

Vedecké inštrumenty a skutočnosť¹

Ladislav Kvasz —

Filosofický ústav AV ČR, v.v.i., Praha

Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, Praha

Termín *inštrumentálny realizmus* zaviedol Don Ihde² na označenie skupiny piatich amerických filozofov vedy – Roberta Ackermanna,³ Huberta Dreyfusa,⁴ Iana Hackinga,⁵ Dona Ihdeho a Patricka Heelana,⁶ ktorých spája zastávanie realistickej pozície vo filozofii vedy a záujem o inštrumentálny rozmer vedy. V sérii statí sme sa pokúsili prispieť k rozvoju inštrumentálneho realizmu začlenením matematiky do jej rámca.⁷ Hlavnou ideou pritom bolo, že aj matematika je založená na skúsenosti, rovnako ako veda. Táto skúsenosť však nie je priama, ale je sprostredkovaná nástrojmi symbolickej a ikonickej reprezentácie. Matematické výsledky získané pomocou týchto nástrojov sa dajú najlepšie vysvetliť na *realistickom základe*, keď predpokladáme, že existuje aspekt reality, ktorý je matematikmi objavovaný. Pri tomto objavovaní majú reprezentačné nástroje nezastupiteľnú úlohu.

Inštrumentálny realizmus možno považovať za strednú pozíciu medzi *obyčajným, robustným, alebo priamočiarym realizmom*⁸ (ďalej ORP realiz-

1 Príspevok vznikol v rámci Fellowship Jana Evangelisty Purkyně na Filosofickom ústave Akadémie vied Českej republiky v Prahe.

2 Ihde, D., *Instrumental Realism: The Interference between Philosophy of Science and Philosophy of Technology*. Bloomington, Indiana University Press 1991.

3 Ackermann, R., *Data, Instruments, and Theory*. Princeton, Princeton University Press 1985.

4 Dreyfus, H. L., *What Computers Can't Do*. New York, Harper and Row 1972.

5 Hacking, I., *Representing and Intervening*. Cambridge, Cambridge University Press 1983.

6 Heelan, P., *Space Perception and the Philosophy of Science*. Berkeley, University of California Press 1983.

7 Kvasz, L., Matematika a skúsenosť. *Organon F*, 16, 2009, 2, s. 146-182. Kvasz, L., Penelope Maddy medzi realizmom a naturalizmom. *Filozofia*, 65, 2010, 6, s. 522-537. Kvasz, L., Matematika a skutočnosť. *Organon F*, 18, 2011, 3, s. 303-330.

8 Pozri Kotátko, P., Realismus a jazykový konstruktivismus. *Organon F*, 12, 2005, 4, s. 377-396; Kotátko, P., Místo jazyka ve světě a robustní realismus. In: Zouhar, M. (ed.), *Realismus, internalizmus, individualizmus*. Bratislava, Infopress 2010, s. 67-74; alebo Marvan, T., *Realismus a relativismus*. Praha, Academia 2014.

mom) na jednej strane a *vedeckým realizmom*⁹ na strane druhej. Spočíva na téze, že existuje od nás nezávislá realita, ku ktorej máme prístup, ale tento prístup je nepriamy, sprostredkovaný reprezentáčnymi nástrojmi. Tieto nástroje sú z rôznych druhov, môžu byť vytvorené z proteínov, ako napríklad naše orgány zraku, sluchu alebo hmatu; môžu byť vyrobené z dreva, skla a kovu, ako napríklad mikroskopy, teleskopy alebo urýchľovače; alebo môžu byť vytvorené z materiálnych realizácií matematických symbolov, ako napríklad kalkuly algebry, matematickej analýzy či predikátového počtu.¹⁰

ORP realizmus možno charakterizovať ako *pesimistický názor*, podľa ktorého všetko dôležité sa udialo počas našej biologickej evolúcie a náš prístup k realite sa od tej doby, čo sme pred niekoľkými miliónmi rokov opustili savany južnej Afriky, v ničom podstatnom nezmenil. ORP realizmus ponecháva prístup k realite v kompetencii proteínových nástrojov nášho tela. Za skutočné považuje všetko to, čo môžeme vidieť, hmatať, či počuť, a náš jazyk charakterizuje tak, že sa vzťahuje primárne k tejto skutočnosti. Ostatné veci sú, alebo môžu byť, skutočné len vtedy, keď sa dostatočne podobajú vnímateľným veciam. ORP realizmus nemá skutočný záujem o otázky týkajúce sa existencie takých vecí, ako flogistón, atómy, čísla alebo množiny, a je pripravený prenechať tieto otázky odborníkom. Niektorí zástancovia ORP realizmu majú vo zvyku na koniec zoznamu vecí, ktoré považujú za reálne, pridať atómy alebo elektróny. Je to však sotva viac než rétorická figúra, pretože otázkam existencie a statusu týchto objektov sa vážnejšie nevenujú.¹¹

Keď ako rozdiel medzi svojou pozíciou a vedeckým realizmom zástancovia ORP realizmu uvádzajú, že ORP realista prijíma všetky *pozorovateľné entity* postulované vedou a od vedeckého realizmu sa líši iba tým, že odmieta akceptovať *nepozorovateľné teoretické entity* (ktoré vedecký realizmus prijíma), nemožno to brať úplne vážne, pokiaľ nevysvetlí, čo rozumie pozorova-

9 Pozri Schmidt, M., Predmety, kauzalita a vedecký realizmus. *Filozofia*, 65, 2010, 7, s. 643-651; alebo Schmidt, M. – Taliga, M., *Filozofia prírodných vied*. Bratislava, Aleph 2013.

10 Klasický inštrumentálny realizmus považuje za inštrumenty iba technologicky vytvorené vedecké prístroje. Naša pozícia tak prináša dva posuny oproti klasickému inštrumentálnemu realizmu. Jednak ho *rozširujeme na matematiku*, keď tvrdíme, že algebraickej symbolike či euklidovským konštrukciám možno porozumieť práve ako inštrumentom, ktoré sprostredkujú aspekty matematickej reality tak ako prístroje fyziky sprostredkujú aspekty fyzikálnej reality. Okrem toho navrhujeme aj *zmyslové orgány ľudského tela* považovať za proteínové inštrumenty vytvorené „slepým hodinárom“ evolúcie. Môže sa zdať matúce uvádzať v jednom článku všetky tieto oblasti naraz, ale intuície jednotlivých oblastí na navzájom podporujú.

11 Pozri Marvan, T., *Realismus a relativismus*, c. d., s. 12. Zdá sa, že OPR realisti nemajú odpoveď na otázku, ako je možné odlíšiť elektrón od kalorika, ktorého existenciu veda zastávala po dobu jedného storočia. Nemôže byť elektrón iba ďalší príbuzný kalorika, vedľa flogistónu, éteru, elektrického a magnetického fluida? A čo je ešte dôležitejšie, nemajú ani odpoveď na otázku interpretácie kvantovej mechaniky. Nie je jasné, ako sa môžu vyrovnáť s dvojitribinovým experimentom či princípom neurčitosti. Inštrumentálny realizmus na rozdiel od ORP realizmu tieto otázky berie vážne.

ním a akú úlohu pritom pripisuje vedeckým inštrumentom. Domnievame sa, že keby sa zástanca ORP realizmu vážne zamyslel nad týmito otázkami, jeho pozícia by sa postupne rozpadla. Zistil by, že ak chce prijať aj elektróny ako reálne, jeho realizmus nemôže byť ani *obyčajný* (kvôli tunelovému javu), ani *robustný* (kvôli interpretácii dvojštrbinového experimentu), ani priamočiary (kvôli princípu neurčitosti), a tak postupne by dodriftyval do tábora inštrumentálneho realizmu. Dvere sú tam pre neho otvorené.

