

## K HISTÓRII FYZIKÁLNEHO MYSLENIA

IMRICH STARÍČEK, Bratislava

Najväčší prelom v dejinách fyzikálneho myslenia vyvolala kniha Isaaca Newtona *Matematické základy prírodnej filozofie* (*Philosophiae naturalis principia mathematica*, 1687). Newtonova prírodná filozofia, ako ju Newton rozviedol v tejto knihe, je dodnes základným stavebným kameňom aj dnešného fyzikálneho myslenia. Na ňu nadväzuje aj dnešný pojem fyziky, o ktorom môžeme povedať, že je všeobecne prijatý. Fyzika ako veda sa osvedčila nielen ako podnetný a užitočný nástroj pre ďalšie skúmanie prírody v jej neživých zložkách, ale aj v početných praktických aplikáciách, ba našla si dôstojné miesto aj pri budovaní rôznych filozofických systémov či už materialistickej, alebo idealistickej povahy. Jej pomerne stabilný pojmový základ dlhé roky vyhovoval pri vysvetľovaní nových objavov ďaleko presahujúcich pôvodný dosah Newtonovej racionálnej mechaniky, a to vďaka fyzikálnej metóde prístupu ku skutočnosti.

Jedným z dôsledkov tejto spoľahlivosti a perspektívnosti fyziky bol nezaujem fyzikov o dejiny fyziky s výnimkou faktografického záznamu jednotlivých historických udalostí. Cieľom fyzikálneho výskumu bolo utvorenie jednotného, uzavretého, logicky súvislého systému pojmov, ktorý by bol vo forme teórií verným obrazom skutočnosti s jej zákonitosťami. Táto fáza myšlienkového vývoja fyziky vyvrcholila v logickom pozitivizme 20. stor. s jeho fyzikalizmom, ktorý sa však ukázal byť koncom tridsiatych rokov nášho storočia neudržateľný. Nové fyzikálne teórie globálneho charakteru, ako kvantová teória a teória relativity, viedli k vytvoreniu fyzikálneho obrazu sveta nezlučiteľného s klasickou fyzikou postavenou na pojmovej štruktúre Newtonovej mechaniky.

Tu sa vynoril problém historického vývoja fyzikálneho myslenia. Dokonca sa vynorila otázka, v akom štádiu vývoja ľudského myslenia môžeme hovoriť o fyzikálnom myslení. Bola deduktívna formulácia Newtonovej fyziky skutočne geniálnym výtvorom nadaného mysliteľa, alebo výsledkom dlhodobého plynulého historického vývinu?

Historicky vižeme počiatky nášho myšlienkového bohatstva o prírode na starogrécku filozofiu obohatenú neskôr inšpiračne o kresťanskú tradíciu vychádzajúcu z výkladu Biblie. Aj starogrécka, aj biblická tradícia chápali svet dualisticky. U Platóna tu bola ríša ideí a materiálny svet tieňov, u Aristotela pasívna matéria a jej formotvorný princíp, ktoré vytvárali neživé telesá a v živých bytostiach ich telá a duše. Kresťanská filozofia v nadväznosti na židovskú tóru chápe svet ako stvorené dielo transcendentnej živej bytosti, Boha. Na tomto svete je človek medzičlánkom medzi hmotným svetom prírody s jej zákonitosťami a transcendentným svetom ducha, ku ktorému ho viažu mravné väzby pripúšťajúce slobodné rozhodovanie.

Newton ako veriaci kresťan a dobrý znalec Biblie veril v transcendentný charakter stvorenia človeka Bohom. Svoje *Principia* však stavia iba na prírodných zákonoch – tak, ako ich zisťuje experimentálne a zdôvodňuje teoreticky. Verí v jednotu prírodných javov, vysvetľuje prírodné zákonitosti pomocou prírodných javov a nesiahá k argumentom filozofického alebo teologického charakteru. Jeho prírodná filozofia je dozvukom stredovekej prírodnej filozofie, pokiaľ sa v nej neprejavuje pôsobenie Aristotelovej formy duše.

