

A fizikai kauzalitástörvényhez

AZARI POLIKAROV

A kauzalitáselve általános alakban úgy fogalmazhatnánk meg, hogy „minden változásnak oka van”, ez azonban a maga konkrét tartalmában és praktikus jelentőségét tekintve túlságosan elmosódott a fizika számára. A tudományos tapasztalat arra tanított bennünket, hogy nem minden, közönséges értelemben vett változás változás tudományos értelemben is. A primer, állandó, stacionárius változásokat ki kell zárunk (emellett különbséget tehetünk a stacionáriusság különböző fokozatai között).

Ezért a klasszikus fizikában kísérletek történtek a kauzalitástörvény konkrétabb megfogalmazására. A kérdés az, hogy melyik a legcélszerűbb ezek közül a megfogalmazások közül, és vajon alkalmazhatóak-e ezek más területeken (a modern fizika területein) is, ill. hogyan kell ezeket általánosítanunk vagy pontosabbá tennünk.

1. A kauzalitás Newton mechanikájában

Newton mechanikája, mint ismeretes, a következő három tétel (axiómán) nyugszik:

1. a tehetetlenség törvényén,
2. az impulzus törvényen, mely szerint a gyorsulás arányos az alkalmazott erővel, és iránya az erő irányával megegyezik,
3. a hatás és az ellenhatás erőinek az egyenlőségén.

Míg Arisztotelész elképzelése szerint „minden mozgót szükségszerűen valaminek mozgatnia kell, mert nem birtokolhatja önmagában a mozgás kezdetét”¹, addig a tehetetlenségi törvény szerint a mozgás örök; az erők csak a mozgás sebességének a változását (a gyorsulást) idézik elő.²

Ez egy igen figyelemre méltó kérdésfeltevés, nevezetesen, hogy *az összes kauzalisan meghatározott változások, hogy úgy mondjuk, egy örök, kauzalitás nélküli mozgás hátterén valósulnak meg.*³

Éppen ezért az akauzalitás nem jelent feltétlenül és mindig indeterminizmust, ha egyes idealisták spekulatív céljaik érdekében azonosítják is őket

¹ Aristoteles, *Physik.* VII, 1.

² Ezért alapvetően hamis, amikor egyes skolasztikusok az erőt közvetlen mozgatóknak, azaz a helyváltoztatás okának tekintik (l.: J. Seiler, *Philosophie der unbelebten Natur.* Olten 1948. 129. 1.). Ez csak arról tanúskodik, hogy erőfogalmuknak a tudományos (mechanikai) fogalomhoz semmi köze nincsen.

³ Egy más összefüggésben Born találóan jegyezi meg: „Hogy milyen 'változásokat' tekint a fizika okozatoknak, amelyekhez okokat kell keresni, az a priori egyáltalában nem világos, hanem csak maga az empirikus kutatás határozza meg.” (M. Born, *Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen.* Berlin 1921. 188—189. o.)

egymással. Mi ezzel szemben megkülönböztetjük egyrészt az akauzalitást mint kauzális kapcsolatok fenn-nem-állásának megállapítását, másrészt az akauzalitást mint általános filozófiai beállítottságot (= indeterminizmust, anti-kauzalitást).

Az erők ilyen felfogása azt feltételezi, hogy valamennyi ok a mozgás sebességváltozásának oka (mely okok a mozgó testen kívül helyezkednek el). Ez a kijelentés, azzal a feltevással együtt, hogy minden erő központi erő, és hogy minden hatóerő megfelel egy vele azonos ellenhatóerőnek, jelenti a newtoni mechanika kauzalitásfelfogását.⁴

Principia mathematica philosophia naturalis-ában (1687) ezzel kapcsolatosan Newton a következőket írta:

Azok az okok, melyeknek alapján az igazi és a relatív mozgások egymástól különböznek, azok az erők, amelyek a mozgás létrehozásánál a testekre hatottak. Valamely igazi mozgást csak olyan erők hozhatnak létre, ill. változtathatnak meg, amelyek magára a testre hatnak, ezzel szemben relatív mozgások létrehozhatók, ill. megváltoztathatók anélkül, hogy az erők erre a testre hatnának. Már az is elegendő, hogy olyan más testekre hassanak amelyekre az ember ezt a testet vonatkoztatja . . .”⁵

A mechanikus programot a leghatározottabban Helmholtz fejezte ki, aki a fizikai tudomány feladatát végső soron abban látja, hogy minden természeti hatást vonzó- és taszítóerőkre vezessen vissza, melyeknek intenzitása csak az egymásra ható pontok távolságától függ. *A természettudomány céljai és eredményei* c. tanulmányában (1871) a következőket írta:

„Ha azonban a mozgás az az ósváltozás, amely a világban végbemenő minden más változás alapja, akkor valamennyi elemi erő mozgatóerő, és a természettudományok végcélja az, hogy a minden más változás alapját képező mozgásokat és hajtóerőiket feltárja, azaz, hogy önmagát feloldja a mechanikában.”⁶

A legsúlyosabb probléma itt az erők problémája. Az a felfogás, hogy az erő a mozgás megváltozásának (gyorsulásának) az oka, feltételezi az erő önálló objektív realitását. Ez a newtoniánusoknak, részben magának Newtonnak is a felfogása. Newton ezt pl. a következőképpen világítja meg:

Ha valamilyen erő egy bizonyos mozgást hoz létre, akkor a kétszer olyan nagy erő, kétszer akkorát . . . okoz, hassanak bár ezek az erők egyszerre és hirtelen, vagy fokozatosan és egymás után.⁷

Mint látjuk, itt Newton az erők hatásáról, meghatározott mozgások okozásáról beszél. Még világosabban mutatkozik ez meg egy Bentley-hez írott levelében (1693), melyben Newton a gravitációs erőket az isteni kézzel hasonlítja össze, abban az értelemben, hogy az előbbieket a bolygók a Nap irányába tartó eső-mozgását eredményezhetik, míg a transzverzális mozgásokhoz isten beavatkozására volna szükség.⁸ Ettől a felfogástól az erők „actio in distance”-jának a feltételezése sem volt idegen.

⁴ L.: Wundt, W., *Die Prinzipien der mechanischen Naturlehre*. Stuttgart 1910. II.

⁵ Newton, I., *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*. Berlin 1872. 28–29. o.

⁶ Helmholtz, H., *Populäre wissenschaftliche Vorträge*. 2. füzet. Braunschweig 1871. 193. o.

⁷ Newton, I. I. m. 32. o.

⁸ Newton, I.; *Brief an dr. Bentley* (1693). Idézi E. Hunger, *Von Demokrit bis Heisenberg*. Braunschweig 1958. II. rész. 54. o.

Ugyanakkor azonban magánál Newtonnál találunk olyan megnyilatkozást is, amely szerint az erő matematikai karakterisztikum, amelynek segítségével a testek (gyorsuló) mozgása leírható.⁹

Tulajdonképpen a testek kölcsönhatásával, a mozgás átvitelével (kicsérlődésével) van dolgunk. Ez kvantitatíve az impulzussal, ill. az impulzus átvitelének intenzitásával, azaz az impulzus időbeni változásával jellemezhető. Ezt jelöljük ugyanis az erőfogalommal. Ebben az értelemben az erő „nem oka, hanem csak mértéke a mozgásnak” (E. du Bois-Reymond).

Amikor Engels hiányosságnak tekinti, hogy az erőt általában önálló létezőnek tekintik, a különböző mozgásfajták egymásba való átalakulási képességéből indul ki, és az erőt úgy határozza meg, mint a mozgás átvitelét, azaz mint energiaátvitelt.¹⁰

Később radikális kísérletekkel találkozunk, melyek arra irányulnak, hogy az erő fogalmát általában kiküszöböljék. Ilyen felfogást képvisel Clifford. A következőket írja:

„Mindaz, amit az erő és a mozgás vonatkozásában tudunk, abban áll, hogy a környező testek egy bizonyos csoportosulása meghatározott változást idéz elő egy test mozgásában. Rendesen azt mondják, hogy a környező testeknek ez a csoportosulása egy bizonyos erőt hoz létre, és ez az erő az, ami a mozgásváltozást előidézi. Mire való azonban egyáltalában ez a közbenső tag? *Miért nem megyünk át közvetlenül a környezeti körülményekről a belőlük következő mozgásváltozásokhoz? Ha megszokjuk, hogy az egyikről közvetlenül áttérjünk a másikra, a közjük ékelt erőfogalom közvetítése nélkül, akkor az utóbbi szükségessége megszűnik, és a többi haszontalan fogalomhoz hasonlóan fokozatosan feledésbe merül, ezzel pedig eltűnik az a tendencia is, hogy ennek a fantomnak olyan reális és anyagi tulajdonságokat tulajdonítunk, mint amilyen az elpusztíthatatlanság.*”¹¹

Ezt az irányzatot testesíti meg Hertz ismert kísérlete is egy olyan mechanika felépítésére, amelyből az erő fogalma ki van kapcsolva.¹²

Ebben az értelemben az erő nem oka a gyorsulásnak, hanem a testek diszpozíciója az egyik pillanatban oka a következő pillanatbeli diszpozíciójuknak. Más szóval: miután a hatás életbe lépett, a továbbiakban meghatározott úton és módon megy végbe. A newtoni mechanika lehetőséget ad arra, hogy az ilyen problémákat uralkodjunk.

Mint fizikai elmélet Newton mechanikája determinisztikus rendszer, amelyben a testek mozgásmódját az erők határozzák meg. És megfordítva is: egy ismert mozgásból kiindulva következtethetünk a hatóerőre. Tipikus példa ebben a vonatkozásban az átmenet a bolygómozgás kinematikai törvényeiről a gravitációs törvényre és levezetésük a gravitációs törvényből; ez a newtoni mechanika egyik legnagyobb diadala.

Ebben az értelemben állítja Einstein, hogy Newton előtt szinte semmi olyan valóságos eredmény nem volt, amelyre egy hézagatlan fizikai kauzalitás

⁹ Newton, I., *Mathematische Prinzipien . . .* 8. magyarázat. 24. o. 1.: P. G. Tait, *A fizikai ismeretek legújabb sikereiről*. Petersburg 1877. 15. o., 323. o. (oroszul).

¹⁰ Engels, Fr., *A természet dialektikája*. MEM 20. köt. Bp. Kossuth Könyvkiadó, 1963. 545–546. o.

¹¹ Clifford, W. C., *Nature* XXII, 122 (1873). Idézi: F. Rosenberger, *Geschichte der Physik*. II. rész. Braunschweig 1890. 576. o.

¹² Hertz, H., *Die Prinzipien der Mechanik . . .* Leipzig 1894.

létezésébe vetett bizalom alapozható lett volna.¹³ Born véleménye szerint a bolygómozgások Newton előtti elmélete kitűnő példa egy matematikai és determinisztikus, de nem kauzális leírásra.¹⁴ Itt kauzális leírásról olyan leírást ért, amely megfelel a „miért” kérdésére, míg a determinisztikus leírás csak a külső összefüggés (mint pl. a nappal és az éjszaka egymásra következősége) megállapítását feltételezi.

Newton maga a jelenségek kauzális magyarázatához tartja magát. A *Principia* harmadik könyvében a természetkutatás következő szabályát fogalmazta meg:

„A természeti dolgok magyarázatának csak olyan okait tűrhetjük meg, amelyek igazak, és elegendők a jelenségek magyarázatához.”

A második szabály a következőképpen hangzik:

„Ezért ugyanahhoz a természeti hatáshoz, amennyire lehetséges, ugyanazokat az okokat kell hozzárendelnünk. Így az ember és az állat lélegzéséhez; a kövek eséséhez Európában és Amerikában; konyhatűzünk és a Nap fényéhez; a fényvisszaverődéshez a földön és a bolygókon.”¹⁵

A kauzalitásprobléma kérdésfeltevése a klasszikus mechanikában nézetünk szerint tartalmazza a fizikai kauzalitásfelfogás alapvonásait. Ide tartoznak a mozgás átvitele és törvényszerű lefolyása, amelyek a probléma további felgöngyölítésének alapirányait alkotják. Az első irányzat az energia-tan fejlődésével függ össze, míg a másodikat az analitikus mechanika képviseli.

Meg kell jegyeznünk, hogy az erőfogalom már Newtonnál a munka, pontosabban a teljesítmény értelmével is bír.¹⁶ Egyes szerzők szerint Newtonnak az a tétele, amely szerint a külső ágens hatását erejének és sebességének szorzatával kell mérnünk, implicite magában foglalja majdnem az egész energia-tant.¹⁷ Mégis az erőfogalom differenciálódása és az energiafogalom kialakítása hosszas fejlődés terméke.¹⁸

Másrésze a mechanika variációselvei a newtoni törvények megfelelő általánosítását alkotják, sőt némely szerző véleménye szerint alapjában véve azonosak a newtoni törvényekkel.¹⁹

Még egy megjegyzés: minthogy a gyorsulás mindig az erővel egyidejűen lép fel, a newtoni mechanikában az ok és az okozat egyidejűek.²⁰ Ezzel szemben a dinamikus rendszerek állapotainak sorrendje szukcesszív.

Ezt a problémakört a következő pontokban közelebbről megvilágítjuk.

¹³ Einstein, A., *Newtons Mechanik und ihr Einfluss auf die Gestaltung der theoretischen Physik*. (Mein Weltbild. Amsterdam 1934. 195. o.)

¹⁴ Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*. Oxford 1949. 10. o.

¹⁵ Newton, I., *Mathematische Prinzipien* . . . 380. o.

¹⁶ Értelmét tekintve ezt a fogalmat már Galileinél megtaláljuk (impeto). Newton megengedi a mozgás eltűnésének lehetőségét a disszipatív erők hatására, amint isten általi teremtését is (l.: *Optik*. Leipzig 1898. 31. töredék).

¹⁷ Maxwell, J. C., *Substanz und Bewegung*. Braunschweig 1879. 86. o.

¹⁸ Szesedrovickij, J. P., *A fogalmak fejlődésének egyes momentumairól*. Voproszi Filozofii, 1956. 6. sz.

¹⁹ L.: pl. E. Mach., *Mechanik*. Leipzig 1908. pl. 428. o.

²⁰ Weizel, W., *Das Problem der Kausalität in der Physik*. Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Köln—Opladen 1955. 43. füzet, 37. o.

2. A kauzalitástörvény mint megmaradási törvény

Fő művében, *A filozófia elveiben* (1644) Descartes megfogalmazza a tehetetlenségi törvényt és a mozgásmennyiség megmaradásának törvényét, amelyek nézete szerint elegendőek ahhoz, hogy valamennyi természeti jelenséget megmagyarázzunk.²¹

Descartes programja materialista program minden jelenségnek az okok és a belső mechanizmus alapján történő magyarázatára. Korlátozva van azonban azáltal, hogy a maga tiszta alakjában a természeti jelenségeknek csak mechanikus magyarázatát látja. De akkoriban ez is óriási lépést jelentett előre.

Ugyanez a nézet jellemző Huygensre, az ismert kartéziánusra is, az ugyanis, hogy az igazi filozófiában minden természeti hatás okát mechanikus alapokra vezetik vissza. Másként „teljesen le kell mondanunk arról a reményről, hogy a fizikában valaha is megértsünk valamit”.²² Ez a nézet tipikus az egész korszakra; uralkodó a fizikában körülbelül a századfordulóig.