Na druhej strane stojí *vedecký realizmus*, podľa ktorého objekty postulované pravdivými vedeckými teóriami musia byť považované za skutočné. Flogistón nie je skutočný, lebo flogistónová teória horenia nie je pravdivá; elektróny sú skutočné, lebo kvantová elektrodynamika je podľa súčasného stavu poznania pravdivá fyzikálna teória; zatiaľ čo čísla nie sú skutočné, pretože aritmetika nie je vedecká teória. Vedecký realizmus zastáva ***prehnane optimistický názor***, že niektoré z našich vedeckých teórií sú pravdivé a že sme schopní spoznať, ktoré to sú. Podľa inštrumentálneho realizmu žiadne z našich teórií nie sú pravdivé v striktnom zmysle. Všetky teórie sú aproximácie a treba ich preto považovať za pravdivé iba na určitej hladine presnosti (t. j. na 10, 20 či 30 desatinných miest, čo je však stále relatívne málo pri porovnaní s ďalšími 100, 200 či 300 desatinnými miestami, o ktorých nemáme ani potuchy). Presvedčenie vedeckého realistu, že v niektorých prípadoch sme dosiahli limitu procesu aproximácie a s konečnou platnosťou sme siahli na realitu, je preto prehnane optimistické.

ORP realizmus sme charakterizovali ako pesimistický názor, že odkedy biologická evolúcia vytvorila naše proteínové nástroje, nič naozaj dôležité sa nestalo a náš prístup ku skutočnosti spočíva aj dnes výlučne na našich zmyslových orgánoch. Na druhej strane vedecký realizmus môžeme charakterizovať ako optimistický názor, že veda prináša nové prístupy ku skutočnosti, pričom aspoň v niektorých prípadoch je vývoj vedeckých prístrojov zavŕšený a došli sme na koniec cesty. Obom týmto prístupom je spoločné presvedčenie, že ***existuje jedna privilegovaná sada nástrojov*** (biologických, respektíve vedeckých) a byť skutočný znamená byť prístupný pomocou tejto sady. Na rozdiel od týchto dvoch extrémov *inštrumentálny realizmus* tvrdí, že existuje ***ireducibilná pluralita rôznych sád nástrojov*** (alebo inštrumentálnych praxí), z ktorých každá otvára odlišný prístup ku skutočnosti. Musíme odolať pokušeniu vybrať si jednu z týchto sád ako tú „pravú“ a objekty, ku ktorým otvárajú prístup nástroje tejto sady, prehlásiť za *jedinú skutočnosť*.

Inštrumentálny realizmus nepopiera, že ***existuje realita nezávislá od nás, nášho jazyka, našej kultúry a našich nástrojov***. Mnohé aspekty tejto reality poznáme s dostatočnou mierou presnosti a na tomto poznaní zakladáme naše každodenné rozhodnutia a činy. V tom sa inštrumentálny realista zhodne s ORP realitom. Na rozdiel od neho sa však inštrumentálny realista

domnieva, že mnohé aspekty reality ešte nepoznáme s dostatočnou presnosťou a o mnohých aspektoch, ktoré zásadným spôsobom determinujú naše životy, nemáme ani potuchy. Skutočnosť je oveľa bohatšia než realita prijímaná zástancami ORP realizmu. Zástancovia ORP realizmu majú plné právo nezaujímať sa o výsledky vedy; tento nedostatok záujmu však spôsobuje, že majú obmedzený obraz skutočnosti. Mnohé z najzaujímavejších a intelektuálne najpodnetnejších zmien, pokiaľ ide o pojem skutočnosti, sa odohrali práve vo vede. Ignorovať ich je jednoducho zlá voľba.

Na druhej strane zástanca vedeckého realizmu sústreďuje svoju pozornosť iba na teórie súčasnej vedy. Teórie minulosti považuje za prekonané novšími teóriami, ktoré si preto zasluhujú výlučnú pozornosť filozofa. Inštrumentálny realista sa naproti tomu domnieva, že naše poznanie ešte nedosiahlo stupeň završenosti, a teórie súčasnej vedy je teda treba považovať za teórie, ktoré budú v budúcnosti prekonané lepšími. Preto medzi teóriami súčasnej a minulej vedy neexistuje žiadny zásadný rozdiel, a preto by mali byť považované vo viacerých ohľadoch za rovnocenné.¹² Z tohto dôvodu nie je možné dôjsť ku skutočnosti tak, že zvolíme naše „najlepšie teórie“ a vypočujeme si, čo je podľa nich skutočné. Musíme sa naučiť načúvať všetkým vedeckým teóriám minulosti a vytvoriť pojem skutočnosti tak, aby sme všetkým dopriali náležitý sluch.

Výklad inštrumentálneho realizmu v matematike v článkoch *Matematika a skúsenosť*,¹³ *Penelope Maddy medzi realizmom a naturalizmom*¹⁴ a *Matematika a skutočnosť*¹⁵ vyvolal kritickú odozvu u kolegov Jaroslava Peregrina,¹⁶ Martina Schmidta,¹⁷ Pavla Labudu¹⁸ a Juraja Bánovského.¹⁹ Ich kritiky jasne identifikujú nedostatky uvedených textov. Asi nebolo rozumné začať výklad inštrumentálneho realizmu matematikou a inštrumentálny realizmus vo fyzike predpokladať ako samozrejmy. On samozrejmy nie je, veď vo filozo-

12 To samozrejme neznamená, že by sme mali ignorovať skutočnosť, že určité teórie boli vyvrátené. To, k čomu smerujeme, nie je relativizmus. Mali by sme si však uvedomiť, že aj naše súčasné teórie budú skôr či neskôr vyvrátené. To, či je teória vyvrátená alebo nie, je tak otázka času, a nie kvality. Mali by sme sa preto sústreďiť na to, akým spôsobom bola tá ktorá teória vyvrátená, a nie na fakt, že k vyvráteniu došlo.

13 Kvasz, L., *Matematika a skúsenosť*, c. d.

14 Kvasz, L., *Penelope Maddy medzi realizmom a naturalizmom*, c. d.

15 Kvasz, L., *Matematika a skutočnosť*, c. d.

16 Peregrin, J., Kvaszova filosofie matematiky mezi platonismem a naturalismem. *Organon F*, 17, 2010, 1, s. 71-80 a Peregrin, J., Spory o realismus, Hegel a jazyk(y) matematiky. *Organon F*, 19, 2012, 1, s. 66-83.

17 Schmidt, M. – Taliga, M., *Filozofia prírodných vied*, c. d.

18 Labuda, P., Priamočiary realizmus a jeho pozícia v rámci sporu realizmu a antirealizmu. *Organon F*, 20, Supplementary Issue 1, 2013, s. 64-78 a Labuda, P., Inštrumentálny realizmus, ontológia rozlíšení a problém ontologického statusu inštrumentov. *Organon F*, 21, 2014, 2, s. 180-197.

