

VZTAH LÁTKY A POLE JAKO FYZIKÁLNÍ PROJEV DIALEKTICKÉ JEDNOTY HMOTNÉHO SVĚTA

V. I. KLUŠIN, vedúci katedry filozofie, Leningradský technologický inštitút, JINDŘICH PINKAVA, Ústav marxismu-leninismu, Vysoká škola chemicko-technická, Praha

KLUŠIN, V. I., PINKAVA, J.: The Relation of Matter and Field as Physical Manifestation of the Dialectical Unity of the Material World, *Filozofia*, 29 (1974), No 5, p. 504–517.

Quantum physics disclosed the mutual transformations between practicles and wave (field). Relativist physics found correspondence between the material and energetical properties of objects. The correct interpretation of their relation consists in the regularity of preserving these both attributes of matter and in their quantitative proportionality which accompanies their changes in the chosen relative system. Material objects have definite volumes and an unambiguous trajectory. The field was discovered as a physical object in a more complicated way. Space had been considered, for a long time, as mere vacuum or medium for transmission of forces or as mechanical scaffolding for the spreading of oscillatory motion. The field was identified with the suspension of ether. This was subjected to cross experiments, under which its conception collapsed like fiction. The field is manifested as the material of its kind, the structure of which is not discreet. It was Lenin who elucidated the field as physical form of matter and refused the attempts at substantialist energetical monism. The energetical conception of field had been spread in physics of the 1930s. The field is the form of existence of matter, with an inner structure determined by charges or other resources, it has no other shape, nor the only course of motion. In the micro-world the distinctions between the field and particles are being wiped off, they approximate and disappear. Elementary particles are, at the same time, corpuscles and exchangeable innernuclear fields, by means of which other particles operate upon one another. The motion of a microparticle is not a mere transfer, but a process of interactions between particles and fields, in which the properties of particles manifested and change themselves. The elaboration of the dialectical-materialistic theory of matter enables the understanding of new scientific discoveries and develops itself on their philosophical interpretation.

Přírodní vědy našeho století zjistily nové vztahy a nové vlastnosti objektů a prvků struktury fyzikální reality oproti jejich fixaci v klasické fyzice a chemii. To vyvolalo také rozsáhlou představbu celého pojmového aparátu těchto fundamentálních vědeckých disciplín. Ukázalo se, že některé definice i teorie závažných termínů a materiálních skutečností (hmotnost, hmota, záření, pole) neodpovídají zjištěným faktům. Pochopení nových souvztažností existenčních forem hmoty (látkové a polní) s pohybovými, prostorovými a časovými formami její existence se vytvářelo v relativistické a kvantové fyzice. Tyto obory zintegrovaly na vyšší úrovni dosavadní málo navzájem propojené fyzikální a chemické obory. Teoretické konstrukce a jejich základní prvky se musely založit tak, aby všestranně odpovídaly souvislostem, které jsou mezi nimi platné na všech kvalitativně rozličných úrovních reálných struktur hmoty.

V mechanistickém výkladu se za hmotu označovala pouze látka s klidovou hmotností (korpuskulární objekty), fyzikální pole se považovalo za energeticky vzbuzený stav prostoru, nebo ještě dříve za deformace světového éteru.

Tyto vědy objevily vzájemné mnohostranné přeměny mezi hmotnými útvary

látkovými a polními. Současně zjistily závislost a jednotu mezi strukturou a vlastnostmi pohybujících se hmotných objektů a prostorem i časem, které tyto struktury a procesy zaujímají. Některé změny v ontologickém statusu fyzikální reality i v metodologickém přístupu k jejich vyšetřování se pokoušíme dále vysledovat.

Dvě základní substance světa postuloval již starověký atomismus, který vystoupil s ideou atomů a prázdna. Hlavními druhy fyzikálních materiálních struktur jsou nyní látka a pole. Přírodovědci mají možnost zobrazit v nich vše, čemu se ve filosofii říká objektivní realita. Otázka prozkoumání jednoty těchto dvou existenčních forem hmoty je závažná nejen pro filosofii, ale i pro přírodní vědy. Dovoluje lépe pochopit význam boje dialektického materialismu proti různým formám fyzikálního idealismu, který dodnes neodešel z arény vědeckého poznání. Dříve než promluvíme o jednotě těchto druhů materiálních struktur, prozkoumáme obsah pojmů pole a látka v dějinách poznání.

1. Látka jako druh fyzikálních struktur hmoty

Historicky je pojem látky spojen s pojmem hmotnosti. Až do 18. století se hmotnost definovala jako množství látky a látka se stotožňovala s hmotou. Bylo to metafyzické pojetí hmoty, v němž se hmota redukovala na jednu z mnoha svých fyzikálních vlastností. Atomy tehdy nebyly ještě předmětem exaktního experimentování a učenci je považovali za hmotné kuličky. V 19. století se znalosti o hmotě rozšířily i prohloubily. Ukázalo se, že se atomy vyznačují nejen hmotností, ale i jinými, např. chemickými a elektrickými vlastnostmi. Zjistilo se také, že různé chemické látky mají své zvláštní atomy. Koncem minulého a hlavně na počátku našeho století se při výzkumu elektromagnetických jevů zjistilo, že hmotnost závisí na rychlosti pohybu nabitých částic. Studium pohybu elektrického náboje byla otřesena základna mechanistického obrazu světa, princip neměnné hmotnosti částic. Podle druhého zákona klasické mechaniky se hmotnost určovala silou a zrychlením ($\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$). Ve speciální teorii relativity bylo

dokázáno, že se hmotnost s růstem rychlosti zvětšuje. Hmotnost se projevuje na jedinou, jak se dříve myslelo, ale třemi fyzikálními formami. Je to především

klidová hmotnost (m_0) a pohybová hmotnost ($\bar{m}$), přitom platí $\bar{m} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

Kdybychom v této relativistické formuli vzali rychlost světla jako nekonečně velikou (podle představy newtonovské mechaniky), je pohybová hmotnost rovna hmotnosti klidové. Klidová hmotnost m_0 , jak ukázaly výzkumy, je spojena se strukturou objektu. Pohybová hmotnost je spjata se stavem tělesa, roste s jeho rychlostí. V tomto ohledu se ukázalo jako vulgární a neproveditelné spojení hmotnosti s počtem částic v tělese, jak to bylo v přírodních vědách běžné téměř do konce 19. stol. Např. pro těleso s klidovou hmotností $m_0 = 1$ kg, po udělení rychlosti 250 000 km/s, bude pohybová hmotnost rovna dvojnásobku klidové ($m = 2m_0$); přitom se počet částic nezmění.

