Az okság értelmezése a kvantummechanikában

(Megjegyzések D. Bohm „Okság és véletlenség a modern fizikában[1]" c. könyvéről)

FODOR JUDIT

I. A probléma felvetése

A determinizmust (amely minden materialista filozófia szükségszerű velejárója) szabatosan, ám mechanisztikusan fogalmazták meg a francia materialisták. Szerintük a jelenségek determináltságát csak az oksági összefüggés hozza létre. Ily módon eljutottak a predeterminizmushoz, az eleve elrendeltség feltételezéséhez s ezzel együtt ahhoz a feltevéshez, hogy a jelenségek lefolyása elvileg korlátlanul előre kiszámítható. A determinizmusnak ezt a felfogását a mechanikai mozgás vizsgálata hozta létre, és az így értelmezett determinizmus csak a makrofizikai testek mozgásaira érvényes. Ennek ellenére később — indokolatlanul — a valóság minden területére érvényesnek tartották.

A századforduló, majd a XX. sz. fizikája (a kvantummechanika) azonban élesen megcáfolta ezt a jogtalan extrapolációt. Kitűnt, hogy a Laplace-féle determinizmus nem érvényes a mikrofizikában. Megjelent a kvantummechanikai indeterminizmus, mely szerint a kvantummechanikai jelenségeknek nincsen okuk, ezért a mikroobjektumok viselkedését nem lehet előre kiszámítani; az eseményeknek csak valószínűségük van, ezért *nem* kauzális, *hanem csak* valószínűségi törvényekkel írhatók le.

A kvantummechanika indeterminista értelmezése szükségképpen az idealizmushoz kapcsolódik, ezért a materialista fizikusok és filozófusok felvették a harcot ellene. A dialektikus materialista irányzat két irányból támad. Az egyik irányzat igyekszik bebizonyítani, hogy a kvantummechanika terén is érvényes az okság elve, s e bizonyítás közben egyes kérdésekben olykor vissza-visszacsúszik a mechanikus álláspontra. A másik irányzat képviselői azt próbálják igazolni, hogy az okság elvetése nem jelent idealizmust; hogy a valószínűségi törvényt is lehet materialista módon értelmezni; érvelésükbe azonban olykor akaratlanul is bekerül egy-egy idealista tétel is.

David Bohm a szóban forgó könyvében oly módon kísérli meg a kvantummechanikai indeterminizmus cáfolatát, hogy bebizonyítja: a kvantummechanikában is érvényes az oksági törvény, a kauzalitás. Igyekszik elhatárolni magát a Laplace-féle determinizmustól, s ezt sikerül is túllépnie. Ebben segítségére van a marxista ismeretelmélet biztos kezű alkalmazása. A megismerés ellentmondásos útját, a jelenség és a lényeg, az abszolút és a relatív igazság dialektikáját mutatja be a mikrofizikai megismerés terén. Nagy figyelmet fordít a valóság jelenségeinek minőségi sokféleségére, a mozgásformák különbözőségére is. Éppen ezért sikerül az okság kérdésében túlhalad-

[1] Gondolat, 1960.

nia a mechanikus felfogás korlátait. Mivel sokan vádolják azzal, hogy a mechanikus determinizmus hibájába esik, igyekszem megmutatni a különbséget a kétféle determinizmus között. Előre kell azonban bocsátanom, hogy mind Bohm, mind pedig az őt bíráló fizikusok felfogását a kvantummechanikai okság kérdésében filozófiai értelmezés szempontjából fogom vizsgálni, s természetesen fel sem vetődik a fizikai elméletek helyességének kérdése. Erre annál is inkább feljogosítva érzem magam, mert a vitázó felek általában maguk is elismerik, hogy nem a fizikai eredmények, hanem értelmezésük kérdésében van köztük nézeteltérés. Ahogyan Heisenberg mondja, bírálóinak egyes csoportjai „. . . elégedetlenek a használt nyelvezettel, vagyis a filozófiai alappal. . . "[2]

II. A kauzalitás felfogása a különböző interpretációkban

A kvantummechanikai indeterminizmus alapján álló koppenhágai iskola — amelyet Bohm a „szokásos értelmezés"-nek nevezett — Niels Bohrtól kiindulva, tagadja az okság érvényesülését a mikrofizika területén. Ezen értelmezés szerint a kvantummechanika területén lejátszódó jelenségeknek *nincs* objektív okuk.

Niels Bohr abból indul ki, hogy a kvantummechanika nem jelenti az (objektív) fizikai valóság leírását, mert „. . . fölöttébb javasolható a *jelenség* szó használatának olyan korlátozása, hogy kizárólag pontosan meghatározott körülmények között lefolytatott megfigyelésekre vonatkozzék. . ."[3] Ebben az esetben a kvantummechanika törvényei nem az objektív valóságra, hanem a megfigyeléseinkre vonatkoznak.

Ez a nyilvánvalóan szubjektív idealista felfogás érvényesül nála az okság felfogásában is. Szerinte a kvantummechanika által leírt jelenségek „természetüknél fogva, nem illeszthetők be az okszerűség elvének keretébe. Az okszerűség elve ugyanis csak olyan sajátosságok leírására alkalmas, amelyek függetlenek az észlelésre felhasznált eszköztől".[4] Megjegyzendő, hogy itt a mérőműszer szerepének helytelen értelmezéséről is szó van, ezzel a problémával azonban itt nem kívánunk foglalkozni.

Ennek az álláspontnak elvi következménye a kvantummechanika törvényeinek valószínűségi értelmezése, mégpedig a valószínűség szubjektivista értelmezése alapján (a valószínűség értelmezésének problémájára még visszatérünk), mely szerint a valószínűség csupán várakozásunk korlátozását jelenti. Dirac szerint a valószínűség ok nélküli és nem objektív, amiből az következik, hogy a mikrovilágban semmiféle okság, törvényszerűség nem érvényesül. Azt állítja, hogy az okság elve csak olyan rendszerek esetében alkalmazható, amelyek semmiféle külső hatásoknak nincsenek alávetve. Ha a rendszer kicsi, akkor nem vizsgálható anélkül, hogy benne komoly zavart ne okozzunk. Ebben az esetben nem várható, hogy a megfigye-

[2] W. Heisenberg: „A kvantumelmélet értelmezésének fejlődése". Oroszul megjelent a Нильс Бор и развитие физики (Niels Bohr és a fizika fejlődése) c. kötetben. Idegennyelvű Irodalmi Kiadó, Moszkva, 1958. 29. o.

[3] Niels Bohr: Az okság és a komplementaritás fogalmáról. Megjelent a „Dialectica" c. svájci folyóirat 1948/2. kötet 2—3. számában, 312—319. o. Az idézet magyarul megtalálható a „Mai nyugati filozófia" c. szöveggyűjteményben, Felsőoktatási Jegyzetellátó V., 1959. 113. o.

[4] Niels Bohr: Természetfilozófia és az emberi kultúrák. Természettudományi Közlöny, 1939. júl. 403. o.

lés eredményei között bármiféle oksági kapcsolat legyen. Ezért van, szerinte, a kvantummechanikában tág tere az elvi indeterminizmusnak.[5] A szubjektív idealista felfogást bírálja Einstein. Ő a kvantummechanikai halmazt individuumok halmazának tekinti, s úgy véli, a részecskéknek *van* meghatározott helyzetük és impulzusuk. Ebben az esetben a ψ függvény az egyes individuumok nem-teljes leírása, s a teljes (vagy teljesebb) leírás túlesik a kvantummechanika keretén.

A halmaz nagy számú egyedének viselkedését nem ismerjük, Einstein szerint ezért van szükségünk valószínűségi törvényre. „Halvány sejtelmünk sincs olyan törvényről, amely az egyes részecskék sorsát kormányozza, tehát kénytelenek vagyunk statisztikus törvényeket kimondani, amelyek az atomok nagy sokaságának viselkedését írják le."[6] Úgy véli, hogy míg a klaszszikus fizikában az egyedi esetek ismeretén keresztül jutottunk el a statisztikus törvényhez, „. . . a kvantumfizika előre lemond róla, hogy egyes részecskék törvényszerűségét kitalálja, hanem mindjárt a rendszerek nagy számára vonatkozó statisztikus törvényt tárja elénk".[7]

Kitűnik itt Einstein rokonsága azzal a mechanikus felfogással, mely szerint valószínűségi törvényekkel akkor operálunk, ha valamilyen ok miatt nem ismerjük az egyedi jelenségnek különben létező törvényeit. Az is nyilvánvaló, hogy Einstein fellép a kvantummechanikai indeterminizmus ellen, s kimondja: „A kutató. . . át van hatva minden történés okozati összefüggésével. Az ő részére a jövő nem kevésbé szükséges és biztos, mint a múlt."[8]

Nála azonban az okozati meghatározottság szellemi természetű. „Mélységesen meg vagyok arról győződve — mondja —, hogy a legtökéletesebb értelem nyilatkozik meg a tapasztalatilag értékelhető világ jelenségeiben: ezt értem az isten fogalma alatt . . ."[9] A természet törvényszerűsége (tehát az okság is) ennek az isteni bölcsességnek a folyománya, mert a törvényszerűségben, e „. . . harmóniában annyi megfontolt értelem nyilatkozik meg, hogy emellett az emberi gondolkozás és elrendeltség értelme csak jelentéktelen visszatükröződés".[10] Van tehát egy anyagon kívül álló létező, amely az anyag mozgását, viselkedését megszabja, kormányozza. Az elméleti fizika Einsteinnél ebből a szellemi törvényszerűségből származik, s a tapasztalattal való egybeesése az „eleve elrendelt harmónia" eredményeképpen jön létre.