19 Bánovský, J., Some Notes on Instrumental Realism. *Organon F*, 21, 2014, 2, s. 237-247.

fickom vzdelávaní ešte stále dominujú texty, ktoré poznanie zakladajú na zmyslovej skúsenosti. Rovnako prispelo k nedorozumeniam aj to, že (mlčky predpokladajúc pozíciu inštrumentálneho realizmu vo fyzike) sú v textoch venovaných matematike zdôrazňované tie aspekty inštrumentálneho realizmu, kde sa matematika odlišuje od fyziky. To zviedlo mnohých kritikov k tomu, že predkladanú pozíciu vnímali ako váhanie či kolísanie medzi realizmom a antirealizmom (Peregrin), ako druh interného realizmu (Bánovský), alebo ju označili ako antirealizmus. Pri opätovnom čítaní článkov o inštrumentálnom realizme v matematike sa nemožno ubrániť pocitu, že tak činili oprávnené. Preto sa teraz pokúsime vyložiť pozíciu inštrumentálneho realizmu vo fyzike. Dúfame, že tu realistický aspekt dostane presvedčivú podobu. Inštrumentálny realizmus je tvorený spojením jeho jednotlivých častí (venovaných matematike, fyzike a ostatným oblastiam poznania), ktoré by si nemali protirečiť, ale sa navzájom podporovať. Preto určité aspekty, ktoré v oblasti matematiky ustupovali do úzadia, sa vo fyzike dostanú do hlavnej línie výkladu.

1. O úlohe inštrumentov vo fyzike

Aby sme objasnili úlohu nástrojov v prístupe ku skutočnosti, začneme niekoľkými príkladmi použitia inštrumentov vo fyzike a následne pristúpime k otázke, ako sa tieto inštrumenty podieľajú na konštitúcii fyzikálnej reality. Prístroje majú vo fyzike rôzne úlohy. Aby bolo možné tieto úlohy odlíšiť, každú z nich budeme ilustrovať pomocou typického príkladu. Tieto príklady treba chápať ako ilustrácie princípov, ktoré sa v dejinách fyziky opakovali vo veľkom množstve variácií.²⁰

a. Prípád Galileo

Prvou úlohou nástrojov je pomôcť *spresniť obraz javu*, ktorý existuje aj *v bežnej skúsenosti*.²¹ To bol prípad experimentov Galilea Galileiho (1564-1642) s naklonenou rovinou, ktoré viedli k objavu zákona voľného pádu. V bežnej

20 Vznik inštrumentálnej tradície vo fyzike u Galilea a Newtona je opísaný v Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť. Galileo, Descartes a Newton ako tvorcovia jazyka fyziky*. Praha, Filosofia 2013, s. 46-55 a 145-155. Vedecký inštrument chápeme ako štandardizovaný, reprodukovateľný, izolovaný a enkapsulovaný artefakt, ktorý umožňuje previesť zmeny určitého javu na zmeny dĺžky, uhla, či iného ľahko odčítateľného aspektu.

21 Zatiaľ sme neuviedli celkový rámec vývinu fyzikálnych inštrumentov, preto odkazujeme k bežnej skúsenosti. V skutočnosti by tu mala byť skúsenosť, získaná v rámci inštrumentálnej praxe predošlého štádia rozvoja fyziky. Keďže Galileo stál na počiatku fyziky, pri svojich experimentoch vychádzal z bežnej skúsenosti. Ďalšie príklady galileovského spôsobu používania inštrumentov však už nemusia odkazovať k bežnej skúsenosti, ale môžu odkazovať ku skúsenosti predošlej inštrumentálnej praxe.

skúsenosti vidíme veci padať a vieme, že pri páde z väčšej výšky padajú s väčšou rýchlosťou. Pomocou experimentov s naklonenou rovinou Galileo našiel matematický zákon, ktorý spája výšku, z ktorej teleso padá, s jeho rýchlosťou. Ako realisti, inštrumentálni realisti, veria, že zákony popisujúce voľný pád popisujú správanie sa nezávislej reality. To znamená, že telesá padali v súlade s týmto zákonom aj predtým, ako Galileo uskutočnil svoje pokusy.²²

Existuje veľký počet ilustrácií galileovského spôsobu používania inštrumentov. Každý vie, že čím silnejšie naťahujeme gumu, tým viac sa roztiahne. Robert Hooke (1635-1703) premenil toto kvalitatívne pozorovanie v presný kvantitatívny zákon. Podobne (takmer) každý vie, že plyny sa ohrievaním rozťahujú. Robert Boyle (1627-1691) dospel pomocou presných meraní k zákonu ideálneho plynu. Rovnako je známe (resp. predchádzajúca inštrumentálna prax to umožnila zistiť s dostatočnou istotou), že elektrické náboje opačného znamienka sa priťahujú. Auguste Coulomb (1736-1806) objavil nový spôsob merania nepatrných síl pomocou tzv. *torzných váh*. S ich pomocou uskutočnil sériu veľmi presných meraní a našiel kvantitatívny zákon opisujúci priťahovanie nábojov. Možno povedať, že galileovské upresňovanie obrazu skutočnosti je základným spôsobom používania inštrumentov. Fyzikálne tabuľky sú plné rôznych veličín, ktoré to ilustrujú.

b. Prípady Torricelli

Druhou úlohou nástrojov je *vytvorenie nových javov*, ktoré ležia *na hranici bežnej skúsenosti* (resp. skúsenosti predošlej inštrumentálnej praxe). Príkladom tohto druhu bol objav atmosférického tlaku Evangelistom Torricellim (1608-1647). Na rozdiel od voľného pádu nie je atmosférický tlak prístupný bežnej skúsenosti. Bolo nutné vytvoriť nový nástroj, barometer, ktorý umožnil reprodukovateľným a intersubjektívnym spôsobom registrovať tento nový fenomén. Bez barometra nemôžeme ani len odhadnúť hodnotu tlaku. Mnohé civilizácie, alebo presnejšie povedané, všetky civilizácie pred Torricellim, netušili, že existuje niečo také ako atmosférický tlak. Tlak je *úplne nový jav* vytvorený pomocou príslušného nástroja. Bez barometra nemáme ani tušenie o jeho existencii, a tak Torricelliho objav viedol ku *zrodu novej inštrumentálnej praxe*, ktorá má podnes významnú úlohu v širokej škále disciplín od meteorológie až po medicínu, kde je meranie tlaku jednou zo základných činností vykonávaných úplne rutinne. Napriek tomu inštrumentálny realista sa ako realista domnieva, že atmosférický tlak je *rys reality existujúci nezávisle od jeho merania* a že všetky plyny sa správajú pred Torricelliho objavom

22 Výklad experimentu s naklonenou rovinou je napríklad v Kvasz, L., *Zrod vedy ako lingvistická udalosť*, c. d., s. 50-52.

rovnako, ako sa správajú po ňom. Rozdiel je v tom, že my ľudia sme nemali potuchy o tomto jave a o zákonoch, ktorým podlieha.