A kauzalitás általános kérdésfeltevését speciális formái konkretizálják, amelyeket a kartéziánus fizika különösségei tükröznek vissza. Minhogy a mozgás össz mennyiségét a világmindenségben konstans nagyságnak tekintik, a mozgás valamely fajtája csak egy másik rovására keletkezhet, átadás útján és a legegyszerűbb esetben két test összeütközése útján. Ez a nézet ahhoz a felfogáshoz vezet a kartéziánusokat, hogy:

1. minden ok mozgás-ok, és

2. az okozat (az egyik test mozgása) egyidejűleg jelenik meg az ok (a másik test mozgása) felemésztésével, amely a mozgást életre hívta.²³

Az első elv különös világossággal nyilvánult meg a gravitációnak mint mozgásfajtanak a felfogásában, abban a felfogásban, amelyet Huygens buzgón védelmezett és amely a későbbiekben Lomonoszov és Lesage hipotézisében került kidolgozásra.

Egy olyan korszakban, amelyben szilárdan hitték, hogy a mechanikai mozgás a mozgás egyetlen univerzális formája, nem lehetett szó a mozgás semmiféle átalakulásáról.

Ami a második pontot illeti, figyelemre méltó d'Alembert véleménye, amely szerint a mechanikában az okok csak akkor adóttak számunkra világosan, ha visszavezethetők az ütközésre, minden más esetben azonban, mint pl. a súly esetében, teljesen ismeretlenek. Ezért a mechanika csak első részében szigorú matematikai tudomány, második részében ezzel szemben csupán a tapasztalatra alapozott.²⁴

Minthogy Leibniz a maga új erőfogalmából, amely a dolog lényegét tekintve energia-fogalom, indul ki, híres kauzalitás-tételét a *causa aequat*

²¹ Descartes, R., *Die Prinzipien der Philosophie*. Hamburg 1955. III. rész, 47. és 82. o.

²² Huygens, Ch., *Abhandlungen über das Licht*. Leipzig 1913. 10. o.

²³ Wundt, V.: I. m. II. 6. o.

²⁴ d'Alembert, *Traité de dynamique*. Párizs 1743. Élőszó X. o. Ezen az alapon veti el különben Euler az *action in distance*-t. A tehetetlenség elve szerint egy test a nyugalmi vagy a mozgásállapotát nem változtathatja meg, csak ha más testtel összeütközik; a távolhatással azonban felvennének egy állapotváltozást amaz összeütközés nélkül. (*Theoria motus*. 51. o. Idézi: Wundt, W., I. m. 51. o.)

effectum” alakjában fogalmazza meg, mely szerint „az effektusok... mindig arányosak okaikkal, ill. a létrehozó erővel.”²⁵

Az a tétel, hogy az anyag minden lehetséges átalakulás közben megmarad, tartalmazza a kauzalitástörvény egy kvantitatív megfogalmazását, amely szerint a hatások egyenlőek okaikkal. Ezzel a felfogással számos tudósnál találkozunk, akik hívei az anyagmegmaradás eszméjének; a többi között R. Boyle-nál, J. Rey-nél, Lomonoszovnál.

„A természetben mindennek olyan a berendezése, hogy az ok növekedésével okozata is növekszik”, írja Lomonoszov.²⁶

Ez az elv nagy szerepet játszott, különösen az energiamegmaradás törvényének a felállításánál. A kauzális összefüggések kérdésének ilyen kvantitatív megközelítése az anyag és a mozgás megmaradási tételének figyelembe vétele mellett R. Mayer a természet összes lehetséges „erői” (állandó viszonyok közötti) kölcsönös átalakulásának új szemléletéhez vezetett.

„Az erők”, írta Mayer *Megjegyzések az élettelen természet erőiről* c. munkájában, „okok; tehát rájuk a *causa aequat effectum* alaptétele teljesen alkalmazható. Ha *c* oknak *e* okozata van, akkor $c = e$; ha mármost *e* egy másik okozatnak, *f*-nek az oka, akkor $e = f$, stb.: $c = e = f \dots = c$. Az okok és okozatok láncában, amint ez egy egyenlet természetéből világos, egyetlen tag, ill. egyetlen tag része sem lehet soha nulla. Az összes okoknak ezt az első tulajdonságát nevezzük *megsemmisíthetlenségüknek*”, és tovább:

„A különböző formák felvételére való képesség az okok második lényeges tulajdonsága. A két tulajdonságot összefoglalva azt mondjuk: az okok (kvantitatíve) *megsemmisíthetetlen* és (kvalitatíve) *változó* objektumok.”²⁷

Figyelemre méltó, hogy ugyanezeket a nézeteket vallotta kortársa, Faraday is. *Az érintkezési erő hipotézisének valószínűtlensége* c. tanulmányában megjegyzi:

„Az érintkezési erő ellentmond a természettudomány azon nagy elvének, hogy ok és okozat egyenlőek.”²⁸

Helmholtz számára az ok a változás mögött változatlanul maradó, ill. tevő, azaz hatásának anyaga és törvénye, az erő.²⁹

²⁵ Leibniz, G. W., *Hauptschriften*. Leipzig 1879. I. köt., 277. o.

L'Hospitalhoz intézett levelében ezt Leibniz a következőképpen magyarázza: „Látja, hogy az ok és az okozat egyenlőségének a tétele, azaz egy mechanikai perpetuum mobile kizárása, alapját képezi erőmegítélésnek. Ez ennek megfelelően változatlan identitásában marad meg, azaz mindig megmarad az a kvantum, amely egy meghatározott hatás előidézéséhez, egy súlynak egy meghatározott magasságra való felemeléséhez, egy rugó kifeszítéséhez, egy meghatározott gyorsulás közléséhez stb. szükséges, anélkül, hogy az összehatásban a legcsékélyebb nyereség vagy veszteség bekövetkeznék, ha egy részét, melynek tekintetbe vételéről sohasem szabad megfeledkeznünk, gyakran vagy magának a testnek nem észlelhető részei vagy a test környezete abszorbeálnák.”

²⁶ Lomonoszov, M. V., *Válogatott filozófiai művek*. Moszkva 1950. 150. o. (oroszul).

²⁷ Mayer, R., *Mechanik der Wärme*. Stuttgart 1893. 23—24. o. Lásd még 47., 48. és köv. o.

²⁸ Faraday, M., *Experimental Research...*, II. köt. XVII. sorozat. 24. §. X. o

²⁹ Idézi: R. Mayer, *Kraft ist alles*. 1943. 52. o.

A. Riehl az okot és az okozatot a szubsztanciafogalom segítségével hozza egységbe. A két tétel kiegészül a valóságos megmaradásának elvévé mind térbeni létezését, mind pedig időbeni hatását tekintve (R. Mayer, *Kraft ist alles*. 55—56. o.). Hasonló Haeckel álláspontja is (lásd: E. Haeckel, *Die Welträtsel*. Berlin 1960. 276. o.).

Ez a felfogás különböző értelmezésekre ad lehetőséget.³⁰ Ez az energia-megmaradás tételének a felfogásával függ össze. Általában ezt csak kvantitatíve, kizárólag a megmaradásra vonatkozóan fogják fel. Ezzel szemben Engels a kvalitatív, az átalakulást illető oldalt hangsúlyozza. Csak erről az állásponttról foghatjuk fel a kauzalitástörvényt és az energiatétel közötti valódi relációt. Amint az energiatételt, úgy a kauzalitástörvényt is kvalitatíve és kvantitatíve kell értelmezni. Ez az átalakulásra (az okozásra) vonatkozik, amelyet kvantitatív szempontból az ekvivalencia jellemez.

Míg tehát a mechanikus felfogás szerint az ok és az okozat lényegüket és nagyságukat tekintve egyenlők, addig a dialektikus materializmus szerint csak nagyságukat tekintve egyenlők, míg minőségi szempontból (azaz ha átalakulásról van szó) különbözőek.

Ez energiatétel alapján a kauzalitástörvényt megfelelően konkretizálódik. Mind az ok, mind az okozat különböző energiaformák. Az okozat előidézését az energia átalakulásának értelmében kell felfogni. Ez esetben az ok az energia csökkenésével, az okozat ezzel szemben annak növekedésével van összekapcsolva. Kvantitatív oldalról az energiát, ill. pontosabban az energia-impulzus-vektort a kauzális hatás mértékének tekinthetjük.³¹ Ebből az adódik, hogy azoknak a változásoknak, amelyeknél ez a mérték konstans marad, nincsen fizikai okuk.

Ennek megfelelően a kauzalitástörvényt a következőképpen fogalmazhatjuk: A világban jelenlevő okok és okozatok összege konstans (Fr. Zöllner).³²

Ezt a felfogást egy sor szerző osztja, a többi között pl. W. Ostwald, A. Haas, W. Gerlach. Így Haas szerint az erő megmaradásának tételében a kauzalitáskereső a meghatározottabban és a legélesebben jut kifejezésre.³³

„Az energiatételben”, írja Gerlach, „az experimentális kutatás érintkezik a kauzalitás elvével. Experimentális szempontból a valóságban igen közeli rokonság van a kauzalitástörvény és az energiatétel között.”³⁴

Ebben az értelemben jellemzi Mach a perpetuum mobile lehetetlenségének tételét a kauzalitástörvény egy különös formájának.³⁵ Ezzel szemben A. Riehl, H. Driesch és mások a kauzalitáselvet átfogóbbnak tekintik, melyből az energiatétel levezethető.³⁶

Ha az okot az anyag mozgásával összefüggésben szemléljük, akkor világos, hogy a mozgás átvitelének és átalakulásának folyamata nem történhet időbeni egymásutánban, hanem csak egyidejűen, abban az értelemben, hogy az okozat az ok megszűnésével egyidejűleg (függetlenül attól, hogy mennyi ideig

³⁰ E felfogás különböző verziói ismeretesek: a) egyenlő okok egyenlő hatásokat hoznak létre, b) az ok egyenlő okozatával, c) az ok átalakul az okozattá. L. ehhez St. G. Kriszov, *Kritikai megjegyzések az energia és az energia megmaradása és átalakulása törvénye egyes felfogásaira vonatkozóan*. Izvesztia na Insztituta po Filozofia, II. köt. Szófia 1956. 42. o. (bo'gárul).

³¹ Így Driesch szerint az energia a fizika értelmében nem más, mint egy mérték; különös formában méri összeget a kauzalitáson. (H. Driesch, *Philosophie des Organischen*. Leipzig 1928. 294. o.)

³² Mayer, R., *Kraft ist alles*. 54. o.

³³ Idézi: A. Mittasch, *J. R. Mayers Kausalbegriff*. Berlin 1940. 121. o.

³⁴ I. m. 124. o.

³⁵ Mayer, R., *Kraft ist alles*. 52–53. o.

³⁶ Más szerzők szerint (*Schopenhauer*) a kauzalitáselv alá van rendelve az energiatételnek. „Az energiacfogalom nemcsak a szubsztancia problémáját fogja át, hanem még a kauzalitását is”, állítja Ostwald. (*Vorlesungen über Naturphilosophie*. Leipzig 1902. 153. o.)

tart a folyamat!) *keletkezik*. Ez az energia- és az impulzuskicserélődés egyazon folyamatának két oldala; máskülönben a megmaradási tételek szenvednének csorbát. Éppen ezért a vizsgált felfogás valamennyi híve megegyezik az ok és okozata egyidejűségének kérdésében.³⁷

M. Bornnak is az a véleménye, hogy a kauzalitás absztrakt, időnélküli felfogása (meaning) az alapvető.³⁸

A kauzalitás ezen faja mellett, amelyet mint megmaradási kauzalitást jelölnek meg, van a kauzalitásnak egy másik faja is, nevezetesen a mozgásbáhozatali kauzalitás.³⁹ Az utóbbi minimális energiával megy végbe. Beszélhetnénk szignál-kauzalitásról is, amely határesetben energiafelhasználás nélkül valósul meg (ebben az esetben csak egy bizonyos konfiguráció határozza meg a folyamat lezajlását). A kauzális kapcsolatnak ezen második fajánál nem-stabil állapotokkal van dolgunk.

Ami a „kis okok — nagy okozatok” tételét illeti, ez alárendelhető a megmaradási törvénynek. Erre a célra elegendő, ha az illető folyamatokat két szakaszra osztjuk. Az elsőben a kis ok egy éppoly kis okozatot hoz létre. A második szakaszban valamiféle (helyzeti) energiatartalékok lépnek be, amikor is újból egyenlőséget találunk ezen tartalékok és a kiváltott hatás között.

Ismeretes, hogy Hertz a maga mechanikájában a helyzeti energiát megkísérelte kinetikusra (rejtett tömegek) visszavezetni. Ez a kísérlet azonban nem sikerült. Egy sokkal általánosabb nézőpontról, nevezetesen arról, hogy az energia mint mozgás (kvalitatív szempontból) a dialektikus materializmus értelmében minden változást átfog, Engels szerint a helyzeti energia összefügg egy változással is,⁴⁰ mégpedig a konfiguráció változásával.

3. A kauzalitástörvény mint a stacionárius hatás elve

Newton mechanikájának fejlődésében Lagrange *Analitikus mechanikája* (1878) új szakaszt nyitott, amely az analitikus módszerek bevezetésével függ össze, és amelyet L. Euler, J. Bernoulli és d'Alembert munkái készítettek elő.

Az analitikus mechanikát a newtoni mechanikától variációs elvei különböztetik meg. Az utóbbinak megfelelően a mozgás úgy megy végbe, hogy egy őt jellemző nagyság (pl. a hatás) mindig egy szélső értéket vesz fel.

Az optikában ez az elv Fermat ideje óta ismeretes. A mechanikában eredetileg Maupertuis (1740) fogalmazta meg.⁴¹

³⁷ L.: A. v. Öttingen, *Das Kausalgesetz*. Ann. d. Naturphilosophie. VI. 459 (1907); E. Cassirer, *Zur modernen Physik*. Darmstadt 1957. 260., 386. o.; A. Mittasch, i. m. 137., 163. o.; R. v. Mises, *Über das naturwissenschaftliche Weltbild der Gegenwart*. Naturwiss. 18. 888 (1930).

Ebben az esetben egy adott *A* jelenséget egy másik *B* jelenség okának tekintünk, létrehozásának, illetve keletkezésének pillanatától fogva. Gyakran azonban az ok fogalmát egy *szélesebb* értelemben használják, ahol magára az *A* jelenségre viszik át (már az okozás pillanatát megelőzően is), azaz mint lehetséges (potenciális) okot tekintik. Csak ebben az értelemben jogsult az ok és az okozat sorrendjéről, valamint távolabbi és közelebbi okokról beszélni.

³⁸ Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*. 8. o.

³⁹ Mittasch, A., i. m. A III és IV. o.

⁴⁰ Engels, i. m. 386. o.

⁴¹ *A mechanika variációselvei*. Moszkva 1959 (oroszul); Polak, L. Sz., *A variációs-elvek a matematikájuk történeti fejlődésében*. Moszkva 1960. (oroszul).

A stacionárius hatás elvéből (ill. a többi variációs-elvből) levezethetők a dinamika egyenletei. Amennyiben a pontok anyagi rendszerének koordináta- és impulzusértékeit egymással kapcsolatba hozzuk, ezek az egyenletek lehetővé teszik, hogy a pontok koordinátáit az idő függvényeinek fogjuk fel, azaz, hogy a mozgás összképét megállapítsuk.

A megoldás a legáltalánosabb alakban adódik — mint a kinematikailag lehetséges mozgások osztálya. A reálisan végbemenő mozgást meghatározza a (rendszer kezdőállapotát jellemző) kezdeti koordináták és kezdeti impulzusok összességének a megadása.

