

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

D. D. Ivaněnko

O jednotném fyzikálním obrazu světla, o nevyčerpatelnosti hmoty a o některých problémech teorie elementárních částic

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 4 (1959), No. 6, 709--723

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138388>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1959

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## DISKUSE

### O JEDNOTNÉM FYSIKÁLNÍM OBRAZU SVĚTA, O NEVYČERPATELNOSTI HMOTY A O NĚKTERÝCH PROBLÉMECH TEORIE ELEMENTÁRNÍCH ČÁSTIC<sup>1)</sup>

D. D. IVANĚNKO

*K padesátému výročí vydání Leninova díla „Materialismus a empiriokriticismus“.*

Padesáté výročí Leninova díla „Materialismus a empiriokriticismus“ je významným datem v dějinách filosofie fyziky. Leninova analýsa událostí v přírodovědě, která prošla začátkem 20. století revolucí, měla velký vliv na vývoj vědy v SSSR i za jeho hranicemi. Jubileum vydání Leninova díla je vhodným datem k novému rozboru a nové formulaci mnoha otázek.

Především by bylo poučné zabývat se znovu z hlediska dalšího vývoje fyziky fyzikálními problémy, jimiž se zabýval V. I. Lenin, zejména pak vysvětlit, proč se Lenin zabýval právě těmi a nikoli jinými otázkami a proč věnoval pozornost těm a nikoli jiným autorům.

Bylo by dále zajímavé proйт vývojem fyziky za uplynulé půlstoletí a v duchu metodologických pokynů Leninových rozebrat všechny její fundamentální problémy až do dnešních dnů. V tomto článku se můžeme těchto otázek jen dotknout; pokud jde o filosofický rozbor kvantové teorie a teorie relativity, odkazujeme čtenáře na obsáhlou literaturu této tematické věnovanou. Soustředíme pozornost na nejnovější etapu fyziky, spjatou se studiem elementárních částic na podkladě relativistické kvantové teorie. Pokusíme se vyhmátnout tendenci dalšího jejího vývoje a pojednat, byť zatím předběžně, o některých filosoficky významných základních problémech.

Nejposlednější fyzikální problémy nebyly dosud v literatuře v dostatečné míře podrobeny metodologickému rozboru, jednak proto, že fyzikální výzkumy v příslušných oborech nedošly dosud ke konečným výsledkům, jednak pro nesprávný názor, že filosoficky vykládat lze jen ty problémy, které z přírodovědecké stránky jsou plně vysvětleny. Ve skutečnosti je žádoucí filosofický výklad, třeba jen předběžný, všech nejdůležitějších základních problémů.

V této souvislosti nesmíme zapomínat na Leninových pokynů z jeho pojednání „O významu bojovného materialismu“<sup>2)</sup> „Je třeba si uvědomit, že právě z proměnlivé změny, kterou prochází současná přírodověda, se nepochybně rodí reakční filosofické školy a školičky, směry a směřičky. Je proto studium otázek, jež vyzvedává

<sup>1)</sup> Д. Д. Иваненко, *О единой физической картине мира, неисчерпаемости материи и некоторых проблемах теории элементарных частиц*, Вопросы философии, č. 6, 1959.

<sup>2)</sup> В. И. Ленин, *Sebrané spisy* (rusky), sv. 33, str. 206–207.

*nejnovější revoluce v oblasti přírodních věd a zapojení přírodovědců do práce ve filosofickém časopise úkol, bez jehož splnění nemůže být bojovný materialismus v žádném případě ani bojovným, ani materialismem.“*

## **Krise fyziky na rozhraní 19. a 20. století a relativistický elektromagnetický obraz světa**

Ke konci 19. století a začátkem 20. století začínalo být jasným, že nelze pochopit svět jen na podkladě klasické Newtonovy mechaniky. V tomto období se zrodila atomová fyzika, v níž je nutno přihlížet k podstatně novým, relativistickým a kvantovým zákonitostem. Ukázalo se přitom pravděpodobným, že mechanistický obraz světa bude nahrazen obrazem „elektromagnetickým“, spočívajícím v podstatě jen na relativistických, nikoli ještě na kvantových zákonitostech, a na představě látky, složené z kladně a záporně nabitých částic. Asi v polovině 19. století se prokázala existence elektromagnetického pole jako zvláštního druhu hmoty, který nemá klidovou „hmotu“<sup>3)</sup>. Tento objev byl výsledkem výzkumů Oerstedových, Ampèrových, Lencových a jiných vědců a zejména prací Faradayových a Maxwellových. J. C. Maxwell odvodil v 60. až 70. letech minulého století rovnice elektrodynamiky — později zpřesněné Hertzem a Lorentzem — které měly pro elektromagnetické pole takovou úlohu, jakou měly Newtonovy pohybové rovnice pro klasickou mechaniku<sup>4)</sup>.

Počínaje 17. stoletím si fyzikové zvykli pokládat klasickou mechaniku za jediný možný universální základ pro chápání skutečnosti. Je paradoxní, že i vědci, jejichž výzkumy vedly k pádu této koncepce — na příklad J. C. Maxwell — se pokládali sami za mechanisty. S pádem mechanismu na rozhraní 19. a 20. století došlo ke zlomu v celé klasické fyzice. Přechod k nové, kvantové a relativistické fyzice byl bolestný. Zákonitosti, jež vedly k nahrazení starého obrazu světa novým obrazem, nebyly ještě jasné. To umožnilo vznik idealistických a fideistických interpretací a vedlo ke krizi ve fyzice.

Za této situace, v období vyvrcholení vědeckých a metodologických bojů ve fyzice, vyšlo (v roce 1909) Leninovo dílo. V. I. Lenin v něm dokázal pozoruhodným způsobem vydlélat na podkladě filosofie dialektického materialismu přechodné stránky klasického a jakéhokoli jiného obrazu světa a ukázat zákonitosti, podle nichž se postupně přibližujeme poznání nevyčerpatelného bohatství ve vlastnostech hmoty.

V Leninově rozboru směny fyzikálních obrazů světa je do značné míry již obsaženo to, co se později nazvalo ve speciální fyzikální disciplíně „principem korespondence“. Podle tohoto principu žádná obecnější teorie nelikviduje teorie předcházející, které jsou její zákonitou aproximací, pouze vymezuje hranice jejich platnosti. Klasická mechanika na příklad definitivně pozbyla

<sup>3)</sup> Označením „hmota“ (hmota v uvozovkách) rozuměj fyzikální pojem hmoty tíhové (nebo hmoty setrvačné). Označením hmota (hmota bez uvozovek) těsně předcházejícím, rozuměj hmotu jako filosofickou kategorii. (ve smyslu Leninovy definice). Naše fyzikální terminologie zná totiž pro tři vědecké pojmy — hmota ve smyslu filosofické kategorie (rusky *материя*, německy *Materie*), hmota ve smyslu fyzikálním (hmota tíhová, hmota setrvačná, rusky *масса*, německy *Masse*) a látka (rusky *вещество*, německy *Stoff*) jen dva termíny: hmota a látka.

Svého času byl učiněn pokus o řešení této terminologické otázky (viz SOVĚTSKÁ VĚDA — matematika, fyzika, astronomie, sv. III (1953)), prakticky zatím bezvýsledný. J. V.

