

O VZŤAHU MASY A ENERGIE

MILAN ZIGO

Pojmy masy a energie patria medzi základné kategórie fyziky a preto ich chápanie má veľký dosah aj vo filozofii. Otázka chápania a interpretácie ich vzájomného vzťahu bola a do určitej miery ešte aj je predmetom diskusie a úmyselného komolenia. Možno povedať, že podstatné problémy, vzťahu masy a energie objasnila diskusia sovietskych fyzikov a filozofov v rokoch 1951—1952. Hoci odvtedy uplynulo už desať rokov, predsa sa pri rôznych príležitostiach opäť nastoluje otázka o vzťahu masy a energie ako problém, riešením ktorého stojí alebo padá materializmus.

Záujem fyzikov a filozofov sa na pojmy masy a energie sústreďuje už dlhšie ako dve-tri desaťročia. Ba aj spor materializmu s idealizmom o tieto pojmy má svoju bohatú históriu. Keď chceme pochopiť, z čoho vyplynula možnosť omylov i úmyselného idealistického prekrúcania objavov vo fyzike pred viac ako polstoročím, ale aj v najnovšom období, treba si predovšetkým ujasniť základné pojmy, o ktorých tu hovoríme. Pojmy masy a energie a s nimi úzko spojené ďalšie pojmy, pojem hmoty vo filozofii, pojem látky a poľa vo fyzike prekonali určitý vývin. Pojem masy po prvý raz systematicky rozpracoval Newton, v chápaní ktorého tento pojem označoval „množstvo hmoty“, úmerné počtu atómov, z ktorých sa teleso skladá, pričom sa masa prejavuje zotrvačnými a gravitačnými účinkami. Takto bol pojem masy ako „množstva hmoty“ spojený s mechanistickou predstavou o hmote, ako o substancii, ktorá sa nevyhnutne skladá z častíc (atómov), ktoré majú určitú pokojovú masu, ktorou sa rozumie masa častice meraná v systéme, vzhľadom na ktorý je v pokoji. Dnes tú formu hmoty, ktorú predstavujú častice s pokojovou masou (a určitou energiou), nazývame *látka*. Vidíme, že pojmy hmota, masa, látka, ktoré dnes prísne rozlišujeme, v minulosti v podstate splývali. To spôsobovalo ťažkosti, keď fyzika začala objavovať aj iné základné formy hmoty, odlišné od látky. Prvým takým objavom bolo vypracovanie pojmu a ucelenej teórie elektromagnetického poľa, novej „nečasticovej“ formy hmoty, v druhej polovici minulého storočia v prácach Maxwella, J. J. Thomsona atď. Pojem poľa nebolo možno zaradiť pod starý mechanistický pojem hmoty (stotožnenej s látkou a masou), čo v ďalšom vývine priviedlo k veľkému pojmovému, ale aj teoretickému a filozofickému zmätku, ktorý bol súčasťou „krízy fyziky“ na prelome 19. a 20. storočia. Pole, svetlo, žiarenie sa pokladali za niečo odlišné od hmoty, stotožňovali sa často s energiou, hoci už z Maxwellovej teórie vyplývala súvislosť masy a energie a hoci Lebedev experimentálne dokázal tlak a teda masu svetla.

Pre vývin a ďalšie objasnenie pojmov masy, poľa a ďalších pojmov malo veľký význam vypracovanie teórie elektrónu koncom minulého storočia. Zistilo sa, že masa elektrónu závisí od jeho rýchlosti, ba, ako sa vtedy domnievali, že elektrón nemá vôbec mechanickú masu, ale iba masu elektromagnetickú, celkom odlišnú od mechanickej. Keďže dovtedy sa mechanický pojem masy stotožňoval s pojmom hmoty, využili tento objav „fyzikálni“ idealisti, machisti a prívrženci Ostwaldovho energetizmu na to, že hlásali, že fyzika

