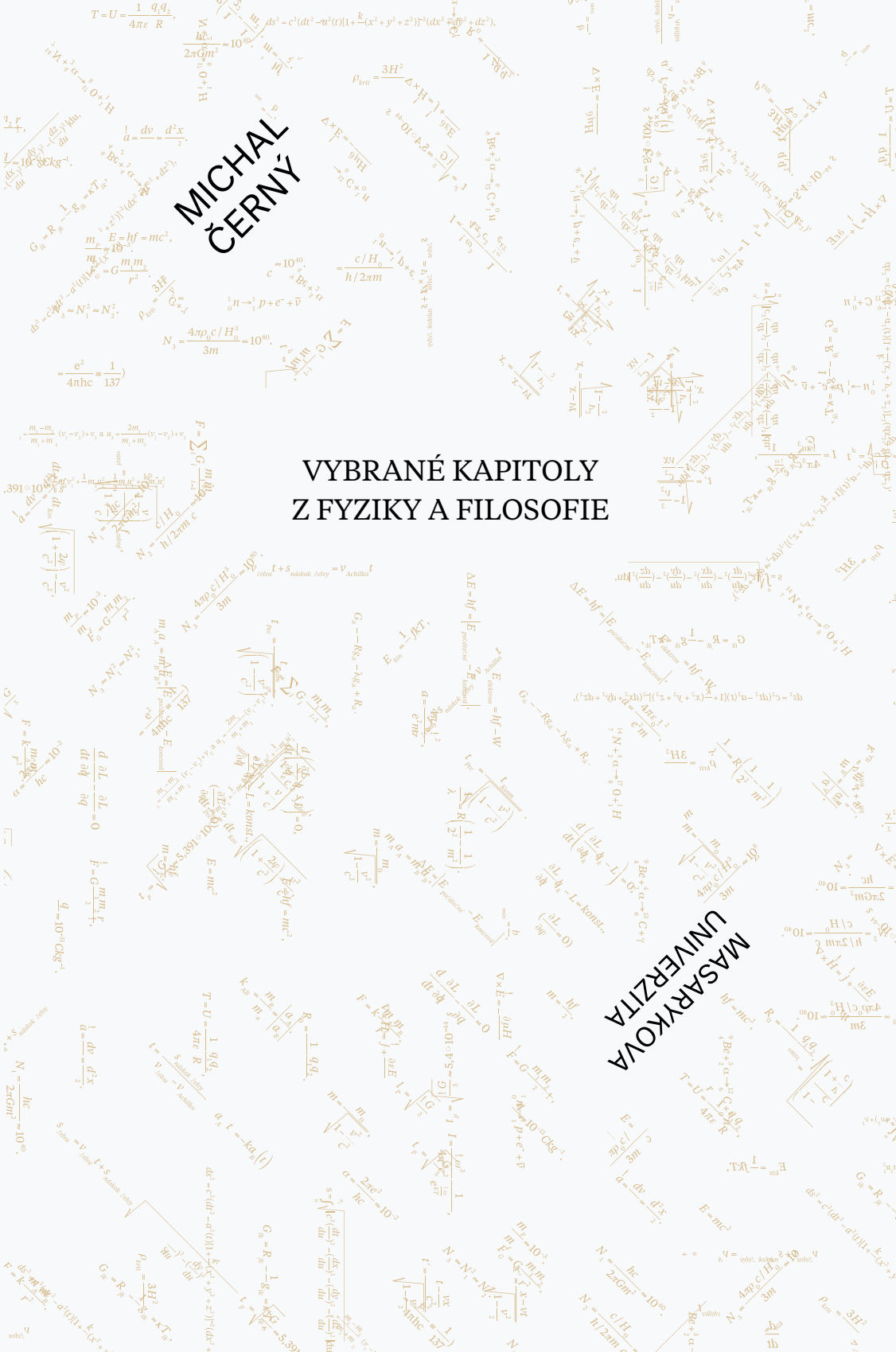


MICHAL
ČERNÝ

VYBRANÉ KAPITOLY
Z FYZIKY A FILOSOFIE

MASARYKOVA
UNIVERZITA



muni
PRESS



ISAACVS NEWTONVS

MICHAL ČERNÝ

VYBRANÉ KAPITOLY
Z FYZIKY A FILOSOFIE

MASARYKOVA UNIVERZITA
BRNO 2018

Recenzenti:

prof. RNDr. Jan Novotný, CSc.

prof. PhDr. Josef Krob, CSc.