<sup>4)</sup> Viz sborník statí В. П. Зубов, Б. Т. Кузнецов, П. С. Кудрявцев, Л. С. Полак, Д. Д. Иваненко, *Очерки развития основных физических идей*, Izd. AN SSSR, Moskva 1959; viz také článek Karel Kuchař, *James Clerk Maxwell a pojem pole v klasické fyzice*, v tomto časopise, roč. IV (1959), č. 4.

možnost aspirovat na universálnost, zároveň se však jednou provždy potvrdila jako teorie, odrážející pravdivě skutečné děje v oblasti rychlostí malých ve srovnání s rychlostí světla, to jest v oblasti tak zvaných rychlostí nerelativistických, a také děje, v nichž vystupují množství značně převyšující elementární účinkové Planckovo kvantum. Leninova analýza ukázala zároveň fundamentální prvky fyzikální vědy, které zůstávají v platnosti i v obdobích ostrých zlomů ve fyzikálních teoriích.

Nesmírné úspěchy, jichž dosáhla elektrodynamika, a objev elektronu (v roce 1897) jako součásti atomů jakékoli látky, vedly na počátku 20. století k pokusu vypracovat čistě elektromagnetický obraz světa.

Pokusy vysvětlit strukturu látky se opíraly o nabitě částice (tehdy ještě jen elektrony a jakési kladně nabitě částice) a o pole. Výklad pohybových zákonů těchto částic a jejich vzájemných interakcí spočíval na teorii relativity. Teorie relativity vznikla na podkladě elektrodynamiky, v souvislosti s řešením otázky, je-li možné zjistit přímočarý rovnoměrný pohyb. Teorie relativity je zobecněním Newtonovy mechaniky pro rychlosti srovnatelné s rychlostí světla; vedla k zjištění souvislosti prostoru a času, sjednotila elektrické a magnetické pole, stanovila vztah mezi energií a hmotou a závislost hmoty tělesa na jeho rychlosti. Vztah mezi energií a hmotou je dán známou formulí  $E = mc^2$ , závislost hmoty na rychlosti rovnicí  $m = m_0(1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ .  $E$  zde znamená energii,  $m$  hmotu,  $m_0$  klidovou hmotu,  $v$  rychlost tělesa a  $c$  rychlost světla. Ukázalo se, že tyto zákony platí nejen pro elektron a jiné nabitě částice, ale také pro částice neutrální, na příklad pro neutron, a pro všechna tělesa vůbec.

V praxi se závěry teorie relativity potvrdily zejména ve fyzice atomového jádra a elementárních částic a v teorii urychlovačů elementárních částic. Teorie relativity byla připravena pracemi Hertzovými, Langevinovými a zejména Lorentzovými; vypracována byla Poincaréem (1905–1906) a Einsteinem (1905), v jistém smyslu pak dovršena pracemi Minkowskiho (1908).

V pracích J. J. Thompsona, Lorentze, Abrahama, Poincarého a Langevina byla vyslovena myšlenka, že elektron má vlastní energii a tedy také hmotu, podmíněné jeho elektromagnetickým polem. Byla dále vyslovena naděje, že pomocí tohoto pole se otázka hmoty elektronu úplně vysvětlí. Tyto zajímavé problémy byly a jsou dodnes v těžišti vědeckého zájmu, otázka hmoty elektronu ani jiných elementárních částic nebyla však dosud s konečnou platností zodpovězena, i když je jasné, že vlastní energie částic je nepochybně podmíněna elektromagnetickým polem (tak se na příklad dnes vysvětluje rozdílnost hmot neutronu a protonu nebo nabitých hyperonů sigma a mesonů pí). Pro bodovou částici vychází nekonečně velká energie; uspokojivou teorii nebodového elektronu, majícího konečný poloměr, se dosud nepodařilo vypracovat. Odtud vznikla myšlenka (G. Mie, 1912, D. Boom a L. Infeld, 1934), že je nutno přejít k zobecněným nelineárním rovnicím elektrodynamiky, a to tak, že lineární Maxwellovy rovnice se doplní členy, které popisují názorně řečeno interakci pole se samým sebou. Nelineární klasická elektrodynamika vede ke konečné vlastní energii i u bodového náboje, avšak v kvantové teorii se dostává nekonečná energie v lineárním i v nelineárním případě. Obtíže tedy zůstávají.<sup>5)</sup>

<sup>5)</sup> Viz také články: *K teorii rozptylu protonů na protonech při velkých energiích*, v tomto časopise II (1957), č. 2; L. I. Lapidus, E. O. Okonov, *Nejnovější výzkumy fyziky elementárních částic*, v tomto časopise, III (1958), č. 4; *Současný stav teorie elementárních částic*, v tomto časopise, II (1957), č. 3.

Pokus sestavit universální elektromagnetický obraz fyzikálních jevů, k němuž došlo na počátku 20. století, byl nepochybně významným krokem vpřed od klasického mechanismu. Elektromagnetický obraz světa dal popud ke studiu úlohy elektromagnetických sil v atomech, molekulách, v chemických vazbách.

Leninova kniha *Materialismus a empiriokriticismus* byla napsána v období, kdy se právě kladly základy speciální teorie relativity, v roce, kdy Minkowski (21. 9. 1908) měl svou přednášku o sjednocení prostoru a času v prostorčas. Lenin často analyzuje rozvoj elektromagnetického, v podstatě relativistického obrazu světa. Zmiňuje se o tak důležitých charakteristikách tohoto obrazu, jakými jsou na příklad závislost hmoty na rychlosti a myšlenka hmoty elektronu, podmíněné jeho elektromagnetickým polem. Lenin cituje nejen tvůrce elektrodynamiky — Faradaye, Maxwella, Hertze, Lorentze, J. J. Thompsona, Langevina, Poincaréa, ale také takové vědce, jakými jsou A. Righi, M. A. Cornu, O. Lodge, i když přímých odkazů na teorii relativity, tehdy právě budovanou v pracích Lorentze, Poincaréa, Einsteina a Minkowskiho u Lenina není.

Lenin objektivně vyzvedává pokrokovost elektromagnetického obrazu světa ve srovnání s obrazem mechanistickým, vidí však dále, vidí, že bude nahrazen přesnější a hlubší teorií, poukazuje na to, že budou nutně objeveny nové vlastnosti a nové stavební kameny hmoty, jež teorie elektronu nebude moci obsáhnout. Správnost Leninova pohledu, jeho předvídatost, že elektromagnetický obraz světa není uspokojivý, byly skvělým způsobem potvrzeny, když se objasnila fundamentální úloha kvantových zákonitostí v atomárním světě, když byly objeveny nové vlastnosti elektronu (spin, magnetický moment, leptonový náboj, schopnost přeměny dvojice elektron-positron v elektromagnetické pole) a zejména pak nové elementární částice, také neutrální, a když bylo zjištěno, že gravitaci nelze převést na elektromagnetismus.

### Teorie gravitace a unitární geometrisovaná teorie pole

Pohovoříme nyní stručně o vývoji základních fyzikálních představ za poslední půlstoletí. Začneme prostorčasem a gravitací.