Společně s pohybovou a klidovou hmotností se používá pohybové hmotnosti fotonu, který žádnou klidovou hmotnost nemá. Počítá se ze vzorce

$$m_l = \frac{h\nu}{c^2},$$

kde h je Planckova konstanta a ν je frekvence vlnění. Protože je klidová hmotnost fotonu nulová, má celá jeho hmotnost původ v pohybu. Ve vědě se dlouho udržovaly představy, které spojovaly hmotnost s množstvím hmoty; přitom již Descartes vyslovil domněnku o její souvislosti s rychlostí. Koncem 19. st. kritizoval newtonovské absolutno E. Mach, jehož filosofické názory byly v rozporu s živelným materialismem. Chápal fyziku jako vědu, která zkoumá jen vazby prvků zkušenosti (počítků a vjemů), a spatřoval argument proti materialismu v tom, že se fyzikové ve své práci nesetkávají s hmotností jako množstvím hmoty.

Fyzikové se pokoušeli definovat hmotnost jako koeficient úměrnosti mezi silou a zrychlením. Tato definice však nebyla ve fyzice udržitelná. Koeficient je matematický pojem, hmotnost je fyzikální veličina. Tímto postupem se fyzikální podstata hmotnosti zatemňovala. Proto jej bylo nutno opustit. Postupně se začíná hmotnost chápat jako míra setrvačnosti tělesa vzhledem k působení síly. Přírodovědci začínají přistupovat k hmotnosti jako k jedné z vlastností materiálního pohybu. Hmotnost jako fyzikální veličina se považuje za míru stálosti, míru zachování stavu klidu nebo pohybu, za míru inertnosti a zároveň za míru gravitačních účinků mezi tělesy. Gravitace se projevuje vzájemným působením těles prostřednictvím gravitačního pole.

Fyzika rozlišuje dvě hlavní míry pohybu hmoty. Energie je fyzikálním parametrem, který popisuje stupeň přeměny materiální soustavy a přechod jedné formy energie v jinou. Je to kvantitativní míra pohybu, která se pohybuje způsobilostí materiální soustavy konat práci. Druhou hlavní mírou pohybu je hmotnost. Je mírou setrvačnosti a gravitačních účinků mezi tělesy. Z filosofického hlediska je možno považovat hmotnost za míru stálosti materiálních objektů a energii za míru proměnnosti hmotných útvarů.

Vztah mezi těmito fyzikálními vlastnostmi hmoty se projevuje v zákonu proporcionality hmotnosti s energií, který objevil Einstein: $E = mc^2$. Podle tohoto zákona můžeme označit energii za kvantitativní ekvivalent hmotnosti, ale v žádném případě za kvalitativní stejnost, totožnost či ekvivalentnost hmotnosti a energie. Metafyzikové mezi vědci ztotožňovali hmotnost s hmotou a dospívali jako idealisté k tvrzení, že podle tohoto zákona se mění hmota v energii a opačně. Podle nich je hmota schopná zanikat a vznikat. Trvdí, že zavedením veličiny

$\frac{E}{c^2}$ do výpočtu přeměňujeme svět v čistou energii nebo v pohyb. Tyto názory byly označeny jako energetismus. Energetisté dělají závěry, že pohyb existuje bez hmoty, bez toho, co se pohybuje. Podobné názory falsifikují základní pojmy fyziky a filosofie. Nesprávné jsou také výklady zákona $E = mc^2$ jako nerozlučitelného vztahu mezi hmotou a pohybem, kterými se podřizuje zákon zachování hmotnosti zákonu zachování energie a neplatí samostatně. Tento výklad byl běžný v marxistické literatuře čtyřicátých a padesátých let.

Podstata komolení významu tohoto zákona je v tom, že hmotnost nelze považovat za hmotu. Stejně jako energie, i hmotnost je obecnou vlastností, t. j. mírou pohybu hmoty. Hmotnost je svou povahou netotožná a neekvivalentní s energií. Zákon korespondence či proporcionality mezi hmotností a energií nijak neoznačuje, že hmotnost je rovnocenná s energií. Vyjadřuje pouze to, že určité hmotnosti musí odpovídat kvantitativně jednoznačná energie v dané souřadné soustavě.

Z relativisticky zavedené formule tohoto zákona vyplývá, že také částice v klidu ($v = 0$) má energii, která se nazývá vazebná nebo klidová. Ta je úměrná klidové hmotnosti $E_0 = m_0 c^2$.

Vazebná energie (E_0) je ta energie, kterou je nutné vynaložit, aby vznikla částice s hmotností m_0 . Podle tohoto zákona má každé těleso gigantickou zásobu vnitřní energie. Jako koeficient úměrnosti zde figuruje c^2 . Před lidstvem stojí dnes velký technický úkol — naučit se tuto obrovskou energii uvolňovat. To mu dovolí rozřešit navždy energetickou otázku. Na ní závisí i tempo rozvoje výroby. Vazebná energie částic 1 g vody stačí k zahřátí 200 000 tun vody od 0°C do bodu varu. Když se ukázalo ztotožnění hmotnosti s látkou neudržitelným, vystala otázka, jak definovat kategorii látky. Literatura obsahuje řadu různých názorů. Považujeme za účelné to hledisko, podle něhož se látka definuje pomocí obecné charakteristiky materiální struktury a atributů hmoty (pohybem, prostorem, časem, zákonitostmi). Během vývoje fyziky se látkou označovala mnohotvárná pevná, kapalná a plynná tělesa. Jejich strukturní zvláštnosti spočívají v tom, že se skládají z částic, jež mají konečný objem, jsou diskrétní (přetržité) a korpuskulární (tělesné); je možno dělit je na části opakovaným půlením; tělesa mají určitý tvar, podmíněný jejich vnitřními vztahy. To nečiní žádné potíže, pokud jde o pevná tělesa. Plyny a kapaliny přijímají v našich podmínkách tvar nádoby a v kosmu za beztížného stavu tvar koule. Ta vyjadřuje jejich vnitřní vlastnosti. Látka má jako fyzikální substrát relativně vysokou koncentraci hmoty a je poměrně neproniknutelná, klade značný odpor jiné látce, která jí proniká.

