

ZÁKON ZACHOVANIA ENERGIE A KAUZALITA

MILAN ZIGO

Vzájomná súvislosť zákona zachovania energie a fyzikálnych zákonov zachovania vôbec s kategóriou a princípom kauzality sa vo filozofickej i fyzikálnej literatúre občas konštatuje, zväčša sa však od tohto konštatovania nejde ďalej. Neskúma sa podrobnejšie charakter tejto súvislosti, spôsoby jej prejavovania v dejinách fyziky i v súčasných fyzikálnych teóriách, jej spätosť so základnými fyzikálnymi i filozofickými koncepciami objektívnej reality atď. Tento stav sa dá vysvetliť azda tým, že hoci uvedený zákon práve tak ako pojem a princíp kauzality majú vo fyzike, ale aj vo filozofii (tu najmä v ontologických a metodologických úvahách) významné postavenie, a teda skúmanie ich vzájomnej súvislosti je bezpochyby užitočné i potrebné, predsa len nie je a nemôže byť nejakým ústredným problémom týchto disciplín. Okrem toho je situácia sťažená tým, že na jednej strane sa stretávame s mnohými navzájom dosť odlišnými ponímaniami pojmu kauzality a formuláciami princípu príčinnosti vo fyzike i filozofii a na druhej strane nie inak je to, aj pokiaľ ide o chápanie obsahu a dosahu zákona zachovania energie.¹ Na jednej i druhej strane skúmanej súvislosti máme teda značne neostro určené členy, medzi ktorými skúmaná súvislosť existuje. Uvedomujeme si, že v tejto stati sa miestami dosť vágne používajú pojmy kauzálny vzťah, princíp kauzality a pod., no nazdávame sa, že je to dané do značnej miery samým materiálom. Avšak spresnenie týchto pojmov v reláciách, ktoré nás tu zaujímajú, samo by si vyžiadalo prinajmenšom samostatnú obsiahlu štúdiu. V našom skúmaní sme sa usilovali aspoň o to, aby z kontextu bolo zrejmé, kde máme na mysli kauzálny vzťah, kde princíp kauzality a kde oboje zároveň.

Cieľom predloženej state nemôže byť, pravdaže, nejaká všestranná analýza skúmanej súvislosti. Zameriavame sa v nej iba na niektoré jej aspekty, ktoré majú taký, či onaký vzťah k používaniu zákona zachovania energie ako argumentu dialektického materializmu, pričom sa pokúšame načrtnúť niektoré možnosti hlbšieho postihnútia vlastností tohto vzťahu a ich pôvodu.

¹ Na niektoré problémy súvisiace s týmto druhým momentom sme poukázali v stati *K filozofickému významu zákona zachovania energie*, *Otázky marxistickej filozofie* (1965), č. 2.

Je známe, že z objaviteľov zákona zachovania energie to bol práve Mayer, ktorý sa najviac zamýšľal nad teoretickými aspektmi tohto zákona a vynaložil nemalé úsilie, aby tento zákon zdôvodnil nielen empiricky, ale aby zároveň dokázal jeho súlad so základmi vedeckého, fyzikálneho myslenia. Preto veľmi zdôrazňoval tzv. logický dôkaz uvedeného zákona, ktorým rozumel jeho vyvoditeľnosť z princípu kauzality.² Konečne, tohto princípu sa dovoľával aj Helmholtz a viac alebo menej je myšlienka, že teoretickou oporou nového zákona je princíp kauzality, obsiahnutá v názoroch všetkých jeho objaviteľov, nehovoriac už o jeho prehistórii. Helmholtz sa však neskôr od takéhoto postupu dištancoval a analýza jeho pôvodnej argumentácie by ukázala, že odvolávanie sa na princíp kauzality je u neho skutočne pochybné, značne formálne, pričom aj to, čo týmto princípom rozumie, nie je príliš určité (princíp kauzality mu do značnej miery splyva so zákonom dostatočného dôvodu). To nás oprávňuje sústrediť sa v našom rozbere na Mayerove myšlienky. Pravda, okolnosť, že presvedčenie o spojitosti zákona zachovania energie s princípom kauzality bolo u jeho objaviteľov všeobecné, bezpochyby treba zaregistrovať, pretože má prinajmenšom symptomatický význam.

Názor, že Mayer *odvodil* tento zákon z princípu kauzality, je pomerne bežne rozšírený. Pohľad na jeho postup pri formulovaní a zdôvodňovaní tohto zákona akoby potvrdzoval tento názor. Vo svojej prvej publikovanej práci zhrňuje svoj program do dvoch bodov: a) objasniť, čo sa rozumie „silami“, b) preskúmať, aká je medzi nimi súvislosť. Teoretickým jadrom a zároveň východiskom všetkých ďalších úvah sú tieto myšlienky: „Sily sú príčiny. Možno teda na ne aplikovať základný princíp: *causa aequat effectum*. Ak príčina c má účinok e , potom platí $c = e$. Ak e je opäť príčinou nejakého iného účinku f , platí $e = f$, teda $c = e = f = \dots = c$. V reťazci príčin a účinkov sa nikdy jeden člen, či časť nejakého člena — ako to vyplýva z povahy rovnice — nemôže stať rovným nule. Túto prvú vlastnosť všetkých príčin nazývame *nezničiteľnosťou* ... Keďže c prechádza v e , e v f atď., musíme tieto veličiny považovať za rôzne formy prejavu jedného a toho istého objektu. Schopnosť nadobúdať rozličné formy je druhou podstatnou vlastnosťou príčin. Berúc obe vlastnosti súčasne, hovoríme: Príčiny sú (kvantitatívne) *nezničiteľné* a (kvalitatívne) *meniace* sa objekty.“³

Mayer teda analyzuje vlastnosti energie („sily“) prostredníctvom analýzy vlastností kauzálneho vzťahu. Oprávnenie pre to nachádza v presvedčení, ktoré kladie ako východiskový postulát, že totiž „sily sú príčiny“. V tejto analýze sa vlastne formuje jeho poňatie zákona zachovania energie. Vyzerá to, akoby sa tento zákon naozaj odvodzoval z princípu kauzality.

Obstojí však uvedený postulát? Bunge dokazuje, že nie a že autorita princípu kauzality, o ktorý Mayer opiera svoj zákon, je iba zdanlivá. Dôvod toho spočíva v nevyjasnenosti pojmu sily. Bunge vysvetľuje: „Sily sú príčiny (to je správne,

² Pozri B. Hell, J. R. Mayer, Stuttgart 1925, 76 n.