Einstein determinizmusa tehát *idealista* determinizmus, s sajnálatos módon ezt nem veszi észre sok fizikus és filozófus — köztük pl. Vigier sem —, akik úgy vélik, hogy materialista törekvések zászlajául használhatják Einsteint csak azért, mert szembeszállt Bohr szubjektív idealizmusával.

Érdemes megemlíteni, hogy Heisenbergnek az objektív idealizmushoz az utóbbi időben bekövetkezett közeledése éppen az einsteini „szellemi törvény" alapján történik. Heisenberg a „részecskék sorsát kormányzó" törvénynek éppen a matematikát tartja, amikor kimondja: „E látszólag oly bonyolult világ alapja: egy kristálytiszta matematikai struktúra. Azt várjuk,

[5] Vö. P. Dirac: „A kvantummechanika alapjai" c. cikkével. Idézi M. I. Sahparonov: A dialektikus materializmus és a fizika néhány problémája c. művében. TIT Fizikai és Filozófiai Szakosztályainak kiadása, Bp. 1960., 68—69. o.

[6] Einstein—Infeld: Hogyan lett a fizika nagyhatalom. Lux könyvkiadó, Bp. 1946. 270. o.

[7] Uo. 271. o.

[8] A. Einstein: Hogyan látom a világot. Faust könyvkiadó, Bp. 1935. 34. o.

[9] Uo. 140. o.

[10] Uo. 34. o.

hogy mindazokat az összefüggéseket, amelyek a fizika különböző területein megismert természettörvényeket fejezik ki, e struktúrából lehet levezetni."[11]

A törvényszerűség (és az okság) objektív idealista felfogása, végső soron, eljut egy szellemi Laplace-determinizmushoz, amelynek „démona": a matematika.

Vegyük sorra a kvantummechanikai indeterminizmust illető materialista szándékú bírálatokat.

V. A. Fok akadémikus abból indul ki, hogy a klasszikus fizikában, melyet ő deterministának nevez, az események egyértelműen előre meg vannak határozva, míg „Az atomi objektumok sajátosságai kvantummechanikai leírásának helyes értelmezése teljesen kizárja a determinisztikus álláspontot. A kvantummechanika visszaállítja jogaiba a potenciális lehetőség és annak megvalósulása közötti . . . különbséget".[12]

Ez a problémafelvetés rendkívül hasonlatos ahhoz — a dialektikus materializmus által már megcáfolt — állításhoz, hogy az akaratszabadság kizárná az akarat determináltságát. A hasonlóságot abban látom, hogy az akarat esetében is potenciális (objektív) lehetőségekkel van dolgunk, melyek között az ember autonóm módon választ. Az idealisták azt állítják, hogy a bekövetkezett választás ok nélküli, tehát ellentmond a determinizmusnak. A dialektikus materializmus azonban bebizonyította, hogy a látszólag leginkább szubjektív akarati aktusok is számos és igen bonyolult ok okozataként jönnek létre. Itt nem célom ezzel a kérdéssel bővebben foglalkozni, csak megjegyzem, hogy a szabad akarat kérdésében lényegében uralkodó helyzetet foglalt el az indeterminista idealizmus álláspontja, és a materializmus csak hipotézisekkel, valamint logikai meggondolásokkal érvelhetett mindaddig, amíg a pszichológiai jelenségeknek, a többi között, fiziológiai folyamatokra történő visszavezetése nem indult meg. A lehetőségek többértékűsége azonban nem jelenti a determináltság kizárását akkor sem, ha tudatos választásról van szó (emberi akarat) és akkor sem, ha különböző lehetőségek egyikének az embertől független valóra válása megy végbe.

V. A. Fok azonban a különböző potenciális lehetőségek fennállásának elismerésétől a kvantummechanika szintjén érvényesülő indeterminizmushoz jut el, ami annyit jelent, hogy, véleménye szerint, semmiféle oka nincs annak, hogy a lehetőségek közül melyik válik valósággá. Ez a felfogás misztikus homályba borítja a mikrofolyamatokat, ok nélkülieknek deklarálja őket. Ezen az sem segít, hogy „az oksági elv újszerű felfogásáról" beszél, „amely szerint ez az elv közvetlenül a valószínűségre, azaz a potenciálisan lehetséges, de *nem a valóságosan bekövetkezett eseményekre vonatkozik*".[13] (kiemelés tőlem, F. J.)

Az okságnak ilyen felfogása, véleményem szerint, szoros kapcsolatban van V. A. Foknak azzal az álláspontjával, mely szerint „a kvantumelméletben vizsgált statisztikus sokaság elemei *nem maguk a mikroobjektumok, hanem a rajtuk végzett kísérletek eredményei*".[14] (kiemelés tőlem, F. J.) Amennyiben a

[11] W. Heisenberg előadása Planck születésének századik évfordulóján, 1958. április 25-én tartott ünnepi ülésen. Megjelent a „Die Naturwissenschaften" 1958. évi 10. számában. Magyarul, rövidítve közli a „Valóság" 1959/2. száma. Az idézet a 48. oldalon található.

[12] A modern természettudományok filozófiai problémái. Akadémiai Kiadó, 1962., 279. o.

[13] Uo. 285. o.

[14] Uo. 281. o.

tudomány nem a valóságot, hanem a valóságra vonatkozó ismereteinket vizsgálja, (J. P. Tyerleckij joggal hasonlítja V. A. Fok akadémikus álláspontját ebben a kérdésben a szubjektív idealista koppenhágai értelmezéshez, amelyet egyébként Heisenberg is kifejt „Az új fizika világképe" c. könyvében), akkor valóban homályban marad a kérdés: honnan származnak ezek az ismereteink (a kísérletek eredményei), mi hozza létre őket. Álláspontján az sem változtat, hogy az oksági elvet érvényesnek tartja a valószínűségekre, tehát a lehetőségekre vonatkozóan, hiszen a statisztikus törvény nála végül is nem a mikroobjektum viselkedésének valószínűségi törvénye, hanem a kísérleti eredmények statisztikus eloszlásáé.

Fényes Imre nem ad egyértelmű választ a mikrofizikai kauzalitás kérdésére, mert szerinte „az elmélet mai formája olyan, hogy ellentétben áll a kauzalitás elvével";[15] de nem állítja, hogy az elmélet mai formája feltétlenül helyes lenne. „Az atomfizikai folyamatokban 'esetleg' megnyilvánuló kauzalitást csupán egy lényegesen új elmélet tudná figyelembe venni. Ilyen új elméletben azonban sem Neumann, sem Heisenberg *nem hisz, de végleges lehetőségét senki sem tagadja.*"[16]

Mindenesetre azt vallja, hogy kauzális magyarázat csak úgy létezhet, ha az elemi részek relatív individualitását figyelembe lehet venni. Megemlítem azonban, hogy más helyen azt írja: „. . . az elemi részek erős kölcsönhatás esetén individualitásukat *teljesen* elvesztik, . . . vagyis nem alkalmazható a formális logika azonossági elve."[17] (kiemelés tőlem, F. J.) A formális logika azonossági elve azonban a valóságban meglevő objektív nyugalom visszatükröződése. Természetesen, lényeges minőségi különbség van a mikrofizikában megtalálható relatív nyugalom és az elemi részek világában fennálló azonosság között, mégis azt kell mondanunk, hogy Fényes Imre néhány sorral előbb tett megállapításából („. . . *sem az elektronok, sem a többi fajta elemi részek nem abszolút individuumok*"[18]) helyesen ez a következtetés vonható le: az elemi részek csak relatíve individuumok, de bizonyos igen szűk határokon belül önmagukkal viszonylag azonosak, tehát viszonylagos nyugalomban vannak.

A kauzális felfogás és az indeterminizmus vitáját, Fényes Imre szerint, végső soron csak az döntheti el, ha megszületik az egészen új, a kvantummechanika mai tételeit alapvetően cáfoló elmélet. Addig a probléma végeredményben megoldhatatlan, s ezen nem változtat az a formális és meg nem indokolt kijelentés, hogy „mi ragaszkodunk a kauzalitás elvéhez és a tapasztalati tényeket ennek figyelembevételével igyekszünk tudományos rendszerbe foglalni".[19]

Amint látjuk, V. A. Fok és Fényes Imre megegyeznek abban, hogy az okság érvényesülését legfeljebb a valószínűségi törvény okozati meghatározottságában ismerik el, az individuumok viselkedésében semmi esetre sem; de még a valószínűségi törvény okozatiságának elismerése is ellentmondásos náluk, egyrészt, mert szándékuk ellenére, végeredményben nem-objektívnek tartják a valószínűséget; másrészt, mert az oksági törvény akár korlátozott érvényességének ellentmondó következtetéseket is levonnak. Úgy tűnik,

[15] Fényes—Nagy: Mikrofizika. Gondolat, 1959. 318. o.
[16] Uo.
[17] Fényes Imre: „A kvantumelmélet sajátos logikája. Természettudományi Közlöny, 1959. júl. 307. o.
[18] Uo.
[19] Fényes—Nagy, i. mű. 318. o.

mintha alapjában véve elfogadnák a kvantummechanika indeterminista interpretációját, majd végül, ösztönösen megérezve, hogy ez az út az idealizmushoz vezet, egy következetlen és logikailag indokolatlan fordulatot tesznek a kauzalitás, a determinizmus elve felé.

