Az elemi részecskék elméletének néhány filozófiai problémája

HERBERT HÖRZ

Az elemi részecskék elmélete és a filozófiai hipotézisek

Az elemi részecskék zárt elmélete még nem létezik. Sőt az „elemi részecske" fogalom alkalmazása is problematikus, minthogy az e fogalom alá sorolt részecskékről mintegy azt állítja, hogy nem oszthatók tovább, tehát elemiek. Így tehát a bennünket körülvevő dolgok és jelenségek alapkövei lennének. De ezeknek a részecskéknek elemisége ma még kutatás tárgyát képezi. Az elmélet néhány alappillérét is kikezdik már az új kísérletek. Így még nem nyert magyarázatot az a probléma, hogy gyenge kölcsönhatás esetén miért nem marad meg a paritás, és ismeretessé vált, hogy a K_2^0-mezon bomlása még a kombinált (CP) paritást is megsérti. Pedig éppen az elemi részecskék szimmetriatulajdonságai képezik elméleti megragadásuk alapját.

További példákat is említhetnénk annak kimutatására, hogy mennyire bonyolult a teoretikus helyzet az elemi részecske elméletben. Így aztán a filozófus is nehéz helyzetben van. Nem áll rendelkezésére olyan kész fizikai elmélet, amelynek megvizsgálhatná filozófiai és általános világnézeti következményeit. Ezért könnyen kitesszük magunkat annak a veszélynek, hogy olyan érveket használunk, amelyek még nem érvek, mivel a fizika még nem erősítette meg őket. Az elégtelen szaktudományos anyag alapján most képviselt álláspont későbbi helyesbítéseinek lehetősége mindenképp fennáll, sőt nagyon is valószínű. Ebből két dolog következik számunkra: Először is: még nem vizsgálták meg kellő mértékben az elemi részecske elmélet filozófiai problémáit. Ezek nem annyira kézenfekvőek, mint a kvantummechanikánál és a relativitáselméletnél, melyek radikális szakítást eredményeztek a determinizmusról, a tér-időről, a mozgásról stb. eddig vallott nézetekkel. Az anyag fizikai struktúrájára vonatkozó fogalomrendszerünk és ismereteink átalakulásának szakaszában vagyunk még, tehát nem láthatunk meg előre teljesen minden filozófiai következményt. Ez pedig annyit jelent, hogy gyakran egyáltalában nem vonhatunk le filozófiai következtetéseket a fizikai tényekből, hanem csak a problémákat és a megoldásukhoz vezető esetleges utakat mutathatjuk meg. Másodszor pedig, éppen ezért, a meglevő felfogások még a filozófiai hipotézisek jellegével bírnak. Egyrészt átdolgozásra és kritikai átvizsgálásra szorulnak a további fizikai anyag alapján, másrészt pedig a filozófiai kritikát igénylik.

Mindkét aspektus, mind a filozófiai problémák elégtelen feldolgozása az elemi részecske elméletének területén, mind a filozófiai kijelentések hipotetikus jellege, széles körű vitát követel meg a marxista filozófusoktól és fizikusoktól a problémák további tisztázása céljából. Bizonyos problémákkal kapcsolatban bizonyára különböző álláspontok alakulnak majd ki, ami azonban csak előmozdítja a véleménycserét és ezzel a további tisztázást.

Bizonyos filozófiai kijelentések hipotetikus jellegének kiemelésével nem mondunk egyáltalán semmi újat a tudomány fejlődésére vonatkozóan. A tudomány fejlődése követeli a hipotéziseket. Ahogyan néhány fizikus az elemi részecske elmélettel kapcsolatban ki is emeli, ennek az elméletnek nagyon is merész hipotézisekre van szüksége. Ezeknek a hipotéziseknek teherbírását azután felülvizsgálják, és vagy tovább fejlesztik, megváltoztatják, vagy elvetik őket. És ez vonatkozik a természettudomány *filozófiai* problémáira is. Itt sem léteznek abszolút igazságok. A filozófusnak konkretizálnia kell a meglevő filozófiai vonatkozásokat, kategóriákat, törvényeket stb. a fizika tárgyára. Ebből hipotézisek adódnak. Ezeknek a hipotéziseknek felülvizsgálása lehetővé teszi az új fizikai eredményekkel kapcsolatos filozófiai problémák kidolgozását és így a marxista filozófia további fejlesztését.

Ebben a cikkben az elemi részecske elméletről folyó eddigi vitából adódó néhány filozófiai problémáról lesz szó, mint például az elmélet és a kísérlet viszonyáról, a részecskék elemiségéről, a szimmetria és a kölcsönhatás viszonyáról. Filozófiai szempontból itt a fő probléma az anyag fizikai struktúrájának kutatása a kölcsönhatás kísérleti és elméleti kutatása révén. Ezért a központi filozófiai kategória, amelyről szó van az elemi részecske elmélet filozófiai problémáinak kidolgozásánál, a kölcsönhatásé. A kölcsönhatás kategóriáját, mivel nagyon határozatlan, olyan problémák kutatása számára vették alapul, mint a kauzalitás, a véletlen és a szükségszerűség, a mozgás stb. A modern fizika kutatásai a kölcsönhatás különböző formáiról, a különböző részecskék közötti kölcsönhatás mechanizmusáról stb. lehetővé teszik a kölcsönhatás kategóriájának és a tőle függő, a többi között olyan problémáknak pontosabb kutatását, mint a rendszer és az individuum, a rész és az egész.

Az elmélet és kísérlet viszonyához

Nem tudunk itt teljes áttekintést nyújtani az elemi részecskék elméletének és a kísérletekhez való viszonyának meglevő elméleti kiindulópontjairól. Csak néhány lényeges szempontot szeretnénk kiemelni a filozófiai vizsgálódás számára. Az elemi részecskék fizikája jelenleg az elmélet alapvető elveiről folyó heves viták szakaszában van. Emellett állandóan változnak az előtérben álló elméleti kiindulópontok. Az elméleti vitának ez a stádiuma a filozófus számára nemcsak tárgyi tartalma folytán érdekes, hanem az ismeretelméletben kialakult szituáció oldaláról is, ami a különböző egymással ellentétes felfogású fizikai iskolák vitájának eredménye. A vita tárgyi eredménye arra késztet bennünket, hogy felülvizsgáljuk filozófiai elképzeléseinket az anyag struktúrájáról és olyan kategóriákról, mint a kölcsönhatás, az elemiség, a rész-egész, a rendszer stb. A vita a hipotézisekről, a feltevésekről stb. pedig abban segít bennünket, hogy jobban méltányoljuk a tudományos megismerés bonyolultságát.

Az elmélet és a kísérlet összefüggése nem mindig direkt és közvetlen. A tudományos megismerésben nem mindig képez egységet a megismerési folyamatnak ez a két oldala. Az elmélet néha megelőzheti a kísérletet, de a fordítottja is előfordulhat, az, hogy a kísérlet előzi meg az elméletet. A probléma ekkor az, hogy vagy az elméletet, vagy a kísérletet tovább fejlesszük. Eközben az elméletnek állandóan az a feladata, hogy kísérletileg ellenőrizhető kijelentéseket tegyen. Ebben áll heurisztikus jelentősége is. Meghatározott

elméleti feltevések felülvizsgálata kísérleti kutatást követel. Ezzel szemben egy széles körű kísérleti kutatásnak az a feladata, hogy előre nem látható eredményeket nyújtson, esetleg megkönnyítse az elemi részecskék viselkedése törvényeinek megtalálását. Az elemi részecskék fizikája számára mindenekelőtt a mind nagyobb gyorsítók építésének van jelentősége. A nagy energiájú részecskéknek a kísérleti kutatásban való felhasználásánál megmutatkoznak egyrészt az elemi részecskék új vonásai, mivel a részecskék csak nagy energiájú kölcsönhatásnál nyilvánítják ki tulajdonságaikat. Másrészt bizonyos körülmények leegyszerűsödnek a nagy energiáknál.

Az elmélet és a kísérlet ideiglenes meg nem egyezése ellenére állandó kölcsönhatás áll fenn köztük. Éppen az elmélet és a kísérlet között fellépő ellentmondásoknak van a megismerés előrehaladását követelő jellegük. Ezért mindig minden tudomány számára hasznos, ha egy elméletnek elsősorban *azokat* az aspektusait emeli ki, amelyek ellentmondanak a kísérletnek vagy más elméletnek, de ugyanakkor különösen szemügyre kell venni az ellentmondásokat magában az elméletben is.

Ezt a bonyolult vonatkozást az elmélet és a kísérlet között számos közbenső mozzanat közvetíti számunkra. Ilyen közbenső mozzanatok például a modellek és a hipotézisek. *Elméleten* a megismerési objektumról szóló kijelentések olyan logikailag ellentmondásmentes összességét értjük, amely levezethető az alapfeltételek (axiómák) egy rendszeréből, és amelyet a kísérletek lényegében igazolnak. Hangsúlyozzuk, hogy *lényeges* igazolásról van szó, mivel minden elmélet tartalmazhat még olyan hipotetikus elemeket, amelyek, ha megtalálják őket, kiindulópontokat jelentenek az elmélet további fejlődése számára.

Hipotézisen a megismerési objektumokról szóló olyan kijelentést értünk, amelyet még nem igazolt teljesen a kísérleti kutatás, és még nem alkotó része egy elméletnek. A tudományos hipotézisek eddigi tudásunkon alapulnak. A szóban forgó kísérletekből eredő megfontolásokból, speciálisabb vagy általános jellegű elméleti meggondolásokból keletkeznek, például szimmetria feltételezéséből. Az általános tudományos nyelvhasználatban gyakran nevezik elméletnek az egy vagy több hipotézisből adódó, logikailag összefüggő kijelentéseket. Ez azonban nem egzakt. Ezeknek az „elméleteknek" ugyanis maguknak is mindaddig hipotetikus jellegük van, amíg lényegüket illetően nem igazolják őket. A hipotézisek és az ilyen hipotetikus elméletek számára lényeges az a tény, hogy igazságukat vagy hamisságukat, vagy akár részigazságukat még nem állapították meg, a kísérleti tényeknek csak egy része számára bizonyulnak helyesnek, másoknak pedig egyenesen ellentmondanak. Ezért alapvető jelentőségük heurisztikus, megismerést követelő jellegükben rejlik, ami elvezet olyan kísérletekhez vagy elméleti megfontolásokhoz, amelyek a hipotézis mellett vagy ellene szólnak. Ezért a hipotézisek a tudományos gondolkodás szükséges alkotórészét képezik a marxista filozófiában is. Addig léteznek, amíg a gyakorlat tökéletesen megcáfolja őket vagy a gyakorlat által igazolt elméletté nem válnak. Mindkét esetben elveszítik a hipotézis jellegüket.

Ilyen hipotézisek a modern fizikában is léteznek. Ezekhez tartozik az olyan kvantumszámokkal rendelkező bizonyos részecskék létezésének feltevése, amelyek nem egész számok. Ezt a hipotézist teszik meg az elemi részecskék azon rendszerezésének alapjává, amelyet Gell-Mann javasolt. Más hipotézisek a szubkvantummezők vagy a gyenge kölcsönhatást közvetítő kvantum

létezésének feltevéséből indulnak ki. Ilyen hipotéziseknek az igazolása egyúttal az ezekkel kapcsolatos alapfeltevés igazolása egy elmélet felépítése számára.

