

Kaj v fiziki "obstaja"?

JANEZ STRNAD

POVZETEK

Za fiziko značilne izjave lahko s preskušanjem ovržemo, ne moremo jih potrditi. Izmed izjav, ki jih s preskušanjem ne ovržemo, izberemo zakone, in te združimo v teorije. Sprejeto fizikalno teorijo sestavljajo območje izkušenj, korespondenčna pravila in matematični formalizem. Fizika je tesno povezana z matematiko. O obstoju količin, s katerimi si fizika pomaga, razpravlja matematika. Za dogodke na območju izkušenj lahko trdimo, da obstajajo. O teh je navadno mogoče doseči soglasje. Do različnih mnenj, tudi med fiziki, prihaja na eni strani ob povezovanju izkušenj z matematičnimi količinami pri dogovorih in definicijah. Na drugi strani so izvir morebitnih nesporazumov osnovni pogledi na svet, ki izhajajo iz območij za mejami fizike.

ABSTRACT

WHAT "EXISTS" IN PHYSICS?

Statements significant for physics can be refuted by experiment, but cannot be confirmed. From the statements not refuted, we select laws which we unite into theories. The accepted physical theory consists of the field of experience, correspondence rules and mathematical formalism. Physics is closely linked to mathematics. Mathematics discusses the existence of quantities used by physics. We can argue that events in the realm of experience exist. Usually it is possible to reach agreement on these events. Different opinions, including those held by different physicists, appear when, in consultations and the setting of definitions, experience is being linked with mathematical quantities. On the other hand, the source of possible misunderstandings is traceable to the fundamental views of the world arising from the realms beyond the borders of physics.

ZNANOST O NARAVI

Fizik ob tem, ko se matematiki in filozofi pogovarjajo o eksistenci, najprej pomisli, da je fizika osnovna znanost o naravi. Tega ne jemlje kot odliko:¹ "Fizika naj uvidi, da ni osnovna znanost v kakem praktičnem smislu. Osnovna je le po tem, da lahko njene zakone, mislimo, v načelu uporabimo za sisteme, ki jih raziskujejo druge znanosti o

naravi. To posebnost je dosegla tako, da se je omejila izključno na nekatere vidike pojavov, in zaradi tega ne more razviti načrta, po katerem bi bilo mogoče načela prevesti v prakso. Te izključnosti in tega, da ne poskuša vključiti drugih znanosti, fiziki ne gre očitati. Uspeh katere koli dejavnosti je pač odvisen od tega, kako oklestimo pričakovanja do mere, ki vodi do uresničljivega cilja."

Potem se spomni, da je za tipične izjave v fiziki značilno, da jih je mogoče ovreči in jih ni mogoče potrditi.² Navadno se posreči izjavo oblikovati kot napoved, ki jo primerjamo z izkustvenimi podatki. Začetno zamisel moramo zavreči, če se napoved ne ujema s podatki. Tega osnovnega vodila se fiziki in drugi naravoslovci zavedajo bolj ali manj molče več kot stoletje:³ "V splošnem pridemo do novega zakona po tej poti. Najprej ugibamo. Potem izračunamo nasledke ugibanja... Nato primerjamo izide računa z naravo, s poskusom ali izkušnjami... Če se ne ujema s poskusom, je ugibanje napačno. V tem preprostem stališču je ključ naravoslovja. ...Vedno lahko ugotovimo, da je kaka teorija napačna, toda nikoli ne moremo ugotoviti, da je prava." Ali:⁴ "Ne možnost, da potrdimo, ampak da ovržemo, je spoznavni znak naravoslovja. Z jedkim preskusom lahko preskusimo naravoslovne teorije... in ovržemo s poskusom... Da bi se mogli s čim strinjati, potrebujemo v fiziki enoličen jezik, namreč matematiko. Da bi bila njena sporočila plodna, morajo zadevati ponovljive dogodke v izkušnjah posameznega fizika. Odtod izvira ..potreba po nadzorovanih poskusih...."

V tridesetih letih je nekdanji fizik in poznejši filozof Karl Popper poudaril, da je mogoče znanstvene izjave falsificirati, ne pa verificirati. S tem demarkacijskim kriterijem naj bi bilo mogoče ločiti znanost od neznanosti.

