűnése. Másrészt, míg a kvantummechanikában a korpuszculák az erőterektől — szoros kölcsönhatásuk ellenére is — relative jól elhatárolt „szubsztrátumok”, addig az elemi részek fizikájában egyáltalán nem lehet e két létezési forma közé éles határt vonni, sőt felvetődik annak a lehetősége is, hogy a korpuszculák az erőtereknek (a mezőknek) csupán speciális esetei. Mindezek a fizikai különbségek — sajátos formában — filozófiai szinten is tükröződnek.

A kvantummechanika tapasztalatai hozzásegítenek igen sok filozófiai kategória egzakt tartalmi kifejtéséhez (véletlen, okság, szükségszerűség, törvényszerűség, determinizmus stb.), illetve objektív természetük feltáráshoz. Mielőtt az elemi részek fizikájának problémáihoz nyúlnánk, maradéktalanul ki kell aknázni a kvantummechanika nyújtotta filozófiai általánosítási lehetőségeket, különös tekintettel arra, hogy az elemi részek fizikája — úgy tűnik — még távolabb visz a klasszikus makrofizikában kialakult és megszokott, közvetlen tapasztalaton alapuló szemléletes megismerési módszerektől, s ezért benne döntő szerep jut a logikai (matematikai) módszereknek.

Mint ismeretes, már a kvantummechanikához kapcsolódó idealista filozófiai interpretációk többsége is azt a körülményt használta fel kiindulópont-

nak, hogy a fentebb említett filozófiai kategóriák klasszikus természettudományi tartalma ellentmondásba került az új, mikrofizikai tapasztalatokkal, s hogy e kategóriáknak az új tapasztalatok filozófiai általánosítása alapján történő továbbfejlesztését filozófusaink többsége elmulasztotta, csupán az idealista konkluzióknak a dialektikus materializmus általános elveivel történő bírálatára szorítkozva. A szóban forgó filozófiai kategóriáknak, illetve a dialektikus materialista ismeretelméleti szemléletnek a modern fizika tapasztalatai, eredményei alapján történő továbbfejlesztésére irányuló legsikeresebb próbálkozás — véleményünk szerint — V. A. Fok¹ munkáiban található. A potenciálisan lehetséges objektív mikrofizikai szerepének meghatározásával Fok kijelölte azt az utat, melyen a modern fizika filozófiai interpretálásának haladni kell. Két korábbi tanulmányunkban² megkíséreltük Fok interpretációját konkretizálni, illetve néhány fogalomnak — a véletlen kölcsönhatásnak és a kölcsönhatási szintek viszonyának — új értelmezése alapján továbbfejleszteni oly módon, hogy lehetővé váljék a kvantummechanika elveinek és eredményeinek részletes ismeretelméleti analízise, illetve az említett filozófiai kategóriák korszerű megfogalmazása. E feladatok elvégzését kíséreljük meg jelen tanulmányunkban, miközben elsősorban Fok idézett munkájára, valamint saját korábbi cikkeinkre támaszkodunk.

*

Mielőtt a kvantummechanika elveinek részletes filozófiai elemzéséhez fogunk, röviden összefoglaljuk azokat a konklúziókat, melyeket korábbi tanulmányainkban elértünk, s amelyeket a soron következő fejtegetéseknél kiindulópontként kívánunk felhasználni.

1. A kölcsönhatások véletlen jellege nem ismereteink fogyatékoságának a következménye, hanem objektív viszony, vagyis a véletlen nem ismeretelméleti, hanem lételméleti kategória.

2. Az egyes kölcsönhatási szintek — jóllehet szoros és sokoldalú kapcsolatban állhatnak egymással — a bennük érvényesülő minőségileg eltérő objektív törvényszerűségek következtében relatív önállósággal bírnak, vagyis az egyes kölcsönhatási szintek folyamatainak lényegét nem lehet más szintek törvényszerűségeire visszavezetni, még akkor sem, ha tárgyi vonatkozásban fedik egymást (például a molekulák dinamikai együttese és a gáz).

3. A „klasszikus” kvantummechanikai folyamatokban három lényeges kölcsönhatási típust különböztethetünk meg:

A típus: az adott objektum minőségi meghatározottságát biztosító alapvető (belső) kölcsönhatások.

B típus: a kérdéses objektumnak az állandóan változó környezettel való kapcsolatát kifejező véletlen jellegű kölcsönhatások.

C típus: a mérési típusú kölcsönhatások, melyek a **B** típusú kölcsönhatások spektrumát olyan mértékben korlátozzák, hogy a klasszikus állapotjelzők — legalábbis egy-egy paraméter vonatkozásában — a kérdéses mikroobjektumon értelmezhetővé, illetve mérhetővé válnak.

¹ V. A. Fok: A kvantummechanika interpretációjáról. A modern természettudományok filozófiai problémái. Akadémiai Kiadó, 1962. 265—293. és 695—698. o.

² Müller A.: A valószínűség és a kvantummechanikai állapot ismeretelméleti kérdéseiről. Magyar Filozófiai Szemle 1964/6. sz.; Müller A.: A mérési kölcsönhatás mikrofizikai szerepéről. Uo. 1965/4. sz.

4. Az objektumok kvantumfizikai állapota mint potenciálisan lehetségest a klasszikus értelemben vett állapotjelzők egész sokaságát (halmazát) tartalmazza, a valószínűségi eloszlásukat az **A** és **B** típusú kölcsönhatások által meghatározott állapotfüggvény sajátérték spektruma tükrözi.

5. A mérőberendezés — vagy, általánosabban, a mérési típusú kölcsönhatások — a potenciálisan lehetséges állapotjelzők egy intervallumát vagy egyikét realizálják, mégpedig oly módon, hogy egyiknek a valószínűségét a többinek a rovására a bizonyosságig növelik.

6. A fenti okok miatt a mikrofolyamatok méréstől független leírása nem lehetséges.

E tételek indoklását, illetve részletes kifejtését illetően az idézett tanulmányainkra utalunk.

1. A részecskék számának és minőségének állandósága

A klasszikus, nem relativisztikus kvantumfizika egyik alapvető feltételezése, hogy a folyamatok során a szereplő részecskék száma és minősége nem változik. Ez fizikailag két momentummal magyarázható. Az egyik: a kvantummechanika által leírt folyamatokban valóban olyan részecskék szerepeltek, melyek nagyfokú stabilitást mutattak (proton és elektron); ezek egyébként az általában rendkívül változékony elemi részecskék együttesében az elemi részek modern elmélete szerint is a stabilitás reprezentánsai.³ A másik ok az, hogy a tapasztalathoz igazodó formalizmus nem is tette volna lehetővé az elemi részek száma és minősége változásának értelmezését, illetve nem nyújtott módot ilyen irányú következtetésekre. A részecskék változó számára vonatkozó első logikai következtetések, illetve tapasztalatok Dirac elektronelméletével kapcsolatosak (lyukelmélet, elektron-pozitron pár), a probléma azonban csak a kvantumelektrodinamikában, illetve az elemi részek elméletében nyert általános megoldást, ahol is feladták a részecskeszám állandóságának elvét, s a részecskék számát a formalizmusban is időtől függő operátorok kombinációjával fejezik ki.