A kísérleti kutatás számára nagy jelentőségűek a modellek. Ezek által sikerül ösztönzést nyerni a további kísérleti kutatás számára és modellben megragadni a kísérletek egy részét. Az elemi részecskéknek az atommagban való viselkedésével kapcsolatosan számos olyan modell létezik, amelyek különösen világosan mutatják a modellmódszer jelentőségét a fizikai kutatás számára. Kétségtelen, hogy az elemi részecske fizika és az atommagelmélet két különböző területe a modern fizikának, de a kettő mégis szorosan összefügg egymással. Így az atommagelméletnek szüksége van a magerők jellegének tisztázására, ami lényeges az elemi részecske elmélet számára is. Ettől függetlenül, a fizikai kutatásnak e két területén felmerülnek közös filozófiai problémák.

Általában azt mondhatjuk, hogy a modern fizikában két utat követtek az atommag mélyébe való behatolás céljából. Az atommag héjmodelljének egyik megalkotója, a Nobel-díjas Maria Goeppert-Mayer, kiemeli ezt a két utat. A magba való behatolást először a mag kapcsolataiból kiindulva kísérlik meg. Itt elsősorban az elemi részecskék viselkedését és kölcsönhatásukat vizsgálják. Ezt az utat járva azt remélik, hogy tisztázni tudják azoknak az erőknek a jellegét, amelyek a magban működnek. Ez lenne így az alap ahhoz, hogy pontosabban megértsék a magnak, struktúrájának stb. viselkedését is. Ezt az utat nevezi M. Goeppert-Mayer lényegében elméletinek. Második útnak a közvetlen kísérleti kutatást nevezi, amely lehetővé teszi, hogy a kísérletekből információkat nyerhessünk a magokról. Ezeknek az információknak olyan sokoldalúaknak kell lenniök, amennyire csak lehetséges. Azt remélik, hogy ily módon számos olyan korrelációt és törvényszerűséget kapnak, amelyek biznyos elemi törvényekre utalnak. Ennél az útnál M. Goeppert-Mayer szerint elsősorban bizonyos magmodelleket kell felhasználni. A modellről azt mondja, hogy annak egyszerűnek és szemléletesnek kell lennie.[1] Ennek alapján kell a kísérleti eredményeknek megmagyarázhatóknak lenniök. Emellett a modell nem minden eredményt nyújt egzaktan, hanem csak alapul szolgál a további egzakt kutatás számára.[2]

Amit itt a magkutatásról mondunk, az világosan demonstrálja az elméletnek és a kísérletnek általunk említett viszonyát. Emellett tekintetbe kell venni, hogy a M. Goeppert-Mayer által megnevezett utaknál csak *túlnyomóan* kisérleti vagy *túlnyomóan* elméleti oldalról való megközelítésről lehet szó. Mert hiszen a modell már egy fokot jelent az elméleti feldolgozáshoz. Az itt említett fizikai kutatómodellen bonyolult tényállások bemutatását értjük szemléletes és egyszerű képzetekben, amelyek már kikutatott területekből származnak. Ez lehetővé teszi olyan elméleti munka felhasználását, amelyet más területeken már elvégeztek, és heurisztikus utalások megadását további kisérleti kutatás számára, hogy még több utalást nyerhessünk egy elmélet felállítása számára. Itt jelentkezik egy, a megismerés számára általában is érdekes tényállás, ill. tendencia. Hogy ki tudjuk kutatni az objektumoknak új, elméletileg eddig még meg nem magyarázott kapcsolatait, terjedelmes tényanyagot kell összegyűjteni. Ez a tényanyag ugyan hipotéziseken és modell-

[1] A szemléletesség fogalmához lásd: H. Hörz: Zur Anschaulichkeit in der Quantentheorie. Natur und Erkenntnis. Berlin 1964.

[2] M. Goeppert-Mayer: Nuclear Shell Structure. In: Modern Physics for the Engineer. McGraw—Hill, 1961. 40. o.

elképzeléseken alapul, de még nem egy teljes elméleten. Sőt sok hipotézis és modellelképzelés eltűnik az elmélethez vezető úton. De amíg még nem létezik az elmélet, addig csak a kísérleti adatok sokasága segíthet tovább. Az adatoknak csak elégségesen nagy száma tud tisztázni bizonyos egyszerű (törvényszerű) kapcsolatokat. Másrészt pedig csak az adatok segítenek hozzá az egyszerű és primitív elméleti elképzelések korrigálásához. Ezért az elégtelen tényanyag alapján megengedhetetlen az elméleti általánosítás. Az ilyen általánosítások a hipotézisek jellegével bírnak, amelyek még további felülvizsgálatra szorulnak.

A megismerésnek ez az általános ismérve nem szorítkozik csupán a természettudományos megismerésre, hanem általánosan érvényes. Ebből adódik egyúttal a modern számológépek segítségével történő racionális adatfeldolgozás problémája, amit itt csak mellékesen említünk meg. Az eddig elmondottakból következik az is, hogy a kísérleti kutatás eredményeit nem láthatjuk előre. A tudós feladata ezért az, hogy megszervezze a lehetőséget tekintélyes mennyiségű tényanyag megszerzésére. A tudományos megismerésnek ez az egyik olyan tendenciája, amely világossá válik az atommagkutatásnál. Ezt állandóan kiegészíti a másik, az elméleti út. Eközben állandóan feldolgozzák az eddigi eredményeket, és hipotetikus kijelentéseket tesznek a várható kísérleti erdményekről.

De bennünket itt elsősorban nem az atommag modellje érdekel. Ezt a példát csak azért említettük meg, hogy megvilágítsuk a bonyolult vonatkozást a kísérlet és az elmélet között, és kimeljünk két összekötő mozzanatot a kettő között: a modellt és a hipotézist.

Az elemi részecskék elméletének kidolgozásánál még szembetűnőbbé válik ez a bonyolult viszony.

A. K. Walter „Bevezetés az elemi részecskék fizikájába"[3] című tankönyve foglalkozik az összes elemi részecskék egységes leírására irányuló kísérletekkel. Egyrészt utal azokra a kísérletekre, amelyek bizonyos alaprészecskékből akarják megkapni az összetett részecskék spektrumát. Ezekhez tartoznak Goldhaber kísérletei, aki a nukleonokból és a K-mezonokból indult ki, Markow és Sakata kísérletei, akik többek között a nukleonokat és Λ-hiperonokat használták fel.

Másrészt megemlíti egy egységes mezőelmélet nagy programját, amelyet különösen Heisenberg és munkatársai propagáltak. Ezzel az elmélettel kapcsolatban Walter a következőket írta: „1957-ben Heisenbergnek és Paulinak sikerült a récsecskék izotoptulajdonságait értelmezni, és bekapcsolni az általános sémába nemcsak a nukleonokat és a mezonokat, hanem minden egyéb részecskét is. Ez a közlés nagy érdeklődést keltett a szovjet és a külföldi teoretikusoknál. Mégis a nagy energiák fizikájának nemzetközi konferenciáján, amely Genfben zajlott le 1958. jún. 27-től júl. 5-ig, rendkívül kritikusan fogadták Heisenberg előadását, aki megkísérelte kifejteni az elemi részecskék egységes mezőelméletét egy nem-lineáris egyenlet alapján. Igen erős kritikával lépett fel Pauli, aki lemondott ennek az elméletnek társszerzőségéről. A vita folyamán előtérbe kerültek Heisenberg elméletének fogyatékosságai. Kimutatták a matematikai tárgyalásmód inkorrektségét . . . Ezenkívül megmutatkozott, hogy a Heisenberg által bevezetett indefinit metrika nyilvánvalóan a mikrokauzalitás megszegéséhez vezet, és az elfajult vákuum el-

[3] A. K. Walter: Bevezetés az elemi részecskék fizikájába. Harkov 1960.

lentmondásban áll a jelenlegi mezőelméletekkel. Ily módon nem vezetett sikerre Heisenbergnek az a konkrét kísérlete, hogy létrehozza az elemi récsecskék egységes elméletét. Ennek ellenére a konferencián egyértelműen elismerték, hogy semmi esetre sem szabad feladni egy egységes elemi részecske elméleti megteremtésének kísérleteit, sőt ez a kutatási irány lehetőleg nagy elméleti erők bevonását követeli".[4]

A tartalmi problémákra később még visszatérünk. Bennünket itt az ismeretelméleti problematika érdekel. Azzal, hogy erősen bírálták Heisenberg munkáit, nem vetették el a mezőelméleteknek mint az elemi részecskék egységes elmélete alapjának kidolgozását. Egy indefinit metrika és az elfajult vákuum következményei pedig még túlságosan kevéssé nyilvánvalóak ahhoz, hogy egyetértsünk velük vagy egyszerűen elvessük őket. Kétségtelen, hogy ellentmondanak néhány eddigi feltevésnek, de ez egyedül még nem ok arra, hogy elvessük őket. De a feltevés értelme és elsősorban gyakorlati sikere még nem látható, ez pedig bizonyos szkepszisre késztet. Heisenberg és munkatársai számára ez a vita indítékul szolgált arra, hogy tovább építsék ki alapeszméjüket a nem-lineáris spinormezőről.

1962-ben a genfi konferencián ismét érdekes vitára került sor. Van Hove az elméleti vita bevezetésében, amely a nagy energiák fizikájának nemzetközi konferenciáján folyt le, a következő fő problémákat állította előtérbe: Először is a regge-polus szerepe és másodszor az elemi részecskék dinamikus elméletei, amelyekben Heisenberg nem-lineáris spinorelméletét, valamint a különösen Chew által vizsgált „beotstrap"-mechanizmust foglalta össze. Van Hove a következőket emelte ki: „Az elfajult vakuum eszméjét Heisenberg és Nambu vezették be először az elemi részecskék elméletébe. Ha ez az eszme, amely szorosan összefügg a megsértett szimmetriák problémájával, egy jövendő elemi részecske elmélet részévé válik, akkor ez abszolút alapvető ismertetőjegy lenne nemcsak az elméleti fizika, hanem a tudományfilozófia számára is".[5]

A vita középpontjában azonban mégsem ez az utóbbi kérdés állott, bár nyilván ez is nagy érdeklődésre számíthatott volna. De úgy tűnik, hogy még most is elégtelenül dolgozták fel az elfajult vákummal kapcsolatos fizikai és filozófiai problématikát.

A központban a Heisenberg és Chew közötti vita állt. Heisenberg megkísérelte pontosabbá tenni álláspontját. Itt most olyan kijelentésekre hivatkozunk, amelyeket Heisenberg valamivel később tett, de ezek kifejezik az 1962-es genfi konferencián képviselt álláspontját, és bizonyos mértékig összefoglalják a vitát: „Az utóbbi évek vitáinak alapján az itt alapul vett axiomatika elhatárolható más axiomatizálási kísérletektől.

I. Az elemi részecskék viselkedését távolabbi kölcsönhatás esetén (hatáskeresztmetszetük ütközésénél stb.) egy olyan S-matrixszal kell tudni leírni, amely bemutatja az empirikusan ismert csoportokat (Lorentz-féle csoport, izospin-csoport stb.), és olyan mértékig analitikus, mint ahogyan ezt a relativisztikus kauzalitás fent említett követelménye megkívánja.