Izjave, s kakršnimi se ukvarja ta sestavek, večinoma niso take narave, da bi jih bilo mogoče ovreči, vsaj ne tako, kot smo vajeni v fiziki. Fizik lahko samo ponudi svoje poglede v razmislek, kakor sicer ravnavo filozofi. Velikokrat imajo fiziki različne poglede. Ob tem se počutijo nekoliko nelagodno in najbrž zato pogosto dobesečno navajajo mnenje drugih.

TEORIJE

Fizikalne izjave, ki jih jedko preskušanje ni ovrglo, sestavimo v zakone narave in te v teorije, v katerih smemo videti osnovne gradnike fizike. Teorije zajamejo tudi izjave, ki jih ni mogoče ovreči, na primer definicije količin in splošne dogovore, denimo o enotah, in posebne dogovore v izbranih primerih. Raziskovalce zanimajo teorije v nastajanju, pregled nad sedanjim stanjem pa dajejo sprejete teorije. Taka teorija je notranje skladna, se pravi, da njen del ne nasprotuje drugemu delu, ne nasprotuje drugim sprejetim teorijam, je preprosta, plodna in zajame vse pojave z danega območja. Poleg tega naj bi napovedala tudi pojave, ki jih ob njenem nastanku še niso poznali. O zadnjem imajo raziskovalci drugačno mnenje kot filozofi.⁵

V sprejeti fizikalni teoriji je mogoče ločiti tri dele: območje izkušenj, korespondenčna pravila in matematični formalizem.⁶ Območje izkušenj zajema opazovanja in merjenja pri poskusih. Matematični formalizem prevzamemo iz matematike in ga je mogoče izpeljati iz majhnega števila aksiomov. Korespondenčna pravila preslikajo podatke z območja izkušenj na nekatere izmed elementov matematičnega formalizma. Teh pravil ni mogoče izpeljati iz izkušenj, zajamemo jih z območij zunaj fizike, na primer z območja navad, prepričanja, smisla za urejenost ali simetrije, in jih preskusimo. Na

osnovi vsakega niza podatkov je mogoče sestaviti teorijo, ki reproducira niz. Zato logični empiristi območja izkušenj nimajo za sestavni del teorije.⁷ Ločen od drugih zgubi del teorije svoj pomen: goli formalizem je le igra s simboli, gola korespondenčna pravila kvečjemu neplodno in nepopolno ogrodje izkušenj. Izidi poskusov brez matematičnega formalizma in korespondenčnih pravil ponujajo zgolj površen opis ali kvečjemu knjigovodstvo pojavov.

Nekatera izmed spoznanj o zgradbi teorij izvirajo iz novejših delov fizike. V klasični fiziki se ni bilo mogoče dokopati do njih, ker je dokaj nazorna in jo sprejmemo intuitivno.

FIZIKA IN MATEMATIKA

Fizika je na poseben način povezana z matematiko, saj je matematični formalizem del fizikalne teorije. Fizika potemtakem brez matematike ne more živeti. Trditve pa ni mogoče obrniti, ne glede na to, da je matematika včasih dobila pomembne spodbude iz fizike.

Le poredko je mogoče ovreči izjavo, ki ne vodi do podrobne napovedi. S tem mislimo na številsko - kvantitativno napoved, ki jo lahko primerjamo z izidom merjenj. Napoved, ki se v okviru natančnosti pri merjenju ne sklada z izidom merjenja, moramo zavreči. Pri tem je pogosto treba počakati na to, da podprejo izid merjenja v drugem laboratoriju in po možnosti z drugačnim merilnim načinom. Vendar navadno fizik začetne zamisli ne zavrže v celoti, ampak jo poskuša dopolniti ali prilagoditi, tako da nova napoved ustreza izidu merjenja. Tako se v fiziki dopolnjujeta oblikovanje domnev in podrobno opazovanje in merjenje.

Fizika v današnjem smislu se je rodila, ko se je zavedla svoje globoke povezanosti z matematiko. "Že v antiki so začeli z napovedovanjem ponavljajočih se pojavov na nebu. Toda do fizike v današnjem smislu je bila dolga pot. O tem priča med drugim Aristarhovo ravnanje s podatki. Zdi se, da ga ni vznemirjalo, ali je zorni kot Lune in Sonca $1/2^\circ$ ali 2° . Klavdij Ptolemej je meril lego zvezd in planetov na $1/6^\circ$ natančno, a je popravljaval podatke, če mu niso bili po volji. Zaradi tedanjih navad ga dandanes ne kaže dolžiti zločina. Johannes Kepler pa se je leta 1609 že upr skušnjava, da bi spregledal razliko 8 kotnih minut med podatki Tycha Braheja in izidi svojih računov. V njegovem načinu dela je mogoče že zaslediti nakazane posebnosti.⁸ Odpravil se je na pot obložen s teorijo in je uspel priti do dveh zakonov samo zato, ker se je lotil naloge z vnaprejšnjim mnenjem. To je bila začetna slutnja, ki ga je vodila, da je naredil vsak korak premišljeno, ne samo zaradi podatkov, ampak tudi zaradi slutnje."