Ami a probléma ismeretelméleti oldalát illeti, nyilvánvaló, hogy a kvantummechanika és az elemi részek elmélete minőségileg különböző kölcsönhatási szinteket ír le. Mint egyik korábbi tanulmányunkban már utaltunk rá, az előbbi által leírt kölcsönhatási szintre jellemző, hogy sem a környezet véletlen hatásait reprezentáló **B** típusú kölcsönhatások, sem a mérés, illetve általában a **C** típusú kölcsönhatások, nem képesek megváltoztatni a vizsgált objektum alapvető karakterét meghatározó (hordozó) **A** típusú kölcsönhatások együttesét. Ezzel szemben az elemi részek fizikája által leírt jelenségeknél nyilvánvalóan fellépnek olyan kölcsönhatások is — nevezzük ezeket a továbbiakban **D** típusú kölcsönhatásoknak —, melyek képesek megváltoztatni az objektum alapvető karakterét, vagyis az **A** típusú kölcsönhatások együttesét.

Bár e tanulmány csupán a kvantummechanika filozófiai analizisét tűzte ki céljául, mégis elkerülhetetlennek tartjuk az elemi részek fizikájára történő utalást, mivel csakis ez ad lehetőséget az egész koncepció heurisztikus erejé-

³ A proton és elektron stabilitása a baryon, illetve elektromos töltés megmaradási törvényére vezethető vissza. Mindkét részecske a megfelelő töltés elemi mennyiségének a hordozója, így — igen ritkán — csak akkor bomlanak, ha ellentétes töltésű párjukkal, antiprotonnal, illetve pozitronnal találkoznak.

nek felmérésére. A kvantummechanika dialektikus materialista filozófiai értelmezésére irányuló többféle interpretáció⁴ között ugyanis — mint Blohincev találóan jegyzi meg⁵ — csak úgy lehet döntení, ha megvizsgáljuk, hogyan „viselkednek” azokra a területekre való átmenetnél, amelyeken maga a kvantummechanika már elégtelennek bizonyul, vagyis elsősorban az elemi részek fizikájának a területén. Mint az előző bekezdésben láttuk, a Fok koncepciójára épülő interpretációnk — D kölcsönhatás-típus bevezetésével — teljesen logikus átmenetet ad a kvantummechanikából az elemi részek fizikájába. Azt, hogy az ilyen kölcsönhatás-típus feltételezése nem fikció, nem pusztán spekuláció, nyilvánvalóan bizonyítja, hogy az elemi részek kölcsönös egymásba alakulásának és az erőtterekkel való kölcsönhatásuknak már ma is több konkrét formáját ismerjük.

2. A korrespondencia elv

Amikor nyilvánvalóvá vált, hogy a kölcsönhatások kvantáltsága a mikrovilág általános fizikai tulajdonsága, számot kellett adni egyrészt arról, hogy a végső fokon mikroobjektumokból felépülő makrotestek kölcsönhatási szintjén miért nem tapasztalható ez a kvantáltság, másrészt arról, hogy miért érvényesülnek elvben tetszőleges pontosságú eredményeket szolgáltató dinamikai törvények a makrofizikában, mikor a makrotesteket alkotó mikroobjektumok törvényei statisztikus jellegűek. Konkrét példák elemzése⁶ azt mutatta, hogy a makrofizikai folyamatoknál azért nem kell a kölcsönhatások kvantáltságára tekintettel lenni, s azért lehet a dinamikai törvények háttérben valójában meglevő statisztikus ingadozásokat elhanyagolni, mivel az $E = \hbar\nu$ alapján számolt energiakvantumok a makrofizikai folyamatokban szereplő kölcsönhatási energiákhoz képest elhanyagolhatóan kicsik. Ezt a szituációt fogalmazta meg Bohr általánosabb formában mint korrespondencia elvet a következőképpen: a kvantumfizika törvényeit olyan módon kell megfogalmazni, hogy klasszikus határesetben ($\hbar \rightarrow 0$), amikor a folyamatban igen sok kvantum szerepel, a fizikai paraméterek középértékének meghatározására szolgáló klasszikus egyenletekbe menjenek át (Ehrenfest tétele). Ez az elv a mikrofizika szempontjából igen termékenynek bizonyult, mivel a kvantáltság, a hullámrészecske dualizmus, valamint a kvantum-törvényszerűségek statisztikus jellegének figyelembevételével csaknem egyértelműen meghatározta a kvantumelmélet jellegét, fejlődését.⁷ Mint ismeretes, ezt az elvet a relativitáselmélet és a klasszikus fizika viszonylatában is érvényesítették, s ma a fizikai megismerés egyik általános elvének kell tekintenünk.

Nem érdektelen a korrespondencia elvből levonható filozófiai konklúziók, illetve ismeretelméleti általánosítási lehetőségek elemzése sem. Ezt az analízist több szempontra is indokolja.

a) Kétségtelen, hogy a korrespondencia elv jelentősen hozzájárult az olyan törekvésekhez, melyek a kvantummechanika területén nagyobb szerepet kívántak tulajdonítani a klasszikus fogalmaknak, mint amekkorát valójában játszanak. Ezek a törekvések részben abban nyilvánultak meg, hogy egyes fiziku-

⁴ Blohincev felszólalása a természettudományok filozófiai kérdéseivel foglalkozó össz-szövetségi konferencián. A modern természettudományok filozófiai problémái. Id. kiad. 518. o.

⁵ Uo. 520. o.

⁶ Erre vonatkozóan lásd pl. D. Бом: Квантовая теория Изд. Nauka, 1965. 43—44. o.

⁷ Uo. 45. o.

sok és filozófusok a korrespondencia elvben kifejeződő ismeretelméleti folytonosságot egyúttal fogalmi és szemléletmódbeli folytonosságnak tekintették, s ennek alapján a mikrofizikai folyamatok statisztikus jellegét is éppúgy burkoltan laplace-i determinizmusnak kívánták értelmezni, mint azt a klasszikus statisztikus fizika esetén tették. (Véleményünk szerint e csoportba tartozik minden olyan törekvés, mely a rejtett paraméterek bizonyos, szintelméleti megfontolások, továbbá a klasszikus fizika és a kvantummechanika formális analógiái alapján valamiféle mechanisztikus „determinista” fizikai és filozófiai interpretációra törekszik.) Más fizikusok és filozófusok viszont — teljesen hasonló megfontolások alapján — úgy értelmezték a klasszikus fogalmak és szemléletmód mikrofizikai alkalmazhatóságának problematikus voltát, hogy az objektumok tényleges tulajdonságainak megismerése csak a klasszikus határesetben lehetséges, míg a mikrofizika területén nem. Lényegében tehát a korrespondencia elvben kifejeződő folytonosságot úgy értelmezték, hogy a dolgok objektív tulajdonságainak megismerése azonos a klasszikus fogalmakkal történő leírással, s mivel ez a mikroobjektumok esetében nem lehetséges, ezek nem ismerhetők meg. (E csoportba elsősorban a kvantummechanika koppenhágai értelmezéséhez kapcsolódó filozófiai interpretációk tartoznak.)

b) A korrespondencia elv — bár közvetlen formában a klasszikus fizika és a kvantummechanika kapcsolatát fejezi ki — általános filozófiai tartalommal is bír, amely természetes módon illeszkedik a dialektikus materialista ismeretelméletbe.