dokázala „miznutie hmoty“. Lenin vtedy ukazoval, že fyzici a filozofi sa nedostávajú k idealizmu preto, že by ich k nemu skutočne viedli objavy novej fyziky, ale preto, že nemyslia dialekticky, že zotrávajú na starom mechanistickom chápaní hmoty. Písal: „Hmota mizne“ — to znamená, že mizne tá hranica, po ktorú sme doteraz hmotu poznali, naše poznanie ide hlbšie; miznú tie vlastnosti hmoty, ktoré sa skôr zdali absolútne nemennými, prvopočiatocnými (nepriestupnosť, zotrvačnosť, masa a pod.), a ktoré sa teraz javia ako relatívne, vlastné iba niektorým stavom hmoty.“ (*Materializmus a empiriokriticizmus*, Praha 1952, 247). A ďalej: „K využívaniu novej fyziky filozofickým idealizmom, alebo k idealistickým vývodom z nej nedochádza preto, že sú objavované nové druhy látky, sily, hmoty, pohybu, ale preto, že sa robia pokusy myslieť pohyb bez hmoty“ (tamtiež, 252). A skutočne, klasická elektrodynamika a teória elektrónu nedokázali — ako to nemôže dokázať ani jedna veda — premenu hmoty na pohyb alebo na niečo nehmotné, iba prispeli k prebudovaniu, prepracovaniu starého chápania hmoty vo filozofii a pojmov masy a energie vo fyzike. Pod *hmotou* rozumieme objektívnu realitu, ktorá existuje nezávisle od nás a odráža sa v našich pocitoch. *Masa* sa dnes chápe ako miera zotrvačných a gravitačných vlastností fyzikálnych objektov. *Energiu* dnes chápeme nielen ako všeobecnú mieru pohybu, ako schopnosť určitej sústavy konať prácu, ale predovšetkým ako všeobecnú charakteristiku stavu určitej sústavy. Pravda, tak pojem masy ako aj pojem energie musia sa ďalej spresňovať.

K veľkému oživeniu idealistických, energetických špekulácií s poznatkami fyziky došlo v súvislosti s teóriou relativity a s novými objavmi v oblasti stavby atómu a elementárnych častíc. Centrom falzifikácií sa stal zákon súvislosti masy a energie, ktorý odvodil Einstein v špeciálnej teórii relativity. Tento zákon, kvantitatívne vyjadrený rovnicou $E = mc^2$ (kde E je energia, m jej zodpovedajúca masa, c rýchlosť svetla) hovorí, že mase (a jej zmenám) zodpovedá vždy v presnom pomere určitá energia (a jej zmeny), že teda látka (častice) má vnútornú energiu, že i v pokoji v nej prebieha pohyb, a že pole (žiarenie) má vždy aj určitú masu (i keď sa táto, kvalitatívne líši od masy častíc). Vzťah, ktorý odvodil Einstein, platí všeobecne, teda pre každú masu a pre každý druh energie. V teórii relativity bola tiež zovšeobecnená už spomenutá závislosť masy od pohybu, odvodená dotedy iba pre elektricky nabité častice. Einstein ukázal, že masa určitého fyzikálneho objektu sa blíži k nekonečnu, keď sa rýchlosť jeho pohybu blíži rýchlosti svetla. Masa je teda premenlivá veličina.

Zákon súvislosti masy a energie nazýva sa tiež zákonom ekvivalencie masy a energie. Táto ekvivalencia sa však často nesprávne chápe ako totožnosť masy a energie, ich vzájomná premenlivosť. K takémuto chápaniu vedú vraj aj viaceré experimentálne fakty, v ktorých sa uvedená relácia, uplatňuje, a ktoré zdanlivo potvrdzujú aj jej idealistickú interpretáciu. Treba totiž povedať, že uvedený zákon má významné postavenie a široké uplatnenie pri skúmaní problémov atómovej fyziky a hlavne v jadrovej fyzike a pri štúdiu elementárnych častíc.

Ako jeden z dôkazov správnosti idealistickej interpretácie zákona súvislosti masy a energie sa uvádza tzv. defekt masy, s ktorým sa stretávame pri jadrových reakciách. Tak napr. bombardovaním lítia rýchlymi protónmi (vodíkovými jadrami) vznikajú za určitých podmienok dve alfa-častice (jadrá hélia). Súčet pokojových mäs pred reakciou a po nej nie je rovnaký. Dve alfa-častice majú menšiu pokojovú masu ako je súčet pokojových mäs jadra lítia a protónu. Pri reakcii teda dochádza akoby k úbytku masy, ktorý úbytok sa práve nazýva defektom masy. Defekt masy sa údajne mení na energiu. Pri takomto tvrdení sa prehliada to, že jednak masa alfa-častíc, rozletujúcich sa veľkou rýchlosťou, narastá, ako to vyplýva z teórie relativity, a že ďalej pri reakcii vzniká žiarenie, ktoré má taktiež masu. Keď sa ku pokojovej mase alfa-častíc pripočíta vzrast

masy v dôsledku ich pohybu a masa žiarenia, zistí sa, že k úbytku masy nedošlo, že sa zmenšila iba pokojová masa, ale nie masa vôbec. Zákon zachovania masy i zákon zachovania energie ostávajú v platnosti. Pokiaľ ide o energiu, dochádza k novému rozdeľaniu energie pôvodnej sústavy, podľa zákona súvislosti masy a energie, ale bez straty energie, alebo jej vzrastu na úkor masy.