Galileo Galilei je v knjižici *Il saggliatore* že leta 1618 izrecno poudaril pomen matematike: "Filozofija je zapisana v veliki knjigi vesolja in je vedno odprta našim pogledom. Toda knjige ne moremo razumeti, če se ne naučimo jezika in ne preberemo besed, ki ga sestavljajo. Napisana je v jeziku matematike in njegove besede so trikotniki, krogi in drugi geometrijski liki."

Pri njegovem načinu dela je matematiko nujno potreboval, kakor izhaja iz pisma prijatelju leta 1639: "Ne priznamem nič drugega kot definicijo gibanja, ki ga želim obravnavati in lastnosti katerega potem pokažem... Povem, da želim preiskati bisto gibanja telesa, ki miruje in ki se potem giblje s hitrostjo, enakomerno naraščajočo z naraščajočim časom... Dokažem, da so dolžine, ki jih preide telo, v razmerju kvadratov časov."

Sredi 17. stoletja so fiziki nekaj časa poudarjali, da je treba ponavljati merjenja skoraj v nedogled in pri tem spreminjati okoliščine, to vestno zapisovati in sproti objavljati ter naposled iz tega povzeti splošen sklep, ne da bi postavljali domneve. Tak način se ni več obnesel pri Boylovem raziskovanju "vzmeti zraka" okoli leta 1660. Fizika pač ni induktivna znanost, ki bi samo po številnih podrobnih merjenjih pri poskusih v spreminjajočih se okoliščinah prihajala s posplošitvami do svojih spoznanj.

Nasledek tega mnenja je mogoče prepoznati tu in tam še danes v zmotnem prepričanju, da 'izpeljemo' zakone iz merjenj pri poskusih in da so fizikalne teorije neizogibne razlage eksperimentalnih ugotovitev.⁹ "Razvoj filozofije znanosti v tem stoletju je pripeljal do mnogo skromnejše trditve o izkustvenem razumevanju fizikalnih teorij. Samo nekatere vidike nekaterih količin v kaki teoriji moremo primerjati s poskusom. To je jasno povedal Einstein: Teorije določajo, kaj lahko merimo."

Po sprejetem mnenju je fizika kvantitativna znanost; vsak fizik pri svojem delu računa s količinami in številskimi podatki.¹⁰ "Fizika je tesno povezana z matematiko. Matematika je najprikladnejše orodje fizike. Edino matematika dopušča zapis fizikalnih zakonov z enačbami, ki se jih je mogoče naučiti in uporabiti za zamotane pojave. Razvoj fizike je bil najtesneje povezan z razvojem matematike..."

Nekateri si postavljajo vprašanje, zakaj je matematika tako uporabna v fiziki. E. Wignerju se je v članku s pomenljivim naslovom Nenavadna učinkovitost matematike v naravoslovju zdelo to domala čudežno. Njegovo misel je povzel W. G. Pollard, ki je iskal v tem celo transcendentnost.¹¹ Zares je na Riemannovi geometriji zgrajena splošna teorija relativnosti, na Hilbertovem prostoru in sebi adjungiranih operatorjih v njem kvantna mehanika, na Liejevih grupah in algebrah deli teorije "osnovnih" delcev, na vlaknatih svežnjih kalibracijska polja v kvantni teoriji polja. J. Rosen je poudaril, da imajo lahko fiziki različna pričakovanja in se nekaterim učinkovitost matematike v fiziki sploh ne zdi presenetljiva.¹² Fizika poskusi uporabiti, kar je matematika dognala, česar ni dognala, ne more uporabiti.

Drugače kot Wigner misli matematik S. S. Chern. Zares so kalibracijska polja natančne povezave na vlaknatih svežnjih, a teh si niso "izmislili matematiki iz nič", ampak so ti pojmi naravni in dejanski.¹³ Rosen suho pripominja, da smo za "nekatero vidike narave ugotovili, da ustrezajo določenim matematičnim tvorbam. Te so "sistemi znakov na papirju ali na tabli in naleti živčne dejavnosti v možganih" in torej od tega sveta.

