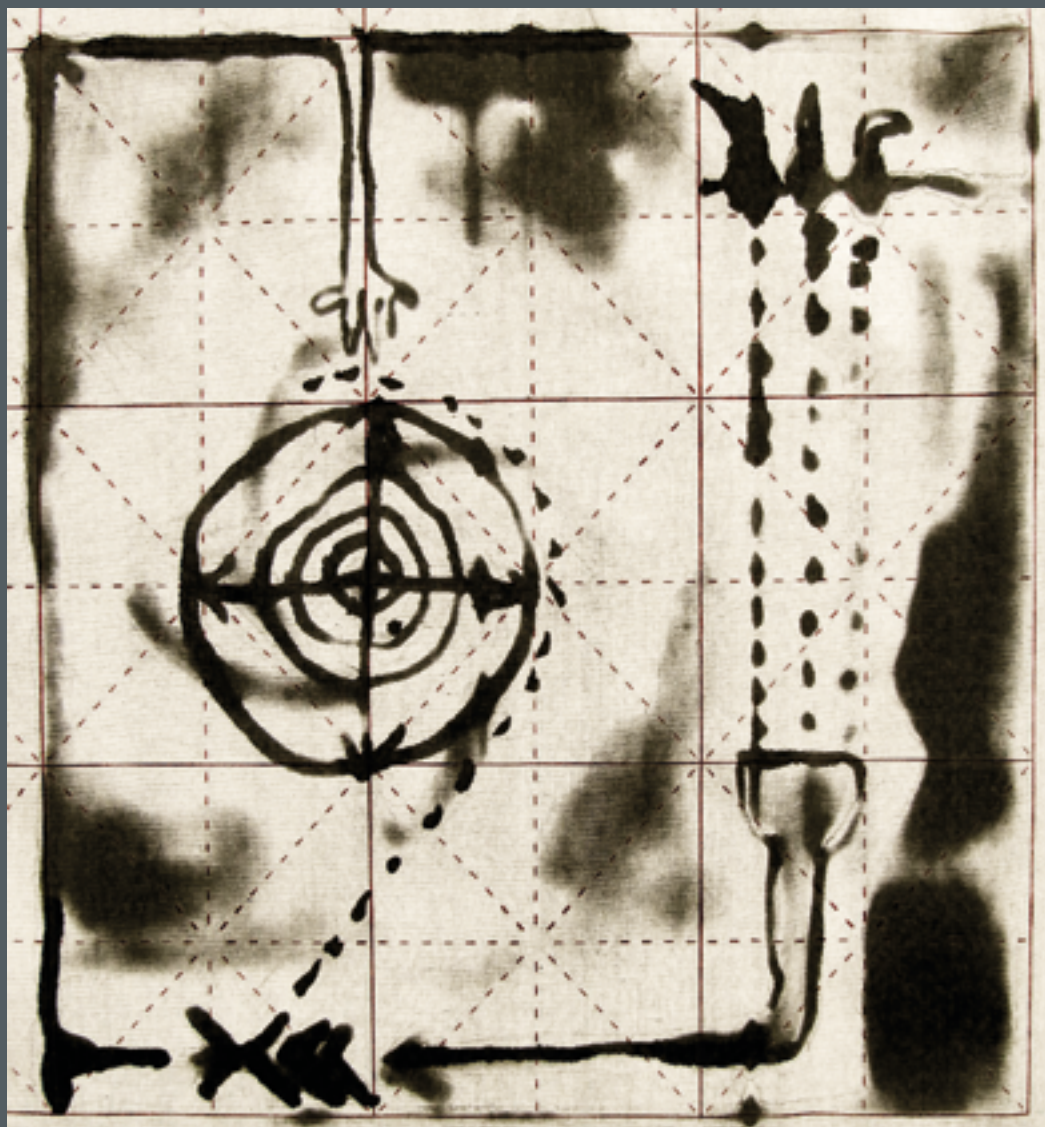


JAK PRACUJE VĚDA

Jan Novotný, Jindřiška Svobodová



MASARYKOVA UNIVERZITA

2014

JAK PRACUJE VĚDA

Jan Novotný, Jindřiška Svobodová

Masarykova univerzita
Brno 2014

Recenzenti:

doc. RNDr. Marian Štrunc, CSc.

Mgr. Lukáš Richterek, Ph.D.

Ilustrace:

MgA. Marta Kovářová, Ph.D.

Publikace byla připravena v rámci projektu

CZ.1.07/2.2.00/28.0182 „Moduly jako prostředek inovace v integraci výuky moderní fyziky a chemie“

© 2014 Jan Novotný, Jindřiška Svobodová

© 2014 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-210-6942-8

OBSAH

1	Úvod k textu „Jak pracuje věda?“	5
2	Jak vznikal vědecký přístup ke zkoumání světa?	10
3	Věda a její vztah k jiným lidským činnostem	21
3.1	Lze vědu definovat?	21
3.2	Demarkace vědy	23
3.3	Věda a společnost	26
3.4	Věda a matematika	27
3.5	Věda a filosofie	29
3.6	Věda a umění	34
3.7	Věda a technika	36
3.8	Věda a víra	37
3.9	Antropický princip	38
4	Rozdělení a jednota věd(y)	42
4.1	Klasifikace	42
4.2	Rozdělení vědy podle typu výzkumu	45
4.3	Co tvoří jednotu vědy?	47
5	Tázání ve vědě	51
5.1	Proč? A Jak?	51
5.2	Co je? A Co má být?	52
6	Nástroje vědeckého pokroku	54
6.1	Argumentace a vědecká diskuse	54
6.2	Kauzalita a determinismus	55
6.3	Poznání a logika	58
7	Paradoxy	63
7.1	Definice, historie a druhy paradoxů	63
7.2	Šest krásných paradoxů	66
8	Charakter vědecké práce	69
8.1	Vědecké metody	69
8.2	Jazyk vědy	71
8.3	Metoda, metodologie, metodika	72
8.4	Charakteristiky spolehlivosti a přesnosti	76
8.5	Základní etapy vědecké práce	77
8.6	Role experimentu ve vědě	79
8.7	Myšlenkový experiment	79
8.8	Základy experimentální práce	81
9	Modely a modelování	83
9.1	Realita a idealizace	83
9.2	Simulace	83

9.3	Co se rozumí pojmem vědecký model-	84
9.4	Etapy modelování-	85
10	Etika vědy	87
10.1	Úvod do problému	87
10.2	Osobní přístup vědce a jeho vliv na řešení problému	88
10.3	Je věda závislá na hodnotách ve společnosti?	89
10.4	Etická omezení bádání	89
10.5	Publikace a scientometrie. Jak hodnotit vědeckou práci?	90
11	Kritické myšlení-	94
11.1	Lze kritické myšlení definovat?	94
11.2	Přírodovědná gramotnost	97
12	Na závěr	100
	REJSTŘÍK	101
	LITERATURA	103
	Doporučená literatura k jednotlivým kapitolám:	104



1 ÚVOD K TEXTU „JAK PRACUJE VĚDA?“

Náš text začíná otázkou a mnoho dalších otázek bude obsahovat. Budeme se také snažit – s předpokladem vaší aktivní účasti – na ně odpovědět, i když neslibujeme, že se nám to vždy podaří a že nabízené odpovědi budou pro všechny přijatelné. Chápejte proto přečtené spíše jako vybídnutí k dalšímu čtení a přemýšlení a jako podklad ke společným diskusím než jako autoritativní poučování.

Věříme, že nás – autory se čtenáři – spojuje hluboký zájem o vědu. Snažíme se ji v mezích svých schopností dělat, popřípadě se připravujeme ne-li přímo k vědecké práci, tedy k tomu, že budeme její metody a poznatky sdělovat a předávat. To není nejsnazší ani nejvýnosnější způsob obživy – co nás tedy k zájmu o vědu vedlo? Odvážíme se říci, že takový zájem má jeden společný motiv. Věda slibuje poznání, které je spolehlivé a lidi proto mnohem více spojuje, než rozděluje.

Jak to řekl Einstein: „Tam, mimo mne, existoval veliký svět, jsoucí nezávisle na nás lidech a stojící před námi jako obrovská věčná záhada, dostupná však alespoň zčásti našemu vnímání a našemu rozumu. Studium tohoto světa mánilo jako vysvobození a brzy jsem se přesvědčil, že mnozí z těch, které jsem se naučil oceňovat a vážit si jich, našli svou vnitřní svobodu a jistotu, když se cele oddali tomuto úkolu.“

Jistotu, o níž tu Einstein mluví, nezískáme ovšem rázem, náhlým osvětlením, otevřením té správné knihy nebo vyslechnutím správného Mistra. Můžeme se k ní jen těžce propracovávat. I toto probíjení se k poznání má do značné míry podobu otázek, které klademe svým učitelům i sami sobě. Otázky mohou být velmi různé a ne vždy se okamžitě shodneme na odpovědích, po čase však – věříme stále v naši společnou zkušenost – přece jen pozorujeme cosi jako konvergenci. Aspoň v určitém okruhu problémů si začínáme být jisti, že něco víme, umíme toho s jistotou použít, sdělit to jiným a vytvořit si plán další cesty.

Není to však jen iluze, kterou někteří filosofové právem kritizují? Má věda opravdu nějaké rysy, které jí umožňují dospívat k jistotě sdílené všemi, kdo se jí věnují? Není jen „jedním ze

způsobů diskursu¹“, který nemá žádnou přednost před jinými způsoby řeči? A i když taková přednost existuje, jak široké oblasti lidského zájmu se týká? Jak rozsáhlé jsou možnosti vědeckého poznávání a kde jsou jeho meze? A jsou tyto meze dočasné či trvalé?

Můžeme se však dostat do sporu i s těmi, kteří proti našemu přesvědčení o velké moci vědy nic nenamítají a naopak se vědy rádi dovolávají. Věda ovšem dává jistotu jen tehdy, když je věrna svému způsobu práce, a je stále třeba kriticky vážit, zda tak činí. V oblastech, kde se věda prolíná s jinými lidskými zájmy, může snadno dojít k tomu, že se za vědu vydává něco, co ve skutečnosti slouží těmto zájmům a nikoliv vědeckému poznání. Jindy může nad kritičností převážit fascinace vlastními myšlenkami či falešné naděje na řešení problémů, které jsou jen zdánlivě podpořeny vědou. Vznikají celá odvětví činnosti, která se sama vydávají za vědu (astrologie, homeopatie), ačkoliv běžná věda je odmítá do svého kruhu přijmout. Kde jsou kritéria, že postupujeme opravdu vědecky? Existuje něco jako univerzální vědecká metoda?

Jak začít hledat odpověď na tyto otázky? Můžeme ovšem studovat bezbřehou literaturu, ale která literatura je spolehlivá? Proto snad bude nejlépe pohlédnout nejprve tam, kde se špičková vědecká práce opravdu dělá. Můžeme třeba využít možnosti, kterou každoročně nabízí CERN², a zúčastnit se týdenního studijního pobytu, jaký se tam pořádá pro široký okruh zájemců. Nemůžeme očekávat, že bychom tam náš problém probrali v obecně laděných diskusích. Pracovníci CERNu příliš nepřemýšlejí, jak se věda dělá, protože většinu jejich času zabírá to, že ji skutečně dělají. Přesto i zde (anebo v jiné vědecké instituci a dokonce i jen při čtení knih o řešení konkrétních vědeckých problémů) vyzorujeme některé **podstatné rysy vědy**. Pokusme se vyjmenovat ty nejnápadnější.

Objektivnost

Každý z nás má bezprostředně k dispozici jen vlastní prožitky a myšlenky. Přesto jsme přesvědčeni, že se v nich zrcadlí, jak to krásně vyjádřil Einstein, veliký vnější svět, který nás obklopuje a prostupuje, je nám všem společný a třebaže i my jsme jeho nepatrnou součástí, existuje především mimo nás. Alespoň některé projevy tohoto světa jsou přístupné našemu smyslovému vnímání, můžeme je pozorovat opakovaně a cíleně a snažit se je očistit od našich ilusí a přání, přijmout svět takový, jaký skutečně je. V tomto smyslu mluvíme o objektivní realitě či opatrněji o objektivním poznání.

I když je smyslové vnímání nutným základem „cesty k realitě“, nedovede nás samo o sobě k jejím hlubším vrstvám. K tomu konstruujeme přístroje a budujeme laboratoře, provádíme experimenty a vytváříme teorie, které nám umožňují výsledky experimentů interpretovat. Např. některé částice, které vznikají při srážkách hadronů², nikdo nikdy nezpozoroval a nezpozoruje: nejsou-li elektricky nabitě, nezanechávají stopy v detektorech, a pokud se v extrémně krátkých časech rozpadají, do detektorů ani nedorazí. Víme o nich pouze z pozorování produktů srážek, které je nám zprostředkováno přístroji, a z vyhodnocení těchto pozorování, k němuž potřebujeme teorii formulovanou v řeči matematiky a počítače, které dokáží údaje utřídit a zpracovat.

1 Diskurs, diskurz – promluva, text, který vykazuje znaky svého kulturního prostředí a omezení doby.

2 Hadrony jsou složené subatomární částice, které se účastní silné interakce.

Nezbytnou složkou poznání objektivního světa je tedy myšlení vytvářející teorie a technika prohlubující možnosti pozorování. Podstatné však je, že myšlení a technika jen prodlužují a prohlubují cestu k realitě, která, jak vědci věří, existuje nezávisle na nich. Nechceme ovšem tajit, že toto stanovisko, které by vědec 19. století patrně bez problémů podepsal, bylo kvantovou teorií poněkud otřeseno – k tomu se ještě vrátíme. O úspěchu cesty k realitě, jak ji vědecký přístup otevírá, je však těžké pochybovat – svědčí o něm otisky podrážek v měsíčním prachu či transplantovaná srdce bijící v lidských hrudích.

Neosobnost

V laboratořích či v jídelně CERNu lze pozorovat lidi různého pohlaví, věku, barvy pleti, mateřského jazyka. Nepochybně mají i různá politická a náboženská přesvědčení, osobní zájmy, estetické preference. To však není vůbec na závadu spolupráci. Nestává se, že způsob, kterým jeden hodnotí pozorování, je pro druhého nesmyslný, že argument, který je pro jednoho přesvědčivý, druhému nic neříká. I když toto odhlédnutí od všeho osobního zůstane vždy jen ideálem, lze se mu nepochybně hodně přiblížit a je patrně nezbytnou podmínkou existence vědy. Je však do značné míry žádoucí i mimo ni, všude tam, kde je k dosažení společného cíle potřebná široká spolupráce.

Zákonitost

Ve velkém hadronovém srážeci LHC v CERNu dochází při každém křížení svazků částic k nesmírnému počtu srážek, jejichž výsledky mohou být zaznamenány. Čeho si na nich máme všimnout? Samotné záznamy by byly naprosto nezajímavé, kdyby je nebylo možno zpracovat na základě znalostí o obecně platných principech, jimž jsou jevy podřízeny. Plánování experimentů i výběr jevů určených ke zpracování se řídí požadavky teorií, které umožňují uvažovat nejen o skutečných, ale i o možných, zákony přírody dovolených událostech. Prostředkem k vyjádření těchto zákonů je matematika, která se stala společným univerzálním jazykem vědy. Pomocí vzorců a grafů se domluví i lidé, kterým by jazyková bariéra běžný rozhovor velmi znesnadnila. A domluví se i o věcech, na něž by běžná lidská řeč nestačila.

Testovatelnost

O realitě jediného jevu pozorovaného jediným člověkem by se obvykle dalo s úspěchem pochybovat. Technika dnes umožňuje pořizovat spolehlivé záznamy, k nimž se můžeme vrátet a časem je hlouběji analyzovat. Je však také možné i nutné experimenty opakovat, či rozšiřovat je jinou volbou parametrů. Říkáme, že naše teorie se tak testují. Výsledkem testování je buď potvrzení – **verifikace** – nebo vyvrácení – **falzifikace** předpovědi teorie. Zejména zásluhou K. R. Poppera byla rozpoznána podstatná asymetrie mezi verifikací a falzifikací, jakmile pokročíme od jednotlivých faktů k teoriím. Verifikace jednotlivých předpovědí neznamená verifikaci teorie, protože vždy mohou existovat dosud neznámá fakta, která jsou s teorií v rozporu. Naproti tomu spolehlivá falzifikace jedině teoretické předpovědi je falzifikací teorie, kterou je pak nutno v detailech přepracovat nebo třeba i úplně zavrhnout. I když toto stanovisko je široce přijímáno, aktivně pracující vědce takovéto problémy příliš netrápí. Na otázku, zda považují za své hlavní poslání potvrzování předpovědí existujících teorií, nebo jejich zpochybňování a vytváření podkladů pro teorie nové, by nám pracovníci CERNu patrně odpověděli, že obě tyto složky těsně

souvisí a jsou v rovnováze. Podstatné je, že skutečná věda neustále vystavuje své výsledky kritice a zkouškám.

Provázanost

I když se v CERNu bezprostředně zkoumá jen úzký výsek přírodních jevů (srážky částic), při jejich přípravě a hodnocení se využívá široký okruh poznatků (supravodivé magnety, informatika). Poznané vlastnosti částic mohou být naopak použity např. v biologickém výzkumu. Srážky při vysokých energiích umožní napodobit jevy, k nimž došlo v raných fázích kosmického vývoje a které jsou přímému pozorování nedostupné. Současné teorie jsou zobecněním a rozvinutím starších teorií, které v nich zůstávají obsaženy jako limitní případy. Věda tak směřuje ke stále rozsáhlejší a hlubší jednotě.

Použitelnost

I když výzkum v CERNu není zaměřen na přímou praktickou použitelnost, použitelné výsledky spontánně vznikají a jejich počet není nijak omezen tím, že se předem nevyžadují. Ani první pokusy s elektřinou a magnetismem neměly okamžitě použitelné výstupy. Činnost CERNu má mnoho vedlejších v praxi využívaných výstupů, např. v lékařství či ve vědě o materiálech. V CERNu se také zrodila aplikace vedoucí k vytvoření světové informační sítě, tzv. WEB, bez něhož si dnes už těžko dovedeme získávání informací představit. O obrovské praktické účinnosti vědy jako celku však jistě žádný účastník naší diskuse nepochybuje. Je založena na schopnosti předvídat, kterou nám věda dává. Umožňuje připravit situace, které přirozeným, námi již neusměrňovaným vývojem povedou k žádaným výsledkům. V posledních letech značně zesílil i zájem o varování před nebezpečnými, většinou dlouhodobými důsledky lidského přetváření světa.

Probrali jsme tak některé společné rysy vědy, které se nám jeví jako nejpodstatnější. V dalším bychom se jimi chtěli zabývat podrobněji. Chceme především alespoň ve zkratce zachytit, jak věda vznikla a jak se její tradice a metody v průběhu tisíciletí rozvíjely.

Zatím jsme také mluvili o „vědě“ ve velmi širokém smyslu slova a pro konkretizaci našich myšlenek jsme se naopak obraceli k velmi speciálnímu vědeckému odvětví. I když ze společenského hlediska je vědou každá disciplína, v níž se udělují vědecké tituly, je nepochybné, že různá odvětví takto chápané vědy obsahují rysy vědeckosti, jak jsme je shora uvedli, ve velmi rozdílné míře. Budeme se proto zabývat i roztříděním věd a otázkou, nakolik lze mluvit o vědě vůbec.

Velmi důležitá bude pro nás otázka: „Jak se dělá věda“ v užším smyslu. Jak se vědecké poznání organizuje, jak se jeho výsledky zveřejňují, jak se hodnotí? Jakými zásadami se řídí využívání výsledků jiných vědců?

A konečně si všimneme otázek, u nichž nemůžeme odhlédnout od „lidského faktoru“. Je opravdu třeba všechno zkoumat? Neotevřeme tím nebezpečnou třináctou komnatu? Jsou způsoby získávání poznatků ohraničeny etikou? Jaká rizika prohloubení vědeckého poznání a jeho praktické využívání přináší?



Naše téma není zřejmě takové, abychom je mohli vyčerpat, a už vůbec nedokážeme nabídnout definitivní odpovědi. Jak již bylo řečeno, náš text proto vyústí spíše v otázky, na něž budeme společně hledat odpověď. Věříme, že naše diskuse povedou k dalším otázkám, kterých budeme v budoucnu využívat pro zdokonalení textu. Jejich současnou podobu najdete na konci každé kapitoly. Připojíme také některá doporučení k četbě na základě našich vlastních čtenářských zážitků. Podrobný soupis literatury najde čtenář na konci celého textu.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Jaké byly hlavní motivy vašeho zájmu o vědu? Soupeřily při vaší životní cestě s jinými zájmy? Uvažovali jste i o úskalích takovéto volby? V jaké míře splnila volba vaše předběžná očekávání?
2. Uspokojuje vás výčet základních rysů vědeckého přístupu, jak jsme jej zde podali? Není-li tomu tak, navrhněte a zdůvodněte jeho doplnění či redukci.
3. Může být (podle vašeho názoru) v budoucnu činnost lidského mozku zcela objasněna způsobem, jakým postupují přírodní vědy? Pokud ne, co tomu brání?
4. Znáte nějakou zásadní kritiku vědeckého přístupu a jak na vás zapůsobila?
5. Vyhledejte a porovnejte různé názory na perspektivy lidské společnosti během 21. století. Jsou některé z těchto názorů vědecky podloženy?
6. Zejména v případě problémů „ekologické“ povahy – reálnost globálního oteplování a podíl člověka na něm, perspektivnost využívání jaderné energie se stoupenci zcela protichůdných názorů často dovolávají vědy. Posuďte, jaké mimovědecké motivy tu hrají roli.
7. Jsou všechny vědy pěstované na našich vysokých školách skutečně vědami podle kritérií, která uznáváte? Do jaké míry je vědou např. psychologie, historie či teologie? A jak je tomu s matematikou?
8. V úvahách o vztahu vědy a víry byl vysloven názor, že teologie má základní rys, který ji sblíží s vědou. Vychází ze soustavy dogmat, která jsou analogická axiomům přijímaným ve vědě, a podobně jako ve vědě z nich vyvozuje logické závěry. Stačí to podle vás k tomu, abychom teologii pokládali za vědu?
9. Seznamte se s dostupnými údaji o „ulovení“ Higgsova bosonu v CERNu a posuďte, nakolik se dá mluvit o tom, že Higgsov boson byl skutečně uloven.



2 JAK VZNIKAL VĚDECKÝ PŘÍSTUP KE ZKOUMÁNÍ SVĚTA?

První věta Aristotelovy Metafyziky říká, že „všichni lidé od přirozenosti touží po věděni.“ O něco dále čteme, že „jako dnes, tak v pozdějších dobách lidé začali filosofovat, protože se něčemu divili“. Aristotelés však nemá na mysli jen filosofování v dnešním slova smyslu, ale každou snahu o poznání přesahující čistě praktický zájem. „Zpočátku se divili záhadným zjevům, jež jim bezprostředně ukazovala zkušenost, a teprve potom poněáhlu postupující cestou naznačenou, dospěli i k záhadám významnějším, například k záhadě jednotlivých období měsíce, dráhy slunce a hvězd a vzniku vesmíru.“

Na počátku cesty k věděni byl tedy údiv nad tím, co všechno kolem nás je a děje se, a snaha najít pro to vysvětlení. To ovšem ještě před vědou a filosofií činil mýtus. Příběhy o tom, jak vznikl svět, nacházíme ve všech světových mytologiích. Jen se používá jiný typ řeči a jiný typ vysvětlení, než jaký by nás uspokojil dnes. Mýtus po vzniku filosofie v antickém světě a po zrodu vědy postupně s rostoucím poznáním ztrácel důvěryhodnost.

Sestoupit ke kořenům vědeckého myšlení není snadné, protože sahají až do doby, z níž se písemné záznamy nedochovaly anebo vůbec neexistovaly. Není pochyby, že už prehistorické kultury disponovaly poznatky, které můžeme označit za vědecké. Např. Stonehenge je možná především astronomická observatoř a nepochybně svědčí o vysokém stupni astronomických znalostí. Odkud se tento zájem o astronomii vzal? Jedním z důvodů byl úžas nad velkolepostí nočního nebe a pocit vděčnosti ke Slunci, které umožňuje lidský život, potřeba vysvětlit původ a smysl toho všeho. Tento údiv a úcta vedly k pojmenování souhvězdí, ke sledování jejich pohybů a pohybů Slunce a Měsíce po obloze, k vytváření mýtů, v nichž nebeské objekty hrají významnou roli, a obřadů spojených se slunovraty. Astronomické vědomosti byly i prakticky užitečné – uplatňují se v mořeplavbě, při dalekých cestách po souši i v datování zemědělských prací. Umožňují členit čas a vnášet tak do života lidských společenství řád.

Dalším zdrojem zájmu o astronomii byl pocit souvislosti nebeských dějů s lidskými osudy, který vedl ke vzniku astrologie. Ta byla zprvu neoddelitelnou složkou astronomie a přispívala k hlubšímu zájmu o detaily.

Všechny tyto zdroje poznání se projevují i v jiných odvětvích lidské činnosti. Medicína vede k prvním poznatkům o fungování lidského těla, stavby si vyžadují znalosti geometrie a vlastností materiálů, řízení ekonomiky např. vybíráním daní si žádá znalost počítání. I zde se poznání, které bychom již mohli označit za vědecké, spojuje s mýty a s magií či s praktikami, které se předávají z generace na generaci.

Antika

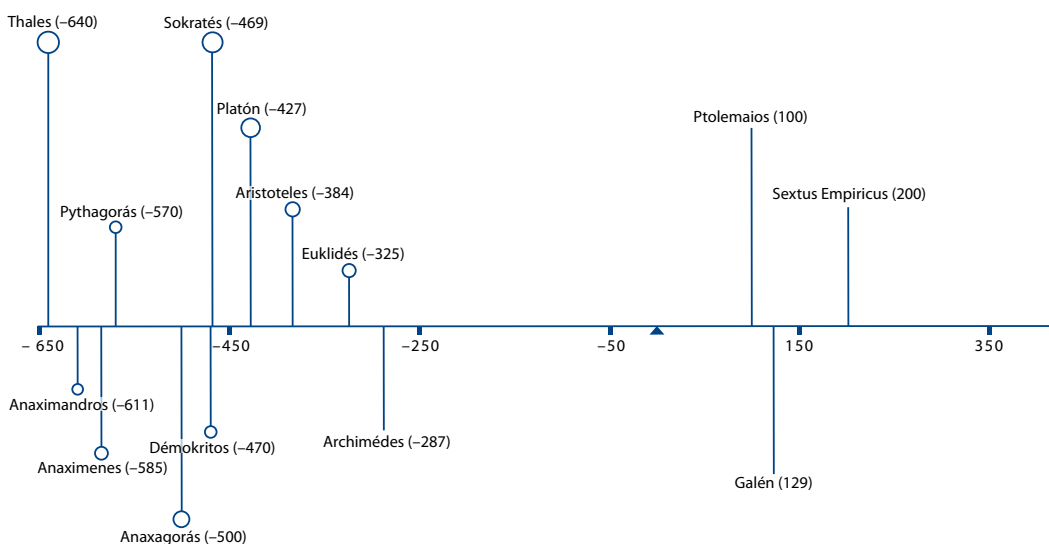
Za skutečnou kolébkou vědy v dnešním slova smyslu proto pokládáme až antické Řecko. Teprve jeho myslitelé dokázali vědecké poznání od magie a mýtů oddělit. Období vývoje řecké vědy zabírá zhruba jedno tisíciletí – od 6. století př. n. l. až do 3. století našeho letopočtu.

Jeho první fáze se často označuje za před Sokratovskou. Z před Sokratovských myslitelů se uchovaly jen zlomky většinou díky citacím u pozdějších autorů. I z nich si však můžeme udělat základní představu o pokroku, který se během tří století odehrál.

Projevuje se v něm snaha minimalizovat počet výchozích principů – **Thalés** učil, že vše pochází z vody, **Anaximenes** považoval za základ všeho vzduch a **Anaximandros** apeiron čili neomezeno.

Starořeční myslitelé věnovali velkou pozornost přírodním jevům a snažili se o jejich vysvětlení, které by vycházelo ze samotných jevů. **Pýthagorás** a jeho následovníci si povšimli číselných vztahů platných v přírodě a jejich zjištění souvislosti parametrů hudebních nástrojů a souzvuku tónů patří k prvním exaktním poznatkům vědy. Snahy o přirozené a ucelené vysvětlení přírodního dění vrcholily v atomové teorii, jak ji podal **Démokritos**. Toto dění je podle něho důsledkem pohybů a interakcí dále nedělitelných prvků – atomů – v neomezeném prázdnu.

Během dvou století, která dělí Thaléta od Démokrita, antičtí myslitelé postřehli jak řád, který v přírodním dění panuje, tak i proměnlivost přírodního světa a snažili se přemýšlet i o jeho minulosti a budoucnosti. Dokázali navazovat na učení svých předchůdců a kriticky je hodnotit.



Obr. 1 Antika časová osa

Sókratovo vystoupení bývá hodnoceno jako obrat od přírody k člověku. Neznamená to však, že by bylo pro přírodní vědy bezvýznamné. Zajímavá je **Sókratova** námitka proti **Anaxagorovu** učení, že Slunce je oheň. Rostliny sluneční svit potřebují, v jeskyni u ohně zvadnou. Působivé teoretické koncepcce je tedy třeba prověřovat empirickou zkušeností. Sókratés také, snad jako první v dějinách, vyslovil zásadní pochybnost o schopnosti přírodovědeckých metod podat vysvětlení lidského chování. Důvod, proč neprchl z vězení, i když ho čekala poprava, není v tom, že má svaly a kosti, které se chovají jistým způsobem, ale to, že se řídí zákony morální povahy.

Zásadní význam měla sókratovská metoda nalézání pravdy v dialogu, jehož účastníci vyslovují protichůdné názory, vzájemně si je kritizují a dospívají někdy ke sbližení stanovisek, jindy si alespoň lépe uvědomí, v čem spočívá problém, popřípadě svá vstupní stanoviska pozmění. Sókratovu žáku **Platónovi** přísluší zásluha, že tyto dialogy zaznamenal – a patrně je dotvořil tak, že už nedokážeme odlišit jeho myšlenky od původních Sókratových. Častým námětem dialogů je původ našeho poznání a otázka jeho spolehlivosti. Bezprostřední vztah k přírodním vědám má dialog Timaios, který patrně shrnuje pythagorejské učení o čtyřech živlech (země, voda, oheň, vzduch) a spojuje je s objevem, že existuje pět pravidelných těles (páté těleso by se mělo podle spisu vztahovat k vesmíru jako celku).

Vrcholnou postavou antického myšlení je **Aristotelés**, v jehož díle je shromážděno téměř všechno tehdejší vědění. Aristotelés a jeho škola vypracovali metody klasifikace poznatků a práce s prameny, jejichž podstata zůstává zachována i v dnešní vědě. Mimořádnou Aristotelovou zásluhou je přesné vypracování určité části logiky – jde o predikátovou logiku pracující s pojmy „všichni“ a „někteří“. Aristotelovská logika ukázala, že existuje okruh otázek, o nichž je možno přemýšlet podle naprosto přesných pravidel a docházet tak k nezpochybnitelným závěrům.

V Sókratově době se odehrává to, co můžeme označit za první vědeckou revoluci. Je to objevení iracionálních čísel. Ukazuje se, že abstraktní matematické pojmy, i v případě, že nemají oporu v přímé zkušenosti, mohou být pro pokrok v matematice a pro její aplikaci ve světě zkoumaném přírodními vědami podstatné.

Vrcholné období řecké civilizace je také obdobím, kdy se rodí prvky života vědeckých společenství. Naznačují to už slova, kterých dodnes používáme: gymnasion byl prostor, kde se lidé, fakticky zejména mladí muži, vzdělávali tělesně i duchovně, Akademie byla škola, kterou založil Platón, a Lykeion škola, kterou založil Aristotelés. V těchto školách se konaly přednášky a diskuse, v Aristotelově škole byla i rozsáhlá knihovna.

Vrcholné období řecké vědy nastává až v době, kdy demokratické Athény upadají a kdy se těžiště vědeckého života přesunuje do Alexandrie. Epochálním vědeckým dílem je shrnutí geometrie, jak je podal **Eukleidés**. Geometrie je u něho budována jako čistě deduktivní věda vyvozující z malého počtu základních tvrzení – axiomů a postulátů – čistě logickou cestou všechno ostatní. Euklidovo dílo zůstává nedostižným vzorem pro budování vědecké teorie až do 19. století.

Největším fyzikem starověku je **Archimédes**, který dosahuje svých výsledků v oblasti mechaniky i astronomie používáním a rozvíjením matematiky. V souvislosti s ním se můžeme zmínit i o tom, že pro aplikace vědeckých poznatků je významným polem vedení válek – podle věrohodných zpráv bránil Archimédes obležené Syrakusy pomocí mechanismů, které vynalezl. Archimédes se odvážil také prvních odhadů o velikosti hvězdného vesmíru. V jeho době byla také alexandrijskými učiteli změřena velikost Země, navrženy rozumné metody k určení vzdáleností

ve Sluneční soustavě a formulována heliocentrická teorie. Alexandrijské období přineslo další pokrok organizaci vědeckého života. Knihovna alexandrijského Musea – což byla fakticky vědecká instituce – uchovávala až 70 000 svazků.

Politické dominance v antickém světě postupně nabývají Římané. Ti sice mají v úctě a uchovávají řeckou kulturu, ale nepřicházejí se samostatnými vědeckými či filosofickými koncepcemi. Z děl psaných latinou je vědecky významné **Lucretiovo** básnické podání atomové teorie a čistě popisné, ale důkladné spisy o přírodě, které podal **Plinius**. Za vědeckou zásluhu Římanů lze pokládat vytvoření římského práva, které ukázalo, jak logické principy a uspořádání mohou pomoci organizovat lidský život.

Nejvýznamnější vědecká díla jsou však stále psána v řečtině. Antická astronomie vrcholí dílem **Ptolemaiovým**, v němž se pohyby planet na nebeské sféře vysvětlují důmyslným skládáním kruhových pohybů. Ptolemaios dal přednost geocentrické soustavě, která umožňovala jednodušší zpracování jevů a v jeho podání dávala úspěšné předpovědi. Nepřehlédnutelnou postavu je **Galénos**, který vytvořil ucelený systém lékařské vědy a podstatně rozvinul i logiku.

Na sklonku antiky zesílil vliv školy skeptiků. Její učení shrnul **Sextus Empiricus** v díle Základy pyrrhonské skepse. Definuje skeptiky jako ty, kteří se nevzdali hledání pravdy na rozdíl od akademiků, kteří na její hledání resignovali, a dogmatiků, kteří se domnívají, že ji už našli. Sextova kniha představuje jakousi encyklopedii antických poznatků s důrazem na kritický postoj k jejich věrohodnosti. Mnohé Sextovy zásady velmi dobře odpovídají současné vědecké metodě.

Procházku antickým věděním ukončíme zmínkou o ženě, kterou její současníci pokládali za významnou osobnost filosofie, matematiky i astronomie. Jmenovala se **Hypathia**, žila v pátém století a její zavraždění křesťanskými sektáři symbolicky uzavírá velkou úvodní etapu budování vědy.

Existují tři proslulé matematické úlohy starověku:

kvadratura kruhu, zdvojení krychle a trisekce úhlu.

Konstrukce je dovoleno provádět pouze užitím pravítka a kružítka.

Kvadratura kruhu vyžaduje sestavit čtverec, který má stejný obsah jako zadaný kruh.

Zdvojení krychle znamená najít krychli, která má oproti té stávající dvojnásobný objem.

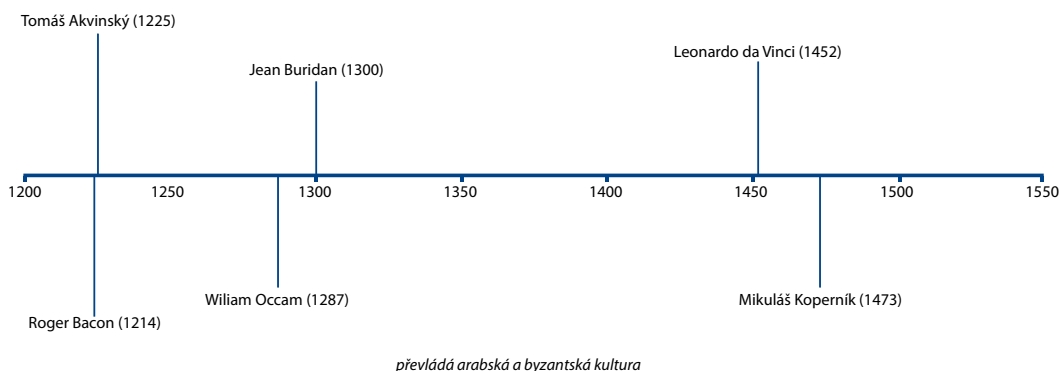
Trisekce úhlu vyžaduje jeho rozdělení na třetiny.

Středověk

Evropský středověk mívá od dob osvětenství špatnou pověst. Po rozpadu římské říše nastalo v Evropě dlouhé období rozvratu. Přesto nešlo o dobu duchovně zcela neplodnou. K uchování vzdělanosti přispěly hlavně kláštery, za záchranu některých antických textů a myšlenek vdčíme zemím ovládaným islámem. Krize však byla postupně překonávána a vzdělanost v Evropě dosáhla opět vysoké úrovně. Přispělo k tomu zejména zakládání univerzit – nejstarší byla boloňská, která vznikla okolo roku 1100. Univerzity se těšily značné autonomii a pořádaly se na nich vědecké disputace, v jejichž rámci bylo možno probírat i neortodoxní názory. Důležitým přínosem univerzit byl jejich nadnárodní ráz, posilovaný tím, že se na nich užívalo latinského jazyka. V této věci znamenal novověk krok zpět – vědci začali užívat národních jazyků a ztížili si tak možnost

rovnocenné komunikace. Novým univerzálním jazykem vědecké komunikace se stává až zhruba během dvacátého století angličtina.

Vrcholné dílo středověké filosofie, *Teologická suma Tomáše Akvinského* z 13. století, má pozoruhodnou strukturu: celý text se skládá z otázek podávajících určitý názor, který lze přijmout či zamítnout. Autor uvádí argumenty pro stanovisko, které považuje za nesprávné, poté rozhodující protiargument, následuje výklad správného stanoviska a konečně vyvrácení argumentů pro chybné stanovisko. Otázky se týkají teologických problémů a zacházejí často do velkých podrobností, jedná se např. o způsobu, jímž se pohybují andělé. Podstatnou roli hrají v argumentaci citáty z Bible, významných teologů či z Aristotela.



Obr. 2 Středověk časová osa

Pro středověkou učenost je tak charakteristické zaměření pozornosti k teologickým problémům, snaha o jejich racionální řešení však vede k rozvoji logiky, práce s prameny a umění argumentace. Tomášovým současníkem je **Roger Bacon**, který upozorňuje na úlohu zkušenosti a experimentu, na význam matematiky, a přináší i přírodovědecké poznatky zejména z oblasti optiky. Z významných postav středověkého myšlení uvedme ještě filosofa a mnicha **Williamu Occama**, známého Occammovou břitvou. Occamova břitva je dosud užívaný metodický nástroj, který říká, že pro vysvětlování určitého jevu se má dát přednost tomu nejjednoduššímu vysvětlení. Ke konci středověku se již objevovaly myšlenky blízké novověké vědě, zejména **Jean Buridan** podal výklad pohybu a setrvačnosti blízký Newtonovské fyzice. (Buridanův osel, který se musí rozhodnout mezi dvěma stejně vzdálenými otýpkami, nemá-li zahynout hladu, je sice jen filosofická anekdota, má však oporu v Buridanových úvahách o příčinnosti a svobodné vůli.)