II. Hozzá kell tenni azt a további feltevést, hogy létezik egy $\psi(X)$ lokális mezőoperátor, mely (anti)kommutál a térbeni kölcsönhatásoknál, és az alkalmas Hilbert-féle térben transzformációkat idéz elő. A kauzalitáskövetelmény miatt így $\psi(X)$-nek eleget kell tennie egy differenciálegyenletnek (vagy egy

[4] Uo. 28. o. (oroszból)

[5] A nagy energiák fizikája Nemzetközi Konferenciáján 1962. júl. 7-én tartott elméleti vita rövidített szövege. Dubna 1963. 1. o. (angolból)

integrál differenciálegyenletnek tetszés szerinti kicsi Δ t időintegrációs intervallummal).

III. I-hez és II-höz hozzá kell még tenni azt a követelményt, hogy a metrikának a Hilbert-féle térben pozitív definitnek kell lennie. Továbbá az aszimptomatikus állapotoknak (azaz a szabad részecskék állapotainak) elegendőknek kell lenniök ahhoz, hogy az egész Hilbert-féle teret átfogják.

Általában elfogadják az I. követelmény matematikai teljesíthetőségét. Chew kinyilvánította, hogy a II. és a III. felesleges, talán teljesíthetetlen, és lényegében nincs többre szükség, mint az I. követelményre, az axiomatikus keret itt nagyon tág. Nyilván nem kerülhetjük el szűkítését, mielőtt nem jutunk egyértelmű matematikai eredményekhez. Így viszont fennáll a pótkövetelmények problémája. A III. túlságosan szűk: eddig nem volt lehetséges megadni egy Lorentz-invariáns elméletnek olyan matematikai példáját kauzális kölcsönhatással, amely kielégítené ezt az axiomatikát."[6]

Ezzel Heisenberg elhatárolja magát Chewtől, aki az S-matrix elméletből kiindulva kísérli meg meghatározni a diszperzió-relációkat az elemi részecskék viselkedése számára. Maga Heisenberg is kritikusan értékeli elméletének eddigi sikereit. „A mezőegyenlettel kezdődő elmélet a III. teljesíthetetlenségének és a II. teljesíthetőségének feltevéséből indul ki, de erre még nincs kényszerítő bizonyíték, és az elmélet matematikailag eddig még ingatag talajon áll."[7]

Chew különösen azt emelte ki a konferencián adott válaszában, hogy bár ő hosszú ideig dolgozott mezőkkel, de ennek ellenére sem érti igazán, hogy mi egy mező.[8] Kiemeli, hogy egy komplett dinamikus elmélet az I. és a II. axióma nélkül lehetséges.[9]

Ezen álláspontnak Heisenberg mezőelméletének képviselői azt vetették szembe, hogy a diszperzió-relációk felhasználásához számos kísérleti tény szükséges, ami pedig az elmélet hátrányát jelenti. Már a konferencián nagyon sok olyan munkát mutattak be, amelyeket a középerősségű energia területén erősen kölcsönható részecskék részvételénél végbemenő folyamatok elemzésére szolgáló diszperzió-viszonyok alkalmazásának szenteltek. Elsősorban a Regge-pólusokról hangzottak el előadások.

Az 1964-es dubnai konferencián megint más kép állt előttünk. Bár egy szekcióülést szenteltek a Regge-pólusoknak, ezek nem álltak az egész konferencia középpontjában, mint 1962-ben. Közben a nagy energiáknál ellentmondások jelentkeztek a kísérlet és az elmélet között. Ezzel szemben a részecskék rugalmas szóródására vonatkozó kísérletek nagyon kicsi szögeknél a diszperzió-relációk elméletének helyességét mutatták. Ezzel igazolták a mikrokauzalitás elvét is, amelyet Heisenberg elmélete megszegett.

Az 1964-es konferencia vitájának előterében az elemi részecskék rendszerezésének problémái állottak.[10] Ehhez elsősorban hozzájárultak a többek között Gell-Mann által javasolt szisztematizálás sikerei bizonyos szimmetria-tulajdonságok (az SU [3] csoport) tekintetbe vétele mellett. Sikerült megjósolni a Λ-hiperont és ez a jóslat igazolódott. Így tehát Gell-Mann és Zweig megkísé-

[6] W. Heisenberg: Die Entwicklung der einheitlichen Feldtheorie der Elementarteilchen. Die Naturwissenschaften 1963. 1. sz. 3. o.

[7] Uo.

[8] A nagy energiák fizikája Nemzetközi Konferenciáján 1962. júl. 7. tartott elméleti vitának rövidített szövege. 6. o. (angol)

[9] Uo. 14. o.

[10] A konferencia eredményeiről lásd: Priroda 1965/1. sz. 48. o. (oroszul)

reltek tovább menni ezen az úton, és felállították a nem egész számú elektromos töltésű részecskék létezésének hipotézisét. Az elkövetkező időben sorra kerül ennek a hipotézisnek széles körű kísérleti ellenőrzése. Tehát az elméleti vita számos kísérleti erőfeszítést követel.

De a kísérleti kutatás is felmutat mindig új eredményeket, amelyek viszont igénylik az elméleti behatolást. Itt csak kettőt szeretnénk kiemelni, amelyek, ha eltekintünk a már említett Λ-hiperon felfedezésétől, különös érdeklődést keltettek az 1964-es konferencián. Az egyik a két neutrino létezése, amelyek jellegük szerint olyanok mint az elektron, ill. a μ-mezon. Nem is oly régen igazolták a neutrino létezését; most pedig már találtak két fajtát, anélkül, hogy ez a jelenség elméletileg teljesen megmagyarázható lenne. Ugyanez az eset áll fenn a második felfedezéssel, a K_2^0-mezonnak két π-mezonra való szétbomlásával. Ez esetleg olyan feltevéshez vezet, hogy a kombinált paritás a gyenge kölcsönhatásnál is meg van sértve. Ezzel a szimmetriának és a megmaradási törvénynek és áttörésüknek — a paritás meg nem maradásának felfedezése által keletkezett — problémája még jobban előtérbe került. Ez a probléma is filozófiai vitát igényel, mivel a következtetéseknek közvetlenül filozófiai jelentőségük van.[11]

Az eddig elmondottakból világossá válik a filozófiai problematika, és egész sor olyan probléma vetődik fel, amelyet tovább kell kutatni.

Először is megmutatkozik a már említett bonyolult összefüggés a kísérlet és az elmélet között. Ezt a bonyolult kölcsönviszont és általában a tudományos gondolkodás törvényszerűségeit még nem vizsgálták meg kimerítően. Nyilvánvaló, hogy a törvénymegismerés különböző szakaszokban megy végbe elkezdve az ellentmondásoktól az elméletben vagy az elméletileg nem kidolgozott kísérleti eredményekben, e probléma kutatásának terjedelmes szakaszán át, egészen a kész elméletig. Éppen azokat az ismeretelméleti problémákat nem kutatták még eléggé, amelyek a viták, a hipotézisek stb. szakaszában, a kész elmélet végleges megfogalmazása előtt felmerülnek. A szükségszerű véleménycserének és az egymásnak ellentmondó hipotetikus kijelentéseknek és elméleti adalékoknak ez a szakasza különös figyelmet érdemel, mert ebből több dolgot levezethetünk más területeken történő véleménycsere számára. Mindegyik ellentmondásos álláspontnak, így a mezőelméletnek és a diszperzió-reláció elméletnek önmagában véve sok elméleti érve van. Ezen elméleti kiindulópontok mögött különböző filozófiai álláspontok rejtőznek egy ősanyag létezéséről, a fizikai vonatkozások szimmetria tulajdonságairól stb. De egy hipotézist vagy elméleti adalékot sem utasíthatunk el eleve mint értéktelent. Még ha hamisnak is bizonyul egy hipotézis, akkor is megvan a helye a megismerési folyamatban. Cáfolat céljából szükség van új kísérleti adatokra és elméleti munkára, amelyek pozitív teljesítményként beletartoznak a gondolkodás történetébe.

Másodszor: egyáltalában nem beszélhetünk az elemi részecskék fizikájában arról, hogy a hipotéziseknek ez a szakasza már a vége felé közeledne. Bár például bebizonyították ugyan a diszperzió-relációk helyességét néhány terület számára, de ezzel nem cáfolták meg a mezőelméletet. Még olyan érdekes problémákat sem tisztáztak mint az elfajult vákuum, az indefinit metrika, a részecskék és a rezonanciák viszonya, a szimmetriák stb. bevezetése. Ha filozó-

[11] Vö.: H. Hörz Symmetrie — Gesetz — Wechselwirkung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, Gesellschafts- und Sprachwissenschaftliche Reihe (sajtó alatt).

fiai szempontból nézzük, úgy mindkét elméletnek vannak pozitív kiindulópontjai. A diszperzió-relációk szoros kötöttsége a kísérlethez lehetővé teszi lényeges kísérleti eredmények megragadását. Heisenbergnek az a kísérlete, hogy megtalálja az elemi részecskék egy általános elméletét, szintén sokat mond önmagában. Ez a kísérlet a világ anyagi egységét, mezőben kifejezve, alapjává akarja tenni az egységes elemi részecske elméletnek. Azokat a korlátozó feltételeket, amelyeket a diszperzió-relációk elméletében tettek, később szükségszerűen újból meg kell szüntetni. Kielégítőbb is az elméletből nyerni a kísérleti adatokat, anélkül, hogy ezeket először be kellene iktatni az elméletbe. De kétségtelen, hogy a legáltalánosabb elméletnek is el kell jutnia gyakorlatilag ellenőrizhető eredményekhez. Emellett bebizonyulhat, hogy az eddigi mezőelméletben az objektív valóság bonyolultságát, elsősorban az anyagi objektumok kontinuitásának és diszkontinuitásának egységét is csak elégtelenül vették tekintetbe.

Harmadszor: a tulajdonképpeni problematika csak a különböző fizikus csoportok vitája által lesz világos. Az érvek segítségével történő tárgyilagos vita állandóan kényszeríti a másik oldalt álláspontja kísérleti felülvizsgálatára és újabb átgondolására. Itt nagy jelentőségük van a hipotéziseknek és a modelleknek. Mindkettő egyengeti az utat az elmélethez. Mind bonyolultabb tényeket ragadunk meg, ami elvezet bizonyos területek részelméletének, hipotéziseinek stb. felállításához. Így léteznek különféle elméleti adalékok, elméletek és hipotézisek a kölcsönhatás minden területe, mind az erős, mind a gyenge és elektromágneses kölcsönhatás számára. De be kell következnie a szükséges ugrásnak egy olyan egyszerű elmélethez, amely áttekinthető, és nagyszámú fizikai jelenség lényegét fogja át. Talán az elemi részecskék szisztematizálása nyújtja ehhez a kiindulópontot. Ebben az összefüggésben nagyobb érdeklődésre tarthat igényt számos elméleti utalás, így az átmenet a nem lokális elméletekhez — amelyek megszegik a mikrokauzalitás elvét — és ezzel a nem pontszerű részecskékhez.