Da ne bi zbujali zmotnega mnenja, kaže posebej poudariti, da sta sicer matematika in fizika tesno povezani, a še ne prekrivata izrazito, imata različni cilj in okus, drugače presojata vrednote in imata različno tradicijo.¹³ Ne samo to. Čeprav so fizike pripeljale včasih do novih spoznanj enačbe, ki da so "pametnejše od njih", so jim morda še pogosteje pomagale nazorne predstave. Na drugi strani pri sporočanju fizike nefizikom in pri poučevanju sploh ni mogoče uporabiti matematike ali je ni mogoče uporabiti v polni meri.¹⁴ Vsceno se tudi v teh primerih da povedati o fiziki veliko zanimivega, le da je potreben čas in nekaj pozornosti pri sprejemniku in obzirnosti na drugi strani. Navsezadnje fiziki do podrobnosti obvladajo samo svoje ožje področje, druga pa le bolj površno. Ta del je pomemben tudi za stike med fiziki in filozofi. R. P. Feynman, ki si je prizadeval, da bi seznanil širok krog ljudi tudi z deli moderne fizike, je mislil, da so "raziskovalci odkritelji in filozofi turisti". Turisti radi najdejo vse pospravljeno, odkritelji pa sprejemajo Naravo tako, kakršno spoznajo.¹⁵

Pri raziskovalnem delu fizik uporablja matematiko do polne mere in se ji pri sporočanju fizike nefizikom in pri poučevanju povsem ali delno odpove. Vsceno gre pri obojem za fiziko. Ob meji pa je območje, ki ne sodi v tako opredeljeno fiziko. Imenujejo ga različno: filozofija fizike, metafizika, pogled na svet. Na osebni ravni ga je najbrž težko ločiti od osebne znanosti ali znanosti v nastajanju, medtem ko smo govorili v prejšnjih odstavkih o fiziki kot ustanovi ali javni znanosti.¹⁶ Poimenovanje ni enotno in bo tako tudi ostalo. Včasih kako ime uporabijo v različnih pomenih. Fizike bi morda še najmanj zbegalo, če bi v tej zvezi govorili o razmišljanju o fiziki s širšega vidika ali reflektirani fiziki. Večina izmed njih namreč opravlja svoje delo, ne da bi se zavestno ukvarjala z nakazanimi vprašanji. Razmišljanje o širših vidikih fizike bi jih lahko celo odvrčalo od njihovega pravega dela. J. Ziman je ob tem pomislil na stonogo, ki bi imela težave s hojo, brž ko bi začela razmišljati o njej.²

Fizika se ukvarja s "ponovljivimi pojavi, ki jih je mogoče napovedati, jih ureja, išče teorije ... Metafizika, filozofija fizike pa obravnava to, kar leži pod fiziko, nad njo, za njo, pred njo ali okoli nje. Obe dejavnosti sta popolnoma spodobni, le da ju ne gre mešati. Razumevanje fizike in izkušnje z njenim načinom dela so bistvene za metafizika, metafizika pa utegne biti koristna tudi za fizika. Pogled na svet, *Weltanschauung*, sodi v metafiziko, in ga tako kot drugih izjav v njej, ni mogoče ovreči.¹² "Pogled na svet je bistven za razvrstitev in poenotenje fizikalnih pojmov. Vsakdo ga ima, če ga je izrecno izoblikoval ali ne. Morda mi vaš pogled ne ugaja ali zame ni sprejemljiv in obrnjeno, tako mora biti. Primeri se, da je kak pogled na svet bolj koristen kot drugi, ker omogoča vpogled v fiziko."

Vendar pogled na svet ne bi smel očitno nasprotovati fizikalnim spoznanjem. Tega se premalo zavedajo filozofi in drugi, ko svoje trditve podpirajo z zgledi iz fizike.

ALI KOLIČINE "OBSTAJAJO"?

Fiziki navadno ne postavljajo vprašanja o "eksistenci". Mogoči odgovori nanj niso take narave, da bi jih bilo mogoče ovreči. Na osnovi povedanega pa je mogoče ponuditi dokaj preprost okvirni odgovor.

Količine, s katerimi fizik računa in ki spadajo v matematični formalizem, "eksistirajo", kot pač o njih sodijo matematiki. Nekaj podobnega je mogoče trditi o korespondenčnih pravilih, saj v njih vsaj v enem od obeh delov nastopajo prav te količine.