³ J. R. Mayer, *Die Mechanik der Wärme*, Leipzig 1911, 3—4.

ak sa termínom „sila“ *neoznačuje* energia), teda sily sa zachovávajú (čo je správne, ak termín „sila *označuje* energiu“).⁴

Ako je známe, vo fyzike sila reprezentuje príčinu pohybu, zmeny fyzikálneho stavu objektu (sústavy). Ak by bol mal Mayer na mysli tento význam termínu „sila“, východiskový postulát by bol nesporný. Zároveň by však bola sporná nasledujúca časť úvahy o kvalitatívnej premene „síl“, pretože s pojmom sila sa nespájajú nijaké kvalitatívne predstavy. Sila je veličina, ktorá vyjadruje veľkosť (a smer) pôsobenia. Fyzika v tom čase pozná už množstvo navzájom kvalitatívne principiálne odlišných pôsobení, pri skúmaní ktorých nie je dôležité postihnúť len ich kvantitatívny aspekt, ale treba prihliadať aj ku kvalitatívnym stránkam, k transformácii javu riadiaceho sa istým typom zákonov na jav podliehajúci odlišným zákonom. Pravda, fyzika musí aj tento moment kvalitatívnej premeny postihnúť kvantitatívne, nájsť veličinu, ktorá by „preklenula“ tieto zmeny, ktorá by pri nich ostávala stálou. Touto veličinou je „sila“ v jej druhom význame, pre ktorý sa pozdejšie ustáli termín energia. Energiu nemožno stotožňovať s príčinou, či účinkom. Avšak je to miera pôsobenia, a preto nie je irelevantná k pojmu i princípu kauzality. Sila a energia sú dva rôzne pojmy (veľičiny), ktorými fyzika postihuje určité stránky vzájomného pôsobenia. Keďže základným metodologickým inštrumentom na postihnutie vzájomného pôsobenia (čiže pohybu) bol a ostáva pojem kauzality, oba tieto fyzikálne pojmy majú k nemu priamy vzťah. To, že u Mayera sa objavuje povedľa pojmu sily nový pojem, pojem energie, nemohlo ostať bez vplyvu na ponímanie fyzikálneho pôsobenia, a teda aj príčinnosti.

Namiesto jednosmerného vyvodzovania zákona zachovania energie z princípu kauzality sa u Mayera stretávame s dvoma navzájom prepletenými krokmi: s formuláciou všeobecného fyzikálneho zákona zachovania energie a zároveň so zásahom do ponímania kauzality, príčinného pôsobenia a kauzálneho vzťahu. Mayer, podľa všetkého nevedomky, pozmeňuje ponímanie kauzality tak, aby sa z neho dal „vyvodiť“ zákon zachovania energie; teda to, čo má byť vyvedené, dokázané, už vopred pozmeňuje to, z čoho sa má vyvodiť, čím sa má dokazovať. Nemožno poprieť, že princíp kauzality hral v Mayerových úvahách výraznú úlohu podnetu, no po tom, čo sme povedali, nemožno ani tvrdiť, že zákon zachovania energie z tohto princípu skutočne vyvodil. To je ilúzia, ktorá pri bližšom skúmaní neobstojí. Máme tu do činenia s dvoma existenčne spätými, ale súčasne špecifickými aspektmi fyzikálneho vyjadrenia *jednoty prírody*. Súvis, ba v určitom zmysle splývanie tohto zákona a princípu vyplýva z toho, že sú to dva výrazy jednej z fundamentálnych axiém všetkého prírodovedeckého bádania i materialistického ponímania prírody, ktorú už antika vyjadrila vo vete, že nič z ničoho nevzniká a nezaniká v nič.

Ostatné to „prepletenie“, s ktorým sa stretávame u Mayera, má už dlhú tradíciu i pred ním, a to nielen vo filozofickej rekonštrukcii prírodného diania, ale aj v novovekej vede. Je dané tým, že veta *causa aequat effectum*, ktorá v mechanistickom období predstavovala jadro ponímania kauzálneho vzťahu i princípu

⁴ M. B u n g e, *Príčinnosť*, Moskva 1962, 248.

kauzality (ak sa na ňu dokonca celkom neredukovali), je zároveň najvšeobecnejším vyjadrením princípu konzervácie. Objavenie zákona zachovania energie tento súvis potvrdilo, ale dalo mu nový, hlbší obsah. Všeobecne platí, že princípu kauzality v sebe vždy zahrňuje uznanie zachovania energie a naopak, zákon zachovania energie — a to aj ako zákon zachovania, aj ako zákon premeny — predpokladá platnosť princípu kauzality. Vyplyva to z toho, že oba vyjadrujú samotný fakt existencie aktivity fyzikálnych objektov a jej prejavu, t. j. pôsobenia.⁵

Toto pôsobenie, „zrodenie“, „zapríčinenie“ je v samej svojej podstate nemysliteľné, ak nedochádza k odovzdávaniu (prenosu) hmoty a pohybu od jestvujúceho k vznikajúcemu. V tomto zmysle (a zároveň iba v tomto) možno povedať, že kauzálny vzťah má substanciálnu povahu a tu sa zároveň jasne prejavuje objektívny charakter kauzálnej súvislosti.⁶ Vo fyzike sa to, čo sa prenáša, vyjadruje pomocou takých veličín, ako sú masa, energia, impulz, elektrický náboj a pod., t. j. veličín, ktoré podliehajú zákonom zachovania. Pritom energia vystupuje ako najvšeobecnejšia miera fyzikálneho pohybu. Preto prenos energie je z fyzikálneho hľadiska nutným momentom každého kauzálneho pôsobenia a vôbec predpokladom existencie kauzálnych vzťahov.

Veta o rovnosti príčiny a účinku slúžila však už ako teoretické východisko Leibnizovi (a po ňom napr. J. Bernoullimu) pri odvodzovaní jeho zákona zachovania „živej sily“. „Ak by sa živá sila mohla zväčšovať,“ argumentoval Leibniz, „dostali by sme účinok mocnejší, ako je príčina, a teda večný mechanický pohyb, čiže taký, čo by mohol reprodukovať svoju príčinu a ešte voľačo navyiac, čo je však absurdné. Ale ak by sa sila mohla znižovať, nakoniec by celkom zmizla. Nikdy by sa totiž nezväčšovala, ale nepretržite len znižovala, a tak by čoraz viac upadala, čo nepochybne nemožno dať do súladu so zákonitosťou vecí.“⁷ Táto rovnosť sa vzťahuje aj na kvalitatívnu stránku príčiny a účinku, čo možno vidieť z Leibnizovej polemiky s tými, ktorí proti zákonu zachovaniu „živej sily“ „namietajú, že dve mäkké alebo nepružné telesá, narážajúc na seba, strácajú svoju silu. Odpovedám: nie. Je pravda, že telesá ako celky strácajú silu vzhľadom na celkový pohyb, ale časti telesa získavajú pohyb v dôsledku vzájomnej zrážky. A tak táto strata sily je iba zdanlivá. Sily sa neničia, iba sa rozdeľujú medzi maličké častice. To neznamená ich stratu, ale deje sa s nimi to isté, k čomu dochádza pri rozmeňovaní veľkej mince na drobné“.⁸ V procese zmeny sily, pri prechode príčiny v účinok, nedochádza teda ku kvalitatívnej zmene. Potom „celkový účinok môže reprodukovať celkovú príčinu, alebo niečo jej podobné“. Príroda, na ktorú je takéto ponímanie kauzality aplikovateľné, nie je kvalitatívne

⁵ Je teda dosť dôvodov zahrnúť takto ponímaný zákon zachovania energie do všeobecnej formulácie princípu kauzality, ako to robí A. Polikarov (*Otnositelnost i kvanti*, Sofia 1963, najmä 317—318). No s tou výhradou, že táto „všeobecná formulácia“ je iba jedna z možných formulácií.