Zvláštností pohybu látky je její přemisťování v prostoru a také určitý počáteční a konečný stav pohybu. Za počáteční stav považujeme určité počáteční souřadnice a rychlosti. Konečným stavem pohybu rozumíme určitou konečnou souřadnici a rychlost. Tato základní forma pohybu se vyznačuje trajektorií. Látka zaujímá část prostoru a přitom existuje prostor, který látka nezaplňuje a do něhož se přemisťuje. Jinou zvláštností korpuskulárních těles je přenášení množství pohybu, které vykonává objekt sám a předává je bezprostředním stykem, rázem.

Korpuskulární tělesa existují v třírozměrném prostoru. Mají délku, šířku a výšku. Nejsou trvalá, ale vznikají a zanikají. I takový objekt jako naše slunce má ohraničené trvání v čase. Na povrchu slunce se odehrávají při 6000°C proton-protonové reakce, syntéza vodíkových jader v jádře helia.

$4\text{H}^1 \rightarrow \text{He}^4 + 2\nu$ (neutrino) + energie

Přitom zásoba vodíkových jader, která jsou výchozí látkou termojaderné reakce, vystačí podle soudobých rozpočtů ještě 35 miliard let. Reakce probíhá již přes 5 miliard let. Jako většina přírodních procesů je i termojaderná sluneční reakce

usměrněna. Proto je náš zdroj světla také dočasný jako všechny materiální objekty. Základními zákonitostmi, které vystihují vlastnosti látkových těles, jsou zákony klasické mechaniky, chemie, biologie a jiných klasických vědních oborů. Dále budeme probírat vlastnosti pole, které se podstatně liší od vlastností látky.

2. Pole jako nelátkový druh hmoty

Věda zkoumá mnoho druhů fyzikálních polí, nás budou zajímat jen některá. Když mluvíme o poli a látce, nemáme na mysli pole vnitrojaderná, ale vnější, k nimž patří elektromagnetické a gravitační pole. Tato pole mají významnou úlohu v koloběhu hmoty ve vesmíru. Jejich energie je schopna přeměny na jiné formy. To je jedna z charakteristických vlastností nezníčitelnosti pohybu hmoty. Např. energie elektromagnetického pole se mění v mechanický pohyb, v tepelný pohyb aj. Energie gravitačního pole se projevuje jako potenciální energie vody a mění se ve vodních elektrárnách na elektrickou energii. Procesy rozptylování ve vesmíru jsou provázeny zářením, jehož podstatou jsou změny elektromagnetického a gravitačního pole. Tak slunce ztrácí elektromagnetickým vyzařováním více než 4 miliny tun hmoty za vteřinu.

Pojem pole je historicky spjat s pojmem prázdna, které bylo mnoho století hlavním pojmem atomistiky. Lidé dlouho nevěděli, že hmota je i mimo tělesa. Domnívali se, že atomy, které skládají tělesa, se vznášejí v prázdnu a spojují se navzájem jen mechanicky. Prázdno nemohlo být integrujícím principem. Mechanická armatura nedávala pevným tělesům pružnost, stabilitu aj. vlastnosti. Stavbu hmoty nebylo možno zkoumat bez vyjasnění povahy a mechanismu atomových interakcí.

V 18. století vznikly hlubší teorie o vzájemném působení atomů na bázi elektrických, magnetických a gravitačních sil. Brzy se však dostavily obtíže při vysvětlování účinků těchto sil, hlavně při objasňování jejich přenášení mezi tělesy. Vznikly dvě protichůdné teorie: fyzikální teorie působení na dálku přes prázdny prostor, jejímž autorem byl Newton, a teorie působení prostřednictvím kontinuálního prostředí — éteru. Ta se propracovávala ve fyzice Descartově a Huygensově. Jejich soupeření trvalo se střídavým úspěchem téměř do konce 19. století.

Teorie působení na dálku vycházela z toho, že prázdno není hmotné a síly se v něm šíří neomezeně velkou rychlostí. Teorie éteru, třebaže měla materialistické rysy, nevyhovovala svými umělými konstrukcemi. Éter byl považován za kontinuální kapalně prostředí, které nepůsobí odpor tělesům, jež se v něm pohybují. Poznamenejme, že éter byl zamýšlen jako podpora klasickým představám a podmínkám okamžitého působení na dálku, t. j. šíření impulsu nekonečnou rychlostí. Planck ho označil za „dítě klasické vědy, které bylo počato v zoufalství“. Byla v něm vyjádřená neschopnost tehdejší vědy překročit hranice klasické fyziky.

Pojem éteru předcházel pojmu pole a po jistou dobu fungovaly společně. V druhé polovině 19. století vypracoval Faraday učení o elektrických a magnetických jevech. Dokázal teoreticky, že pojem absolutního prázdna neodpovídá

skutečnosti. Elektrické, magnetické a gravitační síly se podle něho šíří od tělesa k tělesu zvláštní jemnou substancí, kterou nazval polem. Ale pole není podle něho zvláštní druh hmoty. Definuje je jako zvláštní stav světového éteru nebo jako napětí, jako soubor silových čar. Elektromagnetické vlnové pole tu bylo poprvé odděleno od náboje a představeno jako něco, co existuje samostatně a šíří se v prostoru podle zvláštních zákonů. Faraday předpokládal, že fyzikální tělesa působí prostřednictvím pole, které je přenosným článkem mezi interagujícími objekty.

Toto pojetí pole se v podstatě zachovalo také u Maxwella, který vytvořil v sedmdesátých letech minulého století elektromagnetickou teorii hmoty. Zformuloval soustavu rovnic, které popisovaly vzájemné vztahy mezi změnami (excitacemi) v elektrickém a magnetickém poli. Tak byly položeny základy elektromagnetické teorii světla. Sovětský fyzik A. F. Ioffe vzpomíná na to, jak Lorentz vyprávěl o svém prvním setkání s Maxwellovou teorií. Holandský fyzik vytušil velký význam této teorie, studuje ji, ale nic z ní nechápe pro její složitý matematický jazyk. Když se dověděl, že vyšlo francouzské vydání Maxwellovy knihy, jel do Paříže s nadějí, že francouzští vědci pochopili smysl nové teorie. Ti mu však řekli, že tuto teorii nelze vůbec pochopit, neboť její abstraktní, čistě matematická forma vyjádření nemá žádný fyzikální smysl. Tato vzpomínka svědčí o tom, s jakými potížemi se setkávalo objasňování nových forem hmoty.