© 2018 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-210-9019-4

ISBN 978-80-210-9018-7 (brož. vaz.)

OBSAH

ÚVOD

8 - 1 1

I. METODOLOGIE

12 - 16 0

1 6	VÝSTAVBA FYZIKÁLNÍCH MODELŮ A TEORIÍ
114	EXPERIMENT
127	IDENTITA A INDIVIDUALITA V KVANTOVÉ MECHANICE —PŘÍKLAD INTERPRETAČNÍHO SCHÉMATU VE FYZICE
148	METODOLOGIE NA PŘÍKLADU FORMOVÁNÍ KVANTOVÉ MECHANIKY

II. ANTROPICKÝ PRINCIP

162-283

166	ANTROPICKÝ PRINCIP VE FYZICE
186	ANTROPICKÝ PRINCIP A JEHO VYBRANÉ ZÁKLADNÍ INTERPRETACE
204	KOSMOLOGICKÉ ASPEKTY ANTROPICKÉHO PRINCIPU
226	EPISTEMICKÉ ASPEKTY ANTROPICKÉHO PRINCIPU
259	FINÁLNÍ ANTROPICKÝ PRINCIP
282	ZÁVĚR

III. PROSTOROČAS: DĚJIŠTĚ VĚDY

284-393

289	ČAS A ZMĚNA
317	PROSTOR A MÍSTO
335	HMOTA
363	ČASOPROSTOR

ZÁVĚR

394-396

BIBLIOGRAFIE

397-420

SUMMARY

421-423

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval především recenzentům předloženého textu, ale také těm, kdo připomínkovali stejnojmennou disertační práci. Na prvním místě prof. Janu Novotnému, za nesmírné množství pečlivých připomínek k obsahu. Také bych mu rád přiznal významné spoluautorství kapitoly o Obecné teorii relativity (381–388). Prof. Josef Krob mne navedl především na téma vztahu temné energie a hmoty k antropickému principu a k hlubšímu promyšlení finálního antropického principu. V neposlední řadě bych rád poděkoval doc. Langerovi za řadu dílčích poznámek a připomínek.

ÚVOD

Knihá nese název *Vybrané kapitoly z fyziky a filosofie*, což je také jejím základním obsahem. Nabízí témata, která se nacházejí na průsečíku mezi přírodními vědami a filosofí, a snaží se o jejich popis a interpretaci. Text je koncipovaný jako monografie, lze jej číst od první do poslední kapitoly, ale také se — v případě zájmu — zaměřit pouze na vybrané kapitoly dle preferencí čtenáře.

Jasná a zřetelná oddělení subjektu a objektu, které souvisí s možností snadné redukce skutečnosti popperovsky orientovaným programem poznávání světa, je pro přírodní vědy přístupem, který má celou řadu zásadních výhod. Newtonova matematizace zákonů přírody umožnila zcela zásadní proměnu světa. Básníci i společenší filosofové se předháněli v tom, jak dostatečně ocenit přístup, který tento Angličan zvolil. Newton je v dobovém kontextu tím, kdo dokázal v záplavě poznatků světa identifikovat to, co lze matematicky popsat a využívat.¹ Svět se díky tomu stal nezávislý na subjektu, byl popsán věčnou a neměnnou matematikou.