Negyedszer: az következik a filozófusok számára, hogy az ismeretelméleti problematika mellett pontosan követniök kell az anyag struktúrájának vizsgálatát is, mert ebből a filozófiai kategóriák lényegi pontosabbá tétele adódik. Emellett, ahogyan kezdetben hangsúlyoztuk is, figyelembe kell venni azoknak a filozófiai kijelentéseknek hipotetikus jellegét, amelyek nem alapulnak zárt fizikai elméleteken, és ezért nemcsak viszonylag igazaknak, hanem viszonylag hamisaknak is mutatkozhatnak. Lenin különbséget tett tudásunk forrásainak kérdése és az anyag struktúrájának kérdése között. Az utóbbi kérdés megválaszolásához csak az egyes szaktudományok járulhatnak hozzá kísérletek segítségével. De a struktúráról a filozófiából adódó kijelentések mint hipotézisek, mint gondolati kezdeményezések, ismeretelőmozdító jelleggel bírhatnak. Emellett egyedül a világnézeti álláspontból az anyag struktúrájáról nem adódik kijelentés. Mégis a filozófia által megvizsgált vonatkozásokat és törvényeket az ilyen kijelentésekkel kapcsolatban konkretizálni kell.

Ötödször: még egyszer szeretnénk kiemelni, hogy a megismerés további haladása mind az elméleti, mind a kísérleti munka következménye. Az elméletnek az a feladata, hogy általánosítsa az eddigi eredményeket, hogy jóslatokat adjon. A kísérlet olyan eddig ismeretlen vonatkozásokat nyújt, amelyek szükségessé teszik az elméleti vizsgálatot. De egy elmélet helyességének kritériuma mégis a kísérlet. Az objektumok közötti vonatkozások megismeréséhez a kísérleti tények nagy száma szükséges.

A „Priroda" című folyóirat egyik körkérdése a következő kérdést tette fel jelentős fizikusoknak: Miért szükséges még nagyobb energiájú gyorsítókat építeni?[12] Mivel a mind jobban nagy ipari üzem jellegét magukra öltő gyorsítók építése óriási összegeket nyel el, gazdasági szempontból nem egyszerű a kérdés megválaszolása. Nem is minden ország tud ilyen hatalmas laboratóriumokat létrehozni. De mind több tudóscsoport dolgozik együtt olyan központokban, mint Dubna, Genf, az USA stb. De az elemi részecskék további kutatásának szempontjából feltétlenül támogatni kell további gyorsítók építését. Ennek több okát hozták fel, ezek közül kiemeljük a mi elmélkedésünk számára a legérdekesebbeket.

Egy sor elméleti kérdést nem tudunk tisztázni a fennálló létesítményekkel. Ilyen kérdés elsősorban az elemi részecskék belső struktúrájának további vizsgálata, de az elméletek lokalitása is: Azt várjuk, hogy egy sor ilyen bonyolult vonatkozás az elemi objektumok viselkedésében nagy energiáknál egyszerűbbnek bizonyul, és ezzel az elemi részecskék viselkedését elméletileg könnyebben megragadhatjuk. Az elemi részecskék viselkedése különböző energiáknál különböző. Ezért kell nagy energiáknál olyan teljesen újszerű eredményekre számítanunk, amelyek új impulzusokat adhatnak az elméleti kutatásnak. Ezek a különböző okok hozzájárulnak az elméleti munka számára szükséges kísérleti anyag nézeteihez.

Ha összekapcsoljuk ezt a kérdést a tudomány fejlődése számára egy államban szükségszerűen adódó gazdasági problematikával, akkor egy sor olyan probléma merül fel, amelyet itt éppen csak meg akarunk említeni, többek között a különböző országok tudóscsoportjainak szükséges koncentrálása; a súlyponti témák kiválasztása egy országban, amelyek azután igénylik a megfelelő eszközöket a kísérleti bázis biztosításához, a kettős fejlesztések lehetséges rentabilitása időmegtakarítás által, mivel egy témán dolgozó több csoport gyorsabban mutathat fel eredményeket. Nem óhajtjuk ezeket a problémákat itt tárgyalni. Csak nyilvánvalóvá akartuk tenni, hogy a modern fizika ismeretelméleti helyzetéből számos általános érdeklődést keltő probléma adódik, amelyek sürgősen igénylik a további feldolgozást különböző tudósok által, de igénylik a további filozófiai vitát is.

Elemiség és kölcsönhatás

Az anyag struktúrájára vonatkozó elképzelések egyike, amely nagy befolyást gyakorolt a gondolkodás fejlődésére, az atomok létezésére vonatkozó elképzelés volt. A görög atomistáktól kezdve feltételezik az olyan tovább már nem osztható részecskék létezését, amelyek minőségileg egyneműek, és mennyiségi vonatkozásaik által lehetővé tették a világ felépítését. Nem szeretnénk itt behatóan foglalkozni azzal a megismerést kétségtelenül előmozdító és általában haladó szereppel, amelyet az atomizmus az idők folyamán játszott. Bennünket az anyag struktúrájának mai megismerésével kapcsolatos problematika érdekel.

Az atomizmusban a testeket lényegében oszthatóságuk vonatkozásában vizsgálták. Minden test osztható. A vita akörül folyt, hogy elfogadják-e a vég-

[12] Vö.: Priroda 1965./1. sz. 58. o.

telen oszthatóságot, vagy fel kell-e tételezni valamely végső részecskét. A mai álláspont szerint ez a szembeállítás nem tekinthető valódi alternatívának. Az derül ki, hogy az elemi részecskék viselkedését nem érthetjük meg kölcsönhatásuk nélkül. Ezzel a dolgok tulajdonságai és vonatkozásai lényeges megismerési objektumokká válnak, amelyeket nem vizsgálhatunk a dolgok struktúrájától függetlenül. Ha például megvizsgálunk egy neutront, nem tehetjük fel klasszikus értelemben egyszerűen azt a kérdést, hogy végtelenül osztható-e vagy sem? A neutron tulajdonságait erős kölcsönhatásnál csak akkor határozhatjuk meg, ha vele együtt tekintetbe vesszük a π-mezon teret, amely közvetíti a kölcsönhatást a protonnal a magban. A neutron nem létezik önmagában. Erős kölcsönhatás által össze van kapcsolva a protonnal. Ha viszont, másrészt, a neutront gyenge kölcsönhatásnál vizsgáljuk, úgy kibocsát egy elektront és egy neutrinót, és egy proton bukkan fel. Itt megmutatkozik, hogy a szabad neutronnak más tulajdonságai vannak, mint a neutronnak a magban.

A gondolkodás története egyrészt azoknak adott igazat, akik az atomok létezését állították, mivel találtak viszonylag stabil oszthatatlan részecskéket. Ilyen részecskék voltak a kémiai atomok, amelyek nem oszthatók kémiai eszközökkel, és ilyenek az elemi részecskék. De az itt fellépő elemiség és oszthatatlanság viszonylagosnak bizonyult. Másrészt ezért nem oldották meg még ma sem az elemiség problémáját. Ha Lenin a „Materializmus és empiriokriticizmus" című művében az elektron kimeríthetetlenségéről beszélt, ez semmiképpen sem jelenti azt, hogy a marxista az elemi részecskék klasszikus oszthatóságának álláspontján állna. Éppen az elektron bizonyult stabil részecskének, igaz, az elektron is alá van rendelve az elemi részecske terület elvileg új törvényszerűségének, a részecskék egymásba való kölcsönös átalakulásának.

A részecskék egymás közti kölcsönhatásában és kölcsönös egymásba való átalakulásában rejlik az elemiség problémájának bonyolultsága. Ha a részecskék átalakulnak egymásba, azt a kérdést kell tisztázni, hogy mit kell az anyag-struktúra alapépítőkövének tartani. Ha az elemi részecskék összességét — mely részecskékből ma, ha a rezonanciákat is hozzászámítjuk, mintegy 100-at ismerünk —, tekintjük ilyen alapnak, akkor igen bonyolult helyzet áll elő. Ezért kísérli meg ma számos fizikus a részecskéknek ezt a sokaságát kevésre redukálni (Markow, Sakata, Gell-Mann). Ez azt jelentené, hogy például a Gell-Mann által posztulált tört kvantumszámú részecskék, ha felfedezik őket, még elemibb jellegűek, mint azok a részecskék, amelyeket belőlük bizonyos szabályok segíségével fel lehet építeni. Emellett a Gell-Mann féle részecskék létezésének esetleges kísérleti igazolásával még nem fedezték fel azoknak a valóságos reakcióknak sokaságát, amelyek azután e részeket a többiek alapjává teszik. Ez először nem is lenne fontos. Az a lényeges, hogy legyen először egy megfelelően jó osztályozási sémánk. Gell-Mann éppen ennek létrehozására törekszik különböző osztályozási sémáival, akár a részecskéknek multiplettekké való összefoglalásáról, akár a fundamentálisabb részecskékből való felépítésről van szó. A részecskék helyes osztályozása az lenne, mely egyszerűsítené, áttekinthetőbbé tenné a köztük létező vonatkozásokat. Ezáltal lehetséges lenne többé már nem száz és még több részecske sokféleségével dolgozni, hanem olyan meghatározott csoportokkal, amelyek kitűnnek jellemző tulajdonságaikkal. Ezáltal lehetséges lenne még fel nem fedezett részecskéket megjósolni és megfelelő előfeltételeket lehetne létrehozni az elemi részecskék egységes elmélete számára. Pontosan ezt a szerepet játszotta a kémiában az akkori „elemi részecskék", az atomok számára Mengyelejev rendszere.

Más fizikusok (többek között Heisenberg) a kölcsönös egymásba való átalakulás jegyét veszik alapul egy „ősmatéria" vagy egy „ősanyag" létezéséről szóló posztulátumuk számára, amelyet egy nem-lineáris mezőegyenlet segítségével kell elméletileg megragadni. Eszerint az ismert részecskék nem egyszerű részecskékből lennének felépítve, hanem mindegyikük egy harmadiknak, éppen ennek az „ősmatériának" lenne megjelenési formája.

Ahogyan már hangsúlyoztuk, filozófiai szempontból mindkét irányzatot támogathatjuk, de akár az egyik, akár a másik irányzat igazolása szempontjából a kísérlet a döntő. Az elemiség problémájának filozófiai elemzése számára az eddigi eredményekből már adódnak a következők. Először is: már nincsen szó az individuális objektumok egyszerű oszthatóságáról, függetlenül a kölcsönhatástól. A rész-egész és individuum-rendszer viszonyának új vizsgálatra van szüksége. Másodszor: az elemiség viszonylagosnak mutatkozik. Eddig még nincs utalás olyan kvalitatíve azonos legkisebb részecskék létezésére, amelyeknek kvantitatív vonatkozásai lehetővé teszik az elemi részecskék kvalitatív sokféleségének felépítését. Harmadszor: a további kutatás főfeladata az elemi részecskék struktúrájának tisztázása, hogy kiterjedt kísérleti tények segítségével az elemi részecskék viselkedését leíró egyszerű törvényeket találjunk, és ezzel megválaszoljuk elemiségük kérdését is.