Maxwell teoreticky předpověděl existenci elektromagnetických vln. Objevil je r. 1888 Herz a r. 1895 našly praktické upotřebení u Popova. Po Lebeděvově experimentu se světelným tlakem nebylo již možno pochybovat o fyzikální realitě pole. Maxwell a Lorentz, kteří považovali pole za zvláštní stav éteru, vycházeli z předpokladu, že éter je nehybný a prostupný a nemá hmotnost ani rychlost ani zrychlení. Hertz se oproti nim domníval, že éter strhují pohybující se tělesa, jinak by nebyl hmotným substrátem šíření elektromagnetických kmitů.

Další výzkumy elektromagnetického pole vedly k otázce, je-li éter vůbec skutečností, nebo fikcí. Potom musí být v přírodě i takové případy, kdy se éter projevuje v čisté podobě. Koncem minulého století prováděli Wilson, Michelson, Morley a jiní vědci pokusy, které by daly důkaz o realitě éteru a potvrdily učení o způsobu pohybu země a těles v éteru. Tyto pokusy existenci éteru nepotvrdily a vedly k ještě větším pochybnostem o pravdivosti éterové teorie. Od počátku 20. století se fyzika působením teorie relativity definitivně zříká éteru.

Není-li éter a přitom existuje elektrické a magnetické napětí, potom je toto napětí objektivní a reálné, je to nekorpuskulární hmota, kterou popisují Maxwellovy a Lorentzovy rovnice. Tak se začíná ve fyzice upevňovat názor na pole jako druh hmoty a hmotný objekt. Einstein napsal: „Poznalo se, že se ve fyzice stalo něce velmi významného. Byla vytvořena nová skutečnost, nový pojem, pro nějž v mechanickém popisu přírodních pochodů nebylo místa. Zvolna a v tuhém boji získal si pojem pole vedoucí místo ve fyzice a zůstal od té doby jedním ze základních fyzikálních pojmů. Elektromagnetické pole je pro moderního fyzika právě tak reálné jako židle, na niž sedí“ (1, s. 106).

Teorie pole napomáhala vítězství nad ideou o působení „in distans“ a stala se základní příčinou upevnění koncepce bezprostředního působení na blízko, kte-

rá tvrdí, že se signál šíří v materiálním prostředí konečnou (světelnou) rychlostí. Spolu s tím byla dokázána neudržitelnost představ o absolutní přetržitosti materiálních struktur. Jestliže v dřívějších fyzikálních teoriích měl hlavní úlohu náboj (diskrétnost), hraje v Maxwellově teorii působení na blízko roli základního a prvotního projevu pole, jež představuje kontinuum svého druhu. Pojem náboje se v této teorii zařazuje jako druhotný a pomocný. Maxwellova teorie přenesla pozornost fyziků na prostor, který náboje obklopuje.

Skutečnost, že hmota má navzájem neredukovatelné formy látky a pole, měla dalekosáhlé následky nejen pro fyziku, ale i pro rozvoj filosofického myšlení. Stala se přírodnovědeckým základem Leninovy generalizace pojmu hmoty a vypracování jeho klasické definice hmoty jako filosofické kategorie. Ale dialekticko-materialistický výklad si obtížně razil cestu mezi přírodovědci dlouhou řadou jednostranných metafyzických explikací teorie pole. Protože se ohlas těchto názorů ozývá ještě v naší době, musíme se nad některými jeho podobami zamyslet.

Počátkem 20. století mluvila všechna fyzikální fakta pro uznání materiálnosti polí. Svědčily pro ni zvláště Lebeděvy pokusy s měřením světelného tlaku. Připuštění materiální reality pole se však setkávalo s metafyzickou metodou myšlení četných fyziků, kteří rozuměli hmotou jen látku. Proto mnozí z nich nepovažovali elektřinu, magnetismus a jiné jevy, které mají povahu pole, za projev materiální substance. Toto pojetí pole bylo jednou z příčin krize ve fyzice, kterou analyzoval Lenin v *Materialismu a empiriokriticismu*. V té době se ve fyzice ujímá traktování pole jako čisté energie nebo jako prostoru, v němž působí síly. Podobné představy se v přírodních vědách značně rozšířily.

Určení pole jako „čisté“ energie má původ v energetice Wilhelma Ostwalda, kterou Lenin podrobně rozebral. Energii považoval Ostwald za substanci světa. Podle něho je energie základem hmoty i vědomí. Když Ostwald pracoval s elektrickým a magnetickým polem, chápal jako přírodovědec, že jde o materiální pohyb. Ale nikdo z fyziků nevěděl, *co* se pohybuje. Jakmile nedovedeme uvést, *co* se pohybuje, a není objasněna povaha objektu pohybu, může se o pohybu uvažovat jako o substanci a prazákadu veškerého bytí. Tím se vytváří možnost, aby se uvažoval pohyb bez hmoty. To byl krok k idealismu, k představě, že hmota zmizela a zůstalo jen myšlení. Myšlení je však spjato s mozkem, s hmotou, která se prohlásila za zmizelou. Lenin měl proto všechny důvody, aby kvalifikoval toto hledisko jako filosofii bez mozku. Ztotožňováním hmoty a pohybu se Ostwald blížil k idealismu.

Kategorii hmoty nelze redukovat na některé z jejích vlastností: hmotnost, energii a pod. Jejich ztotožňování s hmotou je metafyzické počínání. Ostwald učinil i další krok. Ve svých *Přednáškách z přírodní filosofie* tvrdil, že základem našeho myšlení jsou přeměny energie, a tuto vlastnost sdílejí s vnějšími procesy, jež mají také energetickou povahu. Velký fyzik a chemik zde dospěl až na pozice povrchního subjektivního idealismu. Ostwald opakoval nevědomě a nezáměrně kantovskou myšlenku, že lidský rozum diktuje své zákony v přírodě.