Existuje rad ilustrácií tohto spôsobu používania inštrumentov, keď zdani-vo bezvýznamný poukaz (u Torricelliho to bola nemožnosť vyčerpať vodu z hlbokých šácht v mramorových doloch) vedca priviedla k odhaleniu javu ležiaceho na samej hranici bežnej skúsenosti.²³ Napríklad Luigi Galvani (1737-1798) si všimol, že žabie stehienka, položené na stôl, sa pri dotyku noža stiahli. Keď začal skúmať tento jav, priviedlo ho to k objavu toho, čo sa dnes nazýva galvanická elektrina. Na Galvaniho výskumy nadviazal Alessandro Volta (1745-1827), ktorý vytvoril prvý stabilný zdroj elektrického prúdu. Podobne Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) si všimol, že katódové žiarenie vyvolalo fluorescenciu bária aj napriek tomu, že nedošlo k priamemu dopadu svetla. Skúmanie tohto javu ho priviedlo k objavu röntgenovho žiarenia a k novej inštrumentálnej praxi siahajúcej od medicíny až k spektroskopii. Prípady tohto typu, keď vedec narazí na niečo zvláštne, čo upúta jeho pozornosť a následne objaví novú, netušenú oblasť javov, ktoré umožnia vytvorenie nového typu inštrumentov a novej inštrumentálnej praxe, patria medzi slávne epizódy z dejín vedy. Nie je ich tak mnoho ako príkladov ilustrujúcich galileovské používanie inštrumentov, ale stále sú dosť početné.

c. Prípad Cavendish

Tretia úloha nástrojov, ktoré bude najdôležitejšie z pohľadu inštrumentálneho realizmu, je otvoriť prístup k *radikálne novým javom*, predpovedaným teóriami *daleko za hranicami bežnej skúsenosti*, javom, ktoré nebolo možné náhodne objaviť prostriedkami predchádzajúcej inštrumentálnej praxe. Objav atmosférického tlaku je síce pôsobivý, Torricelli bol však ešte stále vedený poukazmi v oblasti bežnej skúsenosti. Problém s čerpaním vody z hlbokých banských šácht upútal jeho pozornosť a priviedol ho k experimentálnemu štúdiu kvapalín v uzavretých skúmavkách, čo nakoniec vyústilo do objavu atmosférického tlaku. Tým samozrejme nechceme znižovať Torricelliho zásluhy o rozvoj vedy. Ale aj keď v bežnej skúsenosti nemáme *priamy prístup* k fenoménu atmosférického tlaku, stále ešte máme *nepriamy poukaz*, ktorý géniovi Torricelliho formátu postačil ako vodítko k jeho objavu. Jav atmosférického tlaku je teda stále ešte prítomný v našej bežnej skúsenosti (a ORP realista by ho tak mohol ešte stále považovať za skutočný). Na rozdiel od toho pre tretí druh javov nemáme v bežnej skúsenosti ani len nepriamy náznak, a tak neexistuje spôsob, ako by mohli byť objavené ortodoxným empirikom. Ako príklad tohto spôsobu použitia inštrumentov môžeme

23 Na hranici, lebo aj keď samotný jav v bežnej skúsenosti nemá obdoby, predsa len sa do nej premieta vo forme poukazu, ktorý Torricelliho pri jeho objave viedol.

vziať meranie gravitačnej sily, ktorá pôsobí medzi dvomi telesami, Henrym Cavendishom (1731-1810). Podobne ako v prípade atmosférického tlaku ani v prípade príťažlivej sily medzi bežnými telesami nemáme ani potuchy o jej existencii. Newton postuloval existenciu príťažlivej sily, pôsobiacej medzi ľubovoľnými telesami, a trvalo viac ako sto rokov, kým sa vyvinuli dostatočne citlivé prístroje, aby bolo možné zmerať veľkosť tejto sily. Bez Newtonovej predpovede by Cavendish netušil, že takáto sila existuje, a čo je dôležitejšie, nemal by predstavu o jej veľkosti, čo bolo nutné pre odhad úrovne presnosti, ktorú musí pri experimente dosiahnuť, aby ju mohol detekovať. Žiadna prednewtonovská civilizácia o existencii tejto sily netušila. Na rozdiel od atmosférického tlaku v bežnej skúsenosti (či predošlej inštrumentálnej praxi) neexistuje žiadny jav podobný pumpovaniu vody z banských šácht, ktorý by nás mohol naviesť. Bola to výlučne teória, ktorá Cavendisha priviedla k objavu tejto sily.

Existuje niekoľko veľkolepých objavov tohto druhu, kedy teória predpovedala nový jav, ktorého existenciu *nebolo možné predvídať* a na ktorý, kvôli extrémnej slabosti efektu či zvláštnym podmienkam potrebným pre jeho vytvorenie, *nebolo možné naraziť náhodou*. Sú to vrcholné momenty v dejinách vedy. Objavom tohto druhu bol objav elektromagnetických vĺn Heinrichom Hertzom (1857-1894), umožnený ich Maxwellovou predpoveďou, alebo objav ohybu svetla v blízkosti Slnka Arthurom Eddingtonom (1884-1944), umožnený jeho Einsteinovou predpoveďou. Ako v prípade gravitačných síl, tak aj v prípade elektromagnetických vĺn či ohybu svetla sú hľadané efekty tak jemné, že bez teoretickej predpovede by asi nikdy neboli objavené.

Rovnako ako v prípade Galileovho objavu zákona voľného pádu, Hookovho objavu zákona pružnosti a Boylovho zákona ideálneho plynu, Torricelliho objavu atmosférického tlaku, Galvaniho objavu elektrického prúdu a Röntgenovho objavu röntgenového žiarenia by inštrumentálneho realistu ani nenapadlo popierať existenciu príťažlivých síl medzi telesami, elektromagnetických vĺn v priestore či ohyb svetla v gravitačnom poli v dobe pred ich objavom Cavendishom, Hertzom, či Eddingtonom. Skutočnosť je taká, aká je; má množstvo objektívnych vlastností, o ktorých inštrumentálny realista veria, že veda ich vďaka neustálemu vylepšovaniu svojej inštrumentálnej praxe postupne objavuje.

d. Zhrnutie

Pri analýze uvedených príkladov nemusíme predpokladať žiaden významnejší rozdiel medzi ORP realistom, vedeckým realistom a inštrumentálnym realistom. *ORP realistu* možno nudia exkurzy do dejín vedy, kde sa z jeho pohľadu nedeje nič odlišné od toho, čo poznáme z kuchyne či garáže. Rovnako asi nudíme *vedeckého realistu*, ktorý by radšej počul o súčasných vedec-

kých objavoch, veď Newtonova teória gravitácie bola tak či tak vyvrátená Einsteinovou, takže nemá veľkú cenu strácať s ňou čas. O povahe reality nás táto teória nepoučí o nič viac než ľubovoľná iná vyvrátená vedecká teória – povie nám nanajvýš to, aká skutočnosť nie je a čo s určitosťou neexistuje. Pre *inštrumentálneho realistu* majú historické príklady veľký význam, lebo ukazujú, že *náš prístup k realite sa v priebehu času menil*. Ak tieto zmeny preskúmame, môžeme odhaliť neadekvátnosť ORP realizmu rovnako ako vedeckého realizmu. Stačí prejsť od diskusie príkladov úspechu vedy k jej početným zlyhaniam.