Az elemi részecske fogalmának ma használatos definíciói eltérnek egymástól és elmosódottak is. Legtöbbnyire azt adják meg az elemi részecskék jegyeként, hogy nem állhatnak más részecskékből. De eközben felvetődik ez a kérdés is: Mit jelent az, hogy a részecskéknek nem szabad más részecskékből állniuk? A részecskék különböző feltételek között különbözőképpen viselkednek. Így a protont kis energiáknál elemi részecskeként ragadhatjuk meg, nagy energiáknál bizonyos hiperonokból állókként.

A. K. Walter amikor a részecskék átalakulására utal, bírálja az elemi részecskék olyan megítélését, hogy ezek a világ legyegyszerűbb struktúra nélküli építőkövei lennének. Ezenkívül kiemeli, hogy ebben a felfogásban nem veszik tekintetbe a mezők szerepét, amelyek nemcsak az elemi részecskék kölcsönhatásának a leírásai, hanem maguk is objektív realitások. Azután úgy ragadja meg az elemi részecskéket „mint a megfelelő mezők gerjesztéseit, amelyek alkalmasak kölcsönös átalakulásra, de maguk nem bonyolult rendszerek". Emellett kiemeli Heisenbergnek azt a véleményét, hogy nincsen olyan kritérium, amelynek alapján megkülönböztethetjük az elemi részecskét a bonyolult rendszerektől. De az elemi részecske fogalom használata mégis hasznos, ha tekintetbe vesszük, hogy nem a belső struktúrára vonatkozik, és nem kijelentés a részecskék természetéről.[13]

Maga Heisenberg így fogalmazta meg ezt a felfogást: „Az egységes mezőelmélet alapfeltevéseihez éppen az tartozik, hogy minden elemi részecske bizonyos mértékig összetett képződmény, hogy csupasz részecskék.... nincsenek."[14]

Itt nagyon helyesen összekapcsolja az elemiség problémáját az elemi részecskék struktúrájának problémájával. Ez viszont *relatíve elemi* jellegükre utal. Mert ha léteznek az elemeknek struktúráik, akkor magukat a struktúraelemeket úgy kell megragadni, mint valami elemit, ezt viszont újból kutatni kell. Így az elemi részecskék tulajdonságai struktúralemek meghatározott csoportjainak csoporttulajdonságai lennének. Eközben még semmit sem tételeztünk

[13] A. K. Walter: Id. mű 8. o.
[14] Die Naturwissenschaften 1963/1. sz. 6. o.

fel a konkrét struktúráról. A struktúra létezése azt is követelné, hogy azokba az elméletekbe, amelyek tekintetbe veszik a részecskék strukturáltságát, bevezessenek egy elemi hosszúságot mint konstanst, mivel a struktúrával bíró elemi részecskéket nem tekinthetjük többé pontszerűnek.

Blohincev az elemi részecskékről szóló definíciójával megkísérelte kellőképpen számításba venni a bonyolult helyzetet, amennyiben a részkomponensekre való bontást az energiafelhasználástól tette függővé. Az elemi részecskék szerinte olyan részecskék, amelyek nem bonthatók tovább részkomponenseikre, ha D energiafelhasználás kisebb, mint a könnyebb komponensek összenergiája. E fogalom szerint a hidrogén atomja nem elemi részecske, mivel tömege $m_H = m_p + m_e - \mathrm{D}$, ahol $\mathrm{D} \leqslant m_e, m_p \Omega$. Ezzel szemben a proton elemi részecske, mert $m_p = m_A + m_B - \mathrm{D}$ és $\mathrm{D} \geq m_A, m_B$ tetszés szerinti A és B részecskékre.[15]

Ebben a meghatározásban az elemiség két oldala lesz világossá, amelyek filozófiailag nagyon érdekesek. Blohincev definíciója egyrészt megadja a lehetőséget, hogy olyan részecskéket, amelyeket bomlási termékeik miatt összetetteknek foghatnánk fel, mint elemi részecskéket határozzuk meg, ha bontásuknál az energiafelhasználás nagy. Ezzel az elemi részecskéknek egy bizonyos viszonylagos állandóságot tulajdonít, ez az elemi részecske fogalom nem a közvetlen oszthatatlanságot tételezi fel, hanem a részecske megmaradását bizonyos feltételek között. Másrészt viszont világossá lesz a részecskék elemiségének relativitása is. Nem abszolút elemiek abban az értelemben, hogy nem léteznének többé bomlási termékek. Tehát a részecskék elemisége két lényeges oldala: a részecskék relatív állandósága összekapcsolva egyes komponensekre való lehetséges bontásukkal. Tehát a részecskéket akkor foghatjuk fel elemi részecskéknek, ha meghatározott kölcsönhatásban meghatározott energetikai viszonyok között egészként jelennek meg, bár más feltételek mellett felbonthatók különböző komponensekre. Éppen ez teszi számunkra lehetővé, hogy a rezonanciákat is mint részecskéket kezeljük. Az első rezonanciát 1952-ben Fermi és munkatársai fedezték fel. Amikor a protonokat nagy energiájú pionokkal bombázták, a kölcsönhatásnál az 1238 MeV-s rendszer effektív tömegénél átmeneti állapot jött létre. Az ezután következő időben számos rezonanciát fedeztek fel. Emellett a rezonanciák többségének sok lehetőségük van más részekre való bomlásra. A mintegy 30 részecskéhez ma több mint 70 rezonancia tartozik, és emellett állandóan fedeznek fel új rezonanciákat. De kvantumszámuk meghatározása nagyon nehézkes, ami igen nagymértékben megnehezíti a részecskék osztályozását.

A rezonanciák is kitűnnek viszonylagos önállóságukkal a kölcsönhatásfolyamatban, bár szétbomlanak más részecskékre, és lényegében csak részkomponenseik által kutathatók. Ez még világosabbá teszi a részecskék összességének, tehát az elemi részecskék plusz a rezonanciák elemiségének problémáját. Fennáll továbbra is az a probléma, hogy a részecskéknek részkomponensekre való bontását az oszthatóság új fajtájának kell-e felfogni, és ezért kétségbe kell-e vonni a részecskék elemiségét. De még nem tisztázták a részkomponensekre való bontásnak belső mechanizmusát. Ez a tisztázás egyúttal felelet lenne sok más olyan kérdésre, amelyekre ma még nem tudunk válaszolni: Felépíthetők-e az elemi részecskék kevés alapvető részből? Ebben az értelemben gyakran beszélnek alapvető részecskékről. Vagy egy harmadiknak, a mezőnek

[15] Vö.: D. I. Blohincev: Jelzéskiterjedés az elemi részecskéken belül. Dubna 1962. 3. o. lábjegyzet (oroszul).

segítségével sikerül-e megkapni minden részt? Erre a kérdésre nem nyerünk feleletet az elemi részecskék definíciójából, megválaszolása tulajdonképpen csak az elemiség problémájának megoldásával valósulhat meg. Kétségtelen, hogy mindeddig az elemi részecskék területén is igazolódott, hogy az anyag formái, fajtái, folyamatai és vonatkozásai kimeríthetetlenek, amit a dialektikus materializmus mindig újból kimondott. De ez a megállapítás keveset mond a fizikai megismerés további haladásáról, az anyag struktúrájába való behatolásáról. A feladat most éppen az, hogy rendet teremtsünk ebben a sokféleségben.

W. Panofskij (USA) kiemeli mint legfontosabb elméleti feladatot annak a tisztázását, hogy milyen értelme van a valóságban az elemi részecske fogalomnak. A következőket kérdezi: „Minden újonnan felfedezett részecske 'elemi'? Mindegyik egy vagy több alapvető fundamentális részecske állapota-e? Vagy pedig, amit a teoretikusok legnagyobb része remél, létezik egy meghatározott elv, amelynek megfelelően minden részecske minden más részecskének természetes hatása lenne. Ha pedig így van, akkor egyáltalán nem létezik elemi részecske."[16] Itt újból világossá válik, hogy a részecskék elemiségének problémája csak akkor oldható meg, ha kölcsönhatásukat bevonjuk a vizsgálódásba.

Már Heisenbergnél láttuk azt a gondolatot, hogy a részecskéknek egyszerűekre és összetettekre való felosztása már csak azért is tárgytalan, mert egyáltalán nincsenek csupasz részecskék, hanem minden egyes részecskének megvan a struktúrája. Gell-Mann is úgy véli, hogy nem szükséges az egyszerű és bonyolult részecskékre való felosztás. Tréfásan hozzáfűzi azután, ha nem létezik szükségszerűen a részecskék arisztokráciája, miért ne legyen akkor demokrácia közöttük?[17]

Érdekes ebben az összefüggésben Chew „bootstrap" hipotézisének további vizsgálata, amely szerint minden erősen kölcsönható részecske dinamikus struktúra, és e struktúrák a létezésüket azoknak az erőknek köszönhetik, amelyek segítségével hatnak. Az erősen kölcsönható részecskéket erős kölcsönhatások hozzák létre. Így minden részecske más részecskék segítségével jön létre, és a maga részéről résztvesz más részecskék megteremtésében.[18] Ezzel teljesen megszüntetik a részecskék relatív önállóságát, individualitásukat. Mindegyik csak úgy létezik, mint más részecskék partnere. Tulajdonságaik nem önálló tulajdonságok, hanem a köztük levő vonatkozások.

Ez arra késztet bennünket, hogy tovább fejlesszünk egy gondolatot, amelyre már kezdetben utaltunk. A leegyszerűsített rész-egész vonatkozásnak a maga klasszikus alakjában nincsen már jelentősége az elemi részecskék számára. Még ha a testek struktúrájáról vallott nézeteink megváltozása nem is lenne annyira radikális, ahogyan ez a mai kísérleti és elméleti helyzetből következik, egy dolog fennáll: a részecskék tulajdonságai más részecskékkel való kölcsönhatásukkal kapcsolatosak. Egy részecske sem osztható más részecskékkel való kölcsönhatás tekintetbe vétele nélkül. Ebből az a szükségszerűség adódik, hogy pontossá tegyük a rész-egész vonatkozást e problematika számára. Ugyanakkor láttuk azt is, hogy elvész a részecskék abszolút individualitása, sőt vannak olyan elképzelések is, amelyek teljesen elhanyagolják a részecskék individualitását. Ez azt követeli, hogy taglaljuk a rendszer és individuum viszonyát ezen a területen.

[16] Priroda 1965/1. 59. o.

[17] M. Gell-Mann, A. Rosenfeld, G. Chew: Erősen kölcsönható részecskék. Priroda 1964/11. sz. 62. o.

[18] Vö. uo. 63. o.