Lenin rozlišuje při kritice Ostwalda mezi energetikou a energetismem. „Filosofům poskytl energetika příležitost přeběhnout od materialismu k idealismu. Přírodopyspec se dívá na energetiku jako na vhodný prostředek, jak vykládat

zákony materiálního pohybu v době, kdy fyzikové, možno-li se tak vyjádřit, opustili atom, ale nedospěli k elektronu“ (2, s. 301—302). Ostwaldova energetika je eklektická doktrína, která, přestože ho přivádí k idealistickým vývodům, není jako celek idealistická, neboť energií rozumí nejčastěji materiální pohyb. Přiznání substancionálnosti energie není ještě idealismus. Zbývá otázka: je energie materiální, nebo je výplodem lidského či nadosobního vědomí a poznání? Pouze řešení otázky v duchu poslední alternativy je idealismus, který nazýváme energetismem. V termínech energetiky je možno víceméně důsledně vyjádřit materialistickou nebo idealistickou tendenci. Trváme-li, že celý svět je energií, kterou považujeme přitom za objektivní realitu, jde o energetickou monistickou variantu metafyzické koncepce prahmoty. Ostwald obhajoval toto stanovisko. Za to ho kritizoval V. Petzold, P. Carus a jiní idealisté, kteří zařazovali jeho energetiku k materialismu.

V americkém filosofickém časopisu *Monist* Carus napsal: „Materialismus nám toho vysvětluje velmi málo, když nám praví, že vše je hmota, že tělesa jsou hmota a že myšlení je jen funkcí hmoty; energetika prof. Ostwalda však není o nic lepší, praví-li nám, že hmota je energie a že duše je jen faktorem energie“ (2, s. 289—290).

Na pozicích energetického materialismu stál H. Hertz, protože označoval energii za energetickou látku, kterou nazval energony. V knize *Éter a teorie relativity* tvrdí, že energony rozložené v prostoru tvoří základ výstavby světa. Tytéž názory rozvíjel ruský fyzik Umov v práci *Rovnice pohybu energie v tělesech*. V knize *Rozvoj atomistických názorů ve XX. století* z r. 1934 tvrdil A. F. Ioffe, že „energie je fyzikální hmotou“. Podobné názory přijímali mnozí fyzikové v první třetině našeho století a s jejich recidivou se setkáváme i v současné literatuře. Úsilí změnit energii na materiální substanci se zakládalo na tom, že energie je jediná veličina, která podle Ioffeho „nikde nezmizí“. Energetický popis mikroprocesů je dodnes nejplodnější. Musíme však uvážít, že zde existuje rozhraní, s jehož překročením se ocitáme v metafyzickém materialismu nebo v idealismu.

Zvláště hojně je rozšířena energetická koncepce výstavby pole. Byli jí poplatní i takoví fyzikové jako Einstein a Heisenberg. V práci *Éter a teorie relativity* píše Einstein, že hmota a záření jsou jen zvláštní formy energie, rozšířené v prostoru. Heisenberg zdůvodňuje stejný závěr pomocí zákona ekvivalence hmotnosti a energie. V mnoha nových učebnicích se také setkáváme s definicí světla jako „zářivé energie“. V pracích z radiotechniky se čte, že anténa nebo jiné zařízení vyzařuje nebo pohlcuje energii. Podobný žargon má omezenou oblast upotřebení a při metodologické analýze se projeví jako nekorektní.

Dalším příkladem omezeného a jednostranného chápání pole je definice pole jako prostoru, v němž působí síly. Např. *Filosofický slovník* Heinricha Schmidta z r. 1957 definuje pole jako „prostor, v němž lze pozorovat fyzikální působení“ (s. 459): V lexikoně Brockhaus ABC z r. 1955 se charakterizuje pole jako objem prostoru, jehož každému bodu je přiřazena nějaká fyzikální veličina, např. magnetická síla. Nejrozšířenější je podobná explanační gravitačního pole. Definuje se často jako „zakřivení prostoročasu“ (3, s. 184).

Definice pole, které jsme uvedli, lze snadno napadnout z metodologického hlediska. Hmoty pole se v nich redukuje na prostor, ztotožňuje se s ním. Prostor však není hmotou, ale je jednou ze základních forem existence hmoty. Reálný prostor je vztah koexistujících hmotných těles a procesů. Z historie vědeckého poznání se dovozuje, že není prostor mimo hmotu a hmota mimo prostor. To se plně týká i gravitačního pole. Je známo, že světelné paprsky v blízkosti velkých gravitačních hmot se zakřivují a mění se metrické vlastnosti prostoru. V tom se projevuje jednota gravitačního a elektromagnetického pole. Není to však záminkou k tomu, aby se gravitační pole nahrazovalo vlastnostmi prostoru a času.

Pole je nelátkový druh hmoty, nemá vlastnosti hmoty — látky, ani je nelze zaměnit s energií a prostoročasovými charakteristikami. Pole musí definovat podobně jako látku; přitom musíme vycházet z jeho materiální struktury a jejích základních projevů. Pole má pouze vnitřní strukturu a postrádá vnější formy. Jeho vnitřní struktura je závislá na rozmístění nábojů a na směrech jejich vzájemného působení. Pole jsou homogenní a nehomogenní. Nemají určitý objem a jejich siločáry se rozprostírají neomezeně daleko. Na rozdíl od látkových těles nelze gravitační a elektromagnetická pole dělit na části. Pole je značně prostupné, neklade velký odpor pronikání korpuskulárních hmot. Má i menší koncentraci hmotového substrátu, hmotnosti a energie ve srovnání s látkou. Na pohyb jako způsob existence pole nelze aplikovat pojem trajektorie. To souvisí s tím, že se vlny šíří všemi směry a nelze určit počáteční a konečný stav pro kterýkoliv bod nebo kvantové pole. To se vyjadřuje současnou neexistencí koordinát a impulsu. Elektromagnetické pole se šíří jedinou rychlostí, $v = c = 3 \cdot 10^5$ km/s. Konečně pole přenáší pohyb vlněním, excitací vlastní substance, která se nepřemisťuje. Prostoročasové formy pole mají také specifické zvláštnosti. Chybí v nich např. absolutní délka a současnost událostí. Zvláštnosti prostoročasové struktury pole nejsou ještě vyjasněny. Zákony pohybu pole popisuje kvantová fyzika. Všechny tyto znaky charakterizují pole jako nelátkový druh hmoty.