Ez Cauchy problémája. Az utóbbi megengedi, hogy a mozgásfüggvény és az időszerinti differenciálhányados (sebesség) egy adott értékénél egy kezdeti pillanatban valamennyi rákövetkező értéket meghatározzunk, azaz, hogy a változások egész lefolyását megjósoljuk. A változásokhoz a másodrendű lineáris parciális differenciálegyenletek a következő módon adhatók meg:⁴²

Meg kell határozni az

$$F\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}, \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}\right) = 0$$

egyenlet $z(x, y)$ integrálják, amely $x = x_0$ -nál a $\frac{\partial z}{\partial x}$ parciális differenciálhányadossal együtt a már megadott

$$z\Big|_{x=x_0} = (y) \frac{\partial z}{\partial x}\Big|_{x=x_0} = \psi(y)$$

függvényekbe megy át.

Másképpen is megoldható, vagy két különböző pillanat koordinátáinak a megadása által, vagy a kezdeti feltételek valamelyik másik kombinációja segítségével.

Ha egy rendszert magasabbrendű differenciálegyenletek összességének a segítségével jellemzünk, akkor a kezdeti feltételekbe bele kell értenünk a megfelelő számú differenciálhányadosokat. Csak ezek ismerete teszi lehetővé elvileg a probléma pontos megoldását.

Így a következő tételt fogalmazhatjuk meg:

Valamely mechanikai rendszer állapotát egy tetszés szerinti pillanatban egyértelműen meghatározza egy kezdőpillanatbeli állapota. Másszóval, zárt rendszerben az azonos kezdeti állapotokból a rákövetkező állapotoknak mindig egy és ugyanaz a sorozata következik. Ha a kezdeti állapot ismert, akkor — a mechanika törvényei alapján — a rendszer egész további története meghatározható.

Ez jelenti a kauzalitástörvény kifejezését az analitikus mechanikában.⁴³

⁴² Frank, Ph. és Mieses, R., von, *Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik*. II. köt. Braunschweig 1935. XII. fejt. 4 §.

⁴³ Azt a nézetet, hogy a stacionárius hatás elve kauzalitástétel, megtalálhatjuk Machnál, Petzoldnál stb. is. Az újabban megjelent *A kauzalitásprobléma a modern fizikában* (Moszkva 1960. oroszul) c. gyűjteményes kötetben ezt a kérdést figyelmen kívül hagyták. Erre mutat rá különösen A. Kolman a Prágában a kauzalitás kérdéseiről tartott konferencián (1961. december).

Egy folyamat egymásra következő állapotait az irodalomban mint „kibontakozó állapotokat”, „kontinuitáskapcsolatot” (V. Lenzen) stb. jelölik meg (l.: E. Cassirer i. m. 387., 382. o.).

Vagy más megfogalmazásban: Van egy törvény, amely lehetővé teszi minden A_0 kezdőállapothoz a rákövetkező $A_1, A_2 \dots$ állapotok kiszámítását, ha ismerjük egy V térfogaton belül a kezdeti állapotokat és F határoló felület állapotát az egész vizsgált időszakban. A kauzalitástörvény akkor tehát azt állítja, hogy minden esetben, azaz minden F határfelületű V térfogathoz létezik egy törvény, amely lehetővé teszi, hogy az A_0 állapotból a rákövetkező $A_1, A_2 \dots$ állapotokat kiszámítsuk.⁴⁴

Világosan látható, hogy a klasszikus mechanikában a kauzalitásfogalmat azonosítják a dinamikus törvényszerűséggel.

Egy rendszer állapotát az összes egymástól független dinamikus változók összessége adja meg.⁴⁵

A kauzalitástörvénynek a stacionárius hatás elvéként való interpretációja csak meghatározott körülmények között lehetséges.

Matematikai szempontból a kauzalitástörvénynek a Cauchy-problémával való azonosítása csak meghatározott korlátok között lehetséges, a probléma különösen azért nem teljesen adekvát a kauzalitástétellel, mert a kauzális összefüggésbe a szélső értékfeltételeket is beleértjük.

Filozófiailag a kauzalitástörvényt mint a stacionárius hatás elvét csak teleológikus értelmezésének kizárásával foghatjuk fel.

Történetileg a stacionárius hatás elvének a felfedezése teleológiai megfontolásokkal (Maupertuis) függ össze, és a maga részéről előmozdította a teleológikus felfogást.⁴⁶ Egy radikális és egy mérsékelt felfogás mellett, amelyek szerint a teleológiai magyarázat a kizárólagos, ill. a domináló a kauzális fölött, még az a felfogás is kialakult, amely szerint a magyarázatnak ez a két fajtája ekvivalens. Ilyen felfogással találkozunk Eulernál. Azt írta, hogy a világmindenségben minden jelenséget éppoly sikeresen meghatározhatunk a maximumok és minimumok módszerének segítségével végokaikon keresztül, mint a hatóokok segítségével.⁴⁷

Ide kapcsolódik H. Weyl véleménye is. Elképzelése szerint a kauzalitás és a finalitás között magából a törvényszerűségből semmiféle különbséget nem lehet létrehozni; ez nem a természettudományos megismerésre, hanem a meta-

Mi a „régime” szót használtuk ennek megjelölésére (l. A. Polikarov, *A kauzalitás-elv a modern fizikában*. God. Szof. Univ., filoziszt. fak. 47. köt. I (1950/52). Szófia 1952. (bolgárul).

A kauzalitás mint az objektumra a külvilágból gyakorolt változások és az állapotoknak az idő folyamatában való összefüggése közötti különbségtétel G. A. Szvecnyikov új frásának (*A kauzalitás kategóriája a fizikában*. Moszkva 1961. [oroszul]) is az alapját képezi.

⁴⁴ Frank, Ph., *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*. Wien 1932. 239. o.

⁴⁵ Meg kell jegyeznünk, hogy a klasszikus mechanika még abban az esetben is feltételezi elvileg a kezdeti feltételek létezését és mérését, amikor teljes ismeretük lehetetlen. Emellett hallgatólagosan feltételezi, hogy ezeknek a dinamikus változóknak a száma véges, sőt nem is túl nagy.

Kezdeti állapotként szerepelhet egy folyamat lefolyása egy időintervallumban, pl. a Föld mozgása a Nap körül, és akkor megkísérelhetjük e mozgás változásának a törvényszerűségeit megállapítani (l.: Ph. Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*. 146. o.). Olyan folyamatoknál, amelyeknek lefolyása a történelemtől függ, még ezt a függőséget is tekintetbe kell venni, hogy jósolhassunk. A megfelelő matematikai apparátust Volterra dolgozta ki.

⁴⁶ L. pl.: A. Wenzl, *Philosophie als Weg*. Leipzig 1939. 29. o.

⁴⁷ Euler, L., *Methodus inveniendi lineas curvas maxima minimi proprietate gaudentes*. 1744. 245. o.

fizikai értelmezésre vonatkozik. A finalitás teljes jogát megőrzi a kauzalitás mellett.⁴⁸

Konkrét kísérletek is történtek arra vonatkozóan, hogy egy nem tisztán kauzálisan, hanem finalisan is strukturált fizikát is megfogalmazzanak, amelyet a múlt és a jövő határoznak meg.⁴⁹

Minden ilyen jellegű kísérlet idealista jellegű.

A „stacionárius hatás elvének teleológikus értelmezését már a klasszikus fizikában is egy sor kiváló tudós, így pl. Lagrange, Laplace, Hertz is, kétségbe vonta.⁵⁰

A dialektikus materialista felfogás tagadja az ilyen értelmezést, mégpedig dialektikus értelemben, azaz, amennyiben megszüntetve megőrzi, ill. mászóval alárendeli a kauzalitásnak.

A célszerűségnek a kauzális magyarázatát az állatvilágban mindenkéltől Darwinnak köszönhetjük. Igen lényeges hozzájárulást jelent e probléma elvi megvilágításához korunkban a kibernetika.

A múlt, a jelen és a jövő egyértelmű összefüggését tételező felfogást képviseli Leibniz. A változás olyan elveiről ír, melyeknek segítségével a későbbi a korábbiából feltárható.⁵¹

Azok a nagy sikerek, melyeket ennek a módszernek az égi mechanikában való alkalmazása — elsősorban Laplace munkáiban — elért, rendkívüli módon hozzájárultak a mechanikus törvények elkerülhetetlenségét és általános érvényűségét valló nézetek megszilárdulásához, ami olyannyira jellemző a kor-szakra.

Ami az okoknak a következményekből való meghatározását illeti, Laplace rámutat arra, hogy ez csak kisebb-nagyobb valószínűséggel valószínűsíthető meg. „A véletlen analízise azon ágának alaptételül, amely az eseményektől az okokhoz való átmenettel foglalkozik” a következő elvet emeli ki:

„Minden ok, melyet a megfigyelt eseménynek tulajdonítunk, annál hitelesebb, minél valószínűbb az, hogy ezen ok jelenlétekor az esemény be-következik . . .”⁵²

Ennek megfelelően Reichenbach szerint a kauzalitáselv megfelelő formája a következő:

„I. Ha egy történést véges sok paraméter segítségével írunk le, akkor ezen történést jövőbeni fejlődése P valószínűséggel jósolható meg.

II. Ez a P valószínűség növekszik az egyhez, minél több paramétert veszünk tekintetbe.”⁵³

Ha a XVIII. századi mechanizmus értelmében feltételezzük, hogy a természet minden mozgásfajtája vagy mechanikus helyváltoztatás, vagy pedig erre visszavezethető, és hogy a dinamika differenciálegyenleteivel leírható,

⁴⁸ L.: H. Weyl, *Philosophie der Mathematik*. München 1928. 162. o.

⁴⁹ Küssner, H. G., *Principia physica*. Göttingen 1946.; lásd még: R. Seeliger, *Physik und Finalität*. Universitas. 1947. 7. és 8. sz.; H. Ertel, *Kausalität, Teleologie und Willensfreiheit als Problemkomplex der Naturphilosophie*. Berlin 1954.

⁵⁰ Lagrange, J. L., *Mechanique analytique*. Párizs 1788.; Laplace, P. S., *Exposition du système du monde*. I. könyv. XVIII. fejj.; Hertz, H.: i. m. 38. o.

⁵¹ Leibniz, G. W., *Hauptschriften*, II. köt. Leipzig 1924. 334 o., valamint 75., 558., 348. o.

⁵² Laplace, P. S., *Philosophische Versuch über die Wahrscheinlichkeit*. Leipzig 1932. 1—2. o.

⁵³ Reichenbach, H., *Aims of Modern Philosophy of Nature*. Modern Philosophy of Science. London—New York 1959. 96. o.

akkor az egész világkép fatalisztikus jellegre tesz szert.⁵⁴ Csak el kell képzelnünk egy végtelen képességű lényt, amely abban a helyzetben van, hogy a világ valamennyi részecskéjére vonatkozó differenciálegyenletek teljes rendszerét felírja és azon erők ismeretének alapján megoldja, amelyek egy időpillanatban hatnak, akkor világos lesz, hogy ez a lény az univerzális mechanikus determinizmus álláspontja szerint abban a helyzetben lenne, hogy feltárja a jövőt és megismerje a világmindenség egész múltját.

Éppen ezt a nézetet nyilvánította ki Laplace. Abból az elvből kiindulva, hogy „minden bekövetkező jelenség a megelőzőkkel annak az elvnek alapján áll kapcsolatban, hogy egyetlen jelenség sem jöhet létre az őt létrehozó okok nélkül”, Laplace *A valószínűségelmélet filozófiájának kísérlete* c. művében az ismert extrapolációhoz jut el:

„Egy olyan 'szellem', amely egy adott pillanatban mindazokat az erőket ismerné, melyek a természetet éltetik, valamint ismerné azoknak a lényeknek a kölcsönös helyzetét, melyekből a természet áll, továbbá amely eléggé átfogó képességgel rendelkeznék ahhoz, hogy elemezze ezeket az adottságokat, egy és ugyanazon formulával ki tudná fejezi mind a legnagyobb égitestek, mind pedig a legkisebb atomok mozgásait. Semmi sem lenne számára bizonytalan, a jövő és a múlt nyitva állnának szemei előtt.”⁵⁵

A pozitívisták a kauzalitást mint predetermináltságot azonosítják az előre megjósolhatósággal (M. Schlik, Ph. Frank és mások).⁵⁶ A megismerhetőség oldalának ez az abszolutizálása Franknál ahhoz a nézethez vezet, hogy a kauzális felfogásnak csak akkor van értelme, ha képesek vagyunk mindent (tudni és) megjósolni. Ez arra a bizonyos laplace-i szellemre áll. Ezért Frank a kauzalitástörvény laplace-i megfogalmazását (mint egy világképlet követelményét) a kauzalitástörvény legélesebb és leghatározottabb megfogalmazásának tekinti mindazok közül, melyeket valaha is adtak neki.⁵⁷ Ez azonban a laplace-i gondolatoknak specifikus-idealista vonásokat kölcsönöz, amelyeknek az eredeti laplace-i gondolatokkal lényegében véve semmiféle közösségük nincsen. Maga Frank is megérti, hogy a mindent átfogó intelligencia bevezetése Laplace számára csak egy sajátos kifejezőmód, és hogy az ember ugyanazokat a gondolatokat ezen kiegészítő feltételezés nélkül is kifejezhetné.⁵⁸

Erről az álláspontról, szigorúan véve, az embernek mindent (minden tömegpont összes koordinátáit és impulzusát és valamennyi függvény alakját az összes tömegek számára) tudnia kellene, hogy jósolhasson, ami praktikus szempontból értelmetlenség. Praktikusan az a fontos, hogy a paraméterek egy viszonylag kis mennyisége alapján jóslatokat mondhassunk ki. Ezért a kauzalitástörvénynek a következő fogalmazását adja:

„Már az állapotnagyságok csekély, áttekinthető mennyiségének bevezetése által és ezen állapotnagyságok nem túlságosan komplikált kezdeti eloszlásának esetében feltételezhetjük, hogy ugyanazon állapotnak a visszatérése esetén az előző alkalommal rákövetkező állapotok egész sorozata is mindig visszatér.”⁵⁹

⁵⁴ Az idealista és a mechanikus fatalizmus közötti különbségre Szvecsnyikov (*idézett könyve*, 136. o.) hívja fel a figyelmet.

⁵⁵ Laplace, P. S., i. h.

⁵⁶ Frank, Ph., i. m. 23., 50. o.

⁵⁷ I. m. 31. o.

⁵⁸ I. m. 32. o.

⁵⁹ I. m. 52. o.

Ezenkívül a kauzalitástörvény megfogalmazása a világmindenség természetével (a folyamatok fajtájával) függ össze. A kauzalitástörvény, mely szerint A -ra mindig B következik, csak akkor alkalmazható, ha A gyakran ismétlődik. S ha emellett az A állapot az egész világ állapota lenne, akkor az ember a kauzalitástörvényt csak azon előfeltétel mellett alkalmazhatná egyáltalában, ha az egész világ állandóan egy körfolyamatot futna be...⁶⁰

Azok a nehézségek, melyekbe Frank a kauzalitástétel megfogalmazásánál beleütközik, elsősorban pozitivista álláspontjából adódnak, amelynek megfelelően az objektív események kikerülnek látóköréből, és neki csupán „élményekkel” van dolga.⁶¹

A pozitivista állásponttal szemben elsősorban számos objektív idealista (H. Driesch, A. Wenzl, G. Hermann, P. van Laer stb.) hangsúlyozza, hogy a megjósolhatóság és a predetermináltság két különböző dolog.