Z tohoto pohledu lze říci, že téměř jakákoli filosofie přírodních věd bude těžit z Aristotelova dělení subjektu a objektu, respektive jeho

¹ › Tuto skutečnost pěkně ilustruje báseň Johna Theophiluse Desaguliere (1683–1744): „Před jeho Rozumem i příroda se vzdává, / Všechna svá tajemství mu bez odmluvy dává. Zákonům matematiky však vzdorovat nemůže / A proti pokusu nic jí nepomůže.“ Desaguliers dle PRIGOGINE, Ilya; TOFFLER, Alvin. *Řád z chaosu: nový dialog člověka s přírodou*. Vyd. 1. Praha: Mladá fronta, 2001. 316 s. ISBN 8020409106, s. 45.

moderní interpretace vědou 18. a 19. století. Pokud potřebuje řešit otázky bez jakéhokoli vztahu k člověku, není třeba volit paradigma jiné. U většiny filosofických otázek fyziky ale dochází k určité interakci mezi fenoménem antropologickým a objektivním nazíráním na přírodu.²

V knize se snažíme předložit určité smířlivé stanovisko mezi fenomenologickým personalismem a právě zmíněným realismem, který je spojen s přísným subjekt–objektovým schematismem. Můžeme hovořit o vrstvě materiální reality, která sice noosféru tvořenou reflexivním vědomím determinuje, ovlivňuje a interaguje s ní, ale není možné je spolu identifikovat. Chtěli bychom nabídnout pohled respektující klasické přírodovědecké paradigma objektivity, avšak současně akcentujeme určitý lidský rozměr, který do procesu poznávání přírody integrálně vstupuje. Je to člověk, který žije a poznává v čase a prostoru, přičemž se nemůže oddělit od hmoty a poznávat mimo ni.

Druhá část se věnuje tématu antropického principu jako jednomu ze zajímavých metodologických východisek při studiu kosmologie a teorie vědy. Nově přitom pojednává o tématu vztahu antropického principu a temné hmoty a energie, což je téma, které je doposud v literatuře téměř nereflexované. Nabízí také vlastní verzi antropického principu, která je s tímto konceptem spojená.

Právě čas, prostor či hmota představují jak předmět zkoumání vědy a filosofie, tak také „kulisy“, ve kterých poznání probíhá, jakési minimální předpoklady pro to, aby člověk mohl o světě cokoli vypovídat. Celá fyzika je vystavěna jako disciplína, která popisuje chování hmotných objektů v časoprostoru. Právě tato vzájemná interakce je pro popis těchto fenoménů zcela zásadní.

V tomto ohledu věříme, že předložený text může mít širší význam než prosté ukázání některých zajímavých témat z filosofie a fyziky. Svým způsobem by měla ukazovat určitý širší antropologický kontext, kterého si musíme být při budování vědeckých teorií vědomi. Často se zde setkáváme se dvěma extrémními pozicemi; většinou není lidský faktor vůbec explikován, nebo je naopak dohnán až do krajnosti odsouzení

² › Tuto skutečnost vyjadřuje Teilhard de Chardin následujícím způsobem: „Z čistě pozitivistického hlediska je člověk tím nejtajemnějším a nejméně zavádějícím předmětem, s jakým se věda kdy setkala... Fyzika dospěla k prozatímnímu popisu světa pomocí atomů. Biologii se podařilo do konstrukcí života vnést jistý řád... Ale i když se všechny tyto rysy dají dohromady, portrét zřejmě neodpovídá skutečnosti.“ TEILHARD DE CHARDIN, Pierre. *Vesmír a lidstvo*. Praha: Vyšehrad, 1990. ISBN 80-702-1043-5, s. 139.

vědy jako takové, neboť z ní učiní čistě subjektivní výpověď o světě. Ač nepovažujeme vědu za pouhý mýtus nebo jen jednu z mnoha možných postupů k deskripci fenoménů, tak analýza lidského prvku studovaná v celé struktuře přírodovědného bádání je projektem, který vnímáme jako zcela zásadní. Pokud má filosofie dávat limity a metodologická omezení přírodním vědám, nemůže tak efektivně činit zvenčí, nezaujatým soudem, ale musí tyto limity a lidské konstrukty hledat přímo v teoriích speciální vědy.