3. Jednota, nerozlučitelná spojitost a vzájemné pronikání látky a pole

Analyzovali jsme dva základní druhy materiálních objektů, které studuje fyzika. Největší rozdíly fyzikálních struktur hmoty se projevují v makrosvětě, kde je látka svými základními vlastnostmi protichůdná elektromagnetickému a gravitačnímu poli. Za hranicemi makrotěles a vnějších polí jsou rozdíly ve vlastnostech pole a látky slabší a v mikrosvětě jsou neurčité. V něm vystupuje do popředí jejich vzájemné pronikání, jednota a nerozlučitelnost. Již molekula i atom neodpovídají všem znakům, kterými se charakterizuje látka. Lze u nich stěží hovořit o dělitelnosti, např. o půlení. V případě nejsou poloviny atomů ani čtvrtiny molekul, protože obojí jsou celistvé strukturní útvary.

Nerozlučitelný vztah pole a látky spočívá v tom, že pole jakoby pronikají všemi tělesy a svazují v jediný celek jejich části. Budeme zkoumat látkové objekty. Všechna makroskopická tělesa jsou složena z molekul, jež se navzájem

nedotýkají, ale působí na sebe prostřednictvím elektrostatických a van der Waalsových sil. Zvláště mezi molekulami plynu jsou velké vzdálenosti vzhledem k velikosti molekul. Molekuly samy jsou složité soustavy, v nichž jsou atomy rozmístěny ve značných vzdálenostech ve srovnání s vlastními rozměry a interagují navzájem přes fyzikální pole. Větší část objemu molekul je vyplněna gravitačním a elektromagnetickým polem. Hmoty není zkoncentrována ani v atomu. Např. atom vodíku má lineární rozměry 10^{-8} cm. Rozměr atomového jádra vodíku (protonu) je řádu 10^{-14} cm. Jádro je lineárně milionkrát menší než atom. Téměř všechna hmotnost atomu je tedy soustředěna v jádru, které má nepatrný objem. Kdyby se stlačilo 100 milionů tun vody na hustotu atomových jader, byl by její objem pouze 1 cm³. Vnitroatomový prostor je zaplněn poli. Podobně se chovají atomová jádra. Nuklony nezabírají všechnen prostor jádra. Poloměr nuklonů je průměrně $4 \cdot 10^{-14}$ cm a nuklon zaujímá v jádře jednu padesátinu jaderného objemu. Ostatní zaujímají jaderná, elektromagnetická a gravitační pole.

Nuklony mají kladný náboj, a proto se odpuzují velkými silami. Tyto síly jsou 10^{36} -krát větší než jejich vzájemná gravitační přitažlivost. Aby se tyto odpuzivé síly kompenzovaly, jsou potřebné velké přitažlivé síly, jaderné síly. Ty jsou mnohokrát větší než síly elektrostatického odpuzování. Na rozštěpení jádra je třeba vynaložit velké energie. Jaderné síly mají malý radius působení, řádu 10^{-13} cm. Ten se považuje též za poloměr jádra. Protože jaderné síly nejsou ostře ohraničeny, má i jádro rozmytý povrch a hustota jádra se zvětšuje směrem do středu. π — mezony jsou kvanty jaderného pole. Zprostředkují stálou interakci mezi nuklony. Jaderné pole má proto výměnný charakter. Nuklony si stále vyměňují navzájem mezony. Tím se vytvářejí potřebné jaderné síly. V průběhu výměny mezonů se protony a neutrony přeměňují jeden v druhý. Zpozorovali jsme, že korpuskulární objekty makrosvětla nejsou pouze látkou, ale vytvářejí je také materiální pole. Ty pronikají a vážou jejich strukturní prvky v jednotné materiální systémy.

V mikrosvětě jsou kvanty polní samy částice a mají korpuskulární i vlnové vlastnosti, které značně závisejí na účincích vnějších polí. Každá částice je přímo nebo nepřímo spojena s několika druhy polí. Toto spojení předpokládá, že každé pole přináší svůj příspěvek do struktury částice a determinuje její vlastnosti. Tak je třeba elektrický náboj určující pro vztah částic s elektromagnetickým polem. Hmotnost je charakteristika vztahu částice a gravitačního pole. Mezonový náboj elektronu a nuklonu určuje jejich vazby s mezonovým polem. Avšak hmotnost, elektrický i mezonový náboj jsou vlastnostmi částic; z toho vyplývá jejich nerozlučné spojení s poli.

Můžeme říci, že pole je prodloužením vnitřní podstaty mikrosvětla navonek. Proto nelze ukázat hranici, kde končí částice a začíná její vnější pole. Poloměr protonu je průměrně $7 \cdot 10^{-14}$ cm. Tato veličina má však relativní význam, protože charakterizuje oblast, v níž působí mezonový náboj. Ten zase organicky vstupuje do struktury protonu. Pole se prostírá nepřetržitě v prostoru. To je důkazem dialektické jednoty přetržitosti a nepřetržitosti v samotném mikrozákladu hmoty.

Z nerozlučné spojitosti mikročástic a polí plyne specifičnost pohybu mikro-

objektů. Pohyb v mikrosvětě není pouhé mechanické přenesení tělesa mezi různými místy, ale proces nepřetržité interakce mikrosvěta s polem a jinými mikroobjekty. Rezultátem těchto interakcí je změna vlastností mikročástic. Např. urychlovaný elektron vyzařuje kvanty světla (fotony); to je výsledek interakce elektromagnetického pole s elektronem. Přitom se zvětšuje hmotnost, rychlost a energie elektronu. Při urychlování elektronu roste jeho hmotnost i energie na úkor hmotnosti a energie urychlujícího pole.

V těchto interakcích korpuskul a polí se projevuje zajímavá zákonitost: energie vazby mezi strukturními elementy každé materiální soustavy, připadající na jednotku hmotnosti, roste se zmenšováním rozměrů soustavy. Např. galaxie, planety a jiná nebeská tělesa jsou spjaty především gravitačními silami. V molekulách a atomech jsou částice vázány hlavně silami elektrické povahy, které značně převyšují gravitační síly. Jestliže uděláme předpoklad, že jsme rozbili vodíkové atomy na elektrony a jádra a z jednoho gramu vodíku jsme sestavili kladné a záporné náboje, byla by jejich přitažlivost na vzdálenost 1 cm asi 10^{20} tun. Když rozptýlíme tyto celkové náboje na vzdálenost zemského průměru (asi 13 000 km), bude jejich přitažlivá síla přibližně 10 tun. Nuklony jsou spojeny jadernými proměnnými silami, jež jsou nesrovnatelně větší než elektrické síly. Čím menší jsou rozměry materiální soustavy, tím větší je energie vazby jejich strukturních hmotných složek.