Aj starogrécka filozofia predstavuje istý redukcionizmus. Odmieta primitívne mýty, orientálnu mystiku, ale aj Olymp pohanských bohov s ich ezoterickým kultom, ktorého korene siahajú do dávnej minulosti. Z tejto spleti rôznych názorov vyrastá starogrécka filozofia s jej abstraktným myšlienkovým obsahom, s jej metafyzikou. Jej všeobecné princípy sú istou abstrakciou racionálne chápanej skutočnosti s jej logickými a príčinnými väzbami. Aristotelova *Fyzika* ako literárne dielo opisuje a vysvetľuje prírodné javy pomocou základných pojmov, kategórií metafyziky. Aristotelova fyzika sa pestovala najmä zásluhou stredovekej scholastiky na európskych univerzitách ešte v dobách Newtona. Newton však nebuduje svoju fyziku, pravda, pod názvom prírodná filozofia, na metafyzických pojmoch, ale na bezprostrednej, experimentálne doloženej skúsenosti. Miesto metafyzickej argumentácie používa dôsledne argumentáciu geometrickú, prípadne matematickú. Robí to podľa vzoru Galilea Galileiho, ktorý chápal matematiku v prírodných vedách ako špecifický jazyk umožňujúci presné vyjadrovanie prírodných zákonov zisťovaných meraním. Podľa Galilea je všetko merateľné a čo nie je merateľné, treba merateľným urobiť. Filozofická kategória kvantity sa takto dostala do prírodnej filozofie, základným stavebným kameňom Newtonovej racionálnej mechaniky a na ňu nadväzujúcich teórií, pre ktoré sa zaužíval súborný názov fyzika. Ponevtonovský pojem fyziky je užší ako pôvodný pojem fyziky u Aristotela, ktorý do svojej fyziky zahrnul aj živú prírodu, ktorú opisoval iba kvalitatívne.

Fyzik a filozof Heisenberg (1901 – 1976), ktorý si veľmi vážil starogrécku, najmä Platónovu filozofiu, sa díva na začiatky fyzikálneho myslenia z iného pohľadu. Prvé, aj keď kusé zmienky o starogréckych filozofoch, ktorí sa zaoberali prírodnými javmi, nachádzame už u iónskych filozofov pred Platónom a Aristotelom. Prvým z nich bol Táles Milétsky (?624 – ?548 pred n. l.). Pri skúmaní zmien v prírode hľadal jedinu pralátku, z ktorej by mali byť utvorené všetky ostatné látky a nachádzal ju vo vode. Podľa Heisenberga sú v tejto Tálesovej poučke zahrnuté základné rysy fyziky: 1. celý svet má jediný spoločný základ svojej existencie; 2. existuje jediný princíp, ktorým sa riadi príroda; 3. tento princíp môžeme rozumom poznávať. Podľa Heisenberga bolo Tálesove myslenie porovnateľné s dnešným postojom fyzika k fyzike. Nezáleží na tom, ako dlho si voda udržala tento primát v stavbe sveta. Už Tálesovi nasledovníci uvažovali o iných pralátkach, až nakoniec filozof Empedokles (?493 – 433 pred n. l.) zavŕšil tieto diskusie tvrdením, že svet sa skladá zo štyroch živlov: zeme, vody, vzduchu a ohňa, ktorých syntézou možno vytvárať všetky ostatné látky v prírode. Tým výrazne podporil alchýmiu s jej snahou o získanie zlata z lacnejších kovov. Alchýmiou sa vážne zaoberal aj Newton, čo vieme z množstva jeho záznamov, ktoré nikdy neuverejnil.