Mnohaletá bádání A. Einsteina (1907—1916) ukázala, že gravitace je přímo spjata s tak zvaným zakřivením prostoru, způsobeným přítomností hmoty v jakékoli formě (elektron, elektromagnetické pole, jiné elementární částice, planety, hvězdy atd.). Prostorčas tak ztratil ve fyzice svůj dosavadní charakter „nezávislosti“ na hmotě, ukázala se jejich souvislost. Přitom se ukázalo, že gravitační pole není popsáno jen Newtonovým gravitačním potenciálem, nýbrž veličinou složitější: symetrickým tensorem 2. řádu s 10 složkami<sup>6)</sup>. Táž veličina (tensor  $g_{\lambda\mu}$ ) charakterisuje metrické vlastnosti prostorčasu, zejména pak jeho zakřivení proti euklidovskému (přesněji pseudoeuklidovskému) prostoru. Pozoruhodné ideje N. I. Lobačevského, který předvídal možnost, že reálný prostor je zakřivený, neeuklidovský, se ukázaly správnými. Zobecněná teorie gravitace je částí Einsteinovy „obecné“ teorie relativity, obecné proto, že se tu zkoumá také přechod od dané vztažné soustavy k jiné, pohybující se vzhledem k ní libovolně (nikoli jen přímočaře rovnoměrně, jako je tomu ve speciální teorii relativity). V obecné teorii relativity mají velkou úlohu výsledky prací N. I. Lobačevského a J. Bolyaie

<sup>6)</sup> Značí se  $g_{\lambda\mu}$ ,  $\lambda$  a  $\mu$  probíhají hodnoty 1, 2, 3, 4; platí  $g_{\lambda\mu} = g_{\mu\lambda}$ .

o neeuclidovské geometrii a Riemannovy práce z  $n$ -dimensionální geometrie, zejména Riemannův pojem prostoru s proměnnou křivostí. S tím přímo souvisí, že se v obecné teorii relativity vydatně používá moderního geometrického kalkulu, tak zvané tensorové algebry a analýsy, vypracované italskými geometry Riccim a Lèvi-Civitou.

Obecná teorie relativity vedla k radikálním změnám v představách o gravitaci a o fyzikálním prostoru. Za naprosto bezesporné její výsledky můžeme však dosud pokládat jen tři předpovědi korektur údajů o jevech, zjištěných předtím na podkladě Newtonovy mechaniky. Příčina, proč Newtonova mechanika v takové míře popisuje pravdivě fyzikální skutečnost v makrokosmu, je v tom, že zakřivení prostoru je vcelku velmi nepatrné a že velké astronomické objekty se pohybují ve srovnání s rychlostí světla velmi pomalu. Zmíněné tři korektury jsou tyto:

Teorie relativity předpověděla především, že světlo, přicházející z hvězd, se v gravitačním poli velkých nebeských těles vychýlí z původní dráhy. Předpověď byla potvrzena v roce 1919, kdy se při pozorování zatmění Slunce zjistilo, že světelný paprsek, přicházející ze vzdálených hvězd, se v blízkosti Slunce odchýlil o  $1,75''$  od své původní dráhy. Jev byl potvrzen i při dalších slunečních zatměních a byl svého času po právu pokládán za senační potvrzení celé koncepce teorie relativity.

Teorie relativity vysvětlila dále tak zvané stáčení perihelia Merkura (o  $43''$  za století) a konečně předpověděla tak zvaný rudý posuv ve spektru velmi hmotných hvězd, což se rovněž potvrdilo. Dnes můžeme odůvodněně očekávat, že umělé družice a umělé planety povedou k novým faktům, které potvrdí správnost obecné teorie relativity.

Je třeba zdůraznit, že nejen vytvoření abstraktních neeuclidovských geometrií, ale zejména důkaz, že reálný fyzikální prostor je neeuclidovský, znamenal definitivní vyvrácení kantovských tvrzení a existenci neměnných syntetických soudů a priori.

V obecné teorii relativity byl vedle sepětí prostoru a gravitace v jednu teorii učiněn ještě jiný důležitý krok na cestě k jednotnému výkladu fyzikálních zákonitostí: z nelineární povahy rovnic gravitačního pole se podařilo odvodit rovnice pohybu těles v tomto poli. Tento program byl vytyčen Einsteinem a Grommerem v roce 1927, realizován Einsteinem, Hoffmannem a Infeldem v roce 1938 a o něco později, v roce 1939 v jiné variantě V. A. Fokem. Do té doby se na příklad uváděly v elektrodynamice lineární Maxwellovy rovnice, které popisují vznik pole nábojem, a rovnice pohybu náboje, k němuž dochází působením pole (tak zvané Lorentzovy síly) nebo kvantové zobecnění těchto rovnic nezávisle na sobě, i když samozřejmě ve vzájemném souhlase.

Einsteinova teorie gravitace předvídá také možnost šíření gravitačních vln rychlostí světla. Dodnes takové vlny sice nebyly objeveny, avšak otázka jejich existence, to jest existence vln přenášejících gravitační energii, je předmětem živé diskuse. Do menšiny odpůrců teorie takových vln patří na příklad L. Infeld a K. Möller (1958). Problém není, jak jsme již poznamenali, dosud vyřešen. Poněkud zde předběhneme a poznamenáme, že kvantová teorie přiřazuje elementárním gravitačním vlnám slabého pole kvanta — gravitony se spinem  $2(n/2\pi)$  (F. Pauli, 1935), analogicky tomu, jako se fotony přiřazují elementárním vlnám elektromagnetického pole. Tyto myšlenky umožňují odvodit Newtonův zákon z kvant gravitačního pole (gravitonů), přesně tak,

jako se Coulombův zákon odvozuje z kvant elektromagnetického pole. Na tomto podkladě lze předpovědět vzájemné přeměny gravitonů v elektrony, positrony nebo fotony (viz práci autorovu spolu s A. Sokolovem a A. Brodským).

Otázky gravitace začínají dnes být znovu předmětem zvláštní pozornosti vědců v souvislosti s rozvojem kvantové teorie gravitace a novými možnostmi, které ve zkoumání gravitace a kosmologických otázek dávají umělé družice a umělé planety. Sovětské a americké umělé družice a sovětské kosmické rakety jsou velkým krokem vpřed k „inženýrské“ astronomii a na cestě k ovládnutí kosmologických procesů. Spolehlivý důkaz existence gravitačních vln, šířících se konečnou rychlostí, a důkaz možnosti gravitačních transmutací tíhového pole ve fotony a dvojice elektron-positron, by přiblížil alespoň část gravitačního pole k obyčejným fyzikálním formám hmoty, oproti plné geometrisaci gravitačního pole, kterou — jak se zdá — provedla Einsteinova teorie.

Pomocí obecné teorie relativity bylo možno pokročit značně vpřed v otázkách kosmologických. Ukázalo se možným, že prostor se rozpíná nebo smršťuje (A. A. Fridman)<sup>7)</sup>. Je velmi pravděpodobné, že část vesmíru nám známá se rozpíná, jak to ukazují astronomická pozorování rudého posuvu ve spektrech metagalaktických mlhovin. Vzhledem k poměrně malé střední hustotě látky v prostoru je jeho geometrická struktura pravděpodobně hyperbolická, to jest je pravděpodobné, že v něm platí Lobačevského geometrie (hyperbolická geometrie), že je tedy nekonečný se zápornou křivostí<sup>8)</sup>.