Míg egyes szerzők a laplace-i determinizmust abszolútizálják (gyakran azért, hogy a determinizmus hitelét lerontsák), addig gyakran ütközünk e felfogás túl radikális kritikájába is, amely, úgy hisszük, túllő a célon. A valóságban véleményünk szerint a determinista felfogás tartalma a következő két kijelentésre redukálódik:

a) Szükségszerű, egyértelmű összefüggés áll fenn a világmindenség állapotai között.

b) A világmindenség állapotát valamennyi anyagi pont koordinátáinak és impulzusainak összessége határozza meg.

Ennek a két kijelentésnek más-más a jellege, és ezért más és más a sorsuk is. Az első közülük véleményünk szerint a *determinizmus legáltalánosabb megfogalmazása*, amely a komplikáltabb törvényszerűségek esetében is megőrzi jelentőségét. Ennek tagadása a determinizmus egyenes feladását jelenti. Másképp áll a helyzet a második tézissel. Ez az első konkretizálása. Ez a konkretizálás — akkor ez nem is lehetett másként — a klasszikus mechanika alapján történt. Éppen itt rejlik a laplace-i felfogás Achillesz-sarka. Ismeretes, hogy már a termodinamika, valamint az elektrodinamika területén másként határozódik meg az állapot.

Ebből adódik, hogy hamis a laplace-i determinizmus differenciálatlan kritikája, amelynek esetében annak specifikus-mechanikus tartalmával együtt annak általános megfogalmazását is elutasítják. Ez annyit jelent, hogy a gyermeket is kiöntjük a fürdővízzel, és bizonyos körülmények között kaput nyitunk az idealista spekulációk számára.

Látjuk, hogy a kauzális összefüggés általános tétele a klasszikus mechanikában — fejlődésszakaszainak mindegyikében — konkrét formákban jelentkezett, és pedig:

1. hogy a kauzalitástörvényt azonosítani kell az energiatétellel. Ennek megfelelően mind az ok, mind az okozat energia, és következésképpen (kvantitatíve) azonos. A valamit okozás energiaátalakulást jelent, és egyidejűen megy végbe: az ok megszűnik okozatának létrehozásakor;

2. hogy a kauzalitástörvényt fedi a stacionárius hatás elve.⁶² Ez esetben „ok”-nak a kezdőállapotot kell tekintenünk, míg a rákövetkező állapotok az

⁶⁰ I. m. 230. o.

⁶¹ I. m. 240. o.

⁶² Az energia- és az impulzusmegmaradási tételek mint következmények levezethetők a stacionárius hatás elvéből. (l.: H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie*. Berlin 1923. pl. 235. o.)

„okozatai”. Egy kezdeti állapotból egyértelműen következnek a rákövetkezők.

A két felfogásnak vannak közös vonásai. Mindkettő feltételezi a tér izotrópiáját, valamint a tér és az idő homogenitását.

Erre a körülményre már Maxwell rámutatott. A kauzalitáselvét, amely szerint „ugyanazok az okok mindig ugyanazokat az okozatokat hozzák létre”, a következőképpen világítja meg:

„Két esemény különbsége nem függ az idők és a helyek tiszta különbségétől, melyekben az események lejátszódnak, hanem csak az illető testek lényegében, konfigurációjában, ill. mozgásában levő különbségektől. Ebből következik: Ha egy esemény egy meghatározott időben és meghatározott helyen bekövetkezett, éppen ez az esemény bekövetkezhet egy más időben és más helyen.⁶³

A későbbiekben E. Noether, a kiváló matematikusnő feltárta a tér és az idő homogenitása, valamint a megmaradási tételek közötti szoros összefüggést.⁶⁴ A klasszikus mechanika variációselveiből kiindulva bebizonyította, hogy a homogenitás-sajátosságok a mozgás négy fizikai karakterisztikumával függenek össze, mégpedig az energiával, az impulzussal, a forgási impulzussal és a kezdeti súlyponttal, amelyeknek vonatkozásában érvényesek a megmaradási tételek. Ezek a fizikai mozgásformák sajátosságait fejezik ki. Korunkban megnyilvánult érvényességük a kvantummechanika, valamint a mezőelmélet területén is.

Ezenkívül az összes kauzális összefüggésekre érvényes a közelhatás elve (Descartes, Faraday stb.), azaz, hogy az ok és az okozat között direkt vagy indirekt térbeni kontaktus áll fenn. Ezt mint kontinuitást is szokták jelölni.⁶⁵

Végezetül jegyezzük még meg, hogy azt a felfogást, amely szerint az ok megelőzi az okozatot, ill. legalábbis egyidejű vele, mint az egymásrakövetkezés (antecedence) elvét (Born) jelölik.

A két kauzalitásfelfogásnak ezek a közös vonásai egy igen fontos kérdést vetnek fel, nevezetesen, *hogy a kauzalitástétel ezen különböző felfogásai vajon különböző etapjai vagy különböző oldalai-e annak*. Hogy erre a kérdésre felelhessünk, közelebbről meg kell vizsgálnunk a kauzális összefüggést a fizika más (nem mechanikai) területein. Nézzük a helyzetet a mezőfizikában (elektrodinamikában).

4. A kauzális felfogás a mezőelméletben

Az elektromos és mágneses jelenségek vizsgálatához való átmenet túllépést jelentett a mechanika alkalmazhatóságának határain. Coulomb és Ampère törvényeinek formális hasonlósága azonban mégis oda vezetett, hogy az új jelenségeket a központi erők mechanikai programjából kiindulva a távolhatás formális sémájának alapján törekedtek értelmezni.

Az elektromosság és mágnesesség tana új irányzatának megalapítója a zseniális autodidakta és tudós, Faraday volt. Az általa felfedezett elektromágneses indukció (1831) lehetővé tette, hogy a közelhatás alapvetően új felfogása legyen megfogalmazható. Ezt logikailag lezárt formában Maxwellnél találjuk meg. A maxwelli rendszer a közelhatáselv logikailag konzekvens keresztülvitele.

⁶³ Maxwell, J. C., i. m. 14–15. o.

⁶⁴ Noether, E., *Invariante Variationsprobleme*. Nachrichten von der königl. Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen, Math.-phys. Klasse, Berlin 1918. 235. o.; l.: L. S. Polak: i. m. 324. és kk. o.

⁶⁵ Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*. 8. o.

A maxwelli elmélet az elektronelmélet által fejlődött tovább, amely utóbbi az atomizmus jelentős sikereinek és az elektron felfedezésének alapján jött létre. Azt a feladatot állította maga elé, hogy egy sor jelenséget, mint pl. az elektromágneses hullámok kibocsátása, az elektromos polarizáció, a diszperzió és az abszorpció, az anyagok mágneses sajátosságai és az elektromos vezetőképesség, részleteiben, mikroszkopikusan megmagyarázzon.

Ennek példájául említhetjük az elektromágneses hullámok létrehozását. Ez esetben az elektromos mezőnek mágnesesbe és megfordítva való állandó átalakulásáról van szó. Ez az energia megmaradása mellett, valamint a közelhatás-elv (fénysebességgel) alapján következik be. Az elektromagnetizmus mezőelmélete determinisztikus elmélet. Az elektromágneses jelenségek egészen határozott formában alá vannak vetve az energiatételnek; ebből vezethetők le a Maxwell-egyenletek.⁶⁶

Ezenkívül az elektromágneses mező valamennyi változása egy adott helyen és adott időben a szomszédos pontbeli és megelőző pillanatbeli értékektől függ. A Maxwell-egyenleteknek, ill. a belőlük levezethető, az elektromágneses hullámok tovahaladására vonatkozó hullámegyenletnek a lényegét tekintve új tartalma ellenére ezek az egyenletek egyértelműen megoldhatók a kezdeti és szélső feltételek megadása esetén.

Az elektrodinamika következő etapja a relativitáselmélettel kapcsolatos. Míg a speciális relativitáselmélet a Maxwell—Lorentz-féle elektrodinamika továbbfejlődését jelenti, addig az általános relativitáselméletnek sikerült a mezőfelfogást a gravitációra átvinnie. Ezzel a „távolhatás” tudománytalan eszméje ellen folytatott hosszas harc befejeződött.

Ebből az elméletből mindenekelőtt az következik, hogy a fénysebesség nemcsak világkonstans, hanem az anyag (Stoff) és mező egymásba való átmenetének határsebessége is, a matematikai végtelenség egy sui generis fizikai ekvivalense.

Másrésről a tér- és időbeni intervallumok megváltozása a különböző rendszerek számára, amelyek relatív mozgást végeznek, ahhoz vezethet, hogy a megfigyelt jelenségek sorrendje megváltozhat. A tetszés szerinti inerciarendszerekre vonatkozó kauzális egymásrakövetkezés invarianciájának álláspontjáról Langevin azt a következtetést vonja le, hogy az ilyen kölcsönhatások nem vihetők át olyan sebességgel, amely túllépi a vákuumbeli fénysebességet.⁶⁷

Megjegyzés méltó, hogy Einstein a gravitációsmező egyenleteinek általános kovariáns formáira vonatkozó első vizsgálatainál arra kényszerült, hogy a kauzalitástétel fenntartása érdekében g_{ik} -ra négy nem-invariáns egyenletet posztuláljon.⁶⁸

Az elmélet további fejlődésekor elesett ez a követelés. Így mindenekelőtt D. Hilbert mutatta ki (1924), hogy az úgynevezett saját tér-idő koordináták alkalmazásakor⁶⁹ a kauzalitáselv mindig teljesül.

⁶⁶ Tamm, I. E., *Az elektromosságelmélet alapjai*. Moszkva—Leningrád 1946. 91. § (oroszul).

⁶⁷ Langevin, P., *Válogatott művek*. Moszkva 1949. 153. o. (oroszul).

⁶⁸ Einstein, A., *Die formalen Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsber. d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss., Berlin XLI, 1030. o. (1914).

⁶⁹ Tulajdonképpen a tér-idő-koordinátarendszereken olyan koordinátarendszert értünk, melyre a következő egyenlőtlenségek teljesülnek:

$$\begin{array}{l} g_{11} < 0 \\ g_{11} > 0 \\ g_{44} < 0 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} g_{11}, g_{12} \\ g_{21}, g_{22} \end{array} \right| > 0 \quad \left| \begin{array}{l} g_{11}, g_{12}, g_{13} \\ g_{21}, g_{22}, g_{23} \\ g_{31}, g_{32}, g_{33} \end{array} \right| > 0$$

Ez a kauzalitástétel következő megfogalmazásához vezet:

„A jelenbeni fizikai állapotnagyságok ismeretéből szükségszerűen és egyértelműen következnek a rájuk vonatkozó összes kijelentések a jövőt illetően, *amennyiben fizikai értelemmel rendelkeznek.*”⁷⁰

A bizonyítást a fizikailag értelmes (invariáns) kijelentésekre vonatkozóan Hilbert az idézett munkájában adja.

Ezen a módon a kauzalitástörvény a naltikus megfogalmazása pontosabbá vált.

Amint látjuk, a mezőfizika területén találkozunk egyrészt az energia átalakulásával (és megmaradásával), másrészt az elektromágneses hullámok tovahaladásának meghatározott törvényszerűségével is.

Általában csak ezt a második törvényszerűséget tekintik kauzalitástételnek. Ez tipikus módon jelentkezik pl. Jordan kijelentésében:

„A kauzalitáselv (a mezőfizikában) maga nem természettörvény — a természettörvények a differenciálegyenletek, melyeknek ez a fizikai mező alá van rendelve; a kauzalitáselv matematikai következtetés a természettörvényekből, egy a természettörvényekre alkalmazott tantétel a hiperbólikus differenciálegyenletek matematikai elméletéből.”⁷¹

Nem fogadhatunk el egy ilyen felfogást (a mechanikára vonatkozóan sem), mégpedig a következő okokból:

Mindenekelőtt ilyen körülmények között a Lagrange-féle variációs elvnek megfelelően épp ily joggal a későbbi értékeket is tekinthetnénk a korábbiak okainak, sőt, a kezdeti időpont, valamint a végidőpont helyét is tekinthetnénk egy meghatározott pálya okának.⁷²

Ezenkívül nem minden folyamat felel meg a korrektség feltételeinek. Ezzel összefüggésben a kezdeti állapot kiválasztásának a kérdése nagy jelentőségre tesz szert. Stacionárius mozgásnál bármely tetszésszerű állapotot kezdeti állapotnak tekinthetünk. A rendszer „régime”-jének a megváltozásánál azonban, ahol lehetségessé válik a stabilitás megsértése, már nem ez a helyzet.

Szeretnénk megjegyezni, hogy a kauzalitástörvénynek a (pontos) jóslás lehetőségével való összekapcsolása egy szubjektív kauzalitás-kritérium meghirdetésének veszélyéhez vezet. A kauzalitás attól *függetlenül* létezik, hogy meg tudjuk-e jósolni egy adott rendszer jövőbeni állapotát. Maga a jóslás tudásunk teljességétől függ.

Emellett *a jóslás jellege a törvények jellegével* függ össze. Minthogy a mechanika törvényeit és a többi tudásterületek törvényeit nem állíthatjuk egy fokra, világos, hogy teljesen alaptalan lenne, ha az olyan kauzális összefüggésektől kvantitatív jóslatokat követelnénk, melyek kvalitatív alakban adóttak (pl. a társadalomtudományokban).⁷³ Ezenkívül, különösen, ha statisztikai törvényszerűségekből indulunk ki, nem vagyunk abban a helyzetben,

⁷⁰ Hilbert, D., *Die Grundlagen der Physik*, Gesammelte Abhandlungen. III. köt. Berlin 1935. 275. o.

⁷¹ Jordan, P., *Kausalität und Statistik in der modernen Physik*. Die Naturwissenschaften. 15. 106 (1927).

⁷² Ludwig, G., *Die Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin—Göttingen—Heidelberg 1954. 175. o.

⁷³ Példának rámutathatunk a kauzalitás és valószínű jóslatok kapcsolatára a törvénelemben (Br. Bauch, *Zum Problem der Kausalität*. Bl. f. dt. Philosophie. 9, 137 (1935/36).

hogy az egyes részecskék vagy az egyes individuumok viselkedésére vonatkozóan vonjunk le következtetéseket; ezek csak statisztikus (valószínűségi) jóslatokat engednek meg.

A kauzális összefüggések ismerete a prognózisok lehetőségéből azonban még nem következik. A dolog lényege szerint már akkor lehetséges a prognózis, ha a folyamat változásának „regime”-je (vagy másképpen: a „régime” által meghatározott összefüggés) meg van állapítva, teljesen függetlenül a kauzális genetikus összefüggéstől. Ide tartoznak az összes kinematikai törvényszerűségek, különösen a bolygók mozgása, az ingamozgás stb. Valóban, itt minden rákövetkező állapot kapcsolatban áll a megelőzővel, de semmiképpen sem mint ok és okozat, hanem mint a változás egy meghatározott módja, amely változásnak az oka ezen egymásrakövetkezésen kívül fekszik. Joggal mutat rá Born, hogy ebből mi jövőbeni eseményeket előreláthatunk, a „miért” kérdésnek azonban semmi értelme nincsen.⁷⁴

Egyáltalában a jóslás tökéletlenségét a mindenkori összefüggés nem kielégítő ismeretének kell tulajdonítanunk, nem pedig a kauzalitás betöltésének általában. Itt napfényre kerül a kauzalitástétel nagy heurisztikus jelentősége.