Astronómia sa v staroveku, ba po celý stredovek pokladala za disciplínu nezávislú od fyziky. Pohyby nebeských telies vzbudzovali mimoriadny záujem z dvoch príčin: ich pohyby sa dávali do súvislosti s pozemskými udalosťami, napríklad s dňom a nocou, s ročnými obdobiami; a pravidelnosť týchto pohybov na oblohe bola nedotknuteľná pozemskými vplyvmi. Z prvej pohybnosti sa vyvinula astrológia, z druhej sa vyvinul ideálny vzor dokonalosti a harmónie, podľa ktorej vesmír – ako kosmos – dostal svoje meno. Preto podľa Platóna museli byť dráhy všetkých nebeských telies dokonalými kruhmi a celý vesmír mal mať tvar gule. Podľa Aristotela ich pohyb bol večný a nevyžadoval hnaciu silu, hoci všetky pozemské pohyby museli byť neustále podnecované silou. Na predpoklade kruhových dráh planét a ich kombinácií vybudoval Grék Ptolemaios (?85 – 165) geocentrický model pohybu planét a neskôr Kopernik (1473 – 1543) svoj heliocentrický systém, ktorý zastával aj Galilei proti astronómovi Keplerovi (1571 – 1630), ktorý prepočtom nameraných údajov Tycha Braheho (1546 – 1601) zistil, že dráhy Marsa aj ostatných planét musia byť eliptické. Sám Kepler sa zdedil nad svojimi výpočtami, lebo v nich videl hrubé narušenie harmónie vo vesmíre, ale aj nutnosť nejakého zvláštneho pohonu pre planéty, čo protirečilo aristotelovským predstavám.

Newtonov dôkaz v jeho *Základoch*, že eliptické dráhy planét okolo Slnka sú dôsledkom jediného gravitačného zákona, ohromil celý svet. Súčasne tým sa dokázalo, že pre pohyby



nebeských telies platia tie isté zákony, ktoré platia na Zemi. Newton obdivoval túto novú harmóniu vo vesmíre ako úchvatné dielo všemohúceho Stvoriteľa, ale nechýbali ani filozofi, ktorí začali pokladať celý vesmír za obrovský mechanický stroj, v ktorom je Boh zbytočný – až na uvedenie tohto stroja do chodu. Že Newtonov obraz vesmíru neotriasol náboženskou vierou veriacich učencov, dokazuje napríklad aj jezuita Ruder Boškovič (1711–1787), ktorý navrhol niekoľko modelov síl na vysvetlenie pohybov a stability atómov (ktoré chápal ako Leibnizove monády) v tuhých telesách. Jeho modely nezodpovedali síce experimentálnym danostiam, ale boli inšpiratívne pre neskorších fyzikov, ktorí hľadali vhodný model atómu.

Dôležitou pomôckou pri aplikáciách Newtonovej mechaniky bolo vybudovanie diferenciálneho a integrálneho počtu ako úplne novej časti matematiky, na čom sa prakticky súčasne uplatnili Newton aj Leibniz. To umožnilo riešiť mechanické problémy pomocou diferenciálnych rovníc. Diferenciálna rovnica určitého pohybu umožňuje vypočítať pohybový stav mechanického systému v ľubovoľnom ďalšom okamihu, keď sú dané jeho mechanické parametre v danom počiatočnom okamihu. Takto sa riešenie mechanického problému redukuje na matematický problém transformácie z počiatocnej situácie do konečnej, ktorú sprostredkuje diferenciálna rovnica.

K úplnému určeniu systému a jeho pohybu je potrebné poznať aj sily pôsobiace na teleso počas pohybu. Pre mnohé účely je vhodné miesto sily udávať energiu systému, ktorá sa skladá z energie kinetickej a energie potenciálnej. Najelegantnejším tvarom pohybových rovníc pri danej hodnote energie sú Hamiltonove rovnice. Na riešenie elektrických, magnetických a optických problémov zostavil fyzik Maxwell (1831–1879) systém diferenciálnych rovníc elektromagnetického poľa. Newtonova mechanika a teória elektromagnetického poľa pracujú s pojmami ako priestor, čas, hmotnosť, elektrický náboj, elektrické pole, sila, energia, hybnosť a pod., ktoré súborne tvoria klasickú fyziku. Základné pojmy klasickej fyziky sú názorné a vytvárajú modely skutočnosti v rámci jednoliateho fyzikálneho obrazu sveta, v ktorom každému pozorovateľnému údaju prislúcha teoreticky určený matematický obraz. Nosnou kostrou fyzikálneho obrazu sveta sú fyzikálne zákony, ktorým dávame v kvantitatívnom vyjadrení tvar rovníc medzi fyzikálnymi veličinami, resp. ich matematickými hodnotami. Fyzikálne zákony majú platiť nezávisle od miesta a času a majú byť objektívne, t. j. každý pozorovateľ si ich môže aspoň principiálne overiť s rovnakým výsledkom. Na prvý pohľad by sa zdalo, že k nájdeniu fyzikálneho zákona stačí určitú závislosť viackrát pozorovať za rovnakých podmienok a konštatovať, že zakaždým platí ten istý kvantitatívny vzťah. Lenže zhoda číselných údajov nestačí na vyslovenie fyzikálneho zákona. K tomu je potrebné aj uviesť zvláštny dôvod na vysvetlenie vzájomného vzťahu medzi pozorovanými javmi. Toto vysvetlenie formulujeme spravidla vo forme hypotézy alebo všeobecne prijatej teórie. Napríklad pravidelnosti východu a západu Slnka nepochopíme, ak nepoznáme gravitačný zákon.