Ha úgy fogunk fel egy rendszert, mint az elemeknek és vonatkozásoknak relatíve stabil, rendezett összességét, amelyet bizonyos törvények működése jellemez – ezek a törvények rendszertörvények, amelyek nem vonatkoznak a rendszer egyes elemeire —, akkor úgy jellemezhetjük az elemi részecskéket, mint ezeket az elemeket, a kölcsönhatás különböző funkcióit pedig mint a rendszer vonatkozásait. Ma az a fő feladat, hogy megtaláljuk a rendszernek a törvényeit, és ezzel a rendszerben található elemeknek osztályozását adjuk. A rendszertörvények a megmaradási törvények és az ezzel kapcsolatos szimmetriatulajdonságok, amelyek nem vonatkoznak a rendszernek egyes elemeire. A rendszertörvények felfedezése egyúttal segít bennünket a rendszer elemi individualitása problémájának tisztázásánál. Nyilvánvalóan nem létezik abszolút individualitás. Ha csak a rendszertörvényekből indulunk ki, akkor nem illetnék meg az egyes részecskéket speciális tulajdonságok. Mégis a részecskéknek minden egyes csoportja bizonyos számú lényeges jegyben különbözik más részecske-csoportoktól. Ide tartoznak olyan jellemzők, mint a tömeg, a spin, az izospin, a közös kvantumszám, a töltés és más kvantumszámok. Gell-Mann-nak és másoknak az a kísérlete, hogy megtalálják a részecskék szisztematikáját, abból áll, hogy megállapítsák az összefüggést a különböző kvantumszámok között és megragadják egy egyszerű képződési törvény segítségével az összes erősen kölcsönható részecskét. Így sikerült neki előre megmondani a nyolc kvantumszámot összefoglaló SU (3) szimmetriacsoport segítségével a Λ-hiperon létezését. Ebben az irányban folytatja új kísérletét Gell-Mann is, hogy tört kvantumszámú hipotetikus részecskék segítségével építse fel a részecskék rendszerét. Ha megtalálják ezeket a hipotetikus részecskéket, úgy ez annak az eszmének kimagasló sikere lenne, hogy a rendszerben fundamentális részecskék léteznek. Ha pedig nem találja meg ezeket, akkor új utakat kell keresni a rendszer megragadásához.

A mezőelmélet képviselői szintén a rendszer törvényeit akarják megtalálni. Számukra, például konkrétan Heisenbergnél, a nem-lineáris spinoregyenlettel már létezik egy olyan matematikai egyenlet, amelynek tartalmaznia kell a rendszer törvényeit. De a cél az, hogy ebből az egyenletből meghatározzák a részecskék tulajdonságait, ami nagy matematikai nehézséget jelent. Ha sikerül legyőzni ezeket a nehézségéket és eljutni olyan kijelentésekhez már létező részecskékről, amelyek megegyeznek a kísérlettel, valamint előre megmondani még fel nem fedezett részecskék létezését, úgy ez a modern fizika ezen irányának lenne a sikere.

Nyilvánvaló, hogy az elemi részecskék bizonyos csoportjait egyrészt a kvantumszámok jellemzik, másrészt annak a kölcsönhatásnak típusa, amelynek alá van vetve. Ismerünk olyan részecskéket, amelyek egymással erős, gyenge és elektromágneses kölcsönhatásban állnak, és olyanokat, amelyek csak a kölcsönhatások egy vagy két típusának vannak alárendelve. Tehát az individuumok minden egyes csoportjának vannak bizonyos olyan lényeges oldalai, amelyek megkülönböztetik a többitől. Emellett ezek a tulajdonságok nem függetlenek a rendszertől. Ha két részrendszerként vizsgáljuk meg a kötött neutronok magatartását a magban és a szabad neutron magatartását gyenge kölcsönhatásnál, úgy a neutronnak két tulajdonsága mutatkozik meg, attól a részrendszertől függően, amelyben elhelyezkedik. Egyrészt stabil, másrészt pedig szétbomlik, miközben proton, elektron és neutron lép fel. Tehát a rendszer és az individuum viszonyáról való filozófiai szemléletünk lerögzítheti, hogy az individuumok bizonyos csoportjai viselkedésének lehetőségeit,

amelyek bizonyos lényeges jegyek által különböznek más csoportoktól, a rendszer vonatkozásainak összessége is meghatározza. Bár az individuumnak,[19] a neutronnak, a tulajdonságai alapján mindkét lehetősége megvan, ezt a lehetőséget a rendszertől függően valósítja meg. Tehát lerögzíthetjük: Először is léteznek a részecskék magatartásának lehetőségei az individuális tulajdonságok alapján, amelyeket még tovább kell vizsgálni. Másodszor, ezek a tulajdonságok csak a kölcsönhatásban mutatkoznak meg, mivel ebben valósul meg a részecskék magatartásának egyik lehetősége. Harmadszor, a megvalósulás a rendszermagatartástól függ, és ezzel a rendszerben működő többi részecskétől.

Ezért kétségtelenül csábító az a gondolat, hogy ne tulajdonítsunk egyáltalán tulajdonságokat a részecskének, hanem úgy fogjuk fel, mint más részecskék kölcsönhatásai egymásra rakódását. A relatív individualitás ezen teljes megszüntetésének annyiban van heurisztikus jelentősége, mert hiszen a részecskék tulajdonságát mint lényegük kifejezését csak konkrét megnyilvánulásban, azaz kölcsönhatásban tudjuk megragadni. De éppen ugyanazon részecskék különböző körülmények közötti, különböző magatartása vezet bennünket ahhoz, hogy a részecskék relatív individualitásáról beszéljünk, mert a különböző viselkedésekben a részecskéknek különböző lényeges tulajdonságaik mutatkoznak meg. Ha eddig úgy neveztük az elemi részecskék összességét mint a kutatandó rendszert, úgy léteznek ebben a rendszerben bizonyos részrendszerek is. Ezeket a részrendszereket szintén bizonyos törvények és bizonyos elemek és vonatkozások összessége jellemzi. Ilyen részrendszereknek foghatjuk fel az erősen, gyengén és elektromágnesesen kölcsönható részecskéket és vonatkozásaikat. Azért beszélünk részrendszerekről, mert az elemi részecskék összességének viselkedése nyilvánvalóan föléjük rendelt, ami abban mutatkozik meg, hogy mind a három részrendszerben egyforma elemek merülnek fel. Így kölcsönhat a proton erősen és elektromágnesesen és felmerül gyenge kölcsönhatásánál is. Ezeket a részrendszereket bizonyos megmaradási tételek érvényessége vagy áttörése is jellemzi. A rendszerek további felosztásánál az individuális viselkedés annyiban lesz mindig világosabb, ahogyan mindig több rendszertörvény lesz áttörve. Az összrendszer törvényeire még egyszer visszatérünk.

Eddig csak a rendszer és az individuum közötti kölcsönvonatkozásokat vizsgáltuk meg. Ha most áttérünk az individuumok vizsgálatára, akkor úgy tekinthetjük őket, mint struktúraelemekből állókat. A mi részecskéink nem olyan pontszerű korpuszkulák, amelyeket nem kell tovább kutatni, hanem van belső struktúrájuk, ahogyan ezt a fizikusok többsége elfogadja a nukleonstruktúra Hofstadter-féle bizonyítása óta. Ezzel magát a részecskét úgy kell felfogni, mint valami olyan egészet, amelynek meghatározott részei vannak. De e vonatkozásban már elhatároltuk magunkat a klasszikus felfogástól, amely az egészet egyszerűen a részecskék konglomerátumának fogja fel. Egésznek fogunk fel relatíve konstans módon strukturált összességeket, amelyek egy rendszer alkotórészei, és ezzel engedelmeskednek a rendszertörvényeknek. Ebben az értelemben az elemi részecskék egészek, amelyeknek kutatni kell a részeit. De itt felmerül az a kérdés, hogyan strukturáltak a részecskék,

[19] Miután már az előbb hangsúlyoztuk, hogy nincsen abszolút individualitás, nem hangsúlyozzuk most mindig újból, hogy nem egy izolált egyes indivíduumról van szó, hanem egy részecskéről, amelynek individualitása abból áll, hogy olyan részecskék egyik csoportjához tartozik, amelyeket bizonyos kvantumszámok és a kölcsönhatások bizonyos fajtái jellemeznek.

van-e magjuk, ezt körülvevő felhővel vagy nincsen magjuk? Ezzel kapcsolatban is léteznek különböző modellek, ezeket azonban itt nem áll szándékunkban megvizsgálni. Ezeknél beosztják a nukleonokat és más részecskéket különböző területekbe, és megvizsgálják ezeknek a területeknek a viselkedését. De itt egy széles körű kísérleti kutatás szükséges óriási gyorsítók segítségével, hogy jobban tudjuk tisztázni a részecskék struktúrájának ezt a problémáját.

Csak így válaszolhatunk az első kérdésre, hogy a részecskék csupán mint valami egész léteznek-e az elemi részecskék rendszerében, vagy maguk is ismét egy rendszert alkotnak. Ha az utóbbi eset állna fenn, akkor a struktúraelemeknek az elemek és a vonatkozások összességének kellene bizonyulniuk, amelyek maguk is bizonyos rendszertörvényeknek engedelmeskednek. Eközben nem okozna nehézséget az eddigi elmélettel való összefüggés megállapítása, mivel a részecskék mint a rendszer individuumai az elemi részecske elmélet törvényei szerint viselkednek, de ezeknek a törvényeknek a keretében individuumaik viselkedési törvényei által maguk is egy rendszert képeznének.

Ha ez az eset állna fenn, akkor az, amit mint egészet vizsgáltunk, maga is egy különös rendszer lenne. De ezt még nem igazolták, és nincsenek is kielégítő érvek ahhoz, hogy ennek feltétlenül igazolhatónak kell lennie. Ezért az egésznek két fajtáját különböztetjük meg. Először egy olyan egészet, amely egy rendszer alkotórésze anélkül, hogy maga is rendszer lenne. Ebben az esetben az egész és részei viselkedését egyedül a rendszerviselkedés határozza meg. Másodszor, vannak olyan egészeink, amelyek maguk is rendszert alkotnak, és ezért a rendszerviselkedésnek az egészben működő törvényeken keresztül közvetítve kell hatnia. Az ilyen egészeknek a rendszerben bizonyos relatív önállóságuk van, a rendszerviselkedés módosíthatja ugyan belső törvényeiket, de nem szüntetheti meg. A rendszer az a keret, amelyben az egész mint különös rendszer a saját törvényei szerint viselkedik. Aszerint, hogy az elemi részecskék az egészeknek első vagy második csoportjához tartoznak, domborodik ki jobban vagy kevésbé individualitásuk. Az első esetben, ha maguk nem alkotnak rendszert, individualitásuk lényegében megszűnik. A második esetben individualitásuk erre a rendszerre jellemző törvényekben mutatkozik meg. Így kapcsolódik szorosan össze a részecskék individualitásának problémája a részecskestruktúra törvényeinek további kutatásával. Ez már nem az abszolút izolált individuális objektumoknak klasszikus kérdése. Maga egy individuális elemi részecske mint rendszer kettős értelemben veszítette el a kalsszikus individualitást. Először is nem létezik függetlenül a kölcsönhatástól mint izolált objektum, és másodszor: nem fogható fel abszolút egyesnek. Ez az individuális részecske olyan részecskék egyik csoportjának reprezentánsa, amelyek ugyanazoknak a törvényeknek engedelmeskednek. Itt újból igazolódik új, érdekes módon Lenin gondolata az egyes és általános dialektikájáról, amelyet a dialektikáról szóló töredékében fejtett ki, az ugyanis, hogy az egyes csak olyan összefüggésben létezik, amelyik elvezet az általánoshoz.

Az elemi részecskét mint egészet és részeit továbbra is kutatják. A részecskestruktúra kutatásának kísérleti és elméleti eredményei hozzá fognak segíteni a rész—egész viszonyának eddiginél jobb megértéséhez is. Ha maga az egész újból rendszernek bizonyul, úgy ezzel elesik az az elemiség, amelyet aztán e rendszer individuumainak kell tulajdonítani. Amíg azonban magukat az elemi részecskéket még nem tudjuk megragadni mint rendszereket, viselkedésüket egyedül a részecskék és a mezők egymás közti kölcsönhatása hatá-

rozza meg, és így azt a kérdést kell tisztázni, hogy vajon melyik az elemi: a mező-e mint „ősmatéria", vagy pedig a fundamentális részecskék.