Jak ukazuje N. A. Whitehead ve své knize *Věda v moderním světě*, středověcí učenci rozvinuli metody racionálního uvažování většinou na problémech vzdálených realitě, jakou se zabývají přírodní vědy, mnohé z jejich odkazu si však zachovalo použitelnost i po obratu zájmu k přírodním jevům.

Novověk

Tento obrat má mnoho příčin, nad nimiž se dosud zamýšlejí a vedou spory historikové a filosofové. Hrál tu nepochybně roli ekonomický a technický rozvoj spojený se zámořskými objevy

i zvýšený zájem o dědictví antiky. Předzvěstí obratu je již dílo **Leonarda da Vinciho**, který byl člověkem mnoha talentů a jehož většinou nerealizované vynálezy plně ocenily až pozdější doby. Na prahu novověku je také zveřejněna **Kopernikova** heliocentrická soustava

Obrovský pokrok lidského poznání se koncentruje do 17. století, které Whitehead právem označil za století geniů. Uvedme aspoň tři velké průkopníky nového pohledu na svět.

René Descartes ve svém filosofickém díle (*Meditace o první filosofii, Rozprava o metodě*) ukázal na nutnost přesného a jasného myšlení. Rozdělil svět na dvě jsoucna: přírodní realita je *res extensa*, jeho podstatnou vlastností je rozprostraněnost, vnitřní svět člověka je *res cogitans* – podstatnou vlastností člověka je myšlení. Spojení mezi oběma jsoucnými podle Descarta zaručuje Bůh. Jakým způsobem se toto spojení děje, Descartes ani nikdo z jeho následovníků uspokojivě vysvětlit nedovedl a zůstává to základním filosofickým problémem dodnes. Jeho rozlišení však mělo nesmírný význam pro vědeckou praxi – *res cogitans* se mohla začít zabývat „objektivním světem“ nezávislým na hodnotách, vírách a přáních. Největší vědeckou zásluhou Descartovou je zavedení analytické geometrie, která sblížila dvě do té doby značně rozruženě odvětví matematiky, nauku o číslech a nauku o prostoru – geometrii.

Francis Bacon v knize *Nové Organon* usiloval o to, aby dal vědcům a filosofům nový nástroj k poznávání světa, založený především na empirickém zkoumání. Jak naznačuje již název, snažil se nahradit aristotelovskou deduktivní logiku, kterou považoval za neplodnou, empirickým zkoumáním, jež zobecňuje poznatky získané systematickým pozorováním. Základní cestu k poznání tak považoval indukci namísto dedukce. Pozoruhodné je Baconovo stanovení čtyř hlavních důvodů, proč lidé upadají do omylů (podléhají „idolům“). V krátkém dílku *Nová Atlantis* podal vizi společnosti založené na vědeckém bádání.

BACONOVY IDOLY

Idoly rodu:

vznikají ze samotné lidské přirozenosti, např. omezenost smyslů, náklonnosti k předčasnému zobecnění

Idoly jeskyně:

jsou působeny individuálním založením jedince

Idoly tržiště:

vznikají nevhodným užíváním jazyka a špatným vymezením pojmů

Idoly divadla:

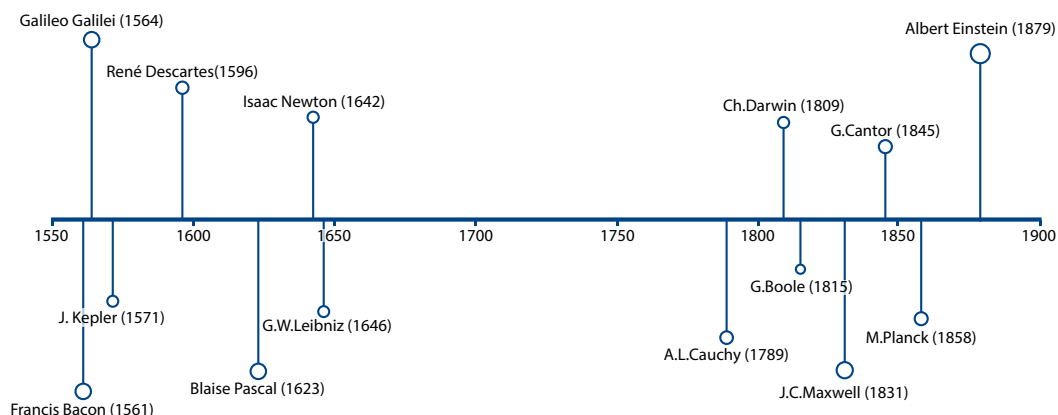
jsou působeny nekritickým přejímáním názorů autorit

Galileo Galilei kromě fyzikálních a astronomických objevů vyslovil i důležité metodické zásady rozvíjející se přírodovědy. Experiment a pozorování mají vždy přednost před teorií, jazykem, kterým se vědecké poznatky vyjadřují, je matematika. Galilei je nejznámější podporou, kterou ve svém *Dialogu* poskytl heliocentrické soustavě, i když ne všechny jeho argumenty byly uspokojivé. Usiloval také o jednotný výklad fyzikálních jevů v knize *Prubíř*, kterou navázal na myšlenky atomistů. Když mu bylo zakázáno pokračovat v astronomických zkoumáních, soustředil se na mechaniku a všestranně ji rozvinul v knize *Discorsi*.

Absolutním vrcholem a vzorem vědy se stává kniha **Isaaca Newtona** *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, dílo srovnatelné svým významem s Eukleidovými *Základy*. Jsou v nich ztělesněny hlavní myšlenky vědeckého přístupu ke světu. Poznatky o něm jsou shrnuty v několika matematicky formulovaných zákonech, z nichž se vyvozují důsledky a porovnávají se s experimenty a pozorováním. Neméně důležitý je Newtonův objev základů diferenciálního a integrálního počtu, na kterém má rovnocenným podíl s **Gottfriedem Wilhelmem Leibnizem**. Nová matematika umožňuje zabývat se nikoliv jen statickým uspořádáním věcí, ale především jejich změnami. Považujeme ji proto za druhou revoluci v matematice. Spojením Newtonovy fyziky a matematické analýzy dostávají přírodní vědy základ, o který se mohou plně opírat až do začátku 20. století.

17. století otevírá ještě dva důležité směry bádání, které se plně zhodnotí až později. Schickard, Pascal a Leibniz nezávisle na sobě přicházejí s prvními počítači, které naznačují možnost, že část lidské duševní činnosti bude možno svěřit „strojům“. **Blaise Pascal** je také průkopníkem zkoumání zákonů pravděpodobnosti, které dosud zůstávaly stranou pozornosti vědců. Ukazuje se tak, že i náhoda, zdánlivě nepřístupná vědě, má své zákonitosti. 17. století je také dobou, kdy se začíná rozvíjet vědecká komunikace i mimo univerzitní půdu. Jsou zakládány vědecké časopisy a učené společnosti. Začíná se projevovat zájem i o praktické využití vědeckých poznatků. Newtonovská fyzika a matematická analýza zůstávají nezpochybnitelným vzorem vědy po dvě staletí a zdá se, že veškerý vědecký pokrok bude možno uložit do jejich rámce. Tento pokrok je trvalý a veliký a uvedenou víru posiluje.

Až v devatenáctém století se objevují nové motivy. Vznik neeukleidovské geometrie naznačuje, že matematika je schopna překročit hranice toho, co se po tisíciletí jevilo jako jedině možné. Po celé století probíhá boj za zpřesnění matematiky – **Augustin Cauchy** staví matematickou analýzu na pevný základ, **George Boole** sblížuje matematiku s logikou, **Georg Cantor** zakládá teorii množin, která umožňuje systematicky pracovat s nekonečnými soubory. Paradoxy, k nimž vede naivní forma teorie množin, jsou na přelomu 19. a 20. století překonány stanovením axiomů. Tím se uskutečnila třetí revoluce v matematice.



Obr. 3 Novověk časová osa

Věda 19. století si také začíná všimnout kontrastu mezi neměnností zákonů přírody a jednosměrným vývojem v čase. Sem spadá jak **termodynamika** se svou druhou větou tak **Darwinova teorie evoluce**. Přírodní věda se tak začíná zabývat nejen přírodou, jak se nám jeví v dané době, ale i jejími dějinami.

V průběhu 19. století se plynule rozšiřuje síť vědeckých pracovišť. Rovnocenným konkurentem evropské vědě se stávají vědecké instituce ve Spojených státech. K prvotřídním americkým vědcům patří například **Charles Babbage**, který se zabývá teorií počítačů a snaží se je uvést do provozu.

V průběhu století se začínají hromadit pochybnosti o univerzální použitelnosti newtonovské fyziky. Nedaří se jí uspokojivě sladit s **Maxwellovou teorií elektromagnetického pole** a nedaří se jí vysvětlit ani zákonitosti pozorované v mikrosvětě (spektra atomů, vyzařování těles, specifická tepla látek). Rok 1900 přináší zásluhou **Maxe Plancka** počátek **kvantové fyziky**, kterou pak rozvíjí celá plejáda velkých fyziků. Roku 1905 se objevuje **speciální teorie relativity**, jejímž hlavním tvůrcem je **Albert Einstein**. Tato teorie řeší rozpor mezi Maxwellovou elektrodynamikou a newtonovskou mechanikou vytvořením nové fyziky, k níž je newtonovská fyzika pouze přiblížením. Roku 1915 Einstein dovršuje úsilí podrobit relativistickým zákonům i gravitaci a vzniká tak **obecná teorie relativity**.

Kvantová teorie a teorie relativity se stávají vůdčími teoriemi dvacátého století. Obě slaví velké úspěchy – u obecné teorie relativity je to hlavně vytvoření relativistické kosmologie, podle níž se vesmír rozpíná a v souvislosti s tím mění. I vesmír má tedy své dějiny. Kvantová teorie umožní hluboký průhled do mikrosvěta, umožňuje v principu pochopit i chemické a biologické jevy a naznačuje tak cestu k jednotné vědě, jejímž základem je fyzika.

Stěžejním úkolem vědy na její nejhlubší úrovni se stává spojení idejí kvantové teorie a obecné teorie relativity. Obtížnost tohoto úkolu spočívá v rozdílnosti jejich zaměření. Teorie relativity přináší velmi pronikavé změny názoru na vlastnosti prostoru a času, které spojuje do nedílné jednoty v pojmu „prostorčas“. Přesto může být chápána nikoliv jako porušení, ale jako dovršení ideálů klasické fyziky. Ta předpokládala, že lze (v principu, v realitě je to ovšem nad lidské síly) podat úplný matematický popis světa, obsahující všechny údaje potřebné pro předpověď jeho vývoje ze zadaných počátečních podmínek. V newtonovské fyzice byly těmito determinujícími daty souřadnice a rychlosti (popř. hybnosti) všech částic, podle teorie relativity jsou to navíc proměnné pole a jejich časové derivace. I když se v teorii relativity ve větší míře než v newtonovské fyzice setkáváme se singularitami (nekonečnými hodnotami některých veličin), bylo možné doufat, že jde o nedokonalost konkrétní teorie, která bude jednou napravena bez opuštění principů teorie relativity.

Podle kvantové teorie však determinující faktory nemohou být současně stanoveny a je tedy třeba opustit jak **úplný popis** tak **determinismus**, jak se mu dosud rozumělo. Stav fyzikálních soustav jsou popsány veličinami, jejichž bezprostřední stav k realitě zůstává nejasný (vlnové funkce) a předpověď výsledků měření na nich provedených není obecně vzato jednoznačná – je stanoveno pouze jejich spektrum a pravděpodobnost. Podstatnou a dosud ne zcela vysvětlenou roli proto hraje v kvantové teorii pozorovatel, který se rozhoduje, co bude měřit, a výsledky měření registruje.

Tato situace vyvolala bouřlivé diskuse, v nichž se většina fyziků na dlouhou dobu přiklonila ke **kodaňskému výkladu**, který podal **Niels Bohr**. Tento výklad je založen na **principu**

komplementarity³, podle něhož můžeme realitu mikrosvěta pozorovat a popisovat jen ve vzájemně se vylučujících aspektech. Někteří velcí fyzikové, dokonce i spoluvůrci kvantové teorie jako samotný Einstein, však trvali na tom, že klasického pohledu na realitu není třeba se vzdávat a že kvantově mechanický přístup domyšlený do důsledků vede k paradoxům. Einstein se svými spolupracovníky Rosenem a Podolským poukázal na to, že i když pro kvantový objekt nemohou být komplementární veličiny určeny obě, u soustav, které měly společnou minulost a rozdělily se na dvě neinteragující části, udržuje se mezi těmito částmi **provázanost** (entanglement). Ta dovozuje předpovědět hodnotu kterékoliv z komplementárních veličin jedné části na základě měření provedeného na druhé části. Autoři z toho vyvozovali, že hodnotě každé z těchto veličin odpovídá jistá realita, kterou zatím kvantová teorie ve svém současném stavu nepostihuje a není tedy úplným vystižením reality.

Pozdější rozbor **Johna Bella** však ukázal, že podle kvantové teorie mezi měřeními na provázaných soustavách lze zjistit statistické souvislosti, které jsou neslučitelné se současnou platností **reality** (veličina má určitou hodnotu již před měřením) a **lokálnosti** (události se nemohou ovlivnit, nelze-li je spojit signálem o rychlosti nepřekračující rychlost světla ve vakuu). Tyto souvislosti byly potvrzeny měřením a ukázalo se tak, že neúplnost, kterou Einstein vytýkal kvantové teorii, je vlastní samotné povaze světa. To je jeden z důvodů, proč opět vzrostl zájem o výklad kvantové teorie a pochybnosti o tom, zda je v ní uspokojivě řešen vztah mezi mikrosvětlem a makrosvětlem a úloha pozorovatele.

Další důvod obnoveného zájmu o principiální otázky je v tom, že nejzazší fyzikální teorií, která je zároveň kvantová i relativistická, zůstává přes všechno úsilí fyziků již po více než čtvrt **standardní model** elementárních částic nezahrnující obecnou teorii relativity. Fyzice se tak nedaří uskutečnit rozhodný krok k jednotě. To by si vyžadovalo, aby kvantovým principům byl podroben i samotný prostoročas, který není v obecné teorii relativity pevně daným jevištěm fyzikálních jevů, nýbrž je ovlivňován svou hmotnou náplní. Není jasné, zda kvantová teorie ve své současné podobě je takového kroku schopna.

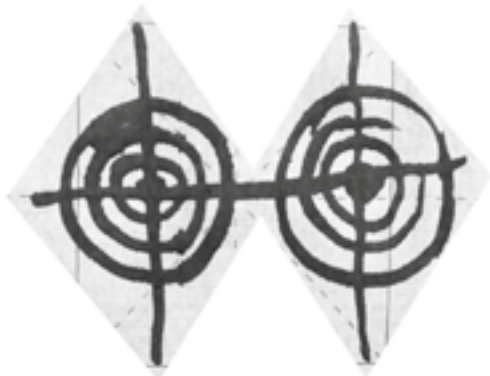
Závěr tisíciletí a počátek nového tisíciletí přinášejí obrovský technický pokrok, který nám otevírá nové obzory. Hlavně se díky počítačům a přístrojům rozšířily možnosti získávání dat, ať už se jedná o mikrosvět nebo o vesmír. Nedostává se však zatím nových myšlenek, které by nám daly spolehlivé vodítko, jak postupovat dál.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. **Vyhledejte v literatuře, co bylo zamýšleno pojmem „apeiron“, a zformulujte o tom svou vlastní představu.**

3 Podle principu komplementarity je možné popisovat dynamické vlastnosti systému alternativními a vzájemně se vylučujícími způsoby. V mikrosvětě se objekt jednou projeví jako částice, podruhé jako vlna. Nikdy se tyto částicové a vlnové projevy mikrosystémů neprojeví současně.

2. Řada přírodovědců se pokusila vymezit vědu a rysy vědeckého přístupu, níže najdete jejich vyjádření, vyberte si a pojednejte o motivech, které vědce patrně přiměly k uvedeným formulacím:
 - „Život nepodrobený zkoumání nemá cenu žít“. (Sokrates)
 - „Teprve smrtí dogmatu rodí se věda“. (G. Galilei)
 - „Úkolem přírodních věd je rozšířit řadu našich zkušeností a redukovat množství domněnek“. (N. Bohr)
 - „Věda je složená z faktů tak, jako dům z kamenů. Ale pouhá sbírka faktů není věda, stejně tak, jako hromada kamení není dům“. (H. Poincaré)
 - „Věda je pátrání po poznání. Nikoliv poznání samotné“. (D. Roller)
 - „Nejkrásnější a nejhlubší pocit, jaký může člověk zažít, je poznat tajemno. To je základním principem náboženství, stejně tak jako veškerého seriózního úsilí v umění a ve vědě“. (A. Einstein)
3. Domníváte se, že v našem výběru osobností, myšlenek a objevů minulosti je nějaké téma zásadního významu opomenuto a zasloužilo by si doplnění?
4. Porovnejte výrok, který Galénos připisuje Démokritovi: „Podle zvyku barva, podle zvyku sladké, podle zvyku kyselé, avšak ve skutečnosti atomy a prázdno“ s Galileovým výrokiem z *Prubíře*: „Myslím, že kdybychom neměli uši, jazyky a nosy, zůstaly by tvary, čísla a pohyby, ale nikoliv vůně, chuti a zvuky“. Pokuste se odhadnout důvody, které měl Galilei pro odlišnou formulaci,
5. Uved'te témata, v nichž docházelo (podle vašeho názoru) k největším konfliktům mezi přírodními vědami a křesťanským náboženstvím, analyzujte názorová východiska obou stran a možnosti překonání konfliktu.
6. Přečtete si Baconovu *Novou Atlantis* a porovnejte jeho vizi společnosti založené na vědě s dnešním stavem. V čem Bacon možnosti vědy podcenil či přecenil?
7. Měl Galilei ve své době dostatečné argumenty, aby přesvědčil o správnosti heliocentrické soustavy „ideologicky nezatížené“ odpůrce? Jaké objevy byly nakonec pro přijetí heliocentrismu rozhodující?
8. Posud'te, zda a v jakém smyslu je Darwinova teorie testovatelná.
9. Pokuste se v duchu přenést do roku 2050 a udělat prognózu vědeckých objevů a jejich technického využití. Odhadněte i jejich vliv na společenský vývoj.



3 VĚDA A JEJÍ VZTAH K JINÝM LIDSKÝM ČINNOSTEM

3.1 LZE VĚDU DEFINOVAT?

Začněme tím, co rozumíme definicí. Význam slov hledáme zpravidla ve slovnících a v encyklopediích. Např. ve Wikipedii čteme, že „definice je pokud možno jednoznačné určení významu nějakého pojmu“. Tato „definice definice“ pěkně ukazuje na problémy spojené s definováním. Co slovo znamená, můžeme vysvětlit jen pomocí jiných slov a ta si zase mohou žádat vysvětlení. Ne každému bude například jasné, co se rozumí pojmem. Podle Wikipedie je to „souhrnná představa pro celou třídu obdobných jevů a skutečností, předmětů i abstraktních témat“. Co je ale představa? Co je třída? Atd. atd.

Musíme se proto smířit s tím, že nikdy nedefinujeme všechno. Musíme předpokládat obeznámenost s významem mnoha slov a dokonce i pojmů, abychom vysvětlili a vymezili význam slov a pojmů dalších, vystihli, co je pro ně podstatné a nezbytné, a co nejvíce se přiblížili jednoznačnosti.

Lidově snad můžeme říci, že definice má podat uspokojivou odpověď na žádost o vysvětlení, co znamená slovo nebo co vyjadřuje pojem. Klasická aristotelovská definice nejprve zařazuje definovaný pojem pod nejbližší nadřazený pojem a poté specifikuje, čím je v tomto rámci jedinečný. Např. „čtverec je čtyřúhelník, jehož strany jsou na sebe kolmé a stejně dlouhé“. Je nutno smířit se s tím, že nejvyšší nadřazené pojmy zůstanou nedefinovány a jejich význam prostě na základě svých životních zkušeností nějak chápeme.

Dalších úskalí definování si všimneme na příkladu. Na otázku dítěte „Co je to vrána?“ může rodič odpovědět: „Vrána je černý pták.“ Tato definice sice odpovídá aristotelovskému návodu a je vyjádřena pomocí slov, jejichž význam lze pokládat za známý, ale přesto se zřejmě míjí cílem, protože se příliš odchyluje od jednoznačnosti. Je příliš široká (jsou i černí ptáci, kteří nejsou vránami) a zároveň příliš úzká (jsou i šedé vrány a dokonce i příslovečné bílé vrány existují). Jak se můžeme přesvědčit dalším studiem, vymezit znaky, které by jednoznačně mezi ptáky určily vránu, není snadné. Bývá mezi nimi např. hlas a způsob letu, což je velmi nesnadné

vyjádřit slovy. Je možné doplnit obrázek, hlasový a filmový záznam. Ani potom však nebude jisté, zda pták mající všechny vyjmenované znaky je vránou z hlediska biologie. Může to být dokonce otázka terminologie, na niž se samotní biologové neshodnou. Přesto jistě můžeme dospět k definici, která je v praxi dobře použitelná a dovoluje vránu s velkým stupněm jistoty rozpoznat.

Definovat pojem „věda“ tak, aby nám definice umožnila rozpoznat vědecké texty, metody a postupy od nevědeckých, bude zřejmě ještě nesnadnější. I pojetí osobností všeobecně pokládáných za vědce bývají v leccem nyní i v průběhu historie odlišná. Ernestu Nagelovi (logik a teoretik vědy) stačila docela úzká definice, chápe vědu jako organizovanou soustavu znalostí. Říká, že věda se snaží „zkoumat a v obecných pojmech formulovat podmínky, za nichž se objevují různé události, přičemž výroky o takových určujících podmínkách jsou vysvětlením odpovídajících dějů.“ Jeho pohled je statický, nebere příliš v úvahu vědu jako aktivitu, která není izolovaná, nýbrž probíhá ve společenském prostředí.

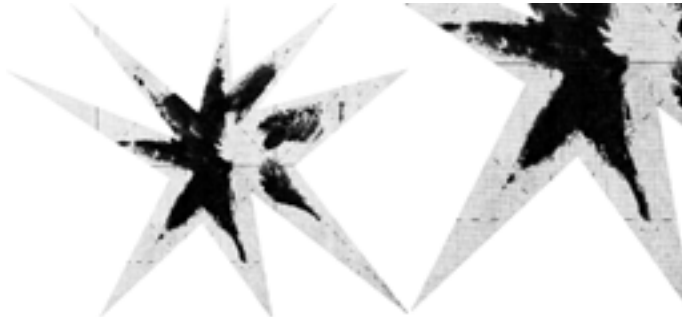
Zcela jinak přistupuje k vědě John Desmond Bernal (fyzik, sociolog vědy). Ten naopak vědu chápe především jako společenskou aktivitu. Věda je podle jeho názoru prostředníkem mezi praxí a ideovým dědictvím, které zajišťuje kontinuitu společnosti. Věda – to je vědět, jak si počínat, aby se věci dělaly lépe. V Bernalově širokém pojetí: věda představuje instituci, metodu, tradici vědění, udržování a vývoj výroby, světonázorový činitel.

Ještě obecněji se k vědě vyjadřuje Karl R. Popper (filosof, kritický racionalista): „život je řešení problémů a věda je jedním ze způsobů jejich řešení“ [1]. Popper chápe vědu jako soustavné nikdy nekončící kritické ověřování hypotéz.

Podívejme se nyní na věc lidověji prostřednictvím toho, jak se s vymezením pojmu „věda“ vyrovnali někteří přispěvatelé Wikipedie. Podle nich věda je:

- Systematický způsob poznávání skutečnosti, jehož objektem mohou být předměty, události nebo lidé.
- Každé propracované a obecné rozumové poznání vycházející z pozorování, rozvažování nebo experimentu.
- Systém metodicky podložených, objektivních vět o určité předmětné oblasti. Předmětnou oblastí je přitom každý fakt uchopitelný buďto bezprostředně, nebo využitím pomocí instrukcí pomocných prostředků: číselné a prostorové vztahy (např. matematika, geometrie), živá a neživá příroda (přírodní vědy), jevy společenského života (duchovní vědy, historická věda, filologie, sociologie, politologie aj.).
- Soustavná, kritická a metodická snaha o pravdivé a obecné poznání v určité vymezené oblasti skutečnosti.
- Jedna z forem osvojování si světa člověkem, jejímž produktem jsou teoreticky systematizované objektivní poznatky nebo soubor poznatků, které se nacházejí ve zdůvodněném kontextu, resp. měly by se nacházet ve zdůvodněném kontextu.
- Úsilí o poznání splňující požadavky objektivnosti, pravdivosti a metodiky (případně i terminologické jednoznačnosti). Věda je hledání hypotéz, jejich ověřování (verifikace) a pokusy o vyvrácení (falzifikaci) jednotlivých důsledků.

Čtenář může sám posoudit, nakolik uvedené výroky splňují požadavky kladené na definici a nakolik mohou speciálně sloužit jako definice vědy. Zastavme se jen u prvního z nich. Asi právem by se dalo namítnout, že jeho obsahu odpovídá i činnost tajné policie shromažďující informace o občanech.



Ta sice mohla užívat vědeckých metod, ale za vědu bychom ji označili sotva. Pro aristotelovskou definici se zdá být užitečná první část výroku: „systematický způsob poznávání skutečnosti“ či snad „systematické úsilí o poznání skutečnosti“ může být pokládáno za nadřazený pojem. Méně šťastná je zbývající část; pokud je „předmětem“ míněno cokoli, co není událost ani člověk, je tento dodatek bezobsažný, jinak vzniká otázka, co s objekty poznávání, které nejsou předměty. Pro aristotelovskou definici bychom potřebovali výčet znaků, které jsou vlastní každé vědě, zatímco „nevědě“ aspoň jeden z nich chybí. Mohli bychom za ně zvolit znaky, které jsme v první kapitole našli v práci vědců v CERNu, je ovšem otázka, zda jsou všechny nezbytné pro každou vědu, nebo zda některý důležitý znak neschází. Problém vymezení, co je a co není věda, přitom není ryze akademický, protože za vědu se mnohdy považuje či prohlašuje i nedůvěryhodné počínání. Dobrá definice by to pomohla vyloučit.

Je zásluhou především K. R. Poppera, že pro tento účel formulaci problému pozměnil, když navrhl hovořit nikoliv o vědě, ale o vědeckých teoriích a tvrzeních, a pokusil se stanovit demarkační kritérium mezi vědeckými a nevědeckými tvrzeními.

3.2 DEMARKACE VĚDY

Kde leží hranice toho, co považujeme za vědu? Proč pokládáme astronomii za vědu a astrolonii nikoli? V čem se liší popis černých děr od vyprávění o bezedném hrníčku, který vytvářel nekonečně množství kaše? Dokážeme stanovit hranici mezi poznáním vědeckým a nevědeckým? Problém, jak rozhodnout, zda teorie jsou nevědecké či vědecké, se označuje jako problém demarkace (ohraničení) vědy. Hledáme hledisko, klasifikační znak, kritérium či metodu, pomocí nichž bychom rozlišili disciplínu, která si nárokuje být vědou, od disciplíny, jež tomuto kritériu nevyhovuje.

To první, co většinu lidí napadne, je, že vědecká teorie musí být ověřitelná – verifikovatelná. Jak ale empiricky dokázat, že určitá teorie, ke které jsme došli induktivní cestou, tedy zobecněním závěrů z konečného počtu případů, je pravdivá pro všechny případy? Indukce na první pohled umožňuje překročit omezenost námi empirických získaných dat. Pro vědu jsou empirická data nepostradatelná a i navzdory tomu, že nejsou úplná, představují zdroj, z něhož je možno vycházet při tvorbě nových idejí. Ale cítíme, že induktivní závěry překračují informaci získanou v původních datech. Nelze opominout, že z potvrzení závěrů pro určitý, třeba i velký soubor případů nijak neplyne, že závěry se potvrdí ve všech případech. Na to bychom nikdy neměli zapomínat.

O tom, jak má vypadat věda a její metody, napsal řadu inspirativních pojednání již dříve zmiňovaný filosof vědy 20. století a kritik indukce Sir Karl Raimund Popper. V řadě svých publikací ukazuje, že k tomu, abychom teorii mohli považovat za vědeckou, musí být její tvrzení vždy v principu testovatelná tak, aby se případně dalo dokázat, že teorie je nepravdivá. Popper jako první upozornil na to, že věrohodnost vědecké teorie není v tom, v jak velké míře jsou potvrzeny její poznatky, ale jak obtížné je tyto poznatky zpochybnit, tj. v jak velké míře obstály před snahami je vyvrátit.

Podle jeho zdůvodněného postoje nemůžeme teorii označit za vědeckou pouze na základě jejího ověření – tzv. verifikace. Každá skutečně vědecká teorie by měla mít v sobě korekční trend – měla by dovolit pátrat po možných podmínkách svého zamítnutí.

Vědecká teorie má být konstruována tak, aby vždy obsahovala tvrzení, které je možno prozkoumat empiricky, a které se může ukázat jako nepravdivé (což nazval jeho falzifikací). Podle Poppera je dobrá teorie taková, která obsahuje co nejvíce potenciálně falzifikovatelných tvrzení.

Oním odlišujícím faktem mezi vědou a nevědou není tedy nic jiného než to, že vědecká teorie je podrobována kritice a testům. Například Einsteinova gravitační teorie byla odvážnou teorií. Hledal se důkaz, který by ji potvrdil či vyvrátil. Tato teorie předpovídala, že světelný paprsek se v gravitačním poli ohýbá. Arthur S. Eddington naplánoval v roce 1919 její test tak, aby při pozorování zatmění Slunce získal doklad, jak se světlo hvězd při průchodu gravitačním polem Slunce chová. Eddingtonovo pozorování dokonale souhlasilo s předpovědí Einsteinovy teorie, a tím nebyla problematizována a případně falzifikována. Pokud by se však předvídaný jev nepotvrdil, byla by Einsteinova teorie vyvrácena. Eddingtonovo pozorování ovšem nemůže být chápáno jako definitivní důkaz platnosti obecné teorie relativity. Nelze předem vyloučit, že v silnějších gravitačních polích by se Einsteinova teorie nepotvrdila, a tato teorie nabízí i množství dalších falzifikovatelných předpovědí, jejichž okruh se s rozvojem techniky stále zvětšuje.

Zdůrazněme ještě, že demarkační kritérium není určeno k odlišení pravdivé (se skutečností se shodující) teorie od nepravdivé. I kdyby Eddingtonova pozorování teorii relativity vyvrátila, teorie by tím nepozbyla vědeckosti. Byla by prostě příkladem neúspěšné vědecké teorie. Přicházelo by ovšem do úvahy i to, že některé její myšlenky a závěry lze zachovat v nové lepší teorii. Může se také stát, že vyhodnocení testu nepřihlíží k některým neznámým okolnostem. Např. anomální pohyb planety Uran mohl být vykládán jako falzifikace Newtonovy teorie gravitace, později však byl vysvětlen vlivem další planety, jež byla právě díky tomuto vlivu objevena. Předpoklad tohoto druhu, zachraňující teorii, nazval Popper imunizační teorie.

Popper ukázal ostrý kontrast mezi Einsteinovou teorií a freudovskou psychoanalýzou či marxistickými teoriemi o vývoji společnosti – jaké empirické zjištění by mohlo tyto teorie falzifikovat a donutit jejich stoupence, aby se jich zřekli nebo je alespoň modifikovali?

I pokud vědecká teorie obstojí v řadě empirických prověrek, nedá se o ní podle Poppera říci více, že se zatím osvědčila. Snaha po osvědčení teorie vede k jejímu průběžnému kritickému testování.

Popperovo demarkační kritérium je označováno jako **kritérium falzifikovatelnosti**. „Teorie, která není vyvrátitelná žádnou představitelnou událostí, je nevědecká. Nevyratitelnost není přednost teorie, jak si lidé často myslí, ale právě naopak“. Je třeba upozornit, že Popperova práce

se zdaleka neomezuje na tuto klíčovou větu. Ve svých knihách a článcích propracoval řadu speciálních problémů, které z jeho pojetí vyplývají, zejména se zabýval otázkou, jak hodnotit teorie, které dávají pouze pravděpodobnostní závěry, takže jednotlivé pozorování k jejich testování nestačí. Popperovy názory přijímá většina vědců v zásadě se souhlasem, vyskytují se však i námitky, které ponecháme k zamyšlení čtenářům.



Mezi další základní práce zabývající se vývojem vědy patří kniha Thomase Samuela Kuhna *Struktura vědeckých revolucí*. Sám Kuhn pracoval jako historik vědy a vzděláním byl fyzik. Zastával názor, že vědci běžně nezpochybňují své teorie, ale spíše se snaží v určitých hranicích o jejich rozvoj, což vyplývá z toho, že věda sama má svůj dějinný, instituční, a kulturní rozměr. Vědecké poznatky jsou historicky podmíněné a vyjadřují myšlení lidí té či oné doby. Kuhn říká, že podléhají společnému **paradigmatu**. Ustavené paradigma umožňuje rychlejší a efektivnější návaznost vědecké práce (není třeba vše budovat od nuly) a přitom stále obsahuje dostatek otevřených otázek, které je třeba na základě vědeckého výzkumu řešit.

Kuhnovo pojetí demarkace vědy tedy vychází z jeho pohledu na etapy vývoje vědeckého bádání. V tzv. *normálním* období vědy dochází ke kumulování poznatků, kdy se vědci pohybují v rámci konvenčně vymezeného prostoru a zabývají se zpřesňujícím bádáním. V daném oboru vědy existují obecně přijímané tradiční modely a východiska, ty hrají roli fundamentů a o jejich platnosti se nevedou žádné zásadní diskuse. Pochybnosti bývají zlehčovány. Diskuse o změně fundamentů je sice v normální době omezená, ale není zcela eliminována, což umožňuje postupně podrůstání poznatků, které z tradičního rámce vybočují.

Filtrem toho, co do vědy patří a co do ní nepatří, čili dobovým demarkačním kritériem je to, zda navrhovaná teorie spadá do stávajícího paradigmatu. Co zapadá do ustáleného rámce paradigmatu, může být uznáno jako věda, to, co paradigmatu nenáleží, vzbuzuje silné pochybnosti. Diskuse o fundamentech vědy začíná až poté, co se nahromadí ve vědeckém výzkumu řada anomálií – poznatků, jež je obtížné uvést do souladu s paradigmatem. Pak přichází *krize*, která vyvrcholí změnou paradigmatu, v Kuhnově terminologii **vědeckou revolucí**. Poznatky nevysvětlitelné v rámci daného paradigmatu si časem vydobudou uznání, přestanou být považovány za pouhé kuriozity či omyly a vyžádají si revizi dosavadních znalostí. Tím dojde k postupnému rozvolnění implicitních tradičních předpokladů a začíná období otevřenosti pro nové myšlenky, které nyní nejsou jen trpěny, ale přímo žádány.

Podle Kuhna verifikace ani falzifikace nemohou zaručit objektivitu vědeckého poznání, protože v obou případech testů se mylně předpokládá, že data jsou nezávislá na teorii. Z jeho *Struktury vědeckých revolucí* vyplývá, že i veškeré pozorování je zatíženo konkrétním paradigmatem své doby. A tak se po publikování Kuhnovy práce objevil názor, že věda je druhem ideologie a těžko si může dělat nárok, že dokáže poznávat objektivní realitu. I když Kuhnova analýza je právem oceňována a pojem „paradigmatu“ je široce používán, své oprávnění má i námitka, že nebere dostatečný ohled na návaznost jednotlivých paradigmat. Vědecká revoluce nelikviduje a nečiní nesrozumitelným a nepoužitelným vše, co bylo vytvořeno před ní. Starší pojetí světa vystupují jako limitní případy pojetí nových. V tomto smyslu je například newtonovská mechanika a teorie gravitace obsažena v teorii relativity a usilovně se hledá způsob, jak uspokojivě sloučit kvantové a relativistické paradigma. Není proto marné snažit se posuzovat stará paradigma z perspektivy nových a čerpat z nich inspiraci pro další rozvoj vědy.



3.3 VĚDA A SPOLEČNOST

O první úplnou analýzu vztahu vědy a společnosti v celé historii lidstva se pokusil v reprezentativním čtyřsvazkovém díle „Science in History“ (1954) výše již zmíněný přírodovědec J. D. Bernal. Věda se dnes stala běžnou kulturní součástí života lidí. Lidé ji přijímají zejména jako racionální přístup ke skutečnosti. Moderní věda se odlišuje od dob předchozích zejména svou institucionalizací. Vznikají vědecké instituce, výzkumná centra, v nichž se vědecká činnost oddělila od každodenního běžného konání. Vědci se specializují na konkrétní směry bádání. Univerzální vědci se vyskytují stále vzácněji.

Perspektivy, které si běžní lidé s vědou spojují, jsou rozličné. Postoje k vědě lze vymezit dvěma krajními názorovými póly: pro jedny věda přináší naději na stálý civilizační pokrok a postupně zjevuje pravdu, pro jiné je matoucí až zkázonosná. Obavy existují z překotného rozvoje věd a z nárůstu potenciálně nebezpečných aplikací získaných poznatků. Věda je přece jen produktem intelektu vědců žijících v konkrétní době a tak reaguje, byť neuvědoměle, na procesy odehrávající se ve společnosti, což se může zpětně promítat i do vědy samotné. Lidstvo má nyní ve své moci „síly“, pro jejichž používání je třeba uplatňovat etické normy i tam, kde to dříve nebylo potřeba.

Kdo převezme za výsledky vědy odpovědnost? Jak regulovat aplikace vědeckých poznatků tak, aby nedocházelo k jejich zneužívání proti lidstvu? Existuje řada dalších naléhavých otázek a téměř vždy se jedná o to, jak zacházet s poznatky, které nám pokrok „věd“ přináší. Soudíme, že do krize se dostávají spíše lidé v neúnosné míře se spoléhající na „vědu“, než neosobní věda sama.

Kromě otázek „**jak zacházet s vědeckými poznatky**“ objevují se ovšem i otázky „**jak vědecké poznatky vytvářet**“, aby si mohly nárokovat vysoký stupeň důvěryhodnosti.

3.4 VĚDA A MATEMATIKA

Název podkapitoly se může zdát podivný. Což matematika není nejvyšším příkladem vědy? Její závěry se vyznačují naprostou jistotou nepřipouštějící pochybnost. Ale právě to je na matematice – ve srovnání s přírodními vědami – velmi zvláštní.

Vrátíme-li se na chvíli k rysům vědeckosti, jak jsme je určili v první kapitole, vidíme především, že u matematiky se nedá mluvit o testovatelnosti, přinejmenším v obvyklém slova smyslu. Jsou potom matematická tvrzení vědecká?

