A mérés és a műszeres megfigyelés helye és jelentősége a fizikai megismerésben*

ELEK TIBOR

A fizikai kutatás ismeretelméleti problematikája mindig élénken foglalkoztatta a legkiválóbb fizikusokat. A fizikában a múlt század utolsó évtizedeiben megindult forradalom ezeket a vizsgálódásokat is előtérbe helyezte. Ismeretelméleti szempontból azonban éppen úgy sok hamis nézet származott a modern fizika eredményeiből, mint világnézeti szempontból általában. Nem egy nagynevű fizikus a fizikai megismerés bonyolult, ellentmondásos, komplex folyamatának egyik vagy másik oldalát kiragadva, jelentőségét eltúlozva, más oldalak jelentőségét alábecsülve jutott hamis, egyes esetekben eklektikus ismeretelméleti koncepcióra.

Albert Einstein ismeretelméleti koncepciója

A Porosz Tudományos Akadémián 1914-ben tartott székfoglaló beszédében például *Albert Einstein* hosszasan fejtegette a fizikai megismerés egyes mozzanatait és azok viszonyát. Elismerte, hogy a fizikai kutatásnak két ellentétes pólusa van: a tapasztalás és az értelem. De a tapasztalás szerepét egyrészt pozitivista módon fogta fel, másrészt mélyen alábecsülte az intuitív, axiomatikus elméletalkotással és a matematikai dedukcióval szemben. A fizikus legfőbb céljaként olyan logikailag tovább nem egyszerűsíthető alapfogalmak és alaptörvények kutatását tűzte ki, amelyekből tiszta dedukcióval az egész fizikai világkép megalkotható. Azt állította, hogy az elméletalkotás terén nincsenek megtanulható, rendszeresen felhasználható módszerek, amelyek a célhoz vezetnének, majd így folytatta: „*...egyes tapasztalati tények jóformán semmit sem nyújtanak a teoretikusnak ; sőt még az egyes empirikusan megállapított általánosabb törvényszerűségekkel sem tud mihez kezdeni. Az empirikus kutatás egyes eredményeivel szemben teljesen tanácstalanul áll mindaddig, amíg fel nem tárulnak benne azok a princípiumok, amelyekre deduktív fejtegetéseket lehet alapozni.*" (A. Einstein: Mein Weltbild, Amsterdam 1934. 172. o.**)

Newtont meg is feddi Einstein, mert ő még hitt abban, hogy rendszerének alapfogalmai: a tömeg, a tehetetlenség és az erő fogalmai, valamint a mechani-

* Részlet „A mérés és a mérőműszerek ismeretelméleti szerepének néhány kérdéséről" c. tanulmányból. Rövidített formában elhangzott 1960. október 20-án az Eötvös Loránd Tudományegyetem ideológiai tanszékeinek tudományos ülésszakán.

** Ez a könyv magyar nyelven is megjelent 1935-ben „Hogyan látom a világot" címmel, a Faust Könyvkiadó kiadásában. Ezt a kiadást azonban az idézetek közlésekor a fordítás pongyolasága miatt nem használhattam. (A szerző.)

kai alaptörvények és a tömegvonzás törvénye a tapasztalati megfigyelésekből és kísérletekből absztrakció és általánosítás útján, az induktív következtetés logikai módszerével levezethetők. Furcsa logikával az általános relativitáselméletet hozza fel állításának igazolásául, mondván, hogy mivel két teljesen különböző elméleti alapból: a newtoni és einsteini elméletből egyaránt *le lehet vezetni* a tapasztalattal megegyező elméleti eredményeket, ez szerinte azt bizonyítja, hogy *„minden kísérlet, mely a mechanika alapfogalmait és alaptörvényeit elemi tapasztalatokból logikailag akarja levezetni, eleve sikertelenségre van ítélve."* (Uo. 182. o.)

Einstein koncepciójában tulajdonképpen a gyakorlat ismeretelméleti szerepe torzul egyoldalúvá. Csak azt veszi észre, hogy a gyakorlatnak: a megfigyeléseknek, kísérleteknek és méréseknek *igazolniuk* kell az elsődleges jellegű, intuitív elméletet; azt viszont nem ismeri el, hogy a megfigyelések, kísérletek és mérések szolgáltatják az elmeleti fizika *kiindulási alapjait.* Pedig ez alól egyáltalán nem kivétel a speciális és az általános relativitáselmélet sem. A speciális relativitáselmélet megalkotásában Einstein, ahogyan egyébként ő maga is több helyen elismeri, *az elektrodinamika és az optika* által feltárt tapasztalati anyagra, különösen pedig a Michelson—Morley kísérlet negatív eredményére támaszkodott. (L. pl. az i. m. 216—217. oldalán.) Az általános relativitáselmélet viszont a *gravitációs* hatások kísérletileg nagyrészt már ismeretes összefüggéseit, pl. a tehetetlen és a súlyos tömeg Eötvös Loránd által kísérletileg igazolt egyenlőségét magyarázó új elmélet. (L. uo. 225—226. o.) Einstein azonban mégis azt állítja, hogy a „deduktív fizika" hiába tesz fel kérdéseket az „induktív fizikának", mert ez képtelen arra, hogy a deduktív fizika számára axiomatikus megalapozást adjon.

„Meggyőződésem szerint — mondja Einstein — tisztán matematikai konstrukciók által megtalálhatjuk mindazokat a fogalmakat és a közöttük levő törvényszerű kapcsolatokat, amelyek a természeti jelenségek megértéséhez kulcsul szolgálnak. A használható matematikai fogalmakat meg lehet ugyan a a tapasztalat által közelíteni, de azok sohasem vezethetők le a tapasztalatból. A fizika részére a matematikai konstrukció használhatóságának egyetlen kritériuma természetesen a tapasztalat marad. De a tulajdonképpeni alkotó princípium a matematikában rejlik. Bizonyos értelemben igaznak tartom tehát, hogy a tiszta gondolkodás egyedül is felfoghatja a valóságot, ámint azt a régiek megálmodták." (L. uo. 183. o.)

Ez nyílt és világos elfogadása az ismeretelméleti racionalizmusnak (főképpen a Leibniz-féle koncepciónak), valamint azoknak a machista nézeteknek, amelyek az elméleti fizika matematizálódásával kapcsolatban merültek fel és amelyek ellen *Lenin* elvtárs vette fel a harcot *„Materializmus és empiriokriticizmus"* c. művében. Einstein ismeretelméleti nézetei sok tekintetben egyébként is igen hasonlatosak Mach nézeteihez. Erre Max von Laue is rámutat ‚A fizika történeté"-ben. (Gondolat Kiadó, 1960. 89. o.) Egyik ilyen összekötő kapocs Mach és Einstein nézetei között éppen a matematikailag megformulázott természeti törvények *eredetének* idealista magyarázata. Mach azt állítja, Hume nyomán), hogy a matematikailag megformulázott fizikai törvény forrása nem valamilyen objektív, természeti összefüggés, hanem *„elménknek az a tulajdonsága, az a sajátos képessége, hogy megismerhet bizonyos aprioriszikus igazságokat."* (Lenin Művei 14. köt. Szikra, 1954. 160. o.)

Einstein felfogását ebben a kérdésben csak az különbözteti meg Mach felfogásától, hogy nem Hume-ra, hanem Leibnizre hivatkozik. Igen jellemző

ebből a szempontból az az előadása, amelyet Max Planck 60. születésnapján, 1918-ban a berlini Fizikai Társaságban tartott meg. „Senki sem tagadhatja, aki e tárgyban valóban elmélyült — mondotta ebben a beszédében —, hogy az észleletek világa az elméleti rendszert gyakorlatilag egyértelműen meghatározza, annak ellenére, hogy az észleletektől semmiféle logikai út nem vezet az elmélet alaptételeihez; éppen ezt nevezte Leibniz oly találóan előre megállapított harmóniának. („Prestabilierte Harmonie".) A fizikusok némelyik ismeretelméleti gondolkodónak súlyos szemrehányást tesznek amiatt, hogy ezt a körülményt nem veszik eléggé figyelembe. Úgy tűnik, hogy a Mach és Planck közt néhány év előtt lezajlott vita gyökerei is ebben rejlenek." (168—169. o.)