Mindenekelőtt tekintsük az egyetemes összefüggés és kölcsönhatás kérdését. A szaktudományi megismerés során az egyes eseményeket vagy eseménycsoportokat leíró tudományos diszciplínákat a kérdéses tudomány — adott esetben a fizika — többé-kevésbé önálló részeinek tekintjük. Ez részben annak a következménye, hogy egyrészt maguk az objektív törvények is relative önálló kölcsönhatási szinteken érvényesülnek, másrészt annak, hogy felismerésük eleve bizonyos fokú elhatárolást, idealizálást, a környezettel való kölcsönhatások figyelmen kívül hagyását kívánja meg. Ugyanakkor az egyes kölcsönhatási szintek törvényei valamilyen formában mindig tükrözik az alsóbb szintek sajátosságait, törvényeit is. Valamely szint relatív minőségi önállósága mindig az alsóbb szintek lényeges tulajdonságainak közvetett, tükröződése. Például a gázok esetében azért beszélhetünk konkrét hőmérséklet-, nyomásstb. értékekről, mert a molekulák rendezetlen mozgása következtében a molekuláris szintű ingadozások kiegyenlítik egymást. Hasonlóképpen — mint láttuk — a makrotestek azért bírnak folyamatosnak tekinthető kölcsönhatási paraméterekkel, mert a kölcsönhatásaikban szereplő nagy számú kvantum ingadozásai statisztikusan kiegyenlítődnek. Tehát a szintek között — viszonylagos önállóságuk mellett — az egyetemes összefüggés és kölcsönhatás tételével összhangban igen szoros kapcsolat, bizonyos értelemben vett folytonosság is létezik. Ezt hivatott kifejezni a korrespondencia elv azon követelménye, hogy a mikrofizikai leírásnak határesetben a klasszikus leírásba kell átmennie.

A dialektikus materialista ismeretelmélet a természet megismerését folyamatnak tekinti, egyrészt abban az értelemben, hogy egy adott folyamat megismerése a jelenség szférájától a mélyebb összefüggései felé való haladás, másrészt pedig abban az értelemben, hogy az emberi megismerés az objektív valóság mind szélesebb körét, mind mélyebb kölcsönhatási szintjeit tárja fel. (Ez utóbbi mozzanat pl. egészen nyilvánvalóan látszik az anyag fizikai szerkezetének megismerése során — a makrotestek mechanikájától az elemi-

részek kölcsönhatási folyamatáig, vagy például az emberi szervezet megismerésében az anatómiától a molekuláris genetikáig.) Az ilyen, egyre mélyebb szintet feltáró megismerési folyamatnak a jellemzője, hogy a mélyebb szint megismerése rendszerint olyan kérdésekre is feleletet ad, melyek már az előző szinten felvetődtek, de ezen még nem voltak megválaszolhatók. Természetesen bármilyen jelentős fogalmi vagy szemléletmódbeli változást hoz is az új szint megismerése, minden esetben a korábbi ismeretekre épül. Ez is jelzi, hogy az egyes kölcsönhatási szintek között ismeretelméleti folytonosság van, ami részben nyilvánvalóan a szintek objektive meglévő strukturális folytonosságának a tükröződése. Speciálisan a mikrofizikai megismerés esetén a makro- és a mikroszint között ezen objektív folytonosságon kívül még külön kapcsolatot létesít az a tény, hogy a mikrofolyamatokról csakis a makroszkópikus mérőberendezések segítségével szerezhethetünk empirikus ismereteket. Ilyen körülmények mellett tehát többszörösen indokolt követelmény, hogy a makro- és a mikrofizika között érvényesüljön a korrespondencia elv.

c) A korrespondencia elv azonban nemcsak az egyes tudományos diszciplínák — illetve az általuk leírt kölcsönhatási szintek — bizonyos értelmű folytonosságát fejezi ki, hanem relatív minőségi önállóságukat is; az egyes diszciplínák törvényeinek átmenetét egy másik diszciplína törvényeibe ugyanis mindig olyan határátmenetekhez köti, melyek az adott szint fogalomrendszerének, illetve szemléletmódjának az alapját képezik. Például a kvantummechanika egyenletei akkor azonosulnak a klasszikus dinamika egyenleteivel, ha $\hbar \rightarrow 0$, ami pedig éppen a kvantummechanika alapelveinek és alapvető tapasztalatának, a kölcsönhatások kvantáltságának elhanyagolását jelenti. Vagy: a relativitáselmélet egyenletei akkor azonosulnak a klasszikus dinamika egyenleteivel, ha $v \ll c$ ez pedig éppen a relativisztikus effektusok elhanyagolását jelenti, melyek akkor válnak jelentőssé, ha $v \rightarrow c$. A korrespondencia elv tehát nemcsak az egyenletek formális kapcsolatát fejezi ki, hanem az egyes diszciplínák fogalmi, szemléletmódbeli különbségét is. Mintegy rámutat a változás azon csomópontjaira, ahol a jelenségek mind mélyebb megismerése során az egyik kölcsönhatási szintről a másikra lépünk.

Az elmondottak alapján indokoltnak tűnik a korrespondencia elvnek a kvantummechanika és a klasszikus fizika viszonyán túlmutató általánosítása. Mint ismeretes, a klasszikus fizikán alapuló szemlélet problémánk szempontjából lényeges vonása, hogy a makrotárgyak jó közelítésben abszolút individuumok, és hogy tulajdonságaik a megismerés módjától, illetve eszköztől függetlenek. Ezzel szemben a mikrofizikában (a B típusú kölcsönhatásokban kifejeződő véletlen jellegű környezeti hatás miatt) az objektumok „kvázi-individuális” jellegűek, s konkrét állapotjelzőjük a mérés módszerétől, illetve eszköztől is függ. Interpretációnkban ez a viszony a következőképpen fejeződik ki: klasszikus fizikai folyamatokban az objektum állapotát az A típusú kölcsönhatások határozzák meg, a B és C típusúak elhanyagolhatók. Mikrofizikai folyamatokban pedig A, B és C együttesen határozzák meg az objektum konkrét állapotát. Interpretációnk tehát akkor azonosul a klasszikus fizikán alapuló szemléletmóddal, ha $B \rightarrow 0$ és $C \rightarrow 0$, ami láthatóan a korrespondencia elv.

Egy lépéssel még tovább is mehetünk, amennyiben az elemi részek fizikájának a kvantummechanikához képest új elvét, az objektumok számának és minőségének változását egy D kölcsönhatás-típussal reprezentáljuk, s így az elemi részek fizikája és a kvantummechanika közötti korrespondencia kapcsolatot a $D \rightarrow 0$ formalizmussal is kifejezhetjük.