Zavádzanie novej hypotézy robíme spravidla intuitívne, bez náležitého vedeckého zdôvodnenia. Pritom si pomáhame názornými predstavami, niekedy aj filozofickými alebo metafyzickými úvahami, a dodatočne si overujeme, či vysvetľujú aj ďalšie fyzikálne javy. Hypotézy rozširujú náš faktúálny obraz sveta a navádzajú nás, ako ďalej pokračovať v ďalšom hľadaní nových javov cestou vedeckého výskumu. Spravidla však majú iba obmedzený rozsah uplatnenia a pri nevhodnom používaní môžu zavádzať. Bez hypotéz nie je vedecký pokrok možný, lebo samotné namerané údaje, teda iba konštatovanie čistých faktov, nestačí na objasnenie stavu vecí a na ich pochopenie.

Napriek tomu sa našli filozofi pozitivizmu, ktorí sa snažili obmedziť fyziku iba na konštatovanie faktov, pričom vysvetľovanie ich vzájomných vzťahov pokladali za nevedecké. Pritom odmietali akékoľvek filozofické, prípadne metafyzické pokusy o hlbšie zdôvodňovanie konkrétnych fyzikálnych zákonov. Každý fyzikálny zákon je istým zovšeobecnením nášho postoja pri pozorovaní, lebo je výsledkom veľkého počtu pozorovaní. Predpokladáme, že platí i pre ďalšie hodnoty, prípadne situácie, ktoré neboli meraním overené. Ale už to je hypotetická



úvaha, ktorú treba pri platnosti zákona predpokladať. Situácia sa stáva zložitejšou, keď uvážime, že každé meranie býva zaťažené chybou, takže opakované závislosti sa od seba líšia. V tomto prípade hľadáme prijateľnú závislosť pomocou štatistických hypotéz o nameraných hodnotách.

Na prelome storočia ovplyvnil do značnej miery vývoj fyzikálneho myslenia pokrok v matematickej logike, najmä pod vplyvom pozitivisticky orientovanej filozofie Bertranda Russella (1872–1970), ktorý vyžadoval, aby jednotlivé vedecké teórie mali striktnú logickú štruktúru axiomatického charakteru. Pre fyziku to znamenalo vychádzať z jednotlivých faktov a metódou indukcie odvodzovať z nich cestou abstrakcie jednotlivé teórie. Tento program logistickej výstavby fyzikálnych teórií sa pokúšali dôsledne rozpracovať logickí pozitivistí vo Viedenskom krúžku, ktorého najvýznamnejším fyzikom bol Rudolf Carnap (1891–1970). Pri formalizácii jednotlivých súvislostí sa prestalo hľadať na kategóriu príčinnosti. Je elektrický náboj príčinou elektrického poľa, alebo naopak elektrické pole vyvoláva účinky elektrického náboja?

Fyzika tu nezaujíma príčinné vzťahy, ale len vzájomné súvislosti: elektrické pole v okolí elektrického náboja. Fyzikálna logická štruktúra však musí mať nejaký vzťah ku skutočnosti, a preto aj jej dôsledky sa musia experimentálne overovať (verifikovať). Pokrok vedy v logickom pozitívizme sa zakladá na neustálom objavovaní nových, induktívnou cestou navrhnutých a verifikovaných teórií. Požiadavka verifikácie platí aj pre novšie nenázorné fyzikálne teórie, ako je napríklad teória relativity alebo kvantová teória, napríklad pre procesy v zakrivenom priestoročase všeobecnej teórie relativity verifikovateľné odchýlkami od Newtonovej teórie gravitácie alebo pre pravdepodobnosti preskokov elektrónov v obale atómov verifikovateľnými spektrami atómov.