Itt tehát Einstein csak azért korholja Machot, mert az elméleti fizika matematikai formalizmusának az észleletekkel való egyezését nem isten bölcs intézkedésével, hanem elménk apriorisztikus képességével magyarázza. Abban viszont tökéletes az egyetértés Mach és Einstein között, hogy „az észleletektől semmiféle logikai út nem vezet az elmélet alaptételeihez", hogy a törvényeket és azok matematikai formuláját nem a természet adja az embereknek, hanem azok tiszta szellemi produktumok.

Hangsúlyozni kell, hogy Einstein emellett az ismeretelméleti koncepciója mellett mindvégig kitartott. A relativitáselméletről a princetoni egyetemen 1921-ben tartott előadásainak bevezetőjében megismételte ezeket a nézeteit. Ezek az előadások Amerikában és Németországban több kiadásban is megjelentek, utoljára 1956-ban Braunschweigben „A relativitáselmélet alapvonásai" (Grundzüge der Relativitätstheorie) címmel, két függelékkel és egy 1954-ben írt új előszóval kibővítve, de egyébként változatlan szöveggel. Hogyan határozza meg itt Einstein a tudomány feladatát? „Minden tudomány, legyen az természettudomány vagy lélektan, élményeinket próbálja bizonyos módon rendezni és logikus rendszerbe foglalni... Különböző egyének olyan érzéki élményeinek, amelyek megfelelnek egymásnak és ennélfogva bizonyos értelemben személyfölöttiek, gondolatban realitást tulajdonítunk. Velük, vagyis közvetve az ilyen élmények összességével foglalkoznak a természettudományok, sajátos módon a legelemibb természettudomány, a fizika is. Ilyenfajta, viszonylag állandó élménykomplexumoknak felel meg a fizikai test fogalma, sajátosan a szilárd test fogalma is." (1. o.)

Mintha Mach szavait hallanók! A tudomány nem az objektív valóság összefüggéseit tárja fel, hanem a szubjektív élmények közötti összefüggéseket, a tudomány fogalmai nem objektumokra, hanem „élménykomplexumokra" vonatkoznak, amelyeknek csak gondolatban tulajdonítunk realitást. A Machtól való eltérés itt is csak az apriorizmus elutasításában, az érzéki élmények és a tudományos fogalmak között „előre megállapított összhang" misztikus eszméjének hangoztatásában jelentkezik. „Fogalmak és fogalmi rendszerek csak azáltal kapnak létjogosultságot, hogy élménykomplexumok áttekintésére szolgálnak, másként nem nyerhetnek elismerést. Ezért az a meggyőződésem, hogy a filozófusok egyik legkártékonyabb cselekedete az volt, amikor a természettudomány bizonyos fogalmi alapjait az empirikus célszerűség ellenőrizhető tartományából a gondolati szükségszerűség (apriorizmus) megfoghatatlan magaslataira helyezték át. Mert ha kétségbevonhatatlan tény is, hogy a fogalmakat nem lehet az élményekből logikai (vagy egyéb) úton levezetni, hanem bizonyos értelemben szabad alkotásai az emberi szellemnek, ennek ellenére éppoly kevéssé függetlenek az élmények vonásaitól, mint pl. a ruhák az emberi testek alakjától." (2. o.)

A fizika fogalmait és matematikai apparátusát tehát misztikus erők igazították — nem az objektív valósághoz, hanem élményeinkhez, és nekünk ebben az aktusban csak a többé-kevésbé ügyes ministráns szerepe jut. Az viszont megengedtetett számunkra, hogy utólagosan ellenőrizzük: jól símul-e a ruha a testhez, jól idomul-e misztikus eredetű fogalmi rendszerünk saját élményeinkhez.

Hangsúlyozni kívánom: a fentiekben döntően Einstein *filozófiai* és ezen belül *ismeretelméleti* nézeteit igyekeztem kritikailag elemezni. Annak a vizsgálata, hogy ezek a nézetek mennyire nyomták rá a bélyegüket Einsteinnek mint *fizikusnak* a tevékenységére és a relativitáselmélet *fizikai* tartalmára, nem ennek a tanulmánynak a feladata. Mint ismeretes, ebben a kérdésben vita folyik például *A. D. Alekszandrov* és *Jánossy Lajos* között. Véleményem szerint mindkét vitázó fél kissé egyoldalúan csak az elmélet machista, pozitivista értelmezhetőségének veszélyét veti fel — mintha Einstein egyoldalúan a megfigyelés és mérés szubjektív oldalát hangsúlyozná és ezt helyezné az előtérbe. Úgy gondolom azonban, hogy ez bonyolultabb kérdés: meg kell vizsgálni, hogy a Leibniz-féle filozófiai koncepció elfogadása hogyan jelentkezik magában a relativitáselméletben. Einstein *ismeretelméleti* nézeteiben, mint láttuk, éppen a tudományos gyakorlat: a megfigyelés és mérés szerepe deklaráltatik másodlagosnak, mert a fizikai megismerésben szerinte az axiomatika és a matematikai dedukció az elsődleges, domináns tényező.

A matematikai apparátus szerepének mértéktelen eltúlzása, elsődlegessé nyilvánítása és a mérési észleletekkel való „csodálatos" megegyezése fölötti hozsannázás olyan jellemvonásai ennek a koncepciónak, amelyeknek mélyreható nyomai vannak a fizikai tudományok egyetemi oktatásában is.

A Budapesti Műszaki Egyetem Fizikai Intézete által kibocsátott elméleti mechanikai, termodinamikai, elektrodinamikai és optikai jegyzetekben egészen világosan érvényesül ez a felfogás. Pl. a termodinamikai jegyzet az ideális gáz négy alapfeltevéséből indul ki, amelyek így intuitív észkonstrukciónak, önkényes axiómarendszernek tűnnek és innen kezdve a matematikai dedukció dominál az egész jegyzetben. Többek között a Boyle—Mariotte-törvény is pusztán elméleti levezetés terméke, a mérésről főleg olyan értelemben esik szó, mint ami az elméleti számításokkal, az előre felírt differenciálegyenletekkel csodálatraméltóan megegyező eredményeket szolgáltat. Az elektrodinamikai jegyzetben történnek ugyan utalások arra, hogy az alapegyenletekhez bizonyos kísérleti tapasztalatok és mérések alapján jutottunk, de ennek ellenére itt is a matematikai apparátus szerepe dominál: az elektromos, illetve mágneses térerősség zárt görbe mentén vett vonalintegráljának zérussal egyenlő, illetve zérustól különböző mérési értéke van feltüntetve kiindulási alapot szolgáltató *tapasztalati* ténynek, és pl. a Biot—Savart-törvényt már mint a vektoranalízis apparátusát alkalmazó matematikai dedukció eredményét kapjuk meg, hasonlóképpen azt a jelenséget, hogy a homogén mágneses tér a zárt vezetőre forgató hatást fejt ki. Ahol viszont indokolt lenne a matematikai dedukció alkalmazása: a Maxwell-egyenletekből a hullámegyenlet levezetése csak pótlólagosan, a függelékben történik meg, miután az elektromágneses hullámjelenségek fenomenológikus jellegű tárgyalása már véget ért. Az optikai jegyzetben a hullámoptikáról szóló fejezet elején mint hangsúlyozott program deklaráltatik a matematikai apparátus előállítása mint a fizikus *első* feladata.