⁶ *Problema pričinnosti v sovremennoj fizike*, Moskva 1960, 60.

⁷ G. W. Leibniz, *Mathematische Schriften*, zv. 6, Halle 1860, 219.

⁸ *Recueil de lettres entre Leibniz et Clarke*. Oeuvres philosophiques, zv. 2, Paris 1866, 673—674.

diferencovanou prírodou, je to jednokvalitatívna príroda.⁹ Príčina a účinok nie sú vlastne ekvivalentné, ale v konečnom dôsledku totožné.

V ponímaní príčinnosti, založenom na vete o rovnosti príčiny a účinku, s ktorým sa stretávame u Leibniza a v celej mechanistickej prírodovede a filozofii, pripúšťa sa teda zmena, ale táto zmena nie je vznikom nového a týka sa najvyššiemu fenoménu, ale vôbec nie podstaty. Genetický moment, tak podstatný pojem a princíp kauzality, je tu celkom potlačený. Čo „vzniká“, je už hotové, dané v predošlom. Leibnizova fyzika stojí na rovnakých logických základoch ako preformistická biológia. Preformizmus je iba špecifickou demonštráciou logiky mechanicizmu.

Z rovnakej základnej vety o rovnosti príčiny a účinku vychádza, ako sme videli, aj Mayer. No na rozdiel od Leibniza (a ďalších vedcov-mechanistov) výslovne zdôrazňuje kvantitatívno-kvalitatívny charakter síl. Uvedená veta platí iba pre kvantitatívny aspekt. Preto keď skúmame proces dozrievania myšlienky o zákone zachovania energie u Mayera, vnucuje sa nám záver, že k takémuto chápaniu spomenutej vety ho neprivedla logická analýza princípu kauzality, ale naopak jeho štúdium premien energie. Aby sa táto veta dala použiť na to, na čo ju potreboval Mayer, bolo ju treba pozmeniť tak, aby zároveň vyjadrovala konštantnosť energie i jej premeny. Ak sa Mayerova formulácia vety „*causa aequat effectum*“ líši od Leibnizovej formulácie, je to dôsledok odlišného ponímania „sily“ (energie). Teda to nové, čo sa do tejto vety dostáva, nie je logického pôvodu (hoci má eminentný význam pre zmenu myslenia vo fyzike a sprostredkovane vo vedách vôbec), ale je to zovšeobecnenie a logické zahrnutie i vyjadrenie toho prínosu, ktorý je spätý s formulovaním pojmu energie a zákona jej zachovania. A tak sa u Mayera stretávame s tým, že zmena v obsahu zákona zachovania energie, jeho premena (ak sa tak možno vyjadriť) zo zákona *mechaniky* na všeobecný, fundamentálny *fyzikálny* zákon vedie k zmene ponímania kauzality. Navonok rozmýšľa o kauzalite tak, ako sa o nej uvažovalo v mechanizme, ale obsah tohto pojmu (a v spojitosti s tým i princípu) je u neho už odlišný. Do pojmu kauzality vo fyzike vstupuje moment kvalitatívnej premeny, tento pojem sa stáva konkrétnejším, obsažnejším. Odtiaľ sa aj vo fyzike pri kauzalite uvažuje okrem konzervatívneho substanciálneho momentu aj moment zmeny, genézy. Nakoľko však fyzika nie je vedou o vývine (alebo je takou iba v malej miere), je tento moment pochopiteľne najčastejšie v úzadí.

II

Tým, že svoj zákon zachovania energie spájal Mayer s princípom kauzality, zavedol do fyziky nové ponímanie príčinnosti. Príčina je u neho zmenou, pohybom. „Zdôrazňujúc, že príčina je to, čo podlieha premene a súčasne sa kvantitatívne zachováva, kritizuje Mayer Pffafov názor, podľa ktorého sila je príčina, ktorá vyvoláva stále nové účinky, ale pritom sa nemení (napr. gravitačná sila ako príčina pádu telesa).“¹⁰ Mayerova polemika s Pffafom bola vlastne sporom

⁹ Porovnaj E. Meyerson, *Identité et réalité*, Paris 1926, 19 n.

¹⁰ W. Krajewski, *Filozoficzne szkice*, Warszawa 1963, 104–105.

o to, či sa kauzálne pôsobenie dá vo fyzike vyjadriť aj inak než pomocou mechanického pojmu sily, sporom o nové, všestrannejšie postihnutie tohto pôsobenia prostriedkami fyziky. Vo svojej podstate to bol spor metafyzickej mechanistickej koncepcie fyziky so zárodkami nového, dialektického prístupu k nej.

Podľa Krajewského u Mayera sa vzťah príčiny a účinku už nechápe ako vzťah dvoch vecí alebo vlastností vecí, ale ako vzťah dvoch udalostí. V tom je práve podstata citovaného tvrdenia, že Mayer chápe príčinu ako zmenu, ako pohyb. Zákon zachovania energie, ako ho poníma Mayer — a povedali sme, že je to najvšeobecnejšie poňatie tohto zákona — je nástroj, ktorý umožňuje, či presnejšie, v konečnom dôsledku si vynucuje také chápanie fyzikálneho pôsobenia, v ktorom sa do popredia dostáva imanentná procesualnosť, dynamický charakter prírody. Substanciálny moment, o ktorom sme hovorili, pri ponímaní kauzálneho vzťahu pravdaže ostáva, ale dôraz sa už prenáša na moment aktivity, ktorá sa chápe ako schopnosť zmeny. Aj substancionalnosť sa tu už vlastne nevzťahuje na látku, ale na samu aktivitu.¹¹ Aj naďalej je nesporné, že príčina a účinok ako udalosti sú späté s vecami, ale túto okolnosť zákon zachovania energie nevyjadruje. Tento zákon umožňuje v samotnom procese pôsobenia, t. j. prejavania sa aktivity vecí postihovať protikladné, ale nutne späté stránky tohto pôsobenia: kvantitatívnu nezničiteľnosť aktivity (teda jej substanciálny charakter) a samotné pôsobenie, ktoré nakoľko je pôsobením, musí byť vždy zmenou.