Tato distinkce se může projevovat různými způsoby. Jedním z nich může být volba antropického principu jako určitého vědeckého programu a návrhu pro interdisciplinární spolupráci. Jiným konceptem může být studium fundamentálních konstant přírody. Planckova délka, energie a čas mohou být stejně fundamentální jako Planckova konstanta, rychlost světla a gravitační konstanta. Jestliže fundamentálnost budeme posuzovat z hlediska fenoménu člověka, pak Planckovy jednotky, které společně utvářejí časoprostor, představují fundamentální východisko, a to i přesto, že běžně se za fundamentální považuje druhá trojice. Jde o jednotky snadno měřitelné (rychlost světla je definitoricky určená), integrované do základních přírodních zákonů a teorií.

Samotný text vznikl postupným pronikáním do témat, která se navzájem prolínala a v daném paradigmatu se jevila jako zajímavá a stimulující. Jsme si vědomi toho, že každá z kapitol by mohla být zpracovaná jako samostatná monografie, že téměř vždy jde spíše o vybrané fragmenty či střípky, jež jsou spojené do alespoň částečně konzistentního celku příběhu, který má omezený rozsah a možnosti textu. Přesto právě ve spojení těchto obsáhlých celků a jejich vzájemné provázanosti vidíme jeden z nejpodstatnějších rysů práce, která může sloužit jako určité diskusní zrcadlo či kompendium pro formování vlastního postoje ke klíčovým partiím filosofických otázek fyziky.

Text knihy navazuje na autorovu diplomovou a rigorózní práci, z nichž čerpá v kapitolách věnovaných času, prostoru, časoprostoru, antropickému principu a paradoxům, byť je v podstatných částech doplněna,

³ › Viz ČERNÝ, Michal. Několik poznámek k roli jazyka ve vědě. *ProInflow*, Brno: Masarykova univerzita, 2014, roč. 6, č. 1. ISSN 1804-2406.

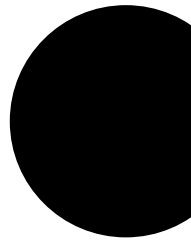
⁴ › Viz ČERNÝ, Michal. Paradoxy (nejen v přírodních vědách) jako cesta poznání. *ProInflow*, Masarykova univerzita, 2014, roč. 6, č. 2. ISSN 1804-2406. Tato část je ale významně přepracovaná, rozšířená a doplněná.

upravena a změněna. Části práce týkající se jazyka³, paradoxů⁴ a finálního antropického principu⁵ byly publikovány v odborných časopisech, ačkoli v práci opět prošly určitou úpravou.

5

› Viz ČERNÝ, Michal. Finální antropický princip ve filosofii, pedagogice a informační vědě. *ProInflow*, Brno: Masarykova univerzita, 2016, roč. 8, č. 1, s. 103–116. ISSN 1804-2406. Jde o text, který byl také součástí autorovy rigorózní práce.

I



METODOLOGIE

1 6	VÝSTAVBA FYZIKÁLNÍCH MODELŮ A TEORIÍ	Pojmy Hypotéza Teorie Přírodní zákon Výstavba klasické mechaniky v Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica Tři přístupy k budování fyzikálních modelů — Kepler, Mach a Bohr Symetrie ve fyzice Fyzika a jazyk Struktura vědeckých revolucí Paradoxy (nejen ve fyzice) jako cesta k poznání Závěr	1 8 2 3 2 5 2 6 2 7 3 1 4 9 6 2 8 0 8 3 11 2
114	EXPERIMENT	Postup budování fyzikálních teorií Druhy experimentů Vysvětlení a kritika přírodních věd Charakteristiky experimentu Přístroje a experimentální měření Závěrem	115 118 120 122 124 125
127	IDENTITA A INDIVIDUALITA V KVANTOVÉ MECHANICE — PŘÍKLAD INTERPRETAČNÍHO SCHÉMATU VE FYZICE	Nerozlišitelnost částic v kvantové mechanice Pauliho vylučovací princip Boseho-Einsteinův kondenzát Interpretace kvantové mechaniky Problematika lokálnosti klasické a nelokálnosti kvantové mechaniky Jak je možné, že jsou všechny elektrony stejné?	130 131 132 135 143 145
148	METODOLOGIE NA PŘÍKLADU FORMOVÁNÍ KVANTOVÉ MECHANIKY	Jazyk Paradox Experiment Symetrie Paradigma Závěrem	148 151 154 156 158 160