Jestliže však mluvíme o pravděpodobnosti, že část vesmíru, kterou známe, se rozpíná, neznamená to v žádném případě, že by rozpínání „vesmíru jako celku“ začínalo snad „v bodě“. Při zhušťování hmotných objektů je nutno přihlížet k nukleárním přeměnám a zkoumat takové objekty v soulase s kvantovou teorií, což se v takových kosmologických schématech obvykle přehlíží. Pokusy o nezhaltané fideistické interpretace rozpínání vesmíru, který je nám známý, není třeba se zde zabývat.

Je však dnes velmi důležité připomenout, že nesmírné fundamentální úspěchy teorie relativity vedly přirozeně k pokusům sestojit jedinou geometrisovanou teorií fyzikálních jevů, a to spojením vlastností prostoročasu nejen s gravitací, ale i s elektromagnetickým a dokonce i s mesonovým polem. Riemannovy geometrie, která je charakterisována symetrickým metrickým tensorem, bylo využito pro interpretaci gravitace. Pro vypracovávání unitární teorie fyzikálních jevů bylo pak třeba sáhnout po dalších zobečeních: geometrii s nesy-metrickou metrikou, prostorů nejen zakřivených, ale majících také tak zvanou torzi<sup>9)</sup>, 5-ti rozměrného prostoru atd. První pokusy konal v r. 1918 H. Weyl, později pak Einstein, Cartan, Eddington, Schrödinger a jiní. Nedošlo se k žádným výsledkům, tím méně k tomu, že elementární částice jsou zhuště-nými pole nebo body pole. Je ostatně zřejmé, že nepřeborné bohatství vlast-ností hmoty, zejména pak kvantové vlastnosti elementárních částic nelze vtěsnat do Prokrustova lože geometrisované nekvantové teorie.

<sup>7)</sup> Viz na příklad články G. A. Kursanov, *Einsteinovy filosofické názory na povahu geometrických pojmů*, v tomto časopise, IV (1959), č. 5. *Pozn. překl.*

<sup>8)</sup> Ponecháváme v tomto článku stranou základní otázku entropie v takových kosmologických modelech.

<sup>9)</sup> Analogie druhé křivosti neboli torse u křivek v obyčejném trojrozměrném prostoru. *Pozn. překl.*

## Etapy vývoje interpretací nerelativistické kvantové mechaniky

Vraťme se o obecnému rozvoji fyziky, spjatém se zkoumáním stavby hmoty, kvantových a relativistických pohybových zákonů, bez zřetele na gravitaci, která nemá, jak známo, v mikrokosmických dějích prakticky žádnou úlohu. Důsledná kvantová mechanika byla vybudována v letech 1924–1926. Její nejnázornější interpretací byly tak zvané pravděpodobnostní vlny, jejichž šíření určuje chování částice (L. de Broglie, Schrödinger, Heisenberg, Born, Dirac). Kvantová teorie je specifickou syntésou protikladných korpuskulárních a vlnových vlastností nejen elektronu a jiných částic, které mají klidovou hmotu, ale i elektromagnetického pole a jemu odpovídajících částic — fotonů a neutrina, které nemají klidovou hmotu. Klasické představy o souřadnici, rychlosti, trajektorii ztrácejí svůj jednoduchý mechanický smysl a v kvantové teorii se značně zpřesňují a zobecňují. Zvláště dobře ilustruje tuto skutečnost známá Heisenbergova relace neurčitosti (1927), podle níž neurčitost souřadnice částice je nepřímo úměrná neurčitosti jejího impulsu<sup>10</sup>). Tato relace ukazuje, že není možné určit současně přesnou souřadnici a přesný impuls částice. Kvantová mechanika byla do značné míry dovršena relativistickou kvantovou rovnicí pro elektron (Dirac, 1928) a vybudováním základů kvantové elektrodynamiky (Dirac, Jordan, Pauli, Heisenberg, 1927 až 1931).

Většina fyziků se přiklání k statistické interpretaci vlnové funkce, která popisuje chování elektronu a jiných částic. Tato interpretace byla vypracována M. Bornem a je do jisté míry „oficiální“; podává se v učebnicích a v universitních kurzech. Jsou však různé varianty této interpretace: dialektická materialistická, subjektivně idealistická, pozitivistická. V této souvislosti je zajímavé si všimnout názorů, které v poslední době projevují zakladatelé kvantové mechaniky, Heisenberg, Bohr a de Broglie.

W. Heisenberg podal nedávno ve svém projevu na kongresu, uspořádaném k Planckovu výročí (1958), přehled dějin fyziky, přičemž hledal různé souvislosti kvantové teorie s různými filosofickými školami. Z jedné strany přitom zřetelně proklamoval ústup od pozitivismu a machismu, ukazuje, že kvantová teorie v žádném případě neuvažuje smyslové počítky jako primární, základní dané pojmy. Z druhé strany však rozvinul řadu kantovských idejí v interpretaci kvantové mechaniky. Leninovskou terminologií lze říci, že Heisenberg prochází gnoseologickým vývojem — dochází ke kantovství „zprava“ od humeismu a pozitivismu. Heisenberg tvrdil, že klasická fyzika má úlohu apriorních soudů, že přes hranol těchto soudů poznáváme skutečnost mikrokosmu. Zdůrazňování úlohy makroskopických přístrojů jako vždy nezbytných pro měření i mikrokosmických dějů bylo vždy charakteristické pro „kodaňskou“ školu, pod kterýmžto termínem se rozumí soubor názorů N. Bohra a W. Heisenberga na interpretaci kvantové teorie v 20. až 30. letech. Heisenberg zastává, zejména v poslední době, svérázné kantovské myšlenky o interpretaci skutečnosti. U jiných autorů vede zveličování úlohy makroskopických přístrojů ve zkoumání mikrokosmu přímo k „přístrojovému“ idealismu. Je příznačné, že se Heisenberg ve své historické exkursi zcela vyhnul vzájemným vztahům mezi kvantovou teorií a dialektickým materialismem<sup>11</sup>).

<sup>10</sup>)  $\Delta p \cdot \Delta q \approx h$ ,  $h$  je tak zvaná Planckova konstanta,  $h = 6,5 \cdot 10^{-27}$  ergsec.

<sup>11</sup>) Viz Voprosy filosofii, č. 11, 1958.