Táto kvalitatívna zmena má pre fyziku mimoriadny metodologický význam. Ak má totiž byť vôbec možné zistenie kauzálneho pôsobenia, musí sa predpokladať uzavretá (presnejšie, relatívne uzavretá) fyzikálna sústava. Takouto sústavou je vo všeobecnosti tá sústava, energia ktorej ostáva konštantná, nevymieňa energiu s okolím. Potom zmena kvantity energie môže pochádzať iba z vonkajšieho pôsobenia. Môžeme však sústavu tak rozšíriť, že do nej zahrnieme aj zdroje vonkajšieho pôsobenia. Potom toto pôsobenie, teraz už vnútri sústavy, nebude sa dať zistiť kvantitatívnu zmenou energie, ale prejaví sa kvalitatívnou premenou časti (alebo všetkej) energie tejto sústavy. Zákon zachovania energie ako zákon zachovania a premeny potom slúži ako prostriedok na prevedenie vonkajšieho pôsobenia na vnútorné, ale tiež na skúmanie samotného vnútorného pôsobenia.¹² Tc však teraz nechávame stranou, hoci to veľmi dobre dokumentuje existenciu prvkov dialektiky v tomto zákone. Chceli sme len ukázať, že kým zachovanie je nutným predpokladom kauzálnej analýzy fyzikálneho diania, akýmsi pozadím, pri existencii ktorého je táto analýza jedine možná, premena je to, čím sa vy-
stihuje kauzálne pôsobenie v jeho konkrétosti.¹³

¹¹ „... ak príčinou je nejaká sila, účinkom bude tiež akási sila“. A o kúsok ďalej: „Sila, ktorá je raz daná, nemôže sa stať rovnou nule, ale môže sa iba premeniť na inú formu...“ Mayer, c. d., 5—6. Netreba osobitne rozvádzať, že tieto výroky sú dvojznačné a okrem možnosti dialektického prístupu skrýva sa v nich aj nebezpečenstvo metafyzického (a substancionalistického) energetizmu.

¹² Práve na využití týchto kvalitatívnych premien energie uzavretej sústavy spočíva Planckov pokus o najvšeobecnejšiu formuláciu zákona zachovania energie. Pri nej sa uvažujú iba zmeny pomerov medzi formami celkovej energie sústavy. Pozri M. P l a n c k, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig 1921, 112 n.

¹³ Ani jedno, ani druhé však neopodstatňuje pokus o stotožnenie tohto zákona s princípom

Tento charakter zákona zachovania energie a takéto ponímanie kauzality sa nám objavuje, keď rekonštruujeme cestu, ktorou sa uberali Mayerove všeobecne úvahy pri formulovaní tohto zákona. No len čo tu raz tento zákon bol, mohol sa — a v súvislosti s ním aj pojem a princíp kauzality — chápať aj inak. Mayer odvodzoval fakticky svoj zákon zo skúmania konkrétnych premien energie, pri ktorých hľadal nejaké konštantné pomery (ekvivalenty) pre všetky vtedy známe základné typy fyzikálnych premien, a keď ich našiel, našiel tým hľadaný zákon. Kým skúmanie konkrétnych fyzikálnych procesov, premien bolo nutnou podmienkou zdôvodnenia a vôbec objavenia tohto zákona, v hotovom zákone tento konkrétny moment je potlačený a vlastne ani nevstupuje do jeho striktnej fyzikálno-matematickej formulácie, ktorú vypracoval na základe určitého teoretického (v podstate mechanistického) modelu fyzikálneho diania Helmholtz.¹⁴ Ale aj v Mayerových prácach sa moment premeny dostáva do úzadia, z energie ako kvantitatívno-kvalitatívnej veličiny sa stáva abstraktná, a to najvšeobecnejšia miera fyzikálneho pohybu, ktorá pri charakterizovaní fyzikálnych procesov vystupuje najčastejšie ako funkcia stavu tej-ktorej fyzikálnej sústavy. Tento proces je z hľadiska potrieb fyziky progresívny, chybou však je, že abstrakcia od explicitného uvažovania kvalitatívnej stránky tohto zákona sa chápe ako jej negácia, že sa zabúda, že tu ide o určité — hoci nutné a užitočné — zjednostranenie.

Opierajúc sa o zákon zachovania energie, kladie Mayer základy fenomenologickej termodynamiky. Zmena stavu sústavy tu nemá príčinnú povahu a nepodlieha kauzálnej analýze. Určuje sa proste zmenou parametrov, medzi ktoré patrí aj energia. Kauzálny opis diania je tu nahradený jednoduchším — funkčným opisom. Na prvý pohľad sa tento postup podobá postupu známemu z klasickej mechaniky, keď sa kauzálne pôsobenie tiež zachycovalo závislosťou nasledujúceho stavu od predchádzajúceho, pravda, s tým podstatným rozdielom, že v mechanike pri tomto určovaní (bezprostredne alebo sprostredkovane) vystupuje pojem sily, ktorý práve reprezentuje kauzálne pôsobenie. Vo fenomenologickej termodynamike sa však nestretávame s ničím podobným.¹⁵ Rozšírenie tohto prístupu na celú fyziku, umožnené tým, že pojem energie patrí medzi najvšeobecnejšie pojmy fyziky a dá sa použiť v ktorejkoľvek jej oblasti ako funkcia stavu, viedol pri absolutizácii k energetizmu.

Keď zhrnieme všetko, čo sme povedali o Mayerovom poňatí zákona zachovania energie a s ním spätom chápaní kauzality, zistíme, že spolu s výraznými prvkami dialektiky sa u neho stretávame aj s momentmi metafyzického substancializmu. Tam, kde uprednostňoval moment premeny energie a od neho odvodzoval jej zachovanie, odchyľovalo sa aj jeho ponímanie kauzality od substancialistického chápania a poskytovalo možnosti pre vytvorenie predstavy nekonečne diferencovaného sveta, ktorú, opierajúc sa do veľkej miery o takto pochopený zákon zachovania energie, formuloval o niečo pozdejšie na filozofickej rovine Engels.

kauzality, jeho označenie za „najvšeobecnejší fyzikálny pojem kauzality“, ako to robí vo veľmi zaujímavej a podnetnej monografii A. Mittasch (*J. R. Mayer's Kausalbegriff*, Berlin 1940, 30 n.).

¹⁴ H. Helmholtz, *Über die Erhaltung der Kraft*, Leipzig 1915.

¹⁵ O „akauzálnom“ charaktere tejto disciplíny pozri napr. Bunge, c. d., 287—288, 297 a i.

Tam, kde prevažoval abstraktne všeobecný moment tohto zákona, menilo sa aj ponímanie kauzálneho vzťahu tak, že príčina a účinok vystupovali iba ako dva rozličné a rovnocenné prejavy toho istého. V pozadí stála koncepcia energie ako základnej substancie sveta, ktorá sa Mayerovi neodbytno vnucovala, hoci nikdy ju širšie nerozvídal a kolísal medzi prvým a druhým stanoviskom. Preto iba sčasti možno o Mayerovej koncepcii kauzality hovoriť ako o takej, ktorá by viedla k predstave o uniformite sveta.¹⁶ Mayerovo poňatie bolo skôr rázcestím, z ktorého sa dalo ísť rôznymi smermi.