Slovo „metodologie“ (řecky μέθοδος) etymologicky označuje sledování či stopování. Jde v něm tedy o vytyčení určité cesty, které se má člověk držet. Ve vědě jde o definici oborové metodologie, tedy oblasti a přístupů, které konkrétní disciplínu oddělují od disciplín ostatních. Jednou z důležitých charakteristik vědecké práce je určitá struktura tohoto poznání a jeho logická konzistence.⁶

Fyzika představuje z metodologického hlediska jednu z nejzajímavějších možných oblastí lidského bádání. Předně jde o přírodní vědu, která se musí opírat především o induktivní postupy, vědu, která formuluje hypotézy či teorie a pracuje s experimenty. Experiment je v ní nakonec nejvyšším arbitrem, který rozhoduje, zda daný fenomén existuje, případně zda je možné jej vysvětlit způsobem, který navrhuje určitý myšlenkový směr. Jde ale současně o vědu mimořádně silně matematizovanou. Matematika samotná je vědou deduktivní — z axiomů vyvozuje jednotlivá tvrzení, která mohou být vyvrácena jen důkazem chybnosti axiomu nebo špatného postupu.

Ve fyzice se tak z hlediska metodologie zajímavým způsobem snoubí jak deduktivní, tak také induktivní přístupy, aniž by bylo možné říci, že jeden z nich je důležitější než druhý. Jisté pnutí mezi teoretickými fyziky a experimentátory v této vědě bylo přítomné vždy, i když se našly osobnosti, které vynikaly v obojím, např. Ernst Mach (1838–1916) nebo Richard Phillips Feynman (1918–1988).

⁶ › Podrobněji například ve FAJKUS, Břetislav. *Filosofie a metodologie vědy. Vývoj, současnost a perspektivy*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-1304-0, 2005.

V této části práce se tedy zaměříme na samotnou metodologii fyziky — na jedné straně na logickou výstavbu teorií a modelů, na straně druhé na téma experimentu a jeho postavení ve fyzice jako vědě zkušenostní. Od běžných úvodů do metodologie přírodních věd se naše pojetí poněkud liší. Předně se do samotného centra studia metod zařazuje téma symetrie, jako jistého základního projevu přírody ve vztahu k lidskému zkoumání. Zajímavé také je, že právě koncept symetrie, respektive jejího drobného narušení, se objevuje jak ve fyzikálním zkoumání antropického principu, tak také v oblasti časoprostorové.

Neobvyklá je také komparace tří metodologických konceptů tvorby fyzikálních teorií, které mají — každá svým způsobem — revoluční charakter. Pojetí vědy u Keplera, Macha i Bohra je na jedné straně hluboce odlišné, ale věříme, že takto vedle sebe postavené dávají pluralitní náhled na to, jak lze k vědě přistupovat. Byť s jistým vědomím dějinného a kulturního kontextu. Tak jako v celé práci budeme přitom za jedno z našich myšlenkových východisek (což je také neobvyklé) řadit přístup Pierra Teilharda de Chardin (1881–1955), který bude jistá témata či pohledy práce rámovat a propojovat.