A mechanikus determinizmus a lényegét tekintve fatalisztikus. Ez ellen jogosan tiltakozott egy sor tudós, akiknek nehezebbé esett beletörődni egy ilyen merev keretbe. Ebből a szempontból karakterisztikus Nerst kijelentése, hogy „a kauzalitáselv eddigi szokásos felfogása, amely szerint az egy abszolút szilárd természetű törvény, spanyolcsizmaként szorította össze a szellemet, és éppen ezért kötelessége a természetkutatásnak ezeket a béklyókat olyannyira kitágítani, hogy a filozófiai gondolkodás szabad előrelépését ne akadályozzák. Kívánatos tehát, hogy a kauzalitástörvény eddig megszokott, a klasszikus fizikából származó megfogalmazását oly módon megváltoztatni, hogy az újból szigorúan érvényes legyen.”⁷⁵

5. A kauzalitástörvény általános megfogalmazása

A dialektikus materialista ismeretelmélet értelmében a kauzalitástörvényt úgy kell megfogalmazni, hogy az visszatükrözze a *valóság lényegi kauzális összefüggéseit*.⁷⁶

Minden kauzális összefüggésnél két momentumot kell megkülönböztetni:

- a) az okozat (a következmény) keletkezését,
- b) a jelenség további fejlődését.

Ami a fizikai folyamatok keletkezését illeti, az nem más, mint az *energia és az impulzus átvitele és átalakulása*.

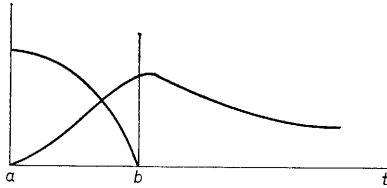
Egy jelenség a bekövetkezése után meghatározott módon zajlik le. Ezenközben egyértelmű összefüggés áll fenn a kezdeti állapot és a rákövetkező állapotok között, ami által a folyamat előrelátása lehetővé válik.

⁷⁴ Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*. 8. o.

⁷⁵ Nernst, W., *Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze*. Die Naturwiss. 10, 494 (1922).

⁷⁶ Ezt a felfogást képviseli *Über das Kausalitätsgesetz in der Physik* c. írásában a szerző. *Naturwissenschaft und Philosophie* c. gyűjteményes kötet, Berlin 1960. 195. o.

Ez grafikusan az alábbi sémával ábrázolható.



Ennek megfelelően két törvényszerűségünk van, mégpedig először az energia és az impulzus megmaradásának tétele, és másodsor a stacionárius hatás elve (ill. egy másik variációselv). *A kettő együtt tölti be a kauzalitás-törvény funkcióját.*

Fontos kiemelni, hogy a kauzalitástörvény ilyen általánosítása kielégíti a permanenciaelv követelményeit. Itt határozottan megnyilvánul a megismerési folyamatnak az a különössége is, hogy két egymással szemben álló felfogásra bomlik, amelyek valójában nem kizárják, hanem kiegészítik egymást.

Ez az értelmezés megvilágítja, hogy miért nem említik a fizika tankönyvek a kauzalitástörvényt, mint általános szabályt:⁷⁷ mert az a két említett alaptétellel, amelyek széles alkalmazásra találnak a fizikában, be van töltve. Ebben az értelemben a kauzalitástétel azonosítása a két tétel egyikével tökéletlen, egyoldalú ismeret.

Ez világos kritériumot ad arra vonatkozóan, mely jelenségek és törvények kauzálisak.

Egyúttal (azonban e két momentumnak a szembeállítását a kauzális jelenségek határozzák meg. Az energiatétel a második etapra is érvényes, amint az első szakaszon is meghatározott fajta energia- és impulzusátvitel van. Ezt mint mikrokozizációt vizsgálhatjuk. Így pl. a hullámoknak a Huygens-elv értelmében történő terjedését felfoghatjuk úgy, mint elemi mikrohullámokból összetett. Egyáltalában csak a folyamatok (relatív) felosztásával összefüggésben van értelme okról beszélni.⁷⁸ Az energia általános folyamatában a változásnak csak egy stacionárius „régim”-je van, amely a maga részéről konkrét folyamatokból áll ezek történetével együtt, ahol is a keletkezést, a fejlődést és a megsemmisülést nyomon követhetjük. Így pl. az egyes csillagok keletkezése csak egy etap a tejút fejlődésében, a bolygók létrejötte csak egy etap a csillagrendszerek fejlődésében, és így tovább.

Egyúttal világos az is, hogy a kauzalitástörvény a fizika egyes területein *különbözőképpen konkretizálódik.*

Legutóbbi időben Terleckij azt javasolta, hogy a fizikai kauzalitástételt tekintsük a termodinamika második főtételéből eredő fétkövetkeztetésnek, illetve a főtétel speciális kifejeződésének.⁷⁹ Emellett kiemeli a kauzális összefüggések egyértelműségét (illetve irreverzibilitását).

⁷⁷ Így pl. G. Ludwig teljesen helyesen jegyzi meg: Ma már a mechanikában, mint fizikában a kauzalitásfogalm praktikusán egyáltalában nem jelenik meg, úgyhogy az okra vonatkozó tulajdonképpeni filozófiai kérdés szaktudománycs beszűkülés nélkül a maga teljes szélességében újra vita tárgyát képezi.” (Ludwig, i. h.)

⁷⁸ Engels, i. m. 478. o.; Lenin, V. I.: *Filozófiai füzetek*. Művei 38. köt. Kossuth Könyvkiadó, 1961. 145. o.

⁷⁹ Terleckij, J. P., *A kauzalitáselv és a termodinamika második főtétele*. DAN SZSZSR 133., 329. (1960) (oroszul).

Ebben az esetben azonban az irreverzibilitásról a szokásos értelemben van szó, nevezetesen mint az ok és az okozat egymásra következésének megfordíthatatlanságáról, amit az irreverzibilitás termodinamikai fogalmával nem azonosíthatunk minden további nélkül. Mert egy kompenzáció (ill. entrópia-növekedés) által a termodinamikai folyamatok (pontosabban: állapotok) megfordíthatók.

Álláspontunk szerint a fizikai kauzalitástörvény és a termodinamika második főtétele között a szubordinációs viszony éppen fordított. Az utóbbi a kauzalitástörvénynek csak egy alkotórésze, a maga konkrét alkalmazásában a termodinamika területén.

6. Kauzalitás és statisztika

A fizika fejlődése oda vezetett, hogy a dinamikus törvények (a newtoni mechanika törvényei) mellett statisztikus alakú törvényeket is felállítottak.⁸⁰

A dinamikus törvényeken szélesebb értelemben nemcsak a dinamika törvényeit értjük, hanem mindazokat a törvényeket, amelyek individuális objektumok viselkedésére vonatkoznak. A statisztikus törvények ezzel szemben objektumok vagy események egy összességének a viselkedésére vonatkoznak. Ez esetben a konkrét — akár mechanikai, akár elektromágneses — törvények messzemenően közömbösek; mondhatni a háttérbe húzódnak.

Bizonyos törvényeket, így pl. a diffúzióegyenletet és a hővezetési egyenletet illetően véleménykülönbség áll fenn arra vonatkozóan, vajon ezek a statisztikus vagy a dinamikus törvényekhez tartoznak-e. Az első véleményt Planck képviselte, a másodikat Szamojlovics.⁸¹ Krajewski szerint ezek dinamikus törvények statisztikai alappal.⁸² Ez tulajdonképpen kísérlet arra, hogy a dinamikus törvények terjedelmét kiszélesítsük. Célszerűbb lenne talán ebben az esetben első- és másodfajú statisztikus törvényeket megkülönböztetni.

Egy időben, alkalmanként még ma is, történtek olyan kísérletek, hogy a statisztikus törvényt visszavezessék dinamikusakra.

Ezt a mechanikus felfogást tipikusan képviselte W. Gibbs. Szerinte a termodinamika törvényei olyan rendszerek megközelítő és valószínű viselkedését fejezik ki, amelyek nagy számú részecskéből állnak. Pontosabban szólva úgy fejezik ki e rendszerek mechanikai törvényeit, ahogyan olyan lények számára mutatkoznak meg, akik nem rendelkeznek elegendően finom észleletekkel ahhoz, hogy a nagyságrendjeiket felmérjék, amelyek az egyes részecskékre vonatkoznak, és akik kísérleteiket nem tudják olyan gyakran megismételni, hogy a legvalószínűbbön kívül bármely más eredményt megkaphassanak.⁸³

Planck kifejezésre juttatja meggyőződését, hogy előnyben kell részesíteni egy szigorú kauzalitás feltételezését, egyszerűen azért, mert a dinamikus törvényszerűségek sokkal távolabbra és mélyebbre nyúlnak, mint a statisztikusak, amelyek eleve lemondanak bizonyos megismerési értékekről.⁸⁴

⁸⁰ Különbözik a dinamikus és a statisztikus törvények nem merítik ki a törvények sokféleségét. Ezért ez a felosztás nem elegendő alap a természettörvények kimerítő osztályozásához, sőt a fizikai törvényekéhez sem.

⁸¹ Szamojlovics, G. A., *Termodinamika és statisztikus fizika*. Moszkva 1953. (oroszul).

⁸² Krajewski, Wl., *Mysl fylozoficzna*. 1954 3. sz.

⁸³ Gibbs, J. W., *Elementary Principles in Statistical Mechanics*. New York 1902.

⁸⁴ Planck, M., *Wege zu physikalischen Erkenntnis*. Leipzig 1934. 118. o.

Ez a felfogás még manapság is eléggé elterjedt (nyugati tudósok között). Így pl./ Heisenberg szerint a statisztikus törvényszerűségek általában azt jelentik, hogy az illető fizikai rendszert csak tökéletlenül ismerjük.⁸⁵

Itt különös világossággal napfényre kerül az összefüggés a mechanizmus és a szubjektív idealizmus között. A szubjektív idealizmus értelmében a mechanizmus a statisztikus törvényeket nem objektív statisztikus törvényszerűségek visszatükrözésének tekintik, hanem (tökéletlen) megismerésünk egy különös formájának, illetve nem-ismeretnek.

Ezek a kísérletek sikertelenek voltak. Filozófiai szempontból mechanikusak, következésképp perspektívátlanok. Tarthatatlanságukat speciális vizsgálatok is megerősítik.

Ebben az összefüggésben fontos, hogy különbséget tegyünk a statisztika két fajtája között. Statisztikával van dolgunk pl. egy hosszúság mérésénél. Ez esetben biztosak vagyunk abban, hogy a hosszúságnak egy egészen meghatározott értéke van, és a különböző mérési eredmények mérési hibákra vezethetők vissza. Itt tehát a statisztika nemtudásunk végeredménye, azaz szubjektív jellegű. Vannak azonban olyan szituációk is, melyek esetében a statisztikának teljesen objektív jellege van. Az ilyen esetek visszavezetése az előbbiekre lényeges hibák forrása e kérdésben, amelyek végső soron egy szubjektív idealista felfogásba torkollnak.

Ezzel szemben a dialektikus materializmus értelmében a statisztikus törvényszerűségek objektívek, és az összességre mint olyanra vonatkozóan jellemzők. Nem redukálhatók dinamikus törvényszerűségekre, illetve nem vezethetők le azokból.

Boltzmann, Szmoluhovszkij, Krilov stb. vizsgálatai megerősítik a statisztikus törvényszerűségek objektív jellegét.⁸⁶ Ha annak idején a molekuláris-kinetikus elmélet felállítása (akkoriban a hő mechanikai elméletének nevezték) a mechanikus program győzelme volt a fizikában, úgy a statisztikai fizika fejlődése hozzájárult ahhoz a belátáshoz, hogy a molekuláris (hő-) mozgás olyan törvényeknek van alárendelve, amelyek nem vezethetők vissza a mechanikára.

Ezért ahhoz a nézethez jutunk, hogy a dinamikus törvények az összefüggések egy olyan fajtájának absztrakciói, amelyek az egyes objektumokra meghatározott feltételek között jellemzőek, míg a statisztikus törvények egy összességre vonatkozó lényegi összefüggéseknek az absztrakcióit alkotják. Tehát a statisztikus törvények sem nem kevésbé objektívek, sem nem kevésbé pontosak, mint a dinamikus törvények. Ha tekintetbe vesszük az egyes és az egész dialektikus materialista tanát, amely szerint az egész nem egyszerű összege alkotórészeinek, hanem minőségi specifikummal bír, akkor nem jogosult, hogy a dinamikus törvényeket abszolutizáljuk. Sőt mi több, az összességeknek megvannak a maguk specifikus törvényei, nevezetesen a gyakoriság stabilitása, és ennek megfelelően az olyan specifikus karaktetisztikumok, mint a hőmérséklet, az entrópia és mások.

⁸⁵ Heisenberg, W., *A mai fizika világképe*. Budapest 1958. 26. o.

⁸⁶ Smoluchowski, M. v., *Wahrscheinlichkeitsgesetze. Begriff des Zufalls und Ursprung des Zufalls in der Physik*. Naturwiss. 6. 255–263 (1918); Krilov, N. Sz., *A statisztikus fizika megalapozására vonatkozó munkák*. Moszkva—Leningrád 1950. (oroszul). Ma széles körökben elterjedt az a nézet, hogy a valószínűségi kijelentéseknek teljesen objektív jelentésük van, és nem szubjektív várakozási állapotokat fejeznek ki. (M. Schlick, *Gesetz, Kausalität und Wahrscheinlichkeit*. Wien 1948. 101.)

Itt újból felmerül a kérdés e két fajta törvényszerűség szubordinációs viszonyait illetően, ez alkalommal azonban a dinamikus törvényszerűségeknek a statisztikusakra való visszavezetése értelmében. Ebben a vonatkozásban két nézőpontot kell megkülönböztetnünk. A mérsékelt nézőpont szerint a dinamikus törvények egyszerűen irrelevánsak a statisztikusak vonatkozásában. A radikális nézőpont szerint a dinamikus törvények nem mások, mint a statisztikusak határesetei, amennyiben elvonatkoztatunk a reális összefüggésektől.

Ezt a véleményt képviseli egy sor idealista, akik rendszerint arra hajlanak, hogy az így felfogott statisztikus törvényeket szembeállítsák a kauzalitással. A pozitivista álláspont szerint a differenciálegyenletek (a mechanika, az elektrodinamika differenciálegyenletei) alkalmazhatóságának a határai egybeesnek magának a determinizmusnak a határaival. Az a szigorú determinizmus, amelyet rendszerint a klasszikus differenciálegyenletfizikának tulajdonítanak, csak *látszólagos*.⁸⁷

Hasonló Born felfogása is, amennyiben a kauzalitást úgy tekinti, mint egy meghatározott szituációnak egy másiktól való függőségét, s kiemeli, hogy már az egyszerű mechanikus mozgás vizsgálatánál a rendszer kezdő állapotára vonatkozó mérési hibák jelenléte egy bizonyos idő múlva olyan szituációhoz vezet, hogy teoretikusan lehetetlenek bizonyul ezen rendszer következő állapotát csak valamennyire is kielégítően meghatározni. Egyáltalában nem is létezik a mechanikus rendszerek determinisztikus viselkedése; ezért a klasszikus mechanikát egy statisztikus elmélettel kell pótolni.⁸⁸

A statisztikus törvények primátusát mechanikus értelemben már Exner képviseli. Az a véleménye, hogy már talán az elemi folyamatok — pl. két molekula ütközése — sincsenek semmiféle kauzalitástörvénynek alávetve. Mégis középértékmegállapítással levethetők olyan törvények, amelyekben kauzális meghatározottság jut kifejezésre.⁸⁹

A dinamikus törvények a valóság magasabb fokú absztrakcióját képviselik. Ezért egyes szerzőknek az a véleményük, hogy ezek a törvények nem paritásosan mint a törvényszerűségek különböző fajtái léteznek, hanem mint két szakasz az objektív törvények feltárásában. Ezen álláspont szerint a fizika valamennyi területén találunk átmenetet a dinamikus törvényektől a statisztikusakhoz.⁹⁰ Ez a tendencia a modern fizika, különösen a kvantummechanika fejlődésével felerősödik.