3. A teljes leírás kérdése. A komplementaritás elve

A kvantumfizika filozófiai interpretálásában, de magában a fizikai elméletben is döntő szerepet játszik az a kérdés, hogy a kvantummechanika a jelenségek teljes leírását adja-e, vagy nem. Minden olyan törekvés, amely a „determinista” kvantummechanika létrehozására irányul, kiindulópontul azt feltételezi, hogy a kvantummechanika jelenlegi formája nem adja a jelenségek teljes leírását. A fizikusok többsége viszont elveti ezt a felfogást, és a kvantummechanikát jelenlegi formájában, a maga érvényességi körén belül, teljes leírásnak tekinti.⁸

Mielőtt a problémát részletesen elemeznénk, vizsgáljuk meg röviden, hogy mit jelent a teljes leírás a klasszikus fizika körében. Egy makroszkópikus test mozgásállapotát a newtoni dinamika szerint valamely időpontban kimerítően ismerjük, ha adottak a kérdéses időpontban mért koordináta- és impulzusértékei. Lényeges momentum, hogy a koordináta- és impulzusértékek egyidejűleg teljes pontossággal mérhetők. A pillanatnyi állapot egyértelmű megadásához szükséges paraméterek együttesét az állapotjelzők teljes rendszerének nevezzük. A klasszikus statisztikus leírás esetén tehát természetesen nem beszélhetünk teljes leírásról, hiszen egy N molekulából álló gáz állapotjelzőinek teljes rendszere $3N$ koordinátából és $3N$ impulzus komponensből áll, ha feltételezzük, hogy semmiféle különleges korlátozás nem érvényesül a molekulák mozgásában. A statisztikus leírás lényege viszont éppen az, hogy a kérdéses rendszert elvileg mérhető, de gyakorlatilag meghatározhatatlan $6N$ paraméter érték helyett néhány, alkalmas valószínűségi feltevésen alapuló átlagértékkel jellemzi. Itt tehát elvben megvan a lehetőség arra, hogy — megmérve az összes molekulák adott időpillanatbeli koordináta- és impulzusadatait — kialakítsuk az állapotjelzők teljes rendszerét.

Mint azonban ismeretes, a kvantummechanikában — mint ez a Heisenberg-féle határozatlansági relációban formálisan is kifejezésre jut — a konjugált paraméterértékek (például koordináta- és impulzus-, vagy energia- és időkomponensek) egyidejű tetszőleges pontosságú mérése nem lehetséges. Az impulzusérték egyértelmű meghatározása teljes bizonytalanságot teremt a megfelelő koordinátaértéket illetően, és viszont. Lényegében ennek a szituációnak az általános megfogalmazását, mintegy fizikai interpretációját adta meg Bohr az úgynevezett komplementaritási elvben. Eszerint a mérőberendezések olyan jellegűek, hogy csak két, egymást kölcsönösen kizáró méréstípust tesznek lehetővé, például az egyik a koordináták, a másik a megfelelő impulzuskomponensek meghatározását. Ugyanakkor ezek az egymást kizáró méréstípusok kölcsönösen fel is tételezik egymást, hiszen csak együttesen képesek adni az állapotjelzők teljes rendszerét. A mérőberendezések, illetve a segítségükkel kapott állapotjelzők ilyen egymást kizáró csoportokra válását Bohr a mért mikroobjektum és a mérőberendezés kölcsönhatására vezeti vissza. Nyilvánvaló, hogy ha valamely dolog objektív állapotának megismerését a klasszikus fizikai értelemben vett állapotjelzők teljes rendszerének megadásával, vagy megadásuk elvi lehetőségével biztosítjuk, úgy a kvantummechanika valóban nem teszi lehetővé a mikroobjektumok megismerését, hiszen itt elvileg lehetetlen bizonyos paraméterpárok egyidejű meghatározása. Még más — szubjektivi-

⁸ Т Маркс: Введение в квантовую механику 143. о. Akadémiai Kiadó, Budapest. 1962.

vista, agnosztikus — filozófiai konkluziót is szoktak a komplementaritási elvhez fűzni, így például azt, hogy ha az ember alkotta mérőberendezés termé- szete felelős a konjugált paraméterek egyidejű mérésének lehetetlenségéért, úgy itt lényegében a mérőeszközt készítő szubjektumnak a mikrovilágra gya- korolt befolyásáról van szó.

Mivel — véleményünk szerint — a komplementaritási elv, hasonlóan a korrespondencia elvhez, a fizikán túlmutató általános ismeretelméleti tar- talommal bír, szükségesnek látjuk röviden áttekinteni, hogy hol vannak a legfőbb hibák a Bohr-féle okoskodásban, illetve hogy milyen tartalmat fejez ki a komplementaritás elve, ha saját koncepcióink alapján értelmezzük.

Teljesen joggal vetik Bohr szemére a koppenhágai értelmezés marxista bírálói, hogy alapvető hibát követ el, amikor egyoldalúan a mérőberendezés szempontjából közelíti meg a kérdést. Ezzel ugyanis eleve kizárja az olyan feltevéseket, melyek az állapotjelzők határozatlanságát — legalábbis részben — a mikroobjektumok klasszikustól eltérő konkrét tulajdonságaira vezetik vissza. Megítélésünk szerint viszont éppen az ilyen értelmezések azok, amelyek a tapasztalattal összhangban állnak, s agnoszticizmus helyett pozitív megismerési elvet fejeznek ki. Ilyen értelmezés szerint ugyanis megmarad a mérőberende- zés — vagy általában a mérési típusú kölcsönhatás — döntő szerepe a fizikai megismerésben, emellett azonban figyelembe vettük a mikroobjektumok klasz- szikustól eltérő sajátosságait is. Ezen túl pedig ez a felfogás lehetőséget ad a hullám-részecske dualizmus értelmezésére is. Mint korábban láttuk, a **C** típusú kölcsönhatások oly módon realizálják az **A** és **B** típusú kölcsönhatások együt- tese által meghatározott potenciálisan lehetséges értékek valamelyikét, hogy meghatározott módon korlátozzák az objektumnak a környezettel való kölcsön- hatását (szűkítik a **B** sprektumát), esetleg oly mértékig, hogy egy adott para- méterérték valószínűségét a bizonyosságig növelik a többi valószínűségének rovására. Amikor tehát választunk, hogy a kérdéses objektum korpuszkula- vagy hullámtulajdonságát mérjük-e, a koppenhágai iskola állításával ellen- tétben nem azt döntjük el, hogy az objektum hullám „legyen”-e vagy korpusz- kula — hiszen az mint potenciálisan lehetségeset mindkét állapot-típus para- métereinek egy halmazát már a mérés előtt tartalmazza —, hanem csak azt, hogy a mérési kölcsönhatással e potenciálisan lehetséges paraméterértékek közül milyen típusút realizáljunk.

Látható tehát, hogy a komplementaritási elv ilyen értelmezése minden szubjektívizmustól mentes. Tartalmi mondanivalója lényegében az, hogy a mikrofizikai megismerésben a mérőberendezéstől független konkrét, meg- valósult paraméterérték nem létezik. Ennek ellenére mégis lehetséges a mérés előtti „állapot”-ra következtetni; elég nagyszámú részecskén végzett mérések során kapott konkrét paraméterértékek eloszlása ugyanis tükrözi a potenciáli- san lehetséges paraméterértékek valószínűségi eloszlását. Ennek ismerete egy- ben az objektum mérés előtti állapotának ismeretét jelenti, itt tehát ez lép a klasszikus értelemben vett teljes leírás helyébe.