Druhým specifikem je zařazení tématu paradoxu. To činí sice také například příručka *Jak pracuje věda*⁷, avšak ta k paradoxu přistupuje spíše zkratkovitě a nezaměřuje se ani na vztah paradoxu a budování vědeckého poznání, ani na epistemické aspekty paradoxu. Kapitola věnující se paradoxům je specifická v kontextu běžných metodologických příruček také tím, že se věnuje kognitivním zkreslením. Celkově tak vytváří zcela odlišný pohled na paradoxy. Z hlediska výstavby celé metodologické kapitoly lze tuto kapitolu považovat (také rozsahem) za jistý vrchol a východisko celého myšlenkového zkoumání.

Aplikaci jednotlivých přístupů na konkrétní fyzikální téma lze nalézt v Apendixu III.

⁷ › NOVOTNÝ, Jan a Jindřiška SVOBODOVÁ. *Jak pracuje věda*. Brno: Masarykova univerzita, 2014. 112 s. TeePee. ISBN 978-80-210-6942-8.

VÝSTAVBA FYZIKÁLNÍCH MODELŮ A TEORIÍ

Redukcionismus je na první pohled rozumným přístupem k tomu, jak budovat fyzikální teorie, neboť vše převádí do relativně jednoduchého a jasného světa matematických rovnic, kterým je dáván fyzikální význam. Ukazuje se ale, že biologické problémy jsou aparátem fyziky a její matematiky často neřešitelné a dost možná nebudou takto nikdy popsitelné. Jako příklad je možné uvést samoorganizující se systémy. Přesto fyzikální přístup, který vychází ze snahy matematizovat svět, působí efektivním dojmem a staví na něm jak moderní věda, tak všechny inženýrské obory.

Sir Karl Raimund Popper (1902–1994) byl významným filosofem, který se zabýval mimo jiné tím, jaké podmínky musí splňovat věda, aby mohla být pokládána za vědu. Stanovil proto tři kritéria. Aby byla věda vědou, musí být:

- tematicky redukováná,
- metodicky abstraktní,
- empirická.⁸

Popper pak přichází ještě s jednou důležitou myšlenkou. Každá vědecká teorie musí být podle něj falzifikovatelná čili vyvratitelná.⁹ Musí tedy obsahovat návrh (třeba skrytě) experimentu, který by ji umožnil vyvrátit.

⁸ › Srov. např. VÁCHA, Marek. Filosofie vědy. 3. *Lékařská fakulta UK* [online].

⁹ › Podrobněji v POPPER, Karl. *The logic of scientific discovery*. Routledge, 2014, s. 17–20, 57–73. K dispozici je také její český překlad POPPER, Karl. *Logika vědeckého bádání*. Praha: [Institut pro středoevropskou kulturu a politiku], 1997. Oikúmené. ISBN 80-86005-45-3, s. 18–21, 63–80.

Například Albert Einstein (1879–1955) ve všech svých velkých pracích píše na konec návrhy pokusů, které by měly ověřit, či vyvrátit jeho teoretický výsledek.

Fyzika tedy vždy postupuje tak, že vytvoří určitý model skutečnosti, ten pak porovnává s tím, jak vypadá svět kolem nás. Současně ale působí také druhá tendence, kdy pozorujeme svět a jevy v něm a snažíme se je popsat co možná nejlepším modelem. Tak například mechanika Isaaca Newtona (1643–1727) velice dobře funguje pro běžné pozemské rychlosti v makroskopických rozměrech, tedy ve světě, který byl Newtonovi běžně experimentálně dostupný. Při vysokých rychlostech se ale musí uplatnit speciální teorie relativity a jevy s ní spojené — kontrakce délek, dilatace času či nárůst hmotnosti těles.¹⁰

Možností, jak přistoupit k výstavbě ucelených fyzikálních teorií, je více. Jednou z cest je definice pojmů, které umožní formulovat hypotézy, jež jsou postupnou experimentální verifikací začleňovány do širších a obecnějších teorií spolu se zákony, které do tohoto systému přicházejí jako zcela experimentálně ověřené neměnné axiomy. Jinou možností by pak bylo sledovat cestu vývoje myšlenek popperovským způsobem, tedy od idejí přes pojmy, tvrzení, důkazy až po jednoduché věty.