Tuto zvláštní povahu matematiky vystihl velký matematik (a také filosof a spisovatel) Bertrand Russell slovy: „V matematice nikdy nevíme, o čem mluvíme, ani zda to, co říkáme, je pravda.“ (Russell na jiném místě také napsal: „Správně prováděná matematika poskytuje nejen pravdu, ale i nejvyšší krásu.“)

Albert Einstein, který dovedl matematiky skvěle využívat, řekl: „Pokud se matematické věty vztahují na skutečnost, nejsou jisté, a pokud jsou jisté, nevztahují se na skutečnost.“ Neznamená to patrně, že příroda se neřídí matematikou, která dává jisté výsledky, ale že si nemůžeme být předem jisti, jakou matematikou se řídí. Jiný velký fyzik, Eugen Wigner, napsal proslulý článek *Nepochopitelná efektivnost matematiky v přírodních vědách*. Jak ukazuje už název, tato efektivita je pro něho záhadou.

O čem tedy je matematika? Na to různí vědci filosofové odpovídají různě.

Tradiční „materialistická“ odpověď je, že zdrojem matematických poznatků je svět přístupný naší smyslové zkušenosti. Na rozdíl od empirie v užším slova smyslu jsou však tyto poznatky obsaženy ve všech počítacích všech smyslů a destilovány z nich cestou abstrakce jako jakási „gramatika“ jazyka, jímž je (vzpomeňme na Galilea) psána kniha přírody. I když dnes máme i jiné logiky než aristotelickou, jiné kalkuly než aritmetiku a jiné geometrie než eukleidovskou, všechny nacházejí uplatnění v přírodních vědách. Přesto je zde však zásadní rozdíl od empirických věd. Zatímco tam nová teorie vytěsňuje starou jakožto nesprávnou či jenom přibližně platnou, zde nové logiky, kalkuly a geometrie neruší ani neomezují platnost starých.

To podporuje názor, že v matematice jde o „formální systémy“, které jsou dílem lidského rozumu, spíše vynálezem než objevem. Tvrzení o vztazích matematických pojmů mohou být zcela oddělena od empirických představ a považována za axiomy, z nichž se vyvozují další tvrzení, jako když se hraje nějaká hra s nastavenou výchozí situací a dohodnutými pravidly. (K tomu se patrně vztahuje výše citovaný Russellův výrok). Použitelnost matematiky je dána tím, že také příroda (ale proč?) hraje podle pravidel, která se nám může podařit uhodnout.

Ale i tento názor může být zpochybněn. Kdyby šlo jen o dodržování pravidel, nebylo by mezistupně mezi správným a nesprávným. Avšak dřívější matematici či dnešní fyzici a inženýři

dospívají většinou ke správným výsledkům i s nedokonalou matematikou díky své intuici. Zdá se tedy – a tento názor je asi mezi matematiky nejrozšířenější – že matematika zkoumá ideální svět, do něhož naše myšlení dokáže vstoupit. To připomíná Platónovy ideje, a proto se někdy mluví o platónském světě. Reálný svět je pak jakýmsi nedokonalým a částečným odrazem platónského světa.

Bez ohledu na filosoficky laděné spory o původ a povahu matematiky je její účinnost ve vědách a v praxi nepopíratelná. Již Immanuel Kant soudil, že věda je natolik skutečnou vědou, nakolik využívá matematiku. Toto využívání se znásobilo díky rozvoji výpočetní techniky, která umožňuje provádět výpočty, jež by byly tužkou na papíře naprosto neuskutečnitelné. Ideálem vědy se stalo matematické modelování reálného světa, vedle něhož se vytváří matematický svět, do něhož se přenášejí naše úvahy a počítačové simulace procesů v reálném světě, ke kterému se obrácíme pouze pro verifikaci či falzifikaci výsledků dosažených v rámci modelu.

Ve druhé kapitole jsme se zmiňovali o třech revolucích v matematice. Zdá se, že dnes již bychom mohli mluvit o čtvrté revoluci, která je spojena s prací brněnského rodáka Kurta Gödela. Před ním převládal názor, že v matematice (a ve vědě vůbec) má každá jasně položená otázka jedinou pravdivou odpověď a že musí existovat spolehlivá cesta k této odpovědi. Gödel však ukázal, že v dokonale formalizované matematické teorii zahrnující aritmetiku můžeme – za předpokladu její bezespornosti – formulovat nerozhodnutelná tvrzení, která nelze v rámci teorie dokázat ani vyvrátit. Takovýmto tvrzením je však i předpoklad bezespornosti teorie.

Snad se dá říci, že matematika se tím poněkud připodobnila empirickým vědám, protože matematické postupy lze nyní chápat jako testy, které by nás mohly dovést ke sporu a teorii tak falzifikovat.



3.5 VĚDA A FILOSOFIE

V dochovaných fragmentech ze spisů starořeckých učenců nedokážeme ještě vědu od filosofie jasně oddělit. Postupně však docházelo k jejich odlišení podle typu kladených otázek.

Například Xenofanés si povšiml, že v horách se nacházejí mušle a otisky těl mořských živočichů, což svědčí o tom, že v minulosti bylo rozložení souše a moře jiné než v jeho době. Bylo by možno pokračovat v systematictějším shromažďování nálezů a snažit se z nich vyvodit časovou posloupnost změn. Je také možné hledat vztah mezi stálostí přírodních zákonů a proměnností světa, který se jimi řídí. Co je pro svět základní a nejpodstatnější – proměnnost, jak učil Hérakleitos, či stálost, jak učil Parmenidés? A co je to samotný čas? Je důsledkem pohybů a změn, v nichž se projevuje, anebo jim předchází a umožňuje je? Touto otázkou se zabývali Platón i Aristotelés a na sklonku antiky ji nesmírně sugestivně formuloval Augustin.

Antičtí badatelé objasnili některé procesy probíhající v lidském těle a dospěli tak k poznatkům prospěšným pro léčení, které bylo možno dále rozvíjet. Kladli si také otázku, čím se liší člověk od neživé přírody a jak je možné, že svět vnímá a přemýšlí o něm.

Naše zkoumání světa tak na jedné straně vybízí k systematizaci spojené s jasně formulovanou metodikou, směřující k hledání odpovědí na otázky, které by mohly být všeobecně uznány. I když vznikají dlouhodobé názorové rozpory, lze doufat, že budou vyřešeny nalezením rozhodujících argumentů nebo úspěšnou syntézou. Na druhé straně naše zkoumání vede i k zobecňování a prohlubování otázek, které zpravidla zůstávají otázkami a nevedou k všeobecně uznávaným odpovědím. Přesto je pocitujeme jako smysluplné a oprávněné a snaha se s nimi vyrovnat je inspirující i pro „přízemnější“ bádání a z výsledků tohoto bádání čerpá inspiraci. Takto vzniká rozporuplný, ale přesto oboustranně plodný vztah mezi vědou a filosofií.

Postupem doby se vytřídily tři hlavní okruhy otázek filosofické povahy: *Co je svět? Jak jej můžeme poznat? a Jak si v něm máme počínat?* První otázkou se zabývá nauka o bytí, ontologie, druhou nauka o poznání, pro niž se používá názvů noetika, gnoseologie či epistemologie, a třetí otázce je věnována etika. Tu odložíme do jedné z dalších kapitol a budeme si všímat prvních dvou.

Vědec oddaný své vlastní práci by mohl namítnout, že ontologii si dělá věda sama. Bylo tomu tak přece už odedávna – názor atomistů, že pravou skutečností jsou atomy a prázdno, lze považovat za jejich ontologii. Dnešní spory o výklad kvantové mechaniky lze vykládat jako úsilí o formulování nové hlubší ontologie.

Právě zde však vystává do popředí úloha filosofie, která již proti atomistické ontologii namítala, že faktem je přece i to, že lidé svět vnímají, myslí o něm a – aspoň se jim to tak jeví – do něho i zasahují, a jak se s tím atomisté vypořádají? Filosofie tak může sloužit jako podnětná kritika příliš omezených pojetí světa založených na sice účinné, ale omezené metodice.

Největší překryv filosofie a vědy vzniká na půdě teorie poznání. Ponecháme stranou starověk a středověk, o němž jsme se v této souvislosti několikrát zmiňovali, a začneme situací, kterou vytvořila moderní věda. Leibniz postihl v geniální zkratce tři cesty, jimiž dospíváme k vědění: podle něho je možno rozlišit poznávání **smyslové, demonstrativní a intuitivní**.

Smyslového poznání dosahujeme pozorováním světa okolo nás, intuitivního poznání jakýmsi vnitřním zrakem – v Leibnizově době by se takto zdůvodnila platnost axiomů eukleidovské geometrie. Na rozdíl od smyslového poznání, jehož výsledky nemůžeme předvídat a jsme odkázáni na pozorování, by mělo být intuitivní poznání jisté a nepodléhající empirické kontrole, která by je mohla zpochybnit, jinak by nebylo pravým poznáním. Toto poznání je ovšem obtížné přesně vymezit. Naproti tomu demonstrativní poznání takto vymezit můžeme: vzniká používáním jasně určených pravidel – chceme-li ověřit správnost výpočtů, prostě je zopakujeme. Leibniz snil o univerzálním způsobu „počítání“, který by zahrnoval i logické úsudky, takže většina sporů by se mohla řešit demonstrací. Lze říci, že současná výpočetní technika jeho sny do značné míry splňuje: demonstrativní poznávání lze svěřit počítačům.

Zde je třeba poznamenat, že později došlo v chápání slov „intuice“ či „intuitivní“ k posunu oproti tomu, jak je chápal Leibniz. Intuicí se často rozumí tušení, které nemusí být jasné a může být v protikladu s racionálním posouzením problémů, je často věcí osobního osvětlení a nelze předpokládat, že se na něm lidé shodnou. V Leibnizově chápání intuice sloužila objevování obecně platných principů a byla spíše nejvyšší formou rozumového poznání. Podobně smýšlel i Pascal, který tu mluvil o „poznání srdcem“ a řadil mezi ně i poznání třírozměrnosti prostoru.

Velkou filosofickou otázkou je podíl smyslového poznání a poznání, které je v Leibnizově smyslu intuitivní – na poznání celkovém. Myslitelé, kteří kladou důraz na první, můžeme nazvat empiriky, a jejich protiklad racionalisty. Spor empirismu s racionalismem lze personifikovat na velkých postavách filosofie 18. století, jimiž jsou David Hume a Immanuel Kant.

Pokusme se vysvětlit Humovu stěžejní myšlenku o původu ideje příčinnosti na příkladu. Uličník hodí kámen do okna a rozbije je. Podle tatínka se nemůže vymlouvat na to, že nevěděl, k čemu to povede, i prostý rozum dá, že těžký, tvrdý a rychle letící kámen křehké sklo rozbije. Je to však tak jisté? Lze si přece představit, že kámen se od skla odrazí nebo jim projde bez zanechání stopy. Je dokonce myslitelné i to, že se po styku se sklem vypaří nebo změní v motýla.

Můžeme se ovšem odvolat na zákony mechaniky a množství pozorování, že tyto zákony odpovídají realitě, ale tím si nepomůžeme. I kdyby vržený kámen za stejných podmínek tisíckrát rozbil okno, proč by je měl rozbít po tisíci prvé? Není nic nepředstavitelného na tom, že žádné trvalé zákony neplatí. Rozum nás nedovede k závěru, že vržení kamene je příčinou rozbití okna, můžeme se pouze odvolat na to, že jsme vícekrát pozorovali, že po vržení kamene se okno rozpadne. Myšlenka, že se tak bude dít i v budoucnu, není dílem rozumu, ale zvyku.

Jak řekl sám Kant, Humovo znevážení úlohy rozumu ho probudilo z dogmatického spánku. Svou obhajobu rozumu založil na třídění soudů (výroků, o jejichž pravdivosti má smysl uvažovat). Ty se podle Kanta dělí jednak na **syntetické** a **analytické**, jednak na **apriorní** a **aposteriorní**.

Syntetické a analytické se liší tím, že první dané poznání zvětšují, zatímco druhé k němu nic nepřidávají a mají pouze vysvětlující povahu. Apriorní soudy pocházejí z čistého rozvažování bez odvolání na empirické poznatky a vyznačují se proto nutností, jež nemůže být žádnou empirií otřesena, zatímco aposteriorní soudy jsou založeny na empirii a jejich platnost podléhá empirickému ověření. Kant je ještě dále dělí na zkušenostní, vyjadřující obecně platný poznatek, a vjemové, které mají pouze subjektivní povahu a jsou proto z hlediska filosofie méně zajímavé. Nepochybně je každý zkušenostní soud syntetický a každý analytický soud apriorní.

Klíčovou Kantovou otázkou je, zda existují i **apriorní syntetické soudy**. Odpověď na ni je podle Kanta kladná. Je schopna je formulovat především filosofie, ale aspoň částečně též přírodověda. Zejména idea všeobecné přičinnosti, kterou Hume přičítal zvyku, je ve skutečnosti apriorní a syntetická, je jakousi naší vrozenou nazírací formou, která musí předcházet každému empirickému poznatku. Podle Kanta jsou vesměs apriorní a syntetické soudy o axiomech matematiky a geometrie, jakož i naše pojmání prostoru a času. Čas a prostor představují jakousi formální síť, jež umožňuje jevy zachytit.

Vezměme si třeba slavný pátý postulát eukleidovské geometrie: k dané přímce lze vést daným bodem právě jednu rovnoběžku. Pokusy to empiricky ověřit narážejí na naši neschopnost postupovat přesně, odstranit všechny vedlejší vlivy a prodloužit naše počínání do nekonečné vzdálenosti. Přesto klasický geometr postulátu věřil, i když by dal přednost tomu, kdyby mohl být vyvozen z užšího a ještě zřejmějšího základu. Kdyby se mu při pokusech o empirické ověření domnělé rovnoběžky protaly, usoudil by, že to nejsou skutečné rovnoběžky. Neeukleidovská geometrie, v níž pátý postulát neplatí, byla formulována až v době, kdy již Kant nebyl naživu, a již její zakladatelé (Carl Friedrich Gauss, János Bolyai, Nikolaj I. Lobačevskij) začali uvažovat o tom, zda neplatí i ve fyzikálním světě. Moderní fyzika také zpochybnila klasický pohled na přičinnost. Je skutečně nezbytné věřit, že je nějaká příčina, proč se radioaktivní atom rozpadl právě nyní? Věda 19. a 20. století v tomto smyslu zpochybnila apriornost některých našich přesvědčení a posunula se tak k empirismu, na druhé straně ovšem v daleko větší míře využívá matematiky, která se zdá být nejčistším vyjádřením racionalismu.

Albert Einstein, který si velmi vážil Huma i Kanta, v nich viděl představitele určitých krajností empirismu a racionalismu. První nazýval plebejskou iluzí, druhý iluzí aristokratickou. Věda podle Einsteina dokáže mezi těmito iluzemi najít střední cestu, využívající kladných stránek empirismu i racionalismu.



Proti ryzímu empirismu lze namítnout, že z pouhého pozorování a jeho svědomitého zaznamenávání nikdy nevytvoříme teorii. Když první kosmonaut vystoupil na měsíční povrch, učinil zkušenost, kterou neměl žádný člověk před ním, přesto byl zcela připraven na to, jak se bude v daných podmínkách pohybovat a jak dopadnou jednoduché pokusy, které provede. Při vytvoření teorie, která ho k tomu vedla, hrál rozum větší úlohu, než jakou by mu přiřkl ryzí empirik. Na druhé straně při hodnocení astronomických poznatků se neomezujeme na eukleidovskou geometrii, jak bychom měli podle Kanta.

Bylo by však asi přehnané se domnívat, že se tím zcela odstranila sféra apriorního syntetického poznání a zůstalo pouze vzájemně separované poznání empirické a demonstrativní. Operování se symboly podle pravidel stejně jako soubory dat nesměřující k teorii by byly samy o sobě nepříliš zajímavé a pro jejich formulování, sestavování a rozvíjení by nám chybělo vodítko. Apriorní syntetické poznání nedostupné počítačům a umožňující vhléd do ideálního světa matematiky a jeho propojení se smyslovým vnímáním a objevováním zákonů, jimiž se řídí reálný svět, podle našeho názoru vskutku existuje, je však pružnější a méně jisté, než si představoval Kant.

KANTOVY ANTINOMIE ČISTÉHO ROZUMU

Teze:

Svět má počátek v čase a je prostorově omezený.

Antiteze:

Svět nemá hranici v prostoru a je časově i prostorově nekonečný,

Teze:

Každá složená substance ve světě sestává z jednoduchých nedělitelných částic.

Antiteze:

Ve světě neexistuje nic jednoduchého, všechno je do nekonečna dělitelné.

Teze:

Dění ve světě je svobodné a řetězec příčin může být zahájen bez příčiny.

Antiteze: Neexistuje svobody, všechno na světě se děje podle přírodních zákonů.

Teze:

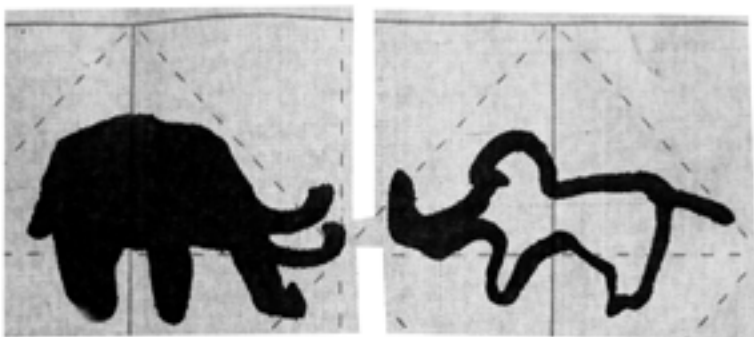
Ke světu náleží absolutně nutná bytost.

Antiteze:

Neexistuje nic absolutně nutného.

Na závěr proberme bez nároků na úplnost některé filosofické směry, které později interagovaly a popřípadě podnes interagují s vědou.

V 19. a 20. století hrál významnou roli **positivismus**. Jak naznačuje už název, (z lat. pone-re= klást; positus = postavení, tvrzení) pozitivisté usilovali o nespekulativní a zaručené poznání vycházející z daností a faktů. Pozitivisté jako Rudolf Carnap dospěli k určité formě syntézy empirismu a racionalismu, kdy pokládali za smysluplné jednak výroky logiky a matematiky, jejichž pravdivost na zkušenosti nezávisí, jednak výroky o empirických faktech, které mohou být verifikovány. Všechny ostatní výroky jsou nanejvýš vyjádřením osobního pocitu a do vědy nepatří. Kritikem pozitivismu byl Popper, který namítal, že pouhé zaznamenávání faktů nemůže vést k vytvoření teorie. Představu, že zdrojem teorií je induktivní postup, označil za mýtus. Popíral také, že je možno najít univerzální metodu, která by vedla k pravdivým poznatkům a plodným teoriím. K tomu může přivést jen kritický postup. Popper se proto hlásil ke kritickému racionalismu. Zvláště v zemích s anglickým jazykem se rozvíjela a stále rozvíjí analytická filosofie, jejímž hlavním zájmem je analýza jazyka, který je nezbytnou podmínkou poznání a zároveň pro ně vytváří nepřekročitelné mantinely. Jedním z předních průkopníků analytické filosofie byl Ludwig Wittgenstein, který od zkoumání logické povahy přešel ke zkoumání přirozeného jazyka.

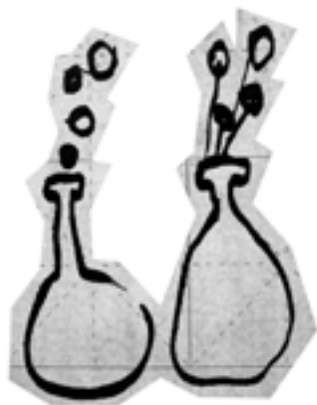


Nesouhlas s positivismem vyjadřuje **fenomenologie**, jejímž zakladatelem byl Edmund Husserl („Positivismus utíná filosofii hlavu“) a mezi jehož významné představitele patřil Jan Patočka. Fenomenologie uznává vědecké postupy a výsledky, domnívá se však, že omezit se na ně znamená zahradit si cestu k hlubšímu poznání, k němuž dospějeme analýzou naší zkušenosti, upřením pozornosti na způsob, jímž svět prožíváme. Nejde tu ovšem o psychologický rozbor, jakým se zabývají umělecká díla a který klade důraz na individualitu jedince. Fenomenologický rozbor lidské zkušenosti má naopak odhalit rysy, které jsou všem vnímajícím společné. Detailní analýzy např. vnímání času, jak je prováděl Husserl, jsou pozoruhodné, je však stále otázka, zda mohou někdy postihnout univerzální lidskou zkušenost, stát se podkladem testovatelného vědeckého poznání a dospět na úroveň, kdy bychom je mohli uznat za vědu v plném smyslu slova.

V zemích ovládaných komunistickými stranami se za jediné vědeckou filosofii pokládal **dialektický materialismus**, navazující na myšlenky filosofa Hegela, kterých využíval Karel Marx ve své teorii ekonomie a vývoje společnosti a Friedrich Engels je aplikoval na přírodní vědy. Vývoj přírody je podle dialektického materialismu výsledkem boje protikladů, syntézy protichůdných tendencí a přeměny kvantity v kvalitu. Dalším znakem dialektického vývoje je negace negace, pode níž se vývoj do jisté míry navrácí k předchozím stadiím, ale na stále vyšší úrovni. Dialektický materialismus považuje za prvotní hmotu, která je objektivní realitou nezávislou na lidském vědomí, jež je schopno hmotné děje pouze „odrážet“, poznávat a prakticky jich využívat. V podmínkách nesvobody dialektický materialismus vedl k myšlenkové sterilitě a stával se brzdou pro opravdové poznání.

Pád komunistických režimů si někteří filosofové vyložili jako doklad, že samotné úsilí o objektivní poznání bylo chybou. Pravda neznámá nic víc než shodu mezi lidmi, které je možno dosahovat jejich svobodným „přemlouváním“, jako to dělali antičtí sofisté. Věda je jen jeden z „režimů řeči“, který si nemůže činit nárok na přednost před jinými způsoby vyjadřování. Protože úsilí o objektivní poznání bylo znakem moderní doby, říká se popsanému filosofickému postoji **postmodernismus**. Postmoderně můžeme připsat zásluhu, že svou kritikou zjednodušujících představ o homogenitě lidského společenství, jehož členové by se mohli sjednotit na „vědeckém přístupu“, posílila oprávněný odpor proti přehnané racionalizaci a uniformizaci společenského vývoje. Postmodernisté zdůrazňovali, že „pravda“ by neměla znamenat víc než shodu mezi lidmi dosaženou diskusí, a měla by být vždy dalšími diskusemi zpochybnitelná.

Postoj přírodovědců k postmodernismu je většinou ostražitý až odmítavý. Nezdá se jim, že by pouhá názorová shoda byla bezpečnou zárukou pravdy nebo že by dokonce pravda mohla být prostě jako názorová shoda definována. Lidé se dlouhodobě mohou shodnout i na něčem, co bude nakonec rozpoznáno jako omyl, a k tomuto rozpoznání dochází proto, že nelze trvale přehlížet a potlačovat samotnou skutečnost.



3.6 VĚDA A UMĚNÍ

Věda není jedinou poznávací činností člověka. Již od antiky se hovoří o dvou typech poznání. Na jedné straně o poznání pomocí kritického rozumu (to dnes reprezentuje věda) a na druhé straně o poznání založeném na estetickém dojmu (to dnes reprezentuje umění). Lze to vyjádřit i tak, že vědecká práce usiluje o odhalení pravdy, kdežto umělecké dílo o vyjádření krásy.

Slovům „pravda“ a „krása“ každý více méně rozumí, což neznamená, že je snadné shodnout se na tom, co je pravdivé a krásné. Z knih se můžeme poučit, že existuje několik teorií pravdy, z nichž je většinu vědců patrně nejbližší teorie korespondenční – pravda spočívá ve shodě s realitou. O souvislosti pravdy a krásy uvažovala řada myslitelů již v antice. Pythagorejci se domnívali, že obojí spolu těsně souvisí a projevuje se jako dokonalost – tak přesné matematické poměry mezi parametry strun zaručují i krásu jejich souzvuku. Již na této prvotní úrovni se tedy zdálo, že mezi vědou a uměním by mohla existovat harmonie.

Je ovšem velmi obtížné pokoušet se o definici krásy. Co má společného krása sochy s krásou románu? Věda o krásu – estetika – vznikla až v 18. století zásluhou německého filosofa Alexandra Gottlieba Baumgartena, který v ní viděl jakousi analogii logiky ve světě lidské obrazotvornosti. Konec 18. století však přinesl také romantickou reakci na vědecký pokrok, která vycházela z pocitu, že věda krásu v realitě i v lidském prožívání ničí. Básník Edgar Allan Poe (který však v mnoha svých dílech využívá vědeckých poznatků a postupů) nazval vědu „supem s křídly drsné reality“, který „rve srdce, jímž básník vzývá krásu“. V polovině 20. století Charles Percy Snow, který byl úspěšný fyzik i spisovatel, psal o „dvojí kultuře“, humanitní a vědecké, mezi nimiž zeje propast nepochopení. Na druhé straně najdeme i „dvojdomé“ osobnosti, které projevují schopnosti a porozumění pro obojí druh poznání.

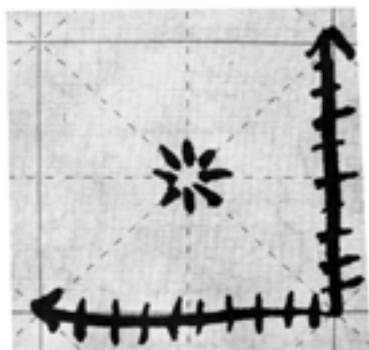
Nebudeme se snažit prozkoumat vztah vědy a umění v celé šíři a omezíme se jen na několik postřehů. Umění a věda zachycují „ducha doby“, zatímco však na dávné umělecké výtvořiny vzhlížíme s uznáním a někdy si klademe otázku, zda se jim současné umění vyrovná, v posuzování vědeckých teorií minulosti zaujímáme odlišný postoj. Dávná vědecká díla zajímají většinou jen historiky a za jejich dosud aktuální přínos považujeme jen to, co se stále uplatňuje při zkoumání světa a využívání našich poznatků. Již z toho je patrné, že v uměleckém díle šlo o jiný druh poznání než ve vědeckém díle.

Vědecká práce má logickou strukturu, postupuje systematicky od východisek k závěru. Umělecké dílo podobnou strukturu mít nemusí, ačkoli jistou kompozici také respektuje. Bývá často výsledkem imaginace, která se na logický postup neohlíží. Obvykle záměrně využívá emocií a posiluje je, zatímco věda se je v zájmu objektivitě snaží vytěsňovat. I umělecké dílo vyjadřuje určitou „pravdu“, nepodává však její zdůvodnění a tedy ji nemůže ani dokázat v tom smyslu, jako ji dokazuje věda. Ovšem tím, že umělec dovede skutečnost odrážet osobitě a svým dílem vyvolá či posílí určité vnímání reality, může v konečném důsledku velmi přispět k prohloubení poznání.

Aristotelés při srovnání poezie a historie tvrdil, že „poezie je věc filosofičtější a vážnější než historie; báseň totiž líčí spíše obecně platné, kdežto dějepisectví jednotlivosti“. [2]

Pokusme se podobnou myšlenku spojit s uměním, za které vdčíme teprve moderní době a jejímu vědeckotechnickému pokroku. Takovým uměním je fotografie. Umělecká fotografie není pouhým odrazem reality, ale je také její specifickou interpretací. Fotograf pracuje se světlem a stínem, kompozicí, ohniskem, jde o to, abychom viděli realitu jinak, všimli si aspektů, které jsme dříve pominuli. Na základě imaginace volí úhel pohledu a usměřňuje naše vnímání. Fotografie je tedy dílem imaginace a současně zachycením toho, co skutečně existuje. [3]

Neuzavíráme se proto naději, že budoucnost uloží vědecké i umělecké poznání – při zachování jejich svébytnosti – pod jednu střechu.



3.7 VĚDA A TECHNIKA

Technika představuje umění zručnosti – tedy vědění, jež umožňuje správným způsobem zhotovovat věci a dosahovat požadovaných účinků. Vytváří nástroje, jejichž pomocí si člověk přírodu přizpůsobuje a tak základy techniky a řemesla jsou historicky starší než základy vědy, neboť tyto znalosti a dovednosti potřebovali lidé v každodenním životě.

V antice, kam obvykle datujeme počátek vědy, se věda cenila sama o sobě coby ušlechtilé rozptýlení. Vědci se zabývali svými obory, aby ukojili svou zvědavost a přispěli k poznání harmonie světa. Jejich vědecké poznatky téměř neovlivňovaly výrobu, poznatky o energii páry, které mohly být – a později také byly – využity v technických aplikacích, sloužily jen k výrobě zajímavých hraček. Výjimkou byla snad pouze válečná technika.

Rozdíl mezi vědou a technikou osvětluje vyjádření: ve vědě se ptáme proč, zatímco v technice jde spíš o to jak. V praxi se to projevuje v tom, že ve vědě jde primárně o objevy, zatímco v technice o konkrétní realizaci řešení a vynálezy. Aplikace vědeckých poznatků stojí za nebývalým technickým rozvojem, což přispělo k ekonomické prosperitě. A tak postoj vlád k vědě se díky úspěchům v technice zásadně mění.

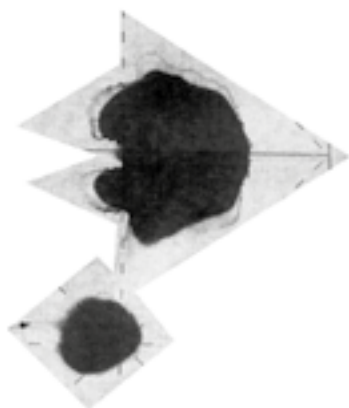
Poznamenejme, že za speciální oblast techniky bychom mohli považovat i lékařství. Úspěšné způsoby léčby nemusí vždy být podloženy nejhlubší teorií, opírají se i o tradice a zkušenosti. Dobrý lékař stejně jako dobrý konstruktér, stavitel či počítačový expert umí něco víc, než co se dá beze zbytku vyčíst z knih. Specifičnost lékařství je ovšem v tom, že v něm hraje velkou roli i souvislost mezi stavem těla a duševním životem pacienta. I toho si je dobrý lékař vědom a k získání důvěry pacienta má svou „techniku“, kterou nelze z knih vyčíst.

Média často zaměňují vědu s technikou a lidé pak považují za vědecké vše, co je technické. Jak ale říká Umberto Eco: „Technika ti dá všechno hned, zatímco věda postupuje pomalu.“ [4]

Podle našeho názoru by hlavním účelem vědy mělo zůstat hledání velmi obecných zákonitostí (vědeckých teorií) a propojování našeho poznání dosud oddělených jevů. K tomu se současně váže snaha o věrohodné předpovědi dosud neznámých jevů.

Ovšem život s sebou přináší i naléhavé problémy, jež se vědě předkládají „na zakázku“. Připomeňme např. výzkumy v oblasti nádorových onemocnění či HIV nebo hledání nových energetických zdrojů.

Koncem dvacátého století se vztah vědy a požadavků výroby převrací; věda nenásleduje jen zadání plynoucí z potřeb života, ale naopak hospodářská výroba se ve stále větší míře inspiruje vědeckými poznatky, což vystihlo rčení, že „věda se stává výrobní silou“. Řada vědců nachází své uplatnění ve výzkumných laboratořích velkých firem, věda v určitých oblastech již srostla s průmyslem, např. farmaceutické firmy. Na vědu jsou vynakládány velké finanční prostředky, závisí na ní ekonomická prosperita i vojenská moc států. Vědci tak ztrácejí kontrolu nad využitím výsledků své práce a mnohdy hluboce prožívají etické problémy s tím spojené. Ožívají obavy, zda technický pokrok založený do značné míry na vědě nevyústí do slepé uličky.



3.8 VĚDA A VÍRA

V duchovním smyslu víra představuje určitý vztah ke světu, zejména k tomu, co nás přesahuje a jeví se nedostupné a neuchopitelné. Člověk žije v pochybnostech, nikdy zcela neví, co mu přinese zítřek, a tak člověk „věří“, aby mohl jednat a žít, aby ho nejistota zcela nepohltila. Lidé mají s vírou různé individuální zkušenosti, oblast víry patří mezi citlivé, niterné osobní záležitosti. V jistém ohledu je možné věřit nejen v Boha, ale abstraktně ve smysluplnost vesmíru, v lásku či v druhého člověka.

Nábožensky založený člověk může pocítit oporu věřícího společenství, které vede tápajícího k odpovědnosti a k vyznačenému smyslu života. Náboženství jako organizovaná forma konkrétní víry tedy člověku poskytuje určitou společenskou ochranu, už jen tím, že přináší s sebou řadu morálních poselství a etických kritérií, jejichž praktická aplikace pomáhá uspořádat společnost. Přínos náboženství pro jedince je, že dokáže člověku přinášet duševní rovnováhu. Problém může být v tom, že každé náboženství má snahu ustavit se časem jako jediný autoritativní společenský regulátor mezilidských vztahů.

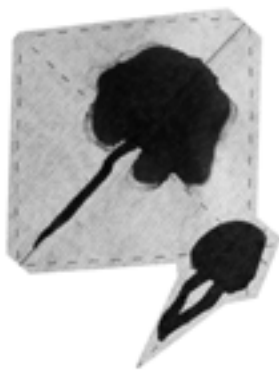
Evropští badatelé (z dnešního pohledu vědci) ve středověku docela často působili jako duchovní nebo se zcela vážně zabývali teologickými otázkami. Zakladatel genetiky Gregor Mendel psal svá díla a prováděl vědecké experimenty v brněnském klášteře. Isaac Newton se zabýval chronologií událostí vylíčených v Bibli a svou knihu *Matematické základy přírodní filosofie* považoval za apologetickou knihu (zamýšlenou a působící jako obrana víry).

Vědecké poznávání světa postupně nacházelo vysvětlení řady jevů a mnohé odpovědi na to, jak je to v přírodě zařízeno, a tím spolu s poznatky vyvstala také řada otázek, na něž náboženské

autority musely teologicky reagovat. Náboženství ovšem nestaví své texty na vědecké bázi, hlavním cílem náboženských textů není podat vysvětlení, argumenty a důkazy, ale sdělit určitá poselství. V náboženském jednání vychází člověk z „pravd“, která jsou odvozována od Boha samotného a jsou zprostředkována vyškolenou církevní autoritou. V rámci biblických studií jsou známa cvičení v teologické argumentaci a logice pokoušející se o rozumové podepření církevních dogmat.

Přirozenou touhou po poznání se člověk snaží vymanit z nejistoty. Představa o zásadním rozporu náboženské víry a vědy je v mnoha ohledech zavádějící. Věda při objasňování zákonitostí přírody je velmi úspěšná, ovšem svou metodologií se prakticky nemůže dotýkat těch stránek života, jež souvisejí s duchovními prožitky a hlubším smyslem existence. Jde přitom o podstatně lidské etické záležitosti, které trápí každého smrtelníka. Věda a víra (a to nejen religiózní) mohou mít v mysli člověka komplementární oblasti, aniž by si nutně vzájemně překážely.

Tento závěr je jistě žádoucí z praktického hlediska, protože vylučuje konfrontaci, která v minulých epochách způsobila mnoho zla. Nemusí však uspokojit lidi upřímně toužící po pravdě, kteří sice mohou být zároveň vědci i věřícími, ale pocítují, že někdy je přesto se třeba rozhodnout, co je u nich na prvním místě. Věřící může namítnout, že daný postoj snižuje víru na úroveň estetických preferencí, které na rozdíl od etických postojů nemusíme pokládat za obecně závazné. Jeho Bůh ale není úplně mimo tento svět a nějak se ve světě projevuje, vědecký obraz světa mu bez něho nepřipadá úplný. Důsledný vědec může naopak trvat na tom, že jeho cílem je poznat, „jak to skutečně je“, a že žádnou stopu Boží přítomnosti ve světě nenašel. V tomto hlubším smyslu asi napětí mezi vědou a vírou zůstane trvalou ostruhou lidského ducha.



3.9 ANTROPICKÝ PRINCIP

Už antičtí myslitelé nastolili problém, zda svět je nějak speciálně přizpůsoben tomu, aby umožnil náš život. K tomuto tématu se vědci i filosofové vraceli po celou další historii. Významný zlom přinesl rok 1973, kdy fyzik a astronom Brandon Carter začal užívat výrazu „antropický princip“ a na základě tohoto principu vysvětlil tzv. koincidence velkých čísel. Tyto koincidence byly objeveny po změření základních kosmologických parametrů. Spojují hodnoty těchto parametrů

(Hubbleova konstanta a střední hustota hmotnosti ve vesmíru) s konstantami běžné fyziky (rychlost světla a gravitační konstanta) a mikrofyziky (náboj a hmotnost elektronu a hmotnost protonu). Nejjednodušší bezrozměrné veličiny z nich sestavené nabývají hodnot řádově rovných 1, 10^{40} a 10^{80} . Shoda tak obrovských čísel působí dojmem zákonitosti, kterou nelze připsat pouhé náhodě, zvláště když příslušné vztahy mají i zajímavou fyzikální interpretaci.

Základní koincidence

e náboj elektronu, m_e hmotnost elektronu,
 m_p hmotnost protonu, G gravitační konstanta,
 c rychlost světla, ρ střední hustota hmotnosti ve vesmíru,
 H Hubbleova konstanta

$$e^2/G m_e m_p = 0,23 \cdot 10^{23} m_e c^3/H e^2 \approx 10^{40} \cdot c^3/m_p H^3 \approx 10^{80} G \cdot /H^2 \approx 1$$

(podle knihy H. Bondi: *Cosmology*, uvedeny v soustavě CGS¹)

Koincidence vzbudily zájem některých velkých fyziků, zejména P. A. M. Diraca. Ten věřil, že platnost koincencí by měla být vyvozena z fyzikálních zákonů. K tomu by však bylo třeba pozměnit fyziku, protože podle dosavadní fyziky ke koincencím dochází jen v některých modelech vesmíru a ani v těch nemohou mít trvalou platnost, protože kosmologické parametry se s časem mění. Carter však ukázal, že pro zdůvodnění koincencí není třeba měnit fyziku. Lze je vysvětlit tím, že v jiných (ať už myslitelných nebo skutečných) vesmírech a v jiných časech, v nichž koincidence neplatí, neexistují příznivé podmínky pro život podobný našemu. V našem vesmíru a v našem čase pozorujeme koincidence, protože jinde a jindy být nemůžeme. Tento způsob vysvětlování byl nazván **antropickým principem**. V literatuře se uvádějí jeho různá, na pohled často odlišná slovní vyjádření. Domníváme se, že vhodná formulace postihující jeho podstatu je: Pro naši existenci ve vesmíru jsou splněny všechny nutné podmínky.

Antropický princip vzbuzuje nejen zájem, ale i námitky. Nejprostší námitka je, že jde jen o speciální podobu obecně platného logického závěru: jestliže jakýkoliv jev nastal, byly pro něj nepochybně splněny všechny nutné podmínky. Nejde tedy o tvrzení, které by mohlo být testováno a ukázat se jako nepravdivé. Na to obhájci antropického principu namítnou, že nejde o testování samotné jeho logiky, ale o testování důsledků, které jsme z něho vyvodili prostřednictvím přírodních zákonů. Uvedme nejprve hypotetický příklad: po vzniku obecné teorie relativity a na ní založených Fridmanových modelech vesmíru bylo principiálně možné předpovědět hodnoty kosmologických parametrů na základě úvahy, že reálný vesmír musí dovolit existenci hvězd podobných našemu Slunci. Kdyby se takto předpověděné hodnoty

1 Soustava CGS (centimetr-gram-sekunda, též absolutní soustava jednotek) představuje starší systém jednotek. Soustava CGS byla v roce 1889 nahrazena soustavou MKS (metr-kilogram-sekunda), která byla roku 1960 nahrazena soustavou SI. Dnes se běžně nepoužívá; výhodná zůstává v teoretické fyzice.

pozdějšími pozorováními nepotvrdily, nebyl by to argument proti antropickému principu, ale proti Fridmanovým modelům. Hodnota antropického principu by byla v tom, že pomohl tento argument najít.