Dogodki na območju izkušenj pa zares obstajajo" v naravi ali v laboratoriju in so del narave. Navadno jih je mogoče naravnost zaznati s čuti, najpogosteje z vidom. Dogodki so na primer odklon kazalca v analognem merilniku, številski zapis v digitalnem merilniku, premik slike v daljnogledu, kar je mogoče fotografirati. V novejšem času jih nadomeščajo vrste števil ali diagrami v računalniškem izpisu. Vse pogosteje namreč podatke merilnika pri poskusu vodimo na računalnik, da jih obdela in včasih tudi že pripravi odločitve o njih. Dogodki so objektivni, natančneje intersubjektivni. O njih za opazovalce ni težko doseči soglasja. Vsi, ki so poskus opazovali, so se na primer strinjali, da se je slika reže malo premaknila, ko se je steklena ploščica začela hitro vrteti. Velika večina je menila da je bil za to kriv zrak okoli ploščice, medtem ko je eksperimentator W. Kantor sodil, da poskus ovreže posebno teorijo relativnosti. Nasprotna mnenja se lahko pojavijo pri razlagi opazovanih dogodkov in opredelitvi njihovega ozadja. Velikokrat nasprotna mnenja sežejo celo na območje zunaj fizike, v pogled na svet.

Na pomen čutnih zaznav je s poudarkom opozoril E. Mach. Vendar je šel skupaj s somišljeniki predaleč, ko je nasprotoval obstoju atomov. Vseeno se zdi, da je tudi njegova zasluga, da v fiziki in v njenih teorijah ne vidimo narave same, ampak samo njeno sliko, ki s časom postaja vse podrobnejša.

Naš predlog vse fizikalne količine v Carnapovem dvojezičnem modelu postavi med teoretične pojme. To se zdi na prvi pogled pretirano, saj si je mogoče nekatere izmed njih naravnost nazorno predstavljati. Vendar se pokaže za koristno, če vseh količin ne obravnavamo enako glede na območje izkušenj. Razdaljo in čas prevzamemo v fiziko skoraj brez dodatnih zahtev iz vsakdanjega življenja. Segata domala na območje izkušenj, ne da bi ju bilo treba utemeljevati s teorijo. Vendar velja to samo v svetu srednjevelikih teles, ne pa v svetu atomov in v Vesolju. Samo malo bolj zahtevni sta nadaljnji kinematični količini hitrost in pospešek. Dinamične količine maso, gibalno količino, vrtilno količino in druge pa bo že marsikdo pripravljen tudi po starem prišteti k teoretičnim količinam. Nato pride na vrsto sila, s katero opišemo delovanje telesa na telo:¹⁷ "Osnovno zamisel o sili kot o vlečenju ali potiskanju so razvili v zvezo med silo in gibanjem, deformacijo, pospeškom, gravitacijo, težo, tlakom, delom, močjo in tako dalje. Sil ne vidimo: z njimi delujejo telesa na telesa in povzročajo opazljive spremembe. Onstran fizikalne izkušnje so sile neotipljive in potrebujemo domišljijo, da povežemo opazovano s splošnim pojmom sile. Sila je zamisel, ni predmet kot, denimo, jajce ali celica."

Namesto, da bi opisali delovanje telesa na oddaljeno telo z delovanjem na daljavo, ga opišemo s poljem: prostor okoli prvega telesa je polje, ki kot posrednik izvaja silo na drugo telo. Električno polje opišemo z jakostjo polja in magnetno polje z gostoto prav prek sile na droben naboj in odsek vodnika s tokom. Polji lahko enako dobro opišemo z električnim (skalarnim) in z magnetnim (vektorskim) potencialom. Ti dve količini sta do neke meri poljubni. Podobno velja za potencialno energijo. Izberemo na primer poljubno vodoravno ravnino, od katere merimo navzgor višino. Potencialna energija telesa, ki je sorazmerna z njegovo višino, je nedoločena. Delo, sprememba potencialnih energij, pa je sorazmerno je z višinsko razliko, ni odvisno od izbire ničelne ravnine in ni nedoločeno. Količina, ki je odvisna od naše odločitve, zagotovo ne sodi na območje izkušenj.¹⁸ Razprava o vseh fizikalnih količinah, v katero se ne moremo spustiti, bi pokazala, da so razmere bolj zapletene. Poleg tega so mnenja deljena. Nekateri mislijo, da sta jakost električnega polja in gostota magnetnega polja teoretični količini, drugi, da imata celo potenciala fizikalno vsebino, tretji, da je mogoče opazovati samo "telesa, energijo in sile".