Čoskoro sa však ukázalo, že novopositivistický postulát vedy ako jednotnej univerzálnej logickej štruktúry je nereálny. Už východzie empirické pojmy nie sú iba reprodukciami vnímaných pocitov, ale ideovým komplexom, ktorého slovné vyjadrenie vo forme protokolárnej vety musí byť zrozumiteľné v jazyku tej-ktorej vedy. Preto aj protokolárne vety musia byť podložené nejakou teóriou alebo aspoň hypotézou. Keďže delenie pojmov na empirické a teoretické nemá náležité opodstatnenie, nemožno novopositivistický postulát prakticky uplatňovať. Okrem toho verifikácia fyzikálneho zákona alebo platnosti určitej teórie vyžaduje overenie všetkých výpovedí z nich vyplývajúcich a tých je nekonečne mnoho, a preto je nerealizovateľná. Verifikácia iba konečného počtu dôsledkov nepostačuje bez dodatočnej hypotézy spojitého množstva výpovedí zákona alebo teórie, preto verifikáciu v týchto prípadoch nemôžeme pokladať za jednoznačnú výpoveď.

Verifikovanej a prijatej vedeckej teórii môžeme preto prísúdiť iba hypotetický a konvenčný charakter; preto ju chápeme ako fyzikálny model. Fyzikálny model je iba istou aproximáciou skutočnosti, otvorenou ďalšiemu vylepšovaniu primeranejším modelom.

Logický pozitívizmus ostro kritizoval Karl Popper (nar. 1902), ktorý pôvodne úzko spolupracoval s Viedenským krúžkom, ale čoskoro sa od neho osamostatnil. Popper vytýčil nové kritérium posúdenia vhodnosti prijatia novej hypotézy alebo teórie. Miesto induktívneho prístupu logického empirizmu volil deduktívnu cestu od nejakej vhodne vybranej teórie. Popperov prístup nazývame kritickým racionalizmom. Výber novej hypotézy môže byť motivovaný aj subjektivisticky, prípadne s použitím aj metafyzických prvkov, čo logický empirizmus zásadne odmieta. Konfrontáciu s experimentom nazval Popper falzifikacionizmom. Falzifikacionizmus tvrdí, že teóriu treba odmietnuť, ak čo len jeden deduktívne odvodený dôsledok nesúhlasí s experimentom. Potom je teória odmietnutá ako falzifikovaná.

Vývoj vedeckých teórií podľa Popperovho falzifikacionizmu spočíva v neustálom odmiataní falzifikovaných teórií. Pritom každá prijatá nefalzifikovaná teória môže byť neskôr falzifikovaná novými experimentami. Vývoj vedy má podľa neho revolučný charakter. Kritický realizmus odmieta nielen logický empirizmus Carnapovej školy, ale aj plán Thomasa Kuhna (nar. 1922) o vývine vedeckých teórií, v ktorom predpokladá striedanie tzv. normálnych a re-



volučných etáp tohto vývoja. Normálna veda má podľa Kuhna charakter ustáleného rozvíjania konvenčne prijatých základných metodologických predpokladov, ktoré nazval Kuhn paradigmatom príslušnej vedy. Keď normálna veda prestáva súhlasiť s novými experimentálnymi faktami, postaví sa nová paradigma pre novú ustálenú vedu. Prechod od jednej paradigmy k ďalšej je v podstate psychologický proces, ktorý nie je viazaný žiadnymi racionálnymi obmedzeniami, takže sa mu prisudzuje iracionálny, revolučný charakter. Podľa Poppera je normálna veda, tak, ako ju zavádza Kuhn, iba idealizáciou, ktorá nezodpovedá skutočnému vývoju vedeckého myslenia. Podľa neho je vývoj určovaný falzifikáciou, ktorá má charakter permanentnej revolúcie.