Véleményem szerint a kvantummechanikai determinizmus irányzatát éppen az a felismerés hozta létre, hogy a következetes determinizmus elvetése szükségképpen ellentmond a materializmusnak, de ellentmond a tudományok évezredes tapasztalatainak is, amelyek, persze, elválaszthatatlanok a materializmustól, hiszen ismeretelméleti alapjául szolgálnak. Ezért lép fel a következetes determinizmus védelmében egységesen egy sor olyan tudós, akik különböző irányban folytatnak fizikai kutatásokat, s konkrét fizikai megoldások tekintetében sokszor nem is értenek egyet, mint például Jánossy Lajos, J. P. Tyerleckij, Louis de Broglie, David Bohm. Planck, például, leszögezi: „Ha a természet reális folyamatai között levő törvényszerű kapcsolatok feltárását tekintjük a fizikai tudományok feladatának, akkor a kauzalitás a fizika lényegéhez tartozik . . .",[21] és nem vitás, hogy Jánossy ezzel a véleménnyel teljesen azonosítja magát.

Blohincev eredetileg, Fényes Imréhez hasonlóan, szintén abból indult ki, hogy a „kvantumok világában csak a sokaságnak egészben való izolálása lehetséges . . . Az egyes események statisztikus törvényszerűségeknek engedelmeskednek",[22] amiből az következik, hogy a kauzalitás mint a *statisztikus törvény* okozati meghatározottsága áll fenn. Már ez az álláspont is túllépi Fok értelmezését, amennyiben leszögezi, hogy a statisztikus törvények nem a (szubjektív módon értelmezett) „jelenségek", hanem az objektíve létező halmazok törvényei.

1958-ban, a természettudományok filozófiai kérdéseit tárgyaló moszkvai konferencián tartott felszólalásában azonban túllép ezen a felfogáson. Itt sem ért ugyan egyet Bohm, de Broglie, Tyerleckij koncepciójával, akik a részecske momentumait és koordinátáit egyidejűleg létezőknek tartják; de elismeri, hogy a kísérleti technika mennyiségi és főleg minőségi fejlesztésével be lehet hatolni a halmazokat alkotó részecskék belsejébe is. Ez pedig döntő lehet, mert „a részecskék belseje erősen hat a perifériára".[23] Ez — véleményem szerint — annyit jelent, hogy ha lehetővé válik számunkra a részecske szerkezetének vizsgálata, akkor magyarázatot találhatunk olyan jelenségekre is, amelyek a részecske szerkezetének ismerete előtt érthetetlenek voltak. Hiszen a kvantumsokaságok és az őket alkotó részecskék belső szerkezetének megismerése megadhatja a választ arra a kérdésre: van-e oka az eddig indeterminálnak tartott jelenségeknek? Blohincev rövid felszólalásában nem vonja le ezt a következtetést; de ez egyenesen folyik annak elismeréséből, hogy az elemi részecskék szerkezetébe is *be lehet hatolni*.

Ha pedig igaz az, hogy a kvantummechanika a mikrorészecskék halmazának fizikája, akkor ebből a felismerésből egyenesen következik David Bohm szint-elméletének igazsága.

Következetes deterministának neveztem Bohmot. Ugyanakkor sokan azzal vádolják, hogy az oksági összefüggés egyetemességének elismerése mecha-

[21] Max Planck: Die Physik im Kampf um die Weltanschauung. Verlag J. Ambrosius Barth, Leipzig, 1952. 15. o., magyarul idézi Jánossy Lajos „Planck filozófiai nézetei a fizikában" c. cikkében, Magyar Tudomány, 1959/7—8. sz., 358. o.

[22] Blohincev: A kvantummechanika alapjai. Tankönyvkiadó, Bp., 1952. 548. o.

[23] A modern természettudományok filozófiai problémái. Id. kiad. 521. o.

nikus determinizmus, s ezért Bohm semmiben sem lépi túl Laplace-t.[24] Nézzük meg, vajon egybeesik-e a két fogalom; igaz-e, hogy a következetes determinista szükségképpen mechanikus deterministává válik?

A determinizmus annyit jelent, hogy minden jelenségben és eseményben törvényszerűség, szükségszerű összefüggés és okozati meghatározottság érvényesül.

Azonnal két kérdés merül fel:

1. Kimeríti-e az okozati meghatározottság a determinizmus fogalmát?

2. Jelenti-e az okozati meghatározottság (kauzalitás) tagadása *egyben* a törvényszerűség, a szükségszerűség tagadását?

Ami az első kérdést illeti: a törvényszerű meghatározottság és az okozati meghatározottság *nem* azonos, mert az oksági törvény csak mozzanata (kiragadott mozzanata) a törvényszerű összefüggések láncolatának. (Erre később még visszatérünk.)

Az okság azt jelenti, hogy egyetlen kiragadott jelenségnek vagy eseménynek (mely számtalan összefüggésben áll az egyéb jelenségek végtelen sorával) olyan közvetlen anyagi előzményei vannak, amelyek kiváltják, azaz okozzák azt.

A mechanikus materializmus determinizmusa a következő fő kérdésekben követ el hibát az okság értelmezése terén:

a) Felteszi, hogy az okozati meghatározottság kimeríti a jelenségek közötti összefüggés egészét, tehát a determinizmust azonosítja az oksággal.

b) Felteszi, hogy okként minden esetben külső, mechanikai állapotjelzőkkel egyértelműen jellemezhető hatás szerepel, mégpedig általában egy, illetve korlátozott számú mechanikai hatás, mely a mechanika törvényei alapján egyértelmű, és egyetlen okozathoz vezet. Megjegyzem, hogy — mint köztudott — ez a felfogás nem a newtoni mechanikából, mint fizikából, hanem filozófiai interpretációjából ered, pontosabban abból a jogtalan extrapolációból, hogy a mechanikai mozgásforma az anyagi világ egyetlen lehetséges mozgásformája. A Laplace-féle kiszámíthatóság ugyanis a mechanikai mozgásforma területén — amennyiben *eltekinthetnénk* az adott összefüggés határain túlfekvő hatásoktól — igaz lenne! A probléma éppen abban van, hogy a mechanikus materialisták nem vették észre: nincs a valóságnak olyan területe, amelynél teljes mértékben el lehetne tekinteni az adott összefüggés keretein túlfekvő hatásoktól (ezt illusztrálja, rendkívül szemléletes módon, a szélben repkedő papírlap esetével Bohm). Nem érdektelen, hogy a kvantumfizikai indeterminizmus védelmezői, lényegében, ugyanebből a pozícióból indulnak ki (ezért joggal nevezi őket Bohm mechanikus indeterministáknak), amikor azt állítják, hogy a kvantumfizika azért különbözik *elvileg* a makrofizikától, mert az utóbbiban lehetséges ez a más területektől való elvonatkoztatás. Ez nem igaz, mert ez itt sem lehetséges, bár itt kétségtelenül kisebb, elhanyagolhatóan

[24] Időközben a Magyar Filozófiai Szemle 1961/5. számában megjelent Ungvári Gyula: „A dialektikus materialista determinizmus egyes kérdéseiről" c. cikke. A szerző itt azt a véleményét fejti ki, hogy a „dialektikus materialista determinizmus teljes és következetes determinizmus, s mint ilyen, magában foglalja a predeterminációt elvét is". (750. o.) Anélkül, hogy itt kitérnék Ungvári álláspontjának cáfolatára (tartalmilag az itt következő kifejtés cáfolja), le kell szögeznem, hogy, véleményem szerint, a predeterminizmus *valóban* mechanikus materialista elmélet, s végső soron idealizmusra vezet. — A következetes materializmus védelme sem D. Bohmnál, sem a „determinista iskola" többi tagjánál *nem fajul* predeterminációvá, a többi között éppen *ebben* lépik túl a mechanikus materialista szemléletet.

kicsiny külső hatásokkal kell számolni, s ez a fizikai vizsgálat módjára persze rányomja bélyegét. De a mechanikus determinizmus — e más területekről érkező hatások következtében — a mechanikai mozgásforma területén *sem* igaz!

c) Általános mechanikus hiba, amely már Laplace-tól származik, az okság kritériumává tenni, hogy általa elvileg előre teljes biztonsággal meg tudjuk jósolni az események bekövetkezését. Nem szorul különösebb bizonyításra, hogy e felfogás szubjektív idealista jellegű, hiszen tudásunktól teszi függővé a jelenségek összefüggésének fennállását.

Ahhoz, hogy a jelenségek kauzális meghatározottságát elismerjük, nem az kell, hogy a jelenségeket előre meg tudjuk jósolni, hanem annak elismerése, hogy a létrejöttükben megelőző anyagi hatások (és csak azok!) szerepelnek, s hogy ezeknek a hatásoknak egyre teljesebb megismerése lehetséges.

Más kérdés, hogy az adott időben milyen mélységig, milyen szélesen ismerjük ezeket az anyagi hatásokat, s hogy megelőzően vagy csak utólag tudjuk-e őket feltárni.