2. Inštrumenty a fyzikálna skutočnosť

Ak chceme lepšie pochopiť úlohu nástrojov v prístupe ku skutočnosti, musíme preskúmať prípady, kedy inštrumentálna prax zlyhala a priviedla nás k chybným záverom. Rovnako ako v predošlej časti, aj teraz uvedieme niekoľko príkladov tvoriacich gradovanú postupnosť.

a. Prípád kalorika

Ako prvý príklad zoberieme teóriu kalorika. V 18. storočí fyzici zaviedli niekoľko substancií, ako sú flogistón, kalorikum, éter či elektrické a magnetické fluidum. Pomocou nich sa snažili vysvetliť javy ako je horenie, tepelná vodivosť, svetlo či elektrická a magnetická príťažlivosť. Paradigmatickým modelom fyziky 18. storočia, podľa vzoru ktorého boli vytvorené všetky uvedené teórie, bola hydrodynamika. Fyzici predpokladali napríklad, že nevážiteľná substancia, nazývaná kalorikum, prúdi pórmi látky podobne ako voda presakuje cez piesok. Nahromadenie väčšieho množstva kalorika na určitom mieste telesa, ktoré je analogické k zvýšeniu hladiny vody, vnímame ako zvýšenie teploty. Hydrodynamická analógia znamená, že kalorikum potečie z oblastí s vyššou hladinou (t. j. vyššou teplotou) do oblastí s nižšou hladinou (t. j. nižšou teplotou), pričom intenzita toku kalorika je, rovnako ako v prípade vody, úmerná rozdielu výšok hladín.

Z týchto jednoduchých predpokladov bol Fourier schopný vo svojej slávnej knihe *La Théorie analytique de la chaleur* odvodiť rovnicu vedenia tepla. Okrem toho, že bol výborný fyzik, Fourier bol tiež vynikajúci matematik a vo svojej knihe uviedol niekoľko hlbokých matematických myšlienok. Prostredníctvom nových matematických techník bol schopný rovnice vedenia tepla vyriešiť pre celý rad pomerne zložitých situácií. Zatiaľ máme príbeh o úspechu. Problém však nastal, keď sa ukázalo, že kalorikum, t. j. substancia, ktorej existenciu Fourier pri svojom odvodení predpokladal, neexistuje. Napriek tomu všetky výsledky, ktoré Fourier za predpokladu existencie kalorika odvodil, ostávajú v platnosti. Rovnica vedenia tepla, jej riešenia, popisujúce roz-

loženie tepla za rôznych okrajových podmienok, ktoré Fourier odvodil, ako aj tok tepla, ktorý si predstavoval ako prúdenie kalorika a ktorý je zodpovedný za všetky detaily tepelných javov, sú v poriadku.

Zdá sa, že toto predstavuje problém pre vedecký realizmus, pretože nie je možné určiť, ktoré objekty postulované našimi najlepšimi súčasnými vedeckými teóriami sa podobajú kaloriku, a sú teda artefaktmi teórie, ktorým v skutočnosti nič nezodpovedá. Téma vedeckého realizmu, že ontologické záväzky našich najlepších vedeckých teórií je potrebné brať vážne, je spochybnená. Nikdy nemôžeme vedieť, ktoré ontologické záväzky našich dnešných vedeckých teórií budú v budúcnosti vyvrátené. Inštrumentálny realizmus sa snaží odpovedať na túto výzvu prechodom od realizmu chápaného ako **realizmus substancií** k realizmu chápanému ako **realizmus rozlíšení**. Takže namiesto toho, aby sme za skutočné považovali substancie, postulované vedeckými teóriami, inštrumentálny realizmus považuje za skutočné rozlíšenia, ktoré sú príslušnou teóriou inštrumentálne fixované, a na vysvetlenie ktorých teória postuluje príslušnú substanciu. Základná predstava je nasledujúca: Každý nástroj (či skôr každá stabilná inštrumentálna prax tvorená sadou nástrojov rôznych druhov) zavádza určité rozlíšenia, ktoré ho (resp. príslušnú prax) odlišujú od predchádzajúcich nástrojov (a praxí). Tieto rozlíšenia možno vyložiť ako rozdiely prislúchajúce samotnej skutočnosti. Tak barometer umožňuje rozlíšiť situácie, ktoré zodpovedajú dostatočne odlišným hodnotám tlaku.

Inštrumentálny realista je presvedčený, že tieto rozdiely sú skutočné, t. j. **ostanú zachované ako trvalý rys nášho obrazu skutočnosti** aj v nasledujúcich etapách vývinu inštrumentálnej praxe, ktoré prinesú vyššiu presnosť merania, alebo **budú vysvetlené ako dôsledok nejakého iného, podobne skutočného rozdielu**. Príkladom prvého druhu je Fourierova rovnica vedenia tepla, ktorá sa nezmenila po prechode od termodynamiky vybudovanej za predpokladu existencie kalorika k termodynamike vybudovanej na základoch štatistickej fyziky. Teplota už síce nie je mierou akumulácie kalorika v jednotkovom objeme, ale strednou kinetickou energiou pohybu molekúl, ale aj napriek tejto zmene rozloženie teploty v telese sa chová podľa rovnice objavenej Fourierom. Príkladom druhého druhu je určovanie presných atómových hmotností prvkov na konci 19. storočia, ku ktorému teraz prejdeme.

b. Prípado chlóru

Na konci 19. storočia sa zistilo, že atómová hmotnosť chlóru je 35,453. Keď bol okolo roku 1920 zavedený pojem izotopu, ukázalo sa, že chlór má dva stabilné izotopy s hmotnosťou 35 a 37, a chlór vyskytujúci sa v prírode je zmesou týchto dvoch izotopov. Atómovú hmotnosť 35,453 je možné vysvetliť tým,

že na Zemi existujú spomínané dva izotopy v pomere 75,53 % a 24,47 %. Tak konkrétne **rozlíšenie** (t. j. hodnota 35,453, ktorá odlišuje chlór od iných prvkov) nezmizlo. Bolo len vysvetlené ako kombinácia dvoch ďalších rozlíšení – rozlíšenia hodnôt 35 a 37 pre atómové hmotnosti izotopov chlóru a pomerov 75,53 % a 24,47 % ich výskytu na povrchu Zeme. Ak vypočítame 35 krát 0,7553 plus 37 krát 0,2447, dostaneme 35,489, čo je dobrá zhoda.²⁴

Tento príklad jasne ilustruje pozíciu inštrumentálneho realizmu. Naše teórie sú omylné, takže sa môžeme myliť v interpretácii čísla 35,453. Realizmus však nevyžaduje vševedúcnosť. K tomu, aby bolo možné dosiahnuť dotyk s realitou, nie je nutné, aby naše teórie (v tomto prípade mikroteória o atómovej hmotnosti chlóru) boli pravdivé. Číslo 35,453 predstavuje skutočné rozlíšenie aj napriek tomu, že entita postulovaná predošlou teóriou – atóm s atómovou hmotnosťou 35,453 – neexistuje. Inštrumentálny realizmus nie je realizmom substancií, netvrdí, že vedou postulované entity zaručene existujú. Tvrdí len, že číslo 35,453 charakterizujúce chlór na Zemi, označuje niečo reálne.