Talán érdemes itt röviden megemlíteni, hogy a potencialitás Fok által történt bevonása a mikrofizikai megismerés filozófiai interpretációjába lénye- gében annak a hangsúlyozását jelenti, hogy a mikroobjektumok sajátosságai minőségileg eltérnek a klasszikus fizikai objektumok sajátosságaitól, így állapo- tuk megadására (a mikroobjektumok megismerésére) a klasszikus paraméte- rek közvetlenül nem alkalmazhatók. Az a tény tehát, hogy a mikroobjektumok esetében nem lehet megadni adott időpontban a klasszikus állapotjelzők teljes

rendszerét, egyáltalán nem jelenti azt, hogy ezek az objektumok megismerhetetlenek — a méréstől független állapot jellemzésére itt nem egy vagy egynéhány konkrét paraméterérték, hanem a lehetséges paraméter értékek valószínűségi eloszlása szolgál.

4. A mikrofizikai megismerés általános vonásai

A mikrofizikai megismerésnek az ismeretelméleti általánosítás szempontjából lényeges vonásai a következők:

a) A szerzett empirikus ismeretek közvetett jellege és a mérőberendezéstől való függése.

b) A megismerés logikai (matematikai) eszközeinek előtérbe jutása.

c) A statisztikus jellegű törvények alapvető leírásmódként való megjelenése.

Mivel a mikrofizika körül folyó filozófiai viták egyik igen fontos kérdéscsoportját ezek a mozzanatok alkotják, érdemes velük részletesebben foglalkozni.

a) A korábbi fejtegetésekben láttuk, hogy a mikrofizikai kölcsönhatási szint nem csupán mennyiségileg, nagyságrendben különbözik a makroszkópikus szinttől, hanem objektíve más törvényszerűségei, tulajdonságai vannak, amit általában azzal jellemeztünk, hogy míg makroszkópikus szinten a **B** és **C** típusú kölcsönhatások objektíve nem játszanak számottevő szerepet az objektum állapotának kialakításában, addig a mikrofizika szintjén ezek a kölcsönhatás-típusok lényegessé válnak. Mindebből azonban az is következik, hogy a mikrofizikai objektumokkal kapcsolatos ismereteink nemcsak abban az értelemben közvetettek, hogy ezen objektumok kis méreteik miatt nem férhetők hozzá a közvetlen emberi tapasztalat számára, hanem abban az értelemben is, hogy az objektum kvantumfizikai állapotának (vagyis az **A** és **B** típusú kölcsönhatások együttese által meghatározott valószínűségi spektrumnak) a megismerése csakis a megvalósult paraméterértékek eloszlásának megismerése révén, vagyis a **C** típusú kölcsönhatások segítségével lehetséges. Véleményünk szerint ebben a mozzanatban rejlik a mérőberendezés sajátos mikrofizikai szerepének lényege. A klasszikus fizikában ugyanis csak a megvalósult fogalmával operáltunk, a potenciálisan lehetséges nem bírt különös jelentőséggel. A megvalósult pedig — legalábbis elvben — mindig hozzáférhető a közvetlen tapasztalat számára. Így a közvetett mérési módszerek — illetve a mérőberendezések — itt úgy értelmezhetők, mint érzékszerveink hatókörének kibővítései, illetve bizonyos idealizációk eszközei — maga a mérés, illetve a mérőberendezés tehát nem játszik szerepet az események realizálódásában. A mérőberendezés mikrofizikai szerepe elvileg különbözik ettől. A potenciálisan lehetséges ugyanis nem lehet az érzéki észlelés tárgya, csakis a megvalósult, a mérőberendezés tehát, mely itt egyben a potenciálisan lehetséges realizálásának eszköze is, elvileg hozzátartozik a megismeréshez. Ezért értünk egyet teljes mértékben Fokkal, aki határozottan leszögezi, hogy a mérőberendezés a mikrofizikában egy sajátos objektív vonatkoztatási rendszer szerepét játsza.⁹ Blohincev is hasonló álláspontot vall a mérőberendezés mikrofizikai szerepét illetően,¹⁰

⁹ V. A. Fok: Id. mű 272 o.

¹⁰ D. I. Blohincev: A kvantummechanika alapjai. Tankönyvkiadó, 1952. 549. o.

jöllehet a probléma egészének megítélésében álláspontja alapvetően eltér a Fok álláspontjától.

A mérőberendezés mikrofizikai szerepével kapcsolatos szituációból adódó filozófiai általánosítás a következőkben foglalható össze. Mint ismeretes, már a klasszikus fizikai megismerést is az jellemezte, hogy minden konkrét paraméterérték csakis meghatározott vonatkoztatási rendszerben bírt értelemmel. Bár a klasszikus fizikai leírásoknál a vonatkoztatási rendszer szerepét általában egy absztrakt koordináta-rendszer játszotta, nyilvánvaló volt, hogy az objektív fizikai folyamatoknál a mért paraméterértékek vonatkoztatási alapja mindig egy másik objektíve létező fizikai test. Valamely fizikai objektum állapotjelzői — elvben — egyidőben tetszőleges pontossággal meghatározhatók voltak különböző más fizikai testekhez viszonyítva, tehát különböző vonatkoztatási rendszerekben is, s az így mért paraméterértékek — állapotok — egyformán a reális valóságot tükrözték. Ez általánosan úgy fogalmazható meg, hogy a klasszikus fizikai megismerésben a vonatkoztatási rendszer nem játszott döntő szerepet az állapot realizálásában, vagyis a **C** típusú kölcsönhatások elhanyagolhatóak voltak. Ez, mint láttuk, végső soron a klasszikus fizikai objektumok közelítőleg abszolút individuális jellegére, vagyis a **B** típusú kölcsönhatásoknak az **A** típusú kölcsönhatásokhoz képest objektíve elhanyagolható voltára vezethető vissza. A mikroobjektumok esetében a méréstől független „állapot”, a kvantumfizikai állapot, a paraméterek egész sorát mint potenciálisan lehetségest tartalmazza, s egyiküknek (vagy egy intervallumuknak) realizálásához egy **C** típusú kölcsönhatás is szükséges. Itt tehát a mérőberendezés, mely egyben a mért paraméterérték vonatkoztatási rendszere is, aktív szerepet játszik a megvalósult állapot kialakításában.

Ha figyelembe vesszük, hogy a kvantummechanika túlhaladását jelentő kvantumelektrodinamika és az elemi részek fizikája még szorosabb kapcsolatot tárt fel az egyes fizikai objektumok között — nevezetesen azt, hogy bizonyos (**D** típusú) kölcsönhatások megléte esetén az objektum alapvető karaktere is megváltozik —, joggal feltételezhetjük, hogy a vonatkoztatási rendszer aktív szerepe a további fizikai megismerés során méginkább alátámasztást nyer. Mindezek alapján a vonatkoztatási rendszer szerepét a fizikai megismerésben, illetve az egyes kölcsönhatási szinteken ugyancsak egy korrespondencia szerű összefüggéssel határozhatjuk meg általánosan. Tehát ha $\mathbf{B} = \mathbf{0}$ és $\mathbf{D} = \mathbf{0}$, akkor a vonatkoztatási rendszer passzív (klasszikus fizika); ha $\mathbf{B} \neq \mathbf{0}$, de $\mathbf{D} = \mathbf{0}$, akkor a vonatkoztatási rendszer aktívan befolyásolja az objektum megvalósult állapotát, de alapvető karakterét nem érinti (kvantummechanika); és végül: ha $\mathbf{B} \neq \mathbf{0}$ és $\mathbf{D} \neq \mathbf{0}$, akkor — a vonatkoztatási rendszertől függően — az objektum alapvető karaktere is változhat (elemirész fizika). Szeretnénk hangsúlyozni, hogy a vonatkoztatási rendszer fogalmát itt abban az értelemben használtuk, hogy az mindig valamely objektumnak egy más fizikai objektumhoz, nem pedig valamiféle elvont koordináta rendszerhez való viszonyát (kölcsönhatását) jelenti. Ugyancsak szükségesnek látjuk megjegyezni, hogy nem foglalkoztunk azzal a kérdéssel, milyen a **C** és **D** típusú kölcsönhatásoknak az egymáshoz való viszonya az elemi részek fizikájában, illetve, hogy az utóbbiak milyen módon viszonyulnak a vonatkoztatási rendszer fentebb kifejtett fogalmához.