Mégis, az emberi gondolkodás eddigi tapasztalatából kiindulva így is kitarthatunk az univerzum formái kimeríthetetlenségének tézise mellett, és felvethetjük a fundamentális részecskék struktúrájának vagy a mező kvantumainak a kérdését.

Szimmetria és kölcsönhatás

Az eddig elmondottakból kiindulva még csak egy érdekes problémával szeretnék foglalkozni. Itt csak néhány hipotetikus alapgondolatot fejtünk ki, mivel más helyen már részletesebben foglalkoztunk ezzel a problémával.[20] Már a részecskék elemiségének kérdésénél utaltunk Heisenberg álláspontjára, ti. arra, hogy nincsenek csupasz részecskék. Maguk a részecskék a környezettel való kölcsönhatás kifejezései. A „bootstrap" hipotézisében és más felfogásokban is megtaláltuk a kölcsönhatásnak mint a részecskék létezése alapjának kiemelését.

A kölcsönhatásnak a részecskék különböző viselkedését létrehozó különböző fajtái ellenére néhány fizikus megkísérli az összes részecskék egységes elméletének létrehozását.

Feltételezhetnénk, hogy a gyenge és az erős kölcsönhatás a részecskék rendszerviselkedésének két egységes oldalát alkotja. Egyrészt a részecskék erős kölcsönhatását egy relatíve zárt rendszer kialakulása jellemzi. Ebben a rendszerben az erős kölcsönhatások számára minden megmaradási tétel érvényes, mivel a kötőerők a rendszerben nem engedik meg a szimmetria megszegését. Másrészt viszont a gyenge kölcsönhatást felfoghatjuk mint ennek a szimmetrikus rendszernek megváltozását. Itt már nincs szimmetria. Irányított folyamatokra kerül sor. A protonok és a neutronok közötti erős kölcsönhatást szintén felfoghatjuk mint a protonoknak és a neutronoknak állandó egymásba való átalakulási folyamatát a virtuális π-mezontér segítségével, de egyformán jogos átalakulási folyamatnak, anélkül, hogy az egyik oldal kitüntetett lenne. De a neutron viselkedésének gyenge kölcsönhatás esetén a folyamatnak az iránya a döntő. Itt nem a proton és a neutron közötti állandó kölcsönhatásról és átalakulásról van szó, hanem a neutron szétbomlásáról. Eszerint az erős és a gyenge kölcsönhatás az elemi részecskék rendszerviselkedése két oldalának bizonyul, olyan kölcsönhatásnak, amely a rendszer megmaradását jellemzi, és olyan kölcsönhatásnak, amely a rendszer megváltozásához vezet. Emellett nyilvánvalóan mindkét viselkedés szempontjából azok a feltételek a döntőek, amelyek között a részecskék vannak. Ezt a kérdést sem tisztázták még.

A feltételeknek nyilvánvalóan két fajtája játszhat szerepet: külső és belső. Ha külső feltételekből indulunk ki, azt mondhatjuk, hogy erős kölcsönhatásnál a részecskék viselkedése a részecskék olyan rendszerét teremti meg, amelynek a számára más külső feltételek már nem játszanak szerepet, úgy hogy nem kerül sor a megmaradási tételek megsértésére. De a gyenge kölcsönhatás az erős kölcsönhatásnál mintegy 10^{-14}-szer gyengébb erő által lehetővé teszi olyan külső feltételek befolyását, amelyek elvezetnek a szimmetria megsze-

[20] Lásd H. Hörz: Id. cikk.

géséhez. Ha viszont belső feltételekből indulunk ki, akkor erős kölcsönhatásnál is el kell ismernünk a potenciális lehetőséget a szimmetria megszegésére, ami azonban mégsem valósulhat meg az erősen kölcsönható részecskék közötti erős kötések által. Ha hiányoznak ezek az erők, akkor érvényre jut a részecskék szimmetrikus rendszere megváltoztatására irányuló tendencia, és így sor kerül a megmaradási tételek megsértésére.

De a szimmetria és a kölcsönhatás viszonyának ezt a filozófiailag érdekes problémáját még nem oldották meg sem fizikai, sem filozófiai szempontból. Az utóbbi idők kutatásainak számos eredménye ezt az egyik leglényegesebb problémává teszi. A részecskék szimmetrikus viselkedésének, a szimmetriák létezésének eszméje nagy heurisztikus jelentőségű. A szimmetriák és megmaradási tételek kölcsönösen feltételezik egymást. A megmaradási tételek képezik az alapot a részecskék lehetséges reakciómeneteinek megértésére. Éppen a szimmetriák feltárása vitte előre az elméletet. Így az 1964-es dubnai konferencián, ahogyan már megemlítettük, az SU(3) szimmetria nagy szerepet játszott, mivel igazolta a Λ-hiperon felfedezése.

De ugyanakkor más eredmények is ráterelték a figyelmet a szimmetriagondolat problematikájára. Az első fontos felfedezés az ötvenes években a paritásnak a Yang és Lee által megjósolt és később kísérletileg is igazolt megszegése gyenge kölcsönhatásnál. Akkoriban mindjárt kinyilvánították azt a gondolatot, hogy a szimmetriának ezt a megszegését megszüntetheti egy kombinált szimmetria. Ebben az irányban sokat dolgoztak, és úgy tűnt, hogy a paritás megszegése általában még nem képezi a szimmetriának és megszegésének különös problémáját. De 1964-ben sor került egy további felfedezésére, amely talán utal a kombinált paritás megszegésére. A konferencián tartott előadásában V. Sz. Barašenkov a következőket írja: „Valódi szenzáció volt a brookhafeni (USA) laboratórium fizikai csoportjának munkája, amely a K_2^0-mezonnak egy pár π-mezonba való szétbomlásának általuk felfedezett esetéről számol be. . . Ennek a bomlási típusnak felfedezése a kombinált paritás megszegésére utal gyenge kölcsönhatásoknál. Ez pedig olyan eredmény, amely nem kevésbé megrázó, mint néhány évvel ezelőtt a térbeli paritás megsértésének kimutatása gyenge kölcsönhatásoknál. Természetesen a felfedezett jelenségnek ez az interpretálása még igazolásra szorul. Eltekintve attól, hogy a megfigyelt effektus nagyon kicsi, és a K_2^0-mezon lehetséges szétbomlási típusai teljes valószínűségének csak két ezredrészét teszi ki, a munka kísérleti oldalának kimerítő kifejtése megmutatta, hogy ez az effektus nem magyarázható meg módszertani hibákkal. Az elkövetkező időkben kétségtelenül számos olyan kísérleti és elméleti munka jelenik majd meg, amelyeket e kérdés további kutatásának szentelnek."[21]

Ez a kísérlet ismét a szimmetriák érvényességének és érvénytelenségének még kutatandó problematikájára utal. Sok fizikus arra tesz kísérletet, hogy mélyebben fekvő szimmetriákat találjon, amelyek azután az új álláspontból nézve is megmagyarázzák a szimmetriák meg nem maradását. A Prirodának az 1964-es dubnai konferencia alkalmából feltett egyik körkérdésére a fizikusok többsége mint az utóbbi idők fontos eredményét emelte ki az erősen kölcsönható részecskék SU(3)-szimmetriája elméletének sikereit és a K_2^0-mezon egy pár π-mezonra való szétbomlásának felfedezését. Éppen ez a két eredmény iga-

[21] V. S. Barašenkov: Az elemi részecskék fizikájának sikerei. Priroda 1965/1. sz. 51. o.

zolta számunkra egyrészt a szimmetria nagy szerepét, és mutatta meg, másrészt, a szimmetria áttörését. Ennek ellenére a szimmetriát tekintjük a lényegesnek. Marx György magyar fizikus az említett körkérdéssel kapcsolatban a következőket mondotta: „A természetben sok közelítő szimmetria van. Nem kétséges, hogy a természet alapvető törvényei egyszerűek és szimmetrikusak. A szimmetriák többsége belső megszegése okának felfedezése lényeges lépést jelentene a fizikai jelenségek megfigyelt sokfélesége matematikai alapjainak megértéséhez.[22]

Kétségtelen, hogy a szimmetriában való ezen hit önmagában igen csábító. Az egyes objektumnak a környezetben egyes esetben nem-szimmetrikus viselkedését a törvény a szimmetria kiemelkedése által ragadja meg.[23] De már a termodinamika második főtétele azt a feladatot tűzte a tudományos kutatás elé, hogy további olyan törvényeket keressen, amelyek kifejezik az események meg nem fordíthatóságát, jobban mondva: amelyek megragadják a szimmetria megszegését. Vajon a vita a megmaradási tételek megszegéséről az elemi részecskék fizikájában nem utalás-e arra, hogy léteznek olyan törvények, amelyek kifejezik a magukat megváltoztató szimmetrikus rendszerek lényeges viselkedését? Kétségtelenül kielégítőbb és filozófiailag is egyszerűbb lenne egy olyan elmélet, amely szimmetriatörvényekből tevődik össze. De már az eddigi kísérletek is megmutatják a szimmetria és az aszimmetria egységét az anyagi világban. Mint tendenciát három további kutatási lehetőséget ismerhetünk fel. Először is a közelítő szimmetria alapján elhárítjuk a világ aszimmetriáját és a szimmetriatörvényeket tekintjük mint ismeretelméletileg alapvetőket. Másodszor, az elméletben elismerhetjük az aszimmetrikus állapotokat, de szimmetrikusaknak fogadhatjuk el az elemi részecskék viselkedésének törvényeit. Harmadszor, megkísérlik kifejezni az elméletben a szimmetria és az aszimmetria egységét, és ezzel megfogalmazni a valóságos folyamatok aszimmetrikus viselkedésének törvényeit is.

Ez a három filozófiai álláspont eddig egyaránt jogosult, és a kísérletek egyiket sem tüntetik ki a másik javára. Az első álláspont az aszimmetriák kiküszöbölését mélyebben fekvő szimmetriák segítségével óhajtja megvalósítani. Ebben az irányban dolgozik a legtöbb fizikus. Ide tartoznak a részecskék szisztematikájáról és viselkedéséről szóló munkák, ezeknek megmagyarázása multiplettek segítségével.

A második álláspont, amellyel kapcsolatban szeretnénk még néhány filozófiai megjegyzést tenni, tekintetbe veszi az elméletben a világ aszimmetriáját, mivel tekintetbe vesz aszimmetrikus állapotokat. Heisenberg elmélete ezenfelül még összekapcsolja a részecskék kölcsönhatás általi létezésének eszméjét az alapállapot elfajultságának eszméjével. C. F. von Weizsäcker a mezőegyenletek megoldásánál fellépő divergenciákkal kapcsolatban ezt írja: „A divergenciák ideiglenes kikerülése renormálás útján megmutatja minden kölcsönhatáselmélet egyik lényeges vonását. Értelmetlen például egy izolált (‚csupasz') elektronról beszélni, arról, hogy milyen lenne ez a sugárzási mezővel való kölcsönhatás híján. . . Az, amit az empirikusan izolált részecskének tekintünk, a valóságban maga is már az állandóan jelenlevő környező világgal való kölcsönhatás eredménye. Az ilyen fejtegetések kézenfekvővé teszik, hogy

[22] Uo. 63. o.