Uděláme některé závěry: pro mikročástice charakterizují pojmy částice a pole tytéž objekty. Do popředí vystupují korpuskulární a polní vlastnosti; kvantová fyzika studuje mikroobjekt jako dialektickou jednotu látky a pole. Mikroobjekt je specifická forma existence hmoty. Dělení na pole a látku má jen relativní význam. V přírodě existují ještě jiné fyzikální struktury hmoty. Bývá uváděna vakuová hmota a tzv. jednotné pole. První se vyznačuje nepřítomností kvantů pole. Fluktuace vakua se projevují vznikáním a zánikem fotonů. Nulové fluktuace vakua charakterizuje to, že úhrnný součet fotonů v každém okamžiku je nula. Vakuum je zvláštní stav hmoty, příznačný nejmenším obsahem energie. Má reálné fyzikální vlastnosti a nelze je považovat za prázdný prostor. Podle názoru Einsteina, Heisenberga, Ivaněnka, Jordana a jiných fyziků je jednotné pole základem všech známých polí, látky z mikročástic. Je možné, že na úrovni jednotného pole mizí rozdíl pole a látky. Podle některých vědců není vyloučeno, že jednotné pole nebude charakterizovat hmotností a energií. Je možné očekávat, že zde míra množství pohybu (hybnost) bude také zcela odlišná. Jednotné pole je zatím hypotetický fyzikální útvar a zpracování jeho teorie může přinést mnoho neobvyklého v našem poznání přírody.

Připojíme některé obecné závěry. Jestliže zobrazíme růst složitosti hmotných struktur v naší části vesmíru závitnicí, připadne každé úrovni její strukturní organizace jeden závit. Potom zaujme pole a látka jen omezený výsek závitnice mezi atomy a makrotělesy. Nižším závitům odpovídají elementární částice, vakuová hmota a hmota jednotného pole. Horní představují živé organismy a lidskou společnost. Věda postupně „rozvinuje“ závity této neohrazené závitnice a odkrývá dialektickou podstatu materiálního světa. Na této cestě vytváří pojmy, které vyjadřují protikladný charakter strukturní organizace hmo-

ty. Dějiny poznání základů mikrosvěta dosvědčují, že tyto pojmy mají určité hranice použití a nemohou vyčerpat všechnu objektivní dialektiku přírody. Aplikace těchto pojmů mimo oblasti, pro něž byly vypracovány, může vést ke krizi ve fyzice.

V. I. Lenin odhalil obecné příčiny vzniku takové krize. Ukázal také cesty, kterými může být překonána. Spatřoval je v přechodu od metafyzického materialismu k dialektickému materialismu. Napsal: „Nová fyzika upadla v idealismus hlavně proto, že fyzikové neznali dialektiku.“ (2, s. 277) Fyzika podle něho půjde vždy kupředu, i když se to může dít oklikami a s tápáním. Když Lenin hájil materialismus, ukazoval, že materialistická dialektika neuznává žádná absolutna kromě toho, že existuje vnější svět a lidské vědomí, které jej odráží. „Dialektický materialismus zdůrazňuje tak přibližný, relativní charakter každé vědecké poučky o stavbě hmoty a jejích vlastnostech, zdůrazňuje, že v přírodě není absolutních hranic, že pohybující se hmota přechází z jednoho stavu v druhý, jenž se nám z našeho hlediska zdá s ním nesmiřitelný atd. Třebaže z hlediska „zdravého rozumu“ je přeměna nevažitelného éteru ve važitelnou látku a naopak podivuhodná, třebaže je „zvláštní“, že v elektronu není žádná jiná masa mimo elektromagnetickou, třebaže je neobyčejné, že mechanické zákony pohybu se omezují na jednu oblast přírodních jevů a že jsou podrobeny hlubším zákonům elektromagnetických jevů atd. — to vše je jen dalším *potvrzením* dialektického materialismu“ (2, s. 277).

Toto metodologické stanovisko je klíčem k pochopení procesů, jež se odehrávají v současné kvantové fyzice i v jiných vědních oborech. Tento rozvoj dospěl do naší doby k tomu, že fyzika již „zrodila“ dialektický materialismus. Jsou-li dodnes vědci, kteří to neuznávají, pak je to následek ohrazení jejich filosofického rozhledu nebo nepřátelství k dialektickému materialismu jako filosofii světového komunistického hnutí.

* * *

Probrali jsme ve svých úvahách proměny teorie hmoty a některých jejích atributů (hmotnost, energie atd.), vývoj a současné kontinuálně-diskrétní pojetí hmoty ve formě korpuskulí a polí; rekapitulovali jsme převrat ve vědě spojený s vysvětlením závislosti hmotných charakteristik (energetických, prostorových aj.) na pohybu. Ukázali jsme relativnost, nejednoznačnost a záměnnost v určení hmotné partikule a pole v mikrosvětě. Rozvíjeli jsme současné ideje o struktuře fyzikální reality na různých stupních její organizace. Pokusili jsme se objasnit stav současného fyzikálně-filosofického materialismu a dialektiky a jejich mnohostrannou jednotu. Jejich korektní výklad podává i nové metodologické podněty. Vědecká filosofie se stala bazí i výsledkem teoretického myšlení moderní vědy.

LITERATÚRA

1. EINSTEIN, A. — INFELD, L.: Fyzika jako dobrodružství poznání, Praha 1962.
2. LENIN, V. I.: Materialismus a empiriokriticismus, Spisy 14.
3. IVANENKO, D. D.: Vvedeníje v teoriju elementarnych častic. Uspechy fyzičeskich nauk, tom 32, Moskva 1947.