Megjegyzendő, hogy az okok utólagos feltárása nagy általánosságban hozzásegíti a tudományt az előzetes feltárás képességéhez, innen a bevett rossz értelmezés; de elképzelhető olyan állapot is, amikor a hatások nagy száma, valamint a számbavételükre szolgáló rövid idő (mint pl. a kvantummechanikában) lehetetlenné teszi a „jóslást", és csak valószínűségi számításokat tesz lehetővé. Ez az állapot azonban, véleményem szerint, csak átmeneti lehet, és mit sem változtat a kauzalitás érvényességén, mert azt nem az előzetes (vagy akár utólagos) felismerés ténye dönti el; az objektív.

Röviden összefoglalva tehát, a következetes determinizmuson — amely kétségtelenül a mechanikus determinizmus dialektikus tagadása, továbbfejlesztése — a következőket értjük:

a) Minden jelenséget szükségszerűen meghatározottnak s *egyben okozatilag is meghatározottnak* kell tekintenünk. Az okság (kauzalitás) nem meríti ki a jelenség determináltságának fogalmát, de ennek feltétlenül meglevő, elválaszthatatlan mozzanata. Egy jelenség tehát, bár nem csupán okozati összefüggésben áll más jelenségekkel, de feltétlenül meghatározott okozatilag is; nincs olyan jelenség, amelynek *csak* más típusú összefüggései lennének, és nélkülözné az okságí meghatározottságot. Ez a tétel, természetesen, akkor is érvényes, ha nem ismerjük a jelenségeket kiváltó okokat. Igaz, hogy helytelen volt Francis Bacon érvelése a Kepler-törvények ellen, de az is helytelen lenne, ha azt állítatánk, hogy a Kepler-törvények által leírt jelenségeknek csak más típusú összefüggései vannak, s nem szerepel bennük az okság. Hiszen ha a bolygómozgásoknak *nincsen* objektív oka, akkor az itt megnyilvánuló „rendet", ismétlődést, valószínűséget csak szellem hozhatja létre.

b) A következetes determinizmus csupán leszögezi, hogy *minden* jelenség okozatilag meghatározott, de, természetesen, nem állítja, hogy azonos módon, azonos típusú, az illető jelenséggel egy szinten álló okok határozzák meg. Ellenkezőleg: egy okozat létrejöttében igen nagyszámú (mint láttuk, elvileg végtelen) ok játszik szerepet, amelyek egyúttal sok más, az adott összefüggésben nem vizsgált eredményhez is hozzájárulnak). Ezen okok a legkülönbözőbb anyagi mozgások, mozgásformák területéről származhatnak. Egyáltalán nem biztos tehát, hogy egy anyagi jelenség okát közvetlenül magának a jelenségnek vizsgálatával fel lehet tárni; az okok rendszerint az adott jelenségen, összefüggésen kívül vagy annak belsejében (alkotórészeiben, ellentétes oldalainak kölcsön-

hatásában) keresendők. Az ok-hatások e két területe (külső-belső) — szerepük fontossága szerint — csak relatíve áll szemben egymással, ha szerepük fontosságáról van szó, mint pl. Mao Ce-tung következő példájában: a tojásból kikelő csirke esetében a külső ok, a hő, bár lényeges, de alárendelt szerepet játszik a belső okhoz, a csíra életképességéhez viszonyítva; s megállapítja, hogy egy kődarabbal hiába közlünk hőt, abból semmi sem fog kikelni. Ez igaz, de gondosabban tanulmányozva a dolgot, azt találjuk, hogy az itt belsőnek deklarált ok is külső az adott minőséghez, a tojáshoz mint jelenséghez viszonyítva, amennyiben kívül fekszik, pontosabban túlfekszik annak meghatározottságán. A tojás, mint minőség, akkor is létezik, ha nem szemes, tehát életképes csírát nem tartalmazó tojásról van szó. Az a csírának nevezett fehérje tehát, melynek vegyi mozgása hőenergia közlésére biológiai mozgásba képes átmenni — bár a tojás belsejében foglal helyet —, bizonyos értelemben „külső" azzal szemben, amennyiben nem alapvető ellentmondása, nem lényege, attributuma, szükségszerű velejárója a tojásnak; esetleges hozzá képest.

Hasonló ehhez a kvantummechanikában fennálló helyzet. Az adott összefüggés — a kvantum-sokaság — mozgását külső okok határozzák meg, olyan értelemben „külső" okok, hogy ezek már túl vannak az adott összefüggés határain — tehát a halmazt alkotó mikrorészecskék mozgása, illetve szerkezete. A mikrorészecske, bár része a halmaznak, ugyanakkor nem azonos vele; része, de mint ilyen, tőle különböző jelenség, amelynek más összefüggései vannak, mint a halmaznak; kívül esik a halmaz törvényein. A halmaz, amelynek létezési módja az individuumok mozgása, minőségileg más területe a valóságnak, mint az individuum.

Ezért tartom filozófiai értelemben teljesen helytállónak Bohm szintelméletét, amely szerint a kvantummechanika statisztikus jelenségeinek okát nem a kvantummechanika szintjén, hanem mélyebb szinten, a mikrorészecskék és részeik mozgásának szintjén kell keresni. Nem tartom helytállónak azt a vádat, hogy Bohm itt mechanikus módon, mechanikai állapotjelzőkkel akarja meghatározni a mikrorészek mozgását. Ő ilyen javaslatot sehol sem tesz; ellenkezőleg, hangsúlyozza, hogy a szubkvantummechanikai szint, konkrét sajátosságaiban, feltétlenül különbözik a kvantummechanikai szinttől, és még inkább a makrofizikai szinttől; de ezeket a sajátosságokat felkutatni még a jövő feladata, hisz ezt a szintet még nem is ismerjük. Ez a felfogása teljes mértékben összhangban van Lenin tanításával: „Az elektron éppoly *kimeríthetetlen*, mint az atom; a természet végtelen, de létezése is végtelen . . ."[25] Lehetséges, hogy Bohmnak a szubkvantummechanikai szint felkutatásában alkalmazott fizikai módszerei és elméletei nem válnak be (bár Heisenberg a Bohr-emlékkötetben azt vallja, hogy Bohm fizikai eredményei teljes mértékben egybeesnek a koppenhágai iskola eredményeivel, csak filozófiai értelmezésük más: „. . .Mi nem a koppenhágai értelmezés ellenjavaslataival vitatkozunk, hanem annak eltérő nyelven való ismétlésével"[26] — mondja), ez azonban mit sem von le a szint-elmélet mint filozófiai elmélet értékéből. Az sem csökkenti Bohm elméletének filozófiai értékét, hogy az önmaga által felvetett fizikai problémát egyelőre nem tudja megoldani. Erre már Fogarasi Béla is rámutatott a Bohm könyvéről írt rövid feljegyzésében, ahol megjegyzi, hogy pozitivista álláspont lenne kategorikusan elvetni egy logikailag helyes állás-

[25] Lenin Művei, 14. köt. 171. o. Szikra, 1954.
[26] W. Heisenberg: A kvantumelmélet értelmezésének fejlődése. Id. kiad. 30. o.

pontot, csak azért, mert az alátámasztására szolgáló ún. „pozitív" tények még nem ismeretesek.

c) A következetes determinizmus nem teszi az oksági kapcsolat kritériumává a „jóslás" lehetőségét, vagyis azt, hogy az okot (okokat) előre fel tudjuk ismerni, s így a bekövetkező okozatot előre tudjuk látni. Ez attól függ, mennyi és milyen bonyolult ok szerepel, s mennyire tudjuk előre számításba venni valamennyi okot.

Ez pl. a véletleneknél általában lehetetlen (elvileg), mivel a jelenség (összefüggés) keretein kívül érvényesülő okok is szerepet játszanak. Így elvileg végtelen terület végtelen összefüggését kellene egyidejűleg szemmel tartanunk, s ez lehetetlen.

De — bár az összefüggések végtelen sorától mereven elválasztható jelenség, esemény nincsen — éppen az objektíve meglevő relatív nyugalomból következik, hogy tudományos objektivitással lehetséges a különböző jelenségeket, jelenségcsoportokat egymástól elkülönítve vizsgálni s a vizsgált területre vonatkozó külső (véletlen) hatások végtelen sokaságát bizonyos fokig elhanyagolni.

Az adott összefüggésen belül tehát meg lehet az okokat vizsgálni. Ilyen értelemben mondotta Lenin, hogy az okok vizsgálata a lényeg feltárását szolgálja.

„Amit 'jósolunk' — mondja Bohm —, az — közelebbről nézve — tulajdonképpen csak annyi, hogy bizonyos feltételek mellett bizonyos tulajdonságváltozások fognak végbemenni; magukat a tulajdonságokat nem látjuk 'előre', hanem egyszerűen korábbi megfigyelési vagy kísérleti eredményekből következtetünk rájuk. . . . Az ilyen jóslatok lehetősége azt bizonyítja, hogy az oksági törvények nem olyanok, mint valamilyen külső hatalom által megszabott törvényes korlátozások, amelyeknek hatása csak abban rejlik, hogy előírt utakra terelik az események menetét. A helyzet sokkal inkább az, hogy az oksági törvények a dolgok lényeges és jellemző oldalai."[27]

Ebből az is következik, hogy olyan esetekben, amikor nem látjuk előre a jelenség kimenetelét, nem az ok hiányával van dolgunk, hanem éppen azokat a „bizonyos feltételeket" (vagy egy részüket) nem ismerjük, amelyek mellett „bizonyos tulajdonság-változások fognak végbemenni". Sőt, hozzátehetjük, hogy mivel e feltételek száma tulajdonképpen végtelen, a feltételeket mindig csak bizonyos fokig ismerjük. Mármost vannak esetek, mikor az ismert feltételek alapján kellő biztonsággal tudunk „jósolni"; máskor viszont lényeges feltételek nem-ismerete ezt lehetetlenné teszi.