A politikai gazdaságtanban Marx tudatosan arra korlátozza a tudomány feladatát, hogy olyan *átlagos* nagyságokat vizsgáljon, mint a tőke átlagos társadalmi összetétele, és nemcsak azért, mert praktikusán lehetetlen minden egyes tőke individuális sajátosságait a különböző termelési ágakban tekintetbe venni, hanem azért is, mert ezek az individuális sajátosságok a kapitalista ökonómia általános törvényeinek a felállítása szempontjából jelentéktelenek.⁹¹

Ez nem zárja ki a véletlen események kauzális meghatározottságát. Ezt számos szerző hangsúlyozza. Idézünk egy ilyen jellegű megállapítást:

⁸⁷ Mises, R. v., *Über kausale und statistische Gesetzmässigkeiten in der Physik*. Naturwiss. 18, 145 (1930).

⁸⁸ Born, M., *Vorhersagbarkeit in der klassischen Mechanik*. Zs. f. Phys 153., 372. (1958).

⁸⁹ Exner, F., *Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften*. Leipzig—Wien 1922. IV. szakasz.

⁹⁰ Vosznovszkij, Sz. V. és Kurszanov, G. A., *A dinamikus és a statisztikus törvényszerűségek összefüggéséről az atomi jelenségek területén*. Vesztnyik AN SZSZSR, 1957, 4.

⁹¹ Marx K., *A tőke*, I. köt. Kossuth Könyvkiadó 1966. III. könyv.

„*Jacob Bernoulli* főtétele, a „nagy számok törvénye”, csak determinisztikus feltételezések alapján vezethető le... A valószínűségszámítás tételei csak akkor érvényesek, ha a véletlenszerűségek komplikációk által *rejtett szabályszerűségek*. Csak akkor van ésszerű értelmük egy bizonyos időszakra nyert *középszámoknak*” — írja Fries.⁹²

Ez az állásfoglalásuk más szerzőknek is, azaz hogy egy indeterminált bázisból *soha* nem ugorhatnak ki statisztikus gyakoriságtörvények.⁹³ Egy „primer” statisztikával szemben nyilatkoznak Wenzl, Kahl-Furthmann, Dessauer és más objektív idealisták.⁹⁴

„Egy világban, amelyben a pusztán véletlen uralkodik, mindenből minden lehet, és ezért statisztikus törvényszerűségek sem állhatnak fenn” — olvashatjuk B. Erdmannál.⁹⁵

A kauzalitás mint az energia és az impulzus megmaradása érvényes a statisztikus összességekre is, sőt mi több, minden egyes objektumokra.

A kauzalitás mint az egymásra következő állapotok összefüggése nem redukálódik a dinamikus törvényekre. A statisztikus láncoknál (sztochasztikus folyamatoknál) is lehet szó kauzális összefüggésről, különösen a közvetlenül megelőző események függéséről (Markov-láncok).

A kauzálisan meghatározott és a kauzálisan össze nem kapcsolt események (ill. értékek) megkülönböztetése speciális matematikai módszerek segítségével (ritmometrikus analízis) valósítható meg.

7. A kauzalitásprobléma a kvantummechanikában

7.1 Kérdésfeltevés

A komplementaritásfelfogás követői is feltételezik a kauzalitáselv hatását minden mérésnél, a mérés lefolyása és eredménye közötti egyértelmű összefüggés értelmében. Másként semmiféle mérés nem lenne lehetséges. Heisenberg ezt a következőképpen világítja meg: Egy mérés lefolyását és eredményét nem tudjuk másképpen közölni, minthogy a hozzá szükséges eljárásokat és a mutató leolvasását mint objektív szemléletünk terében és idejében lejátszódó folyamatokat írjuk le, és nem tudnánk egy mérési eredményből a megfigyelt objektum sajátosságaira következtetni, ha a kauzalitástörvény nem garantálná az egyértelmű összefüggést a kettő között.⁹⁶

Ez egyrésztől. Másrésztől a hullámfüggvény által leírt folyamatok determináltsága is általánosan elismert. Így Born kiemeli, hogy maguk a valószínűségek semmiképpen sem meghatározatlanok; sőt a kvantumelmélet formalizmusa által szigorúan determináltak.⁹⁷

⁹² Fries, J. F., *Kritik der Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung*. Braunschweig 1842. Idézi: E. Mach, *Erkenntnis und Irrtum*. Leipzig 1917. 283. o.

⁹³ L.: A. Mittasch, i. m. 164. o.; Al. Wenzl, *Kausalität oder Freiheit als Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Physik?* Naturwiss. 28, 715 (1940).

⁹⁴ Wenzl, A., *Wissenschaft und Weltanschauung*. Leipzig 1949. 176. és k. o.; valamint G. Kahl-Furthmann, *Beiträge zum Kausalproblem*. Philos. Jb. d. Görres-Gesellschaft. 46. köt. (1933), 1–4. füzet; 47. köt. (1934), 1. füzet; F. Dessauer, *Naturwissenschaftliches Erkennen*. Frankfurt/M. 1958. 353. o.

⁹⁵ Idézi: H. Groos, *Willensfreiheit oder Schicksal?* München 1939. 176. o.

⁹⁶ Heisenberg, W., *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*. Stuttgart 1959. 55. o.

⁹⁷ Born, M., *Quantenmechanik und Statistik*. Naturwiss. 15, 240 (1927); M. Born és P. Jordan, *Elementare Quantenmechanik*. Berlin 1930. 6. fejezet.

Egy mikrorendszer állapotának változását a Schrödinger-egyenlet adja meg. Ez az egyenlet alapvetően ugyanolyan típusú, mint a kanonikus egyenletek a klasszikus mechanikában vagy a Maxwell-egyenletek az elektrodinamikában. És valóban, ha ebből az egyenletből a hullámfüggvény adott kezdőértékei mellett ($t = 0$ -nál) indulunk ki, értékét minden rákövetkező pillanatban meghatározhatjuk. Ezen a módon a mikrorendszer állapotát a kezdőállapot egyértelműen meghatározza.

„A kvantummechanika világképében a determinizmus éppoly szigorúan uralkodik, mint a klasszikus fizikában, csak az alkalmazott szimbólumok mások, és más számítási előírásokkal operálnak.”⁹⁸

A kauzalitástörvény ezen megfogalmazásának általánosságától eltekintve a valóságban a hullámfüggvény a részecskék eloszlásának csak a valószínűségét adja meg, nem pedig egyedi leírásukat. Ez azonban megfelel a kvantummechanika mint statisztikus elmélet jellegének. Teljesen megalapozatlan azt kívánni, hogy a statisztikus törvények többet(!) adjanak, mint amennyit a dolog lényege szerint tartalmaznak.

7.2. Indeterminisztikus következtetések

Minthogy az atomfizikában lehetetlen egyidejűleg megállapítani mind a koordinátákat, mind az impulzusokat, így a megjóslásuk is lehetetlen. Mászóval a koordináták és az impulzusok határozatlansága egy adott pillanatban azok jövőbeni határozatlanságához vezet. Ebből azt a következtetést vonják le, hogy a kauzális szemlélet alkalmazhatatlan, hogy a folyamatok indetermináltak zajlanak le, hogy a mikrorészecskék „akaratszabadsággal” rendelkeznek stb., stb.

Klasszikus munkájának befejező részében, amelyben a határozatlansági relációt felállította, Heisenberg már 1927-ben ezt írta:

„A kauzalitástörvény éles megfogalmazásában: Ha pontosan ismerjük a jelent, kiszámíthatjuk a jövőt — nem az utótag, hanem az alap hamis . . . Mert minden kísérlet alá van vetve a kvantummechanika törvényeinek, s így a kvantummechanika által a kauzalitástörvény érvénytelensége határozott megállapítást nyert.”⁹⁹

Valamivel később a komplementaritásfelfogás álláspontjáról meghirdették, hogy egyrészt a folyamatok tér-időbeni leírása, másrészt a klasszikus kauzalitástörvény a fizikai történés komplementer, egymást kizáró vonásait képezik. A kvantumelméletben a kauzalitást csak matematikai sémában tarthatjuk fenn, térben és időben azonban nem.¹⁰⁰

Heisenberg szerint csak akkor van értelme annak, hogy egy meghatározott okozathoz egy meghatározott okot rendeljünk hozzá, ha az okozatot és az okot megfigyelhetjük anélkül, hogy egyidejűleg zavaróan belenyúlnánk a

⁹⁸ Planck, M., *Der Kausalbegriff in der Physik*. Leipzig 1952. 13–14. o.; lásd még A. March, *Natur und Erkenntnis*. Wien 1948. 19–20. o.; Ö. Halpern és H. Thirring, *Über die Grundgedanken der neueren Quantentheorie*. Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. 8, 480 (1929); E. W. Schpolskij, *Atomphysik*. I. köt., Berlin 1954. 142.§

⁹⁹ Heisenberg, W., *Über den anschaulichen Inhalt der quanten-theoretischen Kinematik und Mechanik*. Zs. f. Phys. 43, 197 (1927).

¹⁰⁰ Heisenberg, W., *Physikalische Prinzipien der Quantentheorie*. Mannheim. 1958, 48., 49. o.

folyamatba. Az a véleménye, hogy a kvantummechanikai törvények statisztikus jellege alapvető eltávolodást jelent a determinizmustól.¹⁰¹

Dirac szintén kauzalitásfelfogásunk revíziójáról beszél.

„A kauzalitástörvényt”, fejtegeti, „csak olyan rendszerre alkalmazhatjuk, amely semmiféle zavarásnak nincs kitéve... Minthogy a kvantummechanikában nem ez a helyzet, a kvantumelméletben az alapvető indeterminizmus érvényes.”¹⁰²

„Maga a természet az egyedi atomi folyamatokat illetően nem fektetett le előre semmit; esetről esetre előreláthatatlan döntéseket hoz, amelyek csak statisztikai átlagban mutatnak fel szabályszerűségeket” — állítja Jordan.¹⁰³

Az ilyen kijelentések számát tetszés szerint szaporíthatjuk. A kauzalitástörvény a fizikában és a determinizmus általában is szakadatlan támadásoknak van kitéve, s meghirdetik a „determinizmus alkonyát” (Eddington).

Mindenesetre, amikor az idealisták bírálják és visszautasítják a kauzalitásfelfogást, általában a mechanikus felfogást tartják szem előtt.¹⁰⁴

Megjegyzésre méltó, hogy az indeterminizmus némely ellenfele is, mint pl. de Broglie, Bohm, Vigier osztja a kvantummechanika (mai alakjában) indeterminista jellegéről vallott nézeteket. A kvantumelmélet szokásos értelmezését Bohm indeterminista mechanizmusnak tekinti.¹⁰⁵

Heisenberg új megfontolásokat vet fel a kauzalitástörvénnyel szemben. Azt írja, hogy mivel az elemi részecskék elméletében a jelenlegi szituáció ahhoz a gondolathoz vezet, hogy a részecskék kauzális összefüggéseinek korábbi típusait (igen kicsi tér- és időterületeken alkalmazva) általánosabb jellegű kölcsönhatásokkal kell pótolnunk, kell hogy „tehát a kauzalitástörvénytől való eltérésekkel olyan helyeken is számoljunk, amelyeken az eddigi kvantumelmélet még kauzálisan funkcionál”.¹⁰⁶

Ezt mint érvet alkalmazzák a determinizmus elképzeléseitől való egyre jelentősebb eltávolodás mellett.¹⁰⁷

Minthogy a kauzalitástörvény érvényességét a valóságos külvilág létezésével összefüggésben tételezik, gyakran levonják azt a végkövetkeztetést, hogy egy ilyen világ nem létezik.¹⁰⁸

Ezt a tényállást teológiai jellegű következtetésekre is felhasználják. Emlékeztetnünk kell Eddington hírhedt helyére, amely szerint a vallás csak

¹⁰¹ Heisenberg, W., *A mai fizika világképe*. Bp. 1958. 28. o.

¹⁰² Dirac, P. A. M., *The Principles of Quantum Mechanics*. Oxford 1958. 4. o.

¹⁰³ Jordan, P., *Atom und Weltall*. Braunschweig 1956. 103. o.

¹⁰⁴ Eddington, A. S., *Die Naturwissenschaft auf neuen Bahnen*. Braunschweig 1935. 68. o.

¹⁰⁵ Bohm, D., *Okság és véletlenség a modern fizikában*. Bp. III. fej. 9. §

Az indeterminista mechanizmushoz tartozik Bohm szerint v. Mieses nézete (i. m. II, 14. §). Ezt a felfogást Mieses tulajdonképpen pozitivista alapon képviseli. Ha az materialista alapon nyugszik, akkor túllép a mechanizmus határain.

¹⁰⁶ Heisenberg, W., *Paradoxien des Zeitbegriffs in der Theorie der Elementarteilchen*. Festschrift zur Feier des 200 jährigen Bestehens der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, 1951.

Különben hasonló felfogást képvisel Terleckij, amelyet a kauzalitás egy másik formájának tekint (J. P. Terleckij, *A fizika dinamikus és statisztikus törvényei*. Moszkva 1949. 93—94. o. (oroszul).

Nekünk az a véleményünk, hogy ezáltal az ok és az okozat fogalmait megfosztjuk eredeti tartalmuktól.

¹⁰⁷ Heisenberg, W., *A mai fizika világképe*. 34. o.

¹⁰⁸ Jordan, P., *Atom und Weltall*. 102—103. o.; G. Kropp, *Erkenntnistheorie*. I. köt. Berlin 1950. 84. o.

1927 óta vált lehetségessé egy értelmes tudós számára.¹⁰⁹ Hasonlóképpen Jordan azt állítja, hogy az atomi történések „szabad döntéseiben” mindig újból isten teremtő aktusa nyilvánul meg.¹¹⁰ Itt Jeans is hallatja szavát, amennyiben kinyilvánítja:

„A világkép most kezd inkább a matematikai gondolatok nagy rendszeréhez, mint géphez hasonlítani.”¹¹¹

Vele versenyez A. Compton, aki szerint az ésszerű istenség hipotézise a világmindenség plauzibilisebb magyarázatát nyújtja, mint bármely más hipotézis.

Az akaratszabadság tanának néhány követője úgy véli, hogy az határozott alátámasztásra talál a modern atomfizika részéről.

„Ha az atom indeterminisztikus”, írja Eddington, „akkor az emberi szellem bizonyára szintén az; mert semmire sem értékelhetünk egy olyan elméletet, amely szerint a szellem mechanisztikusabb lenne az atomnál”.¹¹²

Tipikus ebben az összefüggésben Jordan kijelentése is:

„A determinizmus állítását, az „akaratszabadság tagadását” tehát ... egyrészt a fiziológia, másrészt az atomfizika tapasztalatai megcáfolják.”¹¹³

Ezen az úton még azt is megkísérlik, hogy a csodának helyet keressenek a természetben.

7.3. Kritikai magyarázat

Amennyiben az indeterminista felfogás (többé-kevésbé következetes) szubjektív idealista alapon bontakozott ki, ez az egész irányzat a kanti és a hume-i kauzalitásfelfogás „jobboldali” kritikáját jelenti; ugyanis a kauzalitást mint a tudat tevékenységét is tagadják.

Ez a radikális tendencia ellenállásra talál nemcsak az objektív idealizmus bizonyos képviselőinek a részéről, hanem a kanti és részben a (rég) pozitivisták felfogás követőinek a részéről is.