Je možno uvést i příklad důležité „antropické“ předpovědi, která byla skutečně udělána (a to ještě předtím, než byl tento pojem zaveden). Fred Hoyle se začátkem padesátých let zabýval jadernými reakcemi v nitru hvězd, které mohly vést ke vzniku biogenních prvků nezbytných pro naši existenci. Dospěl k závěru, že pro vznik těchto prvků je nezbytné „jemné vyladění“ energiových hladin v atomových jader, a předpověděl tak existenci v té době ještě neznámé energiové hladiny v jádru uhlíku. Později byla tato hladina skutečně objevena.

Lze tedy říci, že antropický princip dovoluje dospívat k testovatelným předpovědím a v tomto smyslu splňuje důležité kritérium vědeckosti. Podává také jisté vysvětlení pozorovaných faktů – i když nevysvětluje samotné koincidence, vysvětluje, proč je pozorujeme: ve vesmírech a v časech, v nichž neplatí, být nemůžeme.

Mohlo by se namítnout, že slovo „antropický“ svádí k přeceňování významu naší existence. Nutné podmínky, kterých se týkají předešlé příklady, neobsahují nic specifického pro naši existenci, určité hodnoty kosmologických parametrů jsou bezprostředně nutné pro existenci hvězd podobných Slunci a energiové hladiny v atomových jádrech pro existenci těžších prvků. Naše existence je však jakýmsi společným úběžníkem všech takovýchto úvah, ať už zůstaneme u podmínek pro existenci života v naší galaxii anebo dojdeme až k podmínkám pro vznik inteligentního života na Zemi. „Antropické“ úvahy se také nemusí zastavit u počátečních podmínek pro vývoj vesmíru, můžeme porovnávat i myšlené vesmíry s různými hodnotami fyzikálních konstant anebo dokonce s různými fyzikálními zákony.

Všechny tyto úvahy ve spojení s pozorovacími údaji a věrohodnými teoriemi vedou k pozoruhodnému závěru, že naše existence je nesamozřejmá, výjimečně je nejen naše místo ve vesmíru ve srovnání s naprostou většinou jiných míst, ale i samotný tento vesmír ve srovnání s jinými myslitelnými vesmíry, a to i když v nich připustíme jiné hodnoty konstant a platnost jiných fyzikálních zákonů. Tato skutečnost může být východiskem k zajímavým filosofickým úvahám, které přenecháváme čtenáři.

OTÁZKY A ÚKOLY:

- 1. Porovnejte uvedené definice z Wikipedie se zkušenostmi a představami, které jste dosud získali ze studia. Označte v textech rozdílně pasáže, které jsou pro vás nové, pasáže, kterým jste dobře nerozuměli, a pasáže, které budí váš nesouhlas.**
- 2. Jak byste vy sami definovali vědu? Nebo si myslíte, že ji definovat nelze?**
- 3. Přečtěte si citovaný kritický článek J. Heřta o Popperově demarkačním kritériu a posud'te oprávněnost jeho argumentů.**
- 4. Známý český fyzik v rozhovoru s jedním z autorů tohoto textu označil Popperovo pojetí za nemotivující a odrazující mladé lidi od vědy. Tito lidé chtějí přijít na poznatky, které bude**

možno po ověření považovat za trvalé platné, nikoliv na pouhé hypotézy, které zůstanou stále jen hypotézami ohroženými falzifikací. Co soudíte o této kritice?

5. Posud'te na základě vlastních úvah, co je vědě a umění společné a co je naopak rozděluje.
6. Posud'te a vypracujte úvahu o tom, v čem věda a technika ovlivnila současnou podobu umění a zda existuje i vliv opačný.
7. Uved'te osobnosti, které mimořádně vynikly ve vědě i v umělecké tvorbě, a posud'te, zda a jak se různé oblasti jejich činnosti vzájemně ovlivňovaly.
8. Je nějaká oblast vědeckotechnického pokroku, která ve vás vzbuzuje zvlášť silné obavy? A máte ideu, jak by se dalo nebezpečí odstranit či aspoň zmírnit?
9. Posud'te Kantovy antinomie z hlediska dnešního stavu poznání.
10. Najděte (s využitím literatury) fyzikální význam shora uvedených kosmologických koincidencí.
11. Existují ambicióznější verze antropického principu, než je tzv. slabá verze, kterou jsme uvedli:
Silný antropický princip: Vesmír je takový, že se v něm v jistém stádiu vývoje nutně objeví inteligentní pozorovatelé.
Účastnický antropický princip: Existence vesmíru v sobě nutně zahrnuje pozorovatele.
Finální antropický princip: Jakmile ve vesmíru dojde k inteligentnímu zpracovávání informace, bude se dále rozvíjet a nikdy už neskončí.
Jsou podle vás tyto principy vědecké? A jsou věrohodné?
12. V knize významného biologa jsme našli tuto úvahu: Vznik genetického kódu, na němž je založen život, je nesmírně nepravděpodobný – je prakticky nemožné, aby k němu došlo v pozorovaném vesmíru za celou dobu jeho existence. Protože tento kód se přece jen realizoval, je to možno vysvětlit jen tak, že je nesmírné množství dalších potenciálních realizací, které by vedly k něčemu obdobnému životu, jaký známé na Zemi – není pak nic divného na tom, že se jedna z nich uskutečnila. Je tato úvaha správná?
13. Vejdu-li nahodile do lesa a najdu hřib, očekávám, že v lese je hřibů více. Vejdu-li nahodile do lesa a najdu zlatý prstýnek, neočekávám, že v lese je více prstýnků. Jaký je mezi oběma případy rozdíl a souvisí to nějak s předchozím problémem?
14. Jaké prostředky má k dispozici člověk bez vlastní náboženské zkušenosti k tomu, aby argumentoval proti věroučným tezím?



4 ROZDĚLENÍ A JEDNOTA VĚD(Y)

4.1 KLASIFIKACE

K zadání, jak rozdělit všechny vědy, lze přistoupit z různých hledisek. Jedním z nich může být, do jaké míry je zkoumaná věda svými zákonitostmi obecná a do jaké míry jedinečná. Mezi těmito krajnostmi se pohybuje lidské poznání. V poslední době se vývoji vědy projevují tendence k diferenciaci a úzké specializaci, integrační přístupy jsou zatím poměrně vzácné.

Hovoříme-li o vědě, je dobré rozlišit, zda máme na mysli „vědy“ nebo „vědu jako celek“. Ovšem představa vědy jako celku je poněkud problematická a nepříliš užitečná, to by pak zahrnovalo vědy třeba od muzikologie až po kosmologii. Mluví-li se o vědě, mají lidé na mysli nejčastěji vědy přírodní, které reprezentují ve společnosti obecně přijímaný obraz vědy. Mnozí autoři do vědy zahrnují nejen nauky o přírodě i společnosti, ale také filozofii jako racionální světový názor a také diferencované skupiny věd technických, zemědělských i lékařských. Specializace věd nenastává hned, ale jako vše, co se historicky vyvíjí a zdokonaluje, zprvu umělé dělení ustupuje znenáhla přirozenému vývoji.

Existuje řada účelových kritérií, podle nichž lze vědy členit tak či onak. Od antických dob trvá snaha o nějaké prosté třídění věd. Některá třídění věd jsou přirozenější a věcnější, jiná jen dočasně posloužila k určitému speciálnímu náhledu. Každá klasifikace věd zůstává ovšem vždy do jisté míry umělá. Je otázkou, zda to či ono konkrétní rozdělení věd má pro nás nějaký hlubší význam či zda to dnes nepředstavuje spíše katalogizační záležitost nebo úřednické škatulky.

Z našeho historického hlediska je zajímavé, že klasifikací věd se zabýval J. A. Komenský a T. G. Masaryk. Oba dosáhli i v tomto encyklopedickém třídění světového věhlasu. Komenský z pedagogických důvodů velmi stál o náležité rozčlenění věd, požadoval po každém, aby naučil se všem vědám, umění, ctnosti i pobožnosti, vědy třídil na podstatné, případné a dialektiku, po-drobnosti čtenář najde v [5].

Velmi podrobný rozbor snah o klasifikaci věd najdeme rovněž v díle prvního československého prezidenta T.G.Masaryka „Základové konkrétné logiky (třídění a soustava věd)“ z r. 1885 [5].

Z pohledu pedagoga k rozdělení věd zajímavě přistupoval **August Comte** (filozof a sociolog). Vývoj lidstva dělí podle stupně poznání na stádium teologické, metafyzické a pozitivní.

Vědy klasifikoval podle stupně obecnosti. Původní Comteova stupnice věd obsahovala šest věd v tomto uspořádání:

6. Sociologie
5. Biologie
4. Chemie
3. Fyzika
2. Astronomie
1. Matematika

V této stupnici každá věda s vyšším pořadovým číslem má složitější předmět než věda předchozí a opírá se o tuto předchozí vědu. Matematika, která je vědou o nejjednodušších jevech (o vztazích velikosti či množství), je podkladem všech věd; astronomie je podkladem fyziky, chemie podkladem biologie; a sociologie, která je vědou o nejsložitějších jevech, se opírá o všechny vědy předchozí.

Zároveň s tímto nárůstem složitosti nastává úbytek obecnosti předmětu věd, postupujeme-li tímž směrem: jevy matematické jsou nejobecnější. Při dalším postupu obecnosti ubývá, až nakonec sociologie se zabývá jediným úsekem – lidstvem. Comte si všímal i časové posloupnosti vývoje rozličných věd, matematika se vyvinula nejdříve a nejdokonaleji, ostatní vědy postupně za ní. Tedy věda, která je na stupnici uvedena jako poslední, tj. sociologie, byla i poslední co do vývoje a přesnosti. Jeho původní stupnici bylo např. vytknuto, že astronomie není vědou abstraktní. Na základě toho došlo k provedení záměny astronomie v této stupnici za mechaniku.

Vývojová posloupnost věd, kterou stupnice znázorňuje, byla kritizována. Souhlasilo se sice s tím, že matematika se vyvinula k přesnosti dříve než např. sociologie, ale již první vědecké myšlení se rozvíjelo v sociologii a přírodních vědách právě tak čile jako v matematice.

Comteova stupnice nabízela racionální postup vědecké výchovy (vyučovat nejprve matematice, pak astronomii atd.). Ovšem protiargumenty vycházející z pedagogické zkušenosti Comteův záměr zamítly. Ve vyučování se sice počty jako počátky matematiky pěstují už na nejnižším stupni školy, ale stejně tak bychom tam mohli nalézt také některé části sociologické (např. mluvnici a pravopis jako počátky filologie, počátky literatury, dějepisu, nauky o náboženství, mravnosti...).

Další námitkou bylo, že Comteova stupnice je neúplná. Stupnice obsahuje jen jevy přírodní a k nim byla připojena sociologie, obecná věda o civilizaci. Ve stupnici chyběly vědy o duševních jevech (např. psychologie, logika). Našlo se vysvětlení, podle něhož pravidla logiky platila pro všechny vědy, a proto nelze takovou vědu řadit vedle jednotlivých věd. Jinak se choval Comte k psychologii. Tě, na rozdíl od logiky, nedopřál místo v své stupnici proto, že ji osobně neuznával. V jednom ze svých pozdějších děl však doplnil svou stupnici šesti věd o vědu sedmou, kterou nazval **antropologií** či morálkou, chápal ji jako zčásti psychologickou disciplínu.

Poměrně nedávno se pokusil o originální rozčlenění věd Arno Anzenbacher (současný teolog, filosof) [6], podle něj se vědy dělí na:

- Univerzální vědy (filosofie, teologie)
- Speciální vědy:
 - Reálné vědy (přírodní vědy, medicína),

Kulturní vědy:

- Duchovní vědy (historie, jazykové vědy a vědy o umění),
- Sociální a ekonomické vědy
- Formální vědy (logika, matematika).

Předmětem Anzenbacherových reálných věd jsou oblasti přírody nebo oblasti, které vznikly lidskou kulturou. Popis a výklad, které podávají reálné vědy, mohou být ověřeny. Předmětem tzv. formálních věd již není oblast zkušenostní, ale abstraktní struktura souvislostí a zpracování výrazů pro kalkul.

Zařazení univerzálních věd – teologie a filosofie – mezi vědy bývá zpochybňováno zejména kvůli nemožnosti jejich empirického ověření.

Z dnešního pohledu je zřejmé, že se rozšiřuje řada disciplín, které se deklarují a jednají jako vědecké a přitom je obtížné zařadit je do schématu (pedagogika, didaktika, kinantropologie apod.).

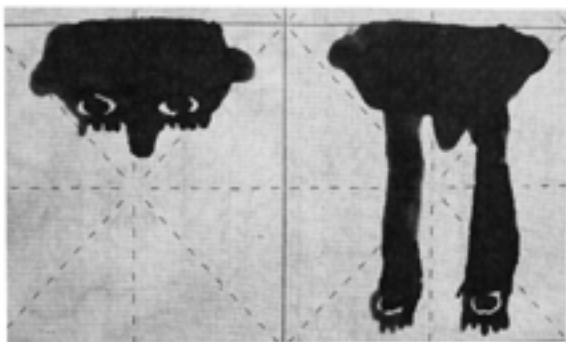


Jako **humanitní vědy** označujeme vědy o člověku a lidské společnosti. Zabývají se nepochybně skutečností, kterou lidé prožívají a prožívají, často však pojednávají o něčem, co nemůžeme změřit ani vypočítat. Přesto se bez nich nedokážeme obejít a nemůžeme se vyhnout ani hodnocení pravdivosti jejich závěrů.

Sociální, právní a ekonomické disciplíny vznikly jako výraz snahy racionálně zachytit a analyzovat stav společnosti. **V jejich rámci** se setkáváme se dvěma specifickými přístupy ke zkoumání, často se označují jako **pozitivní** (deskriptivní) a **normativní** (regulativní). Přívlaskem pozitivní, normativní se v určitém kontextu označují i tyto společenské vědy samotné (pozitivní ekonomie, normativní ekonomie).

Onen tzv. pozitivní přístup ke zkoumání společnosti hledá a ustanovuje pravidelnosti ve zkoumané oblasti, zatímco normativní přístup ke zkoumání hledá a dokonce spoluurčuje lidské ideály. Pozitivní „věda“ **společenskou realitu** pouze popisuje a hledá v ní zákonitosti fungování. Normativní „věda“ zkoumá kritéria toho, co by mělo být (podle zadání ekonomů, sociologů, právníků); vlastní zkoumání společenské reality bere jen jako východisko k závěrům, co by se mělo dělat. Tím, že normativní společenská „věda“ odvozuje hodnotové soudy, preference a doporučení, **míří za hranice** tradičně chápané vědy. Přívlaskem normativní to předem přiznává.

Dále se již rozdělením věd zabývat nebudeme. Vezmeme na vědomí, že každá disciplína uznaná za vědu (tedy i ta velmi mladá) si musela obhájit ve společenském diskurzu svůj předmět zkoumání, má svou závaznou metodu, pojmy, určitou tradici a návaznosti.



4.2 ROZDĚLENÍ VĚDY PODLE TYPU VÝZKUMU

Soustavnou činnost vědců s cílem objevit, interpretovat nebo přepracovat fakta nazýváme výzkumem. Zahájení náročného výzkumu předchází etapa **průzkumu**, předvýzkumu nebo pilotáže, jimiž se zjišťují základní popisné údaje, a posuzuje se vhodnost metod, které budou použity. Oblasti výzkumu lze různě klasifikovat s ohledem na to, zda je zaměřen více akademicky či aplikačně.

Základní výzkum je motivován především objevitelsky, není zaměřen na hledání zcela konkrétního výsledku. Studuje nově zajímavé vlastnosti přírody. Základní výzkum odhalil strukturu atomů, radioaktivitu, funkci genů apod. **Aplikovaný výzkum** je zaměřený na určitý cíl. Na rozdíl od základního výzkumu již vědci vědí, co a proč chtějí, ale nevědí, jak to udělat. Přejít k aplikaci není vůbec jednoduchý krok. Úspěšné aplikace obvykle pocházejí z originálního dlouhodobého základního výzkumu. Ten objeví třeba dosud neznámou molekulu a s využitím této molekuly je pak v aplikovaném výzkumu připravena účinná látka.

Základní výzkum je vnímán jako zkoumání plynoucí čistě z touhy odkrýt tajemství přírody. Ovšem v moderním průmyslovém výzkumu již není základní výzkum zcela „čistý“; je směřován k širšímu průzkumu technologických hranic, od něhož si slibujeme pokrok v daném odvětví. Příkladem je výzkum v oblasti nanostruktur nebo klonování v laboratořích farmaceutických firem.

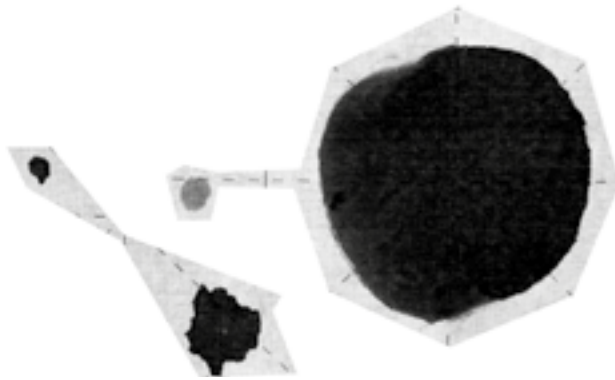
Aplikovaný výzkum převádí objevy do stavu, kdy již mohou být využity k splnění určitých potřeb. Následně nastává **vývoj** – tvorba konstrukční a technologické dokumentace pro konkrétní aplikaci nebo výrobek. Vývoj zahrnuje vše, co je třeba učinit k zavedení aplikace do praktické podoby. Například: základní výzkum v oblasti materiálové fyziky (polovodiče byly studovány před sto lety) předal znalosti aplikovanému výzkumu, ten rozvinul metody fyziky pevných látek (opět výsledky základního výzkumu) a postavil základní pilíře pro celé odvětví fyziky polovodičů. Následné rychlé tempo základního i následně aplikovaného výzkumu ve fyzice polovodičů ovlivnilo technický vývoj nejen v oblasti polovodičů.

Vědecký výzkum je dominantně financován z veřejných zdrojů, nadačními a soukromými organizacemi. Ze zákona jsou v ČR informace o výsledcích projektů výzkumu podporovaných z veřejných prostředků zveřejňovány a spravovány v tzv. RIVu (rejstříku informací o výsledcích). Na ukázkou toho, jak se v RIVu obory třídí, uvádíme hrubé rozdělení:

Společenské, humanitní a umělecké vědy
Technické a inženýrské vědy
Zemědělské vědy
Vědy o Zemi
Matematické vědy
Fyzikální vědy
Chemické vědy
Biologické vědy
Lékařské vědy



Obr. 4 HDP na vědu a výzkum, zdroj: Světová banka 2013



4.3 CO TVOŘÍ JEDNOTU VĚDY?

Jednotlivé vědní obory mají odlišné oblasti zkoumání a liší se i přístupy k řešení problematiky. Věda je jednotná jen v tom, že její závěry jsou principiálně ověřitelné. To, že je **věda otevřená přezkoumávání**, však ještě její jednotu nevytváří. Ta se spontánně rodí z vědeckého poznání a je spíše odrazem vlastností světa než základním požadavkem samotné vědy. Stoprocentně jednotná věda patrně nikdy nebude, její historie však naznačuje, že v dlouhodobé perspektivě k jednotě směřuje.

Filosofie a po ní věda se také ptají na spolehlivost našich poznatků – odkud vím to, co vím? Zkušenost nás může klamat. Jak můžeme vědět, co je ve skutečnosti pravda? Jak víme, co je skutečnost? S podobnými otázkami se lidé potýkají stovky, ne-li tisíce let. Vědci si stanovili určitá **pravidla vědecké práce a vědecké diskuse**, která by měla zajistit, aby byla spolehlivost jakékoli vědecké výpovědi přezkoumatelná. Vědecké tvrzení musí mít logickou i empirickou oporu. Blíže o tom bude pojednáno v dalších kapitolách.

Vědecké poznávání světa odedávna odhaluje souvislosti mezi jevy, které na první pohled vzájemně nesouvisí. Již v antice se zrodila představa, že všechny přírodní jevy by bylo možno vysvětlit, kdybychom znali chování základních dále nedělitelných elementů, z nichž se svět skládá – atomů. Toto učení vypracovali řečtí učenci **Leukippos** a **Démokritos** (o Leukippovi je známo velmi málo, soudí se však, že Démokritos byl jeho žákem). Ve filosofické rovině hájil atomovou teorii **Epikuros** a krásné poetické vyjádření jí dal římský básník **Lucretius**. Z Lucretiova díla vidíme, že šlo opravdu o pokus o univerzální teorii – i svobodu lidské vůle a rozhodování vysvětluje básník nahodilými odchylkami pohybu atomů. Antická forma atomismu ovšem neobsahuje ani náznak toho, jak by mohla být podepřena experimenty a jak by mohla být zkoumána její logická konzistence.

Začátek skutečně vědeckého spojování jevů můžeme proto najít až u Newtona.. **Astronomické jevy** (pohyby Země, Slunce, Měsíce, planet a komet) byly jeho zásluhou pochopeny jako projevy týchž zákonů (gravitačního zákona a pohybových rovnic) jako **balistické jevy** (pohyby těles v okolí Země za předpokladu, že lze zanedbat vliv prostředí). Velké úspěchy Newtonovy teorie ve vysvětlování jevů povzbudily naději, že teorii všeho by bylo možno vytvořit prostě tak, že by se našel univerzální zákon pro sílu působící mezi tělesy, který by pro velké vzdálenosti

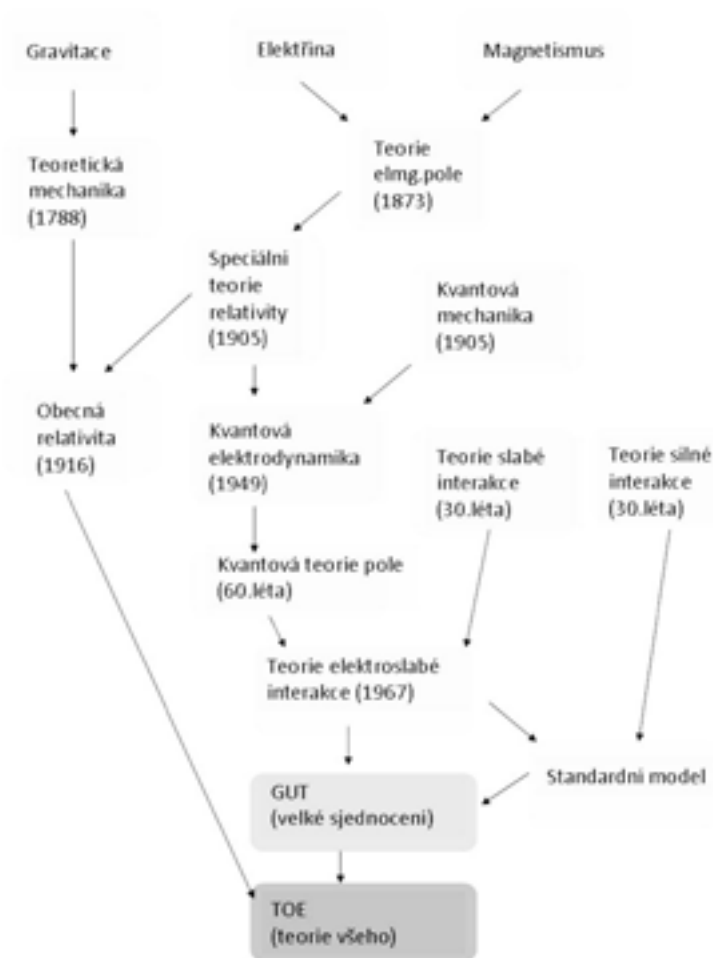
těles přecházel v zákon gravitační. V tomto směru v 18. století pracoval hlavně **Roger Boskovic**, narozený v Dubrovniku, nedospěl však k výsledkům, které by si získaly experimentální podporu. Nové rozsáhlé a hluboké sjednocení fyziky přinesla ve druhé půli 19. století **Maxwellova teorie elektromagnetického pole**, která umožňuje jednotný popis elektřiny a magnetismu. Veličiny popisující příslušná pole jsou vázány rovnicemi a ukazuje se, že rozdělení pole na elektrické a magnetické je různé v různých vztažných soustavách. Elektromagnetické vlnění se může v závislosti na své frekvenci (která opět závisí na vztažné soustavě) jevit jako světlo, ale také jako infračervené či ultrafialové záření, radiové vlny, Roentgenovo záření či záření gama.

Zároveň se stále prohlubovalo poznávání stavby a zákonů mikrosvěta, zvláště po vzniku kvantové teorie. Chemie a biologie, které v průběhu staletí shromáždily rozsáhlý soubor poznatků, utřídily je a podrobily klasifikačním schémátům, se tak mohly stále více opírat o fyziku a své poznatky tak hlouběji podložit. Ve dvacátých letech 20. století Niels Bohr takto vysvětlil Mendělejevovu soustavu prvků a v polovině 20. století Erwin Schrödinger obrátil pozornost vědců k fyzikálnímu objasnění zákonů dědičnosti na základě studia složitých molekul. To nakonec umožnilo fyzikálně podložit a vzájemně propojit mendelovskou genetiku a darwinovskou teorii evoluce.

Když Einstein vypracoval speciální a obecnou teorii relativity, jevil se mu jako další nadějný krok ve sjednocování fyziky spojením gravitačního a elektromagnetického pole do jednotné teorie, která by mohla v principu vysvětlit všechny přírodní jevy. Přes velké celoživotní úsilí však nedosáhl úspěchu a byl zprvu většinou vědecké veřejnosti ignorován. Podobný osud potkal i astrofyzika **Arthura Eddingtona**, který se snažil vybudovat univerzální teorii na základě vztahů mezi fyzikálními konstantami.

Po Einsteinově smrti však v souvislosti s pokrokem experimentální i teoretické fyziky zájem o jednotnou teorii opět ožil. Myšlenka Einsteinova programu byla uznána jako slibná, s tím ovšem, že se nelze omezovat na gravitační a elektromagnetickou interakci, když existují i jaderné síly, a že myšlenku nelze realizovat čistě na půdě teorie relativity, ale je třeba přibrat kvantovou fyziku, které se Einstein chtěl vyhnout.

První krok na cestě poznávání sil mikrosvěta byl rozlučující – byly odděleny projevy silné a slabé interakce. První sjednocovací krok uskutečnili roku 1968 Glashow, Salam a Weinberg, kteří zformulovali **teorii elektroslabých interakcí**. Teorie předpovídala existenci nových částic, které pak byly skutečně objeveny. Dalším krokem mělo být připojení silných interakcí. To se podařilo na úrovni, která se považuje za velmi uspokojivou z experimentálního hlediska: Částice předvídané teorií – kvarky různého typu – byly skutečně postupně nalézány a zdá se, že rok 2012 přinesl objev poslední chybějící částice – Higgsova bosonu. Nedostatkem **Standardního modelu**, jak se teorie sjednocující tři interakce začala od sedmdesátých let nazývat, je velké množství volných parametrů, které mohou být zatím stanoveny pouze experimentálně. Doufá se proto v hlubší, tzv. **Velké sjednocení**, které bude spojeno s lepším pochopením úlohy silných interakcí. Mnoho fyziků si slibuje podstatný pokrok od teorie strun, podle níž nebudou základními elementy přírody bodové elementární částice, ale jednorozměrné objekty – struny. (Uvažuje se i o vícerozměrných objektech ve vícerozměrném prostoru.) Jsou některé náznaky, že teorie strun by mohla zahrnout i gravitační interakci, spojit tak myšlenky kvantové teorie s myšlenkami obecné teorie relativity a stát se základem **Teorie všeho**.



Obr. 5 Základní interakce a sjednocování fyziky

Bohužel za hranicemi Standardního modelu nebylo zatím dosaženo výrazného úspěchu a zdá se, že od začátku poslední čtvrtiny dvacátého století v tomto ohledu fundamentální fyzika stagnuje.

Sjednocování fyziky má ještě další důležitý aspekt, na který upozornil ve své knize *Snění o finální teorii* **Stephen Weinberg**. Doporučuje si představit, že doplníme soubor současných teorií soustavou šipek, z nichž každá směřuje od teorie popisnější, bližší našemu bezprostřednímu vnímání světa, k hlubší teorii, která ji podkládá a zdůvodňuje. Tak od termodynamiky vede šipka ke statistické fyzice, od fyziky pevných látek k fyzice molekul a atomů, od Darwinovy teorie evoluce k molekulární biologii. Dnes je již zřejmé, že taková soustava tvoří strom sbíhající se k jedinému kmeni – fyzice elementárních částic a tedy ke Standardnímu modelu. Zdá se tedy být velmi dobře podložen názor, že fyzika v principu vysvětluje i všechny chemické a biologické jevy.

Toto převádění složitějších, ale našemu vnímání přístupnějších jevů, na jevy elementárnější, ale obtížněji dostupné, se nazývá **redukcionismus**. Vzniká tak obtížná otázka, která zajímá

hlavně filozofy – je redukcionistický program beze zbytku uskutečnitelný, nebo se při stoupání do vyšších pater reality přece jen shledáme s něčím, co redukovat nelze? Jak se zdá, rozhodující argumenty tu zatím chybí a jak kdysi napsal **Richard Feynman**, každý může mít na tyto otázky svůj názor.

Poznamenejme alespoň, že nedostatečnost redukcionismu by se mohla nejspíše projevit u souboru objektů, který je nejen početný, ale také různorodý a mnohonásobně provázaný. V posledních desetiletích proto stoupá zájem o metody statistické fyziky a o pojmy jako je entropie či informace. I u vědců se však setkáváme s názorem, že hlubšímu pochopení složitosti světa brání nějaká zásadní bariéra v lidském myšlení. Může být přitom velmi obtížné si uvědomit, kde a jak nás tato bariéra omezuje, což by mělo být prvním krokem k jejímu překonání.

Pokud by se vás někdo zeptal, jak víte, že je Země kulatá, možná byste odvětili „To přece ví každý“. Je spousta věcí, které každý ví. Samozřejmě kdysi všichni „věděli“, že Země je placatá. Hodně z toho, co víme, je otázkou důvěry a dohody.

Mnohá přesvědčení jsou založena na osobní zkušenosti a na vlastním pozorování. Pokud se ovšem ukáže, že naše zkušenost je v rozporu s tím, co všichni ostatní „vědí“, mohou se nás zmocnit pochyby a někdo se dokonce vzdá své osobní zkušenosti ve prospěch dohody a jednoty. Je třeba si přiznat, že náš způsob pohledu na realitu nebývá tak osobitý, jak si často namlouváme. Tato dobová jednota a souhra „teorie a výzkumu, logiky a pozorování, indukce a dedukce“ má podobu **podvědomého rámce**, tzv. **paradigmatu**,² jak jsme o tom mluvili již v části 3.2. Omezenosti našeho paradigmatu se možná budou naši potomci podívat.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Jak se odráží aktuální rozdělení věd v předmětové skladbě při školním vyučování?
2. Lze ještě při dnešní úrovni poznání považovat chemii za samostatnou vědu?
3. Najděte, co se skrývá pod anglickým termínem Research and Development R&D.
4. Mezi členy vědecké obce převládá názor, že vědecká výpověď je nejpřesnějším popisem zkoumané skutečnosti.
Souhlasíte s tímto názorem a jakými argumenty byste jej v tom případě podpořili?
5. Vymezte pojmy blízké pojmu věda: vědění, znalost, vzdělanost, poznání.
6. Jaký máte názor na shora uvedený redukcionistický program?

2 Paradigma je způsob, jakým vidí vědec svět. Je to celek poznatků a vědeckých postupů, které si vědec osvojil a které uplatňuje ve vědecké praxi. Je to soubor historicky vzniklých způsobů rozvíjení vědy v určitém období. Paradigma je určující pro výběr a formulaci problémů a obsahuje i kritéria přijatelnosti řešení problémů pro dané období.



5 TÁZÁNÍ VE VĚDĚ

5.1 PROČ? A JAK?

Začněme starou anekdotou. Pasažér na lodi se ptá: Kapitáne, proč naše loď houká, když se potkává s jinou lodí? Odpověď zní: Protože ve své kabině mačkám tlačítko.

Komické nedorozumění spočívá v tom, že cestující se ptal na **účel**, kapitán mu vyložil **příčinu**. Odpověděl vlastně na otázku: Jak to děláte, že naše loď houká?

Mohl by vzniknout dojem, že otázkou „proč“ se ptáme po účelu, zatímco otázkou „jak“ po příčinách. Zamysleme se nejprve nad tím, zda se přírodní vědy ptají po účelu. Lze uvést několik příkladů, kdy to tak na první pohled vypadá. Fyzika ukazuje, že vývoj fyzikálních soustav splňuje **variační principy** – jistá veličina se při nich minimalizuje. Příroda jako by dosahovala svých cílů optimálním způsobem. Darwinova **teorie evoluce** ukazuje, že organismy se přirozeným výběrem stávají schopnými přizpůsobovat se měnícímu se prostředí a v průběhu dlouhých časových period se zdokonalují. Jako by přežití organismů bylo účelem a vývoj naplňováním tohoto účelu. V minulém století se začalo hovořit o **antropickém principu**, podle něhož můžeme už z naší přítomnosti ve světě usuzovat na jisté vlastnosti reality a fyzikálních zákonů. Jako by byl v přírodě zakódován projekt vzniku inteligentních bytostí.

Převládající názor ovšem je, že toto vše je pouze „jako by“. Variační principy, evoluce i antropický princip se uplatňují v rámci kauzálního (příčinného) vývoje, který žádnou teleologii (předběžnou účelnost) neobsahuje. Přijmeme-li tento názor, můžeme dojít k závěru, že ve vědě je přístupná pouze otázka „jak“. To však jistě nesouhlasí s běžným užíváním slov.

Vratme se k naší lodi a kapitánově odpovědi. Cestující by mohl přijmout jeho přístup a zaměřit své další otázky na kauzalitu. Jak stisknutí tlačítka uvede do činnosti sirénu? Jak se stane, že siréna vydává zvuk, který se šíří prostorem? Jak dojde k tomu, že tento zvuk zachytí naše sluchové orgány? Při takovémto postupu k hlubším vysvětlením se stává stále vhodnějším užívat spíše otázky „proč“ než otázky „jak“. „Jak“ se vztahuje k popisu dění a k praktickému využití našich znalostí v technice, „proč“ se vztahuje k poznání zákonů, jimiž se dění řídí. Přesná hranice tu ovšem není – technika čerpá ze znalosti zákonů a popis jeví se prvním krokem k této znalosti.

Počáteční „jak“ přerůstá v „proč“ a každé „protože“ poodkrývá cestu k hlubšímu „proč“. Má toto tážání nějaký definitivní závěr či naráží na nepřekročitelný horizont? V oblasti přírodních věd by závěrem mohlo být vytvoření „**teorie všeho**“, z níž by aspoň v principu plynulo všechno ostatní. Je-li tento cíl vůbec dosažitelný, jsme od něho ještě velmi vzdáleni.

Problém má však ještě jiný aspekt. Namísto sestupu do nitra hmoty můžeme analyzovat způsob, jímž se fyzikální podněty projevují přes smyslové vjemy. Od sluchových orgánů a nervového systému se dostaneme do mozku, který tyto jevy zpracovává. Poslední otázka pak není, jak funguje mozek, ale proč jsme si toho, co se děje v mozku, vědomi a proč na to můžeme podle vlastního rozhodnutí reagovat. Jak si vědci začínají v posledních desetiletích uvědomovat, i toto je aspekt teorie všeho, avšak vyhlídka na plné zařazení člověka do ní je ještě spornější a vzdálenější než vyhlídka, že pochopíme nejzazší strukturu hmoty.

Z našich úvah prozatím úplně vypadla souvislost houkání s blízkostí jiné lodě, o kterou původně cestujícímu šlo. Tady se ovšem bez účelu neobejdeme – na místo **kauzálního** „proč“, které si žádá odpověď „protože“ s odkazem na přírodní zákony, jde nám nyní o **teleologické** „proč“, které si žádá odpověď „aby“ s odkazem na cíle, jež se daným počínáním sledují. Uvažujeme-li o lidských cílech, vzniká i otázka jejich zdůvodnění a volby. Objevuje se tak odlišný typ otázek, které se „v čisté vědě“ neobjevují.

5.2 CO JE? A CO MÁ BÝT?

Otázky prvního typu se zejména ve společenských a ekonomických oborech označují jako pozitivní otázky. Uvedme příklady: Jak se mění biologická rozmanitost v krajině? O kolik se zvětší objem plynu při zvýšení teploty o 10 stupňů? Jak se změnily příjmy učitelů za posledních 10 let? Proč roste hustota obyvatel ve městech? Očekáváme, že odpověď bude založena na poznání kauzálních zákonů přírody objevených pozorováním a experimentem a na využití logiky a matematického aparátu. Pozitivní otázka nemusí být ovšem uvozena slovem „proč“ nebo „jak“? Může to být otázka po správném popisu nějakého děje, testovací otázka, na niž očekáváme odpověď „ano“ či „ne“, popřípadě otázka po přesné hodnotě nějaké veličiny. V průběhu hledání odpovědi se může ukázat, že samotnou otázku je třeba upřesnit či doplnit. Ve všech případech však **očekáváme, že správná odpověď je jen jedna a je diktována samotnou realitou**, takže bude-li nalezena, všichni racionálně uvažující lidé se na ní shodnou.

Jinak je tomu u otázek, které lze nazvat normativní. Normativní přístup ke zkoumání společenského systému si na rozdíl od deskriptivního přístupu troufá hledat odpovědi na otázky, jak by to mělo být. Uvedme opět příklad: Má se, anebo se nemá postavit v Českém krasu cementárna? Na normativní otázky nám neumožní odpovědět žádné obecně přijímané vědění. **Je nutno znát stanoviska a preference zainteresovaných subjektů**, poznat jejich názory a hodnotovou škálu. Avšak ani po provedení rozsáhlého zjišťování postojů nemůžeme očekávat, že se všichni zainteresovaní shodnou na odpovědi.

Jaký je vztah vědy k normativním otázkám? Odpověď není snadná. Francouzský matematik Hadamard v knize věnované hlavně psychologii matematické tvorby informuje o anketě, kterou provedl mezi představiteli různých vědeckých oborů. Ptal se, zda z vědeckého poznání světa již vyplývá, jaký by měl svět být, nebo jde o otázky vzájemně nezávislé. Závěr z ankety byl, že v tom

se lidé nejen neshodují, ale často nejsou vůbec schopni pochopit, že může existovat odlišné stanovisko.

Domníváme se, že nejlepším řešením je kompromis. Odpověď na normativní otázky vyžadující naše rozhodnutí závisí na znalosti následků rozhodnutí, kterou lze často do značné míry získat vědeckou cestou. I potom však budeme stát před otázkou, zda jsou tyto následky žádoucí či nežádoucí. Pro hledání odpovědi na normativní otázku je tedy dobré znát odpovědi na co nejvíce pozitivních otázek s normativní otázkou souvisejících. Nelze ji však na pozitivní otázky úplně redukovat.