Z doterajšieho výkladu vyplývajú dva základné závery: Po prvé, zákon zachovania energie sa nevyvodzuje z princípu kauzality, ani naopak, avšak zákon a princíp sú navzájom úzko existenčne späté. Po druhé, táto existenčná spätosť sa prejavuje predovšetkým tým, že kauzalita sa chápe tak, ako sa poníma zákon zachovania energie, a naopak. Posledné tvrdenie treba rozšíriť v tom zmysle, že to, čo sme povedali o zákone zachovania energie (vzhladom na kauzalitu), možno povedať o každom zákone zachovania. Teda všeobecne povedané, jestvuje úzka spätosť medzi ponímaním kauzality (kauzálneho vzťahu i princípu kauzality) a ideou zachovania, ktorú vyjadrujú rôzne zákony zachovania. Bezprostredne to možno vzťahovať na tie zákony zachovania, ktoré majú priamy vzťah k filozofickej téze o večnosti pohybu. Sprostredkovane to platí o všetkých zákonoch zachovania, lebo všetky z nich nejakým spôsobom s touto tézou súvisia.

Keď potom pristupujeme ku konštatovanému súvisu zákona zachovania energie s princípom kauzality zo všeobecnofilozofického, ontologického hľadiska, vec je v princípe jasná. Tento zákon (a zákony zachovania vôbec) rovnako ako pojem a princíp kauzality patria k najvšeobecnejším vedeckým spôsobom vyjadrenia pohybu vo fyzike. Ak zákon zachovania energie viedol k podstatnej zmene v ponímaní pohybu, nemohol sa nedotknúť aj pojmu kauzality. A skutočne, uvedený zákon tým, že umožňuje postihovať prechody medzi rôznymi formami energie (ich jednotu) bez toho, že by negoval špecifikum týchto foriem, ba len vďaka tomu, že ho rešpektuje, otvoril cestu k prekonaniu mechanistického ponímania pohybu a k vytvoreniu zovšeobecného pojmu pohybu ako zmeny vôbec. Aj to, čo sa nachádza v mechanickom pokoji, treba považovať za pohybujúce sa a fyzika so odteraz vie toho zmocniť. Okolnosť, že spočiatku sa aj pre nemechanické pohyby konštruujú mechanické modely, že sám zákon zachovania energie sa interpretuje pomocou takéhoto modelu, na podstate veci nič nemení. Filozofický dosah tohto zákona v tomto základnom ohľade najlepšie a ako prvý postihol Engels v početných úvahách o pohybe a najmä formulovaním a rozpracovaním tézy o kvalitatívne rôznych formách pohybu a ich neredukovateľnosti.

Vplyv tejto zmeny ponímania pohybu na princíp kauzality bol sprostredkovaný zmenou ponímania totožnosti, ku ktorej viedla logická analýza skúmaného zákona. Na súvis ponímania kauzality s princípom totožnosti poukázal nedávno vo svojej analytickej štúdii J. Coufal.¹⁷ Poznamenajme len, že tento súvis nezna-

¹⁶ Takýto názor, zdá sa, vyplýva z Filkornovej zmienky o Mayerovom poňatí kauzality (*Metóda vedy*, Bratislava 1956, 111 n.).

¹⁷ J. Coufal, *Poznámky k výstavbe pojmu kauzality*. Otázky marxistickej filozofie (1964), č. 5.

mená odvodzovanie princípu kauzality z logického princípu totožnosti, ale len to, že ponímanie kauzálneho vzťahu i samého princípu kauzality sa mení súbežne so zmenou ponímania identity. Konečne, to je pochopiteľné, pretože v oboch prípadoch ide o logicko-metodologické prostriedky zmocňovania sa reality, ktoré sa nemôžu navzájom neovplyvňovať. Na druhej strane, zákon zachovania energie (ako aj ostatné zákony zachovania) ako vyjadrenie momentu stálosti, konštantnosti v prírodných procesoch sa chápal a chápe ako veľmi dôležité vyjadrenie princípu totožnosti vo fyzike. Avšak podľa Engelsa tento zákon vyjadruje zároveň totožnosť i rozdielnosť v prírodných procesoch, je to zákon „totožnosti prírodných síl“, no súčasne aj zákon „ich vzájomnej premeny“.¹⁸ Pojem totožnosti tu potom dostáva iný zmysel, než mal pri predošlom abstraktnom ponímaní zachovania. Ako by prírodné vedy zrazu zamrzeli Hegelove výčitky, že „vedecký záujem sa raz sústreďuje len na zredukovanie daných rozdielov na identitu a inokedy zasa, taktiež jednostranne, na nachádzanie nových rozdielov“, v dôsledku čoho sa totožnosť i rozdiel neberú odrazu. A tak vo vedách alebo ide „predovšetkým o objavovanie nových a vždy nových látok, síl, rodov, druhov atď., alebo v inom prípade o dokázanie zložitosti telies, ktoré sa doteraz považovali za jednoduché“.¹⁹ Práve preto, že skúmaný zákon ako jeden z prvých poznatkov prírodných vied rúcal tieto metafyzické jednostrannosti, videl v ňom Engels „iba iné vyjadrenie, či presnejšie, pozitívny dôkaz správnosti Hegelových myšlienok o príčine, účinku, o vzájomnom pôsobení, sile atď.“²⁰

Na prvý pohľad vyzerá vec inak, keď sledujeme, ako sa objavenie zákona zachovania energie odrazilo v nejakej zmene formulácie princípu kauzality vo fyzike. Mayer, ako sme spomenuli, nepodal presnú, matematickú formuláciu tohto zákona a Helmholtzova formulácia po formálnej stránke nijako neprekračovala hranice klasickej mechaniky. Bola vypracovaná pomocou jej aparátu, a to práve akoby opodstatňovalo pokusy o mechanistickú interpretáciu tohto zákona. Avšak tí fyzici, ktorí sa nedali zviest povrchnou, formálnou zhodou zákona zachovania energie so systémom zákonov mechaniky, čoskoro zbadali, že povedzme taký pojem, ako je pojem úplnej mechanickej energie, prekračuje hranice mechanickej fyziky a vedie k spomenutej zovšeobecnenej podstate pohybu. Koncom osemdesiatych rokov Planck právom konštatuje, že tento zákon je síce nutným dôsledkom mechanistickej koncepcie centrálnych síl, ale že zároveň „z platnosti tohto princípu nemožno nijakým spôsobom odvodiť nevyhnutnosť mechanického nazerania na prírodu“.²¹

Zákon zachovania energie je zákonom klasickej fyziky, ktorý platí aj vo všetkých oblastiach modernej fyziky. Jeho význam vo vývine klasickej fyziky spočíva, stručne povedané, v tom, že umožňuje prekonať nižší, pretože jednostrannejší prístup k interpretácii fyzikálnych javov, mechanistický prístup, ktorý predstavuje prvú etapu vývinu klasickej fyziky. No analýza zákona zachovania energie ukazuje, že klasický neznamená ešte metafyzický, práve tak ako moderný neznamená

¹⁸ F. Engels, *Dialektika prírody*, Bratislava 1963, 162.

¹⁹ G. W. Hegel, *Logika*, Bratislava 1961, 161.