Az elmondottak alapján látható, hogy a korrespondencia elv az egyes fizikai diszciplínák terén feltárt törvényszerűségeknek vagy leírási módoknak nem csupán a formális viszonyát fejezi ki, hanem — legalábbis a fizikai megismerés területén —

az általános rendező elv szerepét játssza, ami világosan tükrözi az egyes kölcsönhatási szintek dialektikus kapcsolatát, vagyis egyrészt szoros összefüggésüket, másrészt pedig minőségi öndállóságukat.

b) A formális (matematikai) apparátusnak a fizikai megismerésben játszott lényeges szerepe már abból is nyilvánvaló, hogy a választott formalizmus — vagyis a tapasztalatok leírására alkalmas matematikai és fogalmi apparátus — mindig tükrözi a kérdéses megismerési periódus, illetve megismerési szint alapvető szemléletmódját. Az a tény, hogy a klasszikus fizika a differenciálegyenleteket választotta a leírás eszközeként, valójában a klasszikus fizika folytonossági elvének és a Laplace-i értelemben vett determinizmusnak a formális apparátusban való érvényesítését jelentette. A differenciálegyenletek ugyanis folytonos függvényekkel elégíthetők ki, és e függvények a független változók halmazának minden eleméhez egyértelműen rendelik hozzá a függő változók egyes elemeit. Teljesen hasonló a helyzet a formális apparátus és az alapelvek viszonyát illetően a kvantummechanika esetében is. Az operátorok diszkrét sajátérték rendszere a mikrofizikai kölcsönhatások kvantáltságának formális kifejezése, míg az, hogy a saját függvények különböző értékspektrumokat rendelnek az operátor által leírt fizikai mennyiséghez, végső fokon a statisztikus jelleg kifejezése.

Amellett, hogy mind a klasszikus, mind pedig a kvantumfizikai leírásnál érvényesül a formális apparátus és az alapvető szemléletmód ilyen adekvát viszonya, lényeges különbséget is találhatunk a két terület között. Nevezetesen azt, hogy a mikrofizikában a tapasztalati adatok közvetett jellege és a C típusú kölcsönhatások lényeges befolyása miatt sokkal inkább előtérbe kerül a logikai (matematikai) megismerési módszerek heurisztikus szerepe. Nem kívánunk a matematikai formalizmus ismeretelméleti szerepével kapcsolatban rendkívül kiterjedt problémakörrel részletesen foglalkozni, csupán egy — a koncepcióknak szempontjából lényeges — mozzanatot emelünk ki, mégpedig azt, hogy a formalizmusnak a potenciálisan lehetséges fizikai (vagy ismeretelméleti) kategóriaként való alkalmazása sajátos szerepet juttat. A potenciálisan lehetséges — mely a közvetlen tapasztalás tárgyát nem képezheti — ugyanis csak a matematikai struktúra révén tükröződhet. Például: egy elektromos rezgőkör összes lehetséges csillapodási értékei (melyek a frekvencia függvényei) egyetlen rezgőkörön realizálhatók (például vobbulátor segítségével a csillapodási görbe az oszcilloszkóp ernyőjére rajzolható), tehát az egyik lehetséges érték realizálása nem befolyásolja a többi érték realizálódási lehetőségét. Itt tehát a csillapodási görbe egyenlete mellett tapasztalatilag is (tehát megvalósultként) tükröződhet valamennyi lehetséges érték. Ezzel szemben ha egy mikroobjektumon vagy — sokaságon mérést végzünk, az adott paraméterérték a többi valószínűségének a rovására realizálódik, vagyis a mérés megváltoztatja az állapotfüggvényt, azaz a potenciálisan lehetséges értékek spektrumát. Itt tehát csupán az azonos hullámfüggvénnyel rendelkező objektumokon végzett mérésorozattal kapott paraméterértékek eloszlásának és a hullámfüggvény lehetséges sajátértékei valószínűségi eloszlásának azonosága alapján állíthatjuk, hogy a sajátértékek spektruma a potenciálisan lehetséges paraméterértékek (állapotok) adekvát tükröződése.

c) A mikrofizikai kölcsönhatás-típusok definíciójából látható, hogy koncepcióinkban a kvantummechanika törvényei objektíve statisztikus jellegűek, s nem csupán egy statisztikus leírásról van szó. Ha figyelembe vesszük, hogy a mikrofizikai folyamatok statisztikus jellege végső fokon a B típusú kölcsön-

hatásokra — vagyis az objektumnak az állandóan változó környezettel való kölcsönhatására, „kvázi-individuális” jellegére — vezethető vissza, egészen természetes, hogy nem érthetünk egyet azokkal az irányzatokkal, melyek szerint a természet objektív törvényei önmagukban se nem statisztikusak, se nem dinamikaiak, hanem csak a leírásuk lehet ilyen vagy olyan. Véleményünk szerint az objektív helyzet itt is egy korrespondencia viszonytal irható le általánosan. Ha az adott fizikai esemény konkrét kimenetelét **A** olyan mértékig determinálja, hogy **B** elhanyagolható, akkor lehetséges dinamikai leírás, illetve a kérdéses folyamat objektíve (közelítőleg) egyértelmű kimenetelű. Ha a **B** játszik lényeges szerepet, akkor a folyamat statisztikus, hiszen — hangsúlyozzuk — a **B** valójában a kérdéses objektumnak a hozzá képest véletlenszerűen változó külső környezettel való kapcsolatát reprezentálja. Ez a felfogás van összhangban az egyetemes összefüggés és kölcsönhatás elvével, és az is látszik belőle, hogy ha választani kell, inkább hajlunk a felé a felfogás felé, hogy a *természeti folyamatok és törvények általában statisztikus jellegűek, s a dinamikai folyamatok, illetve törvények csak mint határesetek, mint bizonyos idealizációk léteznek.*

Még egy megjegyzést szükségesnek látunk. Az adott mikroobjektum környezetét alkotó világ (a háttér) változása elvben a **B** spektrum végtelen változottságát tenné lehetővé. Az objektumnak az **A** kölcsönhatások által meghatározott alapvető karaktere a környezettel való kölcsönhatási lehetőségeket azonban korlátozza, ami végső fokon éppen az objektum kvázi-individuális jellegét tükrözi, és ez teszi lehetővé az egyes objektumtípusok (elektron, proton stb.) elhatárolását, illetve szolgálat alapul objektív elhatároltságuknak.