Az ismeretelméleti racionalizmusnak ezt a koncepcióját nem fogadhatjuk el, mert nyilvánvalóan ellentétben áll a tényekkel: a fizikai megismerés ténvle-

ges folyamatával, ha azt a maga teljességében, komplex mivoltában szemléljük. Lenin *„Materializmus és empiriokriticizmus"* c. művében élesen megbírálja ezt az idealista koncepciót, rámutatva arra, hogy az így gondolkodó fizikusok fejében az a tévhit él, miszerint elméleteik nyersanyagát nem a durva anyagi elemek, hanem konceptuális, azaz fogalmi, „tisztán logikai" elemek szolgáltatják. *„Az anyag eltűnik* — így jellemzi Lenin azt a koncepciót — *csak az egyenletek maradnak meg. Újabb fejlődési fokon — és állítólag új módon — a régi kanti gondolatot újítják fel: az ész szabja meg a természet törvényeit."* (Lenin művei. 14. köt. Szikra, 1954. 319. o.) Lenin elvetve ezt a reakciós álláspontot, azt követeli a fizikusoktól, hogy ismerjék el elméleteik objektív értékét, értsék meg, hogy a fizika fejlődése lényegében folytonos harc a fáradhatatlanul új és új kutatási anyagot szolgáltató természet és az ugyancsak fáradhatatlanul megismerő ész közt. *„A természet végtelen* — hangsúlyozza Lenin — *mint ahogy végtelen legparányibb részecskéje is...de az ész is vég nélkül változtatja át a magukbanvaló dolgokat nekünkvaló dolgokká."* (Uo. 323. o.)

Max Planck ismeretelméleti koncepciója

Ismételten aláhúzza Lenin, hogy *érzeteink, észleleteink* csak az objektív valóság felszínes jelenségeit tárják fel, a valóság mélyebb megismerését *elméleteink* szolgáltatják, amelyeket ismét az érzéki-anyagi tevékenységet jelentő gyakorlatnak kell igazolnia, csiszolnia, továbbfejlesztenie. A materialista módon gondolkodó fizikusok álláspontja ebben a kérdésben természetesen nagyjában és egészében megegyezik a dialektikus materialista ismeretelmélet álláspontjával. *Max Planck* például egy előadásában, amelyet *„Az egzakt tudomány értelme és határai"* címmel 1941 novemberében tartott, a tudományos munka célját abban jelölte meg, hogy tárjuk fel a rendet és a törvényszerűséget az észlelhető világ különböző területeiről kiinduló élmények tarka sokféleségében. „Mivel az egzakt tudománynak — hangsúlyozza Planck — mérhető mennyiségekkel van dolga, ezért elsősorban azokat az érzéki benyomásokat veszi figyelembe, amelyek mennyiségi meghatározásokat engednek meg, azaz a látható, hallható és tapintható világot. Ezekből a területekből a tudomány nyersanyagot merít kutatásai számára és azt a logikailag, matematikailag és filozófiailag iskolázott gondolkodás segítségével feldolgozza". (Max Planck: Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft. Leipzig, 1955. 8. o.)

A fentiekben idéztük Einsteinnek Max Planck 60. születésnapján mondott beszédét. Láttuk, hogy Einstein itt úgy állította be a Mach és Planck között lefolyt ismeretelméleti vita lényegét, mintha Planck is elfogadná ugyan a fizikai elmélet függetlenségét az észleletektől, mintha Planck is az elméletet tartaná ugyan elsődlegesnek, a természetet pedig másodlagosnak, de hiányolná Machnál a leibnizi „előre megállapított harmóniát" az elmélet és az észleletek között. Ez azonban súlyos félreértése Planck ismeretelméleti koncepciójának! Planck nem az objektív idealizmus, hanem a materializmus álláspontjáról utasította vissza Mach szubjektív idealizmusát. Ezt ékesszólóan bizonyítja az előbb közölt idézet, valamint Planck más tételei is.

Planck ismételten leszögezi, hogy nem az érzéki észleletek az elsődlegesek, hanem az őket létrehozó tárgyak és minden tudományos kutató munkájának magától értetődő előfeltétele az a meggyőződés, hogy a természet objektív valóság, amely legrejtettebb titkaiban is megismerhető. Minden kísérlet azt jelenti, hogy kérdést teszünk fel a természetnek és minden mérés a természet

választ közvetíti számunkra. Az elméleti fizikusnak az a feladata, hogy értelmesen tegye fel a kérdést és helyesen értelmezze a választ. „*Ezzel a kettős feladattal foglalkozik a teoretikus, miközben egyre növekvő mértékben kénytelen elvont matematikai segédeszközöket alkalmazni.*" (Uo. 25. o.) Teljesen világos tehát, hogy Planck ismeretelméleti koncepciója az elméleti fizika matematikai apparátusát — legyen az bármennyire is absztrakt jellegű — az objektív valóságból származtatja, a természet által a mi kérdéseinkre adott válasz sajátos terminológiájának tekinti. A természeti jelenség a visszatükrözött tárgy, a matematika pedig a visszatükröző kép. Ez világos elutasítás nemcsak a matematikát aprioristikusan értelmező Hume—Mach-féle koncepciónak, hanem a vele szoros rokonságot tartó, a természet és a matematika között valamiféle misztikus „előre megállapított harmóniát" feltételező Leibniz—Einstein-féle koncepciónak is. Planck koncepciója a fizikai megismerésről — lényegét tekintve — azonos a dialektikus materialista ismeretelmélet koncepciójával! Más kérdés, hogy a fizikai megismerésen *túlmenő* filozófiai nézetei már nem mind materialista jellegűek. (L. Jánossy Lajos: Planck filozófiai nézetei a fizikában. Magyar Tudomány, 1959. 7—8. sz. 348—350. o.)

A jelenkori magyar fizikusok közül Jánossy Lajos, Novobátzky Károly, Fényes Imre, Zemplén Jolán és mások publikáltak a fizika ismeretelméleti problémáival foglalkozó tanulmányokat, amelyekben döntően szintén a marxista ismeretelméleti koncepció érvényesül. A most következő fejtegetésekben az ő megállapításaikat is felhasználtam.

A fizikai megismerés főbb mozzanatai

A fizika történetének tanulságai alapján a fizikai megismerés komplex folyamatában az érzékelés és a gondolkodás, a gyakorlat és az elmélet dialektiája a következő főbb mozzanatok váltakozásában érvényesül:

Legelső mozzanat a fizikai jelenségek egyszerű érzéki megfigyelése, a közvetlen természetszemlélet, amely a fizikai folyamatokat a maguk összetettségében és látszatszerűségében tükrözi.

Ezt követi a közvetlen természetszemlélet útján nyert *érzéki képből* absztrahált általános *fogalmak megalkotása* és ezek összekapcsolása által az észlelt jelenségek leírása. Kezdeti fokon maguk a fogalmak és az egész leírás is *kvalitatív* jellegű.

Az észlelt jelenségek legszembeötlőbb *mennyiségi* oldalainak a megfigyelése a következő lépés, ami kezdeti fokon elvezet az objektív valóság legegyszerűbb kvantitatív oldalait tükröző fogalmaknak: a távolság, szög, időtartam, terület, köbtartalom, súly fogalmainak, később egyre bonyolultabb fizikai mennyiségek, paraméterek fogalmainak a megalkotásához.

Ezt a fokot már a *kísérletezés és a mérés gyakorlati tevékenysége* követi: az ember maga idézi elő a tanulmányozandó jelenséget, kísérleti berendezéseket, mérőműszereket készít, igyekszik a kísérlet vagy a mérés számára olyan feltételeket teremteni, amelyek mellett viszonylag tiszta formában mehet végbe az illető jelenség, majd bizonyos paraméterek változásának függvényeként igyekszik megmérni más paraméterek változását.