Az okok megismerése, természetesen, dialektikus folyamat, mint a megismerés általában. Az emberi megismerés sohasem abszolút, végleges, kimerítő: mindig relatív; s ugyanígy: egy dolog, jelenség okait bármennyire ismerjük is, mindig vannak olyan összefüggések, okok, amelyek befolyásolhatják a jelenséget, s amelyeket még nem ismerünk. Az okok ismerete a lényeg feltárását jelenti, de a dolgoknak nincsen valamiféle „végső lényegük"; a feltárt lényeg jelenséggé válik, mely mögött még mélyebb lényeg rejtőzik. Ezért nem lehet *kimeríteni* az oksági összefüggéseket, de fokozatosan fel lehet tárni őket; mert minden igazságnak van abszolút oldala is, amennyiben híven tükrözi az objektív valóságot, ennek összefüggéseit, így oksági kapcsolatait is.

[27] D. Bohm, i. m. 24—25. o.

Arra a kérdésre tehát, vajon elismerhető-e a determinizmus az okságiság meghatározottság tagadása mellett, csak így válaszolhatunk: Az okság csak egy oldala az egyetemes összefüggéseknek, a determinizmusnak, de szükségszerűen velejáró oldala, mely minden összefüggésben szerepel. „. . .kimondottuk, hogy minden dolog valami más dologból ered, s ennek értelmében most sem ismerjük el, hogy valamely hatásnak olyan változatai lehetnének, amelyeknek semmiféle változás nem felel meg a hatást létrehozó dolgok állapotában"[28] — mondja Bohm. Aki tehát a jelenségek okozati meghatározottságát tagadja, az éppen az anyagi világ önmozgását tagadja; azt, hogy minden dolgot, jelenséget más *anyagi* hatások váltanak ki; ezért vagy indeterminizmusba süllyed, vagy ha ragaszkodik a determinizmushoz, a meghatározottság nála a szellem törvényévé „emelkedik". *A materialista determinizmustól elválaszthatatlan az okságiság meghatározottságnak és e meghatározottság anyagi jellegének elismerése.*

III. Okság és valószínűség

A kvantummechanika törvényei statisztikus törvények; a folyamatok eredményét csak a valószínűség alapján lehet „megjósolni"; csak a mikrorészecskék halmazának általános viselkedését lehet tanulmányozni, s homályban marad az egyes mikroobjektumok szerepe a folyamatok általános lejátszódásában. A statisztikai törvények alkalmazása itt jogosult és szükséges, mert — mint Einstein mondja — „a statisztikus felfogás módszerét csakis ott alkalmazhatjuk, ahol a rendszer egyes egyedek nagy számából áll".[29]

Ezt a kétségtelen tényt azonban többféleképpen lehet értelmezni. A valószínűség legáltalánosabb és legrégibb értelmezése szerint akkor és ott van szükségünk valószínűségi törvényekre, ahol tudásunk — valamilyen okból — hiányos, s e hiányosság megszüntetésével a statisztikai törvényt okságiságtörvényekkel lehet helyettesíteni. Már a mechanikus materialista determinizmus problémafelvetésében találkozunk ezzel a — végeredményben szubjektív idealista — tétellel.

Végeredményben Einstein is ebbe a hibába esik, amikor a kvantummechanikai törvények statisztikus jellegét az említett módon jellemzi: „Halvány sejtelmünk sincs olyan törvényről, amely az egyes részecskék sorsát kormányozza, tehát kénytelenek vagyunk statisztikus törvényeket kimondani, melyek az atomok nagy sokaságának viselkedését írják le";[30] majd hozzáteszi, hogy a klasszikus fizikában az egyedi esetek ismerete alapján jutottunk a statisztikus törvényhez; míg „a kvantumfizika előre lemond róla, hogy egyes részecskék törvényszerűségét kitalálja; hanem mindjárt a rendszerek nagy számára vonatkozó statisztikus törvényt tárja elénk".[31] Mivel a kvantummechanika törvényeinek a mechanikai törvényektől eltérő jellege éppen a mikrorészecske kettős természetéből fakad, hiszen pl. a rés és az elektron kölcsönhatása olyan, hogy a résen történő áthaladásnál az elektron korpuszkuláris megjelenési módja átcsap a hullámformába; megszületett az a feltevés, hogy tudásunk hiányossága a kvantummechanika területén végleges, kiküszöbölhetetlen, s ezért az itt ható okságiságtörvények feltárása elvileg lehetet-

[28] Uo. 17—18. o.
[29] Einstein—Infeld, i. m. 268. o.
[30] Uo. 270. o.
[31] Uo. 271. o.

len. Sőt, mint de Broglie kifejti: „... e kutatók többsége — sokszor a pozitivista tanokból eredő előítéletek hatása alatt — úgy vélte, hogy tovább is mehet, és azt állíthatja, hogy a tényleges mikrofizikai történésről kísérleteink jelenlegi fejlődési fokán megszerezhető tudás bizonytalansága és hiányossága a fizikai állapotok és alakulásuk *valóságos* meghatározatlanságának következménye."[32] (kiemelés tőlem, F. J.)

Ez a felfogás nem idegen V. A. Foktól sem, aki az 1958-as moszkvai összszövetségi konferencián tartott beszédében így nyilatkozik: „Lehetséges, ...hogy a mérendő mennyiségeknek bizonyos körülmények között, az atomi objektumok saját tulajdonságai miatt nincs határozott értékük."[33]

Az indeterminista felfogás tehát elfogadja a mechanikus materializmus azon tételét, hogy a valószínűség ismereteink hiányosságának következménye (itt most mellékes, hogy ismereteink, szerintük, azért hiányosak, mert képtelenek vagyunk mélyebbre hatolni a jelenségek lényege felé vagy azért, mert ilyen lényeg, ilyen meghatározottság nem is létezik!), s a kvantummechanika valószínűségi jellegét éppen a jelenlegi ismereteink abszolutizálásának agnosztikus tételéből vezeti le. Ez megint bizonyítja, mennyire helytálló Bohm kritikája, amikor indeterminista mechanisztikus szemléletnek nevezi ezt a felfogást.

E felfogás általános jellemzője a valószínűség szubjektív felfogása, ezért ezt több kutató azzal igyekszik túllépni, hogy objektív törvénynek tartja a valószínűséget, amely tudatunktól független jelenségek összefüggéseit adja meg; de úgy véli, hogy valamely terület törvényeinek valószínűségi jellege kizárja az okozati meghatározottságot: így a valószínűségi törvényt általánosabbnak tartja az okságnál (ilyen gondolat is található V. A. Foknál, amikor, de Broglie iskoláját bírálva, a törvények valószínűségi formáját általánosabbnak nevezi a determinista formánál, s tiltakozik a determinizmusnak „a természetre való rákényszerítése" ellen), s azt állítja: vannak a valóságnak olyan területei, amelyeken csak valószínűségi törvények érvényesülnek, oksági meghatározottság nem.[34] Véleményem szerint ezen a felfogáson az sem változtat, ha a kutató (mint pl. Blohincev a kvantummechanikai tankönyvében) megpróbálja megvédeni a determinizmust; annak kihangsúlyozásával, hogy a statisztikus jelenségeknek is vannak objektív okaik. Az ilyen felfogás szerint pl. a nyíláson áthaladó elektronnyaláb szóródásának vannak objektív okai (ilyen pl. a rés mérete); csak az individuális elektronok mozgása az, amely önmagában ok nélküli, amelyet csak a statisztikus törvények „határoznak" meg. Véleményem szerint ez a felfogás — a determinizmus látszólagos elfogadása ellenére — lényegében szintén indeterminista, hiszen mi sem választja el Jeans tételétől, mely szerint semmi sem késztetheti az elektront állapotának megváltoztatására — „... mielőtt magától rá nem szánja magát, nyilván teljesen szabad elhatározásából —, csak azért, hogy a statisztika meg-

[32] Louis de Broglie: Előszó D. Bohm „Okság és véletlenség a modern fizikában" c. könyvéhez. I. m. 4. o.

[33] A modern természettudományok filozófiai problémái. Id. kiad. 277. o.

[34] A valószínűségi törvények annyiban, persze, általánosabbak az oksági törvényeknél, hogy a valóság szélesebb területeit fogják át, mint a szűk keretek között érvényesülő kauzalitás; de semmi esetre sem általánosabbak olyan értelemben, hogy a természet *minden* területén érvényesülő törvények lennének, szemben a csak bizonyos esetekben (pl. a klasszikus fizikában) fellépő oksággal. Az igazság az, hogy mind az oksági, mind a valószínűségi törvények az anyagi világ minden területén meglevő, de különböző kapcsolatokat jellemző összefüggések.

követelte hányadot betöltse."[35] Eltekintve ugyanis attól, hogy a statisztikus törvényt az individuális elektron mozgásának irányítójaként felfogni e törvény idealizálását jelenti (a legrosszabb értelemben: az anyagi objektum, az elektronon *kívül* álló törvény, amely kormányozza az anyagi objektumot — csak szellemi lehet), a statisztikus törvény csak „átlagol", csak a halmaz egészének viselkedését írja le; hogyan lehetne hát oka az egyes elektronok eltérő mozgásának, amelyek összegeként adódik ki?