N. Bohr ve srovnání s Heisenbergem se jak obvykle vyhýbá přímým výrokům o souvislosti interpretace kvantové teorie s tím nebo oním filosofickým směrem. Není proto divu, že různí autoři nacházejí u Bohra jak pozitivistické myšlenky tak i výroky, přijatelné pro materialisty (mínění V. A. Foka). Ve svém posledním článku, uveřejněném ve sborníku vydaném na Planckovu počest (1959), zdůrazňuje N. Bohr, jako i dříve, že vzájemné působení mezi objektem a měřicí aparaturou je v kvantové fyzice neoddělitelnou součástí jevu samého a že fundamentální úlohu má pojem „komplementarity“ (na příklad aplikace zákona zachování impulsu a energie v atomárních dějích vede k tomu, že je nemožné částici v prostoru a času přesně popsat). Bohr zároveň, pravda, celkem nenápadně a jakoby mimochodem poznamenává, že „výroky typu „zkreslení jevu pozorováním“ nebo „připisovat atomárním objektům fyzikální kvality měřením“ sotva budou v souhlase s běžným fyzikálním jazykem a s praktickými definicemi“. Tak je možno i u N. Bohra konstatovat náznak vývoje směrem od „přístrojového“ idealismu<sup>12)</sup>.

V tomtéž článku zdůrazňuje N. Bohr nejednou úlohu „běžného jazyka“, jímž se sdělují informace o výsledcích pozorování, a jímž se popisují přístroje. Bohr se vyslovuje proti používání vícehodnotové logiky, jejímiž tvůrci jsou Weiszäcker a jiní.

Poslední články W. Heisenberga a N. Bohra vyvolají nepochybně nové filosofické diskuse. Ve vývoji obou autorů je podle našeho názoru symptomatický odstup od tak zvané ortodoxní kodaňské interpretace kvantové mechaniky. Tento odstup je pravděpodobně spojen do jisté míry s ostrou kritikou idealistických stránek kodaňské interpretace, kterou provedli ve svých pracích zejména sovětsští vědci (J. P. Těrleckij, D. I. Blochincev a jiní) a vědci francouzští (L. de Broglie, J. P. Vigier a jiní). Je známo, že Einstein, Laue, Schrödinger a řada dalších vynikajících fyziků se sami také vyslovovali jak proti kodaňské interpretaci kvantové teorie, tak také zejména proti jejímu statistickému výkladu, aniž však přišli ze své strany s jinou důslednou interpretací.

Pozoruhodný je vývoj názorů L. de Broglieho. L. de Broglie se dostává od své původní koncepce vlny-pilota, „vedoucí částice“, přes dlouhotrvající uznávání „oficiální“ kodaňské interpretace kvantové teorie až k pokusům o interpretaci kauzální. Není nutno souhlasit s mnoha krajními pokusy o „dekvantisaci“ atomové fyziky, které nacházíme v pracích francouzských vědců a které v mnoha bodech se snaží vystačit s prostředky klasické fyziky, není ani podle našeho názoru potřeba vzdávat se vyzkoušené, v podstatě statistické interpretace kvantové teorie. Z druhé strany však je třeba věnovat pozornost vážné kritice některých, v podstatě idealistických aspektů kodaňské interpretace, kterou provedli de Broglie, J. P. Vigier a jiní, a také řada sovětských autorů<sup>13)</sup>.

Nečekáme úspěch ani od tak zvané teorie skrytých parametrů (D. Boom), která dosud nepřinesla žádných výsledků.

D. Boom a také A. A. Sokolov vypracovali hypotesu, že kvantový charakter pohybu je podmíněn nějak fluktuacemi „vakua“ fotonů a jiných částic. Z této hypotesy není však jasno, jak vysvětlit „kvantový“ charakter vakuového pole samého. Neosvědčila se ani koncepce „souborů“ (*ansambl*), podle níž jsou statistické vlastnosti spjaty se statistickými celky (*sovokupnost*)

<sup>12)</sup> Viz Нильс Бор, *Квантовая физика и философия*, Успехи физических наук, sv. LXVII, č. 1, 1959.

<sup>13)</sup> Viz Луи де Бройль и Ж. П. Вижье, *Voprosy filosofii*, č. 6, 1956.

a nikoli s individuální částicí. Nedávné pokusy L. Jánossyho s difrakcí světla extrémně malé intensity rovněž ukázaly (podle vlastního přiznání autorova proti jeho očekávání), v soulase s kvantovou teorií, že statistické vlastnosti jsou spjaty s individuálními fotony.

Zatím šlo o přírodovědeckou a filosofickou diskusi v oblasti nerelativistické kvantové teorie. V relativistické kvantové fyzice elementárních částic vznikají nové problémy při metodologickém rozboru obtíží dnešní teorie, problém struktury elementárních částic, problém kvantové teorie gravitace a jiné. V tomto směru přišli L. de Broglie a jeho spolupracovníci s řadou zajímavých myšlenek, na příklad s myšlenkou vzít pro popis hmoty za základ nelineární rovnice. Tato myšlenka, lhostejno jak vznikla, je podle našeho názoru v souladu s nejpravděpodobnějšími tendencemi v pokusech o vytvoření současného jednotného fyzikálního obrazu světa. Nemůžeme proto zcela souhlasit s V. A. Fokem, který nevidí v pracích zmíněných francouzských teoretiků žádné rozumné jádro (viz vystoupení V. A. Foka na konferenci o filosofických problémech přírodovědy<sup>14</sup>). K věci se ještě vrátíme.

### Některé základní problémy fyziky elementárních částic a perspektivy pro vypracování jednotného fyzikálního obrazu světa

Chceme-li se zabývat dnešním fyzikálním obrazem světa, musíme se zabývat, jak ukazuje výše podaný přehled, za prvé představami o stavbě hmoty, za druhé zákony jejího pohybu a jejích interakcí, za třetí pojetím prostoročasu a vesmíru. I když všechny problémy těchto tří kategorií v mnoha směrech spolu těsně souvisí, není dnes ještě fyzikálního obrazu světa, který by je sjednotil (při vši podmíněnosti významu tohoto pojmu). Je stále mnoho teoretických obtíží a chybí mnoho podstatných souvislostí mezi jednotlivými otázkami.

Specifickou úlohu pro pochopení stavby hmoty měla skutečnost, že fyzika pronikla do atomového jádra. Za leta 1932—1942, která jsou charakteristická soustředěným bádáním, se objasnila struktura jádra, složeného z nukleonů (protonů a neutronů), byly objeveny základní zákonitosti, platné pro nukleární síly a pro pohyb nukleonů v jádrech (W. Heisenberg, I. J. Tamm, D. Ivaněnko, H. Yukawa, A. Sokolov a jiní). Objev umělé radioaktivity, učiněný manžely Joliot-Curieovými (1934) umožnil vytvořit stovky nových isotopů, objev štěpení uranu, který učinil Hahn (1938—1939) umožnil nakonec realizovat řetězovou nukleární reakci a postavit první atomový reaktor (E. Fermi, 1942). Fundamentálně důležitým se ukázal výzkum nukleárního rozpadu beta, při němž se emituje elektron (nebo positron), důležitou úlohu měla dále Pauliho předpověď existence neutrina a antineutrina. Výsledky bádání v nukleární fyzice umožnily technické využití nukleárních reaktorů jako energetických zdrojů v SSSR, USA, později v Anglii a ve Francii. Dnes, po realizaci termionukleární reakce ve vodíkových pumách, je před nukleárními fyziky úkol pro všechnu civilizaci mimořádně důležitý — uskutečnit syntesu lehkých jader kontrolovanou reakcí.