²⁰ Marx-Engels, *Izbrannyye pisma*, Moskva 1948, 174

²¹ M. Planck, c. d., 58.

automaticky dialektický, hoci komparatívne úvahy o ohraničenosti klasických vied v porovnaní s mnohostrannosťou a mnohovrstevnatosťou moderných vied k takejto predstave často nielen vedú, ale z nej aj — ako zo zamlčaného predpokladu — vychádzajú. Toto konštatovanie má pri skúmaní vzťahu zákona zachovania energie s princípom kauzality ten význam, že tvrdiac, že uvedený zákon si vynucoval zmenu v ponímaní princípu kauzality v tom zmysle, že tento princíp treba chápať dialekticky (vychádzajúc z konkrétneho chápania totožnosti), netvrdíme, že by tento zákon bol viedol k prekonaniu klasického ponímania princípu kauzality a povahy kauzálnych vzťahov vo fyzike.²²

III

Mimoriadny význam pre pochopenie tejto tézy má poukázanie na spojenie zákona zachovania energie s homogénnosťou času, ktorým sa bližšie ozrejmuje postavenie tohto zákona v sústave základných princípov a zákonov teoretickej fyziky, a teda koniec koncov aj jeho vzťah k princípu kauzality. Toto spojenie je jedným z dôsledkov teóremy nemeckej matematickej Emmy Noetherovej, z ktorej vyplýva, že v štvorrozmernom priestoročase existuje desať zákonov zachovania, ktoré plynú z invariantnosti fyzikálnych zákonov vzhľadom k nehomogénnym Galileiho, resp. Lorentzovým transformáciám. Noetherovej teórema vyplynula z analýzy aparátu relativistickej fyziky. Každý zákon zachovania vyjadruje niektorý aspekt symetrie priestoru a času.²³ Najjednoduchší prípad symetrie, symetriu voči translácii v priestore a čase, vyjadrujú najdôležitejšie zákony zachovania klasickej fyziky (a zároveň najvšeobecnejšie zákony zachovania) — zákon zachovania impulzu a zákon zachovania energie, ku ktorým treba ešte pripojiť zákon zachovania momentu impulzu, vyjadrujúci symetriu pri pootočení súradnej sústavy v priestore čiže izotropnosť priestoru. Ak z filozofického hľadiska možno povedať, že objavovanie zákonov zachovania vo fyzike predstavuje sústavnú konkretizáciu idey zachovania, úzko späté s fundamentálnymi kategóriami a princípmi materialistickej ontológie i vied, z hľadiska dejín fyziky možno o tomto procese povedať, že „celé dejiny fyziky od Galileiho po teóriu relativity včítane možno podať ako postupné zovšeobecňovanie myšlienky homogénnosti a izotropnosti. Spočiatku sa myšlienka homogénnosti a izotropnosti aplikovala na priestor a viedla k predstave kozmickej inercie (Galilei), priamočiarej inercie a zachovania impulzu (Descartes) a princípu relativity zotrvačného pohybu (Newton). Potom sa objavila (pravda, bez toho, že by si ju boli uvedomili) myšlienka

²² Na rozdiel od I. Kuchára [*Mechanický determinizmus a súčasná fyzika*. Slovenský filozofický časopis (1960), č. 1] si nemyslíme, že determinizmus fyziky druhej polovice 19. storočia až po teóriu relativity treba považovať iba za akýsi „vyvinutejší“ mechanický determinizmus. Vtedajšia fyzika už nebola vo svojej podstate mechanická, i keď vtedajší fyzici túžili ju takou mať a ako takú ju aj podávali. Dôkazom toho je fakt, že tieto naozaj úprimné túžby jedna po druhej krachovali. Iná vec je, že fyzika tohto obdobia budovala na mnohých princípoch fyziky mechanického obdobia, no s jednou zásadnou zmenou: Fakticky upustila od jednostranných absolutizácií mechanistickej fyziky, a to napriek individuálnym želaniam a predstavám fyzikov tých čias.

²³ Pozri príslušné state zborníka *Variacionnye principy mekhaniki*, Moskva 1959.

homogénnosti času, ktorá tvorila základ zákona zachovania energie — osi celej fyziky 19. storočia. Konečne, v špeciálnej teórii relativity sa objavila idea izotropnosti a homogénnosti priestoročasového sveta a vo všeobecnej teórii relativity myšlienka homogénnosti a izotropnosti zakriveného sveta²⁴.

Toto zistenie spätosti zákonov zachovania s jednou z najpodstatnejších črt priestoročasovej štruktúry fyzikálnej reality, a to s existenciou rôznych typov symetrie priestoru a času ozrejmuje metodologickú funkciu týchto zákonov, totiž to, že slúžia ako predpoklad kauzálneho skúmania fyzikálnych procesov. Úloha uvedených klasických zákonov zachovania, súvisiacich s najabstraktnejším aspektom priestoru a času, s ich homogénnosťou (resp. izotropnosťou) je v tomto ohľade priamo fundamentálna.

Pod homogénnosťou priestoru a času treba vo všeobecnosti rozumieť to, že posunutie začiatku súradnej sústavy po priestorových osiach alebo časovej osi nič nemení na stave fyzikálnej sústavy, t. j. nemôže byť zdrojom fyzikálnych efektov. Inými slovami to znamená, že tento zdroj, príčinu treba hľadať v určitom konkrétnom fyzikálnom pôsobení, alebo ešte inak, že kauzálna analýza vo fyzike je možná iba za predpokladu homogénnosti priestoročasu. V opačnom prípade, totiž ak by samotná translácia po týchto osiach mohla vyvolávať tieto efekty, nemohli by sme nikdy stanoviť, či daný efekt bol vyvolaný týmto posunutím, alebo nejakým pôsobením. Pravda, okrem prípadu, že charakter a veľkosť týchto efektov by bolo možno vyjadriť (pre danú oblasť priestoročasu) nejakým presným zákonom, na základe čoho by sa potom dalo posúdiť, či daný efekt bol vyvolaný iba touto transláciou, alebo šťastí ňou a šťastí kauzálnym pôsobením (interakciou). Vychádzajúc z toho, možno povedať, že zákony zachovania sú základným nástrojom pre indikáciu fyzikálneho pôsobenia. Tým sa však nevyčerpávajú okolnosti, ktoré potvrdzujú spätosť zákonov zachovania s princípom kauzality.

Kauzálne pôsobenie má mnohoraké prejavy, v dôsledku čoho sa aj princíp kauzality v rozličných oblastiach fyziky (a vedy vôbec) formuluje značne odlišným spôsobom. Tieto rozličné typy kauzálneho pôsobenia súvisia s kvalitatívne odlišnými typmi fyzikálnych procesov (a objektov, ktoré do nich vstupujú), a teda s rozličnými typmi priestoročasových štruktúr, v ktorých sa na rôznych úrovniach objavujú rôzne typy symetrie. V dôsledku toho sa objavujú aj rôzne zákony zachovania, v ktorých sa tieto jednotlivé typy symetrie odrážajú. Možno všeobecne povedať, že prechod od určitej formulácie princípu kauzality, vyjadrujúcej určitý typ pôsobení, k inej formulácii je spätý s prechodom od použitia určitej množiny zákonov zachovania k inej, pričom však základné zákony zachovania, formulované v klasickej fyzike, vždy sú obsiahnuté v množine použitých zákonov zachovania, nakoľko vyjadrujú celkom všeobecné vlastnosti dnes známeho priestoročasu. Správnosť tohto úsudku potvrdzuje, podľa nášho názoru, celý doterajší vývin zákonov zachovania vo fyzike.