4. HRUŠOVSKÝ, I.: Kategória bytia. Filozofia, 1971, č. 2, s. 122—133.
5. HRUŠOVSKÝ, I.: Hmota a elementárne častice. Filozofia, 1974, č. 4.
6. Sborník Dialektického materialismu i sovremennoje jestvostvoznaniye, Moskva 1957.
7. Sborník Teorija pola, Moskva 1960.
8. BOHR, N.: Atomnaja fizika i čelovečeskoje poznanije, Moskva.
9. Sborník Ot klassičeskoj fiziki k kvantovoj, Moskva 1962.
10. Sborník Teoretičeskaja fizika 20 veka, Moskva 1962.
11. ŮLEHLA, I.: Od fyziky k filosofii, Praha 1963.
12. Sborník Razvitije sovremennoj fiziki, Moskva 1964.
13. PLANCK, M.: Jedinstvo fizičeskoj kartiny mira, Moskva 1966.
14. JAMMER, M.: Poňatije massy v klassičeskoj i sovremennoj fizike, Moskva 1967.
15. Sborník Filosofskije voprosy kvantovoj fiziki, Moskva 1970.
16. GRIBANOV, D. P.: Materialnoje jedinstvo mira v svete sovremennoj fiziki, Moskva 1971.
17. Sborník Filosofskije problemy jestestvoznaniya, Taškent 1972.
18. GOTT, V. S.: Filosofskije voprosy sovremennoj fiziki, Moskva 1972.
19. SEMENYČEV, V. M.: Fizičeskije znaniya i zakony dialektiki, Moskva 1973.
20. Sborník Fizičeskaja nauka i filosofija, Moskva 1973.

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ВЕЩЕСТВА И ПОЛЯ КАК ФИЗИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ДИАЛЕКТИЧЕСКОГО ЕДИНСТВА МАТЕРИАЛЬНОГО МИРА

В. И. Кл у ш и н, Индржих П и н к а в а

В статье анализируются понятия и теории материи и массы, а также других параметров в классической и современной физике. В ньютоновской концепции в качестве материальных описывались лишь корпускулярные явления, физическим полям же приписывались лишь энергетические, или же пространственно-временные характеристики (движение). Квантовая физика вскрыла взаимные трансформации между частицами и волнами (полем). Релятивистская физика обнаружила корреспонденцию между массой и энергетическими свойствами объектов. Правильная интерпретация их отношения состоит в закономерности сохранения обоих этих атрибутов материи и в их количественной пропорциональности, которая сопровождает все их изменения в избранной системе отсчета. Вещественные объекты имеют определенный объем и однозначную траекторию. Поле в качестве физического предмета было открыто более сложным путем. Пространство продолжительное время считалось чистой пустотой или средой для передачи сил или, в свою очередь, механическими «лесами» для распространения колебательного движения. Поле отождествлялось с напряжением эфира. Последний был потом подвергнут перекрестным экспериментам, в результате которых его концепция рухнула как фикция. Поле выступает как своего рода материальный объект, структура которого не является дискретной. Поле как физическую форму материи философски осмыслил В. И. Ленин, отразив попытки сформулировать субстанциальный энергетический монизм. Энергетическое понимание поля появилось вновь и получило распространение в физике 30-х и 40-х годов нашего века. Поле есть форма существования материи, с внутренней структурой, определенной зарядами или другими источниками, оно не имеет внешней формы, ни единой траектории движения. В микромире различия между полем и частицами стираются, сближаются и исчезают. Элементарные частицы являются одновременно корпускулами и переменными полями внутренними, посредством которых другие частицы действуют на себя. Движение микрочастицы — это не простое перемещение, но процесс взаимодействия между частицами и полями, в котором проявляются и изменяются свойства частиц. Разработка диалектико-материалистической теории материи позволяет понять новые научные открытия, развиваясь в то же время на основе их философской интерпретации.

V. I. Klušin, Jindřich Pinkava

In dieser Studie werden Begriffe und Theorien über Materie und Materialität (Masse) und andere Parameter der klassischen und modernen Physik untersucht. In der Newtonschen Auffassung werden als materiell nur korpuskulare Erscheinungen beschrieben und physikalischen Erscheinungen und physikalischen Feldern werden nur energetische, resp. Raum-zeitliche Charakteristika (Bewegung) zugeschrieben. Die relativistische Physik entdeckte korrespondierende Momente zwischen materiellen und energetischen Eigenschaften der Objekte. Eine richtige Interpretation ihrer Relation besteht in der Gesetzmässigkeit der Erhaltung beider Attribute der Materie und in ihrer quantitativen Proportionalität, die ihre Veränderungen im erwähnten Relationssystem begleitet. Die stofflichen Objekte haben einen bestimmten Umfang und eindeutige Trajektorien. Das Feld als physikalisches Objekt wurde auf komplizierte Weise entdeckt. Der Raum wurde lange als reine Leere oder als Umgebung zur Vermittlung von Energie oder wiederum als mechanisches Gerüst zur Verbreitung von Schwingungen angesehen. Das Feld wurde mit der Spannung des Äthers identifiziert. Dieser wurde verifizierten Experimenten unterworfen, unter denen seine Auffassung als Fiktion zusammenstürzte. Das Feld manifestiert sich als materielles Objekt *sui generis*, dessen Struktur nicht diskret ist. Lenin erklärte das Feld im philosophischen Sinn als physikalische Form der Materie und wehrte alle Versuche um einen substanziellen energetischen Monismus ab. Eine energetische Auffassung des Feldes kam von neuem auf und verbreitete sich in der Physik der dreissiger und vierziger Jahre unseres Jahrhunderts. Das Feld ist eine Existenzform der Materie mit einer inneren Struktur, bestimmt durch Ladung oder eine andere Quelle, es besitzt keine äussere Gestalt, keine einzige Bahn seiner Bewegung. In der Mikrowelt sind die Unterschiede zwischen Feld und Elementarteilchen verwischt, sie nähern sich einander und verschwinden. Die Elementarteilchen sind zugleich Korpuskel und vertauschbare innernukleare Felder, durch die andere Elementarteilchen auf sich einwirken. Die Bewegung der Mikroteilchen ist nicht nur einfache Ortsveränderung, sondern ein Interaktionsprozess zwischen Elementarteilchen und Feld, in dem sich die Eigenschaften dieser Teilchen manifestieren und verändern. Die Entwicklung der dialektisch-materialistischen Theorie der Materie ermöglicht es neue wissenschaftliche Entdeckungen zu begreifen und sie selbst entfaltet sich weiter durch ihre philosophischen Interpretation.