A kísérleteket és a méréseket minél többször megismételve, a fizikus számára rendelkezésre áll az az adathalmaz, amelyet Planck a látható, hallható és tapintható világ által nyújtott *nyersanyagnak* nevezett Ebből a nyersanyagból a logikai indukció segítségével lehet a felszínes látszat mögé

hatolva kikövetkeztetni az általános, lényeges, ismétlődő kvantitatív összefüggéseket, a többnyire matematikailag is megformulázható fizikai törvényeket. Ezen a fokon tehát a nyersanyag *elméleti* feldolgozásáról van szó, de ez még mindig csak az elméleti feldolgozás viszonylagosan kezdeti lépcsőfoka: *fenomenologikus*, leíró elmélet születik. Ez azonban már *kvantitatív fenomenológia*, amely matematikai módszereket is alkalmaz (pl. grafikus vagy numerikus interpolációt) és empirikus formulákat eredményez. Kepler törvényei az égitestek mozgásáról, Galilei megállapításai a szabadesés törvényszerűségéről, a hőmérséklet, nyomás és térfogat állapotjelzőivel operáló régi leíró hőtan, az elektromosság, a mágnesség és a közöttük levő kölcsönhatás jelenségeit leíró elektrodinamika, Mengyelejev elmélete a kémiai elemek periódusos rendszeréről, Balmer formulája a hidrogén színképvonalairól néhány jellemző példája az empirikus, fenomenologikus elméletnek.

A fizikai megismerés azonban a fizika történetének tanúbizonysága szerint nem marad meg tartósan a fenomenologikus elmélet szintjén. Részben új kísérleti tapasztalatok, részben az absztrakt gondolkodás segítségével, analógiák és hipotézisek alkalmazásával felismerik a fenomenológiailag leírt *jelenségek belső mechanizmusát*. Sok esetben ezt a formailag különböző jelenségek tartalmi egységének felismerése követi.

Természetesen sor kerül a mélyebb lényeget jellemző új fizikai mennyiségek bevezetésére és mérésére is, továbbá a régi és új kísérleti tapasztalatok alapján bizonyos *elméleti alaptételek* megfogalmazására, belőlük mint axiómákból a logikai és matematikai dedukció módszerével egyrészt a fenomenológiailag már ismert törvényszerű összefüggések elméleti levezetésére, másrészt *új elméleti eredmények* kidolgozására és azoknak a gyakorlatban: kísérletekkel, ellenőrző mérésekkel történő igazolására. Ezt a fejlődési vonalat tárja elénk pl. az égi és földi mozgásjelenségek magyarázatát egységbe foglaló newtoni mechanika majd a newtoni mechanikát dialektikusan tagadó, „megszűntetve megtartó" Einstein-féle relativitáselmélet. Hasonló fejlődését mutatja a fizikai megismerésnek az elektrodinamikát az optikával egyesítő *Faraday—Maxwell*-teória vagy a *Boltzmann*-féle statisztikus termodinamika.

Bár a fizikai megismerés közvetlenül mérhető nyersanyagát továbbra is az érzékszerveink számára hozzáférhető: látható, hallható és tapintható világ szolgáltatja, de műszereink észleleti adataiból *közvetve* olyan fizikai mennyiségek nagyságáról és olyan kvantitatív törvényszerűségekről is tudomást szerzünk, amelyek segítségével a *közvetlenül nem érzékelhető folyamatokat is megismerhetjük* a mikro- és makrokozmoszban, az atom és a világegyetem kutatásában egyaránt.

Tegyük még hozzá, hogy a fizikai megismerés természetesen éppen úgy nem öncélú, mint a megismerés folyamata a maga egészében sem az. A világ megismerésének célja: *a világ megváltoztatása*, és ez az aktus a fizikai megismerés komplex folyamatának is szerves része. Közismert igazság, hogy *a ma fizikája a holnap technikája*. A mechanika, az optika, a termodinamika, az elektrodinamika, az atomfizika a gyakorlat szükségletei által életrehívott és fejlesztett tudományágak, amelyek hatalmas iparágak gyakorlatában öltenek testet. A fizikai megismerés nélkülözhetetlen mérőműszereit is az ipar állítja elő és a mérőműszerek alkalmazása emeli ismét magasabb szintre az ipar, a mezőgazdaság, a közlekedés gyakorlatát, ez teszi lehetővé a termelési és szállítási folyamatok automatizálását — jelentős tényezőjét szolgáltatva a fizikai és szellemi munka közötti lényeges különbség megszűnésének, ami újabb len-

dületet ad a tudomány, ezen belül a fizikai megismerés további fejlődésének és az egész társadalmi fejlődésnek.

A mérés ismeretelméleti szerepének pozitivista eltorzítása

Teljesen világos tehát, hogy a dialektikus materialista ismeretelmélet óriási jelentőséget tulajdonít a mérés műveletének és a mérőműszerek alkalmazásának a világ megismerésében és átalakításában, a „magukbanvaló dolgok" nekünkvaló dolgokká való átváltoztatásában. Ezért utasítjuk el az ismeretelméleti racionalizmust, az axiomatikának és a dedukciónak mértéktelen előtérbe helyezését.

Hozzá kell azonban rögtön tenni, hogy *elutasítjuk az axiomatika és a dedukció szükségességének pozitivista tagadását is* — azt a felfogást, amely a műszeres megfigyelések és mérések empírikus leírásában és a fenomenológikus elméletek felállításában szabja meg a fizikai megismerés állítólag túl nem szárnyalható korlátait.

Novobátzky Károly „A fizikai megismerés" c. tanulmányában emlékeztet *Drude* pozitivista állásfoglalására, aki a bolygómozgás Kepler-féle fenomenológiai elméletének kidolgozását a tudományos teljesítmény csúcspontjának jelölte meg. Novobátzky Károly aláhúzza, hogy Newton dinamikája toronymagasan áll Kepler kinematikája fölött, mert a jelenségtől a lényeg felé tesz egy nagy lépést előre a gravitációs erő fogalmának a bevezetésével és a gravitációs törvény feltárásával. Ezáltal a mechanikai leírás sokkal átfogóbb jellegűvé válik és Kepler törvényei matematikailag levezethetőeknek bizonyulnak. (L. Novobátzky: A fizikai megismerés úttörői. Akadémiai Kiadó, 1959. 17—18. o.)

A pozitivista felfogás eltúlozza a mérés és általában a közvetlen megfigyelhetőség ismeretelméleti szerepét, és csak a mérésekkel *közvetlenül* igazolt megállapításokat tekinti elfogadhatóaknak, mélységesen lebecsülve a logikai bizonyítások jelentőségét. Meg kell mondani, hogy ebben a kérdésben olyan fizikusokkal is vannak vitáink, akik egyébként szilárd szövetségeseink a fizikai idealizmus elleni harcban. Ilyen vitatott probléma közöttünk pl. a világmindenség térbeli végtelenségének bizonyíthatósága. Egyes fizikusaink a véges, de határtalan, változó rádiuszú világegyetem hipotézisét egyenértékűnek nyilvánítják a végtelen kiterjedésű világegyetem tételével, és bizonyos mennyiségi adatoknak a jelenleginél tökéletesebb csillagászati eszközökkel történő pontosabb mérésétől várják a probléma eldöntését. Véleményünk szerint ezek fiktív mennyiségek: ilyen pl. a világmindenség átlagsűrűsége és a világegyetem tágulásának kezdete óta eltelt idő. Ha sikerülne bebizonyítani, hogy pl. az átlagsűrűség $5 \cdot 10^{-29}$ gr/cm^3 és a tágulás kezdete óta eltelt idő kereken $6 \cdot 10^9$ év, akkor elismernék a világegyetem térbeli végtelenségét, mert a fenomenológikus számítások útján nyert képletben ekkor a rádiusz nevezőjének értéke zérus lenne. A világ térbeli végtelensége azonban nem bizonyítható be közvetlen mérésekkel, igazolható ellenben az indirekt logikai bizonyítás módszerével: a világ végességét hirdető konkrét elméletek cáfolatával, tehát a fenomenológia túlhaladásával.