Jak bylo zmíněno, těžko lze očekávat, že věda sama o sobě svými metodami vyřeší debaty o hodnotových soudech (hodnotách). Existence nějakého jevu může být prokázána, zatímco pravdivost hodnotového soudu jedince na úrovni vědecké metody dokazatelná není. I právní věda respektuje zásadní rozdíl mezi hodnotovým soudem, který odráží osobní názor, a tvrzením o skutečnosti, tedy konstatováním faktu. Za osobní názor demokratické právo netrestá, za lež ohledně faktů ano.

Normativní otázky pro získání odpovědi vyžadují zahrnutí hodnotového nastavení společnosti (ideálu, morálních norem). „Jaký tvor je škodlivý a jakého máme chránit?“ Ačkoli stanoviska zainteresovaných osob a hodnotovou škálu můžeme objektivně zjistit, cítíme, že i kdyby svůj postoj k projednávanému problému vyjádřili všichni, a byl třeba náhodou stejný, těžko lze říci, že to stačí k tomu, aby byl „pravdivý“.

Ovšem taková shoda by patrně stačila k tomu, aby se v dané normativní otázce rozhodlo. Kritéria pravdivosti mohou být zkoumána v rámci gnoseologie (epistemologie) a v našem textu se jim dále nezabýváme.

„Věda“ může říci jedině něco o tom, jaké praktické důsledky může uplatnění toho či onoho přístupu k problému mít. **Rozhodnutí o tom, jak se problémová situace bude řešit, je na lidech, nemůže a ani nebude o tom rozhodovat věda.**

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Najděte příklady formulací otázek a situací, kdy nemůžeme (bez dodatečného upřesnění) odpovědět na otázku, protože odpověď na původní otázku je z nějakého důvodu nejasná.
2. Vzpomeňte si na školní situaci, kterou jistě už zažili, kdy jste jen „hádali, co má učitel na mysli“, a zkuste analyzovat příčiny podobných případů.
3. Dostanete se do sporu s člověkem, který zastává názor, že předběžné definování tématu či vymezení konceptů před vlastním výzkumem brání citlivému pozorování. Jakými argumenty byste se pokusili jeho stanovisko vyvrátit?
4. Jmenujte několik otázek, které se vám vynořily během studia a jeví se vám jako otevřené. Myslíte, že se dočkáte jejich řešení?

DEBATA – je formalizovaný způsob vedení sporu, kdy zúčastnění diskutují v zájmu dosažení nějakého rozhodnutí. Principy debaty jsou zakotveny v jednacích řádech instituce. Výsledek debaty může být stanoven hlasováním, usnesením rozhodčích, nebo kombinací obojího.

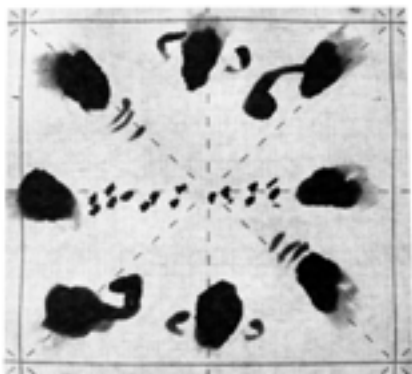
DISKUSE – je věcný rozhovor několika osob nad určitým tématem, jehož cílem není rozhodovat, nýbrž věc pečlivě rozebrat z různých stránek, shromáždit argumenty a případně připravit půdu pro racionální rozhodnutí.

POLEMIKA – znamená spor, jediným cílem polemiky je vyvrátit (často útočně) názor protivníka, zde je rozdíl od diskuse a dialogu, které hledají shodu.

DISPUTACE – vědecká rozprava, tedy forma diskuse více účastníků k řešení vysoce odborných (zpravidla vědeckých) problémů.

DISKURZ – „discourse“ v běžné řeči znamená především promluvu nebo výkladový text o určitém tématu. Užívání termínu „diskurz“ je dosud vcelku mnohoznačné a ve společenských vědách vychází z díla historika filozofie Michela Foucaulta. Jde o analytické porozumění jazykovým prostředkům, jimiž se popisuje skutečnost v určité epoše a oboru.

FILIPIKA – slovo filipika bylo převzato z díla Filipiky řeckého řečníka Démosthena. Spis byl zaměřen proti otci Alexandra Velikého Filipovi II. Makedonskému a jeho politice podmaňování si řeckých států. Pojem filipika byl pak spojen s typem polemických a útočných projevů a někdy také jen s každou ostrou kritikou. S tímto výrazem se setkáváme např. v díle Jana Blahoslava *Filipiky proti misomusům*, tj. nepřítelům vzdělání.



6 NÁSTROJE VĚDECKÉHO POKROKU

6.1 ARGUMENTACE A VĚDECKÁ DISKUSE

Člověk díky daru řeči dokáže snadno sdělovat poznatky ostatním. Rád se vyjadřuje k výpovědím jiných a má přirozenou potřebu vyjasňovat si nejasnosti. Volba slov a forma výpovědi předznamenávají úroveň komunikace. Pokud bychom se potkali s dostatečně vytrvalým oponentem, mohly by otázky pokračovat do nekonečna. A tak stojí-li proti sobě v diskusi oponenti, je vhodné stanovit takové východisko, které oba uznávají jako správné. Pro zahájení rozumné diskuse tedy potřebujeme nějaký společný základ, na němž se shodneme. Jednou z důležitých metod umožňujících zdravý vývoj vědy je právě vědecká diskuse.

Jak probíhá vědecká diskuse? V dnešní době probíhá především v písemné formě, vědec publikuje výsledky svého bádání a ostatní se k nim vyjadřují. Vědecká diskuse mívá ustálenou formu a pravidla.

Ve vědeckém pojednání ke konkrétnímu problému není prakticky možné dokazovat vše, na čem stavíme svoje tvrzení. To by nám zabralo více času a prostoru než samotná práce. Každé naše východisko (premisu) je ale potřeba popsat a uvést, o co je opírám. Zpravidla se odkazujeme na výsledky předchozího výzkumu, nebo na nějaký již prokázaný či všeobecně přijímaný fakt.

Pokud chceme použít za východisko našeho tvrzení informaci, kterou čerpáme z jiných zdrojů, než je naše vlastní poznání, zdroje poznatků nejprve analyzujeme. Pokud nemáme prostředky pro ověření zdrojů, je nutné, abychom jim stanovili určitou váhu. Např. jinak hodnotíme to, co nám řekne paní na rohu, jinak to, co se dočteme ve zpravodajském deníku, jinak zprávu z recenzovaného odborného časopisu. Podle váhy zdroje je pak potřeba k informacím přistupovat.

Účelem argumentace by měla být racionální snaha dospět ke sblížení mezi zastánci různých názorů a přinejmenším si vzájemně vyjasnit svá stanoviska. Nikdo z nás nemá zaručený přístup k úplné a definitivní pravdě. Argumentací prověřujeme způsobilost svých názorů obstát v kritické diskusi. Aby badatel své názory na vědecké půdě obhájil, musí korektní argumentací zdůvodnit, proč je považuje za správné. Korektní způsob zdůvodňování se opírá o již prokázaná fakta a o formální logiku.

Cíl vědecké argumentace není v uplatnění rétorického umění. Úspěch v přesvědčování opo-
nenta není nejpodstatnější pro posouzení, zda byl argument dobrý či špatný. Někoho může-
me přesvědčit špatným argumentem a u jiného naopak neuspět s dobrým argumentem. Vědec
nediskutuje proto, aby přiměl protistranu, uznat jeho názor a změnit vlastní postoje, cílem jeho
argumentace je – nebo by aspoň mělo být – **poznání pravdy**.

6.2 KAUZALITA A DETERMINISMUS

Lidé od nepaměti pozorují, že po jedné jevě nastávají nutně nebo s velkou pravděpo-
dobností jevy jiné. Od nepaměti toho také využívají – žádoucí jevy, kterých nemůžeme dosáhnout
přímo, přivodíme tím, že uskutečníme jevy, po nichž podle našeho pozorování následují
žádané výsledky, a zbytek ponecháme na přírodě. Lze se dokonce právem domnívat, že toto
využívání předchází každé teorii o souvislostech – tak si počínají i živočichové.

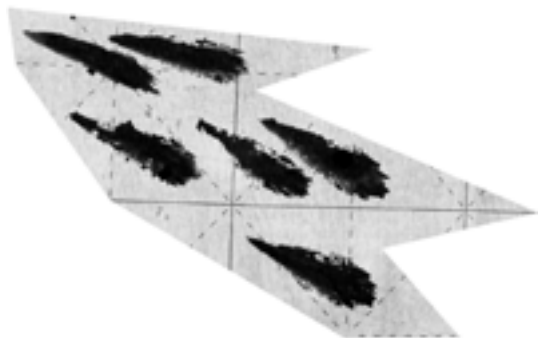
Rozum a jazyk však člověku umožňuje postoupit mnohem dál. Je schopen vzájemnou sou-
vislost jevů uvědoměle zkoumat, vyslovovat o ní hypotézy, ověřovat je či vyvracet a posléze
na základě logického úsudku formulovat teorie, které mu umožňují předvídat budoucnost, a to
mnohdy s ohromující věrohodností.

Dospíváme tak k obecné představě, že jedny události jsou **příčinou** jiných událostí, které jsou
jejich **důsledky**, a že poznání příčinných souvislostí nám umožňuje jednat účelně a dosahovat
žádoucích cílů.

Slovo „příčina“ patří k běžným a známým i lidem bez vědecké průpravy. Na otázku, co zna-
mená, že jev A je příčinou jevu B, by patrně odpověděli: Znamená to, že kdyby nedošlo k A, ne-
došlo by ani k B. Příčina jevu B je podle toho nutnou podmínkou pro to, aby k jevu B došlo. I když
proti této definici lze sotva něco namítat a sotva lze vymyslet něco lepšího, v reálných situacích
je spojena s mnoha problémy. Žádný jev není izolován od zbytku světa a má tedy zpravidla mno-
ho příčin, z nichž některé jsou samozřejmé a proto se o nich obvykle ani nezmiňujeme, zatímco
jiné jsou prakticky nepostižitelné a mluvíme o nich jako o **náhodách**. Z lidského hlediska mohou
na počátku příčinného řetězu stát náhody anebo naše vědomá a uskutečněná rozhodnutí. Zda
i ony mají příčiny, popřípadě zda si nepoznatelné zdroje náhod zaslouží tento název, bylo od pra-
dávná a je i dnes zdrojem filosofických debat.

Ve vědě nás obvykle nezajímají jednotlivé případy, ale souvislosti mezi jevy určitého typu.
Vidíme-li, že jev typu A je vždy nebo často doprovázen či následován jevem typu B, svádí nás to
k závěru, že A patří k příčinám B, který se snažíme si ověřit zkoumáním statistické souvislosti
jevů obojího typu. Ovšem ani nejpečlivější zkoumání statistických souvislostí mezi událostmi
typu A a událostmi typu B příčinnou souvislost (kauzalitu) neprokazuje. Můžeme jím zjistit pouze
korelace. Nemáme-li pro korelace vysvětlení, označujeme je někdy za **koincidence** (viz odstavec
o antropickém principu). Obvykle se nám však podaří zapojit korelace do širší sítě příčinných
souvislostí. Například i bez detailního zkoumání lze věřit tomu, že podnikatelé hrají golf častěji
než dělníci, neznamená to však, že dispozice k podnikání jsou příčinou zájmu o golf. Nicméně
širší zdůvodnění uvedené korelace čtenář snadno najde. Pouze některé korelace mezi jevy
A a B mohou být bezprostředně vysvětleny jako projevy jejich příčinné souvislosti. To si lidé často
dostatečně neuvědomují a korelace s kauzalitou zaměňují. V debatách o nejrůznějších otázkách

se s tím často setkáváme, nevyhnuly se tomu však ani debaty vědecké.



V Anglii byla zjištěna v posledních letech silná korelace mezi absolutním počtem rozvodů a množstvím importovaného tabáku. Bylo by však ukvapené soudit, že kouření je příčinou manželských neshod, nebo že v důsledku partnerských problémů lidé více kouří, byť tomu tak může u jednotlivců být. Lze jen spekulovat, že skutečná příčina asociace obou jevů spočívá v něčem jiném, např. v celkové ekonomické situaci, ale je také možné, že tyto jevy nedokážeme rozumně začlenit do žádného příčinného řetězce.

Příčinné zákonitosti nelze dokázat statistickými metodami, i když šance, že asociace bude příčinná, se zřejmě s těsností korelační vazby zvyšuje. V této souvislosti věnujme alespoň zmínku Bayesově větě, která byla odvozena již v 18. století a umožňuje na základě získávání nových dat zvyšovat či snižovat věrohodnost hypotéz o příčinné souvislosti jevů. [7] [8]

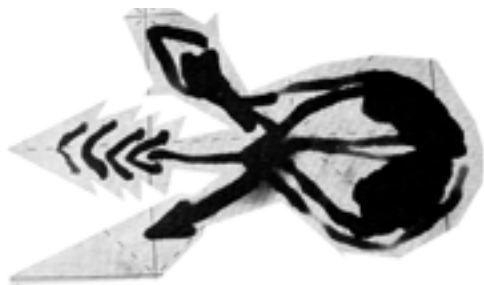
Příčinnou závislost jevu B na jevu A můžeme považovat za prokázanou, když vyvolání jevu A zvýšilo pravděpodobnost uskutečnění jevu B, přičemž všechny ostatní faktory zůstaly nezměněny. Úskalí této definice je v požadavku stálosti ostatních faktorů. Vratme se k případu britských spotřebitelů tabáku. Dejme tomu, že je spolehlivě prokázáno, že manželství, v nichž jeden z partnerů začal kouřit, se s větší pravděpodobností rozvedou. Nevedl však ke kouření stres, který partner pro nesoulad v manželství už dříve prožíval?

Prokázání příčinné souvislosti bývá proto obtížné zvláště v komplexních jevech, třeba v medicíně. Lékař zasahuje do nesmírně složitého fungování lidského organismu. Z běžného života víme, že lidé mohou z mylně vyvozené příčinné souvislosti mezi náhodnými jevy považovat třeba neškodné očkování za nebezpečné, ale naopak neúčinnou pilulku považovat za výborný lék.

Pevnější záruku příčinné souvislosti dává až nalezení teorie, z níž tato příčinnost vyplyne. Zásadní význam tu měla a má matematika, která umožňuje formulovat souvislosti mezi veličinami v podobě diferenciálních rovnic, jež mají při zadaných počátečních a okrajových podmínkách jediné řešení. Tím se kauzalita převádí na determinismus: budoucnost světa je na základě matematicky formulovaných přírodních zákonů určena jeho přítomností. Někdy se tento determinismus nazývá laplaceovským, protože Laplace vyslovil představu o démonovi, který zná všechna data o současném stavu světa, všechny zákony, kterými se svět řídí, a má neomezenou schopnost řešit příslušné rovnice, takže budoucnost světa je pro něho předem známa. Laplace však zdůrazňoval, že schopnostem jeho démona se nikdy nemůžeme přiblížit a právě proto je třeba studovat i zákony pravděpodobnosti. Záleží to na druhu problémů, jimiž se zabýváme – zatmění

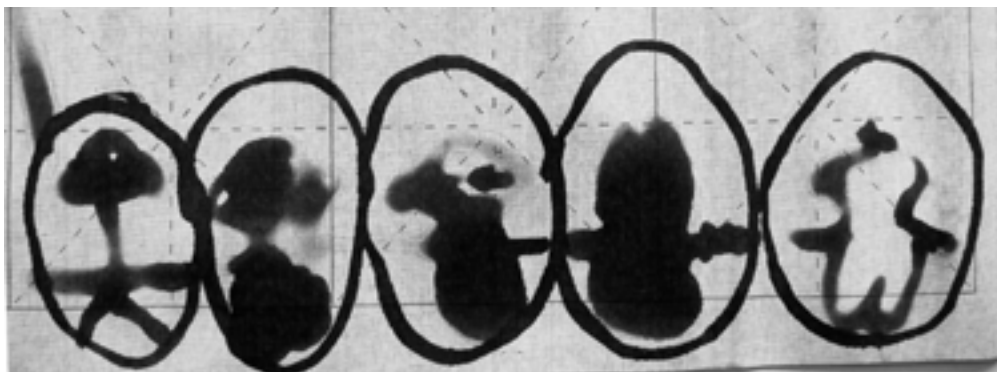
Slunce či Měsíce můžeme předpovědět na tisíce let dopředu, nikoliv však zítřejší počasí. Kromě složitosti jevů tu vstupuje do hry i nestabilita dějů – v nestabilních situacích mohou nepatrné změny počátečních podmínek v dlouhodobé perspektivě vyvolat podstatné změny řešení rovnic.

V knihách, zejména věnovaných fyzice, se mezi determinismem a kauzalitou často nerozlišuje. Ve skutečnosti se **idea determinismu** od původních představ o kauzalitě v mnohém odlišuje. Především laplaceovský determinismus nečiní rozdíl mezi budoucností a minulostí – démon by znal minulost světa se stejnou jistotou jako jeho budoucnost. Kauzalita má naopak jednoznačně zadaný směr v čase od příčin k důsledkům, což má hluboké souvislosti s druhou termodynamickou větou a zákonem růstu entropie, ale patrně i s faktory kosmologického původu. Reálné situace v našem světě jsou takové, že řešení rovnic jsou zpravidla stabilní vzhledem k budoucnosti, ale nestabilní vzhledem k minulosti – je snadné v hlavních rysech předpovědět, co se stane s lahví, kterou vyhodím z okna, ale když uvidím na ulici střepy, je pro mě mnohem těžší určit, kdy a proč k tomu došlo.



Mohlo by se zdát, že determinismus dává pojmu kauzality přesný obsah a umožňuje jasně formulovat a účinně řešit otázky s kauzalitou spojené. Skutečnost ale není tak jednoduchá.

Důsledný determinismus vlastně přirozenou kauzalitu vytlačuje, podle něho nejsou žádné příčiny, které by samy plně nevyplývaly z předchozích příčin, a vlastně tedy nemůžeme připravit situace, které by jinak nenastaly a které mají své, jen jim příslušející, důsledky. Je tím zpochybněna a odkázána mezi iluze samotná představa o plynutí času. Někteří velcí filosofové a vědci takovýto absolutní determinismus přijímali (Spinoza, Einstein, Gödel), jiní jej odmítali (Aristotelés, Eddington, Bergson). Podstatně nové aspekty vnesla do problému kvantová mechanika, podle níž jsou minulost a budoucnost zásadně rozlišné a současné události nevyplývají jednoznačně z předchozích stavů světa. O těchto problémech se může čtenář dočíst v literatuře, která je jim speciálně věnována.



6.3 POZNÁNÍ A LOGIKA

Jak jsme již uvedli, jeden z největších myslitelů a vědců všech dob Gottfried Wilhelm Leibniz rozlišil tři druhy poznání: intuitivní, demonstrativní a smyslové. Na tomto místě jsme je seřadili v opačném pořadí, jako to udělal sám Leibniz – patrně tím vyjádřil hodnotu, jakou jednotlivým druhům poznání jako racionalista přiznával. Empirik by dal patrně přednost opačnému pořadí. Zamysleme se nad jednotlivými druhy poznání ze současného hlediska.

Co se týče **smyslového poznání**, můžeme dnes dodat, že smyslům napomáháme ve stále rostoucí míře přístroji, které nám umožňují sestoupit k vrstvám reality, jež nejsou v přímém dosahu smyslů. Avšak i údaje přístrojů musíme nakonec smyslově ověřit.

Možnosti **demonstrativního poznání** byly nesmírně posíleny výpočetní technikou. Uvedme například rozklad velkého čísla na prvočísla. Uskutečnime jej podle dobře známých, jednoznačných a spolehlivě fungujících pravidel, jedinec se ovšem přitom může snadno splést a demonstrace, že jeho výsledek správný, si žádá vícenásobnou kontrolu. Navíc, jde-li o číslo hodně velké, může být provedení rozkladu nad síly a časové možnosti člověka vybaveného jen tužkou a papírem. Výpočetní technika zde umožnila nesmírné zvýšení efektivity demonstrací.

Nyní se můžeme odvážit tvrzení, že doménou **intuitivního poznání** zůstává takové poznání, které je nepřístupné i nejdokonalejším přístrojům a počítačům. Ty na rozdíl od nás „nevědí, co činí“, a nemohou tedy spolupracovat na interpretaci svých výsledků.

Jako příklad nezpochybnitelného intuitivního poznání bylo možné až do 19. století uvádět axiomy eukleidovské geometrie či Newtonovo učení o absolutním prostoru a absolutním čase. To je ovšem po vzniku neeukleidovské geometrie a teorie relativity neudržitelné. Odvolávání se na intuici se stalo podezřelým, zvláště pokud jde o zdůvodňování. Můžeme jí ponechat úlohu vodítka k objevům, měla by však co nejméně vystupovat v konečném produktu. Je ovšem patrné, že bez intuice se nakonec neobejdeme. Protože každé zdůvodňování se o něco opírá, **musí být i něco, co přijímáme bez další opory**, jakýsi průnik toho, co všichni jasně myslící lidé považují za správné.

Za takovýto průnik bychom mohli považovat logiku. Odedávna byly uznávány čtyři principy logiky:

- **Princip totožnosti:** Používané pojmy musí během úvahy znamenat stále přesně totéž.
- **Princip sporu:** Žádné tvrzení nemůže zároveň platit i neplatit

- **Princip vyloučeného třetího:** Každé tvrzení buď platí nebo neplatí – není žádná třetí možnost.
- **Princip dostatečného důvodu:** Závěr musí z předpokladů vyplývat jednoznačně – důkaz nesmí mít žádné mezery.

Je otázka, zda tyto principy jsou opravdu nezpochybnitelné. **Dialektika**, jak ji prosazovali např. Hegel a Marx, vychází z názoru o proměnnosti světa, který vývojem řeší své rozpory – tím je zpochybněna platnost principu identity a principu sporu. Stoupenci dialektiky hovoří o dialektické logice, nikdy ji však neformulovali v přesné podobě, v níž by mohla konkurovat klasické logice.

Princip vyloučeného třetího je zpochybňován matematickým směrem, který se nazývá intuicionismus. Jeho stoupenci se dovolávají toho, že existují matematická tvrzení, která nikdy nebudou dokázána ani vyvrácena – co nám pak dává právo věřit principu vyloučeného třetího?

Co se týče zákona dostatečného důvodu, lze namítnout, že v praxi obvykle neznáme dostatečné důvody, a přesto důvěřujeme závěrům, které jsou platné s vysokou pravděpodobností.

Nicméně obvykle užívaná logika uvedené principy respektuje. Tato logika má několik pater:

Výroková logika pracuje s výroky, jejich pravdivostními hodnotami, pojmem negace a logickými spojkami mezi výroky – obvykle jsou to **konjunkce** (a), **disjunkce** (nebo), **implikace** (jestliže, pak) a **ekvivalence** (právě když).

Predikátová logika navíc zavádí obecný (pro všechna x) a existenční (existuje takové x , že) kvantifikátor a pracuje s jednomístnými (Petr je matematik) nebo vícemístnými (Petr je moudřejší než Pavel) predikáty. Pro studium logiky lze doporučit řadu dobrých knih [9],[10].

Ukázka: uveďme jen příklad úsudku

1. výrokové logiky:

Premisy: *Prší-li, je mokro. Není mokro.*

Závěr: *Neprší.*

2. predikátové logiky:

Premisy: *Všichni fyzici jsou vědci. Pavel není vědec.*

Závěr: *Pavel není fyzik.*

V posledních desetiletích nabývá na významu **modální logika**, který používá navíc pojmů „nutné“ a „možné“. Existují však i neklasické logiky³ (trojhodnotová, kvantová a jiné), které se od klasické logiky v různých ohledech liší. Vzniká proto otázka, proč právě klasické logiky nejčastěji používáme a věříme jejich závěrům. Tato otázka je ve skutečnosti velmi obtížná a zabývají se jí

3 Pravdivostní ohodnocení určitých výroků je problematické. Jde třeba o výroky týkající se budoucích událostí. Známý je Aristotelův rozbor výroku: „Zítřejší bitva.“ Výrok může být označen za pravdivý, pokud se bitva uskuteční, a za nepravdivý, pokud k bitvě nedojde. Předpokládáme-li tedy, že tu či onu pravdivostní hodnotu má už od svého vyslovení, říkáme tím vlastně, že o budoucnosti je předem rozhodnuto. Pokud je ale budoucnost už v současnosti takto determinována, nezbývá žádný prostor pro svobodné rozhodování velitelů flotil, což se zdá být absurdní.

hlavně filosofové.

Je pozoruhodné, že aktivně pracující vědci mnohdy formální logiku dobře neznají, a přesto se ve svých úsudcích obvykle nemýlí. Jejich znalost je potřebná až tehdy, když nás zdánlivě nepochybný úsudek zavede na scestí. Logika zajišťuje jednoznačnost a rozumovou evidenci postupu.

„Vědě“ je totiž nakonec jedno, zda vědec na svůj objev přišel logikou, vnuknutím nebo se mu o něm zdálo ve snu. Podstatné pro přijetí je to, zda se mu podařilo platnost svého objevu potvrdit vědeckými metodami.

Přesto bychom úlohu logiky při rozvíjení vědy neměli podceňovat. Umění čistě logického rozhovoru rozvíjel již Zénón z Eleje, který zcela upřednostňoval formální myšlení před smyslovým vnímáním. Zénón měl spoustu veselých nápadů, které dnes řadíme mezi paradoxy.

ASPOŇ JEDEN PŘÍKLAD:

Achilles závodí s želvou v běhu na 100 metrů. Je desetkrát rychlejší a želva proto dostane desetimetrový náskok. Závod je odstartován a Achilles začne želvu dohánět. Uběhne 10 metrů a dostane se tak do místa, z něhož startovala želva. V této chvíli již želva urazila 1 metr, takže má stále před Achillem náskok. Achilles uběhne metr, ale želva je stále před ním, nyní o 1/10 metru. Když Achilles dosáhne i tohoto bodu, je želva stále ještě o 1/100 metru před ním. A tak dál do nekonečna. Náskok želvy se sice stále zmenšuje, ale pořád vede a Achilles tedy nemůže tento závod vyhrát.

Na dialogu, tedy hlavně na kladení otázek a odpovídání na ně, byla založena také metoda výuky v Platónské akademii v Athénách. Účastníci polemik si měli vzájemně vyvracet neobhájitelné výroky a tím si pomáhat na cestě poznání. Každý se musel snažit napřed správně pochopit tvrzení druhého a pak na ně logicky reagovat.

Při středověkých disputacích se užívala tzv. scholastická metoda. Spočívala v konfrontaci argumentů „pro“ a „proti“ určitému názoru. Nazývala se proto také „pro et contra“ nebo „sic et non“ (pro a proti, nebo ano a ne). V univerzitních disputacích bylo pravidlem, že kdo chtěl vznést námitku, musel nejprve zopakovat mínění, proti němuž chce něco namítat, a teprve když předchozí diskutér s touto reprodukcí svých názorů souhlasil, mohl zahájit argumentaci proti.

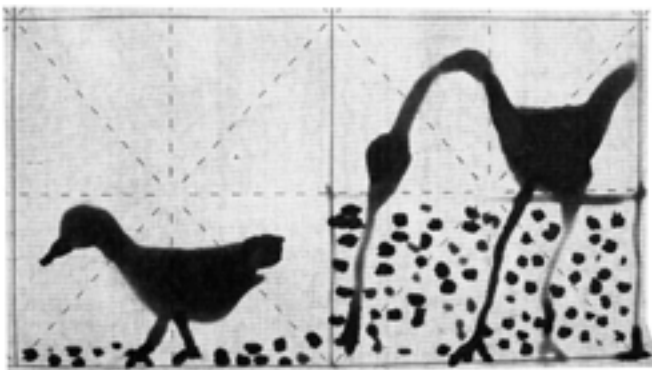
Umění argumentace může ovšem být i zneužíváno k argumentačním klamům. Tak nazveme postupy, jejichž cílem je přesvědčit oponenta bez ohledu na pravdivost názorů, pro něž ho chceme získat. Argumentační klam využívá nenápadného porušení pravidel logického dokazování, ale také působení na emoce místo na rozum. Argumentační klamy jsou základní nástroje propagandy, reklamy a manipulátorů nejrůznějšího druhu.

Logika je pro vědu důležitá také tím, že představuje normativně neutrální oblast. Je dobré si uvědomit, že v případě logických úsudků jde více o formu než o obsah. Z pohledu objektivit může vědecká argumentace předložit právě ty znaky, které lze logicky korektně vyvodit. Ovšem **pouze to, že konkrétní závěry badatele mají dobrou oporu v logickém zdůvodnění, k jejich**

univerzálnímu vědeckému přijetí zdaleka nestačí.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Najděte a posuďte výroky významných osobností (vědců, filosofů, básníků) o pravdě. Podaří se vám najít i takový výrok, který hodnotu pravdy popírá či zpochybňuje?
2. K tomu, aby diskuze přinesla dobré výsledky, musíme ji vést kvalitním způsobem. Představte si, že připravujete diskusi na konkrétní téma, a sepište pravidla, která její kvalitu napomohou.
3. Připravte si obhajobu svých tezí pro odbornou diskusi s kolegy.
4. Přečtěte si dvě zprávy referující o téže události. Jaké informace potvrzují obě zprávy? Které vzájemně doplňují? Co popisují odlišně?
5. Napište seznam informací, které oba texty přináší. Které z nich lze považovat za pravděpodobné a proč? (potvrzeny z obou zdrojů, ověřitelné, apod.)
6. V literatuře se setkáváme s výrazem „efekt motýlího křídla“. Jedná se o to, že nepatrná změna počátečních podmínek v systému řídicím se deterministickými zákony, může ve vzdálenější budoucnosti způsobit velkou změnu chování systému. Např. kdyby motýl nezvířil vzduch mávnutím křídel, nedošlo by později na vzdáleném místě k bouřce. Řekli byste pak, že mávnutí motýlích křídel bylo příčinou bouřky?
7. Je pro vás otázka, zda i vaše chování a jednání je plně determinováno počátečními podmínkami a přírodními zákony, důležitá? Jak si na ni odpovídáte?
8. Posuďte na základě literatury vztah mezi determinismem a fatalismem.
9. Najděte ukázky rozhovoru s prvky manipulace a klamavé argumentace.



7 PARADOXY

7.1 DEFINICE, HISTORIE A DRUHÝ PARADOXŮ

Slovo „paradox“ často slyšíme i v nevědeckých souvislostech. Je-li něco označeno jako „paradox“ či „paradoxní“, obvykle chápeme, co se tím myslí, a pocítujeme, že za na pohled hodně různými užitími slova je jakýsi společný základ. Není však snadné tento základ přesněji určit.

Podívejme se nejprve do slovníku. Lepařův *Nehomérovský slovník řecko-český* říká, že paradoxos znamená: nepodobný; proti záměru; podivný; neočekávaný; nenadálý. Vyplývá to z významu částí složeného slova: para = proti; doxa = mínění, přesvědčení. Paradox je tedy něco, co nás ohromí svou nečekaností, odlišností od běžného mínění, z toho však nutně neplyne nemožnost či nepřijatelnost paradoxu (podle zmíněného slovníku Démosthenes užil výrazu: paradoxní sice snad, ale pravdivé). Někdy ovšem bývá paradox chápán v užším smyslu jako logický spor – výsledek úvah, jimiž dospíváme ke dvěma vzájemně neslučitelným výsledkům.

Vhodnou střední cestu mezi příliš širokým a příliš úzkým chápáním paradoxu navrhl britský filosof R. M. Sainsbury (*Paradoxes*). Podle něho je paradoxem „vyvození zdánlivě nepřijatelného závěru zdánlivě přijatelným uvažováním ze zdánlivě přijatelných předpokladů (premis)“. Důsledkem seznámení se s paradoxem je nepochybně překvapení, jak o tom mluví slovníková definice; rovněž paradox v užším slova smyslu spadá pod Sainsburyho definici, protože spor je jistě pro většinu lidí zdánlivě nepřijatelný.

Sainsbury podává ve své knize bohatou kolekci paradoxů doprovázenou informacemi o jejich původu, různých variantách a pokusech o vysvětlení. Jak je patrné z definice, toto vysvětlení by mohlo být podáno třemi způsoby:

- mylný byl některý z předpokladů, po jeho odstranění či opravě paradox zanikne
- chyba se stala při uvažování, správná úvaha k paradoxu nevede (tomuto druhu paradoxů se v britské literatuře říká „fallacy“, česky bychom snad řekli blud)
- předpoklady i úvaha jsou v pořádku a je třeba se smířit se závěrem, který byl nepřijatelný opravdu jen zdánlivě.

I poté, co najdeme chybu nebo se smíříme se závěrem, zůstává ovšem paradox paradoxem v tom smyslu, že nezasevěného udiví a dá mu námět k přemýšlení. Proto si i „vyřešené“

paradoxy uchovávají svou pedagogickou hodnotu. Mnohdy jsou ovšem paradoxy založeny tak hluboce, že ani po návrhu na vyřešení či vysvětlení nedochází k názorové shodě.

Uvedme příklad z jiné kvalitní komentované sbírky paradoxů (*Paradoxes from A to Z*), kterou sestavil Michael Clark. Jde o paradox známý už z antiky pod jménem „paradox hromady“.

Soubor 10 000 zrněk je hromada.

Pro jakékoli číslo n větší než 1 platí, že je-li soubor n zrněk hromada, je i soubor $n-1$ zrněk hromada.

Tedy jediné zrnko je hromada.

První premisa i závěr se zdají být nepochybné a člověk znalý matematiky bude sotva něco namítat proti užití matematické indukce k vyvození závěru. Nabízí se možnost odmítnout druhou premisu, např. tím, že platí jen do jistého minimálního n . Těžko však najít přirozený a všeobecně přijatelný způsob, jak toto n zvolit. Realita je spíše taková, že existuje jakási přechodová zóna mezi velkými soubory, které jsou nepochybně hromadami, a malými soubory, které hromadami nepochybně nejsou. Jak ale ohraničit tyto zóny? Paradox se tím vlastně jen posunul do jiné roviny. Nebylo by nejlepší se termínu „hromada“ a tedy i paradoxu, který způsobil, vyhnout? Není však takové „řešení“ příliš laciné a omezující náš jazyk a vzdalující nás reálnému světu?

Clark ve své knize věnuje speciální kapitolku samotnému pojmu „paradox“. Začíná ji Sainsburyho definicí a hájí ji před obviněním z neurčitosti: a subjektivnosti (lze se ptát, co přesně znamená „zdánlivě přijatelné“ či „zdánlivě nepřijatelné“ a zda to nemůže každý hodnotit podle svého). Ve skutečnosti pojen paradoxu tuto neurčitost a subjektivnost připouští: můžeme být na vahách, zda něco je opravdu paradox, můžeme se v tom lišit od jiných anebo pod tíhou argumentů a poznatků svůj názor změnit. Pro antické Řeky bylo otřásajícím paradoxem, že délka strany a úhlopříčky čtverce jsou nesouměřitelné (nelze je vyjádřit jako násobky nějaké společné, byť miniaturní, délky). Dnes to už středoškolákům připadá jako přirozený důsledek existence iracionálních čísel a nezamýšlejí se nad tím, že například iracionální číslo nikdy nemůže být výsledkem měření.

Přesto Clark připomíná skupinu úvah, jejíž výsledek bychom uznali za paradoxní, i když vměstnat je do Sainsburyho definice bylo obtížné. Uvedme opět příklad: Kamenné kvádry, z nichž je vystavěn Karlův most, se čas od času pro poškození vyměňují. Jednou nastane doba, kdy ve viditelné části mostu budou všechny kvádry vyměněny. Budou se pak lidé dívat na Karlův most anebo na jeho repliku? A co kdyby poškozené kvádry byly opraveny a byl z nich vybudován nový most přesně neproduktivní tvar, z něhož byly vyňaty? Odpověď je různá podle toho, zda kritériem pro totožnost objektu v různých časech je zachování jeho hmoty nebo zachování jeho formy. Dvě různá mínění v této věci vedou ke dvěma odlišným závěrům.

Mohlo by se namítnout, že tu vůbec nejde o paradox, protože není nic překvapivého na tom, že různá kritéria vedou k různým závěrům. Např. různí soudci rozhodnou o rozsudku jinak, protože mají „odlišný právní názor“. Ne každý názorový rozdíl znamená paradox. V daném případě je ovšem podle Clarka mezi kritérii cosi jako „zrcadlové spojení“. Jedno z nich okamžitě upomíná na druhé a i jediná osoba může váhat, kterému dát přednost. V příkladech tohoto druhu vidí Clark zvláštní typ paradoxů, které nazývá antinomiemi.

Paradoxy jsou trvalými průvodci pokroku lidského myšlení a vědeckého rozvoje. Jsou objeveny a diskutovány zejména v období vědeckých převratů. První významná série paradoxů, která je diskutována dodnes, je spojena se jménem Zenona z Eleje.

Největší zájem o paradoxy spadá do doby vrcholící řecké demokracie. Je spojen s rozkvětem sofistiky, přesvědčení o tom, že člověk je měrou všech věcí a tedy žádná pravda nemá nadlidskou platnost a žádný lidský úsudek není nezpochybnitelný, takže lidem nelze vštípit nějakou definitivní pravdu, ale je možno je pouze více či méně působivými argumenty přemlouvat. Z té doby pochází proslulý sofistický důkaz Gorgiův, že: „Nic není, i kdyby něco bylo, nemohli bychom to poznat, a i kdybychom to poznali, nemohli bychom to sdělit jiným.“ Sokratés a Platón proti sofistům bojovali, ale protože neměli k dispozici rozvinutou logiku, byly leckdy i jejich vlastní argumenty sofistické. Zásadní úder sofistice zasadil teprve Aristotelés, jehož *Organon* končí knihou *O sofistických důkazech*. Ve svých důsledcích sehrály paradoxy a jejich využívání sofisty kladnou roli, když vedly k přesnějšímu myšlení, jehož plody se projevíly v matematice, filosofii i ve vědě.

Také renesanční myšlenkový převrat byl doprovázen zvýšeným zájmem o paradoxy. První debaty o Kopernikově soustavě se točily kolem otázky, zda přípuštění pohybu země nevede k paradoxům – závěrům, které odporují elementární lidské zkušenosti. S paradoxy je spojeno budování teorie pravděpodobnosti. Matematická analýza v podobě, kterou jí dali Newton a Leibniz, vede k paradoxům, když „nekonečně malé“ veličiny se podle potřeby pokládají jednou za nulové a jindy za nenulové. Kritika základů nové matematiky, kterou podal zejména filosof George Berkeley, však nemohla zabránit rozvoji aplikací. Exaktní a nerozpornou podobu dal matematické analýze až v první půli 19. století pojem limity.

Třetí revoluci v matematice (připomeňme, že za první se považuje zavedení iracionálních čísel, za druhou vznik matematické analýzy) předchází Bolzanovy *Paradoxy nekonečna*. Rozvoj teorie množin, který je hlavním výsledkem revoluce, byl iniciován a urychlen potřebou vyrovnat se s paradoxy. Záchranu před nimi našla matematika 20. století ve stanovení axiomů a vyvazovacích pravidel, jejichž přesné dodržování formulaci paradoxů znemožnilo. Gödelovo dílo však poukazuje na zásadní omezení matematiky spočívající v tom, že nikdy nemůžeme nabýt jistoty o tom, že matematická teorie je bezesporná.