Ako ďalší príklad by bolo možno uviesť tvorenie sa atómového jadra z jednotlivých nukleónov, keď súčet máš zložiek je väčší ako masa novovzniknuteľného jadra. Tento jav je však rovnako vysvetliteľný zo zákona súvislosti masy a energie.

Inou skupinou javov, ktoré zdanlivo potvrdzujú idealistickú interpretáciu zákona súvislosti masy a energie, je jav tzv. anihilácie hmoty, t. j. premena dvojice častice a antičastice na fotóny a naopak (napr. premena elektrónu a pozitronu na dva fotóny). Podľa idealistického vysvetľovania tu dochádza k premene masy (či dokonca hmoty) na energiu, alebo pri opačnom pochode k premene energie na masu (či hmotu). V prvom prípade sa hovorí o anihilácii, zničení hmoty, v druhom o tvorení sa hmoty. K prekrúteniu skutočnej povahy a významu týchto javov dochádza tým, že sa fotóny, kvantá elektromagnetického poľa, častice svetla považujú za čistú energiu, za „čistý“, t. j. nehmotný pohyb. Ale svetlo nie je „čistý“ pohyb, ani čistá energia, pretože fotóny majú aj masu (elektromagnetickú).

Dali by sa uviesť ešte ďalšie javy, ktoré „fyzikálni“ idealisti využívajú na podporu energetizmu (napr. deje pri výbuchu atómovej bomby a pod.). Ale aj z uvedeného vidno, že ku komolieniu skutočného fyzikálneho významu zákona súvislosti masy a energie a k nesprávnemu výkladu javov tzv. defektu masy, „anihilácie“ hmoty a javov podobných, dochádza hlavne preto, že sa stotožňuje masa s látkou, že sa prehliada rozdiel medzi pokojovou masou a inými druhmi masy. Filozofický chaos nastáva, keď sa látka a masa stotožnia priamo s hmotou a energia s pohybom. Ku komolieniu dochádza ďalej tiež preto, že sa stotožňuje pole a energia, a prehliada sa fakt, že aj pole má masu, ktorá je síce proporcionálna energii, ale nie je s ňou totožná. A konečne nesprávne závery vznikajú aj preto, že sa uvedená rovnica chápe povrchné a formalisticky, totiž tak, že keď je medzi masou a energiou znak rovnosti, sú tieto niečo celkom rovnaké, totožné, že sa môžu zamieňať, jedna na druhú prechádzať.

No za týmito na prvý pohľad omylmi v rámci vedy samotnej skrýva sa hlbšia príčina: Uvedomelé alebo živelné postavenie sa niektorých vedcov na stanovisko „fyzikálneho“ idealizmu, prehliadanie, podceňovanie alebo apriórne nepriateľský pomer k dialekticko-materialistickej filozofii. Komolenie významu tohto zákona a využívanie jeho nesprávnej interpretácie na podporu idealistickej filozofie je také staré ako zákon sám. Jeho tvorca, Einstein, nevykladal fyzikálny i filozofický obsah tohto zákona vždy rovnako a napriek niektorým v podstate správnym výrokom o ňom, veľmi často upadal pri jeho interpretácii do idealizmu. Čitateľ si môže porovnať napr. Einsteinove výroky o vzťahu masy a energie v jeho populárnovedeckej knižke (napísanej spolu s L. Infeldom) *Fyzika ako dobrodružstvo poznania*. Píše sa tam: „Podľa teórie relativity nie je podstatný rozdiel medzi hmotou a energiou. Energia má hmotu a hmotu predstavuje energiu“ (127). A na inom mieste: „Z teórie relativity vieme, že hmota predstavuje nesmiernu zásobáreň energie, a že energia znamená hmotu. Takto nemôžeme kvalitatívne rozlišovať medzi hmotou a polom, lebo rozdiel medzi masou a energiou nie je kvalitatívny. Ďaleko najväčšia časť energie sa sústreďuje v hmote; ale pole, ktoré obkolesuje teleso, predstavuje tiež energiu, aj keď v neporovnateľne menšej miere“ (tamtiež, 155). O kúsok ďalej navrhuje vytvoriť fyziku bez pojmu hmoty, lebo to, „čo pôsobí na naše zmysly ako hmota, je v skutočnosti veľká koncentrácia energie na pomerne nepatrnom priestore“ (156). Takto by sa vraj vytvorilo „nové filozofické pozadie“ pre úvahy fyzikov. Vidíme,

kam priviedla terminologická motanica (ktorá u pojmov hmota, masa, látka existuje ešte aj dnes u nás) a hlavne filozofická nejasnosť problematiky takého vedca ako bol Einstein, ktorého v nijakom prípade nemožno označovať za falzifikátora vedy. Einstei-
nove chyby veľakrát, a často úmyselne, keď nie pre inú príčinu, tak aspoň pre senzač-
nosť formulácií, zopakovali iní vedci, popularizátori a filozofujúci fyzici — idealisti.
Bolo by možno citovať veľa výrokov Jeansa, Eddingtona, Jordana, Heisenberga, Darrowa
a mnohých ďalších, kde by sme sa stretli s obdobnými názormi.