Végeredményben tehát a kvantummechanikai valószínűség ilyen eltérő értelmezéseinek közös sajátossága, hogy akár teljesen tagadják a determinizmus érvényesülését, akár igyekeznek visszaállítani jogaiba a valószínűség területén, mindenképpen tagadják a mikroobjektumok okozati meghatározottságát, a valóság minden területének determináltságát.

Ezért teljesen jogosult de Broglie és követőinek törekvése az individuumok okozati meghatározottságának kimutatására, mert belátják, hogy következetes determinizmus csak ennek elismerésével lehetséges. Ezen az sem változtat, hogy de Broglie maga is és egyes követői olykor azt a következtetést vonják le, hogy a kvantummechanika valószínűségi törvényei mai állapotukban *nem* objektívek, s csak az egyedi determináltság feltárása útján válhatnak objektívvé. (Vigier szerint a fizikusoknak „... meg kell keresniük az egyedi mikroobjektumok 'modelljét' és azt a determinisztikus mikromechanikájukat, mely a szokásos kvantum-mechanikát objektív statisztikai mechanikaként teszi lehetővé".)[36]

Ezt a téves álláspontot azonban később már Vigier, de még inkább Bohm túllépi, amikor a valószínűséget meghatározza: „Nyilvánvaló tehát, hogy a valószínűségszámítás tudományos vagy egyéb statisztikus problémákra való alkalmazhatósága semmilyen lényegbevágó kapcsolatban sincs tudásunkkal vagy tudatlanságunkkal. Az igazság az, hogy a valószínűségszámítás alkalmazhatósága kizárólag a vizsgált rendszerekre és folyamatokra jellemző bizonyos fajta szabályszerűségek objektív létezésétől függ; olyan szabályszerűségek létezésétől, amelyeknek eredményeként egy nagy tárgy- vagy eseményhalmazban a nagy távlatban érvényesülő vagy átlagos viselkedés megközelítőleg független azoktól a pontos részletektől, amelyek pontosan meghatározzák, hogy egy-egy egyedi esetben mi fog történni."[37]

Ehhez hozzátenném még, hogy a valószínűség objektív fennállása attól is független, hogy a részletek ismeretesek-e számunkra vagy sem, s egyáltalán tudásunk adott fokán módunkban van-e a részleteket megvizsgálni. Ezért nincs elvi ellentét a makrovilág statisztikus törvényei között, ahol többnyire az egyedek mozgása is ismert (bár nem mindig, pl. Brown-mozgás) és a mikrovilág statisztikus törvényei között, ahol ezek a részmozgások *még* nem ismertek.

A valószínűség igazi értelmét és az oksággal való kapcsolatát igen jól közelítette meg Planck. „Planck egyébként mind a kvantumelmélet felállítását megelőző, mind pedig az azt követő időkben számos fejtegetésben hangsúlyozza, hogy a természetben léteznek dinamikai, azaz szigorúan determinisztikus, valamint statisztikus törvények is. A statisztikus törvények esetében

[35] James Jeans: Az új világkép. Dante, 1944. 28. o.

[36] J. P. Vigier: Az egyedi mikroobjektumok viselkedéséről szóló elmélet kérdéséhez. Voproszi Filoszofii 1956/6. 100. o., magyarul: Filozófiai Értesítő, 1957/5. sz., 14. o.

[37] D. Bohm, i. m. 43—44. o.

mindig fel kell vetni a kérdést azokra a dinamikus törvényekre vonatkozóan, amelyek a statisztikus törvények mögött hatnak; magukat a statisztikus törvényeket természeti törvényeknek kell tekinteni"[38] — írja Jánossy Lajos. (Megjegyzendő, hogy Planck is beleesik az oksági meghatározottság és a determinizmus azonosításának hibájába, de gondolatmenete így is világos és alapvetően helyes.)

Bohm is ezt a gondolatot fejti ki. Mivel a világ különböző egyedek végtelen sokaságából áll, s az azonos minőségű egyedek halmazokat, sokaságokat alkotnak, e halmazok pedig szintén egyedei más, nagyobb, minőségileg magasabbrendű halmazoknak, okság és valószínűség ugyanannak az összefüggésnek két oldalát alkotja, mégpedig: az okság az egyed összefüggésében, a valószínűség pedig a halmaz szintjén áll fenn. Mivel az egyed és a halmaz egymástól elválaszthatatlanok, a törvényszerűségek e két fajtája is elválaszthatatlan, s a valószínűségi törvények mögött egyedi okok hatnak; s ezek az egyedi jelenségek megint csak valószínűségek magának az individuumnak szerkezete és környezete összefüggésében.

Már Planck rámutatott, hogy a biológiai törvények csak valószínűségi törvények a szervezet kemizmusára nézve; és ezt a gondolatot tovább is vihetjük. A szervezet kémiai alapanyagainak mozgása is statisztikus a molekulákat alkotó atomok, illetve mikrorészecskék mozgására nézve stb.; a társadalmi mozgás törvényei pedig szintén csak valószínűségi törvények az egyén számára, noha az egyén cselekedete okozatilag meghatározott. A különböző minőségek és a különböző mozgásformák rendkívül bonyolult összefüggésben vannak egymással; minden, az anyagi világban bekövetkező történés kauzálisan következik a maga előzményeiből, s ugyanakkor valószínűségi jellegű a maga általánosabb összefüggéseire nézve.

Bohm azt is megjegyzi, hogy ez a felfogás valóban metafizikába fulladhat, ha az összefüggések e bonyolult sorát valami végső összetevőre próbálják visszavezetni. Természetes, hogy ha a mikroindividuum vizsgálata választ is ad a kvantummechanikai statisztikus törvények okozati meghatározottságának kérdésére, magának a mikroindividuumnak a mozgása más, még mélyebben fekvő erők okozati hatásának statisztikus kiegyenlítődéséből ered. Ezért mondja Bohm, hogy mind a már ismert, mind a még ismeretlen szintek területén az oksági törvények és a valószínűségi törvények „együttesen szabják meg a dolgok tényleges fejlődését; s bármelyik fajtájú törvény önmagában véve legjobb esetben is csak részleges és megközelítő képet nyújt a valóságról, úgyhogy a másik fajtájú törvény segítségével történő kiigazításra van szükség".[39]

Nem véletlen, hogy a valószínűség kérdésében oly sok szó esik a lehetőség-valóság összefüggéséről. Már rámutattunk, mennyire helytelen csak a lehetőség objektivitását elismerni, s a valóság (valóra vált lehetőség) objektivitását, okozati meghatározottságát tagadni. Ez a probléma is csak a valószínűség helyes értelmezésével oldható meg. A lehetőség ugyanis nem más, mint a valószínűség előzetes kifejezése, s a valóság objektivitásának (a tényleges meghatározottságnak) tagadása éppen a lehetőséget valósággá realizáló individuális folyamatok objektív kauzalitásának tagadásából származik.

[38] Jánossy Lajos: Planck filozófiai nézetei a fizikában. Magyar Tudomány 1959/7—8, 356. o.

[39] D. Bohm, i. m. 45. o.

A lehetőség ugyanis éppen azt jelenti, hogy sokféle ok játszhat szerepet a jelenség bekövetkezésében; lehetőség van bármely ok érvényrejutására, s ennek megfelelően többféle okozat létrejöttére. Mikor azonban a lehetőségek egyike valósággá válik, pontosan az történik, hogy a sok lehetséges ok vagy ok-csoport közül az *egyik* érvényre jutott, és így kauzálisan is meghatározza a bekövetkező eseményt.

Így például a szocializmus építése során lehetőség van a legkülönbözőbb hibák kisebb vagy nagyobb méretű elkövetésére vagy el nem követésére, arra, hogy az osztályárulók csak elszigetelten tudjanak tevékenykedni, vagy uralomra jussanak; a reakciós osztálymaradványok tevékenységének elfojtására vagy bizonyos kibontakozására; a külső beavatkozás visszaverésére vagy annak beszivárgására. Hogy a lehetőségek közül melyik és milyen mértékben vált valóra, az az 1956-os magyarországi ellenforradalom összefüggésében véletlen; de a valóra vált lehetőségek *együtt* (ok-csoport) szükségszerűen vezettek el az ellenforradalomhoz: *okozták* azt.

Persze, hogy a sok lehetséges ok közül melyik jut érvényre, az *egy másik* összefüggésben *egy másik* lehetőség valósága, tehát determinált (oka van); de ez a másik összefüggés véletlen a létrejött okozat (valóra vált lehetőség) összefüggésében, s éppen ez a véletlen jellege hozza létre a változatos lehetőséget. Ezt megint alkalmazni lehet a résen áthaladó elektronnak a kvantumfizikában oly sokat emlegetett és szinte sarkkérdésként kezelt problémájára.

A lehetőség-valóság problémája átvezet bennünket egy — a marxista filozófiában már megoldott, de a tudományokban figyelemre még eléggé nem méltatott — másik kérdéshez: a szükségszerű-véletlen dialektikájához. Érthető módon foglalkozik Bohm annyit ezzel, hiszen a szükségszerű-véletlen dialektikájának kérdése kulcsa lehet az egész probléma megértésének.