Másrészt az atomi jelenségeknek ez az indeterminista értelmezése szemben áll a mechanikus materializmussal. Egy ilyen jellegű, illetve túlnyomórészt mechanikus pozícióból is támadják ezt a felfogást egyes fizikusok.

Végezetül ezt a felfogást a dialektikus materializmus pozíciójáról is kritikának vetették alá. Itt mindenekelőtt Langevint, a kiváló francia fizikust, és néhány szovjet fizikust kell említenünk, a többi között Vavilovot, Fokot, Blohincevet. Megfigyelhető a közeledés tendenciája ehhez az állásponthoz egyes, eredetileg többé-kevésbé mechanikus beállítottságú fizikusok részéről is.

¹⁰⁹ Eddington, A. S., *Das Weltbild der Physik*. Braunschweig 1931. 343. o.

¹¹⁰ Jordan, B., *Die Physik und das Geheimnis des organischen Lebens*. Braunschweig 1948. 31. o.

¹¹¹ Jeans, J., *The Literary Digest*, 20. Dezember 1930. Idézi: B. Bavink, *Das Weltbild der heutigen Naturwissenschaften und seine Beziehungen zur Philosophie und Religion*. Iserlohn 1947. 61. o.

¹¹² Eddington, A., *Math. Gaz.* 16, 66 (1932), idézi: E. Whittaker, *Der Anfang und das Ende der Welt*. Stuttgart 1955, 105. o.

¹¹³ Jordan, P., *Die Quantenmechanik und die Grundprobleme der Biologie und Psychologie*. Naturwiss. 20, 819 (1932).

Az antropológus Eickstedtnek az a véleménye, hogy a fejlődés összes lehetőségei már elvileg is az atomi történések indetermináltságában vannak megalapozva (E. Frhr. v. Eickstedt, *Atom und Psyche*. Stuttgart 1956).

Idézzük az említett irányzatok fő képviselőinek néhány tipikus kijelentését.

Joggal jegyzi meg Schlick:

„Az az új, amivel a legújabb fizika a kauzalitáskérdéshez hozzájárult, nem abban áll, hogy a kauzalitástétel érvényessége egyáltalában vitatottá lett, nem is abban, hogy mintegy a természet mikrostruktúráját kauzális szabályszerűségek helyett statisztikaiakkal írják le, s nem is abban, hogy a természet-törvények abszolút érvényességébe vetett hit helyére egy pusztán valószínűségi érvényességüknek a belátása nyomult volna.¹¹⁴

Itt Schlick nem lát bizonyítékot egy meghatározott kijelentés nem igaz voltára vonatkozóan, nem lát mást, csupán egy utalást egy szabály célszerűtlenségére. Állandóan fennmarad a remény, hogy a kauzalitáselv a megismerés további előrehaladása során győzedelmeskedhet.¹¹⁵

Míg korábban Ph. Frank számos kétséget vetett fel a kauzalitáselvvvel szemben, amelyek ezt egyszerűen megkérdőjelezték, újabban már az a véleménye, hogy a jövő *determinált*, és csak az a kérdés, *hogyan*.¹¹⁶

Az indeterminizmus eklatáns ellentmondását buzgó híve, Jordan mondotta ki:

„Ha nem lenne kauzalitás a természetben, akkor egyáltalában semmiféle kutatás nem lenne lehetséges, még a kauzalitás nem létezésének a bizonyítása is lehetetlen lenne.”¹¹⁷

Miközben March ezt a problémát vizsgálja, hangsúlyozza, hogy egy teljes indeterminizmus a fizika számára már az önfenntartás okán sem jöhet számításba; mert ha az lenne a vélemény, hogy a természetben tiszta anarchia uralkodik, akkor az magának a fizikának a létjogosultságát is kétségbe vonná. Az atomi terület kauzalitását statisztikus kauzalitásnak nevezi.¹¹⁸

A kanti állásponttól a kauzalitáselv revíziójának empirikus kutatáson alapuló lehetőségét egyáltalában elutasítják. Ebben az irányban tapogatóznak Bergmann megfontolásai:

„Egy „Ha — akkor” formájú tételt azáltal nem nyilváníthatunk érvénytelennek, hogy az előtagot realizálhatatlannak, ill., pontosabban, hamisnak nyilvánítjuk. A ha-tétel hamissága még egyáltalában nem jelenti az utótag hamisságát, nem is szólva a kondicionális kapcsolat hamisságáról, amely a kauzalitástétel egyedüli tartalma. A kauzalitástörvény érvénytelenségének határozott megállapításáról tehát nem lehet szó a kvantummechanika alapján, legfeljebb alkalmazhatatlanságáról.”¹¹⁹

¹¹⁴ Schlick, M., *Die Kausalität in der gegenwärtigen Physik. Gesetz, Kausalität und Wahrscheinlichkeit*. 27. o.

¹¹⁵ I. m. 37. o.

¹¹⁶ Frank, Ph., *Philosophy of Science*. Enlewood Cliffs, N. J. 1958. (orosz kiadás, 1960, 397. l.)

Nem nehéz Frank a kérdést illető megváltozott beállítottságának a megállapítása. Korábban ugyanis az volt a véleménye, hogy lehetetlen eldönteni, vajon érvényes-e a kauzalitástörvény a természetben. Egyúttal azonban nem tagadta, hogy egész tudományunk, sőt egész gyakorlati életünk látszólag a kauzalitástörvény állandó alkalmazásán nyugszik (Ph. Frank, *Das Kausalgesetz* . . . 248., 251. o.)

¹¹⁷ Jordan, P., *Die Physik und das Geheimnis des organischen Lebens*. 25. o.

¹¹⁸ March, A., i. m. 52., 221. o.

¹¹⁹ Bergmann, H., *Der Kampf um das Kausalgesetz in der jüngsten Physik*. Braunschweig 1929. 39. o.; i. még: C. F. von Weizsäcker, *Zum Weltbild der Physik*. Stuttgart 1958. 76. o.

A kantianus Hönigswaldnak az a véleménye, hogy a „bizonytalansági reláció” nem tagadja az egyértelműséget és ezzel a kauzalitást, sőt, éppen alapvetően igenli.

„Amíg a fizika”, írja, „az esemény, a tény, a folyamat stb. fogalmaival operál, addig szó van az egyértelműségről is, azaz az összefüggések egy rendjéről a természetben, és ezzel a ,kauzalitásról’ is.”

És a továbbiakban kifejti:

Amiképpen a bizonytalansági relációelutasítása a legkevésbé sem ismeretelméleti követelmény, azonképpen nem fizikai követelmény a kauzalitás elutasítása.”¹²⁰

Teljes határozottsággal nyilatkozik a kauzalitás mellett Heyde is. Szerinte a kauzalitás elértéktelenedésének az az alapja, hogy bizonyos szubatomáris történések *belátható okok nélkül* lépnek fel.

„De egy ismeret hiánya mióta azonos egy hiány ismeretével . . .” kérdezi. És így felel:

„A pozitívizmus korszaka óta! (mert a pozitivista fizikusnak elegendő, ha egy történés semmiféle különös okát nem tudja feltárni, és kertelés nélkül akauzális történésről beszél).”¹²¹

Amikor megjegyzi, hogy a kauzalitás nem jelenti a számszerűen pontos jóslást, Br. Bauch azt állítja, hogy nem a kauzalitás, hanem a megfogalmazás válságával van dolgunk.¹²² Ebben az értelemben állítják, hogy nem akauzalitásról, hanem *amechanitásról* van szó.¹²³

A filozófiának a tudománytól való függetlenségét hirdető tomista felfogás értelmében képviseli Scheen püspök, az ismert teológus, azt a nézetet, hogy a kvantummechanikában semmi sincsen, ami azt tanúsítaná, hogy egy fizikai esemény nem kauzális. Ezért tagad minden alapot a szabad akarat számára a fizikában.¹²⁴

A mikroobjektumok szabad akaratát valló nézettel szembeszállnak az olyan szerzők, mint Schlick, Frank, J. Edwards, F. Sheen, Whittaker.

„Az erkölcsi szabadság, amely a felelősség fogalmát feltételezi, nem áll ellentétben a kauzalitással, sőt nélküle ingatag lenne”, olvassuk Schlicknél.¹²⁵

Frank fellép azzal a visszaéléssel szemben, amelyet ma gyakran üznek a kauzalitás új felfogásaival, s melynek az a célja, hogy ezeket retrográd és tudománytalan törekvések érdekében használják ki. Szerinte minden olyan kísérlet kilátástalan, hogy a kvantummechanikát az akaratszabadság céljaira

¹²⁰ Hönigswald, R., *Kausalität und Physik*. Forschungen und Fortschritte, 1933. Idézi: E. Hunger, i. m. I. 64., 65. o.; I. E., Meyerson, *Réel et déterminisme dans la physique quantique*. Párizs 1933. Ebben az irányban haladnak Gerlach megfontolásai is: Az atomfizika „intereminizmus” azonban egy tisztán fizikai elv, és nem jelent akauzalitást. A kauzalitás gondolkodásunk alapformája, és az atomisztikus valószínűséghez semmi köze nincsen. (W. Gerlach, *Die Grenzen der physikalischen Erkenntnis*. In: E. Grassi és T. v. Uexküll, *Die Einheit unseres Wirklichkeitsbildes und die Grenzen der Einzelwirtschaft*. München 1951. 50. o.)

¹²¹ Heyde, J., *Entwertung der Kausalität?* Stuttgart 1957. 51. l. Lásd még Gr. Hermann, E. May és Th. Vogel, *Die Bedeutung der modernen Physik für die Theorie der Erkenntnis*. Leipzig 1937.

¹²² Idézi A. Mittasch, i. m. 165. o.

¹²³ I. m. 164., 165. o.

¹²⁴ Fulton J. Sheen, *Philosophy of Religion*. New York 1949. 148. l.; valamint G. Kahl—Furthmann, i. m. 88. o.

¹²⁵ Schlick, M., i. m. 37—38. o.

értékesítsék.¹²⁶ Hasonló felfogást képviselnek N. Hartmann, Maritain stb.¹²⁷ Ezen nézet szerint a pszichológiai kauzalitásfogalom az első és az általános.¹²⁸

Az e kérdésről folytatott vita áttekintése után Groos a helyzetet a következőképpen foglalja össze:

„Az a szabadság, melyről esetleg szó lehet, legfeljebb az elektronokra vonatkoznék, és ezen a fokon, ha egyáltalában nem valamiféle ismeretlen tárgyatlanúságról van szó, a legjobb esetben csak véletlenről, nem pedig szabadságról beszélhetünk. Ennek a lehetetlen szabadságnak a mozgásteret továbbá már maguknak az elektronoknak a szintjén is elenyészően csekély, az ember szintjén pedig praktikusán teljesen lényegtelen. És még ha a statisztikus ingadozások itt nagyobbak is lennének, akkor is öntudatlanoknak kell maradniuk. De még ha megengedjük is a tudatossá válást, ebből sohasem következnek akaratszabadság. Ennek számára az adottságok nemcsak igen csekélyek, hanem teljesen a nullával egyenlőek. Még a létezési láncolat végső egyes tagjainak a fellazítása esetén is ez még mindig eléggé erős marad, sőt teljesen eltéphetetlen.”¹²⁹

Különböen hasonló véleménykülönbségek uralkodnak az akarat determináltságát valló ellentétes felfogás követői között is. Egyesek közülük (Russell) elfogadják az atomi világ meghatározatlanságát, míg mások (J. Jeans) elvetik azt.

Az indeterminizmus ellen nyilatkozik Born is. Ezt írja:

„Az az állítás, amelyet gyakran hangoztatnak, hogy a modern fizika feladta a kauzalitást, teljesen megalapozatlan. Az igaz, hogy a modern fizika feladott vagy módosított bizonyos tradicionális eszméket; de megszűnnék tudomány lenni, ha a jelenségek okainak a kutatását feladná.”¹³⁰

„A véletlenség a kvantummechanikában”, jegyzi meg találóan Wiener, „nem Augustinus híveinek erkölcsi szabadsága; Tüché (azaz a véletlenség — A. P.) éppolyan könyörtelen istennő, mint az „ananké” (a szükségszerűség).¹³¹

Langevin határozottan védelmezi a kauzalitásfelfogást. Egészen határozottan állítja:

„Az, amit ma a determinizmus válságán értenek, az a dolog lényege szerint a mechanizmus válsága, melyhez az új jelenségek értelmezését hozzá akarjuk illeszteni. Meggyőződünk arról, hogy azok az elképzelések és fogalmak, melyeket a makroszkopikus világban használtunk, ... alkalmazatlanoknak bizonyulnak, ha átvisszük őket a mikroszkopikus nagyságok területére.”¹³²

A mai indeterministák szerencsétlensége abból adódik, hogy

1. a kauzalitás idealista felfogásából indulnak ki, abból, hogy a kauzalitás tudatunk sajátos szervező tevékenysége;
2. összekeverik a kauzalitáselvet mint általános elvet a dinamikus törvényszerűségek formájában való speciális kifejeződésével, és

¹²⁶ Frank, Ph., *Das Kausalgesetz* ... IV. 233. o.

¹²⁷ Hartmann, N. *Ethik*. Berlin—Leipzig 1930. 589. s. kk. o.; Maritain, J., *Die Stufen des Wissens* ... Mainz. 16, 17, 17a megj., 487. s. kk. o.

¹²⁸ Whittaker, E., *Zufall, Willensfreiheit und Notwendigkeiten*. In: *Der Anfang und das Ende der Welt*. 109. o.

¹²⁹ Groos, H., I. m. 184. o.

¹³⁰ Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*. 3—4. o.

¹³¹ Wiener, N., *Cybernetics*. Párizs—New York 1948 (orosz kiadás 1958 56. o.).

¹³² Langevin, P., *Válogatott művek*. 361. o. (oroszul).

3. azonosítják a véletlenséget az akauzalitással.¹³³

Ezen körülmények között számukra a kauzális összefüggések új formáinak a felfedezése nem a kauzalitás kanti apriorisztikus felfogásának a bukását, hanem magának a kauzális felfogásnak a bukását jelentik. Minthogy számos kortárs fizikus a metafizikus gondolkodásmód foglya maradt, a mechanikus fatalizmus szküllája és az indeterminizmus kharübdisze között találják magukat.

Ezért az *Empiriokriticizmus*ban adott lenini kritika nemcsak teljesen megtartotta érvényességét, hanem növekvő jelentőségre és aktualitásra tesz szert. És ma éppen úgy, mint ötven évvel ezelőtt, a dialektika nem ismerete, a relatív és az abszolút igazságról szóló dialektikus tanítás nem ismerete, a matematika fetiszizálása ugyanazokhoz az értelmetlen végkövetkeztetésekhez vezet: az anyag eltűnt, a mikroobjektumok kisebb realitással bírnak, lehetetlen a természetet megismerni stb.

7.4 A probléma megoldására irányuló kísérletek

Az idevonatkozó megoldási kísérletek a következő irányokban haladnak:

a) egyesek magának a kvantummechanikának a megváltoztatását kísérlik meg;

b) azok, melyek a kauzalitástörvény megfogalmazásának megváltoztatását kísérlik meg, és mint kísérletek variánsai, amazokkal szoros kapcsolatban állnak

b) 1. azok, melyek a rendszer „állapotának” fogalmát változtatják meg. Minthogy a kísérleteknek az első típusát már megvizsgáltuk,¹³⁴ azonnal a kísérletek második típusának a megvilágítására térünk rá.