A kvantumelmélet pozitivista interpretációja

A fenomenológián túlmenő fizikai megismerés lehetőségét tagadó *pozitivista nézetek legerősebb ismeretelméleti bázisa ma a kvantumelmélet.* Ezzel kapcsolatban sajátos összefonódása jött létre a megfigyelhetőség követelményét

hangsúlyozó empirizmusnak és a matematikai apparátus bonyolultságával érvelő racionalizmusnak. A megfigyelhetőség követelménye, amelyet Heisenberg a 20-as évek közepén elvileg még helyesen fogalmazott meg: nevezetesen hogy a hullám és a korpuszkula dualitásának, valamint a kvantáltság és a folyamatosság ellentmondásának fenomenológiai leírását és az ehhez szükséges matematikai formalizmust csak ténylegesen megfigyelhető jelenségek leírására szabad felhasználni — a későbbiekben erős pozitivista torzulást szenvedett.

Heisenberg 1925-ben *Bornnal* és *Jordannal* együtt a *matrix-mechanikában* találta meg a kvantumelmélet matematikai formalizmusát — azoknak az analógiáknak a felhasználásával, amelyek a matematikai sajátérték-probléma és az atomi folyamatok kvantáltsága között kétségtelenül megvannak. Nem sokkal később: 1926 tavaszán *Schrödinger*, felhasználva *de Broglie* elgondolásait, egy másik matematikai formalizmussal: a *hullámmechanika* apparátusával próbálta megoldani a feladatot, olyan differenciálegyenletet keresve, amely nemcsak a kvantáltságot, hanem a hullám-korpuszkula dualitást is leírja. Az energia diszkrét sajátértékei itt mint hullámok sajátfrekvenciái jelentkeztek és a matrix-mechanikához képest egy sokkal szemléletesebb matematikai, leírás jött létre.

1926/27 telén Koppenhágában Bohr és Heisenberg dolgozták ki a kvantumelmélet *„koppenhágai interpretációját"*, amelyben Schrödinger eredményeit felhasználva arra törekedtek, hogy empirikus szemléltetését nyújtsák az elméletnek, miközben gyakran alkalmazták az ún. gondolati kísérletek módszerét. Heisenberg leírja *„A kvantumelmélet értelmezésének fejlődése"* (Die Entwicklung der Deutung der Quantentheorie, Physikalische Blätter. 1956. Heft 7.) c. tanulmányában, hogy kettőjük között olyan munkamegosztás alakult ki, hogy Bohr a hullámmechanika által nyújtott szemléletes képeket dolgozta be az elméletbe, Heisenberg pedig azon fáradozott, hogy a transzformációs matrixok fizikai értelmezését kibővítve olyan zárt elméletet hozzon létre, amely minden lehetséges kísérlettel összhangban legyen. Ekkor dolgozta ki Bohr a „komplementaritás elvét", Heisenberg pedig a „határozatlansági relációt".

A komplementaritás elve röviden azt fejezi ki, hogy mivel ugyanazon jelenség korpuszkulaszerűségét és hullámszerűségét egyszerre nem észlelhetjük, azért ezek az ellentétes tulajdonságok egymást kizáró módon léteznek csupán, és *gondolatban* sem foglalhatjuk őket egységbe. Helymeghatározás esetén korpuszkuláris, impulzusmérés esetén hullámszerű jelenséget észlelünk.

A határozatlansági reláció szerint — mint ismeretes — minél pontosabban körülhatárolt térbeli helyzete van egy részecskének, annál határozatlanabb impulzus-értékkel rendelkezik és megfordítva: minél meghatározottabb értékű az impulzusa, annál határozatlanabb a térbeli helyzete. Heisenberg ezt azonban úgy *fogalmazza*, hogy nem *mérhetjük* egyidejűleg a részecske helykoordinátáit és impulzusát, és úgy *értelmezi*, hogy ezt a részecskének a mérőműszerrel való ellenőrizhetetlen kölcsönhatása, vagyis a folyamat durva *megzavarása* okozza.

Előbb említett, 1956-ban írt tanulmányában Heisenberg elismeri, hogy a koppenhágai interpretációnak nemcsak fizikai, hanem filozófiai mondanivalója is van — de ugyanakkor azt állítja, hogy ez a filozófiai mondanivaló egyik hagyományos filozófiai irányzattal sem azonos: nem pozitivista, nem materialista és nem idealista jellegű, hanem mindezeknek tartalmazza bizonyos elemeit.

Fényes Imre és *Nagy Miklós* *„Mikrofizika"* c. könyvükben (Gondolat Kiadó, 1959) világosan megcáfolják ezt a szépítgetést és bebizonyítják, hogy

itt igenis színtiszta idealizmusról van szó! Az 1926/27 telén megszületett „szemléletes" koppenhágai interpretáció megsérti a Heisenberg által korábban helyesen kitűzött programot, hogy ti. az elméletet csak ténylegesen megfigyelhető jelenségek leírására szabad felhasználni. Ez a leírás lényegében még fenomenologikus jellegű, bármily bonyolult is a benne használt matematikai formalizmus. A komplementaritás elve és a határozatlansági reláció Heisenberg-féle értelmezése azonban már nem a *jelenség* leírását végzi el, hanem a jelenség mögötti *lényeget* próbálja magyarázni. Ez a magyarázat azonban torz, mert nem tárja fel a fenomenológiailag leírt jelenség belső mechanizmusát, hanem megmarad a fenomenológia szintjén, még hozzá nem is az egzakt matematikai nyelvet használó kvantitatív fenomenológia, hanem az ezt felhígító, a szemléletesség igényével fellépő, de ugyanakkor pongyolán fogalmazott kvalitatív fenomenológia szintjén. Hogy a mikrofizika jelenségeinek a megfigyelő szubjektumtól való függőségét és megismerhetetlenségét bizonygató koppenhágai interpretáció fizikai és filozófiai szempontból egyaránt mennyire megalapozatlan, arra tanulmányom további fejezeteiben fogok visszatérni.

Már itt meg kell azonban említeni, hogy a kvantumelmélet „szemléletes" interpretációjával eléggé párhuzamosan alakult ki egy absztrakt, szigorúan matematikai jellegű interpretációja is: az a bizonyos, egzakt matematikai nyelvet használó kvantitatív fenomenológia, amelyről az előbb már említést tettem. A Heisenberg—Born—Jordan-féle matrixmechanika és a Schrödinger-féle hullámmechanika összeegyeztethetőnek bizonyult. Rendszerezésüket *Neumann* végezte el „*A kvantummechanika matematikai alapjai*" c. művében. (Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, Berlin, 1932.) Az ő fejtegetéseire még szintén vissza fogunk térni.