Následující část se proto pokouší analyzovat dva důležité aspekty vzniku vědeckých teorií. Předně usiluje o výklad základních pojmů, ze kterých je možné konzistentní teorie konstruovat, a nabízí jejich aplikaci na příkladu vzorovém — Newtonových *Principiích*,¹¹ které jsou téměř „školskou“ ukázkou toho, jak by se mělo přesně a systematicky postupovat. Neméně zajímavé je studovat také další aspekt vzniku fyzikálních teorií, totiž motivaci a filosofické rámce, ze kterých jednotliví autoři vycházejí. Příklady tří osobností vědy — Johannese Keplera (1571–1630), Ernsta Macha a Nielse Bohra (1885–1962) — ukazují, že lze postupovat zcela odlišnými cestami, respektovat odlišné hodnoty a přístupy, a přesto dojít k cíli, tedy funkčnímu modelu vysvětlujícímu část problémů přírodních

¹⁰ › Zajímavé poznámky k newtonovské kosmologii poskytuje například COOPER-STOCK, F. I.; TIEU, S. Galactic dynamics via general relativity: a compilation and new developments. *International Journal of Modern Physics A*, 2007, 22.13: 2293–2325. Úvodem do speciální teorie relativity může být například NOVOTNÝ, Jan, Jana JURMANOVÁ, Jan GERŠL a Marta SVOBODOVÁ. *Základy teorie relativity*. Elportál, Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISSN 1802-128X.

¹¹ › Viz NEWTON, Isaac. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Sv. 1. London: B. Motte, 1729.

věd, jestliže klademe důraz na vztah mezi teorií a experimentem. Právě on je kruciólním bodem, okamžikem, který rozhoduje, zda cesta, po které jsme se vydali, může vést k cíli, nebo jde jen o slepou uličku. V tom spočívá určitá psychologická krutost přírodních věd, kterou pod pojmem falzifikovatelnosti chápe Popper. Není možné říci, že když se věci chovají podle našeho modelu, popisujeme skutečné vlastnosti přírody. I když v řadě experimentů či předpovědí uspějeme, stačí jeden jediný neúspěšný a dojde ke zřícení celého konstruktů.¹²

Jiří Langer (*1939) uvádí, že fyzika má jen sametové revoluce.¹³ Model, který fungoval a nyní s experimentem nekoresponduje, omezíme na určitou oblast a hledáme jeho — více či méně konzervativní — vysvětlení jakýmsi principem korespondence.¹⁴ To jistě platí při přechodu z newtonovské mechaniky na relativistickou, avšak setkáme se i s příklady, kdy je teorie odvržena jako celek — éter vyplňující vesmír¹⁵ nebo tepelné fluidum zajišťující termodynamické vlastnosti látek byly opuštěny zcela.

Pojmy

Základními stavebními prvky všech fyzikálních teorií či zákonů a hypotéz jsou pojmy. Velice často jde o koncepty, které se běžně vyskytují v našem jazyce, používáme je, aniž bychom se zamýšleli nad tím, jak jsou definována. Příkladem tak může být pojem hmotnost, elektrický náboj, síla či energie. Je signifikantní, že je často používáme, aniž bychom znali jejich dobrou definici. Pojem budeme chápat jako spojení slova (majícího formu „označujícího symbolu“) a jeho přesného významu, který je závislý na fyzikální interpretaci či vědeckém paradigmatu.

Z hlediska fyziky je přitom podstatné, na jakých principech bychom měli tyto pojmy stavět. Většinou se může zdát, že se dostáváme do definice kruhem — tak jako Newton, když definoval hmotnost pomocí

¹² › Podrobněji v POPPER, Karl. *The logic of scientific discovery*. Routledge, 2014, chap. 4.

¹³ › Výrok zazněl na sympoziu ke stému výročí Bohrova modelu atomu v Pardubicích.

¹⁴ › Srov. GAO, Bo. Breakdown of Bohr's correspondence principle. *Physical review letters*, 1999, 83.21: 4225.