Rovněž dvě převratné fyzikální koncepce, které vznikají v prvních desetiletích 20. století – teorie relativity a kvantová teorie – jsou nerozlučně spojeny s paradoxy. V případě teorie relativity se paradoxy většinou ukazují být jen ukázkou jejího rozporu s běžným lidským míněním a sama realita dokazuje, že „zdánlivě nepřijatelné“ závěry přijímá samotná příroda. Paradoxnost kvantové teorie má hlubší povahu a mnozí fyzikové ji dodnes nepokládají za definitivně vysvětlenou.

Paradoxy jsou nepochybně výzvou lidskému rozumu. Připomeňme Whiteheadův výrok: „Sebeúčta intelektu si žádá dořešit každý intelektuální zmatek až do konce.“ V dlouhodobém pohledu měla tato výzva nesmírně kladný efekt: pomohla zbavit se zakořeněných předsudků a umožňovala vykročit k novým horizontům. Výrok však lze vztáhnout nejen k paradoxům „velké vědy“ – vztahuje se i k malým „soukromým“ paradoxům, na něž neustále narážíme při studiu nové látky. Snad budou čtenáři souhlasit, že nejvíce pochopili tenkrát, když při studiu narazili na paradox: například na dva vzájemně neslučitelné výsledky zdánlivě nezpochybnitelných výpočtů anebo na závěr napohled správné úvahy, který se jim zdál absurdní, a houževnatě se snažili paradox – překážku na cestě k pochopení – odstranit.

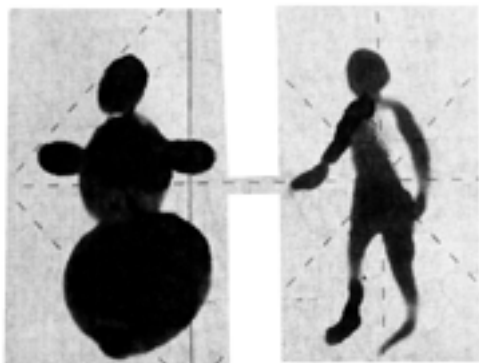
Takové malé bitvy končí obvykle vítězstvím, které vlastně znamená zánik paradoxu. Jak již bylo řečeno, nalézáme chybu v úvaze, mylný předpoklad anebo pochopíme, že na pohled

paradoxní výsledek je přijatelný a dá se mu porozumět. Co se týče antinomií, může být takovým vítězstvím nalezení přesvědčivých důvodů pro jednu z alternativ.

Vrátíme-li se však k velké vědě, můžeme se odvážit tvrzení, že takového ideálu zdaleka dosaženo nebylo. Snad také můžeme říci, že v matematice je poněkud jiná situace než ve fyzice. Přísná exaktnost nás chrání před paradoxy (i když zcela pojištění proti jejich nenadálému vynoření nejsme). Tímto způsobem jsme však spíše zamezili formulaci paradoxů, než abychom je vysvětlili a tím opravdu zneškodnili. Trvale se objevují názory, že současná matematika je příliš rigidní, což může ztížit její spolupráci s moderní fyzikou. V matematice vznikají různé neortodoxní směry, které představuje například Petr Vopěnka v knize *Velká iluze matematiky XX. století a nové základy*[11].

Ve fyzice se paradoxy projevily zejména přítomností nekonečných výsledků ve výpočtech některých veličin. Řešení zde nespočívalo v zahrnutí paradoxů za hranice vědy, ale spíše k jejich izolaci na území, kde nemohou škodit. Jak konstatovala řada předních fyziků, současné špičkové fyzikální teorie nejsou z logického hlediska zcela uspokojivé a lze jen doufat, že vytoužená „teorie všeho“ bude rozpoznána právě podle toho, že všechny rozpory odstraní.

Základní dilema, zda máme paradoxy vyloučit anebo se naučit s nimi žít, tak zůstává otevřeno. Přinejmenším pro úplnost poznamenejme, že v historii sehrál významnou roli ambiciózní přístup k paradoxům – dialektika, kterou prosazoval Hegel a kterou přijal Marx a jeho stoupenci. Podle dialektiky rozpory tkví v samé povaze bytí a umožňují vývoj. I myšlení by proto s nimi mělo počítat. Dialektika ztratila na věrohodnosti zčásti vinou svých stoupenců, kteří byli ochotni „dialekticky zdůvodnit“ cokoliv, co vyhovovalo dočasným vládcům, a zčásti proto, že neumožňovala axiomatickou formulaci a podřízení přesným pravidlům, které se staly ve špičkové vědě 20. století obvyklými. Přesto rozpory a paradoxy zůstávají hnací silou myšlení a poznávání a neměli bychom proto dialektiku paušálně zavrhnout.



7.2 ŠEST KRÁSNÝCH PARADOXŮ

1. Kdo je vrah?

V útulku uprostřed pouště přespávali tři muži, z nichž dva nenáviděli třetího a nezávisle na sobě se rozhodli ho zabít. První v noci vstal, nasypal mu do vaku s vodou jed a odejel. Když si

druhý k ránu povšiml, že zůstal se svým spícím nepřitelem sám, vylil mu z vaku vodu a odejel. Muž zemřel žízni. Oba pachatelé byli dopadeni, usvědčeni a postaveni před soud.

„Je pravda“, řekl advokát prvního, „že můj klient nasypal zemřelému do vody jed. Ale on přece tuto vodu nevpil, takže můj klient jej určitě nezavraždil.“

„Je pravda“, řekl advokát druhého, „že můj klient vylil zemřelému obsah vaku. Jenže tento vak v dané chvíli již neobsahoval pitnou vodu, ale smrtící jed, takže můj klient jeho smrt rozhodně nezpůsobil.“

Proti oběma obránám těžko co namítat. Kdo tedy zavinil smrt oběti?

2. Jánošíkův problém

Jánošík se rozhodl, že bude bohatým brát a chudým dávat. Jak ale spravedlivě posoudit, kdo je bohatý a kdo chudý? Zvolil tento postup: Napoprvé si nahodile vzal nějakou částku, po setkání s prvním pocestným porovnal jeho hotovost se svou a podle toho, měl-li více či méně než pocestný, mu své peníze dal nebo si vzal jeho. Příště s sebou vzal tolik, kolik měl první pocestný, a s dalším pocestným naložil stejným způsobem, atd. Uvažoval, zda při tomto postupu více získá či ztratí. Došel k názoru, že přesně reprodukuje zvyky pocestných, a tudíž musí v průměru v polovině případů získat a v druhé polovině ztratit. Získávat však bude při setkání s bohatými, kdy získá více, než měl, kdežto ztrácet při setkání s chudými, kdy ztratí jen to, co měl. Ze své péče o sociální spravedlnost se tedy bude moci i sám živit.

Pohledme však na věc i z hlediska pocestných, kteří Jánošíka potkávají. Úvaha je obdobná: v polovině případů pocestný získává a v polovině ztrácí – pokud získá, získá více, než měl, pokud ztratí, ztratí jen to, co měl, a tedy v dlouhodobém průměru pocestní bohatnou a Jánošík ztrácí.

Obojí ale nemůže platit zároveň. Kde je v předchozích úvahách chyba?

3. Vrány a holubice

Říká se, že všechny vrány jsou černé. Nemůžeme to prokázat s naprostou jistotou, dokud jsme neprohlédli všechny vrány. S každou další spatřenou vránou však roste naše důvěra v platnost tvrzení. Výrok „Všechny vrány jsou černé“ je logicky ekvivalentní výroku „Co není černé, není vrána“ či stručněji „Všechny nečerné (věci) jsou nevrány“. Analogicky s předchozím mohu říci, že s každou spatřenou nečernou nevránou roste má důvěra v platnost předchozího výroku, a tedy i v platnost ekvivalentního výroku, že všechny vrány jsou černé.

Jak ale může spatření bílé holubice posilovat důvěru v to, že všechny vrány jsou černé?

4. Král a Sandokan

Král slíbil Sandokanovi, že mu dá svou dceru za ženu, prokáže-li nejen sílu, ale i pohotovost. „Budeš postupně otevírat deset dveří, za jedněmi z nichž je zuřivý tygr. Musíš zabít tygra, který na tebe nečekaně vyrazí.“

„Jedním si mohu být jist“, uvažoval Sandokan. „Za desátými dveřmi tygr není, protože pak bych to předem věděl a nevyrazil by tedy nečekaně. Desáté dveře mohu ze svých úvah klidně vyloučit. Jejich roli pak přebírají deváté dveře, o nichž platí stejná úvaha. Tak dojdou až k prvním dveřím a uzavřu, že král mi nemohl říci pravdu. Mám pro to jediné vysvětlení – pouze mě zkoušel a ve skutečnosti se tygra nemusím obávat.“

Po této úvaze Sandokan bez obav otvíral dveře, až na něho z pátých naprosto nečekaně vyrazil zuřivý tygr. Král tedy nelhal. Kde učinil Sandokan ve svých úvahách chybu?

5. Všechno nebo nic?

Máme k dispozici očíslované koule v počtu, který lze do nekonečna zvyšovat, a bezednou urnu. Hodinu před polednem vhodíme do urny prvních deset koulí a první z nich ihned vytáhneme. Půl hodiny před polednem vhodíme dalších deset koulí a druhou vytáhneme. Čtvrt hodiny poté vhodíme dalších deset a vytáhneme třetí. Tak pokračujeme, dokud nenastane poledne. Kolik koulí je v poledne v urně?

Odpověď A: Je jich tam nekonečně mnoho, protože v každém z nekonečného počtu aktů jich přibýlo devět.

Odpověď B: Není tam žádná, protože každá byla jednou vytažena.
Která odpověď je správná?

6. Spravedlivá hra

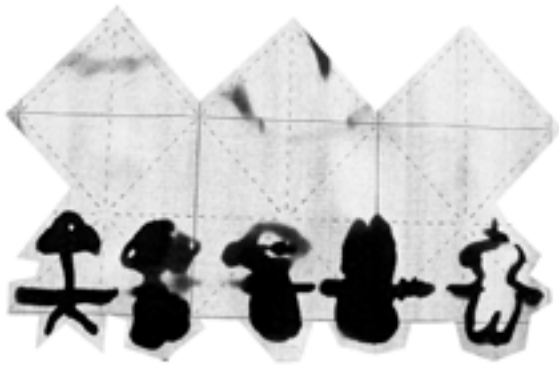
Pavel nabídl Petrovi, že si zahrají o peníze. Házení korunou rozhodne o vítězi v každé hře, protože však Pavel je chudý, bude mít právo rozhodnout o velikosti sázek. Petr souhlasil v přesvědčení, že tento dodatek nemůže spravedlnost hry ovlivnit, protože v každé jednotlivé hře jsou šance na výhru u obou stejné.

Pavel zvolil tuto strategii: Napoprvé vsadím korunu. Vyhrá-li, budu sázku opakovat. Prohrá-li, vsadím dvě koruny, takže bude-li následovat výhra, budu mít zisk jedné koruny. Tak budu postupovat stále. Jakmile vyhráji, začnu sázet od koruny, dokud však budu prohrávat, budu zvyšovat sázku tak, abych v případě výhry si vynahradil ztrátu a ještě získal korunu navíc (tedy po n prohrách vsadím $(n/2)/(n+1)+1$ korun). I kdybych mnohokrát za sebou prohrál, série proher jednou skončí, a každá výhra pro mne znamená zisk další koruny. Tak můj zisk bude stále narůstat.

Uvažoval Pavel správně? Pokud ano, co bylo chybného na Petrově přesvědčení o spravedlivosti hry?

OTÁZKY A ÚKOLY

1. Který paradox vás nejvíce překvapil? Snažili jste se jej vyřešit a s jakým úspěchem?
2. Některé z paradoxů v naší malé sbírce mají dlouhou historii a speciální názvy. Pokuste se to vyhledat.
3. Domníváte se, že některý z uvedených paradoxů lze plně vysvětlit?
4. Uved'te umělecká díla, v nichž hrají významnou úlohu paradoxy.
5. Připusťme (hypoteticky), že existuje střela, která prostřelí každou překážku. Připusťme také, že existuje absolutně neprůstřelný pancíř. Co se stane, když tato střela narazí na neprůstřelný pancíř?



8 CHARAKTER VĚDECKÉ PRÁCE

8.1 VĚDECKÉ METODY

Budou-li tvrzení badatele tvořena výroky, které je možno ověřit s odvoláním na fakta, jeho výsledky zkoumání získají vědecký charakter. V úvodu jsme se seznámili s tím, jak lze vědecký přístup k problému rozpoznat podle určitých znaků zkoumání (objektivnost, neosobnost, zákonitost, testovatelnost, apod.). Další markantní znaky vědeckého přístupu jsou **racionalita** a **kritičnost**. Pod racionalitou (z latinského ratio = rozum) chápeme takový přístup ke zkoumání skutečnosti, který je založen na rozumu, tj. opírá se o znalosti a důvody, které jsme schopni formulovat, vyložit a obhájit, a snaží se maximální míře vysvětlit jevy z nich samých, analýzou jejich vnitřních a vnějších příčin.

Racionalita respektuje autoritu argumentu. Garanci racionality a kontrolovaného přístupu představují **vědecké metody**.

V Oxfordském slovníku (Oxford English Dictionary) se dočteme, že vědecká metoda je: „procedura, charakteristická od 17. století pro přírodní vědy, sestávající se ze systematického pozorování, měření a experimentu, a dále z formulace, testování a modifikace hypotéz.“

V praxi práci konkrétního autora považujeme za „vědeckou“ v té míře, v níž autor kontrolovatelným způsobem doložil nově získanou zkušenost a umožnil následovníkům, aby podobné pokusy a výpočty prováděli dál. V tomto smyslu nemusí být žádný „vědecký“ popsaný postup ztrátou času: buď posouvá vědění kupředu, nebo ukazuje ostatním, kudy se nemá smysl vydávat. K tomu, aby se výzkum ubíral rychleji kupředu, předběžně postup zkoumání plánujeme a podrobně rozmýšlíme.

Podle pojetí Umberta Eca má výzkum vědecký charakter, pokud splňuje následující kritéria:

1. Předmětem výzkumu je poznatelný či identifikovatelný předmět, jenž musí být označován a definován tak, aby byl poznatelným a identifikovatelným rovněž pro ostatní. Pojmenovat předmět znamená určit podmínky, za nichž o něm můžeme mluvit, a to na základě pravidel, která stanovíme nebo která stanovili jiní již dříve. Určíme-li pravidla, máme k dispozici nástroje, které činí náš předmět poznatelným a identifikovatelným.
2. Výzkum se musí dopracovat k tomu, aby o předmětu našeho zájmu sdělil věci, které ještě řečeny nebyly, anebo aby se podíval novým pohledem na věci, které již řečeny byly. I kompilační dílo má určitý vědecký smysl, pokud ještě nic podobného v daném oboru neexistuje. Kompilátor shromažďuje a organicky spojuje názory, které byly vysloveny různými badateli na dané téma.
3. Výzkum musí být užitečný a prospěšný pro ostatní.
4. Výzkum musí poskytnout předpoklady pro potvrzení nebo vyvrácení předpokladů, z nichž vychází. Nesmí znemožnit to, aby kdokoliv jiný mohl v uvedeném bádání pokračovat.

Dnešní vědec se snaží popsat své výsledky především kvantitativně. Ještě ve středověku ve vědeckých studiích ovšem převládal kvalitativní přístup často z dnešního pohledu založený na subjektivních pozicích. Těžko by v dnešním vědeckém referátu obstál text, kde by autor hovořil o teplých a studených tělesech, aniž by zavedl nějakou objektivní stupnici rozlišení.



8.2 JAZYK VĚDY

Mají-li lidé hovořit o téže věci, je potřeba sjednotit jejich představy o významu slov, jimiž skutečnost vyjadřují. Pro vědeckou práci se užívá jazyk, jehož výrazy nesou zřetelně vymezený význam. Toho se dosahuje postupně vytvořením pojmů, nových slov a sestavením definic. Přiřazené významy se ve vědecké komunitě konsensuálně ustálí a vzniká odborné pojmosloví – **terminologie**. Jazyk vědy trpí určitým redukcionistickým nádechem. Tvorba „definic a pojmů“ není vůbec snadný úkon, výstižná definice nebo užší vymezení nového pojmu představují často vrchol výzkumných snah. Každá věda se snaží o objektivní formulace a tak ani symbolika a jazykové prostředky ve vědeckém textu nejsou libovolné, čímž se zužuje možnost zkreslení výpovědi osobní interpretací.

Potíž je v tom, že výsledný „ošetřený“ vědecký text je příliš suchopárný a pro neoborníka či začátečníka těžko srozumitelný. A tak třeba učitel musí hodně promýšlet, jaká má volit slova, jimiž by adekvátně označil a vysvětlil vědecký problém, aniž by ležérním vyjadřováním věci uškodil. Pro běžnou srozumitelnost a pro vzdělávací účely musíme vědecký jazyk napojit na běžnou mluvu a připustit méně rigorózní výklad i metaforický jazyk.

METAFORICKÝ JAZYK VE VĚDĚ

O tom, jak vznikaly dnešní termíny a definice, se můžeme poučit z historie. Když se vědec setkal s něčím neznámým, pojmenoval to mnohdy metaforicky dříve, než tomu plně porozuměl (pole, barva či vůně kvarku, velký třesk, černé díry, temná hmota). Pokud se časem pojem ukázal jako zbytečný: éter, flogiston, vytratil se. Ostatní pojmy postupně vycizelovaly do podoby ustálených termínů.

Isaac Newton ve své době neměl k dispozici termíny současné mechaniky a tak používal slova převzatá z normálního jazyka. Řadu veličin ve svých pracích uvádí v mnohem širším významu, než jak je to terminologicky „povoleno“ dnes. Sílu a setrvačnost Newton opisoval metaforicky slovy „snaha“ a „tendence“. Dodnes anglický termín „force“ má výrazně širší význam než odpovídající „síla“ v češtině.

Přenos poznatků konkrétní vědy bývá obtížný i uvnitř disciplíny samé, natož předávání poznatků veřejnosti. Sdílitelnost lze razantně navýšit přirovnáním k běžnějším a názornějším věcem. Metaforické vyjadřování je nástroj přinášející užitek pro mezioborovou komunikaci

a popularizaci vědy. Ovšem stylistický jazykový prostředek představuje pro vědecké vzdělávání dvojitou zbraň. Metafora vždy trochu kulhá a může člověku danou látku právě tak zatemnit jako objasnit. Záleží na tom, zda je příjemce schopen analogii sledovat a po jaké cestě. Třeba ani černé díry (black holes) nejsou skutečné díry, ale jen metaforický obraz sdělující fakt, že jejich gravitační působení „pod horizontem“ nedokáže překonat žádná forma hmoty (odtud díry či snad spíše jámy) a to ani světlo (odtud černé). Účinnost přenosu „metaforicky“ podané látky závisí na předchozích znalostech posluchačů a na jejich rozlišovacích schopnostech.

Výstižné metaforické vyjadřování posluchače často zaujme. Jeho nekritické použití může způsobit nedorozumění, zejména pokud jsou určité atributy „obrazu“ považovány za platné i tam, kam již jejich význam nesahá. Schopnost zobecňovat je křehký dar, s nímž je třeba opatrně nakládat.

To, co je spojeno s obrazným vyjadřováním, jsou vědecké koncepty či přímo modely. Modely jsou pomyslné mosty mezi skutečností a teorií, tedy vlastně speciální metafory. Je jim dále věnována celá kapitola.

8.3 METODA, METODOLOGIE, METODIKA

Prakticky každý si někdy přál umět aspoň na chvíli předpovědět budoucí události. Zvídaví lidé se od počátku s nadšením ujali tohoto úkolu, všímali si dění v přírodě i kolem sebe a snažili užitím často bizarních metod věci kolem sebe předvídat. Postupně přecházeli na to, že ne každý způsob dává dobré výsledky a že ne vše, co si usmyslíme, můžeme zjistit.

Vědecká metoda v širším pojetí je označení obecného poznávacího postupu, způsobu zkoumání, který v sobě zahrnuje všechny běžné racionální nástroje (syntézu, abstrakci, apod.). Nejde o pouhý návod či recept. Vědecká metoda je opakovatelný systematicky organizovaný postup založený na logické konzistenci a empirickém ověřování.

Metodologií oboru rozumíme soubor metod a poznatků o tom, jaké korektní postupy je vhodné volit při zkoumání v daném oboru. Např. metodologie klinického výzkumu, statistická metodologie aj.

Obecná metodologie vědy kriticky zkoumá a shrnuje výhody i úskalí **všech metod**, které vědci užívají.

Metodika je konkrétní návod ukazující speciální postup, např. metodika tvorby bibliografických citací, metodika hodnocení výsledků výzkumu apod.

Vědecké metody se podle převládajícího způsobu práce dělí do dvou skupin: na metody empirické a metody logické. V konkrétním výzkumném úkolu se metody vzájemně kombinují, doplňují i překrývají a tím využívají i určitou synergii.

CHARAKTERISTIKY VĚDECKÉ METODY:

1. je vědomě kritická a sebekorekční (neustále zkoumá a prověřuje sama sebe)
2. je objektivně sdělitelná (lze popsat a prezentovat obsah poznatku)
3. je objektivně ověřitelná (dá se prověřit její validita a reliabilita, viz dále)

Pro přírodní vědy jsou typické tyto obecné metody:

1. **pozorování** – sledování určitého jevu v jeho přirozených podmínkách, aniž by pozorovatel do průběhu jevu zasahoval (blesky při bouři, východ Slunce, sledování chování ptáků, ...)
2. **experiment** – sledování jevu v uměle připravených podmínkách v laboratoři. Při pokusech vyvoláme určitý jev, měníme počáteční podmínky a sledujeme vliv těchto počátečních podmínek na průběh jevu.
3. **teoretické metody** – logická analýza zkoumaného jevu
4. **vytváření hypotéz** a to buď na základě pozorování a experimentu nebo na základě základních znalostí daného jevu vytváříme vědecky zdůvodněnou představu o průběhu a příčinách jevu a pravdivost své představy ověřujeme.

Zastavme se u pojmu hypotéza v kontextu našeho textu. V běžné řeči se slovo „hypotéza“ vnímá jako tvrzení, jemuž se nedá plně věřit, historicky tomu tak bylo i v počátcích vědy, viz známý Newtonův výrok: „Hypotézy nevymýšlím“. Nyní slovo hypotéza nabralo v metodologii vědy poněkud jiný význam. Termín „hypotéza“ se postupně stal základním vědeckým nástrojem nejen kvalitativního výzkumu.

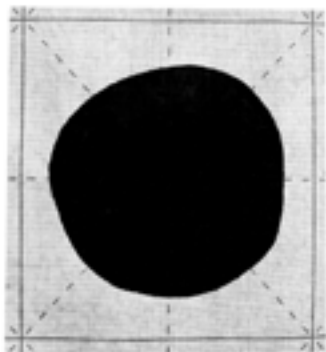
Hypotéza je předběžné tvrzení o vztahu mezi zkoumanými proměnnými na základě zkušenosti nebo intuice. Z této představy o vztahu mezi proměnnými následně vychází předpoklad budoucího chování systému. Hypotéza bývá nejčastěji deduktivně vyvozena z teorie a slouží k ověřování pravdivosti či nepravdivosti dané teorie. V textu budeme mít nadále hypotézou na mysli právě **vědeckou hypotézu** neboli určité explicitní tvrzení, které je možné ověřit, zda je pravdivé či nikoliv.

Zejména pro kvalitativní výzkum jsou formulace hypotéz klíčovým momentem výzkumu. Při formulaci hypotéz bychom se měli držet určitých zásad:

- měla by být formulována stručně, jednoznačně, logicky a jednoduše
- měla by být formulována ve formě oznamovací věty, nejčastěji implikace
- měla by být ověřitelná
- za hypotézu by neměly být vydávány definice nebo neurčitá tvrzení

Následné ověřování hypotéz může vést k formulaci **vědeckých zákonů**. Zákony postihují obecnější rysy jevů. Mají různý stupeň exaktnosti – např. Baerův zákon, podle něhož se břehy řek na severní polokouli podemílají rychleji než břehy levé, je méně exaktní než Newtonův gravitační zákon, který stanoví přesné vztahy mezi proměnnými. Soustava vědeckých zákonů se stává podkladem pro vytvoření vědecké teorie, která představuje konzistentní výklad určitého souboru jevů na základě znalostí získaných vědeckou metodou. V tomto smyslu lze říci, že teorie nabízí vysvětlení jevů, které je ovšem vždy otevřeno dalšímu ověřování a testování. Např. Baerův jev vysvětluje newtonovská mechanika jako důsledek působení Coriolisovy síly, Newtonův gravitační zákon zapadá do spojení Newtonovy mechaniky s jeho teorií gravitace a může být jako přibližně platný vyvozen i z Einsteinovy teorie gravitace, kterou je obecná teorie relativity.

Hypotéza představuje efektivní nástroj jednak k verifikování vědeckých teorií a sama o sobě má také objevitelskou funkci. Americký psycholog **Fred N. Kerlinger** dokonce tvrdí, že hypotéza je zatím nejsilnější nástroj, který člověk vynalezl, aby dosáhl spolehlivého poznání [12].

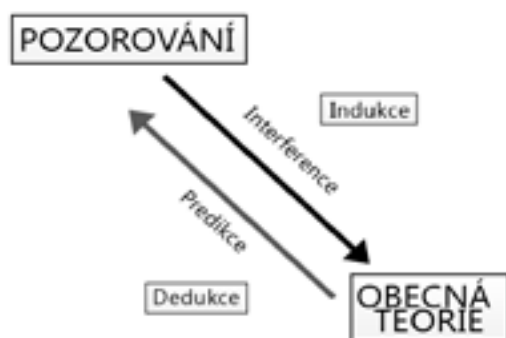


ANALÝZA PROBLÉMU

Pokud výsledky experimentu poukazují na vztah mezi zkoumanými veličinami, nastává potřeba zformulovat závěry bádání. K vlastnímu rozboru výsledků a podmínek docházíme logickými myšlenkovými postupy, mezi něž patří **srovnávání, analogie, abstrakce, idealizace, konkretizace, zobecňování, analýza, syntéza, indukce a dedukce**. Jsou to základní nástroje racionality a jsou přítomny v jakékoli vědecky pojaté práci, ale i v běžném praktickém životě.

Zobecnění poznatků tím, že přeneseme závěry učiněné z výběrového souboru pozorování na celý zkoumaný systém, nazýváme **induktivním usuzováním**. Induktivní způsob uvažování a rozhodování opírající se o neúplnou informaci, doplněnou domněnkami, je pro běžný život člověka téměř nezbytný. Lidé se mohou učit z jednotlivých zkušeností. Závěry induktivních úvah jsou subjektivní, a tedy mají omezenou platnost. S logickým zdůvodněním plné oprávněnosti indukce zatím nikdo neuspěl, protože indukce se pokouší o přetvoření neúplné informace v úplnou. Pro vědecké účely přináší statistika na základě teorie pravděpodobnosti způsoby, jak jednotlivosti objektivněji přenášet na celek, a tak umožňuje vytvářet obecné závěry s udáním stupně jejich spolehlivosti.

Indukce představuje jeden ze základních způsobů myšlení, přičemž druhým základním způsobem je **deduktivní myšlení** (dedukce). Při deduktivním myšlení z obecných zákonitostí (teorie) činíme závěry (predikce) pro jednotlivé případy. Toto myšlení se uplatní zejména v matematice. Obdivuhodná nezvratnost deduktivních závěrů je však dosahována za tu cenu, že toho mnoho o reálném světě nevypovídají. Na obrázku je znázorněn základní rozdíl mezi deduktivním a induktivním myšlením.



Obr. 6 Sekvenční vztah indukce a dedukce

Vědec nepracuje pouze s empirickými daty, ale rovněž s poznatky teoretickými. Teoretickými poznatky jsou již známé **zákony** a **principy**. Teorie, která pokrývá jevy dané disciplíny, vychází z postulovaných axiomů. Zpravidla existuje více možností, jak vytvořit **axiomatický základ** určitého vědního oboru. Axiomatické základy se liší svou obecností, charakterem i počtem postulátů.

Například klasická mechanika může vycházet z Newtonových zákonů nebo z Principu nejmenší akce a vlastností inerciální soustavy. Je zřejmé, že zatímco první přístup dovoluje přímočarou formulaci „běžných“ problémů z oblasti mechaniky až po otázky pohybu kosmických těles, druhý je (v důsledku své obecnosti) způsobilý analyzovat problémy, v nichž se uplatňují i elektrické, magnetické a relativistické jevy.

Na ukázkou uvádíme, jak své vědecké zásady formulovali dva přední vědci.

René Descartes si stanovil pro svou práci **pravidla**:

1. Vědec nemá přijímat za pravdu nic, co by jasně a zřetelně, bez pochybností, s evidencí nebylo ověřeno,
2. vědec si má rozdělit problém na menší celky,
3. má postupovat od jednoduchého k složitějšímu,
4. má si zajistit úplnost informací.

Isaac Newton a stručný výčet jeho zásad (metod):

1. Nemá se připouštět více příčin, než je nutné a dostačující pro vysvětlení přírodních jevů.
2. Proto stejným přírodním účinkům jest připisovati, pokud je to možné, stejné příčiny.
3. Vlastnosti těles, které nemohou být ani zvětšeny, ani zmenšeny a které náležejí všem nám známým tělesům, jest třeba míti za obecné.
4. These, dovozené induktivně z jevů, mají – nehledě na these protikladné, které mohou být přimyšleny – býti pokládány za zcela nebo téměř zcela pravdivé do té doby, dokud se neobjeví jiné jevy, které je buď zpřesní nebo vyvrátí.

První z Newtonových zásad se označuje také jako **Occamova břitva**. Zajímavé je, že poslední zásada je blízká Popperovu konceptu falsifikace, kdy daná hypotéza je falsifikována, vyvrácena nějakou nově objevenou skutečností, která se dané hypotéze vymyká.

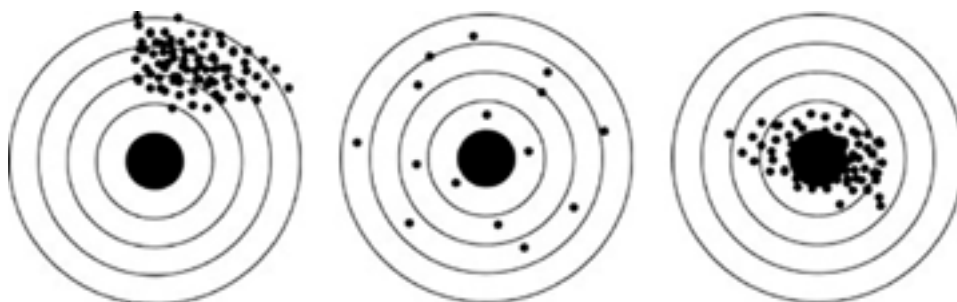
8.4 CHARAKTERISTIKY SPOLEHLIVOSTI A PŘESNOSTI

Pro posouzení toho, jak naše závěry vyhovují realitě, potřebujeme zavést míry objektivity. Potřebujeme jimi vyjádřit, jak přesně jsme experiment (test) prováděli a do jaké míry jsme změřili to, co jsme chtěli měřit. Tyto charakteristiky jsou vyjádřeny reliabilitou a validitou.

Reliabilita (spolehlivost) je ukazatel, který vypovídá o tom, nakolik je výsledek testu ovlivněn náhodnou chybou, resp. do jaké míry bychom obdrželi stejný výsledek při dalším nezávislém testování.

Validita popisuje, do jaké míry test měří opravdu tu vlastnost, kterou chceme, aby ve skutečnosti měřil.

Tyto dva koncepty a vztah mezi nimi lze dobře ilustrovat na příkladu střílení na terč.



Obr. 7 Charakteristiky - vysoká reliabilita a nízká validita, nízká reliabilita a nízká validita, vysoká reliabilita i validita

Reliabilita (spolehlivost) je sice předpokladem validity, není ale předpokladem jediným. Přesná střelba se spolehlivě trefuje tam, kam chceme, čili na střed terče. Právě tak validní test musí spolehlivě měřit to, co požadujeme, aby měřil.

Ve fyzikálním experimentu jsou ukazatele spolehlivosti a objektivity výsledků měření zavedeny poněkud jinak. Tradičně se při zpracování experimentu nejprve rozliší chyby měření podle toho, kde vidíme původ příčiny vzniku odchylek. Odchylky rozdělujeme na chyby hrubé, systematické a nahodilé.

Chyby hrubé vznikají přehlédnutím nebo užitím vadného přístroje, kontrolou se dají snadno odhalit a jejich vliv na měření je možné vyloučit. **Chyby systematické** jsou způsobeny stále stejnou příčinou. Navenek se projevují tak, že při mnohonásobném opakování téhož měření jsou naměřené hodnoty soustavně vyšší nebo nižší než skutečná hodnota. Systematické chyby lze zdokonalením měřicí metody a použitím nezávislým měřících metod omezit. Obvykle je rozdělujeme

do čtyř skupin: chyby metody, chyby metody vyhodnocení, chybné stanovení podmínek měření, chyby přístroje. Systematická chyba přístroje může mít charakter aditivní, to pokud je chybné nastavení nulové polohy, nebo charakter multiplikativní, pokud má přístroj chybnou citlivost. Typ a velikost chyby uvádí pro každý přístroj výrobce.

Nahodilé (náhodné, stochastické) chyby nejeví známky pravidelnosti, nedaří se objevit jejich příčiny ani odstranit jejich vliv na měření. Metodami matematické statistiky je možné tyto chyby popsat a určit jejich vliv na měření. Výsledek měření se vždy udává nikoliv jako číslo, ale jako tzv. interval spolehlivosti. Rozlišit mezi náhodnou a systematickou složkou chyb můžeme pomocí měření na etalonech a standardech.

Nejistota měření je parametr související s výsledkem měření a charakterizující rozptýl hodnot, které je možno racionálně přiřadit k měřené veličině. Jedná se o poměrně nový mezinárodně standardizovaný přístup ke zpracovávání výsledků měření. I pro tento inovovaný parametr je podstatný výše uvedený charakter zdrojů odchylek, k systematickým chybám se navíc přidává odhad nejistoty na základě všech dostupných informací. Tím se zohledňují zkušenosti z předchozích sérií měření, z poznatků o chování materiálů, údaje získané při kalibraci a také nejistoty referenčních údajů v příručkách.

Ani **objektivnost** výsledků ještě sama o sobě nezaručí jejich **správnost**. Objektivnost znamená jen to, že výsledky nezávisí na názoru a přístupu vědce a že jsou podloženy objektivně přístupnými a kontrolovatelnými daty. Pokud určitý sled kroků vykoná předepsaným způsobem kdokoli, měl by při zkoumání daného jevu dojít k obdobným výsledkům. Tím dostává vědecké poznání i další vlastnost a to **ověřitelnost**. Poznatek, který není možné empiricky znovu ověřit, je nevěrohodný. Ověřování vědeckých poznatků probíhá téměř neustále a už jsme zmínili, že za charakteristiku vědecké metody považujeme její sebekorekci.

8.5 ZÁKLADNÍ ETAPY VĚDECKÉ PRÁCE

Výzkumný rámec, v němž se rozhodne vědec problém řešit, spočívá v uvážení možností, které má k dispozici (místa, účastníků, financí apod.) a v rozhodnutí, kde a jak si opatřit to, co k výzkumu bude potřebovat. Pak může začít plánovat časový sled a dobu trvání jednotlivých činností.

Shrneme-li kroky vědecké práce časových etap, dostaneme přibližně následující posloupnost:

1. Identifikace problému.
2. Výběr, třídění a vyhodnocování již existujících informací o řešeném jevu.
3. Vytvoření hypotézy, směřující k řešení vědeckého problému.
4. Plán řešení pro ověření hypotézy – volba metod a techniky
5. Vlastní řešení.
6. Vyhodnocení získaných výsledků a jejich interpretace.

Vědec postupně přetváří zkoumaný problém v řadu hypotéz, v nichž je problém určitým způsobem zachycen. Hypotézy je možno ověřit experimentálně, ať již skutečně řadou přímých a nepřímých měření (hypotéza heliocentrické soustavy, hypotéza existence éteru) nebo rozličnými porovnávacími metodami ohodnotit míru shody mezi teoretickým modelem a pozorováním.



Obr. 8 Stádia výzkumného postupu

STAČÍ POUŽÍVAT VĚDECKÉ METODY NA VŠE KOLEM A PAK VYTVOŘÍME „VĚDU“?

Ano, ale jen částečně. Věda v každé etapě svého rozvoje disponuje nejen metodami, ale zároveň své výsledky synteticky zpracovává a nabízí tak jejich vysvětlení. Tato zobecňující vysvětlení nazýváme vědeckými teoriemi. Každá vědecká teorie je přímo konfrontována s realitou.

Hlavním cílem teorie je obecněji reprezentovat určité jevy v přírodě. Od Galilea se pro potvrzení nebo vyvrácení teorie používá pozorování a experiment. Jakoukoliv teorii bez tohoto rozhodujícího testu nelze považovat za vědeckou. Konkrétní teorie přijatá bez ověření experimentem se považuje za dogma. Situace ovšem nemusí být tak jasná v případech, kdy testování není zatím možné anebo kdy experiment nevede ke zcela jednoznačným výsledkům. A k takovým situacím dochází.

Potvrzení nových teorií vyžaduje určitý čas a prostředky. Ani nově navržená teorie nemusí všemi exaktními „filtry“ projít. Vědci neopustí dosavadní konzistentní teorii vybudovanou na solidních základech jen proto, že v dílčích případech nedává zcela správné předpovědi. Důležité pro poznání je, aby nezůstali dogmatictí a stále hledali vysvětlení.

Podle Richarda Feynmana „některá vědecká tvrzení jsou jistá, některá skoro jistá, ale žádná není naprosto jisté“, každý vědec musí připustit nevědomost a omylnost. Věda má dvě hodnoty: schopnost něco vytvořit „klíč k bráně nebes, ale otevírá i brány pekel“ a intelektuální potěšení a zábavu.

8.6 ROLE EXPERIMENTU VE VĚDĚ

Experiment hraje ve vědě několik rolí. Jedna z nejdůležitějších je testovat hypotézy a neustále ověřovat teorie, a tím poskytovat základní fakta pro poznání. Výsledky pokusů, které nejsou v souladu s předpoklady, motivují k úpravám v rámci stávající teorie nebo dokonce k formulaci teorie nové. V minulosti se často stalo, že se objevil nový jev, který potřeboval vysvětlení, a bádání ukázalo, že stávající teorie je nesprávná nebo neúplná. Experiment, jehož výsledky rozhodnou mezi dvěma konkurenčními teoriemi, nazýváme **kruciólní experiment** (experimentum crucis).

Experiment je rovněž mocným prostředkem ke zjišťování kauzálních vztahů mezi proměnnými, jeho výsledky mají vliv na formu matematického popisu pro daný jev.

Experiment mohou vědci samozřejmě navrhnout třeba jen proto, že zkoumaný jev vypadá zajímavě. Takové výsledky rozšiřují lidské obzory a třeba budou užitečné v budoucnu. Jeden experiment vystupuje často v řadě rolí zároveň.