Sovětská vědci a s nimi všichni lidé dobré vůle bojují dnes za ovládnutí nukleární energie pro mírové účely. Leninovo geniální dílo *Materialismus a empiriokriticismus*, prodchnuté myšlenkou neomezeného poznávání přírody v zájmu štěstí lidstva, je v tomto boji velkým inspirátorem.

<sup>14</sup>) O této konferenci viz na příklad: „Voprosy filosofii“, č. 2, 1959. *Pozn. překl.*

Nejnovější etapa fyziky, spojená s objevem mnoha elementárních částic a se zpřesněním představ o jejich interakcích, datuje se asi od roku 1947, kdy byl objeven nabitý meson pí a první hyperon (neutrální částice lambda, těžší než nukleon).

Vydeme-li ze všech posledních fyzikálních objevů, můžeme představy o stavbě hmoty podat v nejstručnější formě takto:

*Celá část vesmíru, kterou známe (za celou dobu jejího zkoumání) sestává z elementárních částic, schopných vzájemně se v sebe přeměňovat a vytvářet systémy jader, atomů, molekul, makroskopických těles a astronomických objektů. Pohybové zákony a zákony interakcí jsou určovány vlastnostmi částic (hmota, spin, parita, isotopický spin atd.) a prostoročasem, v soulase s relativistickou kvantovou teorií.*

Jádem rozumíme soustavu „baryonů“ (těžkých částic), to jest nukleonů (protonů a neutronů) a hyperonů, vázaných nukleárními silami (mesonovými silami, silami krátkodobého účinku).

Atomem rozumíme soustavu, složenou z jader, kolem nichž obíhají leptony (lehké částice), to jest elektrony (u obyčejných atomů) nebo mesony mí (u tak zvaných mesoatomů). Leptony jsou vázány elektrickými silami.

Existují soustavy podobné atomům, sestávající z elementárních částic, které jsou vázány rovněž elektrickými silami (silami „dálkového“ účinku), které však nemají jádra. Sem patří positronium (elektron a positron), mesonium (meson a elektron) a jiné. Tyto soustavy mají, podobně jako atomy, chemické vlastnosti.

Moderní vývoj pojmu atomového jádra je skvělým příkladem leninské „nevyčerpatelnosti“ atomu.

Všechny známé částice se snažíme roztřídit do kategorií podle různých znaků. Začínáme s nejllehčími částicemi.

Setkáváme se především s elektromagnetickým polem a jemu příslušejícími částicemi — fotony, které nemají klidovou hmotu. Důležitou charakteristikou těchto částic je jejich vnitřní moment hybnosti (spin), rovný „jednotce“ ( $S = 1 \hbar/2\pi$ ). Chování fotonů, nebo, klasicky vzato, chování elektromagnetického pole popisují Maxwellovy rovnice. Zvláštní místo má, jak se ukázalo, gravitační pole a jeho kvanta — gravitony, přímo spjaté s prostoročasem.

Další skupinou částic jsou leptony (lehké částice), k nimž patří elektron (znak  $e^-$ ), neutrino (znak  $\nu$ ), které nemá klidovou hmotu<sup>15</sup>) a lehký meson mí (znak  $\mu^-$ ) s hmotou  $206m$ <sup>16</sup>). K téže skupině počítáme dále antičástice: anti-neutrino (znak  $\bar{\nu}$ ), positron (znak  $e^+$ ), kladně nabitý meson mí (znak  $\mu^+$ ). Existenci positronu předpověděl na podkladě teoretických, relativisticko-kvantových úvah Dirac v roce 1929. Experimentálně byl zjištěn v letech 1932—1933 Andersonem a jinými fyziky. V dalších bádáních byla zjištěna možnost přeměny částic a antičástic v pole nebo v jiné částice. Všechny tyto objevy představují jednu z nejvýznamnějších etap ve vývoji dnešního pojetí struktury hmoty. Je velmi podstatné, že všechny elementární částice jsou schopny vzájemně se v sebe přeměňovat, buď srážkami nebo samovolně,

<sup>15</sup>) Viz na příklad článku *Neutrino a antineutrino a Neutrino*, v tomto časopise, I (1956), č. 4 a III (1958), č. 4, *Pozn. překl.*

<sup>16</sup>) Písmenem  $m$  označujeme hmotu elektronu. V dalším budeme všechny hmoty elementárních částic vyjadřovat v této jednotce.

příčemž vznikají znovu elementární částice a nikoli nějaké „části“ elementárních částic. Elementární částice mají tak dnes úlohu „nedělitelných atomů“ hmoty proti atomům chemických prvků, které sestávají z jádra, kolem něhož obíhají elektrony; jádro samo pak je složeno dále z nukleonů. Všechny leptony mají spin  $S = 1/2$  (v jednotkách  $\hbar/2\pi$ ) a jejich chování popisuje specifická spinorová funkce, zavedená v roce 1928 Diracem.

Dále je skupina elementárních částic, která obsahuje tři mesony, meson  $\pi^+$ , meson  $\pi^-$  a meson  $\pi^0$ . Jejich hmoty jsou 264–274 $m$ . Tyto částice mají důležitou úlohu v přírodě; jimi se totiž realizuje pole nukleárních sil, které vážou protony a neutrony. Do skupiny „těžkých“ mesonů patří nabitě a neutrální částice (1942–1957)  $K^+$ ,  $K^0$ ,  $K^-$ ,  $K^{0-}$  s hmotou 966 $m$ . Mesony  $K$  i mesony  $\pi$  mají nulový spin. Popisuje je zvláštní pseudoskalární vlnová funkce (Klein, Gordon).

Těžké částice (baryony) dělíme na dvě skupiny:

1) Nukleony: proton (1911), antiproton (1955)<sup>17)</sup>, neutron (1932), antineutron (1957). Částice této skupiny jsou podle nejnovějších představ charakterisovány „isotopickým spinem“  $I = 1/2$ .

2) Hyperony ( $Y$ ): hyperon  $\Lambda$  o hmotě 2182  $m$ , tři hyperony sigma,  $\Sigma^+$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Sigma^-$  s hmotami 2327–2341  $m$  a kaskádová částice  $\Xi^-$  s hmotou 2586  $m$ . Spin hyperonů a specifická jejich vlastnost, tak zvaná vnitřní parita, která charakterisuje jejich chování při zrcadlení, to jest při přechodu od „pravotočivé“ k „levotočivé“ souřadnicové soustavě<sup>18)</sup>, určují typ vlnových funkcí, pohybové zákony a statistické vlastnosti těchto částic. Kromě toho mají částice náboj, nebo vazebné konstanty, které určují intenzitu jejich vzájemného působení, elektrický náboj  $e$ , určující „střední“ vazbu s elektromagnetickým polem, mesonové náboje nukleonů, určující vazbu polem mesonů  $\pi$  a charakterisující „silné“ vzájemné působení, projevující se nukleárními silami, velmi malá Fermiho konstanta  $g_F$ , určující intenzitu rozpadu beta a jiných tak zvaných slabých interakcí. Úlohu gravitačního náboje má hmota a gravitační konstanta.