V základoch inštrumentálneho realizmu je presvedčenie, že každá substancia postulovaná našimi vedeckými teóriami bude skôr či neskôr nahradená radom rozlíšení a ich funkcií. V prípade termodynamiky bolo kalorikum (t. j. nevážiteľná substancia) nahradené strednou kinetickou energiou pohybu jednotlivých molekúl (t. j. funkciou veľkého množstva individuálnych charakteristík molekúl). Podobne v prípade atómovej fyziky bol chlór s atómovou hmotnosťou 35,453 nahradený dvojicou izotopov s hmotnosťami 35 a 37. Substancie postulované našimi súčasnými vedeckými teóriami budú pri zvýšení presnosti našej inštrumentálnej praxe s veľkou pravdepodobnosťou nahradené štruktúrami. Vedecký realizmus by mal byť z hľadiska inštrumentálneho realizmu opravený v tom zmysle, že ontologické *posity* našich vedeckých teórií, ktoré majú podobu dištinkcií (na rozdiel od substancií), by mali byť považované za skutočné. Keď prijmeme túto korekciu, už sa nemusíme obmedzovať na naše súčasné vedecké teórie, ale môžeme (a mali by sme) rovnako uvažovať aj o vedeckých teóriách minulosti. Nie je podstatné, že boli vyvrátené. Vyvrátené budú, skôr či neskôr, aj naše súčasné teórie. Rozlíšenia, ktoré tieto teórie zaviedli, sú však aj napriek ich vyvráteniu reálne, a teda trvalé.

c. Prípad dokonale tuhého telesa

Ďalší príklad ilustrujúci problémy realizmu vo vede je spojený s pojmom tuhého telesa tak, ako bolo zavedené v mechanike kontinua v priebehu 18. storočia. Zatiaľ čo v prípade kalorika J. P. Joule empiricky ukázal, že *kalo-*

24 Pozri Hacking, I., *Representing and Intervening*, c. d., s. 8.

rikum neexistuje, v prípade tuhého telesa je situácia ešte dramatickejšia. Tu Einstein ukázal, že dokonale tuhé teleso *nemôže existovať*, pretože pomocou neho by bolo možné šíriť pôsobenie rýchlosťou väčšou, ako je rýchlosť svetla. Avšak tým, čo je na tomto prípade zaujímavé a čo ho odlišuje od prípadu kalorika, je, že nemožnosť existencie dokonale tuhého telesa nebola ukázaná experimentálne, ale vyplynula z úplne inej teórie, vytvorenej asi o sto päťdesiat rokov neskôr, než bola vytvorená mechanika kontinua. Odpoveď inštrumentálneho realizmu na túto výzvu je, že nie tuhé teleso ako také, ale iba rozlíšenia odvodené v rámci teórie tuhých telies, ako je napríklad Eulerova rovnica opisujúca rotáciu tuhého telesa, sú skutočné.

Zdá sa však, že tento príklad, ktorý je len jedným z mnohých podobných príkladov, predstavuje výzvu pre *ORP realistu*. *ORP* realista sa domnieva, že objekty, na ktoré odkazujú opisy nášho bežného jazyka, sú skutočné. Ale ak veda ukazuje, že takéto objekty *nemôžu existovať*, je to problém. Tuhé teleso nie je teoretická entita postulovaná vedeckou teóriou (ako bolo kalorikum). Je to idealizácia objektov bežnej skúsenosti. *ORP* realista môže zaujať stanovisko, že predmety, na ktoré odkazuje náš obyčajný jazyk, nie sú ani tuhé telesá eulerovskej mechaniky kontinua, ani objekty teórie relativity. Takáto pozícia je možná, ale zavádza teóriu dvoch svetov: náš svet sa rozdelí na bežný svet, ku ktorému referujú výrazy bežného jazyka, a svet vedy, ku ktorému referujú výrazy vedeckých teórií. Takto teória *ORP* realizmu prestáva byť robustnou.

3. Aproximácia a ontológia

Napätie, navodené v realizme (*ORP* alebo vedeckom) pomocou uvedených príkladov, možno zahrnúť pod pojem aproximácie. Vedecké teórie sú vždy predbežné a aproximatívne. To je problém pre realizmus, pretože je ťažké mať predbežnú a aproximatívnu ontológiu. Zdá sa, že niečo buď je voda, alebo to nie je voda – ale nemôže to byť voda len približne. Nejaká látka môže mať vlastnosti, ktoré sú viac alebo menej podobné vlastnostiam vody, ale nemôže *byť vodou* iba približne. Určitosť je charakteristickým rysom našich ontologických kategórií. Už Aristoteles poukázal na to, že podstata nemá stupne. Častou odpoveďou na túto výzvu je rozvíjať inštrumentálny realizmus ako realizmus rozlíšení. Druhá časť odpovede je spojená s tým, že každý nástroj má *obmedzenú rozlišovaciu schopnosť*. Nástroj predkladá skutočnosť v istom zmysle diskretnu, nakrájanú do pixelov minimálnej rozlišovacej schopnosti nástroja. Preto v reprezentácii skutočnosti založenej na konkrétnom súbore nástrojov sú prítomné iba tie *rozlíšenia, regularity a zákony*, ktoré sú prístupné prostredníctvom daného súboru nástrojov. Všetky ostatné *rozlíšenia, regularity a zákony* – a existuje ich nekonečný počet – nevstupujú do

príslušnej reprezentácie.²⁵ Inštrumentálny realizmus teda musí vysvetliť, čo sa deje, keď vedci prejdú od jednej sady nástrojov, ktoré majú určitú rozlišovaciu schopnosť, k inej sade nástrojov, ktoré majú vyššiu rozlišovaciu schopnosť. To sa stalo napríklad pri prechode od newtonovskej fyziky, ktorá používala teleskopy a kyvadlá, k relativistickej fyzike, založenej na nástrojoch, ako je interferometer, ktoré majú vyššiu rozlišovaciu schopnosť. Výsledkom je obraz skutočnosti, ktorý je jemnejší než predchádzajúci obraz, vypracovaný bez interferometra.

Hlavnou tézou inštrumentálneho realizmu je, že v novej, presnejšej reprezentácii skutočnosti sú *rozlíšenia, regularity a zákony* staršej reprezentácie stále rozpoznateľné. Presnejší obraz obsahuje veľké množstvo nových, jemnejších *rozlíšení, regularít a zákonov*, ale vedľa nich sú staré črty stále prítomné. Túto tézu môžeme presnejšie vyjadriť, keď povieme, že existujú izomorfne vnorenia staršej štruktúry do novej. Je však dôležité si uvedomiť, že **to neznamená** návrat ku kumulatívnej teórii vývoja vedy, zastávanej logickým pozitivizmom. Ak budeme analyzovať prechod od newtonovskej k relativistickej fyzike, zistíme, že tieto teórie dávajú niekedy rôzne predpovede, a keď to robia, ukazuje sa, že Newtonove predpovede sú nesprávne. Takže tu nemáme do činenia s kumulatívnym rastom. Nová teória prináša nové poznanie, a súčasne vyvracia predošlé.

Z pohľadu inštrumentálneho realizmu to, že Newtonova fyzika opisuje skutočnosť, neznamená, že je pravdivá. Žiadna teória nie je pravdivá na všetkých škálach merania. Stačí, že v limitnom prípade $c \rightarrow \infty$ relativistická teória dáva rovnaké výsledky ako newtonovská. To znamená, že v relativistickom univerze existuje oblasť javov (určená podmienkou $\frac{v}{c} < 1$), pre ktorú relativistický opis dáva rovnaké výsledky ako predpovedala newtonovská fyzika. To stačí na to, aby sme mohli tvrdiť, že:

1. Newtonovská fyzika vznikla na základe *inštrumentálnej praxe* založenej na nástrojoch ako sú kyvadlá, optické teleskopy a sklenené hranoly.
2. Prostriedkami tejto inštrumentálnej praxe objavila celý rad *rozlíšení, regularít a zákonov* týkajúcich sa fyzikálnej reality.
3. Inštrumentálna prax newtonovskej fyziky nedokázala generovať a merať rýchlosti blízke rýchlosti svetla c . Preto **nedokázala odlíšiť c od ∞** .
4. Teória relativity vznikla na základe *presnejšej inštrumentálnej praxe*, ktorá bola vďaka interferometrom schopná registrovať efekty protirečiacie newtonovským predpovediam.