Objavovanie nových zákonov zachovania znamená, že symetria priestoročasu modernej fyziky je oveľa zložitejšia a nenázornejšia, než to bolo v klasickej fyzike. Neobmedzuje sa už len na homogénnosť (a pri priestorovej zložke ešte

²⁴ B. G. Kuznecov, *Principy klassičeskoj fiziki*, Moskva 1958, 137—138.

na izotropnosť), s ktorou vystačila klasická fyzika, ale je daná vlastne akýmsi navrstvením rôznych druhov symetrií, pričom homogénnosť a izotropnosť priestoru a homogénnosť času tvoria tú najspodnejšiu (najvšeobecnejšiu, najabstraktnejšiu) vrstvu, ktorá sa v newtonovskej fyzike absolutizovala (absolútny priestor a čas). Tieto zmeny predstáv o priestore a čase, o ich symetrii, vyžiadali si práve nové zákony zachovania i preformulovanie princípu kauzality.

Nemôžeme tu posudzovať, k akým zmenám v tomto smere — totiž pokiaľ ide o platnosť zákonov zachovania (najmä tých všeobecných, a teda predovšetkým zákona zachovania energie), platnosť a formuláciu princípu kauzality a vzájomný vzťah spomenutých zákonov s týmto princípom — povedie úplná realizácia myšlienky o kvantovaní priestoročasu. Je však dosť dôvodov domnievať sa, že v rodiacej sa jednotnej teórii elementárnych častíc sa opäť stretieme so zákonmi zachovania (i princípom kauzality). A to nielen preto, že tieto zákony hrajú dôležitú úlohu pri vytváraní jej experimentálnych a teoretických základov, ale aj preto, že formálny aparát aj tejto oblasti fyziky, ako sa to už dnes ukazuje, nie je mysliteľný bez uznania týchto zákonov ako pozadia, bázy, na ktorej sa formulujú vlastné zákonitosti pôsobení a vzťahov v tejto oblasti reality. Je pozoruhodné, že jednota zachovania a premeny, ktorej potreba bola nastolená práve objavením zákona zachovania energie, vystupuje veľmi naliehavo do popredia práve vo fyzike mikrosveta. Ak sa tu jeden z týchto momentov zanedbá, stráca zmysel sám pojem symetrie. „Iba existencia určitej grupy *pohybov* a zároveň *zachovania* určitých parametrov počas týchto pohybov oprávňuje hovoriť o symetrii.“²⁵

Úzka spätosť zákona zachovania energie s princípom kauzality sa vo vývine modernej fyziky ukázala mnohokrát. Pochybnosti o platnosti spomenutého zákona boli vždy sprevádzané pochybnosťami o platnosti princípu kauzality alebo naopak.²⁶ Určité náznaky toho možno vidieť už pri Poincarého predpoklade o narušení platnosti zákona zachovania energie pri rádioaktívnom rozpade,²⁷ ale ešte názornejšie to možno vidieť na Bohrovom pokuse vyriešiť problém beta-rozpadu pomocou hypotézy o iba štatistickej platnosti zákona zachovania energie čiže o jeho neplatnosti v individuálnych procesoch. Jeho pochybnosti o princípe kauzality v mikrosvete a priame útoky naň sú dobre známe a ich súvis s postupom pri probléme beta-rozpadu dosvedčuje sám Bohr, keď hovorí o „požiadavke kauzality, obsiahnutej vo vete o zachovaní energie“.

Z posledných úvah však nevyplýva, že jestvujú nejaké neotrasiteľné dôvody viazať platnosť princípu kauzality aj pre budúcnosť s platnosťou zákona zachovania energie. Chceli sme iba ukázať, že na dnešnej úrovni nie je predstaviteľná platnosť tohto princípu (a v konečnom dôsledku ani sama fyzikálna teória) bez platnosti nejakých zákonov zachovania. Otázka budúcnosti zákona zachovania energie súvisí s tým, či aj v novej fyzikálnej koncepcii reality bude možno

²⁵ Sborník Filosofskije problemi fiziki elementarnych častíc, Moskva 1963, 92—93.

²⁶ To len dokazuje, že vo fyzike dodnes platí, že „narušenie platnosti zákona zachovania a premeny energie by znamenalo narušenie princípu kauzality v prírode a naopak...“ Problema pričinnosti v sovremennoj fizike, cit. vydanie, 166.

²⁷ H. Poincaré, *La valeur de la science*, Paris, kap. 8.

čas považovať (v určitom stupni) za homogénny. Presnejšie, či v stále zložitejších predstavách o priestoročasovej štruktúre fyzikálnej reality sa zachová ako jeden (teda nie jediný a zároveň len ako abstraktný), ale nutný moment tejto štruktúry aj moment homogénnosti času. Možno to demonštrovať na otázke planosti tohto zákona vo všeobecnej teórii relativity, s ktorou mnohí spájajú predstavu o nehomogénnom priestoročase. Niektorí autori z toho uzatvárajú na neplatnosť zákona zachovania energie v tejto teórii,²⁸ i keď širšie túto myšlienku nerozvádžajú (a žiaľ, nevšímajú si dosah tejto predpokladanej neplatnosti pre otázku platnosti a formulácie princípu kauzality vo všeobecnej teórii relativity). Nazdávame sa však, že tu ide o nevyjasnené pojmy. Nesporne, situácia je v tejto fyzikálnej teórii podstatne odlišná v porovnaní s klasickou fyzikou, ale o neplatnosti spomínaného zákona nemožno hovoriť. Ak totiž v klasickej fyzike sme mali do činenia s homogénnym priestorom a časom, v špeciálnej teórii relativity už o homogénnosti času (resp. priestoru) „ako takého“ vo všeobecnosti nemožno hovoriť, homogénne je iba štvorrozmerné priestoročasové kontínium. Vo všeobecnej teórii relativity sa robí ďalší krok v prehľbovaní predstáv o priestore a čase a toto kontínium sa vo všeobecnosti musí považovať za nehomogénne. To však neznamená, že sa pri tom úplne neguje moment homogénnosti, z ktorého vychádzali predošlé koncepcie. Znamená to iba, že okrem tohto momentu sa berú — ako neodmysliteľné — do úvahy aj ďalšie stránky priestoročasovej štruktúry fyzikálnej reality, že tu narábame s oveľa všestrannejšou predstavou tejto štruktúry, v ktorej je homogénnosť skutočne iba momentom, aspektom, ktorý možno z celku základných vlastností vyňať iba zjednodušujúcou a zjednostranňujúcou abstrakciou, ktorá *sama osebe* nemôže viesť k adekvátnemu vystihnútiu skutočnosti.