Nem szándékozom itt részletesen foglalkozni a mechanikus materialista determinizmus szükségszerű-véletlen felfogásával, csak megjegyzem, hogy a merev „vagy-vagy" terminusokban való gondolkodás, amely ebben a filozófiai irányzatban érvényesül, megmutatkozik a kvantummechanikai indeterminizmus mechanisztikus felfogásában is: vagy szükségszerűség, vagy véletlen ott; vagy oksági meghatározottság, vagy valószínűség itt — mint egymást kizáró ellentétek.

Valóban, van is bizonyos kapcsolat a szükségszerűség fogalma, valamint az okozati meghatározottság között, s ugyanúgy a véletlenség és a valószínűség között; s Bohm is erre a kapcsolatra építi bizonyítását.

A szükségszerű összefüggés az adott jelenség lényeges összefüggését jelenti; azt, hogy egy esemény, jelenség saját lényeges összefüggéseiből feltétlenül következik (pl. a felfüggesztés, illetve alátámasztás nélkül maradt papírlap a Föld gravitációs erőterében leesik). A véletlen összefüggés, melyet a mechanikus materialisták az okok hiányával, illetve nem-ismeretével magyaráztak: olyan összefüggés, amely a vizsgált jelenség szemszögéből nem lényeges, mellékes; a vizsgált jelenséggel való összefüggése esetleges. Így például az előbb vizsgált, eleresztett papírlap szemszögéből (összefüggésében) mellékes, esetleges, tehát véletlen az, hogy milyen az adott időben a légáramlás. Ez a véletlen ugyanakkor kétségtelenül hatással van a szükségszerű folyamat lezajlására (a papírlap leesésére); azt mondhatjuk, hogy a szükségszerűség éppen a véletlenen keresztül nyilvánul meg.

A véletlen azonban nem abszolút ellentéte a szükségszerűségnek, hiszen ami szorosan véve a papírlap esetében — a légáramlás — véletlen, az a saját

összefüggésében szükségszerű, mert a légtömegek hőmérsékleti viszonyaiból stb. egyértelműen következik. De megint csak véletlen szabja meg a légtömegek hőmérsékletét; hiszen pl. a felhők helyzete, a Nap kisugárzott hőmennyisége, illetve az útközben elnyelt hőmennyiség a légtömegek összefüggésében nem-lényeges, azaz véletlen összefüggés.

Azt látjuk tehát, hogy — mint erre már Plehanov rámutatott — a világon minden jelenség, esemény a saját feltételeiből, a saját összefüggésében szükségszerűen meghatározott, mert feltételeinek fennállása szükségszerűen *ilyen* eredményre vezetett, és nem is vezethetett másmilyenre; a jelenség számára véletlen (és csak egy másik összefüggésben szükségszerű), hogy miért éppen ilyen és nem más feltételek álltak fenn. Ez a meggondolás a valóság minden területére, jelenségére érvényes.

Nézzük most már a szükségszerűségnek az oksággal való összefüggését. Oksági kapcsolatról akkor beszélünk, ha a jelenséget az azt kiváltó előzmények szempontjából vizsgáljuk. Ezeket az előzményeket azonosnak vehetjük a a jelenség feltételeivel (lényeges feltételeivel). Azt mondhatjuk tehát, hogy azok a feltételek, összefüggések, amelyek szükségszerűen kiváltanak egy bizonyos jelenséget, éppen az illető jelenség *okai;* és így a jelenséget okozatként foghatjuk fel.

Mivel azonban a kiváltó okok más összefüggésekben mint más okok okozatai szerepelnek, széles lehetőség van ez okozatok (véletlen) bekövetkezésére vagy be nem következésére; és éppen ezt a lehetőséget nevezhetjük valószínűségnek.

Bohm előbbi példáját alapul véve: a papír és a földi gravitáció összefüggésében véletlen, hogy a papírlap milyen pályán ér földet; de a papírra ható légáramlás a pályát szükségszerűen (okozatilag) meghatározza. Mivel a légáramlás másmilyen is lehet (lehetett volna), a papír egy bizonyos pályája megint véletlen (valószínű) — hiszen magának a légáramlásnak *ilyen* minősége (nagysága, iránya) véletlen. A légáramlás minőségét azonban a sugárzási viszonyok, felmelegedés stb. szükségszerűen (okozatilag) meghatározzák — és így tovább, függetlenül attól, hogy, mint Bohm kimutatja, éppen az összefüggésben álló területek végtelen száma miatt a szükségszerű összefüggésekben szereplő okoknak is csak egy (egyre növekvő) részét ismerjük.

Itt bizonyos terminológiai elhatárolást kell tennünk. Szokásos a szükségszerűséget a *törvényszerűség* (általános, ismétlődő, lényegi viszony) értelmében használni — ilyen értelemben használja Engels is a borsó-példában —, ez azonban, véleményem szerint, pontatlan. A szükségszerűség — éppen, mert minden egyedi jelenségre is érvényes — nem feltétlenül általános, ismétlődő; s csak az általános, ismétlődő szükségszerűség tartozik bele a törvény fogalmába (pl. a gravitáció, a két test ütközésekor keletkezett kölcsönhatás stb.).

Ezt a gondolatmenetet alapul véve, azt lehet mondani, hogy a valóság jelenségeit egyik oldalról megközelítve, a lehetőséggel, valószínűséggel, véletlennel állunk szemben; míg ugyanezen jelenségek másik oldalról történő megközelítésekor a valóraválás, okság, szükségszerűség fogalmával találkozunk. Bohm szerint: „ . . . e két kategóriát ugyanazon tárgy két ellentétes nézőpontból kapott képéhez hasonlíthatjuk. Mindkét kép bizonyos fajta absztrakció, amely önmagában véve helyes fogalmat ad a tárgy egyes vonatkozásairól; de megtéveszthet bennünket, ha elfelejtjük, hogy végeredményben

csak részlegesen mutatja be a tárgyat."[40] Így tévesztette meg az egyoldalú oksági felfogás a mechanikus deterministákat, de ugyanígy tévesztette meg a valószínűség abszolutizálása az indeterministákat. S mint Lenin rámutatott, az objektív valóság (illetve a megismerés) egy-egy kiragadott része, oldala, vonala önkényesen felfogható önálló egészként; de így szükségszerűen idealizmushoz vezet, amint az mind az okság, mind pedig a valószínűség egyoldalú eltúlzásánál meg is történt.

IV. Az okozati meghatározottság helye a törvényszerűségen belül

Hogy a törvényszerűség és az okozati meghatározottság viszonyát vizsgálhassuk, feltétlenül tisztázni kell, milyen értelemben használjuk a „törvényszerűség" kifejezést. Szokásos értelmezés, hogy a törvényt — Lenin nyomán — lényegek közötti viszonynak nevezzük. Ez — véleményem szerint — a tudomány törvényeire, vagyis a feltárt törvényekre (törvényszerűségekre) vonatkozik, amelyek tulajdonképpen visszatükröződései, de *absztrahált* visszatükröződései a természetben meglevő törvényszerűségeknek. A feltárt törvény és a természeti törvényszerűség között a visszatükrözés és az objektív létező viszonya áll fenn. Ebben az értelemben, véleményem szerint, maga a természeti törvényszerűség azonos a dolgok, jelenségek meghatározottságával, szükségszerűségével — minden jelenség, folyamat törvényszerűen zajlik le. Következik ez abból a nem vitatott tételből is, hogy minden dolog a saját (külső-belső) feltételeiből szükségszerűen meghatározott. A törvényszerűség tehát azonos az anyagi világ valamennyi jelenségének meghatározottságával, feltételezettségével, vagyis magával az egyetemes összefüggéssel. Ilyen értelemben mondhatjuk, hogy a determinizmus nem más, mint az anyagi világ törvényszerűségének elismerése.

Le kell szögezni, hogy e meghatározottság, a törvényszerűség nem áll magukon a dolgokon, jelenségeken kívül (felül), hanem magukban a dolgokban, jelenségekben létezik —, mint a természet *belső* harmóniája és *törvényszerűsége* (Hegelnek erre a megjegyzésére mondja Lenin, hogy *„közeljár a materializmushoz"*).[41] Röviden szólva, a törvényszerűség annyit jelent, hogy *bizonyos* feltételek mellett *bizonyos* jelenségek állnak fenn (jönnek létre); *bizonyos* azonosságok *bizonyos* különbözőségekhez vezetnek és megfordítva stb. Ezt a meghatározottságot éppen az teszi lehetővé, hogy a dolgok a maguk mennyiségi-minőségi meghatározottságukban viszonylag állandóak, ismétlődnek.