Février szerint az indeterminista értelmezés egy alternatív lehetőség.¹³⁵

Számos szerző, mint Bohr, Born, Reichenbach, Weizsäcker stb., megkülönbözteti a kauzalitást és a determinizmust. Idézzük Born kijelentését. A determinizmus feltételezi: A különböző időben lejárvó események oly módon vannak egymással törvények által összekapcsolva, hogy az ismeretlen szituációk (a múltban, illetve a jövőben) előre megadhatók. Másrészt a kauzalitás olyan törvények létezését feltételezi, melyeknek megfelelően egy meghatározott osztály *B* lényegiségének a fellépése egy másik osztály *A* lényegiségének a fellépésétől függ, ahol is a „lényegiség” szó valamiféle fizikai objektumot, egy kapcsolatot vagy egy eseményt jelenthet.¹³⁶

Hasonló értelemben állítja Hund, hogy a filozófusok kauzalitásfogalma nem találó, sokkal szerencsésebb a szigorú determináltság.¹³⁷

Ezáltal természetesen számos nehézségtől megszabadulunk a kvantumterületen, de a kauzalitásfelfogás tulajdonképpen a problematikájától is.

Teljesen elfogadhatatlanok számunkra azok a determinista felfogások is, melyek idealista alapon nyugszanak. Így Jeans szerint nem létezik kauzalitás a jelenségek világában; csak a lényegiségek világában létezik. Az indeterminizmusnak nincsen helye az objektív természetben, hanem csak szubjektív termé-

¹³³ Kolman, A., *A kauzalitásprobléma a modern fizikában*. Pod Znamenem Markszizma. 1934. 4. sz. 98. l.

¹³⁴ Lásd A. Polikarow, *Über die Deutung der Quantenmechanik*. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Berlin, Math.-Mat. R., XI (1962), 1. füzet.

¹³⁵ Destouches-Février, P., *Déterminisme et indéterminisme*. Párizs 1955.

¹³⁶ Born, M., *Natural Philosophy of Cause and Chance*. 8. o.

¹³⁷ Idézi: A. Mittasch, i. m. 165. o.

szetértelmezésünkben — olvashatjuk nála.¹³⁸ Tulajdonképpen Jeans annyiban szabadul meg az indeterminizmustól, amennyiben megszabadul az atomizmustól.¹³⁹ Egyszersmind determinizmusa nagyon is sajtószertű: megismerésünk, illetve tudatlanságunk determinizmusa. Szó szerint ezt írja:

„A hullámkép nem azt mutatja, hogy a jövő könyörtelenül következik a jelenből, hanem azt, hogy jövőbeni tudásunk tökéletlenségei könyörtelenül következnek jelenlegi tudásunk tökéletlenségeiből.”¹⁴⁰

Vizsgálódásainak végén Jeans síkraszáll a determinizmus új definíciójáért. Ez teljesen jogosult kérdésfeltevés, minthogy materializmuson Jeans mindenütt a mechanikus materializmust érti, és ennek megfelelően determinizmuson — egy mechanikus determinizmust.¹⁴¹

Margenau azzal alapozza meg a hullámfüggvény fizikai realitását, hogy az egy kauzalitástörvényhez illeszkedik.¹⁴²

Egy materialista pozíció előfeltételezése mellett e kérdésben három lehetséges értelmezés adódik:

Vagy

a) valami meghatározza az individuális eltéréseket, és ennek megfelelően

a) 1. lehetséges, hogy azok tekintetbe vehetők lesznek, vagy pedig

b) ezek lényegtelenek azoknak az objektív törvényszerűségeknek a felállítására szempontjából, amelyeknek a megfelelő jelenségek alá vannak vetve.

Az első álláspontot egy Max Bornhoz intézett 1944-es levelében Einstein találóan juttatja kifejezésre:

„Te egy kockázó istenben hiszel, én pedig egy valamiképpen objektíve létező világ teljes törvényszerűségében. . . Remélem, hogy valaki majd egy sokkal realiztikusabb utat, illetve egy sokkal megfoghatóbb alapot fog találni ennek a felfogásnak a számára, mint amit a számomra adott. A kvantumelmélet nagy kezdeti sikerei sem juttatnak el engem a fundamentális kockajátékban való hithez.”¹⁴³

Ezen álláspont a) 1. értelmében nyilatkozik v. Laue. Azt írja:

„Szorosan kapcsolódik az anyag korpuszkuláris, illetve hullámtermészetének kérdéséhez az a kérdés, vajon a természeti folyamatok teljesen determináltak-e, vagy csak valószínűségi törvényeknek vannak alávetve. . . Az egész korábbi fizika a determináltságban való bizalmon nyugszik. Úgy hiszem, hogy az erről folyó vitát el kellene halasztani addig, míg az anyagot illető tudásunk meghaladja jelenlegi bizonytalanságát.”¹⁴⁴

A társadalmi jelenségek statisztikája, pl. a halálozás mögött individuális okok rejlenek. Feltehetjük, hogy ez a tényállás univerzális, hogy minden statisztika mögött szükségszerűen dinamikus jelenségek és törvényszerűségek rejlenek, vagy más szóval, hogy a dinamikus törvények primerek, a statisztikusak pedig levezetettek. De egy primer statisztika, az elemi dinamikus törvényekre vissza nem vezethető statisztika lehetősége mint másik lehetőség nem gondolható el?

¹³⁸ Jeans, J., *Physik und Philosophie*. Zürich 1951. 286. o.

¹³⁹ I. m. 244. o.

¹⁴⁰ I. m. 243., 266. o.

¹⁴¹ I. m. 293. o.

¹⁴² Margenau, H., *The Nature of Physical Reality*. New York 1950.

¹⁴³ Idézi: M. Born, *Natural Philosophy of Cause and Chance*. 122. o.

¹⁴⁴ Laue, M. v., *Materiewellen und ihre Interferenzen*. Leipzig 1948. 61. o.; lásd M. v. Laue, *Über Heisenbergs Ungenauigkeitsbeziehungen und ihre erkenntnistheoretische Bedeutung*. Naturwiss. 22, 439 (1934).

Nyilvánvalóan hibás körbenforgó következtetés lenne, ha kényszeríteni hagynánk magunkat a makroszkopikus determináltságtól, és a megfigyelt *statisztikus* törvényszerűségek mögött szükségszerűséggel posztulálnánk abszolút kauzális törvényeket, állítja Schrödinger.¹⁴⁵

Amikor Bavink a valószínűséget, mint „szellemi jelenséget” értelmezi, a ψ -függvény segítségével leírható mikroobjektumokat is szellemi jelenségeknek tekinti.¹⁴⁶ A jezsuiták között is hallhatók olyan hangok, hogy az atomfizikában meg kell elégednünk a statisztikus törvényekkel.¹⁴⁷

Abból, hogy ezt az álláspontot idealisták képviselik, távolról sem következik, hogy az ne lenne materialista talajon is keresztülvihető. Még Frank is teljes joggal kineveti az idealizmus ilyen „bizonyítékát”. Hangsúlyozza, hogy alapvetően semmiféle különbség nincsen a Schrödinger-féle egyenlet és a klasszikus mechanika egyenleteinek megoldása között.¹⁴⁸

A klasszikus statisztikus fizikában éppúgy nem vagyunk képesek a részecskék helyzetét és impulzusát megállapítani. Ezt a képtelenséget azonban csak praktikusként kezelik. Miből adódik ez? Miért nem elvi jellegű ez? Ez a filozófiai interpretáció kérdése, nem pedig a közvetlen bizonyításé. Az a felfogás, amely ennek a karakterisztikumnak az egzisztenciáját feltételezi, mechanikus, a többiek ezzel szemben nem mechanikusak. Lehet idealista, de lehet dialektikus-materialista is, azaz itt megmutatkozik a világnézet jelentősége a kérdésfeltevést, illetve az adott tényállás értelmezését illetően.

Az ensemble-okra vonatkozó felfogás szerint a kauzális összefüggés szokásos mechanikus formája megmarad a kvantummechanikában is, csak hogy nem egy egyes mikrorendszerre vonatkozóan, hanem a kvantummechanikai statisztikus összességekre vonatkozóan.¹⁴⁹

Említésre méltó Frenkel nézete, amely szerint a mező kvantumelmélete szigorúan determinisztikus. A látszólagos indeterminizmus a kvantumelméletben csak akkor és csak annyiban mutatkozik meg, amikor és amennyiben megkíséreljük összhangba hozni a jelenségek mező- és korpuszkuláris leírását.¹⁵⁰

A mikroobjektumok kvantumállapotának realitását állító felfogásban (Fok) a kauzalitástörvény a potenciálisan lehetségesre vonatkozik.¹⁵¹ Ami Fok nézetét illeti, amely szerint a kauzalitás egyszerűen a természettörvények létezésében áll,¹⁵² az elfogadhatatlan, mert ezáltal megkerüljük a tulajdonképpeni problémát.

¹⁴⁵ Schrödinger, E., *Was ist ein Naturgesetz?* Naturwiss. 17. 1. füzet (1929).

¹⁴⁶ Bavink, B., *Science and God*. New York 1933., idézi: Ph. Frank, *Philosophy and Science*. 237. o.

¹⁴⁷ Steichen, A., *Das Geheimnis des Mikrokosmos*. Stimmen der Zeit. 120., 439 (1930/31), idézi: J. Seiler., i. m. 345. o.

¹⁴⁸ Frank, Ph., *Philosophy and Science*. 237., 238. o.

¹⁴⁹ Blochinzew, D. I., *Kritik der philosophischen Anschauungen der sog. „Kopenhagener Schule” in der Physik*. Sowjetwissenschaft, Naturwiss. Abt., 6, 561 (1953); valamint Sz. Vosznovszkij, *A kauzalitáselv a modern atomfizikában*. Lásd: *A természettudomány egyes filozófiai kérdései* c. gyűjteményes kötetben, Moszkva 1957. 164. 1. (oroszul).

¹⁵⁰ Frenkel, J. I., *Megjegyzések az anyag kvantummechanikájához*. Uszpehi Fiz. Nauk, 42, 74 (1950).

¹⁵¹ Fock, W., *Über die Deutung der Quantenmechanik*. Max—Planck-Festschrift, Berlin 1958. 193. s. k. 1.; lásd még R. Havemann, *Bemerkungen zur quantenmechanischen Komplementarität*. Phys. Bl., 13, 7. füzet (1957).

¹⁵² Fok, V., *Megjegyzés Bohrnak Einsteinnel folytatott vitájáról szóló tanulmányáról*. Uszpehi Fiz. Nauk, 66, 601 (1958).

Kérdésfeltevésünk értelmében a kauzalitásprobléma az atomfizikában visszavezet az energia és az impulzus megmaradási tételének, valamint a stacionárius hatás elvének a kvantummechanikában való érvényességéhez.

Ismeretes, hogy a kvantummechanikában mindkét tétel (stacionárius rendszerekre) érvényes.¹⁵³ Ebben az értelemben tehát éppúgy determinista mint a klasszikus mechanika.

Az új mechanika specifikuma abban áll, hogy a mikrorendszerek állapotát — eltérően a szokásos mechanikai rendszerektől — a hullámfüggvény jellemzi.

Ezt a függvényt (a klasszikus mechanika paramétereivel összehasonlítva) kevés paraméter határozza meg: vagy p vagy q . Ebből adódik a kvantumobjektumok viselkedésének (regime) sajátossága.

Szeretnénk itt még egy lehetőséget vitára bocsátani, nevezetesen, hogy az ilyen fajta statisztikus folyamatok nem szubszummálhatók a „változás” kategóriája alá — éppúgy, ahogy az egyenesvonalú egyenletes mozgás nem változás a mechanika értelmében. Ennek alapját abban láthatjuk, hogy jogosulatlan lenne azokat a változásokat, amelyek az egyes részecskékre vonatkoznak, átvinni az egészre, mert ez a részecskék egy meghatározott individualitását feltételezi. Ennek következtében a változás okaira vonatkozó kérdésfeltevés maga jogosulatlan.

Az ember felfigyel a különbségre egyrészt a halálozási valószínűség — amely a különböző életkorra vonatkozóan más és más —, másrészt az atom bomlás és hasonló folyamatok valószínűsége között, amely egy és ugyanaz marad minden időben. Ezt úgy értelmezik, hogy a második esetben semmiféle belső ok nincsen jelen.¹⁵⁴

Ezt azonban nem szabad abban az értelemben felfogni, hogy az egyes folyamatok indetermináltak. Egy ilyen feltételezés ahhoz a következtetéshez vezet, hogy az energiatétel csak statisztikusan érvényes. Ezt a felfogást, amelyet a maga idejében Bohr, Kramers és Slater képviseltek, közvetlen kísérletekkel megcáfolták.¹⁵⁵

Újabbán Bohr a kvantummechanikai formalizmus statisztikus jellegét úgy tekinti, mint a klasszikus fizika determinista leírásának természetes általánosítását.¹⁵⁶ Különbséget tesz kauzalitás és determinizmus között, amennyiben elveti a kvantummechanikában a klasszikus determinizmust (egy abszolút determináltság laplace-i ideáljának értelmében). Bohr nem tagadja a kauzalitás létezését mint kapcsolatét ok és okozat között, sőt hangsúlyozza, hogy az a kvantummechanikában teljes érvénnyel bír.¹⁵⁷

A modern fizika, amely az általános összefüggés, a szükségszerűség és a véletlen egységének momentumait közelebbről megvizsgálta, a kauzalitás-

¹⁵³ Landau, Sz. L. és Lifsic, E., *Kvantummechanika*. I. rész. Moszkva—Leningrád 1948. 18. §. (oroszul). Említést érdemel, hogy olyan leíráson, amely kielégíti a kauzalitás követelményét, N. Bohr is olyan nagyságokkal történő leírást ért, amelyek számára érvényesek a megmaradási tételek, mint az energia és az impulzus (lásd.: C. F. v. Weizsäcker., *Zum Weltbild der Physik*. 440. o.).

¹⁵⁴ Jordan, P., *Atom und Weltall*. 86—87. o.

¹⁵⁵ Compton, A. H. és Simon, A., *Measurements of Rays associated with scattered X-Rays*. Phys Rev. 25, 306 (1925); Bothe, W. és Geiger, H., *Über das Wesen des Compton-effekts*. Zs. Phys. 32, 639 (1925).

¹⁵⁶ Bohr, N., *Atomfizika és emberi megismerés*. Bp. 1964.

¹⁵⁷ Bohr, N., *La philosophie au milieu du vingtième siècle*. Firenze 1958.

(Iv további konkretizálásához vezetett, és ebben az értelemben a dialektikus materializmus általános tételeinek további megerősítése.

Természetesen vannak nyílt problémák, amelyekkel a további kutatásoknak kell foglalkozniuk. De éppen a kauzalitáselvvel kapcsolatos beállítottság mindig lényeges választóvonal lesz ezen vizsgálódások általános irányai között, és éppen ebben a vonatkozásban van a kauzalitáselvnek rendkívül nagy metodológiai jelentősége.

О ФИЗИЧЕСКОМ ЗАКОНЕ ПРИЧИННОСТИ

Азари Поликарпов

Здесь делается попытка обосновать правомерность новой, обобщённой формулировки физического закона причинности и применить её в различных областях физики. На основе нового понимания закона причинности (и квантовомеханического понятия о состоянии) показывается, что квантовая механика детерминистична также в своей обычной форме. Обсуждается возможность того, что статистические закономерности в микромире являются первичными.

ON THE CAUSAL LAW IN PHYSICS

by A. Polikarov

An attempt is made to prove a new general formulation of the physical law of causality and to apply it to the various branches of physics.

Based on the new conception of the causal law (and the conception of the state in the quantum mechanics) it is shown that quantum mechanics also in its usual form is deterministic. The possibility is discussed that the statistical laws in the world of micro-objects may be primary.