25 To samozrejme neznamená, že tieto rozlíšenia, regularity a zákony by neboli skutočné.

5. Napriek tomu *rozlíšenia, regularity a zákony* objavené newtonovskou fyzikou sú skutočné, pretože sa reprodukovujú v relativistickej fyzike v limite $c \rightarrow \infty$.

Takto máme realistický výklad fyzikálnych teórií, kde fyziku chápeme ako vedu skúmajúcu *rozlíšenia, regularity a zákony* nezávislej skutočnosti. Tieto *rozlíšenia, regularity a zákony* skúma pomocou nástrojov. Realita obsahuje potenciálne nekonečnú kaskádu týchto črt, z ktorých **všetky sú skutočné**. Každá črta sa odкрýva prostredníctvom nástrojov, ktoré majú konečnú rozlišovaciu schopnosť, a opäť sa stráca pri meraniach pomocou nástrojov, ktoré sú omnoho presnejšie.²⁶ Neexistuje nástroj, ktorý by otváral prístup **ku všetkým črtám v ich absolútnej ostrosti** – t. j. k realite samotnej.

Z tohto pohľadu ORP realizmus ignorovaním otvorenosti vedeckého pokroku je uväznený v univerze odkrytom pomocou jedinej sady nástrojov – našich telesných orgánov –, a tak z nekonečne bohatej palety črt skutočnosti prijíma len *obyčajné, robustné a priamočiaro prístupné črty*.²⁷ Inštrumentálny realista nemá v úmysle popierať, že skutočnosť má aj tieto *obyčajné, robustné a priamočiaro prístupné črty*, chce len povedať, že skutočnosť je omnoho bohatšia, než si zástanca ORP realizmu vie predstaviť. ORP realista pripomína niekoho, kto sa rozhodol vidieť svet v stupňoch šedej. Všetko, čo vidí, je reálne a jeho šedý svetonázor nemožno vyvrátiť. Jeho obraz skutočnosti je však oveľa chudobnejší a oveľa menej zaujímavý než obraz inštrumentálneho realistu, plný farieb, ktoré vznikajú súhrou rôznych nástrojov.

Aj vedecký realista obmedzuje bohatstvo aspektov svojho obrazu skutočnosti, keď akceptuje iba aspekty prístupné prostriedkami súčasnej vedy. Od zástancu ORP realizmu sa vedecký realista odlišuje tým, že uznáva existenciu farieb (črt skutočnosti prístupných v rámci určitej inštrumentálnej praxe) a neobmedzuje sa teda na stupne šedej. Ale pripúšťa iba črty prístupné prostriedkami jedinej inštrumentálnej praxe, praxe našej súčasnej vedy. Takto je jeho obraz skutočnosti bohatší než obraz ORP realistu – dokáže nájsť rozlíšenia, ktoré v odtieňoch šedej splyvajú. Jeho svet je však stále ešte jednofarebný. Inštrumentálny realista akceptuje jednofarebný obraz vedeckého realistu, rovnako ako akceptoval obraz ORP realistu, namaľovaný v od-

26 Možno to priblížiť pomocou analógie z astronómie. Pri pohľade z veľkej diaľky je Zem malá bodka. Pri lepšom priblížení začne byť viditeľný jej povrch a je možné rozpoznať tvar Afriky. Keď sa však priblížime natoľko, že vidíme jednotlivé budovy na zemskom povrchu, tvar Afriky sa stratí. Pre každý jav tak existuje určitý interval presnosti merania, pri ktorých ho je možné registrovať.

27 Existuje nemalý počet filozofov, ktorí majú námietky proti používaniu termínu pokrok. Ja tento termín používam v hodnotovo neutrálnom, technickom zmysle ako nárast presnosti inštrumentálnej praxe.

tieňoch šedej. Tvrdí však, že skutočnosť je oveľa bohatšia, než sú zástanci dvoch extrémnych foriem realizmu ochotní pripustiť.

V statiach *Epistemologické otázky fyziky: od antinómii čistého rozumu k expresívnym medziam jazyka*²⁸ a *Epistemologické otázky modernej fyziky*²⁹ sú opísané základné jazykové rámce v dejinách fyziky. Za predpokladu, že každý z nich je spojený s charakteristickým druhom inštrumentálnej praxe, predstavuje uvedený zoznam súbor inštrumentálnych praxí v dejinách. Ich podrobný opis presahuje možnosti jednej state. Rozhodli sme sa však uviesť výsledný zoznam, aby si čitateľ mohol utvoriť aspoň približný obraz o minimálnej zložitosti fyzikálneho obrazu skutočnosti:

Newtonovská fyzika (1687 Newton – 1790 Lagrange): ďalekohľad, kyvadlo, sklený hranol

Teória kontinuí a fluid (1750 Euler – 1906 Millican): teplomer, voltmeter, ampérmeter

Teória atómov a energií (1808 Dalton – 1924 de Broglie): kalorimeter, reorta, jemné váhy

Teória poľa (1862 Maxwell – podnes): intrerferometer

Kvantová mechanika (1927 Heisenberg – podnes): katódové žiariče, spektroskop

Kvantové teórie poľa (1934 Dirac – podnes): synchrotrón.

Každý rámec prináša nový súbor veličín, rovnako ako nový súbor inštrumentov určených na ich meranie. V každom rámci pribúda aj nová fundamentálna konštanta, ktorá umožňuje prepojiť veličiny, ktoré boli v predošlých rámcach nezávislé. Ako príklad môžeme vziať teóriu elektromagnetického poľa, v ktorej je rýchlosť svetla fundamentálna konštanta, umožňujúca prepojiť hmotnosť a energiu pomocou vzťahu $E = m.c^2$. V predchádzajúcich jazykových rámcach neexistoval medzi hmotnosťou a energiou takýto vzťah, okrem iného aj preto, lebo v nich rýchlosť svetla nebola konštantou. Tak inštrumentálna prax teórie poľa, založená na prístrojoch ako sú interferometre, pomocou ktorých sa dajú namerať relativistické efekty, obohatila obraz skutočnosti o tento pozoruhodný vzťah.

28 Kvasz, L., *Epistemologické otázky fyziky: od antinómii čistého rozumu k expresívnym medziam jazyka*. *Organon F*, 11, 2004, 4, s. 362-381.