Nazdávame sa, že to, čo sme povedali doteraz o súvise zákona zachovania energie (či zákonov zachovania všeobecne) s princípom kauzality v modernej fyzike, nás oprávňuje uzatvoriť, že sama vnútorná logika teoretických základov fyziky je taká, že akýkoľvek pokus zmeniť ideu zachovania alebo eliminovať niektorý zo všeobecných zákonov zachovania (a predovšetkým zákon zachovania energie) sa nevyhnutne dotýka pojmu a princípu kauzality.

*

V našej stati sme sa sústredili na dva okruhy otázok, ktoré sú, prísne vzaté, iba dvoma prístupmi k jednej ústrednej otázke o súvise zákona zachovania energie s pojmom a princípom kauzality. Najskôr sme sa na problém pozreli, aby som tak povedal, zblízka. Pokúsili sme sa totiž ukázať, ako formulovanie dodnes najvšeobecnejšieho zákona zachovania — zákona zachovania energie, ktoré znamenalo nový krok vo vývine idey zachovania, poznačilo ponímanie kauzality, a zároveň, ako sa to odrazilo vo vedomí väčšiny vedcov a filozofov. Zvlášť sme si všimli ako dialektické momenty tohto zákona priamo živelne vynuovali hlbšie, konkrétnejšie ponímanie kauzálneho vzťahu, a tým aj pojmu a princípu kauzality už v klasickej fyzike. Potom sme zväčšili odstup tým, že sme zákon zachovania energie brali ako jeden zo zákonov zachovania, načrtli ich súvis s vlastnosťami

²⁸ Pozri napr. R. Štejnán, *Prostranstvo i vremena*, Moskva 1962, 228.



priestoročasu a cez tento sa opäť pozreli na vzťah skúmaného zákona s pojmom a princípom kauzality. Hoci všetky aspekty nášho problému a bohatý materiál, ktorý vývin fyziky (a čiastočne aj filozofie) najmä v poslednom storočí v tomto ohľade priniesol, nebolo možno vyčerpať, pokúsili sme sa predsa len zdôvodniť základnú tézu tejto štúdie, ktorú možno formulovať asi takto: Zákon zachovania energie a princíp kauzality patria k najzákladnejším teoretickým princípom fyziky a majú veľký dosah pre vedeckú metodológiu, fyzikálnu predstavu sveta i ontológiu. Ich vývin svedčí o ich úzkej, existenčnej spätosti. Zmena jedného ovplyvňuje druhý, no nemožno tvrdiť, že by sa jeden z druhého vyvodzovali. Ide tu o dva najvšeobecnejšie fyzikálne vyjadrenia vnútornej dynamiky skutočnosti: mnohotvárnosti a večnosti pohybu hmoty a zároveň aj o fundamentálne, široko aplikovateľné a heuristicky cenné metodologické nástroje staršej i súčasnej fyziky.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ И ПРИЧИНОСТЬ

Милан Зиго

Закон сохранения энергии тесно связан с понятием и принципом причинности в физике, но его нельзя выводить из них. Взаимоотношение этого закона и принципа причинности представляет собой не субординацию, а отношение взаимообусловленности. На протяжении развития физики эта взаимосвязанность проявлялась не раз и различными способами. Прежде всего тем, что изменения в понимании закона сохранения энергии отразились также в понимании причинности и, во-вторых, тем, что любая попытка устранить из физики закон сохранения энергии пошатнула одновременно признание принципа причинности и наоборот. Первый случай четко проявился в толковании Майером закона сохранения энергии. Его толкование этого закона привело к новому пониманию причинности, основывающемуся на принципе конкретного тождества. Второй случай имел место например при решении проблемы бета-распада. Современная физика сделала важный шаг для понимания этой взаимообусловленности тем, что она открыла связь между „законами сохранения” (под этим термином подразумеваем не только закон сохранения энергии, а также закон сохранения вещества и другие родственные законы) и определенными типами симметрии временной и пространственной структуры физической действительности. Законы сохранения являются выражением этой симметрии и, одновременно с этим, без признания этой симметрии применение причинного анализа и вообще понятия причинности в области физики невозможно.

Онтологическое значение изучаемой связи состоит в том, что как законы сохранения (и в особенности закон сохранения энергии, как самый общий до сих пор закон сохранения в области физики) так и понятие и принцип причинности (в диалектическом понимании) выражают движение материальной действительности как что-то ей имманентное, т. е. как самодвижение.

THE RELATIONSHIP OF THE PRINCIPLE OF THE CONSERVATION OF ENERGY TO CAUSALITY

Milan Zigo

The principle of the conservation of energy stands in close relationship to the concept and principle of causality in physics; however, it is not deduced of them. Their relationship is not a subordination but a relationship of existential connexity. In physics, in its development up to the present, this existential connexity often became manifest, and it manifested itself in many ways. It became manifest both by the fact that changes occurred in conceiving the principle of the conservation of energy (and of principles of conservation in general) have exerted an influence on the conception of causality, and also by the fact that any endeavour at the elimination of the principle of the conservation of energy from physics had shattered the acknowledgment of the principle of causality, and vice-versa. The first moment became exemplarily manifest in Mayer's interpretation of the principle of the conservation of energy which has led to a new conception of causality, based on the principle of concrete identity. The second moment was to be seen for instance in resolving the problem of beta-desintegration. Modern physics have made an important step forward towards the understanding of this existential connexity by revealing the interdependence of the principles of conservation with certain types of the symmetry of the space-time structure of physical reality. The principles of conservation are an expression of this symmetricity; at the same time, causal analysis and the application of the concept of causality in general would not be possible at all in physics without the acknowledgment of this symmetricity. The ontological significance of the connexity examined lies particularly in the fact that both the principles of conservation (and particularly the principle of the conservation of energy as up to now the most generalized physical principle of conservation) and also the dialectically comprehended concept and principle of causality are the expression of a movement of material reality as something which is immanent in it, i e., as an auto-movement.

KU KONCEPCII ŠTRUKTÚRNOSTI HMOTY V MODERNEJ FYZIKE

KAROL KASAL

I. Hmotná štruktúra a rozvoj fyzikálnych pojmov masy, energie a hybnosti

Problematika hmotnej štruktúry bola daná v samých dejinách fyziky v súperení dvoch koncepcií hmoty: undulačnej a korpuskulárnej. Ako je známe, teoretický vývin fyziky nedal za pravdu ani jednej z nich, ale ich dialektická syntéza sa stala súčasne aj negáciou starých mechanistických predstáv.

Teoretický vývin fyziky išiel súčasne dvoma smermi. Na jednej strane sa po obsahovej stránke rozvíjali pojmy existujúce už v klasickej fyzike, na druhej strane sa vytvárali nové. Hoci už vnútri klasickej fyziky dialektická interpretácia niektorých pojmov, spomedzi nich najmä pojmu energie, viedla k dialektickej-