Popperovu falzifikáciu kritizoval Imre Lakatos (1922–1974). Lakatos skúma zavádzanie nových teórií v rámci vedeckého výskumného programu. Podľa neho nemožno na základe falzifikácie žiadnu teóriu odmietnuť. Vedecké kolektívy sa bránia proti odmietaniu ustálených fyzikálnych teórií zavádzaním nových hypotéz. Napríklad keď dráha planéty nie je eliptická, neodmietneme Newtonov gravitačný zákon, ale budeme hľadať nejakú novú planétu, ktorá túto odchýlku spôsobuje. Falzifikovaná teória sa neodmieta ihneď, ale až keď sa nájde nová teória, ktorá má mať tieto tri základné charakteristiky: 1. nová teória má vysvetľovať všetky javy, ktoré doterajšia teória nevedela vysvetliť; 2. nová teória má predpovedať nové fakty; 3. aspoň jeden z nových predpovedaných faktov musí byť experimentálne potvrdený. Teória, ktorá spĺňa tieto tri požiadavky, je vedeckým pokrokom. Popperov falzifikacionizmus nemá žiadne kritérium vedeckého pokroku.

Vedecký výskumný program prebieha podľa Lakatosa tak, že sa v ňom rozlišujú dve časti: pevné jadro teórie a jej ochranný pás. Pevného jadra sa výskumník nemieni vzdať za žiadnych okolností. V prípade nesúhlasu s experimentom zavádza pomocné hypotézy, ktoré patria do premenlivého ochranného pásu teórie. Pre Lakatosa nemá význam hovoriť o pokroku jedinej izolovanej teórie, ale vždy vzhľadom k inej teórii alebo k sérii teórií.

Lakatosov vedecký výskumný program kritizuje Paul Feyerabend (nar. 1924). Feyerabend pochybuje o správnosti vedeckej metódy, podľa ktorej Lakatos riadi svoj výskumný program, a označuje ho ako „vedeckú ideológiu“, ktorá nie je čisto racionálna a obsahuje aj iracionálne prvky. Pripodobňuje ho k práci lekára, ktorý metodicky postupuje pri výkone svojho zamestnania. Takéto postupy sa však nedajú usporiadať podľa žiadnych racionálnych argumentov, lebo ich profesionálna ideológia je iracionálna. Na takúto iracionálnu úroveň kladie Feyerabend aj astrologickú medicínu, pričom nedbá o bežné kritériá rozlišovania vedeckých a nevedeckých programov, na čom si až prehnane zakladala škola logických pozitivistov.

Feyerabend sa pokladá za anarchistu v oblasti metodológie vedeckého výskumu. U neho sa stráca rozdiel nielen medzi astronómiou a astrológiou, ale aj medzi modernou vedou a vedou Aristotela, ba aj medzi vedou a mýtom, ktorý si tiež vytvára vlastné iracionálne obrazy o skutočnosti. Aj vedecké teórie pokladá za rovnocenné mýtickým výkladom. Dokonca aj umenie, napríklad poéziu, ktoré je tiež istým výkladom skutočnosti, nemožno klásť nižšie ako vedu. Na vedu nekladie žiadne nároky formálno-logického charakteru ani nárok príčin-ných väzieb.

Feyerabendov anarchistický postoj k vede je diametrálne odlišný od novopozitivistického Carnapovho postoja. Sú to dva extrémne hodnotenia vedeckej činnosti, ktoré nemajú priamy vzťah ku skutočne prebiehajúcej vedeckej tvorivej práci, ktorá vyžaduje aj rozumovú činnosť, aj voľnú intuíciu a ktorá predpokladá prírodné vzťahy medzi jednotlivými prírodnými javmi. Argumenty ani jedného z nich nie sú plne motivované fyzikálnym prístupom ku skutočnosti; sú motivované svetonázorovo, ba možno povedať materialistickými filozofiami, na ktoré majú väčší vplyv ako na vedeckú tvorivú prácu. Svojimi kritickými postojmi však obohatili metodológiu fyzikálneho myslenia. O prijatí, či odmietnutí návrhu určitej novej teórie rozhoduje prakticky konsenzus vedeckých pracovníkov, ktorý má však iba provizórny charakter, lebo ostáva otvorený novým postupom pri objasňovaní nových očakávaných objavov.