Chybná interpretácia zákona vzájomnej súvislosti masy a energie a s tým súvisiace
omyly pri výklade takých javov ako defekt masy, či anihilácia, má neblahé dôsledky,
aj pri budovaní rôznych fyzikálnych teórií a hypotéz. Napríklad Jeans už dávno pro-
pagoval myšlienku, že zdrojom energie Slnka a hviezd je ničenie, zánik (anihilácia)
hmoty v týchto telesách, ktorá sa pritom mení na nehmotné žiarenie, energiu.

Takáto interpretácia vzťahu masy a energie sa stretáva s veľkým porozumením aj
u idealistických filozofov, ktorí sa nezaoberajú bezprostredne problémami vedy, ale
snažia sa v stopách tradičnej filozofie vytvoriť nejaký ucelený filozofický systém, ako
základ idealistického svetonázoru. Ako príklad uveďme nedávno zosnulého francúzskeho
katolíckeho filozofa P. Teilharda du Chardin, ktorý sa pokúšal o idealisticko-evolu-
cionistické vysvetlenie sveta. Podľa neho, základom sveta je energia, z praoceánu ktorej
vzniká hmota a celý materiálny svet. Nakoniec stotožňuje túto prvotnú energiu s duchov-
nou. Je zrejmé, že ako vedecké dôkazy, potvrdzujúce jeho konštrukciu výdatne využil
aj vyššie uvedené mylné názory filozofujúcich fyzikov. Píše napr.: „Z energetického
hľadiska, obnoveného v súvislosti s javmi rádioaktivity, hmotné častice sa môžu dnes
chápať ako prechodné zásobárne skoncentrovanej sily. Energia, s ktorou sa v skutočnosti
nikdy nestretávame v čistom stave, ale vždy vo viac alebo menej zrnitej, časticovej
forme (už aj pri svetle!), predstavuje dnes pre vedu najelementárnejšiu látku univerza“
(Phénomene humain, Paríž 1956, 37). Hľa, špekulatívny filozof a „moderná“ prírod-
veda stoja na rovnakom stanovisku! Poznamenajme len, že podobne ako Teilhard dovo-
ľávajú sa skomolenej vedy na podporu svojej filozofie a náboženstva aj novotomisti.

Skutočný filozofický význam zákona súvislosti masy a energie a ďalších poznatkov
fyziky, ktoré ho potvrdzujú spočíva v tom, že ukazuje nerozlučiteľnú spätosť hmoty
a pohybu, že prehľbuje naše chápanie o konkrétnych prejavoch tejto spätosti a dáva
materiál pre ďalšie rozpracúvanie tohto princípu materialistickej filozofie. Po pred-
chádzajúcich výkladoch musí byť zrejmé, že to nemožno chápať tak, že masa v tomto
zákone reprezentuje azda to, čo vo filozofii nazývame hmotou a že energia reprezentuje
pohyb. Pojem hmoty alebo pohybu nemožno stotožňovať s nijakým pojmom špeciálnej
vedy, odrážajúcim určitú stránku, vlastnosť hmoty. Obe tieto fyzikálne kategórie vy-
jadrajú určité všeobecné vlastnosti pohybujúcej sa hmoty. Brané izolovane, stávajú sa
jednostrannými a pri absolutizácii tejto izolovanosti dochádza k ich metafyzickému alebo
idealistickému chápaniu. To však protirečí uvedenému zákonu, súčasnej fyzike.

Boj materializmu a idealizmu okolo pojmov masy a energie mal veľký význam aj
pre osvojovanie si správneho dialektického prístupu filozofov i fyzikov k vedeckým
pojmom. V priebehu tohto boja a diskusií sa fyzici a filozofi učili, — ako to názorne
ukazuje aj spomínaná sovietska diskusia — nezjednodušovať poznatky fyziky pri ich
filozofickej interpretácii, chápať vedecké pojmy v ich vývine a zložitých vzájomných
súvislostiach.