[23] Vö. a törvény és szimmetria viszonyához: H. Hörz: Zum Verhältnis von Kausalität und Determinismus. Deutsche Zeitschrift für Philosophie 1963/2. sz.

az izolált részecskék tulajdonságait alapvetően úgy fogjuk fel, mint a kölcsönhatás eredményeit"[24]

A részecskék környezettel való kölcsönhatásának ezt a kiemelését következetesen kiterjeszti az alapállapotra is. Az alapállapot vagy a vákuum részecskementes. De azután a vákuum alkotja azt a környezetet, amelyben a részecske egzisztál. Weizsäcker a következőt írja a vákuummal kapcsolatban: „Kimutathatjuk, hogy véges sok mezőoperátornak a Heisenberg-féle elmélet abszolút ('csupasz') vákuumjára való alkalmazása soha nem képes előidézni véges nyugalmi tömegű részecskéket, amelyek pedig empirikusan jelen vannak. De ez nem természetellenes. Az abszolút vákuum az üres világot jelenti. Ha viszont a kísérletező beléptet egy egyes részecskét egy vákuumba, úgy ez a vákuum vagy egy csőben van, egy laboratóriumban, vagy éppenséggel a világűrben a csillagok között. A 'fizikai vákuum' mint határfeltételt egy jól meghatározott, hacsak durván is leírt világ létezését feltételezi (így például Heisenberg ennek egy véges, de nagyon nagy izospint kényszerül tulajdonítani)."[25]

Heisenberg mezőelmélete számára lényeges az elfajult alapállapot. Ő maga abban látja az empirikus megalapozást, hogy a neutronok száma a világon lényegesen eltér a protonok számától.[26] Ezzel máris egy olyan alapállapottal kezdi el, amelyik aszimmetrikus. Világos, hogy e feltevés ellenvetést kell hogy kiváltson a szimmetriafelfogás képviselői részéről, hiszen ők a szimmetriát tekintik alapvetőnek a világon. Mindkét irányzatnak arra a kérdésre kell felelnie, hogy hogyan magyarázhatók meg a ténylegesen meglevő aszimmetriák. A mezőelmélet számára kétségtelenül lehetséges megoldási út az alapállapotot elfajultnak elfogadni. Bizonyos, hogy semmilyen elkövetkezendő elmélet nem tudja megkerülni az aszimmetria problémáját általában. A filozófiai magyarázat számára a világban végbemenő minden folyamat a szimmetria és aszimmetria egységeként kínálkozik.[27] De még egy ilyen álláspont sem mond semmit a szimmetria és az aszimmetria ezen egységének megragadásáról a fizikai elméletben.

Érdekes, hogy Dirac egyik eszméje az elemi részecske elméletben fennálló nehézségek leküzdésére éter létezésének feltételezése. Hangsúlyozza az eltérést a klasszikus éterfelfogástól, és felfogása lényeges jegyének azt tartja, hogy a vákuumról szóló fogalmunknak meg kell változnia. A tér-idő szimmetriának a speciális relativitás elmélet által követelt szigorú betartása a vákuumban szerinte lehetetlen.[28] Diracnál is lényeges probléma az aszimmetria megragadása.

Kétségtelen, hogy a szigorúan szimmetrikus elméleteknek továbbra is megvan a nagy jelentőségük. Az eddig kifejtettek szerint, elsősorban olyan kölcsönhatásfajtára vonatkoznak, amely megteremti a kölcsönható részecskék stabil rendszerét, ahol nincs kiemelkedő reakció és irány. Mégis, a további kutatásnak nagy figyelmet kell szentelnie az ilyen rendszerek megváltozásának. A megváltozás elvezet a szimmetria megszegéséhez, ami bizonyára maga

[24] C. F. v. Weizsäcker: Die Einheit der Physik. Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit. Braunschweig 1961. 42. o.

[25] Uo. 43. o.

[26] Die Naturwissenschaften 1963/1. sz. 4. o.

[27] Vö: H. Hörz: Id. cikk.

[28] P. A. M. Dirac: A fizikusok nézeteinek fejlődése a természetképről. Voproszi Filoszofii 1963/12. sz. 91. o.

is törvényszerűen következik be. De még kevés figyelmet szentelnek ennek a harmadik kutatási iránynak, amely a szimmetria és az aszimmetria viszonyát vizsgálja. Bizonyára lehetséges lenne valamit elérni ebben az irányban, ha a szimmetria és az aszimmetria létezését a valóságos folyamat két oldalának fognánk fel, és megkísérelnénk az aszimmetrikus viselkedés törvényeinek megfogalmazását, pl. a megmaradási tételek megsértési törvényeinek a megfogalmazását.

De ezt a problémát még nyilvánvalóan kevéssé vitatták meg. Tehát itt újból a természet dialektikájába való új bepillantások küszöbén állunk. Amíg a Planck-féle hatáskvantum bevezetése, a Bohr-féle atommodell és a kvantummechanika segített a mikroobjektumok területén a kontinuitás és diszkontinuitás egységének megragadásánál a részecskék számának és fajtájának megmaradása mellett, addig az egymásba alakuló elemi részecskék vizsgálata mindig újból a szimmetria és az aszimmetria problémájához vezet. Talán ezért is lehetne ténylegesen keresztülvinni, hogy az aszimmetriát állítsák a kutatás középpontjába, hogy új anyagot gyűjtsenek, törvényeket fogalmazzanak abból a célból, hogy jobban megértsék a szimmetria és aszimmetria egységét. Minden rendszer megsérti az abszolút szimmetriát, de létezik egy közelítő szimmetria. A szimmetria idealizáció. Az objektumok szimmetrikus viselkedése elméletileg idealizált viselkedés. A kérdés a következő: Elégséges-e ez az idealizálás a fizikai objektumok struktúrájának megértéséhez? Bizonyos területeken bizonyára. De más feltételek, különösen a gyenge kölcsönhatás vizsgálata mindig új bizonyításokat hoz a szimmetria és az aszimmetria valóságos egysége számára.

Természetesen döntést itt is csak a kutatás további eredményei hozhatnak, ezek pedig bizonyára még váratlan eredményt fognak számunkra nyújtani.

*

Bizonyára létezik még a filozófiailag releváns problémáknak egész sora, amelyet az elemi részecske elmélet fejlődése felvet. Ilyenek elsősorban a téridő problematika és az elemi hosszúság bevezetése az ezzel összefüggő nemlokális elméletekkel.

Cikkünkkel vitára szerettünk volna bocsátani néhány problémát, amelyek még szintén további kidolgozásra várnak. A különböző fizikuscsoportok termékeny vitájához hasonlóan nekünk is szükségünk van véleményeink cseréjére bizonyos fizikai kísérletekkel összefüggő filozófiai hipotéziseket illetően olyan fontos problémákról, mint a szimmetria és a kölcsönhatás, a rész és az egész stb. viszonya. Csak vita által tudjuk jobban felvetni az elemi részecske elmélet filozófiai problémáit. De a problémák felvetése alkotja megoldásuk alapját. Ahogyan a további kísérleti fizikai kutatás új problémákat fog felvetni az elméleti fizika számára, úgy bizonyára új problémákat fog felvetni a filozófiai kutatás számára is. Nincs arra lehetőség, hogy a filozófiai elméletből kiindulva a priori helyesnek vagy hamisnak fogadjunk el bizonyos hipotéziseket. Itt is a fizikai kísérlet dönt olyan filozófiai hipotézisekkel kapcsolatban, amelyek az anyag struktúrájára vonatkoznak.

НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Герберт Герц

Автор исходит из того, что несмотря на то, — или именно вследствие того, — что теория элементарных частиц в наши дни вовсе не закрыта, и наоборот — преобразуется, изменяется изо дня в день, в ней содержатся уже и в настоящей стадии развития существенные философские аспекты. Наиболее важные из них — соотношение теории и эксперимента, проблема элементарности частиц, соотношение симметрии и взаимодействия.

В соотношении теории и эксперимента автор выделяет диссонантные с гносеологической точки зрения моменты как побуждающие в первую очередь к дальнейшему познанию. Гипотезы и модели играют роль конкретного связующего звена между теорией и экспериментом. Этот общий вывод автор обосновывает путем анализа попыток, направленных на создание теории единых элементарных частиц.

Во второй части работы автор на основе анализа взаимодействий и свойств элементарных частиц, а также попыток их систематизации приходит к заключению, согласно которому, классическая альтернатива «бесконечной делимости или конечных частиц» ложна, поскольку элементарный или сложный характер частиц зависит и от того конкретного взаимодействия, в котором они принимают участие. Автор в общей форме выска зывает также мысль о том, что индивидуальность частиц относительна, поскольку их свойства проявляются только во взаимодействиях, осуществляющихся в конкретной системе, так что свойства эти не могут исследоваться независимо от системы.

В заключительной части работы автор занимается вопросом соотношения симметрии и взаимодействия. В качестве конкретного примера им рассматривается соотношение симметрий и типов взаимодействия элементарных частиц. По мнению автора, в философском отношении наиболее ощутимо единство симметрии и асимметрии, хотя на данной ступени развития проблемы в одинаковой мере возможно осмысление этого единства и как такого, в котором центральную роль играет симметрия, и как такого, в котором центральная роль принадлежит асимметрии. Ответить на этот вопрос, естественно, должна физика; однако для этого необходимо более интенсивное развитие исследования асимметрии, поскольку современная физика элементарных частиц односторонне подчеркивает значение симметрий.

PHILOSOPHICAL PROBLEMS OF THE THEORY OF ELEMENTARY PARTICLES

by H. Hörz

The author's starting point is that the theory is still not finally settled but is changed and modified daily. Precisely for this reason it conceals essential philosophical aspects even at its present stage of development. Among these the most important are the relation of theory and experimentation, the problem of the elementary nature of the particles and the relation of symmetry and interaction.

The author selects certain moments in the relation of theory and experimentation which seem to contradict the theory of knowledge but which at the same time inspire further investigation. The hypotheses and models form the concrete tie between theory and experimentation. This general conclusion is proved by the author in an analysis of the attempt to establish a uniform theory of elementary particles.

In the second half of the study the author, after analyzing the interaction between elementary particles, their properties and the experiments attempting to systematize them, reaches the conclusion that the alternative of the classical "infinite divisibility" or final particles is false because the elementary or complex character of the particles depends also on the concrete interpenetration in which they participate. In general the author states that the individuality of the particles is relative because their properties become manifest only in their interactions taking place within the concrete system.Thus their properties cannot be examined apart from the system.

In the final part of the study the author treats the relation between symmetry and interaction. As a concrete example he examines the relation between the symmetries and the interaction types of elementary particles. According to him the unity of symmetry and asymmetry seems most evident for the philosopher although at the present stage it seems equally possible — in his view — to have an interpretation based on both symmetry and asymmetry. It is up to physics to provide a solution but, since physics one-sidedly emphasizes the significance of symmetry today, it requires more intense research on asymmetry.