5. A fizikai események oksági meghatározottsága. Determinizmus

Az egyik konkrét filozófiai kategória, melyet a mikrofizikai megismerés filozófiai interpretálása során leginkább félreértettek, az okság kategóriája. A jelenségek oksági meghatározottságán általában azt értik, hogy bármely objektív természeti vagy társadalmi jelenség esetében meg lehet találni a létrejöttének alapját képező másik objektív eseményt (vagy események együttesét). Az oksági meghatározottság ilyen általános megfogalmazásával többekévesb minden filozófus egyetért, annál inkább eltérnek a vélemények a definíció tartalmi kérdéseit illetően. Hogy saját álláspontunk világosan kidomborodjék, érdemes rövid pillantást vetni az események oksági meghatározottságával kapcsolatos legfőbb irányzatokra. (Csak a probléma természettudományi vonatkozásaira szorítkozunk.)

Vegyük szemügyre mindenekelőtt a mechanisztikus oksági szemléletet. Mint ismeretes, e felfogás szerint az események oksági kapcsolatai elvben és konkrétan ad infinitum követhetők a múltba és a jövőbe, mindig egyértelműek és — esetleg — megfordíthatatlanok. Az ilyen oksági szemlélet számára az újkori természettudomány, elsősorban a newtoni mechanika szolgált első ízben tipikus tudományos modellül. A klasszikus mechanikában mindig megjelölhető az az erő (vagy az erők azon csoportja), amely felelős az objektum mozgásállapotának megváltozásáért. Minden esemény oka egyértelműen megadható, ha valamennyi számításba jöhető erőt figyelembe vesszük. Ha módunkban lenne — a fennálló gyakorlati nehézségek ellenére — adott pillanatban leírni a világ minden objektumának mozgásállapotát, a közöttük ható vala-

mennyi erőt és a vonatkozó erőtvényeket, úgy — követvén az oksági láncot — bármely múlt- vagy jövőbeli időpillanatra kiszámíthatnánk a világmindenség állapotát. Látható, hogy a klasszikus mechanika oksági szemlélete lényegében a laplace-i determinizmussal azonos, s a véletlen jellegű kölcsönhatások kizárásán, illetve az oksági kölcsönhatásokkal való szembeállításukon alapul.

Ennek az oksági szemléletnek a megmerevedése (és a klasszikus mechanika eredményei teljesen érthetővé teszik e szemlélet óriási tekintélyét) okozta azt, hogy még akkor is, amikor — a statisztikus mechanika esetében — nyilvánvalóvá vált, hogy a természetben nemcsak egyértelmű törvényszerűségek vannak, megőrizték a mechanisztikus oksági felfogást, és a statisztikus törvényeket egy mélyebb szinten egy-egyértelműen meghatározott törvénynek tekintették. A klasszikus statisztikus leírás ilyen felfogásával kapcsolatos ellenvetéseinket a kölcsönhatási szintek viszonyáról szólva egyik hivatkozott cikkünkben már részletesen kifejtettük. Most csupán egy vonatkozással szeretnénk részletesen foglalkozni. Nevezetesen azzal, hogy a mechanisztikus oksági szemlélet nemcsak a klasszikus statisztikus leírásban, de a kvantummechanikai interpretációk egy részében is tovább él. A koppenhágai értelmezés ezért tekinti indeterminálnak a mikrofolyamatokat, mert nyilvánvalóvá vált, hogy a kvantummechanikában szó sem lehet egy folyamatos, egy-egyértelmű oksági láncolat követéséről.

Nem sokban különbözik az oksági szemléletet illetően a koppenhágai felfogástól azoknak a marxistáknak a törekvése sem, akik — mivel a véletlen és az oksági kölcsönhatásokat ők is szembeállítják egymással — megkísérlik a mikrofolyamatok egy olyan leírását, ahol a véletlen kölcsönhatások valamilyen módon (rejtett paraméterek, szintek stb.) „oksági megalapozást” nyernek. Bár az ilyen törekvések szubjektív jószándéka vitathatatlan, véleményünk szerint objektíve erősen gátolják a mechanisztikus oksági szemlélettől való végleges elszakadást, illetve azt, hogy a modern fizika tapasztalatai alapján kialakítsuk a dialaktikus materializmus korszerű oksági és determinizmus szemléletét. A marxizmus klasszikus és egyes modern képviselői, bár a laplace-i értelemben vett mechanisztikus determinizmust elvetik, és elismerik a véletlen kölcsönhatások bizonyos objektív szerepét, ezeket a törvényszerűséggel végső fokon mégis szembenállónak tekintik.

Úgy gondoljuk, hogy a mikrofizika tapasztalatai lehetőségeket adnak egyrészt a véletlen és az oksági kölcsönhatások viszonyának egyértelmű tisztázására, másrészt a determinizmus kategória olyan megfogalmazására, mely maradéktalanul figyelembe veszi a szaktudományi tapasztalatokat. Mindenekelőtt tekintsük át a kvantummechanikai kölcsönhatás típusok viszonyát az oksági kapcsolatok szempontjából. Mint korábban láttuk, a mikroobjektum kvantumfizikai állapotát az alapvető karaktert hordozó **A** típusú kölcsönhatásokon túl elsősorban a környezettel való kapcsolatokat reprezentáló **B** típusú kölcsönhatások spektruma határozza meg. A kvantumfizikai állapot mint potenciálisan lehetségest a klasszikus paraméterek egy meghatározott halmazát tartalmazza, és éppen ez a kvantumfizikai állapot lényege. (Részben mert ettől függ, hogy a kérdéses objektum milyen más objektumokkal és milyen módon léphet kölcsönhatásba, részben pedig mert éppen e potenciálisan lehetséges paraméterek realizálása révén szerezhethünk információt ezen objektum természetéről.) A kvantumfizikai állapot oka — genetikusan — tehát kétségtelenül a környezettel való kölcsönhatás. Miután pedig ezt általában a véletlen

kölcsönhatások egy **B** spektruma reprezentálja, rögtön adódik az első fontos következtetés, tudniillik az, hogy a véletlen kölcsönhatások és az oksági kapcsolat nem állíthatók szembe egymással. Igaz, hogy a véletlen kölcsönhatások nem külön-külön szerepelnek okként, hanem a pillanatnyi együttesük, de hát valamely esemény konkrét lefolyásának még a makrofizikában sem egyetlen oka van, legfeljebb az egyik mint kiváltó ok kiemelhető a többi — célszerűen feltételnek nevezett — oksági összefüggésből. Ami a megvalósult paraméterértékeket illeti, itt az elsődleges vagy kiváltó ok szerepét kétségtelenül a **C** típusú kölcsönhatás játssza, az azonban, hogy a mérés konkrét eredménye milyen, természetesen a **B** típusú kölcsönhatások pillanatnyi spektrumától is függ. (A kvantummechanika mérési alapelve szerint a ténylegesen mérhető paraméterértékek együttese azonos a mérendő mennyiség operátora sajátértékeinek együttesével.) Itt tehát a véletlen kölcsönhatások **B** spektruma ugyancsak okként szerepel, mégpedig a megvalósult paraméterek feltételeként.