29 Kvasz, L., *Epistemologické otázky modernej fyziky*. *Organon F*, 12, 2005, 1, s. 40-61.

4. Základné princípy inštrumentálneho realizmu

Na záver uvedieme princípy inštrumentálneho realizmu získané zo skúseností pri používaní vedeckých inštrumentov vo fyzike.

a. Princíp nezávislosti reality

Svet, ktorého sme súčasťou ako my, tak aj naše inštrumenty, je na nás do veľkej miery nezávislý. Na nás závisí, čo každý z nás urobí so svojim životom a ako naloží so svojim (prírodným aj sociálnym) okolím. Prevažná väčšina prvkov reality je však na nás nezávislá – boli tu predtým, ako sme osídlili Zem, a budú tu aj potom, ako ju opustíme. Cieľom vedy je poznávať túto nezávisle existujúcu realitu.

b. Princíp sprostredkovanosti prístupu k realite

Náš vzťah k realite je sprostredkovaný inštrumentmi. Od 17. storočia, kedy Galileo zásadne zmenil spôsob používania inštrumentov vo vede, sa rozsah poznaného výseku skutočnosti podstatne rozšíril. Viackrát sme pritom museli naše predstavy o svete zásadne korigovať, aby sme ich dostali do súladu s poznáním, ktoré nám sprostredkovali nové inštrumenty. Ak chceme inštrumentálny realizmus rozvíjať ako všeobecnú pozíciu, zahŕňajúcu okrem filozofie fyziky a filozofie matematiky aj epistemológiu, môžeme aj naše telesné orgány vyložiť ako druh bielkovinových inštrumentov. Nie je to nevyhnutné – primárne pod inštrumentmi rozumieme teleskopy, urýchľovače a meracie prístroje fyziky spolu s rôznymi nástrojmi symbolickej reprezentácie v matematike.³⁰

c. Princíp fragmentárnosti prístupu k realite

Inštrumenty spravidla neexistujú izolovane, ale majú tendenciu zoskupovať sa do klastrov, ktoré nazývame *inštrumentálna prax*. Každá z takýchto praxí dokáže pomerne spoľahlivo poznávať určitý aspekt skutočnosti. Vedecké teórie, ktoré sa rodia ako konceptualizácia nahromadenej inštrumentálnej

30 Dôraz nie je na slove *symbolický* ale na slove *nástroj*. Viaceré prúdy vo filozofii matematiky (intuicionizmus, konštruktivizmus, finitizmus) považujú symbolické konštrukcie za *predmet* matematiky. Tézou inštrumentálneho realizmu je, že symbolické konštrukcie nie sú predmetom matematiky, tým je aj naďalej realita matematických objektov a vzťahov. Symbolické konštrukcie považujeme za nástroj, analogický meraciemu prístroju vo fyzike, pomocou ktorého túto realitu poznávame. Tým síce oslabíme radikálnosť intuicionizmu, konštruktivizmu či finitizmu, ale ich prínos – uvedomenie si závislosti matematického poznania na symbolických reprezentáciách – ostáva zachovaný. Námieta, že aj prirodzený jazyk má symbolický charakter, nespochybňuje našu pozíciu. Matematika je zvláštna nie tým, že je symbolická, ale tým, že svoj symbolický aspekt rozpracovala do podoby *inštrumentu*, ktorý umožňuje poznávať určité aspekty skutočnosti neuveriteľne efektívnym spôsobom.

skúsenosti, vykazujú podobnú mieru fragmentárnosti ako inštrumentálne praxe, z ktorých vyrástli. Obraz skutočnosti tak pripomína *diferencovateľnú varietu*, ktorú zaviedol Bernhard Riemann (pri pokuse prekonať Kantovu tézu o závislosti geometrie na názore). Varieta je objekt zadaný pomocou súboru *máp*. Príslušné mapy sa čiastočne prekrývajú, pričom v oblasti prekryvu existujú medzi nimi lokálne *preklady*, umožňujúce prejsť z jednej mapy na susednú. Neexistuje jedna mapa (jeden obraz, jedna reprezentácia, jeden jazyk, jedna teória), ktorá by dokázala zachytiť celú skutočnosť. Vzdialené mapy môžu byť dosť odlišné a nemusí medzi nimi existovať priamy preklad.

d. Princíp invenčnosti vedy

Vedci v snahe porozumieť skúsenosti nahromadenej v rámci jednotlivých inštrumentálnych praxí vytvárajú reprezentácie skutočnosti, ktoré sú prekvapujúce a kontraintuitívne. Vedci sa síce snažia vytvoriť dojem, že veda a jej obraz skutočnosti sú v zhode so zdravým rozumom, to však už od čias, čo Newton zaviedol sily pôsobiace na diaľku, ani zďaleka nie je pravda. Veda postuluje tie najdivokejšie výmysly od flogistónu a kalorika cez zakrivený časopriestor až po vlnové funkcie majúce za hodnoty komplexné čísla. A ono to funguje, invenčnosť sa vypláca.

e. Princíp jednoty vedeckého obrazu sveta

Jednota, ku ktorej v obraze skutočnosti vedie inštrumentálny realizmus, sa líši od jednoty scientizmu, ktorý v podstate v nezmenenej podobe prebral aj vedecký realizmus. Inštrumentálny realizmus, tým, že za základný prvok vedy nepovažuje ani vedecký jazyk, ani vedeckú metódu, ale inštrumentálnu prax vedy, môže do realistického obrazu sveta zabudovať ako *realistický výklad matematiky* (čo bola naša pôvodná motivácia pre rozvíjanie inštrumentálneho realizmu), tak aj *realistický výklad mentálnych stavov* (bez nutnosti ich prekladu do privilegovaného fyzikalistického jazyka či nutnosti podriaďiť sa nejakej fyzikalistickej metodológii). Stačí, aby vznikla konzistentná inštrumentálna prax a súbor sprostredkujúcich prekladov v oblastiach prekryvu blízkych inštrumentálnych praxí. Tak pojem diferencovateľnej variety umožňuje nahradiť predstavu jednoty vedy ako *jednoty obrazu* slabším druhom jednoty: *jednotou súboru máp* diferencovateľnej variety.

5. Záverečné poznámky

Keď sa z hľadiska uvedených princípov pozrieme na ORP realizmus, vidíme, že inštrumentálny realizmus sa s ním rozchádza prakticky v každom bode (s výnimkou prvého a posledného). Uvedené princípy sme si nevymysleli, ale vyjadrujú prístup súčasnej vedy. Veda nás priviedla k realizmu, ktorý nie je

ani priamočiary (ale sprostredkovaný), ani robustný (ale fragmentárny), ani obyčajný (ale invenčný). Aj napriek tomu si uchováva základné črty ako nezávislosť a jednota skutočnosti. Veríme, že práve vďaka fragmentárnosti bude náš prístup príťažlivý pre kolegov, ktorým nie je sympatický ani scientizmus (ktorý pozná jediný prístup k realite, a to svoj vlastný), ani sociálny konstruktivizmus (ktorý končí v relativizme). Fragmentárna jednota vedeckého obrazu sveta ako variety dáva dostatok priestoru alternatívnym projektom, avšak stále požaduje možnosť prekladu v oblastiach prekryvu.

SUMMARY

Scientific instruments and reality

The aim of this paper is to investigate the role played by scientific instruments in the mediation of access to reality. We focus on instruments used in physics for experiments and measurement. Their role ranges from rendering accurate the description of the phenomena which are uncovered, as well as of common experience, to providing access to phenomena which in normal experience have no analogy, and to testing scientific theories. The progress of science often leads to the discovery of new instruments and to the emergence of new instrumental practice. In the light of this new practice, some theoretical entities, postulated by the preceding theories, will be confirmed and will become a lasting part of physical reality (as the intersection of several instrumental practices – for example, atoms, postulated in theories of chemical reactions, were later confirmed by spectrometers), while others will be dissolved (if the new instrumental practice comes into conflict with the predictions of older theory – for example caloricum, postulated in the 18th century in thermodynamics, was refuted by means of calorimetry in the 19th century). This tension between instrumental practice and the progress of scientific theories grounds a dynamic which results in an instrumentally-constituted reality.

Keywords: instrumental realism, scientific realism, robust realism