Vzhledem k tomu, že úloha experimentu pro vědu je klíčová, vědci velmi pečují o hodnověrnost experimentálních výsledků a vyvíjejí důmyslné strategie k validaci svých pozorování. Uvádění nesprávných údajů, zatajování nepříznivých výsledků, upravování výsledků podle potřeby patří mezi velké prohřešky. Díky propracované vědecké metodice vědy lze mít oprávněnou důvěru ve výsledky vědy, ovšem úplně zaručit, že výsledky jsou vždy správné, samozřejmě nelze.



8.7 MYŠLENKOVÝ EXPERIMENT

Myšlenkové experimenty jsou ukázkou, jak využít lidskou představivost ke zkoumání podstaty věcí. Nejčastěji myšlenkové experimenty jsou sdělovány ve formě určitého vyprávění, jsou to úvahy vycházející z jasných předpokladů. Užívají se jako teoretický mezikrok v případech, kdy je fyzická realizace experimentu nemožná. Myšlenkový experiment provádíme, když si klademe otázku: Co by bylo, kdyby... Na první pohled by se mohlo zdát, že to není příliš produktivní počínání, zvláště když toto „kdyby“ zcela chybí. Ale to by byl omyl. Myšlenkové experimenty jsou těsně spojeny s největšími vědeckými převraty, což se pokusíme ukázat na cestě, která vedla k speciální teorii relativity.

V Galileiho Dialogu, jehož hlavním záměrem je obhajoba Kopernikovy heliocentrické soustavy, vybízí autor k porovnání dějů probíhajících v uzavřené kajutě lodi, která je jednou zakotvena

v přístavu a podruhé hladce, přímo a se stálou rychlostí pluje po moři. Tyto děje jsou rozličné: osoby si házejí míči, vodní paprsek padá z nádoby u stropu do lahve s úzkým hrdlem na podlaze, v kajutě poletují motýli a v akváriu plavou ryby. Podle Galileiho pozorování těchto jevů nemožno rozlišit, na které lodi se nacházíme. Tím padá podstatná námitka proti Kopernikovi: Kdyby se Země pohybovala, přece bychom to poznali.

Dalo by se namítnout, že experiment nemusel zůstat jen myšlenkovým. Galileiho text může být chápán i jako výzva k jeho provedení. To by ovšem vedlo k řadě komplikací, bylo by těžké zajistit naprosto hladký pohyb lodi na vlnícím se moři a při přesném rozboru by hrála roli i neinerciálnost soustavy spojení se Zemí, s níž ještě Galilei neuměl pracovat. Galilei patrně chápe navržený experiment jako myšlenkový: Běžná lidská zkušenost ukazuje, že pohyb vztažné soustavy se stává stále hůře pozorovatelným, čím hladčeji se soustava pohybuje, v limitě, třeba i přesně neuskutečnitelné, lze proto očekávat, že se neprojeví vůbec. Tak také chápali Galileiho text jeho následovníci, kteří na jeho základě formulovali princip relativity a vyjádřili jej matematicky jako požadavek invariance fyzikálních zákonů vůči Galileiho transformaci.

Objevila se tak otázka, zda princip relativity je skutečně univerzální. Experimenty prováděné v 19. století naznačovaly kladnou odpověď, zatímco z Maxwellovy teorie se zdálo vyplývat, že existuje speciální soustava, v níž má světlo ve všech směrech stejnou rychlost. V úvodu své slavné práce z roku 1905 Einstein konstatuje, že zasouvání magnetu do cívky by mělo vést ke zcela stejnému jevu jako navlékání cívky na magnet. Podobně jako Galilei se tu neodvolává na přesně vyhodnocený experiment – spíše chce zdůraznit přirozenost principu relativity. Protože tehdy všeobecně uznávaná fyzika hodnotí oba případy odlišně, někde musí být chyba.

Einstein se již dlouho před rokem 1905 v myšlenkách zabýval problémem, co by pozoroval člověk, který by se pohyboval stejnou rychlostí jako světelný paprsek. Mohl by se například vidět v zrcadle, které by držel před sebou? Podle tehdejší fyziky nikoliv, ale na většinu fyzikálních pozorování nemá rovnoměrný a přímočarý pohyb žádný vliv – proč tedy tato podivná výjimka?

Einsteinův myšlenkový experiment poukazuje na rozpor dvou představ, z nichž každá se zdá být přijatelná. Podle jedné se světlo ve vakuu šíří stálou rychlostí vůči vztažné soustavě, kterou si představujeme vyplněnu jinak nepozorovatelným prostředím – éterem. V tomto smyslu se chová podobně jako zvuk ve vzduchu. Podle druhé představy má světlo stálou rychlost vůči svému zdroji a chová se tedy podobně jako kulka vystřelená z revolveru. Obě představy se ovšem zdají být beznadějně neslučitelné.

Einsteinovo geniální řešení problému spočívá v tom, že obě představy lze sloučit, vzdáme-li se představy o existenci absolutní současnosti. Vysvětluje svůj návrh na definici současnosti, který přímo nazývá myšlenkovým experimentem. Synchronizace hodin A a B dosáhneme, vyšleme-li z hodin A světelný paprsek k hodinám B , odrazíme jej zpět a čas na hodinách B nastavíme tak, aby okamžiku odrazu signálu odpovídal čas u vyslání a příchodu signálu. Einsteinovská synchronizace se zakládá na předpokladu, že světlo se v soustavě, v níž je provedena, šíří ve všech směrech stejnou rychlostí. Nic však nebrání takto provést synchronizaci v kterékoliv inerciální soustavě. Důsledek ovšem bude, že synchronizovaný čas je v různých soustavách různý, což ale dovolí sloučit princip relativity a principem stálé rychlosti světla ve všech inerciálních soustavách a tedy i v soustavě spojené s libovolným zdrojem.

V době, kdy Einstein psal svou práci, nemohla být ještě synchronizace prakticky uskutečněna

s dostatečnou přesností. Dnes už to možné je a využívá se toho při synchronizaci hodin v různých místech zemského povrchu a v kosmickém prostoru.



8.8 ZÁKLADY EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE

Do empirických (zkušenostních) metod se zahrnujeme jen ty metody, jimiž lze „zakusit“ konkrétní vlastnosti objektu či jevu přímo v realitě. Obvykle se empirické metody dělí podle způsobu realizace na pozorování, experiment a měření. Experiment je použitelný teprve tam, kde je již k dispozici určité množství vědeckých faktů. To je také důvod, proč se historicky nejprve vyvinuly metody popisné a pozorovací.

Při pozorování výzkumník do průběhu pozorování nijak nezasahuje (v ideálním případě) a neovlivňuje průběh sledovaného děje. To může být i nevýhoda, neboť se zbavujeme možnosti redukce vlivů.

V experimentu má badatel (v ideálním případě) pod kontrolou veškerý průběh pokusu, což může být nevýhoda, neboť se zvyšuje riziko experimentálních artefaktů – nemůže zaručit přirozenost podmínek pokusu.

Měřením se obecně myslí přechod od popisu vlastnosti objektu k indikátorům nebo přímo k údajům vztahujícím se k měřené vlastnosti. Ve fyzice k tomu slouží speciální měřicí přístroje.

Podle důvodů, které nás vedly k experimentálnímu zkoumání („Jak to funguje? K čemu to je? Jak to vzniklo? Kdy to vzniklo?“), se přistupuje k volbě „nástrojů“. V experimentu plánujeme buď explorační, nebo konfirmační studii. Rozdíl spočívá v tom, že pro konfirmační studii musíme hypotézu vyslovit před získáním výsledků měření, kdežto u explorační studie stačí mít ujasněno, co se bude sledovat.

Zkusme stručně projít otázky, na něž budeme v jednotlivých etapách experimentu hledat odpovědi:

1. Stanovení cíle (položení výzkumné otázky, sestavení hypotézy)

Existuje způsob, jak na výzkumnou otázku experimentem odpovědět? Jaké typy odpovědí na položené otázky očekáváme?

Půjde o tzv. „Experimentum crucis“ - rozhodující pokus, který potvrdí správnost jednoho či druhého směru uvažování a definitivně vyloučí všechny ostatní?

Nebo máme co do činění s jednosměrným pokusem, od něhož očekáváme kladný výsledek pro svou hypotézu, ale pokud tento výsledek bude jiný, příliš nového se

nedozvíme? Nebo se chystáme dělat heuristické pokusy, o jejichž výsledku dopředu nedokážeme nic říci?

2. Výběr vhodné metody (postupu řešení)

Při plánování postupu rozmýšlíme, jakým uspořádáním vlastně budeme veličinu měřit nebo událost sledovat. Existují již precedenty takových experimentů? Zvolíme přímé nebo nepřímé metody? Bude měření absolutní nebo relativní? Jsme schopni vyhodnotit validitu údajů, abychom zjistili, že měříme skutečně to, co zamýšlíme měřit?

Jaké máme typy proměnných? Půjde jen o kvantitativní údaje? Očekáváme spojitě nebo diskrétní hodnoty?

3. Technika (spolehlivost a opakovatelnost)

V technickém plánu se zaměříme na volbu přístrojů tak, abychom použili přístroje, jejichž přesnost a citlivost jsou přiměřené sledovaným a očekávaným hodnotám. Jaké jsou v našem uspořádání zdroje nejistot? Jaká úskalí s sebou přináší užití této aparatury? Jaké zdroje systematických chyb lze očekávat? Čím se bude odečítat vliv okolí? Jak budeme pořizovat záznamy výsledků (deník, protokol, kontinuální záznam, časové vzorky).

4. Zpracování dat

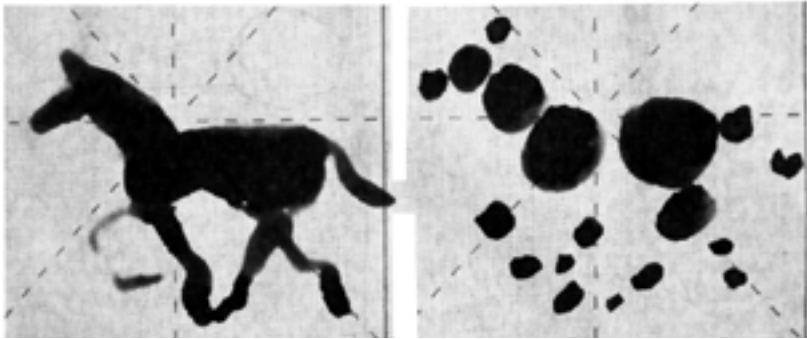
Ujasníme si, jak se budou zpracovávat získaná data, jaká kontrola správnosti je k dispozici, jak ošetříme chybějící a odlehlé hodnoty sledovaných údajů. Jak se budou údaje vyhodnocovat? Jaké uijeme statistické testy, statistické metody? Jaký software, případně jakou aproximační metodu použijeme? Rozmyslíme způsob prezentace výsledků, jaké bude vizuální zobrazení informací – graf, tabulka, diagram, obrázek, video?

5. Diskuse výsledků a interpretace (analýza a formulace závěru)

Po uvedení výsledků rozebereme možnosti vysvětlení, běžnou chybou bývá přílišné zobecnění odvozené z našeho experimentu. Uvedli jsme všechny vlivy, které mohly výsledky ovlivnit? Měli jsme dostatečný výběr pokusů? Co se navrhuje dál? Existují jiné metody, s nimiž byly získány podobné výsledky?

OTÁZKY A ÚKOLY

1. Jaké charakteristické rysy mají nevědecké metody? Najděte takové případy a zdůvodněte
2. Najděte ukázky pokusu, kde by výsledky byly (mohly být)
 - správné a přesné
 - správné, ale nepřesné
 - nesprávné, ale přesné
 - nesprávné a nepřesné
3. Které vědce v historii byste mohli označit jako otce myšlenkového experimentu?
4. O co v těchto experimentech šlo?



9 MODELY A MODELOVÁNÍ

9.1 REALITA A IDEALIZACE

Model je často v různých souvislostech zmiňovaný termín. Slovo model pochází z oblasti stavitelství, kde na základě podobnosti bývaly vyjádřeny proporce stavby. Ve vědě dostal pojem modelu nový význam. Vědci si uvědomili, že zobrazení skutečnosti v její objektivní podobě nemusí být jen proporční, ale že můžeme zobrazit její idealizaci – model. Lidé od počátků systematického bádání nejen hledali vysvětlení pro jevy kolem sebe, ale ruku v ruce vytvářeli prvotní fyzikální modely postihující chování a vlastnosti zkoumaných objektů. Samo modelování se zařadilo mezi pokročilé metody vědeckého zkoumání a metoda modelování objektů a dějů nachází stále širší uplatnění napříč všemi vědami.

Modely objektů (těles, jevů, procesů) tedy vznikají idealizací reálných objektů. Při idealizaci objektu na jedné straně abstrahujeme od některých vlastností, které náš reálný objekt má, a na druhé straně mu přisuzujeme ideální vlastnosti, které ve skutečnosti náš objekt nemá.

Modelování je název pro proces vytváření modelu zkoumané reality. V tomto procesu je vždy deklarován problém, který chceme svým modelem řešit. Pro vymezení konkrétního problému a odhození informací pro daný účel nepotřebných pomáhá třeba pravidlo zmiňované Occamovy břitvy, jímž „odřezáváme“ zbytečné části našeho problému. Model se ani nesnaží zachytit všechny aspekty reálného systému, ale pouze ty aspekty, které mají na chování systému jako celku podstatný vliv.

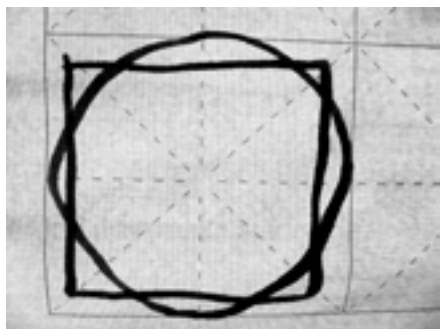
Modelováním můžeme dojít až k matematickému uchopení problému – matematickému modelu, ale matematika neopraví ani neodstraní chyby způsobené nedokonalostí modelu samotného.

9.2 SIMULACE

V simulaci jde o něco poněkud jiného než v úloze modelování. Simulace je imitací fungování procesů v reálném systému v průběhu času na základě předloženého modelu. Simulace uvádí model do pohybu. V běžné řeči rozumíme simulací program, který se pokouší abstraktní model zkoumaného systému uvést „do chodu“. Z obecného pohledu představuje simulaci i „hra“ hraná

podle pravidel a omezení určitého modelu nebo pouhé animační rozkreslení stavů jednoduchého modelu tužkou na papír. S masivním nástupem výpočetní techniky se stala samozřejmostí simulace počítačová.

Simulace často napodobuje chování reálného systému v čase. Její atraktivita spočívá v tom, že umožňuje „pohled do budoucnosti“. Na základě současných a historických dat dokážeme simulací předpovídat budoucí chování zkoumaného objektu.



Simulace znázorní, jak se bude modelovaný systém chovat pro ta či ona vstupní data. Úkolem simulačního programu není optimalizace, hledání, pro jaká vstupní data dostaneme optimální řešení. To zůstává na uživateli. Počítačové simulační modely pro experimentování vědcům poskytují řadu poznatků, které lze využít pro kontrolu skutečných experimentů, pro kontrolu rizik apod. Výhoda simulačního experimentu je v tom, že simulace modelu vytvoří takovou virtuální nízkonákladovou laboratoř, kde se nespotřebává žádný fyzický materiál a kde není třeba objekt testováním fyzicky zničit.

Simulace se používají pro testování dopadů různých scénářů, opatření a strategií. Její výsledky mohou ovlivnit rozhodování v určitých celospolečenských problémech.

Simulace dokážou překlenout velké časové mezery mezi událostmi, které se vyskytují v reálném světě. Pokus, který by v reálném světě trval desítky, a i třeba tisíce let, je možno uskutečnit v rámci několika vteřin. To umožňuje snadné ověření teoretických předpokladů o zkoumaném systému. Ovšem je třeba si uvědomit, že simulace nenahrazuje experiment, neověřuje model, dokud není konfrontována s experimentem.

9.3 CO SE ROZUMÍ POJMEM VĚDECKÝ MODEL

Model představuje zjednodušení, v němž se nepodstatné detaily reálného objektu pomíjejí a vystihují se jen ty vlastnosti reálného objektu, které nejvíce ovlivňují jeho chování ve studovaném případě. Model představuje hlavně zkoumaný „problém“ a nikoliv pouhou reprezentaci objektu. Model se rodí jako umělý objekt (fiktivní předmět), který je ustanoven právě těmi charakteristikami a vlastnostmi, které jsme mu při jeho vzniku přisoudili.

Při sledování jevů v realitě si často uvědomujeme, že je postihujeme v úplnosti jen velmi obtížně. Ještě hůře pronikáme do jejich vazeb a souvislostí. Model, který by se snažil postihnout všechny stránky skutečnosti, by se stal nepřehledným a těžko výpočetně zvládnutelným, čímž

by nesplňoval svůj účel. Vědci jednoduchý, byť ne zcela přesný model často hodnotí mnohem výše, než složitý, byť přesnější model.

Pro posouzení možných modelových zkráslení se každý vědecký model testuje na reálných datech. Jen pokud obstojí a ukáže se jeho validita, je takový model přijatelný a mohou být případně zahájeny práce na jeho dalším zobecňování. Má-li mít model přívlastek „vědecký“, musí být jeho platnost empiricky prověřena.

9.4 ETAPY MODELOVÁNÍ

Abychom dokázali sestavit smysluplný model, potřebujeme kromě příslušných znalostí oboru také všímavost, odhad, předvídavost a fantazii. Modelování je tvůrčí činnost spočívající ve výše popsané idealizaci a zjednodušení.

První etapu modelování lze nazvat etapou zjednodušení a výběru aspektů modelované reality. Vyberáme soubor veličin a vztahů mezi nimi, jejichž pomocí lze dostatečně přesně popsat uvažovaný reálný proces. Ujasníme si veličiny, které v modelu mají vystupovat, provedeme rozklad objektu na jednodušší části při stanovení vazebných a hraničních podmínek. Výběrem příliš velkého počtu veličin pro sestavení modelu se může stát, že model bude příliš složitý a analýza mimořádně obtížná. Proto je nutné eliminovat nepodstatné veličiny, na které je proces málo citlivý. Vhodná dekompozice složitěho objektu vyžaduje určité zkušenosti a intuici.

V druhé etapě se hledá reprezentace vybraných aspektů modelu. To spočívá třeba v sestavení fyzikálních vztahů mezi vybranými veličinami objektu. Analyticky uvažujeme, jaké závislosti je podstatné z hlediska účelu modelu zachytit. Vychází se ze známých fyzikálních zákonů anebo rozličných závislostí odvozených anebo stanovených empiricky.

Třetí etapou je matematizace modelu a ověření. Abstraktní systém matematických vztahů, které popisují podstatné vlastnosti zkoumaného objektu, lze nazvat matematickým modelem.

Nakonec je potřeba propojit navržený model s vlastním zkoumaným reálným objektem užitím nezávislých experimentálně získaných dat. Tak ověřujeme validitu modelu, neboť existuje riziko, že model nebude řešit náš původní problém, ale jinou problémovou situaci, kterou jsme původně řešit nechtěli.

MODELÝ HRAJÍ ÚŽASNÉ ROLE V PŘÍRODNÍCH VĚDÁCH

Značné uznání má ve fyzice model ideálního plynu. Tento model nahrazuje každou molekulu plynu hmotným bodem a předpokládá, že k interakci mezi molekulami dochází jen při dokonale pružných srážkách, v okamžicích, kdy se ocitnou na stejném místě. Právě vyslovení těchto předpokladů bylo klíčem k vytvoření tohoto modelu. Striktně vzato, rovnice vyplývající z výše uvedených předpokladů již za model považovány nejsou, neboť jde „pouze“ o aplikaci již existujících fyzikálních a matematických poznatků. S podobnými modely se setkáváme ve fyzice na každém kroku, byť si to neuvědomujeme. Ano, takové drastické zjednodušení systému je pro řadu úloh plně vyhovující. Samozřejmě nahrazení molekul hmotnými body nefunguje v každé úloze.

I hravý model používaný v organické chemii, kdy uhlík má „čtyři ručičky“, dusík tři, kyslík dvě a vodík jednu „ručičku“, funguje skvěle. Téměř každou stabilní organickou molekulu můžeme sestavit tak, že se atomy vzájemně drží za „ručičky“ a žádná z „ručiček“ nezůstane volná. A pokud

toto pravidlo použijeme k namalování nějaké molekuly, je-li dostatečně jednoduchá, asi to bude známá chemická látka, která již má své jméno.

Často se i zkušení vědečtí pracovníci dopouštějí záměny mezi simulováním a modelováním. Pokud vezmeme nějaký jednoduchý systém, na jeho parametry pouze použijeme rovnice ze známých teorií a ty pak vyřešíme, jde o pouhou simulaci a nejde o modelování.

Pokud hromadu štěrkopísku nahradíme množinou koulí o stejných objemech, jako mají zrna štěrkopísku, vytvořili jsme model hromady štěrkopísku, aniž bychom museli cokoliv počítat. Tento model pak použijeme třeba při výpočtu (simulaci) vlastností betonu vyrobeného z tohoto štěrkopísku za použití známých teorií. Ale stále průběžné výsledky musíme konfrontovat s realitou. Je docela možné, že takový model vyhoví jen pro některé typy štěrkopísku a jen některé vlastnosti betonu.

Ověřené modely tvoří významnou součást pokladnice vědy. Tyto modely nám ukazují postup, jak lze komplexní systémy zjednodušit, aniž bychom přišli o informaci, kterou se chceme o komplexním systému dozvědět. Modelování nám umožňuje aspoň trochu racionálně uchopit náš komplikovaný svět a pokoušet se o jeho zlepšení.

Tedy rekapitulace na závěr: model je úmyslně neúplné zobrazení skutečnosti. Konkrétní model jevu je vždy zatížen akcentem, který určuje, co má a co naopak nemá ve výsledném modelu být a proč.

Při procesu modelování vědec sám stanovuje účel modelu, tj. na jaké otázky má model dávat odpovědi. Podle účelu je možné pro reálný objekt zavést více možných modelů, které se liší tím, které vlastnosti se snaží vystihnout, složitostí a přesností. Vědec stále bere v potaz, že pracuje se zjednodušeným fiktivním objektem, který nepostihuje všechny prvky a vazby zkoumaného systému. Modely jsou užitečné právě svým zjednodušením. Výstižné modely studovaných objektů jsou součástí učební látky daného oboru a patří k základnímu nástrojovému vybavení každého vědce.

Modelování je v zásadě iterativní proces, kterým se snažíme vystihnout obvykle docela komplikovaný a komplexní jev. Simulace se snaží věrohodně napodobit chování systému popsaného zvoleným modelem.

OTÁZKY A ÚKOLY

- 1. Fyzikální teorie je model fyzikálních událostí. Posuzuje se podle rozsahu, v kterém její predikce souhlasí s empirickými pozorováními. Kvalita fyzikální teorie se také posuzuje podle její schopnosti vytvářet nové predikce, které je možné ověřit novými pozorováními. Popište planetární model atomu a uvědomte si jeho „sílu i slabost“.**
- 2. Jakou roli hraje v úloze modelování volba okrajových podmínek?**
- 3. Jakými způsoby se modelují procesy, u kterých veličiny mají náhodný charakter?**
- 4. Většinu modelů nelze počítat analyticky, jaké druhy chyb se objevují při numerickém řešení?**



10 ETIKA VĚDY

10.1 ÚVOD DO PROBLÉMU

Pojem etika má dva hlavní významy: jednak jde o název disciplíny, která zkoumá morální jednání a jeho normy, jednak etika také označuje soubor norem, které by měl dodržovat příslušník určité skupiny. Tak se přeneseně hovoří o lékařské etice, o etice v podnikání, a také o etice vědy. Etikou v běžné řeči míváme na mysli standard lidského chování, vyplývající z vědomí sounáležitosti s ostatními i s přírodou.

Původně lidé zabývající se etikou vycházeli z předpokladu, že existuje univerzální pojem dobra, tedy že můžeme sestavit takový soubor pravidel jednání, který by vyhovoval všem a byl všemi respektován. Pokud bychom dokázali všechny lidi přesvědčit k dodržování těchto pravidel, nedělo by se nikomu příkoří. Později se objevily zkušenosti, že co je dobré pro mne, nemusí být dobré pro někoho jiného. Pojem dobra se individualizoval. Etika se začala zabývat shodou určité společnosti na nějakém souboru pravidel, tedy na čem se shodneme, že je dobré, abychom podle toho jednali.[13]

Vědecká etika je zaměřena:

1. dovnitř vědecké komunity – tj. na to, jak by se vědci měli chovat mezi sebou,
2. ven k okolnímu světu – tj. na to, jaké podmínky by věda měla splňovat vzhledem k okolní společnosti.

První oblast se zabývá hlavně poctivostí vědeckého výzkumu, autorskými právy, plagiátorstvím, atd. Druhá hovoří o tom, co lze zkoumat a za jakých podmínek. Bere ohled na to, aby postup vědce nepřekročil určité hranice, které by mohly být vnímány ze strany veřejnosti jako ohrožující. Jako příklad takové shody bychom mohli uvést Helsinskou deklaraci světové lékařské asociace pro lékaře zabývající se medicínským výzkumem na člověku.

SVOBODNÁ VĚDA

V historii bylo vědcům zakazováno věnovat se určitým problémům. Mnohý z nás si vybaví spory kolem publikace geocentrické teorie nebo ohledně zákazu používat mrtvá těla k anatomickým výzkumům. V minulém století jsme se bohužel často setkávali s opačným extrémem. Jako krajní případ lze uvést pokusy na vězních koncentračních táborech za druhé světové války, kdy byli lidé poníženi na „biologický materiál“, který byl zcela k dispozici „výzkumníkům“.

Požadavky na svobodu bádání a požadavky lidské důstojnosti je potřeba dát do rovnováhy mezi cílem vědeckého výzkumu – zvýšení všeobecného blaha – a „lidskou cenou“, kterou je nutno za tyto poznatky zaplatit. Musíme být v tomto ohledu uvážliví. Lidské zhodnocení toho, co je (bylo) dobré a co je (bylo) zlé, bývá sice usnadněno časovým odstupem, ale často až na základě dlouhodobých důsledků ani potom nebude nikdy zcela oproštěno od subjektivních vlivů.

Vědec, jako kterýkoliv jiný člověk, sobě i svému okolí odpovídá na světonázorové, politické či kulturní otázky. Vědec nemusí být morálnější člověk, jehož charakterové kvality mohou být vždy vzorem. Vědci jsou jen lidé a vědecké instituce jsou lidskými organizacemi, proto pochopitelně nejsou prosti omylů i morálních selhání, stejně jako je tomu v jiných oborech lidské činnosti.

Jiný etický problém představuje odpovědnost vědce za použití výsledků jeho výzkumu. Věda má zůstat hodnotově neutrální činností, má věcně a nestranně informovat o tom, co vyzkoumala. Jenže v komplexním světě i v případech, že se vědci omezí jen na předkládání pravděpodobnostních rizik spojených s určitými možnostmi výběru, cítíme, že jejich uvažování nebude zcela nezávislé na hodnotách. Samotný pojem rizika v sobě nese hodnotové škály, jimž vědec jako člověk musí čelit. Rizika pro koho? Kde leží rovnováha mezi právem jednotlivce a zájmy větších skupin nebo společnosti jako celku?

Věda nesoudí, zda je to, co vyzkoumala, dobré či špatné, nedává žádná doporučení, jak výsledků výzkumu užívat. To je zodpovědnost politiků. Ovšem mnozí vědci jistě cítí silnou odpovědnost za důsledky, které způsobilo použití jejich objevů či vynálezů.

10.2 OSOBNÍ PŘÍSTUP VĚDCE A JEHO VLIV NA ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Ideálem vědy je taková **výpověď**, která **objektivně** popisuje daný stav věci, neobsahuje žádné hodnocení, je kdykoli přezkoumatelná a vyvratitelná. Takový je ideální stav, ale platí to vždycky i ve skutečnosti? Z historie známe případy, kdy se vědecká obec rozdělila na tábory, které hájily protichůdné názory argumenty, jež prohlašovaly za čistě vědecké, ale ve skutečnosti byly ovlivněny autoritami, osobními vazbami, politickým či náboženským přesvědčením. Jako snad nejznámější případ můžeme uvést spory o Darwinovu teorii, jež v jisté podobě přetrvaly až do dneška, či u nás spor o pravost Královédvorského a Zelenohorského rukopisu.

Nutno dodat, že mnohem náchylnější k ovlivňování vědcovými subjektivními preferencemi jsou vědy společenské než přírodní. Ve společenských vědách se k minimalizaci dopadu subjektivního názoru vědce používá jeho vlastní přiznání. Úvodem své vědecké práce autor specifikuje, z jakých pozic vychází, ke které škole patří apod. V přírodních vědách nejde tolik o světonázor bádatele, který by bylo nutno zahrnout do položek, ovšem více se zde může projevit osobní přístup

samotného vědce v tom, jakým směrem povede výzkum, jak bude formulovat hypotézy, jakými cestami a prostředky je bude verifikovat.

10.3 JE VĚDA ZÁVISLÁ NA HODNOTÁCH VE SPOLEČNOSTI?

Pro vědu je klíčové, aby si zachovala objektivitu tváří v tvář nejen tlaku náboženských přesvědčení a ideologických hnutí, ale také odolávala tlakům z vládního a politického spektra. Náboženské přesvědčení věřících by nemělo vést k příkazům, jimž by se museli podřizovat všichni.

Průmyslová lobby jako další ze silných nátlakových skupin se snaží o „zužitkování“ vědeckého výzkumu. Možnost ovládnout vědu k vlastnímu prospěchu představuje velké lákadlo. Pro vědu, která proniká do každodenního života, je stále obtížnější zcela oddělit funkce poznávání a činění hodnotově závislých rozhodnutí.

Problém vztahu mezi hodnotami ve společnosti a vědou získává ve společnosti na důležitosti, názory ve vědecké obci se rozcházejí. Na jedné straně je obhajována premisa, že vědecké poznání je nezávislé na hodnotách, a nemá tedy žádné mravní konotace. Na druhé straně existuje jiný názor, který tuto premisu nepřijímá.

Na obranu **hodnotově nezávislého** charakteru se argumentuje takto [14],[15]:

Věda říká, jaký svět je, ať se nám to líbí nebo ne. Základní výzkum je motivován vědeckou zvědavostí, a ne nadějí, že bude prakticky využit. Etické a mravní otázky mohou vyvstat jen tehdy, je-li věda aplikována a očekává-li se, že vytvoří užitečné postupy nebo objekty. Ale pak už jde aplikace a technologii. Ta může být použita k dobrému nebo ke špatnému. Výstupem vědy je však hlubší poznání, ideje, poznatky, které jsou samy o sobě neutrální, mohou být znehodnoceny jen tehdy, smísí-li se s politickými, sociálními, ekonomickými nebo jinými mimovědeckými cíli.

Na obranu **hodnotově závislého** charakteru vědy jsou předkládány tyto argumenty:

Je základní povinností všech badatelů uvědomovat si sociálně-historický kontext svých vědeckých aktivit. Toto uvědomění je samo o sobě jevem zakotveným v hodnotách. Rozhraní mezi základní a aplikovanou vědou dnes nebývá zřetelné. Je stále obtížnější identifikovat ty části vědy, které nemají dopad na technologii nebo samy nejsou zpětně technologií ovlivňovány. To naznačuje, že výchozí premisa postavená na vydělení technologie z vědy je již neudržitelná. Vědci se zabývají realitou, kterou ovšem nepřetržitě ovlivňují. Zdraví, komunikaci, hospodářský rozvoj a mnohé jiné kvalitní cíle lidstva ovlivňuje pokrok moderní vědy. Ale důsledkem tohoto pokroku je mnoho etických nebo společensko-politických problémů. Vědci by si to měli uvědomovat a měli by předvídat změny, které s sebou takový vědecký pokrok přináší, a eliminovat problémy, které způsobí.

Vědecké a výzkumné instituce existují v kontextu hodnot občanů, zájmů a politických cílů vlád. Vědci nežijí v bezpečí slonovinové věže, většina z nich si uvědomuje nutnost dodržování etických principů a přijímá přiměřenou zodpovědnost. Řada institucí zařazuje etická témata na svá pravidelná jednání.

10.4 ETICKÁ OMEZENÍ BĚDÁNÍ

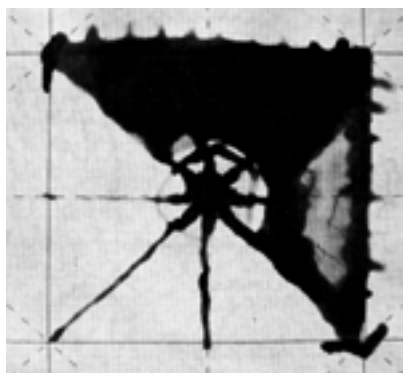
Existují etická omezení pro vědecký výzkum, který se dotýká nezpochybnitelných hodnot, která by všichni vědci považovali za nesporné? O jaká etická omezení by mělo jít? Lidově řečeno,

jaký účel ještě ospravedlní použité prostředky? V publikaci [16] se referuje o shodě na těchto zásadách:

Výzkum není ospravedlnitelný, pokud před experimentem, při něm nebo po něm, případně při sběru dat vznikne újma člověku, nepřijatelná škoda na životním prostředí nebo společnosti (nepokoje, plýtvání, znečištění). To platí pro všechny předměty výzkumu, ať jde o lidi, zvířata, přírodu nebo kulturu.

Výzkum by se měl zastavit také tehdy, pokud jeho povaha a důsledky jsou v rozporu se základními lidskými hodnotami. Tyto hodnoty vždy zahrnují:

- a) respekt k lidské důstojnosti, který zaručuje veškerou autonomii jednotlivců a svobodu volby, informovaný souhlas před účastí ve výzkumu a odmítnutí jakéhokoli úmyslu komercializovat lidské tělo;
- b) solidaritu s lidstvem, která garantuje solidaritu s lidskými bytostmi na základě rovnosti;
- c) solidaritu s budoucími generacemi, což zahrnuje širší odpovědnost za udržitelný rozvoj planety, kterou přenecháme budoucím generacím.



10.5 PUBLIKACE A SCIENTOMETRIE. JAK HODNOTIT VĚDECKOU PRÁCI?

Proč vůbec vědeckou práci nějak hodnotit? Jeden z požadavků na hodnocení vědy je vznesen ze strany těch, kdo výzkum či vědecká pracoviště financují. Chtějí podporovat jen takový výzkum, který k něčemu slouží a který přináší výsledky. Ovšem v historii se mnohokrát stalo, že se na velké a významné objevy přišlo náhodou, nebo to byl nějaký vedlejší produkt jinak zaměřeného výzkumu. Vědci se z hlediska financování výzkumu nemohou vyhnout otázce, zda to, čemu se věnují, stojí za to vědět. Musí se ospravedlnit nejen sami před sebou, ale před veřejností. Jde-li o peníze daňových poplatníků, proč vědci pokládají za prospěšné, aby se nějakou vědeckou otázkou zabývali. Toto ospravedlnění předpokládá ovšem mimovědecké zdůvodnění. V procesu „budování“ vědy se mísí vědecké, sociální, ekonomické, politické zájmy.

Hodnocení vědy podle výsledku má svá úskalí. Vědec často neví, co objeví, anebo neví, jak dlouho mu to bude trvat. Pak je tu otázka celého základního výzkumu, který často nemá

jasně kvantifikovatelné výstupy. Teprve po letech vidíme, co určitý objev přinesl, jaký byl jeho význam.

Problém, jak posoudit kvalitu ve vědě, se klade a řeší již nejméně od 17. století. Zhodnotit vědeckou práci vědeckého týmu i vědce jako jednotlivce představuje docela složitou záležitost. Jistě každého napadne, že se dají zjišťovat a sbírat údaje o počtu článků, citací, grantů, doktorandů apod., a tak ve snaze o objektivitu byl vytvořen systém scientometrických ukazatelů (*citační index, Impact Factor a Hirschův Index*), které vypovídají o tom, jak intenzivně a v jak kvalitních časopisech vědec publikuje, jak často je citován, popřípadě kolik citací připadá v průměru na jednu jeho publikovanou práci.

Na tomto základě se pak měří takzvaný vědecký výkon badatele a návazně i celého vědeckého týmu, univerzity či ústavu nebo – dokonce – celého státu. Tyto ukazatele sice poskytují cenné informace; ovšem s údaji je třeba zacházet opatrně.

V mnoha vědních oborech se skutečná účinnost nedá měřit v krátkodobých horizontech a stejně tak nelze spolehlivě zabezpečit, aby se množství investovaných peněz odrazilo v adekvátních výsledcích. Investice do vědy a výzkumu vždycky byla, je a bude riskantní.

Scientometrické hodnocení představuje pouze jeden pohled na vědeckou výkonnost a v různých oborech mívá různou váhu i vypovídající schopnost. Komercializace vědeckého publikování roste. Je otázkou, do jaké míry představuje recenzní řízení a zdoluhavý publikační cyklus záruku kvality a aktuality publikace. Navíc se jako zdroj zaujatých stanovisek recenzentů může objevit i konkurenční boj o finance nebo čistě osobní sympatie.

Vedle scientometrických údajů je třeba rovněž vzít v potaz skutečnost, že podstatný vliv na vývoj vědy mívají lidé, kteří možná nejsou na předních místech publikačních indexů, ale jsou tmelem týmu, jsou nápadití a kreativní.

Ve výzkumném týmu zkrátka existuje dělba práce a bylo by naivní se domnívat, že excelentní výkon dosáhneme vnucením stejných kritérií pro všechny bez rozdílu. Navíc věda je rozmanitá a je prakticky nemožné mechanicky porovnávat (i zdánlivě blízké) vědecké oblasti mezi sebou. Scientometrické hodnocení také zpětně vyvolává nežádoucí chování vědců. Dochází k nadprodukcí krátkých publikací s mnoha spoluautory, jsou znevýhodněny mezioborové oblasti mimo střední proud. Historie vědy zdokumentovala, že nečekané a kvalitativně nové objevy vědy nekorelují se scientometrickými statistikami.

Scientometrické ukazatele:

Citační indexy sledují počet citací ve smyslu citačních ohlasů (cited reference), což je jedním z kritérií hodnocení vědecké kvality jednotlivce (případně instituce, skupiny autorů apod.)

Citační index autora je počet citací připadající na počet jeho publikovaných prací za určité období. Čím častěji jsou publikace citovány jinými autory, tím vyšší má autor citační index. Výsledky takového sčítání však ne zcela odpovídají záměru, protože se započítávají i negativní citace (zpochybnující danou práci) a autocitace (autor cituje své vlastní publikace). Počet citací závisí i na oboru vědecké práce a na mnoha dalších aspektech nesouvisejících s její kvalitou. Výsledky se také liší podle databáze, ze které jsou data získána a mění se proto v čase, i když jde o hodnocení ukončené etapy práce.

Impact factor IF, „činitel dopadu, vlivu“ časopisu, je obsažen v databázi Journal Citation Reports (JCR). IF je svou jednoduchostí a dostupností jedním z nejužívanějších kritérií pro hodnocení publikační činnosti jednotlivců i institucí

IF je platný jen pro daný časopis jako celek („journal impact factor“) a pro daný rok. Umožňuje vyhodnotit a srovnávat vědecké časopisy, nevztahuje se na jednotlivé články, z nichž byl vypočten, ani na jejich autory. Odhaduje průměrnou pravděpodobnost citovanosti časopisu. Pokud autor publikuje v časopise s vysokým IF, je jeho práce v rámci hodnocení vědecké a publikační činnosti lépe bodována.