Vsekakor ne kaže vztrajati pri zahtevi, da je treba vsako količino vpeljati z merskim postopkom. Tak postopek ni dokončen, enoličen in neodvisen od teorije. Količino lahko pogosto merimo pri zelo različnih poskusih. S katerim naj količino vpeljemo? Ali naj dajo vsi poskusi enako količino? Kot smo uvideli, nekaterih količin ne moremo izmeriti naravnost. Tistih, ki so nedoločene, ne moremo vpeljati brez teoretičnega ozadja.

ALI "DELCI" "OBSTAJAJO"?

Ne samo količine, tudi nekateri drugi fizikalni pojmi ne sodijo na območje izkušenj. Za zgled vzemimo pojem delca. V Newtonovi mehaniki mislimo s tem na telo, katerega razsežnost je tako majhna, da jo glede na opazovane premike lahko zanemarimo. Tak

delec je na primer izstrelak iz puške, ki ga lahko postavimo na območje izkušenj. Določimo njegovo lego v določenem trenutku in hitrost in opišemo njegovo gibanje.

V kvantni mehaniki, ki je močno odmaknjena od vsakdanjih izkušenj, posplošimo pojem delca. V njej opišemo na primer elektron z valovno funkcijo, ki zagotovo sodi v matematični formalizem. R. P. Feynman je pribil, da je elektron teorija, kakor je teorija notranjost opeke. Valovne funkcije elektrona ne moremo naravnost opazovati, kot ne moremo naravnost opazovati notranjosti opeke: ko opeko prelomimo, postane njena notranjost površje. Merilnik elektronov pa se odzove na elektron z dogodkom, s sunkom napetosti, ki ga lahko opazimo na zaslonu katodnega oscilografa v določenem trenutku. Ta dogodek sodi na območje izkušenj. Vendar dogodka ne moremo po želji ponoviti, čeprav ostanejo okoliščine nespremenjene. Zato ga tudi ne moremo zajeti s teorijo in napovedati.

Ne moremo navesti lege elektrona ob določenem trenutku, dokler ga z merjenjem v to ne prisilimo. Medtem ko je odgovor na Einsteinovo vprašanje: "Ali je Luna tam, če je nihče ne gleda?" pritrdilen, je odgovor na podobno vprašanje o elektronu nikalen.¹⁹ Gibanja elektrona ne moremo opisati, kot opišemo gibanje velikega telesa. Pač pa lahko zajamemo s teorijo in napovemo vrsto dogodkov pri poskusih s številno množico elektronov v določenih okoliščinah. Na tej osnovi pravimo, da pri posameznem elektronu določimo verjetnost, s katero ga v določenem trenutku zaznamo v majhni prostornini v bližini določene točke.

Lege fotonov, ki nosijo energijo in gibalno količino v elektromagnetnem valovanju, a nimajo mase, nikakor ne moremo določiti. Ugotovimo samo, da so ob nekem dogodku nastali in ob drugem poznejšem dogodku na drugem kraju prenehali obstajati. Njihovega gibanja ni mogoče zasledovati niti v tolikšni meri kot pri elektronih. To je še ena posplošitev pojma delec.

Nevtrini so sicer sorodni elektronom, a nimajo mase ali imajo zelo majhno maso. Njihova glavna značilnost je, da zelo šibko delujejo na druge delce. Lahko preletijo Sonce, ne da bi se obregnili ob kak drug delec. Njihov obstoj so napovedali, da bi pojasnili primanjkljaj energije, gibalne količine in vrtilne količine pri radioaktivnem razpadu beta. Tukaj se ne moremo spustiti v zanimivo razpravo o tem, odklej nevtrino v fiziki "obstaja".²⁰

Poznamo še kvarke, ki so sicer sorodni elektronom in nevtrinom, ne samo po tem, da veljajo dandanes za nesestavljene. Odlikujejo se po tretjini ali dveh tretjinah osnovnega naboja in po tem, da ne morejo obstajati prosti.

KAJ MISLIJO FIZIKI?

Fiziku se kaže svet delcev, katerih nekatere zastopnike smo omenili, dokaj različen od sveta vsakdanjih izkušenj. Pri tem se lahko opira samo na zakone in druge enačbe in se mu odpira več mogočih pogledov. O tem priča razprava v revijah, namenjenih kulturnim in poučevalskim vidikom fizike.