A pozitivista torzulás talán a legvilágosabban *Pascual Jordan* „*Szemléletes kvantumelmélet*" (Anschauliche Quantentheorie, Berlin 1936) c. könyvében jut kifejezésre. Jordan terméketlen, sőt értelmetlen kérdésfeltevésnek minősíti azt a törekvést, hogy bárki is azután a titokzatos mechanizmus után kutasson, amely a kvantumfizikai által feltárt sajátos eredményeket előidézi. A kvantumfizika és a klasszikus fizika törvényei közti különbség szerinte nem szorul semmiféle magyarázatra, ezt a különbséget „eleve adott" valaminek kell felfogni. Jordan szerint csak olyan kijelentéseknek van értelmük, amelyek *közvetlenül érzéki élményeinkre* vonatkoznak, legyenek azok múlt — vagy jövőbeli élmények. A tudományos fogalmak és elméletek megalkotását csak az érzéki élmények regisztrálására és rendezésére alkalmas, kigondolt segédkonstrukciónak tekinti, amelyek szerepe csak annyi, mint a hosszúsági és szélességi fokoké. Mindezt *bevallottan pozitivista* értelmezésként szögezi le. (275—277. o.) A későbbiekben azt a kérdésfeltevést is értelmetlennek nyilvánítja, hogy létezik-e a reális külvilág, vagy sem. „*A pozitivista felfogás szerint ezt mondhatjuk: nem képzelhető el olyan kísérlet, amellyel ilyen állításokat bizonyítani vagy cáfolni lehetne, ezért az ilyen állításokat, mint értelmetleneket, ki kell rekeszteni a tudományos rendszerből.*" (303. o.)

Ez a szélsőséges pozitivizmus hosszú időn keresztül uralmi helyzetet foglalt el a koppenhágai iskola ismeretelméleti nézetein belül, Bohr és Heisenber nézeteit is beleértve. Hatástalannak bizonyultak *Max Planck* figyelmeztető szavai: saját maga fölött mond ítéletet az a tudomány, amely nem ismer el más valóságot, mint az egyes kísérletezők élményeit, amely nem ismeri el, hogy ezek az észleletek hírt adnak egy tőlünk függetlenül létező reális külvilágról. (Planck: Positivismus und reale Aussenwelt. Leipzig, 1931.)

Igen tanulságos vita zajlott le ezzel kapcsolatban a kvantumelmélet ortodox tárgyalási módját képviselő *Bohr* és a vele szemben fellépő *Einstein* között. A vita már az 1930-as években megindult. A két nagynevű fizikus egymással szembenálló álláspontját többek között a svájci „*Dialectica*" c. filozófiai folyóirat 1948. évi 2—3. számában szögezte le.

Einstein itt kifejti, hogy a fizika eszmevilágában elengedhetetlennek tartja az alábbi követelmények teljesülését.

1. A fizika fogalmai az észlelő szubjektumtól független valóságos külvilágra kell, hogy vonatkozzanak.

2. A fizikai fogalmak a téridő-kontinuumban elrendezett létezést kell, hogy leírják.

3. Azok a dolgok, amelyek egy meghatározott időben térbelileg egymástól elkülönülten léteznek, egyúttal egymástól *függetlenül* kell hogy létezzenek és ennek a fizikai fogalmakban és tövényekben is ki kell fejeződnie.

4. Ha A és B ilyen térbelileg elkülönült és ezért egymástól független dolgok, akkor az A-ra való külső ráhatásnak semmi féle *közvetlen* befolyása sem lehet B-re, mert a természetben csak véges sebességgel terjedő közelhatások léteznek.

Ezeknek a követelményeknek, mint fel nem adható alaptételeknek a leszögezése után Einstein megállapítja, hogy a kvantummechanika a maga ortodox értelmezésében összeegyeztethetetlen ezekkel a posztulátumokkal. Ezt azzal támasztja alá, hogy ha A és B egy-egy elemi részecskét jelöl, amelyek egymással korábban kölcsönhatásban voltak, most pedig megmérjük A-nak valamelyik paraméterét, pl. az impulzusát, akkor ez egyrészt az A részecske befolyásolását jelenti és lehetetlenné teszi az úgynevezett komplementáris tulajdonságnak, ebben az esetben az A részecske helykoordinátáinak a megmérését — de jelenti egyben a B részecske befolyásolását is! A B részecske impulzusa ugyanis ebben az esetben matematikailag kiadódik az A részecske impulzusának megmért értékéből, de a B részecske helykoordinátái szintén megmérhetetleneknek bizonyulnak. Ezt Einstein úgy értelmezi, hogy az A részecskére a mérés által gyakorolt zavaró befolyás a kvantummechanika állítása szerint egyben a B részecske megzavarását is előidézi, pedig utóbbi nem is került közvetlen kapcsolatba a mérőeszközzel. Emiatt Einstein a kvantummechanikát a maga matematikai apparátusával együtt „*a valóság nem—teljes és közvetett leírásának*" minősíti és azt követeli, hogy a kvantummechanikát fel kell váltani egy „teljes és közvetlen" leírással, amelynek majd a fent felsorolt posztulátumokat már ki kell elégítenie.

Bohr persze elutasítja ezt a koncepciót és azt hangoztatja, hogy a kvantummechanika igenis teljes és közvetlen, minden mérési folyamathoz jól illeszkedő, leírást ad. Szabadon megválaszthatjuk a tanulmányozandó jelenség ilyen vagy amolyan komplementáris típusát és akkor kiválasztottuk a tanulmányozás célját szolgáló műszer megfelelő típusát is.

D. I. Blohincev, aki „*A kvantummechanika alapjai*" c. művében (Tankönyvkiadó, Budapest, 1952.) ismerteti ezt a vitát, megjegyzi, hogy Bohrnak ez a válasza csak félig helytálló, mert nem a műszerek korlátozott teljesítőképességén van a hangsúly, hanem a mérendő objektumok: a mikrorészecskék bonyolult, duális természetén, a klasszikus részecskéktől való különbözőségén. Nem az A részecskének és az impulzusát mérő műszernek a kölcsönhatása zavarja meg a B részecskét és teszi megmérhetetlenné helykoordinátáit, hanem az A és B részecskének a mérést megelőző kölcsönhatása idézett elő ilyen formában jelentkező változást a B részecske állapotában. (551. o.)

Rámutat itt Blohincev arra is, hogy Einstein a maga kritikájában szembeszáll ugyan a megfigyelő „élményvilágának" kizárólagosságát és a műszerek ellenőrizhetetlen zavaró hatását hangoztató pozitivista állásponttal, de ugyanakkor kissé mégis „bemegy a pozitivizmus utcájába", hallgatólagosan elhiszi a pozitivistáknak, hogy a határozatlansági relációnak a mérőműszerek zavaró hatása az oka, nem pedig a mikrorészecskéknek a klasszikus részecskéktől objektíve különböző természete.

Tegyük ehhez még azt is hozzá, hogy Einstein fent ismertetett posztulátumai ismét azt bizonyítják, hogy nem a materialista, hanem az objektív idealista ismeretelmélet álláspontjáról vitatkozik a pozitivizmussal — ott, ahol egyáltalán vitatkozik vele. Nem elég, ha valaki az észlelő szubjektumtól független külvilágra vonatkoztatja a fizika fogalomrendszerét és matematikai formalizmusát! Ha ugyanis ezt a vonatkoztatást úgy értelmezi, hogy „előre megállapított harmóniának" kell lennie a fogalomrendszer és a külvilág között, akkor szellemi eredetet és szellemi lényeget tulajdonít a külvilágnak. Einstein fent ismertetett posztulátumaiban ezt a harmóniát reklamálja, amely valóban megvan a külvilág és a *klasszikus* részecske mozgásfolyamatait leíró fizikai fogalmak között — természetesen nem mint *előre* megállapított harmónia, hanem mint a tapasztalat elméleti feldolgozásából származó *másodlagos* jelenség. A mikrorészecskék azonban nem hagyják magukra kényszeríteni ezt a harmóniát, mert minőségileg különböző a viselkedésük a klasszikus részecskéktől. A kvantumelmélet továbbfejlődésének nem Einstein posztulátumai szerint, hanem abban az irányban kell megtörténnie, amelyet a fizikai megismerés egész történelmi útja vetít elénk: a fenomenológiától a jelenségek belső mechanizmusának feltárása felé vezető úton — vagyis azon az úton, amelynek járhatóságát a pozitivizmus tagadja.

A koppenhágai iskola sokáig elszakíthatatlannak látszott a pozitivizmustól és maga köré vonzotta a nem-fizikus pozitivistákat is.