A minőségi meghatározottság viszont elszakíthatatlan kapcsolatban van az oksággal. „Valójában el sem tudjuk képzelni — mondja Bohm —, miként rendelkezhetnék egy dolog bármiféle tulajdonságokkal, ha nem tenne eleget valamilyen oksági törvényeknek; hiszen ha csak annyit jelentünk ki, hogy egy dolognak bizonyos tulajdonsága van (mondjuk: vörös), akkor ez már magában foglalja azt is, hogy a szóban forgó dolog meghatározott feltételek mellett meghatározott módon fog reagálni (például a vörös tárgy fehér fénynek kitéve nagyrészt vörös fénysugarakat fog visszaverni). Röviden: az

[40] D. Bohm, i. m. 10. o.
[41] Lenin: Filozófiai Füzetek. Szikra, 1954. 134. o.

az oksági törvény, aminek egy dolog eleget tesz, *létezésmódjának* alapvető és elválaszthatatlan megnyilvánulása."[42]

Amint látható, mind a szükségszerűségnek, mind pedig az okságnak elhanyagolhatatlan szerepe van a törvényszerűségben. A törvényszerűségben szükségképpen *mindig* jelen van az okság, jelen van a szükségszerűség. Ezért van az, hogy Lenin, pl. a „Materializmus és empíriokriticizmus"-ban állandóan együtt emlegeti ezt a három fogalmat, („Engels egész világosan elismeri, hogy a természetben objektív törvényszerűség, okság, szükségszerűség uralkodik, . . ."[43] „Aki elismeri a természeti szükségszerűséget és abból vezeti le a gondolkodás szükségszerűségét, az materialista. Aki a szükségszerűséget, az okságot, a törvényszerűséget stb. a gondolkodásból vezeti le, az idealista."[44]

A valóság a maga azonosságában és ellentmondásosságában egy, de ennek az egy objektív valóságnak különböző oldalai, vonatkozásai vannak. Ezek az oldalak, vonatkozások egymástól elszakíthatatlanok, nem külön léteznek, hanem együtt, magában a dologban. Így pl. a dolgoknak nincs tőlük különálló minősége és külön mennyisége, csak maga a dolog van, amely mind minőséggel, mind mennyiséggel bír (meghatározott). Épp így a törvényszerűség maga a valóság, annak mozgása, összefüggése. Ennek az összefüggésnek különböző oldalai vannak: így pl. az oksági és a valószínűségi; a szükségszerű és a véletlen összefüggések. Ezek az oldalak azonban nem különállók, elszakíthatók; ezek maguk (együtt) adják az összefüggést, mint ahogy mennyiség és minőség maguk (együtt) adják a tárgyat. Ilyen értelemben tehát az okság (éppúgy, mint a valószínűség, illetve a szükségszerű-véletlen) elválaszthatatlan velejárója, mi több, feltétele a törvényszerűség létezésének, a dolgok anyagi meghatározottságának; tehát ontológiai kategória. Ezek az összefüggések a törvényszerűség (minden törvényszerűség) objektíve meglevő oldalai, annak kikötésével, hogy még más oldalak, más típusú összefüggések is létezhetnek.

Az okság és a törvényszerűség feltétlen együttlétezésének tagadásánál Leninre szoktak hivatkozni, aki Hegel „A logika tudománya" c. művének konspektusában ezt a megjegyzést teszi: „. . . az ok és okozat csak az egész világban meglevő kölcsönös függésnek, az (egyetemes) összefüggésnek, az események kölcsönös egybekapcsolódásának a mozzanatai; csak láncszemek az anyag fejlődésének láncolatában."[45] Véleményem szerint Lenin felfogása egyáltalán nem azt jelenti, hogy lennének olyan mozzanatok, olyan láncszemek is, amelyek nem okságiak; nélkülözik az okozati meghatározottságot. Ez a megjegyzés, valamint a Logika IV. kötetéről írt többi megjegyzés és maguk az idézetek is éppen azt bizonyítják, hogy minden dolog objektív oldala az okság, mely — bár más oldalakkal együtt — mindenütt érvényesül. Az azonban, hogy ezt az oldalt kiemeljük, általánosítjuk, vagyis fogalmát megalkotjuk (visszatükrözzük), már az ember megismerő, elemző, absztraháló és egyben általánosító tevékenységének eredménye. Az okság objektíve létezik (mindenütt) a természetben, de nem mint különálló viszony. Az oksági összefüggés mint kiemelt, mint önálló viszony — a megismerés terméke, ismeretelméleti kategória. Úgy gondolom, a kettő ellentmondása a valóság ellentmondása: az azonosság és a különbség; az abszolút és a relatív objektív ellent-

[42] D. Bohm, i. m. 26. o.
[43] Lenin Művei, 14. köt. Id. kiad. 157. o.
[44] Uo. 167. o.
[45] Lenin: Filozófiai füzetek. Id. kiad. 135—136. o.

mondása: és ennek az ellentmondásnak két oldalát tárja fel Lenin egyrészt a „Materializmus és empíriokriticizmus"-ban, másrészt a „Filozófiai füzetek"-ben.

*

Az okság bármely irányú eltorzított értelmezése ugyanarra a gyökérre vezethető vissza: az egyoldalúságra, a mechanikus szemléletre.

A mechanikus materializmus a mozgás mechanikus felfogását vette alapul az oksági összefüggés abszolutizálásánál. Ez azért lehetséges, mert a mozgás helytelen felfogása, végeredményben, ellentmond a világ végtelenségének. A mechanikus materializmus tehát végesnek tételezi a világot, legalábbis minőségi változásában, összefüggései számában. Csak így juthatott arra a feltevésre, hogy az okság predeterminációhoz vezet; hogy kiszámítható (megszámlálható) összefüggésként fogható fel.

A világ azonban végtelen, nemcsak a „rossz végtelenség" értelmében, hanem minőségileg különböző területei s e minőségileg különböző területek közötti összefüggések végtelenségének értelmében is. Ebből következik, hogy a dialektikus okság-felfogás alapján „. . . nem várjuk azt, hogy bármiféle oksági összefüggés *abszolút igazságot* fejezzen ki; hogy ezt tehesse, ahhoz arra volna szükség, hogy *teljes (közelítésmentes) pontossággal* és *feltétlenül* lehessen alkalmazni".[46]

E minden irányban (tér, idő, minőség, bonyolultság) végtelen világ azonban a véges-végtelen ellentmondását hordozza magában, amennyiben csupa relatíve véges terület viszonyaként fogható fel. Egyik összefüggése — az oksági — ugyanezt az ellentmondást fejezi ki. A létnek (anyagnak) nincs rajta kívülfekvő oka, de minden létezőnek, anyagfajtának van.

Az okozati meghatározottság tehát nem fizikai (makrofizikai, mechanikai) kategória, hanem filozófiai; s ennek az általános kategóriának csak egyik megjelenése a fizikai okság. Az okozati meghatározottság fajtái, típusai éppoly változatosak lehetnek, mint az anyagéi, melynek oldalát, összefüggését fejezik ki.

A materializmus ezért sohasem „haladhatja túl" az okság elvét. Az okság „mint olyan": végtelen, általános és abszolút; mindenütt jelenlevő, mint maga az anyag; az anyag mozgása, létformái, tere és ideje; minden összefüggése. Ugyanakkor azonban éppúgy véges, konkrét és változó minden megnyilvánulásában, mint azok.

A determinizmust — mint a materializmus velejáróját — *következetes* determinizmusként kell visszaállítani jogaiba, mert csak részleges elismerése szükségképpen indeterminizmushoz, azaz idealizmushoz vezet. A következetes determinizmusnak azonban nem szabad a mechanikus szemléletmód hibájába esnie, s túl kell haladnia a predeterminizmust (s D. Bohm könyve meg is teszi ezt a lépést), mert csak így kerülheti el az ingadozásokból származó hibákat; csak így lehet a tudományok fejlődésének biztos eszköze, filozófiai iránytűje.

[46] D. Bohm, i. m. 50. o.

ИСТОЛКОВАНИЕ ПРИЧИННОСТИ В КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Юдит Фодор

В ходе развития естественных наук классический детерминизм в области квантовой механики оказался недостаточным. Некоторые физики считают, что детерминизм совсем недействителен в квантовой механике, а по мнению других, явления здесь детерминируются не законами причинности, а вероятности.

По мнению автора, хотя последовательный детерминизм не может обходиться без признания причинной определенности, каузальность на самом деле не исчерпывает понятия детерминизма. Причины могут проявляться на разных уровнях; они могут быть необходимыми и они могут иметь случайный характер. Из бесконечности связей, из причин, действующих с областей других явлений или других форм движения, — из всего этого следует, что не во всяком случае можно полностью предвидеть наступающее следствие, что научное предвидение, сделанное возможным именно наличием причинных связей, является не абсолютным, а ограниченным в каждом конкретном случае.

Законы вероятности также относятся к определенности явлений, но они не проявляются как абсолютные вероятности. Причинность и вероятность составляют две стороны той же самой связи, а именно причинность существует в связи с индивидом, а вероятность на уровне множества; и позади законов вероятности, — может быть, на уровне другой формы движения, — действуют индивидуальные причины.

Отрицание каузальности в области микрофизики и замена ее другими связями необходимо приводят к философскому индетерминизму.

THE INTERPRETATION OF CAUSALITY IN QUANTUM MECHANICS

by Judit Fodor

In the course of the development of natural sciences, classical determinism proved to be insufficient in the field of quantum mechanics. Certain physicists are of the opinion that, in quantum mechanics determinism is not effective at all, others think that, in this field, the phenomena are determined by the laws of probability, instead of those of causality.

In the author's opinion, though consistent determinism cannot be devoid of the recognition of causal definiteness, causality, in truth, does not bear all the marks of determinism. The causes may appear on different levels; they may be necessary or they may have casual character. From all this, — from the infinity of the relations, from the causes, producing their effect from the field of other phenomena, or rather, of other forms of the motion of matter, — it follows that it is not always possible to foresee fully the following result, that scientific foresight made possible by the existence of the causal relations, is not absolute, but is limited in every concrete case.

The laws of probability are also a part of the definiteness of the phenomena, but they do not appear as absolute probabilities. Causality and probability make up two sides of the same relation, namely, causality existing in connection with the individual, probability on the level of set; and behind the laws of probability — maybe on the level of another form of motion — individual causes are effective.

The negation of causality in the field of microphysics, its substitution by other relations, inevitably lead to philosophical indeterminism.