Značně se zpřesnily naše představy o interakcích elementárních částic s poli, která je obklopují, na příklad elektronu s fotonovým polem a s polem dvojice elektron-positron. Podle dnešních názorů neznámá nulový stav pole, to jest „vakuum“ (v němž není reálných fotonů), že není fluktuací, které, názorně vzato, stále srážejí elektron z rovnovážné polohy a které tak vedou (zároveň s působením fluktuací pole dvojice elektron-positron) k Lambovu zvýšení energetických hladin a k „vakuové“ korekci magnetického momentu elektronu a mesonu  $\pi$ .

Uvedme konečně, že proton a neutron mají zcela určité rozměry (poloměr oblasti, v níž je rozložen jejich náboj nebo magnetismus, je podle Hofstadterových pokusů roven 0,8 · 10<sup>-13</sup> cm). Připomeňme, že rozměry atomového jádra jsou řádově 10<sup>-13</sup> cm a rozměry atomu řádově 10<sup>-8</sup> cm.

Ani v tomto stručném přehledu vývoje fyziky za poslední leta nelze přejít bez povšimnutí základní objev čínských fyziků Leea a Yanga (1956–1957) o neplatnosti tak zvaného zákona zachování parity<sup>19)</sup> při slabých interakcích.

<sup>17)</sup> Viz na příklad článek *Antiproton*, v tomto časopise, I (1956), č. 4. *Pozn. překl.*

<sup>18)</sup> Viz článek *K otázce zachování parity*, v tomto časopise, III (1958), č. 5. *Pozn. překl.*

<sup>19)</sup> Viz poznámku 18).

Objevy elementárních částic, jejich kvantových a jiných vlastností umožnily vysvětlit mnohé otázky stavby atomových jader, atomů, jednoduchých molekul, a dále zpřesnit výklad Mendělejevovy periodické soustavy. Přitom teorie nukleárních sil není ještě úplná. Bylo vysvětleno velké množství spektrálních zákonitostí, magnetických a elektrických jevů, vlastností polovodičů a supra vodičů (I. P. Bardeen, N. N. Bogoljubov a spolupracovníci, 1957), struktury krystalů, řada nukleárních reakcí, vlastnosti kosmického záření, intrastelární reakce. Podařilo se vysvětlit mnoho stránek vzniku chemických prvků, kosmických paprsků, a v zápětí přejít k nesmírnému množství technických aplikací v soudobé nukleární technice, v radiotechnice, v elektronice aj.

Po všem tom, co jsme řekli, mohlo by se zdát, že fyzika elementárních částic je úplná a že máme úplný obraz o struktuře hmoty.

Přes všechny úspěchy moderní fyziky tomu však tak není. Do úplné teorie elementárních částic máme ještě dosti daleko.

Především je mnoho základních potíží v relativistické kvantové teorii elementárních částic, souvisejících s nemožností stanovit u bodových elementárních částic konečné hodnoty vlastní energie nebo náboje, odpovídající poli. Ve 40. letech navrhli sice Bethe, Schwinger, Feynmann, Dyson a jiní tak zvanou renormalisaci<sup>20)</sup>, která umožňuje vyčlenit a izolovat podíly pole, jež vedou k nekonečně velkým hodnotám, později pak byly zjištěny konečné rozměry nukleonů; přes to vše jsou divergence, k nimž vede teorie, nedostatkem současné fyziky elementárních částic.

Za druhé, i když se podařilo klasifikovat elementární částice (Gell-Mann, Pais a jiní<sup>21)</sup>), nejsou dosud vysvětleny uspokojivě jejich vzájemné vnitřní vztahy. Možnost jejich vzájemné přeměny ukazuje nepochybně na hlubší jejich vzájemné souvislosti.

Za třetí má dnešní teorie charakter, který lze označit jménem lokálnost. Kvantová teorie gravitace činí teprve první kroky, výklad kosmologických otázek je rovněž málo spjat s kvantovou teorií elementárních částic.

Teprve až budou objasněny problémy těchto tří kategorií, budeme mít hlubší „atomový“ obraz světa. V pokusech o vytvoření unitárního obrazu fyzikálních jevů byla učiněna v poslední době řada zajímavých návrhů. L. de Broglie zdůraznil, že je nutno vzít za základ „spinorové“ pole, které popisuje částice s elementárním momentem impulsu  $\frac{1}{2} \hbar/2\pi$  (na příklad neutrino, elektron, nukleon, hyperon). Kombinováním spinorových vlnových funkcí lze dostat funkce částic o spinu 0, 1 atd. Řečeno názorně, z „rotujících“ objektů nebo ze dvou „rotací“ je možno rotaci urychlit nebo zpomalit. Naproti tomu z nerotujících objektů nelze nijak dostat objekty rotující. Nejjednodušší ilustrací této skutečnosti je interpretace fotonu jako kombinace neutrin (pokus o neutrinovou teorii světla, L. de Broglie, Jordan, A. A. Sokolov a jiní).

Z druhé strany navrhli Fermi, Yang a jiní model složených částic, sestávajících z nevelkého počtu částic základních, na příklad protonů, neutronů, hyperonů a jejich antičástic. Mesony pí by pak bylo možno si představit jako těsnou kombinaci protonu a antiprotonu nebo antineutronu. Podle našeho

<sup>20)</sup> Podrobněji viz o tom v článku *Současný stav teorie elementárních částic*, v tomto časopise, II (1957), č. 3. Pozn. překl.

<sup>21)</sup> Podrobněji o klasifikaci elementárních částic viz v článku Przemyslaw Zieliński, *Gell-Mannův a Paisův pokus o systematisaci elementárních částic*, v tomto časopise, II (1957), č. 2. Pozn. překl.

názoru nejreálnější a nejhluběji jdoucí program současné „atomové“ unitární teorie je obsažen v návrhu vzít za základ veškeré látky spinorové pole, schopné interakce samo se sebou. To je myšlenka, která je blízká oběma výše uvedeným myšlenkám, avšak mnohem obecnější. Existuje-li takové primární „světové“ pole, musí mít za produkt všechny známé částice. Ve vypracování nelineární spinorové teorie (na němž se podílí také autor, A. M. Brodskij, M. M. Mirianašvili, Finkelštejn, Ruděrman) činí Heisenberg se spolupracovníky nejmělejší krok — modifikaci pravidla kvantování (1956). Bádání v tomto směru není ještě skončeno, přes to však již dovedlo k velmi zajímavým výsledkům; podařilo se totiž odvodit hmoty některých částic a jejich náboje (elektrického i mesonového), i když zatím jen v hrubém souhlase s pokusem. Lze očekávat, že pomocí této „regularisované“ nelineární teorie, v níž se Heisenberg opírá o jistý zvláštní, nepozorovatelný pomocný prostor stavů (Hilbertův druhý prostor<sup>22)</sup>), se podaří odstranit výše uvedené obtíže s nekonečně velkými hodnotami energie.

Nemůžeme si v této souvislosti odpustit tuto poznámku:

V roce 1925 interpretoval Heisenberg základy kvantové mechaniky pod heslem zásadního odmítání nepozorovatelných veličin<sup>23)</sup>.

Ve prospěch spinorové unitární teorie hmoty mluví také možnost interpretovat s její pomocí nové vlastnosti elementárních částic. Námítky proti novým pravidlům kvantování (V. Pauli, 1958) byly patrně přesvědčivě vyvráceny v poslední práci W. Heisenberga a jeho spolupracovníků (1959), takže cesta k vypracování nelineární teorie se ukazuje otevřenou.