Skrajno stališče zastopa misel J. A. Wheelerja:²¹ "Noben pojav ni pojav, dokler ga ne opazujemo... Vesolje ne obstaja 'tam zunaj' neodvisno od vsch dejanj opazovanja. V nekem nenavadnem smislu v tem Vesolju sodelujemo." Skrajno je tudi stališče,²² da so

"vse, kar imamo, simboli: besedni simboli, številski simboli in matematični simboli. Nimamo ne "delcev" ne "elektronov", samo simbole... Morda bi morali povsem odpovedati trditvam v angleščini in se oprijeti le računanja ... in poskusov in ugotovitev, da se oboje ujema... Prihranili si boste papir in ne boste izgubili ničesar, če boste opustili pojem "dejanskost" in se držali matematike."

Na oboje sta se odzvala M. Psimopoulos in T. Theoharis.²³ "Filozofi so dali temu epistemološkemu stališču ime instrumentalizem. Po njem so domneve in matematične enačbe samo instrumenti računanja. Ni si treba beliti glave o tem, ali imajo globlje korenine. Nasprotno pa realizem zagovarja stališče, da si je vredno prizadevati, da bi uspeh ali neuspeh domnev in enačb pojasnili z 'dejanskostjo'. Če kdo verjame, da ne obstaja 'objektivna dejanskost' 'ali če kdo dvomi v njen obstoj), nima razloga, da bi jo poskušal odkriti." Razširjanje instrumentalizma po letu 1930 sta celo povezala z začetkom "obžalovanja vrednega usihanja osnovnih odkritij v fiziki".

C. G. Adler je poskušal povzeti splošna stališča in se je pri tem skliceval tudi na filozofe.²⁰ Antirealizem je po B. Van Fraassenu stališče, "po katerem lahko ciljem znanosti dobro služimo ... ne da bi navedli ... dobesedno resnične zgodbe in sprejetje teorije lahko zadeva nekaj manj "ali nekaj drugega) kot vedenje o resničnem. Po R. Harréju sta realizem in fenomenalizem pola v epistemologiji znanosti. Realizem se zdi pripraven za znanost, kot je kemija, medtem ko se "zdi fizika v svojih globljih dosežkih prvobitna pozitivistična ali fenomenalistična znanost." Na meji znanja namreč "pojavi zaznamujejo mejo dosegljivega". Realizem vključuje vedenje, da obstaja osnovna dejanskost, ki si jo prizadevamo opisati dobesedno, fenomenalizem pa zahteva, da naj bodo znanstvene teorije osnovane na občutkih o opazovanih pojavih in naj se izogibamo sklicevanju na neopazljivo.

Medtem ko je klasično fiziko, se pravi fiziko velikih teles, mogoče zgraditi na realizmu, to za sodobno fiziko, predvsem za kvantno mehaniko, ne velja. Vendar zaradi tega fiziki še niso pristaši raznih filozofskih šol in jim ni mar za zadeve, o katerih te razpravljajo. V sodobni kemiji in biologiji je drugače, v njunih osnovah se je mogoče sklicevati na fiziko. Fizik se zaveda, da ne ve, ali je za kak pojav izbral pravo razlago in niti ne ve, kaj to je. Pomaga si pač z modeli in ga ne moti, če vsebujejo količine, ki jih ni mogoče neposredno opazovati, dokler so uspešni. Zato je bolje reči, da so fiziki arealisti, ker se ne opirajo na realizem, kot da so antirealisti, ki bi realizmu v načelu nasprotovali. Po D. Papineauju realist zagotavlja, da vedenje meri na resnico tako, da ustreza neodvisni dejanskosti, medtem ko se arealist (v Adlerjevem smislu) izogiba takemu govorjenju in je zanj resnica le "časni naslov za naše resnejše vedenje". Tak arealist ni niti nujno instrumentalist, kolikor se ne opira samo na enačbe, niti nujno fenomenolog, kolikor ne stavi samo na čutne zaznave.

Že prej je skrajno realistično stališče zagovarjal M. Gardner, in to po pravici, ker se je omejil na svet velikih teles.²⁴ J. Rosen pa je opozoril na vlogo ljudi pri opazovanju narave:²⁵ "1. Znanost je stranski proizvod našega obstoja, 2. pojasniti poskušamo našo sliko Vesolja, 3. obveljalo bo pojasnilo, ki bo zadovoljilo nas."