Ha elfogadjuk azt, hogy a véletlen kölcsönhatások, illetve együttesük az események oksági kapcsolatainak intern részei, szükségszerű, a determinizmus olyan megfogalmazása, melyben a statisztikus törvények a dinamikai törvényekkel legalábbis egyenrangú helyet kapnak. Mi is az valójában, ami egy ilyen determinizmus kategóriában helyet kaphat? Véleményünk szerint az események anyagi meghatározottsága és az objektív törvényszerűségek létezése tartozik ide. Ami részletesebben azt jelenti, hogy bármely anyagi objektum állapotának változása saját belső kölcsönhatásai és más anyagi objektumokkal való kölcsönhatásai változásának a következménye, így az események lefolyásában semmiféle irracionális elemnek nincs szerepe. Az objektív törvényszerűségek léte pedig lényegében azt jelenti, hogy az egyetemes összefüggésen és kölcsönhatáson belül a folyamatok menetét meghatározó tendenciák érvényesülnek. Bár teljes mértékben elfogadható az az álláspont, hogy az objektív törvények léte éppen úgy az anyag alapvető tulajdonsága, mint például a mozgás, a változás, nem felesleges e törvények létezésének mikéntjéről is valamelyest konkrét képet kialakítani.

A kvantummechanikának az előzőkben kifejtett interpretációjára konkretizálva a kérdést, a következőket mondhatjuk. Egyrészt az egyedi mikrofizikai mérés eredménye véletlen jellegű, a törvényszerűség — a mért paraméterértékek meghatározott eloszlása vagy, ami felfogásunkban ezzel adekvát, a kvantumfizikai állapotot jellemző valószínűségi eloszlás — csak az objektumok sokaságán végzett mérésekben, illetve a mérések halmazában tükröződik. Másrészt a hullámfüggvény által tükrözött valószínűségi eloszlást az objektum kvázi-individuális jellegének konkrét természete, vagyis a **B** típusú kölcsönhatások spektruma határozza meg. Úgy véljük azonban, helytelen volna ebből arra következtetni, hogy a **B** típusú kölcsönhatások a kvantumtörvényszerűségek elsődleges hordozói. Azt ugyanis, hogy a kérdéses objektumnak a környezettel való kölcsönhatása meghatározott karaktert mutat — pontosabban: azt hogy az objektum a környezet kölcsönhatásai közül melyekre és milyen módon „reagál” —, elsősorban az **A** típusú kölcsönhatások együttese határozza meg. Ez egészen természetes a filozófia oldaláról szemlélve is, hiszen a törvényszerűségnek az a kritériuma, hogy a jelenségek tartós, alapvető összefüggéseit tükrözi, márpedig az ilyen összefüggések hordozója csakis az objektumok karakterét is meghatározó belső kölcsönhatások együttese lehet. Ennek még az sem mond ellent, hogy az elemi részek fizikájában az **A** típusú kölcsönhatások által meghatározott alapvető karakter is változó, hiszen vala-

mely elemi rész mindig más — ugyancsak meghatározott karakterű — elemi részecskévé (vagy részecskékké) alakul át.

Látható az elmondottakból, hogy a determinizmus ilyen felfogása semmiféle kikötést nem tesz a törvényszerűségek konkrét típusára, benne helyet kaphatnak a véletlen kölcsönhatásokat is tükröző statisztikus jellegű törvények is. Véleményünk szerint így értendő az a marxista tétel, hogy az objektív törvényszerűségek a szükségszerű és a véletlen dialektikus egységének megnyilvánulásai.

ФИЛОСОФСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРИНЦИПОВ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

Антал Мюллер

В работе анализируется философское содержание нескольких основных принципов квантовой механики на основании изложенной автором в его предшествующих работах концепции взаимодействий и взаимозависимостей, участвующих в квантово-механических процессах. Автор показывает, что физика элементарных частиц точно таким же существенным образом отличается от квантовой механики, как она отличается от классической физики, и что между физикой элементарных частиц и квантовой механикой так же имеется связь корреспонденции. Принцип корреспонденции, который обычно применяют к отношению уравнений отдельных дисциплин, автор связывает с соотношением типов взаимодействия, фигурирующего в микрофизических процессах. На основании этого автор приходит к заключению, что принцип корреспонденции отражает непрерывность отдельных уровней физического взаимодействия и в то же время его качественные узловые пункты. Таким образом указанный принцип должен рассматриваться не просто формальным правилом, а общим систематизирующим правилом физического познания.

Принимая точку зрения Фока, автор приписывает потенциально возможному в квантово-механических процессах такое же значение, каким обладает осуществленное, что по существу означает признание основной микрофизической роли случайных взаимодействий. К такой объективной роли потенциально возможного сводится и принципиально статистический характер квантовой механики. В связи с этим классически понимаемое полное описание не может быть применимо к микрофизическим явлениям, его место занимает описание вероятного распределения потенциально возможных значений. Соотношение двух способов описания выражается принципом комплементарности.

Далее автор приходит к выводу, согласно которому, в случае правильного осмысления микрофизического опыта причинное и случайное взаимодействие не могут быть противопоставлены друг другу, поскольку совокупность случайных взаимодействий микрообъекта со средой выступает как причина конкретного вероятного распределения потенциально возможных значений. Автор считает, далее, необходимым такое модифицирование понятия детерминизма, в результате которого оно включило бы в себя понятие взаимодействий случайного характера, статистических закономерностей. В заключительной части работы автор дает попытку создания такого понятия детерминизма.

THE PHILOSOPHICAL ASPECT OF QUANTUM MECHANICS

by *Antal Müller*

The author analyzes the philosophical content of a few fundamental principles of quantum physics which he expounded in his previous studies in relation to the interpenetration of relations involved in quantum mechanical processes. He proves that the physics of elementary particles differs from quantum mechanics just as essentially as from classical physics and that the correspondence is also true for the relation of the physics of elementary particles and quantum mechanics. The principle of correspondence generally employed for the relation of the equations of the different disciplines are applied to the relation between the types of interpenetration involved in microphysical processes. From this he concludes that correspondence principle reflects the continuity of the levels of physical interpenetration and at the same time its qualitative intersections, thus it must be regarded not only as a formal rule but also as a general organizing principle of cognizance in physics.

The author adopts Fok's stand in quantum mechanical processes and attributes to the potentially possible a significance equal to the realized which essentially implies the recognition of the fundamental microphysical role of accidental interpenetrations. He traces the statistical character of quantum mechanics (which holds in theory) to such objective roles of the potentially possible. For this reason the full description understood in a classical sense is inapplicable to microphysical phenomena; thus here it is substituted by the description of the probability distribution of the potentially possible values. The complementarity principle expresses the relation of the two types of description.

In the following the author concludes that in case of the correct interpretation of microphysical experiences the causal and chance interpenetrations cannot be opposed since the combinations of chance interpenetrations between the microobject with the surrounding becomes manifest only as the cause of the concrete probability distribution of the potentially possible values. In the author's view the modification of the concept of determinism is necessary so that chance-like interpenetrations or statistical laws could have a role in it. In the last part of the study he attempts to formulate such a conception of determinism.