Z jiných cest, jak odstranit obtíže dnešní teorie elementárních částic, nabyla největšího významu myšlenka diskrétního neboli kvantovaného prostoročasu (D. D. Ivaněnko, V. A. Ambarcumjan, W. Heisenberg, Snyder a jiní) a také myšlenka nelokálního, názorně řečeno „rozmazaného“, nebodového vzájemného působení (G. Wathagin, Möller a jiní). Existence rozměru u elementárních částic mluví ve prospěch takových hypotéz. Také nelineární spinorová teorie zavádí minimální charakteristickou délku. Tím se zavádí vedle rychlosti světla, charakterisující relativistické efekty, a vedle kvantové konstanty nová světová konstanta. Zavede-li se minimální délka trvale do teorie, dojde nepochybně k modifikaci mnoha fundamentálních pojmů.

Po tomto krátkém přehledu současných představ o stavbě hmoty všimneme si ještě některých základních metodologických problémů.

Především musíme podtrhnout úplnost, s jakou dnešní fyzika potvrdila Leninovu poučku o nevyčerpatelnosti hmoty. U elektronu byly objeveny po hmotě, náboji a relativistických vlastnostech, známých v roce 1908, postupně spin a magnetický moment (1925), kvantové a vlnové vlastnosti (1913—1926), leptonový náboj (1950), točivost (1956), relativisticko-quantové vlastnosti, projevující se zejména schopností vzniku a anihilace, spojené s přeměnou v jiné formy hmoty (1932—1933). U protonu byly objeveny kromě vlastností analogických vlastnostem elektronu isotopický spin (u elektronu není tato otázka ještě jasná), mesonový náboj a rozměr (u elektronu ještě nezjištěný).

<sup>22)</sup> Viz poznámku 20).

<sup>23)</sup> W. Heisenberg, Rev. of Modern Physics, sv. 29, č. 3. Překlad tohoto a jiných Heisenbergových článků viz ve sborníku *Нелинейная квантовая теория поля*, II, Moskva 1959. Viz také článek Д. Д. Иваненко, *Развитие физики элементарных частиц*, Voprosy filosofii, č. 5, 1958.

U hyperonu byla objevena kromě analogických vlastností ještě nenulová tak zvaná „podivnost“<sup>24)</sup>.

V roce 1908 byla známa jedna elementární částice — elektron — s několika málo vlastnostmi. Dnes jich známe, a to mnohem podrobněji, kolem 25.

Druhý základní metodologický problém je spojen se samým pojmem „elementární“, nejjednodušší částice, to jest částice, která není již dále složena z jiných hotových částic. Již dnes víme, že struktura elementárních částic, zejména baryonů (protonů, neutronů, hyperonů) je velmi složitá. Proton má pravděpodobně „jadérko“, kolem něhož obíhají virtuální mesony pí (nezaměňujeme s mesoatomy pí, v nichž kolem jádra, zejména reálného protonu, obíhá reálný meson pí). Dnešní teorie se různým způsobem pokouší pochopit chování virtuálního mesonového oblaku, v podstatě však ničeho nemůžeme říci o „jadérku“. Možná, že právě zde bude nutno přejít k zprěsněným představám o prostoru. Dosud úplně stačil obyčejný, čtyřrozměrný lineární pseudoenklidovský prostoročas pro zkoumání molekul, atomů a atomových jader.

Z metodologického hlediska nejdůležitější je problém možnosti samé vypracovat jednotný fyzikální obraz světa, dále otázka účelnosti takového obrazu a jeho významu. Rozbor dějin fyziky skvěle potvrzuje Leninova slova, že každý fyzikální obraz světa je jen dočasným, relativně přesným odrazem skutečnosti, že je historicky ohraničený. Pokračující vědecké bádání nutně poruší jakékoli universální schéma. Historická zkušenost učí, že neustálý boj mezi tendencemi „sjednocovat“ a „drobit“ byl vždy na prospěch poznání a že pokusy o „unitární“ popis měly kladnou úlohu v určitých etapách. Časem se však objeví vždy nové formy a vlastnosti hmoty, které nelze uložit do rámce stávajícího obrazu světa, které jsou s ním v rozporu. Pak ovšem absolutisace fyzikálního obrazu světa, zdánlivě více nebo méně trvale vybudovaného, je brzdou dalšího poznání a stává se dokonce zjevem reakčním. Stačí na potvrzení vzpomenout karteziánského obrazu světa, pokusů o vypracování nelineárního elektromagnetického obrazu o stavbě hmoty, pokusů o vypracování geometrisované unitární teorie. Máme však všechny důvody k naději, že současné programy sjednocení, zejména nelineární spinorová teorie, jsou syntésou předcházejících pokusů a že budou úspěšné. To je velkým krokem vpřed v poznávání stavby hmoty a jejích vlastností. Zároveň však nelze pochybovat o tom, že universální atomový fyzikální obraz světa z poloviny 20. století bude časem také překonán, že nové objevy ukážou jeho relativnost a ohraničenost.

Řada nových důležitých metodologických problémů vyvstává také v otázkách gravitace a v kosmologii v souvislosti s kvantovou teorií: problém vztahu mezi kvantovaným gravitačním polem na jedné a prostoročasem a obyčejnými formami hmoty na druhé straně; problém možnosti existence částí vesmíru s převládající „antimaterií“, to jest hmotou, v níž jádro, složené z antiprotonů a antineutronů, tedy záporně nabitě, obíhají kladné positrony místo elektronů (Dirac). Lee a Yang zase poukázali na možnost existence

<sup>24)</sup> Rusky *strannost*, anglicky *strangeness*. Je to nové kvantové číslo, jehož přesný fyzikální smysl není ještě zcela jasný (odtud název). Částicím, které tvoří skupinu s podobnými vlastnostmi, lišícím se jen v náboji (na příklad mesony  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ ), se připisuje táž hodnota tohoto kvantového čísla. Název *strangeness* pochází od M. Gell-Manna. R. C. Sachs zavedl analogické číslo s názvem „atribut“. Obě čísla, „atribut“ a „podivnost“ se liší jen ve znaménku.

Název „podivnost“, jehož používám, je provisorní. Český termín není dosud stabilisován. J. V.

oblastí vesmíru, v nichž převládají prostory s „točivostí“ opačnou k „točivosti“ protonů, které převládají v naší části vesmíru.

Podle teorie A. A. Fridmana jsou možná řešení Einsteinových gravitačních rovnic typu „smrštování“, nejen typu „rozpínání“. Má proto patrně smysl položit otázku, mohou-li existovat oblasti vesmíru tohoto typu, i otázku vztahu „rozpínání“ a „smrštování“ k převládání „materie“ a „antimaterie“.

Vybudovat jednotný fyzikální obraz světa je nutné. Geniální myšlenky Leninovy tu budou, jako předtím, metodologickým základem, z něhož bude možno vyjít při hodnocení úlohy a významu takového obrazu, jeho místa v nepřetržitém prohlubování našich znalostí o stavbě a vlastnostech hmoty.

*Volně přeložil dr. Josef Veselka*