Fizika spravi množica izjav, ki si delno nasprotujejo, v zadrego. Del zadrege pripiše temu, da uporabljeni pojmi nimajo povsem določenega pomena. Po tehtnem premisleku o fizikalnem ozadju izjav in potem, ko izjave razčleni in poskusi ugotoviti, kaj hočejo z njimi povedati, se mu zazdi, da utegne imeti vsaka svoj prav. Ni nemogoče, da vidi zdaj prednost tega stališča, zdaj prednost drugega. O tem je A. Einstein pred časom zapisal

(zato je treba samo nekaj tedanjih besed nadomestiti z novejšimi): "Zunanjemu opazovalcu se utegne naravoslovec zdeti tip oportuniste brez predsodkov: Kot realist ravna, ko opisuje svet kot neodvisen od zaznavanja, kot idealist, ko gleda na pojme in teorije kot na proste tvorbe človeškega duha (ker jih ni mogoče izpeljati naravnost iz empiričnih ugotovitev), kot pozitivist, ko jemlje svoje teorije za upravičene samo do mere, do katere ustrezajo logičnemu prikazu zvez s čutnimi zaznavami. Zdi se lahko celo platonik ali pitagorovec, kolikor jemlje logično preprostost za nepogrešljivo in učinkovito orodje svojih raziskovanj."

LITERATURA

1. A. B. Pippard, *Reconciling Physics with Reality*, University Press, Cambridge, 1972.
2. J. Strnad, *Etude v filozofiji znanosti I*, *Anthropos* (1986) 162 (I-II); *Etude v filozofiji znanosti II*, *Anthropos* (1986) 78 (V-VI); *Del narave ali matematična abstrakcija*, *Anthropos* (1988) (I) 77.
3. R. P. Feynman, *The Character of Physical Law*, Cox and Wyman, London, 1965.
4. E. Horsfield, *Aspects of scientific method in the natural science - physics*, *Am. J. Phys.* 52 (1984) 805.
5. S. G. Brush, *Prediction and theory evaluation: The case of light bending*, *Science* 246 (1989) 1124.
6. G. Ludwig, *Foundations of Quantum Mechanics I*, Springer, Berlin, 1983.
7. M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, J. Wiley, New York, 1974.
8. C. Wilson, *How did Kepler discover his first two laws?*, *Sci. Am.* 226 (1972) 92 (3).
9. R. U. Sexl, *Some observations concerning the teaching of the energy concept*, *Eur. J. Sc. Ed.* 3 (1981) 285.
10. M. V. Laue, *Kratka zgodovina fizike*, DMFA, Ljubljana, 1982.
11. W. G. Pollard, *Rumors of transcendence in physics*, *Am. J. Phys.* 52 (1984) 877.
12. J. Rosen, *No rumors of transcendence in physics*, *Am. J. Phys.* 54 (1986) 700.
13. C. N. Yang, *Einstein's impact on theoretical physics*, *Phys. Today* 33 (1980) 42 (6).
14. P. Rice-Evans, *Physics minus maths?*, *Phys. World* 5 (1992) 15 (12).
15. F. Dyson, *Doubt as the essence of knowing: The genius of Richard Feynman*, *Phys. Today* 45 (1992) 87 (11).
16. G. Holton, S. G. Brush, *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1973.
17. R. Gamble, *Force*, *Phys. Educ.* 24 (1989) 79.
18. J. Strnad, *Transcendence in physics - where to draw the line*, *Am. J. Phys.* 56 (1988) 105.
19. N. D. Mermin, *Is the moon there, when nobody looks? Reality and quantum theory*, *Phys. Today* 38 (1985) 38 (4).
20. C. G. Adler, *Realism and/or physics*, *Am. J. Phys.* 57 (1989) 878.
21. J. S. Rigden, *Editorial: "...to see it as it is...to know it as it isn't..."*, *Am. J. Phys.* 54 (1986) 397.
22. R. C. Henry, *Phys. Teach.* 18 (1983) 74.
23. M. Psimopoulos, T. Theocharis, *"...to see it as it is...to know it as it isn't..."*, *Am. J. Phys.* 54 (1986) 969.
24. M. Gardner, *Guest comment: Is realism a dirty word?*, *Am. J. Phys.* 57 (1989) 203.
25. J. Rosen, *Realism is beautiful, but is homo sapiens a dirty word?*, *Am. J. Phys.* 58 (1990) 105.