Hirschův index neboli H-index či h-index je kvantitativní ohodnocení kvality článků publikovaných jedním vědeckým pracovníkem (příp. skupinou autorů). Má umožnit odstranit problémy spojené s možnou nevyváženou účastí autora na různých článcích a ohodnotit, jaký má „průměrný“ podíl na citačním indexu svých článků. H-index jednotlivce představuje číslo h, udávající, kolik článků daného autora dosahuje citovanosti stejné nebo vyšší, než je pořadové číslo článku podle počtu citací.

Má-li např. osmý nejcitovanější článek autora citační index 15 a devátý článek citační index 7, pak pro daného vědce je Hirschův index $H=8$. Hodnotu H-indexu určitého autora (instituce) lze získat v databázi Scopus.

OTÁZKY A ÚKOLY:

1. Zkuste popsat příklady, kdy vědci cítili zodpovědnost za použití svých vynálezů?
2. Čeho by se podle vás měl vědec ve svém jednání vyvarovat? Napište alespoň tři příklady podle vašeho názoru nepřipustného jednání.
3. Zkuste vyjmenovat alespoň jednu oblast lidské činnosti, která je nezneužitelná.
4. Zaujala vás nějaká vědecká diskuze, kde se podle vašeho názoru střetávají odlišné osobní přístupy vědců ke skutečnosti? Napište téma, o kterém se diskuze vede, a stručně popište, jaké jsou postoje zúčastněných.
5. Z čeho vychází požadavek na etická pravidla dodržovaná vědci?
6. Zkuste popsat příklady, kdy vědci cítili odpovědnost za použití svých vynálezů.
7. Prohlédněte si noviny a najděte zprávy, o kterých je možno klást etické otázky, tedy otázky o tom, zda jednání člověka je mravně dobré či zlé. Jaká etika platí pro sdělovací prostředky a internet?
8. Je správné vyžadovat po umění, aby respektovalo mravní a etické zásady?
9. Je nutné, aby výzkum a bádání přinášely pouze využitelné výsledky? Neměla by být motivace k financování vědy založena výlučně na touze poznávat?
10. Co stanovuje hodnotu vědy? Zkuste navrhnout soubor kritérií, který by se dal použít k hodnocení vědecké činnosti.
11. Najděte Hirschův index pro případ autora, který má na osmém až desátém místě tři články s citačním indexem 8.



11 KRITICKÉ MYŠLENÍ

11.1 LZE KRITICKÉ MYŠLENÍ DEFINOVAT?

V literatuře lze najít mnoho pokusů o definici kritického myšlení. Nejsou to ale definice toho typu, jako se jich užívá v matematice, kde definice se podává pomocí termínů, které můžeme právem považovat za známé. Čtenář se o tom může sám přesvědčit. Domníváme se, že i on nalezne, že v definicích vystupují slova, která by si sama žádala definování. Spíše než o definice jde o více či méně zdařilé výklady.

Charakteristiku kritického myšlení najdeme již ve výroku, který je připisován Buddhovi:

Nevěřte něčemu jen proto, že to pravil mudrc.

Nevěřte něčemu jen proto, že to všichni uznávají

Nevěřte něčemu jen proto, že je to psáno v knihách

Nevěřte něčemu jen proto, že je to prohlašováno za posvátné.

Nevěřte něčemu jen proto, že tomu věří někdo jiný.

Věřte jen tomu, o čem vy sami soudíte, že je to pravda.

Porovnejme s tím, co uvádí Wikipedie:

Podle ní znamená kritické myšlení „schopnost nepodléhat prvnímu dojmu, obecnému mínění nebo naléhavosti nějakého sdělení, nepřebírat naivně tradiční názory, nýbrž dokázat zaujmout odstup a vytvořit si vlastní názor na základě vědomostí a zkušeností jak vlastních, tak jiných důvěryhodných osob.“

Jistě nás zaujme, jak se obě charakteristiky oddělené tisíciletími shodují. Jejich silná stránka je v tom, že postihují základní rys kritického myšlení – nedůvěru k autoritám všeho druhu. Dalo by se říci, že ukazují, čeho se má kritické myšlení vyvarovat. Méně nám už říkají o tom, čeho se má kritické myšlení držet. Po té stránce mohou být uvedené výroky samy předmětem kritiky. Je něco pravda, které bych měl věřit, jen proto, že mně samému se to tak jeví? Můžeme tu pomyslet na různé podiviny přesvědčené o své pravdě – třeba vynálezce perpetua mobile nebo popěrače teorie relativity.

Wikipedie je tu poněkud konkrétnější, i zde však vzniká otázka, jak poznám, že osoba, jejíž názor přejímám, je důvěryhodná, a nakolik jsou důvěryhodné mé vědomosti a zkušenosti. Možná je však v povaze věci, že podstatu kritického myšlení nelze přesně vymezit několika slovy a nelze k němu dát žádný univerzální návod. Lze se mu pouze učit, ať už přímým stykem nebo četbou, od osob, které schopnost k němu prokázaly, a zároveň neustálým konfrontováním svých závěrů s realitou.

Zastavme se chvíli u druhů myšlení, které sice kritickým myšlením nejsou, a přesto je školní výuka cíleně rozvíjí a zabývá se jimi. Schopnost zapamatovat si a spolehlivě si vybavit údaje, **paměťové myšlení**, potřebujeme denně, ale kritické myšlení to jistě není. Mezi kritické myšlení nezařazujeme ani snahu o porozumění předkládaným složitým informacím ve výkladu učitele nebo v textu. Tato snaha představuje řadu komplexních myšlenkových operací, jenže k tomu, abychom mohli tyto úvahy opravdu kriticky posuzovat, nám zprvu chybí nadhled. Paměťové učení i porozumění složitým výkladům jsou teprve nezbytné přípravné aktivity pro vlastní kritické myšlení.

Ani **tvůřivé myšlení** nelze považovat za kritické. V momentech, kdy člověk svou tvořivost uplatňuje nejvíce, jde obvykle o nápad, rychlý vhled, naše myšlení si v oněch okamžicích není příliš vědomo samo sebe. Kriticky přemýšlející člověk postupuje krok za krokem, jeho kroky jsou sdílitelné někomu dalšímu. Naproti tomu intuitivně přemýšlející jedinec si nebývá vědom jasně vymezených etap, jimiž dospěl ke svému závěru, má prostě vhled do příslušného problému, což mu dává možnost myšlenkových skoků a zkratk. Intuice je v řadě praktických úkonů cenná, ale je nekritická. Kdyby intuitivní myšlení bylo rozvážné, sotva bychom se naučili třeba jezdit na kole.

Hodnocení schopnosti kritického myšlení bývá často součástí různých testů. Setkáváme se s tím, že samo zadání otázky i autory testu vybrané odpovědi vzbuzují u kriticky myslícího člověka pochybnosti. Posuďte následující ukázky, které jsme vybrali ze skutečně existujících testů studijních předpokladů, kde probandi měli projevit své kritické myšlení výběrem jedné z více navrhaných odpovědí na předložené otázky (odpověď považovaná autory testu za správnou je vyznačena tučným písmem). Možná vám přitom pomohou analogicky utvořené úsudky, které jsme zařadili za ukázky. V posledním případě si jistě vyhledáte Camusův esej *Mýtus o Sisyfovi* (má jen několik stran) a posoudíte, zda by autor byl spokojen s „úředním“ výkladem jeho smyslu.

Ukázka č. 1 Příčina jevu a příčina růstu jeho výskytu

„Růst počtu násilných trestných činů je důsledkem toho, že se v televizi zvýšil počet filmů s touto tematikou.“ Tento způsob argumentace je příkladem omylu, kdy závěr je učiněn:

- a) na základě povrchní analýzy, protože není jasné, o jakou násilnou trestnou činnost se jedná
- b) zřejmě na základě nesprávného vyhodnocení statistických údajů, protože v populaci celkově klesá počet mladistvých
- c) na základě předsudku, že mladiství pachatelé jsou vždy agresivní
- d) zobecněním jedné příčiny i navzdory tomu, že násilná trestná činnost mladistvých je důsledkem řady dalších příčin**
- e) na základě vnitřního rozporu, protože filmy plní vždy výchovnou a kulturní roli

Analogická úvaha

„Růst počtu chorob dýchacího ústrojí je důsledkem zhoršení čistoty ovzduší.“ Tento způsob argumentace je příkladem omylu, kdy závěr je učiněn zobecněním jedné příčiny i navzdory tomu, že choroby dýchacího ústrojí jsou **důsledkem řady dalších příčin**.

Ukázka č. 2 Znamení a příčina

„Jel jsem a přes cestu mi zleva přeběhla černá kočka. Za chvíli jsem havaroval. Černá kočka byla zlé znamení.“ Toto vysvětlení je příkladem:

- populistické propagandy ekologických aktivistů bojujících proti rozvoji automobilové dopravy
- tzv. černobílého klamu, kdyby to byla bílá kočka, neštěstí by se nestalo
- **pověry, že černá kočka je příčinou neštěstí**
- kritické analýzy stavu bezpečnosti silničního provozu
- racionální analýzy krizové situace, kdy autor sdělení přesně popisuje příčinu události

Analogická úvaha

„Před odjezdem na horolezeckou výpravu jsem si nechal od věštkyně vyložit karty. Předpověděla mi nehodu. Nedal jsem se odradit a byl jsem v horách zasypán lavinou. Vyložené karty byly zlé znamení.“ Toto vysvětlení je příkladem **pověry, že vyložené karty jsou příčinou neštěstí**.

Ukázka č. 3 Smím posuzovat knihu, kterou jsem nečetl?

„Sisyfos vleče neustále a vytrvale svůj kámen na horu, jakkoliv ví, že jeho námaha nebude mít žádný definitivní úspěch. Ale v okamžiku, kdy stojí na vrcholu a sleduje svůj kámen, který se opět valí dolů, triumfuje nad svým osudem.“ Francouzský filosof, stoupenec existencialismu A. Camus, použil „Mýtus o Sisyfovi“ k prezentaci svého filosofického názoru na smysl života. Jeho filosofie existence člověka vychází tedy z názoru, že

- **lidská existence ve světě je jen „absurditou“, která nemá žádný „vyšší“ smysl**
- člověk může najít smysl svého života jen v tvrdé práci
- člověk je velmi slabá bytost a nemůže se vzepřít Bohu
- člověk nebude nikdy svobodnou bytostí, protože je osudově připoután k práci
- člověk je silnější než jeho osud a je schopen jej změnit



11.2 PŘÍRODOVĚDNÁ GRAMOTNOST

Pojem gramotnost (angl. literacy) pod vlivem nároků, které dnešní nebývale otevřená společnost klade na jedince, změnil svůj původní úzký význam: naučit se čtení, psaní a počty. Jaké znalosti, dovednosti a zážitky nám mají zůstat po absolvování příslušné etapy vzdělávání? Demokratická společnost nám nabízí spoustu možností, ale očekává, že se dospělý jedinec v té mnohosti sám vyzná. Také předpokládá, že si člověk dovede vybrat, že se dokáže správně rozhodnout a že prostě člověk ví, co dělá a dovede se vhodně bránit proti klamu. Těmto dovednostem a mnoha dalším nás učí rodiče a škola. Z hlediska školní přípravy jedince na reálný život pak hovoříme o dosažení čtenářské, matematické, **přírodovědné**, finanční, mediální **gramotnosti** apod. Přírodovědnou gramotností se rozumí schopnost jedince užívat své přírodovědné znalosti, nacházet souvislosti a vyvozovat závěry založené na faktech a důkazech. A to vše se snahou porozumět přírodnímu světu a změnám, které v něm způsobují lidské činnosti, a moci se o nich rozhodovat.

Úkol zajistit gramotnost občana je tradičně svěřován škole, ta se stará o konkrétní podporu rozvoje žádaných gramotností přímo ve školní výuce. Jak přírodovědné vzdělávání probíhá?

V rámci přírodovědného školního kurikula se dozvíme a naučíme spoustu zajímavých i užitečných věcí. Pochopíme, že nemusí každý znovu „objevovat“ věci od počátku, když už je někdo jednou objevil, že potřebujeme a **využíváme ve velké míře znalosti** předků. Učíme se ze zkušenosti své i ostatních. K tomu, abychom se stali přírodovědně gramotní, potřebujeme **základní sumu poznatků o přírodě** a jejím fungování.

Měli bychom mít i povědomí o vědě jako takové, tj. pochopit základní znaky vědeckého zkoumání světa. Občas se stává, že lidé s jistotou tvrdí i to, co nevědí tak docela jistě. Můžeme se také mýlit my sami. Něco nevíme jistě a o leccem **kriticky pochybujeme**.

Velkým přínosem přírodovědné výuky je, že si zde můžeme na reálných úlohách vyzkoušet, jak se takové pochybnosti dají vyjasňovat a **jak se o sporných věcech argumentuje**. Jak může jeden druhému vysvětlit, v čem se mýlí a proč a jak se ten druhý může naopak bránit a uvádět jiné argumenty.

Učitel není pouhý zprostředkovatel probíraného učiva, vysvětluje látku tak, jak ji vnímá sám nebo užívá vyzkoušené didaktické postupy pro objasnění toho či onoho složitého jevu. To je jistě

cenné, ale není to úplné. Jen prostor pro **samostatnější orientaci a přemýšlení na straně žáků** vede ke skutečné gramotnosti.

Nic se nemusí uspěchat, v přírodovědě je možné zažít prožitek z objevování vlastní cesty. Tím spíše pak můžeme užasnout nad intelektuální výstavbou vědeckého poznávání světa. Budeme-li se sami pokoušet přijít věcem na kloub, dokážeme citlivěji rozlišovat v propletených metod a přístupech k řešení úloh. **Schopnost orientace a výběru** toho, co je pro danou úlohu optimální, je také součástí vzdělání.

Mnoho důležitých věcí kolem nás má svoji dobrou a špatnou stránku, podobně i zásahy do přírody samé. Nemůžeme se v tomto ohledu zcela spoléhat na to, co lidé už dávno vyzkoušeli. Tím víc ale záleží na tom, abychom si všechno, co děláme (nejen v přírodních vědách), dokázali dobře rozmyslet. Uvážlivost je na místě a můžeme předejít řadě ekologických problémů.

Trendem současnosti je posilování tzv. **klíčových kompetencí**⁴ (způsobilostí). Pokusíme se o ukázkou, k čemu konkrétnímu má být žák veden z přírodovědného pohledu:

Identifikovat a správně používat základní přírodovědnou terminologii.

Dokázat vysvětlit podstatu jevů, procesů a vztahů.

Mít představu o tom, jak vědci získávají důkazy a využívají údaje z experimentu.

Předkládat a určit příčinné souvislosti, pozorovat, experimentovat, odhadovat.

Rozvíjet dovednosti při řešení praktických úloh, zpracovávat zprávy z pozorování.

Tvořit a interpretovat schémata, tabulky, grafy, nákresy a pracovat s nimi.

Aplikovat poznatky a zkušenosti v praktických podmínkách.

Již z výše uvedeného zdaleka neúplného výčtu je zřejmé, že podaří-li se v rozumné podobě dostat přírodovědné poznatky do výuky, budou žáci, ať už budou ve svých profesích dělat cokoliv, dobře připraveni pro život.

OTÁZKY A ÚKOLY

1. **Napište své kritické námitky proti tvrzení, že geomagnetické pole Země ovlivňuje bezprostředně naše zdraví.**
2. **Posud'te argument kritika teorie relativity: „Mějme dvě současné a soumítné události A a B. Podle teorie relativity může nastat případ, kdy ve vztažné soustavě S je událost A po jiné události C, zatímco v soustavě S' je událost B před ní. Pak ale události A a B nemohou být současné a soumítné, což je spor.“ Pokuste se svou kritiku založit na analogii, které by porozuměli i neučení lidé.**

4 Klíčové kompetence představují schopnosti, dovednosti, postoje, názory a osobnostní vlastnosti, které umožňují jedinci jednat adekvátně a efektivně v různých životních situacích. Základní typy kompetencí jsou: kompetence k učení, kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální, kompetence občanské, kompetence pracovní.

3. Pokuste se z vědeckého hlediska vyvrátit některá tvrzení populárněvědecké literatury, která jsou fakticky založena na pseudovědě nebo se opírají o motivy science fiction.
4. Máte představu, jakou by žák měl mít „Znalost vědy“ a „Znalost o vědě“? V čem cítíte hlavní rozdíl mezi oběma souslovími?
5. Zkuste stručně sepsat, co by měl podle vás znát běžný občan z přírodovědných oborů.
6. Posud'te adekvátnost nabízených odpovědí v ukázkách z testů kritického myšlení, které byly skutečně zadávány.

12 NA ZÁVĚR

Dopis do roku 2113

Milí kolegové,

obracíme-li se na vás v důvěře, že náš dopis a celý předcházející text budete jednou číst, činíme tím dva poněkud protichůdné předpoklady.

První je, že naše civilizace nezanikne ani se nepromění natolik, že věda, jak my ji chápeme, už nebude nikoho zajímat. Druhý je, že civilizace natolik nepokročí, že už nikoho nebude zajímat, jak se s vědou a s jejím vyučováním vyrovnávali učitelé před sto lety.

Když to píšeme, uvědomujeme si, že žijeme ve zvláštním období, kdy je velmi rozšířeno přesvědčení, že během století dojde v životě celého lidského společenství k podstatným změnám. I v minulosti bývala, zejména v dobách společenských převratů, období, kdy se velké změny očekávaly. Tato očekávání však nebyla spojena s pokroky přírodních věd a techniky, a jak s odstupem vidíme, neopírala se o příliš racionální argumenty. Od počátku novověku do závěru 19. století nemohl střízlivě uvažující člověk očekávat, že svět se během století změní natolik, aby byl jeho vrstevníkům (kdyby století přežili) zcela cizí.

Na začátku dvacátého století už tomu bylo jinak. Kdo by tenkrát uhadl, že se lidé během něho dožijí letů na Měsíc, transplantací srdce, jaderných bomb, světové informační sítě? Na prahu 21. století si tuto nepředvídatelnost budoucnosti uvědomujeme daleko výrazněji.

Víme například o nebezpečích, která našemu domovu – Zemi – neustále hrozí z vesmíru v podobě srážky s asteroidem, ale začínáme také uvažovat o možnosti, jak takovou hrozbu předvídat a odvrátit. Daleko pravděpodobnější jsou ovšem hrozby, které spočívají v nás samotných, ať už jde o ničivé zbraně, přelidnění, vyčerpání zdrojů, devastaci prostředí či společenský rozvrat.

Naše vědění, je-li nerozváženě a bez přihlídnutí k dlouhodobé perspektivě využíváno, tyto hrozby posiluje, mohlo by však být také zdrojem naděje. Chceme vám napsat něco o této naději.

Věříme, že za sto let bude věda nejen výrobní silou, ale bude daleko více než dnes usměrňovat lidské vize, perspektivy a projekty. Budete se více než naši současníci cítit součástí posádky kosmické lodi, kterou je Země, a pocítovat zodpovědnost za její budoucnost, která je i budoucností lidského rodu.

Doufáme, že se budete moci soustředit v životě na důležité věci bez obav z toho, že budete nějak podvedeni či zneužiti k mocenským pŕůtkám.

Co se týče speciálně pedagogiky, věříme, že během století nejen nezeslábne, ale naopak se posílí potřeba lidského kontaktu a spolupráce, což nemůže být nikdy nahrazeno neosobními, ryze technickými přístupy. Proto neztratí hodnotu ani tradice, zkušenosti a snahy vašich předchůdců. Právě z toho čerpáme naději, že někdo z vás si tento dopis přečte a posoudí, nakolik jsme v něm aspoň něco z obrysů budoucnosti zahlédli.

*Držíme Vám palce.
Vaši předkové*

DOPORUČENÁ LITERATURA K JEDNOTLIVÝM KAPITOLÁM:

1.

ÚVOD K TEXTU „JAK PRACUJE VĚDA?“

Domníváme se, že nejlepším doplněním našeho úvodu bude přečtení úvah největších vědců, kteří přemýšleli o povaze své práce. Na prvním místě jmenujme Einsteina, jehož eseje byly shrnuty do sbírek *Jak vidím svět* a *Z mých pozdějších let*. Obě byly přeloženy do češtiny. (Upozorňujeme, že vydání z roku 1961 je pouze výbor, kde navíc některé texty byly cenzurovány způsobem, který je zajímavým svědectvím o tehdejší době.) Citát, na který se odvoláváme, je z Einsteinovy *Tvůrčí autobiografie*, která je nejlépe dostupná v ruském vydání. Vřele můžeme doporučit také Weinbergovu knihu *Tváří v tvář* a všechny do češtiny přeložené knihy Richarda Feynmana. Velkolepý přehled snah a výsledků současné fyziky podává kniha R. Penrose *Road to reality*, která však do češtiny přeložena nebyla. O historii a cílech CERNu pojednává P.A. Aczel v knize *Okamžik stvoření*. Zajímavou úvahou o omezenosti vědeckého pohledu na svět je kniha svérázného českého myslitele Josefa Šafaříka *Sedm listů Melinovi*. Román McEvana *Solar* ukazuje na úpadek nadaného vědce, který se pro své pohodlí přizpůsobuje společenským mechanismům.

2.

JAK VZNIKAL VĚDECKÝ PŘÍSTUP KE ZKOUMÁNÍ SVĚTA?

Základní dochovaná díla antické vědy a filosofie jsou většinou dostupná v českých překladech. Doporučujeme zejména soubory *Zlomky předsokratovských myslitelů* a *Zlomky starořeckých atomistů*. Pro obeznámení se Sókratovou osobností a názory jsou důležité zejména Platónovy texty *Obrana Sókratova* a *Faidon*. Poněkud odlišný pohled podává ve *Vzpomínkách na Sókrata* Xenofon a zcela jinak se jevil Sokrates Aristofanovi ve hře *Oblaka*. Čtenář Aristotelovy *Fyziky* si může povšimnout, že jsou v ní i motivy blízké fyzice newtonovské. Lucretiova báseň *O přírodě* nás uvádí do světa, v němž ještě věda, filosofie a poezie si udržovaly harmonickou jednotu.

Panoramatický a čtenářsky poutavý obraz antického myšlení podávají *Životy, výroky a názory proslulých filosofů* od Diogena Laertia. Ze *Základů pyrrhonské skepse* Sexta Empirika poznáváme stupeň kritického myšlení, k němuž antika dospěla.

Základní Descartova díla jsou *Úvahy o první filosofii* a *Rozprava o metodě*. Vyjadřují podstatné rysy novověkého myšlení. Pascalovy *Myšlenky* odrážejí narůstající konflikt mezi vědou a tradiční podobou víry. Galileův *Dialog o dvou systémech světa* je dostupný i ve slovenštině. Je pozoruhodný i po literární stránce jako svědectví o renesančním ovzduší naplněném zvědavostí. Historii moderní vědy podává např. Whitehead v knize *Věda v moderním světě*, která je dostupná i ve slovenštině, či Bernalova *Věda v dějinách*. O stavu vědy v třicátých letech minulého století podává zasvěcenou zprávu Eddingtonova *Nature of the physical world*.

3.

VĚDA A JEJÍ VZTAH K JINÝM LIDSKÝM ČINNOSTEM

O Popperových myšlenkách je nejlépe poučit se z jeho vlastního díla *Logika vědeckého bádání*. V češtině vyšla i řada dalších Popperových knih. V češtině byla vydána i Kuhnova *Struktura*

vědeckých revolucí. Zajímavou, i když problematickou kritiku Popperových myšlenek ze strany přírodovědce podal Jiří Heřt v článku *Problémy popperovské falzifikace* ve 2. díle sborníku *Věda kontra racionalita*.

Zajímavý pohled na podstatu a dějiny matematiky podává kniha Petra Vopěnky *Úhelný kámen evropské vzdělanosti a moci*. Gödelovu základní práci rozebírají a její význam hodnotí František Včelař, Jaroslav Frýdek a Ivan Zelenka v knize *Gödel 1931*. Svérázným způsobem se dívá na matematikovu práci G. H. Hardy v knize *Obrana matematikova*.

Většina stěžejních děl předních filosofů minulosti je přeložena do češtiny. Každému bychom doporučovali přečíst si alespoň Humovo *Zkoumání lidského rozumu a Kantova Prolegomena ke každé příští metafyzice, jež se bude moci stát vědou*. Podstatu fenomenologie přiblížil širšímu okruhu čtenářů Ivan Blecha v knize *Proměny fenomenologie*. Tomuto okruhu jsou určeny i knihy Jaroslava Peregrina *Úvod do analytické filozofie a Filozofie pro normálního čtenáře*. Pozoruhodným přehledem filosofických problémů je *Filozofická gymnastika od Stephana Lawa*.

Vesmírná galerie Johna Barrowa poukazuje na úlohu v obrazů v dějinách vědy a dotýká se tak tématu vztahu vědy k umění. Tomuto tématu se věnuje i *Vesmír plný umění* téhož autora.

O vědě a víře je dobré vyslyšet názory celého spektra autorů. Kritický pohled vědce najde čtenář v knihách Stephena Weinberga *Snění o finální teorii a Tvář v tvář*. Obhajobou myšlenek o vzájemné inspiraci vědy a náboženství je *Věda a teologie od* Johna Polkinghorna. Strhující příběh zápasu mezi vědeckou skepsí a náboženskou vírou podává román Rogera Martina du Gardu *Jean Barrois*.

Základní dílo o antropickém principu a myšlenkách, které mu v průběhu historie předcházely, je John Barrow a Frank Tipler: *The anthropic cosmological principle*. Novější vývoj zachycuje Helge Kragh v článku *The origin of the modern anthropic principle*.

4.

ROZDĚLENÍ A JEDNOTA VĚD(Y)

Dobrý přehled filosofie podaný z moderního hlediska podává např. Anzenbacher v knize *Úvod do filosofie*. O cestě vědy k jednotě, ale také o vztahu vědy ke společnosti píše mnozí významní vědci, např. R. Weiszäcker: *Dějiny přírody* či W. Heisenberg: *Část a celek*. Přehled úsilí o nalezení teorie všeho podává J. Barrow v knihách *Teorie všeho* a *Nové teorie všeho*. Kritičtější pohled na tyto snahy podávají např. J. Smolin: *Fyzika v potížích* či P. Woit: *Dokonce ani ne špatně*. Z hlediska experimentální fyziky a praktického použití věty je psán soubor článků, jejichž autorem je P. Kapica: *Experiment-teorie-praxe*.

5.

TÁZÁNÍ VE VEDE

Hadamardova kniha zmiňovaná v textu je nejnázve dostupná v angličtině pod názvem *The psychology of invention in the mathematical field*. Uvádí mnoho zajímavých příkladů vzniku, rozvíjení a řešení otázek. K. R. Popper nazval svou „Tvůrčí autobiografii“ *Věčné hledání*. Jak je patrné už z názvu, kniha se věnuje hlavně otázkám, které ho po celý život provázely. Pěknou ukázkou argumentačních dovedností najdeme v knize G. Berkeleje *Tři dialogy*.

6.

NÁSTROJE VĚDECKÉHO POKROKU

Brněnští autoři B. Švandová a M. Jelínek napsali myšlenkově i obsahově zajímavou knihu *Argumentace a umění komunikovat*. Problém, nakolik je lidské chování podřízeno determinujícím zákonům, hluboce rozebral M. Gardner v článku *Mystérium svobodné vůle*, který byl přeložen i do češtiny. Téma kauzality hraje významnou roli v řadě povídek S. Lema, skvělý je zejména příběh *Rýma*, v němž se propojuje kauzalita s náhodami. Originální úvahy o determinovanosti dějinných událostí lze najít v Tolstého *Vojně a míru*. Zajímavé myšlenky o problému determinismu a svobodné vůle (s odvoláním na Melvillův román *Bílá velryba*) uvádí František Koukolík v knize *Nejspanilejší ze všech bohů*.

7.

PARADOXY

Aristotelova kniha O sofistických důkazech stojí i dnes za přečtení. Kromě Sainsburyho *Paradoxů* a Clarkových *Paradoxů od A do Z* je vynikající i Gardnerova kniha *Paradoxes to Puzzle and Delight*. Paradoxů se týkají mnohé knihy R. Smullyana, které byly přeloženy do češtiny, zvláště *Satan, Cantor a nekonečno*. Z českých autorů se zabývala paradoxy B. Švandová: *Cesty paradoxu s úvodní esejí Willarda Van Ormana Quina*.

8.

CHARAKTER VĚDECKÉ PRÁCE

Vynikající přehled základních experimentů ve fyzice podává George Trigg: *Crucial Experiments in Modern Physics*. Zajímavou knihu o myšlenkových experimentech napsal M. Pícha: *100 myšlenkových experimentů ve filosofii*. O souvislosti vzniku speciální teorie relativity s experimentem pojednává kniha P. Galisona *Einsteinovy hodiny a Poincarého mapy*.

9.

MODELY A MODELOVÁNÍ

Otázky etiky zejména ve vztahu k praktickému životu řeší v knize *Etika a život* Jan Sokol. Ekologickými aspekty etiky se zabývá Erazim Kohák v knize *Zelená svatozář a Člověk, dobro a zlo*. O etických dilematech vědců pracujících na výrobě jaderných zbraní, pojednává kniha Roberta Jungka *Jasnější než tisíc sluncí*. Román Haakona Chevaliera *Muž, který se chtěl stát bohem*, se věnuje speciálně tvůrci atomové bomby Robertu Oppenheimerovi. V románě Vasilije Grossmana *Život a osud* jsou zahrnuta morální dilemata sovětských vědců v době stalinské diktatury. O problémech, které se mohou objevit v budoucí technicky vyspělé společnosti, pojednává publikace *The Ethics of Star Trek* od J.Baradové a E.Robertsona.

10.

ETIKA VĚDY

Otázky etiky zejména ve vztahu k praktickému životu řeší v knize *Etika a život* Jan Sokol. Ekologickými aspekty etiky se zabývá Erazim Kohák v knize *Zelená svatozář a Člověk, dobro a zlo*.

O etických dilematech vědců pracujících na výrobě jaderných zbraní, pojednává kniha Roberta Jungka *Jasnější než tisíc sluncí*. Román Haakona Chevaliera *Muž, který se chtěl stát bohem*, se věnuje speciálně tvůrci atomové bomby Robertu Oppenheimerovi. V románu Vasilije Grossmana *Život a osud* jsou zahrnuta morální dilemata sovětských vědců v době stalinské diktatury. O problémech, které se mohou objevit v budoucí technicky vyspělé společnosti, pojednává publikace *The Ethics of Star Trek* od J.Baradové a E.Robertsona.

11.

KRITICKÉ MYŠLENÍ

V české kultuře a politice sehráli významnou roli osobnosti s mimořádně rozvinutým kritickým myšlením. Na prvním místě lze uvést Karla Havlíčka Borovského, jehož články v *Národních novinách* a *Slovanu* jsou dostupné v různých vydáních. F. X. Šalda ukládal své kritické názory do vlastního časopisu *Zápisník*. Doporučujeme k přečtení zejména jasnozřivou stať *Věk železa a ohně*. Velkým kritickým komentátorem naší historie byl Ferdinand Peroutka. Dobrý výbor z jeho stať je *O věcech obecných I, II*. Na sklonku normalizačního režimu vynikl svou kritickou tvorbou Petr Fidelius (vlastním jménem Karel Palek). Výbor z jeho díla obsahují knihy *Řeč komunistické moci* a *Kritické eseje*.

Jako příklady kritiky vědeckých teorií uvedme knihy L. Smolina *Fyzika v potížích* či P. Woita *Dokonce ani ne špatně*.

12.

NA ZÁVĚR

Zde uvádíme několik dalších titulů, které nás při psaní knihy zaujaly:

Feyerabend, P.K.: *Rozprava proti metodě*, Praha: Aurora, 2001

Flegr, J. *Zamrzlá evoluce*. Academia, Praha 2006

Hendl, J.: *Kvalitativní výzkum*. Základní metody a aplikace. Praha: Portál.

Koukolík, F.: *Proč se Dostojevskij mýlil?*. Galén, Praha 2007

Koukolík, F.: *Nejspanilejší ze všech bohů*. Karolinum 2012

Penrose R: *Makrosvět, mikrosvět a lidská mysl*, Mladá Fronta 1999

Scruton, R.: *Průvodce inteligentního člověka po moderní kultuře*. Praha: Academia, 2002.

Internetové zdroje:

<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Validita>

<http://www.socialresearchmethods.net/kb/resques.php>

<http://www.obcanskevzdelavani.cz/kurz-kritickeho-mysleni-a-argumentace>

REJSTŘÍK

A

antropický princip 51
apriorní soudy 31
Aristotelés 10, 35, 58, 65

C

citační index 91

D

definice 21, 22, 23, 57, 63, 64,
71, 73, 94
determinismus 17, 55, 57, 58
dialektika 59, 66

F

falzifikace 7, 24, 26, 104
fenomenologie 33

G

Galileo Galilei 15
gramotnost 97

H

hypotéza 73, 76, 78, 81

Ch

chyba měření 76

I

Isaac Newton 16

K

Karl R. Popper 22
klasifikace věd 42
klíčové kompetence 98
koincidence 38, 39, 40, 56
korelace 56
kruciální experiment 79

M

Masaryk 42
metodika 72
metodologie 72
modální logika 60
model 84
modelování 83
mýtus 10

N

nejistota měření 77

O

Ocammova břitva 14

P

paradigma 25, 26, 50
paradox 63
positivismus 32
postmodernismus 34
princip komplementarity 18
prostorčas 17, 18

R

redukcionismus 49
reliabilita 76
René Descartes 15

S

scientometrické hodnocení 91
Sókratés 12
sókratovská metoda 12
syntetické soudy 31

T

teleologie 51
terminologie 71
tvořivé myšlení 95

V

validita 76
vědecká etika 87
vědecké teorie 73
vědecký zákon 73
verifikace 7
vývoj 51, 54, 91

Z

základní výzkum 89

LITERATURA

- [1] POPPER, K. R.: Život je řešení problémů. O poznání, dějinách a politice. Praha: 1997
- [2] ARISTOTELES: Poetika. Praha: Orbis, 1964.
- [3] GRAHAM, G.: Filosofie umění. Brno: Barrister & Principal, 2004.
- [4] ECO, U.: Umění a krása ve středověké estetice. Praha: Argo, 1998.
- [5] MASARYK, T. G.: Pokus o konkrétní logiku: třídění a soustava věd. Praha: MÚ, 2001,
- [6] ANZENBACHER, A.: Úvod do filosofie, Portál 2004
- [7] HOLLAND, P. W.: Statistics and causal inference. Journal of the American Statistical Association 81, 1986, 945–970
- [8] HENDL J.: Meta-analýza v medicíně. Časopis lékařů českých 141(8), 2002, 235–239
- [9] RUSSEL, B.: Logika, věda, filozofie, společnost. Praha 1993
- [10] SOCHOR, A.: Logika pro všechny ochotné myslet, Karolinum 2011
- [11] VOPĚNKA, P.: Velká iluze matematiky XX. století a nové základy, Plzeň: ZU, Koniáš, 2012
- [12] KERLINGER, F.N.: Základy výzkumu chování, Praha 1973
- [13] SOKOL, J.: Etika a život. Vyšehrad, Praha 2010
- [14] PSTRUŽINA, K.: Pojednání o lidském myšlení, Ekopress 2005,
- [15] Zpravodaj AV ČR, Akademický bulletin 2006, Wolpert.
- [16] DRENTH, P. J.D.: The role of academy of sciences, International Journal of Technology
- [17] BERNAL, J.D.: Věda v dějinách, díl I., II., Praha 1960.

RESUMÉ

Publikace vznikla v rámci projektu „Moduly jako prostředek inovace v integraci výuky moderní fyziky a chemie“. Je určena hlavně studentům přírodovědných oborů, kterým poskytuje pohled na historii vědeckého přístupu ke světu, na souvislosti vědy s jinými obory lidského zájmu a lidské činnosti a na způsoby, jimiž je dnes vědecké bádání organizováno a rozvíjeno.

Text začíná úvahou o tom, jakými podstatnými rysy se vědecká činnost vyznačuje. Je nastíněn vývoj stěžejních vědeckých myšlenek od antiky po dnešek. Hlavní pozornost je přitom věnována fyzice a její snaze o vytvoření jednotné teorie, o niž by se mohly opřít i ostatní vědy. Jsou popsány různé přístupy k posouzení vědeckosti se zvláštním zřetelem k Popperovu demarkačnímu kritériu, pokusy o klasifikaci věd a jejich rozdělení podle typu výzkumu.

Je diskutována úloha matematiky ve vědě a vztah vědy k filosofii, technice, umění a náboženské víře. Jsou porovnávány různé způsoby tázání ve vědě a logické a filosofické principy, které s tím souvisí. Speciální pozornost je věnována paradoxům. Dále se publikace zabývá povahou vědecké práce, úlohou experimentu a modelování a etickými problémy, ke kterým vědecké bádání a jeho využití vede. Jsou popsány současné způsoby hodnocení vědecké práce v rámci scientometrie. V závěru se publikace snaží charakterizovat kritické myšlení a přírodovědnou gramotnost.

Součástí publikace jsou otázky, uvedené za každou kapitolou, které mají sloužit jako podklad k diskusi se studenty. Publikace obsahuje také komentovaný výběr literatury k jednotlivým tématům. Může však zaujmout i širší okruh zájemců o pochopení historie a povahy vědy. Publikace slouží především jako doplněk přednášek a inspirace pro jejich diskuse s učiteli i mezi sebou.

SUMMARY

This publication is a part of the project „Modules as a tool of innovation in the integration of teaching of modern physics and chemistry“. It is devoted mainly to the students of science. It gives them a review of history of scientific approach to the world, connections of science with the other regions of human interests and human activity and ways of present organization and development of science.

The introductory part of publication is devoted to consideration of essentials features of basic scientific ideas from antiquity to present. The main attention is devoted to physics and its effort to create the unified theory able to serve as the basis of all science. Various approaches of determination of scientific character of human activity are discussed with special attention to the Popper demarcation criterion. Various attempts of classification of sciences and their distribution connected with the type of research are compared. The role of mathematics in science is discussed and also the relation of science to philosophy, technology, art and religion belief.

Different types of putting questions in science, logic and philosophy are compared. Special attention is given to paradoxes. Furthermore, the publication considers the nature of scientific work, the role of experiment and modeling and ethical issues that scientific research. The current methods of evaluation of scientific work, scientometry indicators are described. In conclusion, the publication tries to characterize critical thinking and scientific literacy.

JAK PRACUJE VĚDA

prof. RNDr. Jan Novotný, CSc., RNDr. Jindřiška Svobodová, Ph.D.

ILUSTRACE

MgA. Marta Kovářová, Ph.D.

Vydala Masarykova univerzita 2014

1. vydání, 2014

Náklad 200 výtisků

Tisk: TEEPEE, Nejedlého 22, Brno

ISBN 978-80-210-6942-8



JAK PRACUJE VĚDA

Jan Novotný, Jindřiška Svobodová
Masarykova univerzita
Brno 2014



Moduly jako prostředek inovace v integraci výuky moderní fyziky a chemie
reg. č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0182



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ISBN 978-80-210-6942-8



9 788021 069428