Fogarasi Béla „Materializmus és fizikai idealizmus" c. tanulmányában (Akadémiai Kiadó, 1952.) idézi pl. az amerikai Margenau következő állítását: *„A kvantumelmélet és a bizonytalansági elv a valóságot mint az emberi megfigyeléstől függő valamit tételezi"*. (21. o.) De maga Heisenberg még 1955-ben is ugyanezt írja *„A mai fizika világképe"* c. munkájában, amelyet magyar nyelven a Gondolat Kiadó tett közzé 1958-ban: „Ha köznapi tapasztalataink tárgyait figyeljük meg, akkor az a fizikai folyamat, amely a megfigyelést közvetíti, csupán alárendelt szerepet játszik. Az anyag legkisebb építőköveivel kapcsolatos minden megfigyelési folyamat azonban a folyamat durva megzavarását jelenti: a részecskének a megfigyelési folyamattól független viselkedéséről egyáltalán nem is lehet már beszélni. Ez végső fokon azt jelenti, hogy a kvantummechanikában matematikailag formulázott természettörvények nem az elemi részecskékre mint olyanokra vonatkoznak, hanem az elemi részecskékre vonatkozó ismereteinkre. Az a kérdés tehát, hogy ezek az elemi részecskék „mint olyanok" térben és időben léteznek-e, ebben a formában egyáltalán fel sem vethető, mert hiszen csak azokról a folyamatokról beszélhetünk, amelyek akkor játszódnak le, amikor az elemi részecskéknek valamilyen más fizikai rendszerrel, pl. mérőberendezéssel való kölcsönhatásából próbáljuk kideríteni a részecske viselkedését". (13—14. o.)

Fogarasi elvtárs e nézetek kritikájaként helyesen szögezi le, hogy Heisenberg és társai a mérőeszközt azonosítják a tudattal és *a megismerést általában azonosítják a méréssel*. (L. i. m. 25. o.) E felfogás szerint — mint láttuk — a

kvantumelmélet matematikai apparátusa sem valami objektív létezőnek nyújtja a leképezését, csupán meghatározott mérési tapasztalatok rendezésére szolgáló szubjektív észkonstrukció.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a koppenhágai iskola az utolsó években már megpróbálja magát elhatárolni a pozitivizmusnak olyan szélsőséges képviselőitől, mint amilyen pl. Jordan. V. A. Fok az 1958 októberében Moszkvában tartott konferencián elmondotta, hogy Bohr közölte vele: lemond az „ellenőrizhetetlen kölcsönhatás" kifejezésről és elismeri a mikrorészecskék tulajdonságainak objektív jellegét.

Ez a törekvés érvényesül Heisenbergnek abban az előadásában is, amelyet 1958. ápr. 25-én Berlinben tartott Planck születésének 100. évfordulóján ezzel a címmel: „*Planck felfedezése és az atomelmélet alapvető filozófiai kérdései*". Ennek az előadásnak a rövidített szövegét és *Kuznyecovnak* a Voproszi Filoszofiiban megjelent válaszcikkét magyar nyelven a Valóság 1959. évi 2. száma közölte. *Heisenberg* itt nosztalgikusan beszél ugyan Machról és azt mondja, hogy az ő eszméi termékenyítették meg újra és újra a fizika fejlődését, de végül leírja már a következőket: „A kvantumelmélet ma általánosan elfogadott értelmezése — a pozitivizmussal ellentétben — egyáltalán nem az érzéki benyomásokat tekinti elsődlegesnek. Ha a kvantumelméletben valamit elsődlegesnek akarunk nevezni, akkor ez a valóság, amelyet a klasszikus fizika fogalmaival írhatunk le." (44. o.)

Sajnos azonban, a „valóság" fogalma Heisenbergnél sem azonos a materializmus anyagfogalmával. Az ő távolodása a szubjektív idealizmustól (legalább is szavakban) nem a materializmushoz, hanem az objektív idealizmushoz való közeledést jelenti. Míg Einstein Leibnizben találta meg a maga példaképét, Heisenberg egyenesen a Platonhoz való visszanyúlást propagálja. Azt állítja, hogy a fenomenologikus kvantumelmélet a maga mérési eredményeivel és absztrakt matematikai formalizmusával valamiféle platoni ideának, az emberi tudattól függetlenül létező „kristálytiszta matematikai struktúrának" a létezését kell, hogy kimutassa, mert ez a matematikai struktúra jelenti az atomok és elemi részecskék világának legbelsőbb, elsődleges lényegét, „demiurgoszát". „*Azt várjuk — mondja Heisenberg — hogy mindazokat az összefüggéseket, amelyek a fizika különböző területein megismert természettörvényeket fejezik ki, e struktúrából lehet levezetni.*" (L. uo. 48. o.)

Előbb említett válaszcikkében Kuznyecov kiemeli, hogy Heisenbergnek ebben az előadásban ismertetett tudományos *tevékenysége*, amellyel az elemi részecskék új egységes elméletét próbálja megalapozni, nem a *szavakban* Platonhoz segítő idealista filozófust, hanem az önkéntelenül is materialista ismeretelméleti alapon álló természettudóst állítja elénk. Az anyag új egyenletének megszületéséhez vezető utat Heisenberg például így írja le:

„Az a tapasztalati anyag, amelyet a legutóbbi két évtizedben gyűjtöttek össze az elemi részekre vonatkozóan, felvilágosítást nyújt számunkra az anyag alapegyenleteinek szimmetriatulajdonságairól — ha kissé közvetett formában is — mégpedig azáltal, hogy kezünkbe adja az ún. „kiválasztási szabályokat és megmaradási tételeket". Ezalatt a következőket kell értenünk: Ha a tapasztalatból tudjuk, hogy milyen részecskék szenvedhetnek rádióaktív átalakulást, és milyen részecskékké alakulhatnak át, ebből visszakövetkeztethetünk a részecskék és a viselkedésüket megszabó törvények szimmetriatulajdonságaira. Midőn megkíséreltük, hogy az anyag elméletének matematikai modelljét úgy alakítsuk át, hogy számot adjon a megfigyelt kiválasztási szabályokról,

olyan egyenletre bukkantunk, amelyről Pauli meg tudta mutatni, hogy az az általa talált szimmetriatulajdonságokkal is rendelkezik. Ezen az úton meg lehetett adni egy egyenletet, amely — hogy óvatosan fejezzük ki magunkat — legalábbis első pillantásra úgy fest, hogy képes számot adni az elemi részek összes ismert tulajdonságairól, s így már az anyag helyes egyenlete lehet." (L. uo. 47. o.)

A tudomány fejlődése tehát a kvantumelmélet esetében is újra igazolja Leninnek azt a megállapítását, hogy a *természettudomány objektív szükségszerűséggel szüli a dialektikus materializmust* — még akkor is, ha egyes bábák a világra jött szüleményben nem tudják, vagy nem merik pontosan megállapítani: mi való a bölcsőbe és mi való a szemétgödörbe. Nem kétséges, hogy Heisenberg *platonizmusa* ugyanabba a szemétgödörbe fog kerülni, amelyiknek legalábbis a szélére már odatette korábbi *machizmusát*, bár még tusakodik önmagával, hogy belelökje-e vagy sem.

A kvantumelmélet fejlődése tehát kétségtelenül a fenomenológia túlhaladásának, az axiomatika és dedukció kiépülésének szakaszába lépett, amire többek között *Fényes Imre* is többször világosan utal. Nem kétséges, hogy ez a fejlődési vonal a mérés ismeretelméleti szerepének eddigi pozitivista túlbecsülésével szakítva, a jelenségek belső mechanizmusát feltáró logikai feldolgozás szerepét a maga méltó helyére állítva, a fizikai megismerés új nagy sikereit készíti elő. Nem kétséges persze az sem, hogy ezen az úton a kutatóknak igen nagy nehézségeket kell leküzdeniök, amiben feltétlenül szükség van a természettudósok és filozófusok Lenin sürgette, egyre szorosabb szövetségére.

МЕСТО И ЗНАЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРЕ В ПРОЦЕССЕ ПОЗНАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ

Тибор Элек

Ряд знаменитых представителей современной физики сделал попытку дать общий гносеологический анализ научной деятельности исследовательских методов физиков, а также источников и содержания их достижений. Физиков интересует прежде всего, какую роль играет в сложном процессе познания физики, с одной стороны, наблюдение, эксперимент и измерение, а, с другой, теоретическое мышление и частично применение аксиоматических и дедуктивных методов математики. Попытки решения этого вопроса, конечно, разнообразны.

Гносеологические взгляды *А. Эйнштейна* характеризируются прежде всего разновидностью рационализма, присущей Лейбницу. По мнению Эйнштейна достижения физики обусловлены не опытом; от восприятия нет никакого логического пути, ведущего к теории; «дедуктивная физика» зря ставит вопросы «индуктивной физике». Несмотря на это, теория находится в согласии с восприятиями, но это — предопределенная гармония (Prestabilierte Harmonie). Теория имеет объективное содержание, но это объективное содержание, имеющее духовное происхождение, выражает духовную сущность. Для ее изложения необходимо прежде всего интуитивное создание системы аксиом и всего математического формализма; измерения и наблюдения играют только второстепенную роль: они должны подтвердить теорию, т. е. предопределенную гармонию.

Гносеологические *взгляды коппенгагской школы* по отношению к позитивистской интерпретации теории квантов отличаются своеобразным сплетением эмпиризма, подчеркивающего требование наблюдаемости и измеряемости, и рационализма, аргументирующего сложным математическим аппаратом. У Бора и Гейзенберга познание сводится к операции измерения и феноменологическому описанию наблюдений. Однако, по их мнению, приборы грубым и недоступным для контроля способом нарушают измеряемый процесс, вследствие чего невозможно измерять те же показатели состояния и в микро-

физике и в макрофизике. По этому, они — как и махисты — отрицают независимое от наблюдателя существование микрочастиц. Они объявляют сложный математический аппарат теории квантов априорной, субъективной умственной конструкцией, служащей для упорядочения результатов измерений, но не имеющей объективного содержания. За последние же годы Бор и Гейзенберг, в некоторой степени отошли от махизма, присоединились к объективно-идеалистической концептции, близкой к вышеупомянутой концепции Эйнштейна. Собственная научная деятельность представляется теперь Гейзенбергу в таком виде, что он разыскивает ту платонскую идею, ту «хрустальную математическую структуру, которая таит в себе самую внутреннюю, первичную сущность микрокосмоса.

Взгляды М. Планка о сущности познания в области физики очень близки к положениям марксистско-ленинской теории познания. Объективные количественные определенности явлений видимого, слышимого и ошущаемого мира (die Gesichtswelt, die Gehörswelt, die Tastwelt) — измеряемы; итак экспериментальная физика поставляет теоретической физике *сырье*, которое обрабатывается при помощи логически, математически и философски отточенного мышления, после чего результаты дедукции проверяются опять путем измерения.

Теория познания марксизма-ленинизма тоже отвергает рационалистическое чрезмерное применение аксиоматики и математической дедукции и отказывается также от позитивистско-эмпирической концепции, сводящей пределы познания в физике к феноменологическому описанию результатов измерений и наблюдений при помощи приборов.

Математический аппарат теоретической физики является не априорным и произвольным умственным созданием, не имеющим объективного содержания, она не платонская идея, играющая в прятки, и также не выражение мистической предопределенной гармонии Лейбница, ухваченной гениальной интуицией, — своеобразная, сложная и абстрактная терминология того ответа, который дается природой на наши вопросы, заданные ей при измерениях. Явление природы — это отражаемый предмет, а результат измерения и математическое уравнение — это своеобразные моменты отражающего образа. Разносторонный диалектический процесс познания в физике уверенно продвигается вперед через разные ступени наблюдения, измерения, количественной и качественной феноменологии к разработке, лабораторной проверке и практическому применению в промышленности, сельском хозяйстве и транспорте — теории, объясняющей внутренний механизм все более сложных явлений, т. е. продвигается в направлении преобразования мира.

THE ROLE AND SIGNIFICANCE OF INSTRUMENTAL OBSERVATION IN PHYSICAL COGNITION

Tibor Elek

A number of outstanding representatives of modern physics have tried to give a general theoretical analysis of the scientific activity reserach methods, sources of results and contents of physics. The display special interest in one particular question: what place do observation, experiment and measuring on one hand, and theoretical thinking including the axiomatic and deductive methods of mathematics on the other- take in the complex process of cognition?

Albert Einstein's theoretical conception is essentially rationalist, especially in the Leibnitzian sense. Physical results, he argued, do not originate from sense experience, there is no logical road leading from perception to theory; „deductive physics" cannot seek answers from „Inductive physics". However, theory is in accordance with perception, but this is a „pre-established harmony". (Prestabilierte Harmonie). Theory has an objective content, but this objective content is of intellectual origin and it expresses reason. Its complete expression needs the axiomatic system and the intuitive creation of mathematical formalism. Mensuration and observation plays a secondary role: they are employed to justify the theory, the pre-established harmony.

The Copenhagen School advances views which are in accord with the positivist interpretation of the quantum theory; in essence they combine an empirical emphasis on observation and mensuration with a rationalism which argues through the complex process of mathematics. Bohr and Heisenberg confine cognition to the action of measuring and a phenonologic description of the perceptions.

However, they also say that since the instruments are never perfect and since they cannot be properly controlled, they disturb the process to be measured and this makes it impossible for us to ensure uniform measurements in mycrophysics as in macrophysics. From this, they deny — in a Machist manner — that the micro-organisms exist independently of the observer. They qualify the complicated mathematical apparatus of the quantum theory as apriorist, subjective mental constructions, which served for the arranging of the results of measuring, but has no objective contents. In the past years, however, Bohr and Heisenberg have travelled a long way from Machism and are taking an objective, idealist standpoint, similar to that of Einstein. Heisenberg now regards his own scientific activity as the search for the Plantonic idea; that crystal-pure mathematical structure (durchsichtige mathematische Struktur) which holds within itself the innermost and primary essence of microcosmos.

Max Planck's conception of the essence of physical sognition stands quite close to the Marxist—Leninist theoretical conception. We can measure the objective quantitative determinants of the visible, audible and sensible world (die Gesichtswelt, die Gehörswelt und die Tastwelt) thus experimental physics provides *raw material* for theoretical physics which can work up this raw material by applying logical, mathematical and philosophically trained thinking. Afterwards it controls the results of deduction through mensuration.

Marxist—Leninist theory also rejects the putting into the foreground of axiomatics and mathematical deductions in a rationalist way and also rejects that positivistempiricist conception which wants to confine the limits of physical cognition to the phenomenological description of the results of instrumental observation and mensuration.

The mathematical apparatus of theoretical physics is not an aprioristic, arbitrary construction of reason without any objective content; it is not a Platonic idea, neither the expression of a mystical, pre-established, Leibnitzian harmony grasped by some superintuition, but is a characteristic, complicated and abstract terminology of the answer given by nature on questions which arise in mensuration. The natural phenomenon, the reflected object is the result of observation and mensuration; the mathematical equation is the description of the movement of that reflection. The far reaching dialectical process of physical cognition proceeds through the grades of observation, measuring and qualitative and quantitative phenomenology towards the elaboration of the principle showing the inner mechanisms of the increasingly complicated phenomena. These principles find scientific justification in the laboratories and are then ed applied industry, agriculture and communication: all these resulting in the transformation of the world.