

K U H N

*Struktura
vědeckých revolucí*

ISBN 80-86005-54-2

· OIKOYMENH ·

samu otázku, na jejímž základě se samy rozvinuly, než elementárními logickými či metodickými rozlišeními, která by předcházela rozbor vědeckého poznání. Tento kruhový charakter však vůbec neruší jejich platnost, ale činí z nich část teorie, a tím i předměty stejného zkoumání, kterému je třeba podrobit teorie jiných odborů. Mají-li být něčím více než pouhými abstrakcemi, pak musí být jejich obsah odhalen v pozorování jejich použití na údaje, jež si osobují osvětlovat. Jak by mohly dějiny vědy selhat jako zdroj fenoménů, od nichž by bylo možno právem očekávat, že mohou být podrobeny zkoumání v rámci teorie poznání?

II CESTA K NORMÁLNÍ VĚDĚ

V tomto eseji znamená „normální věda“ výzkum, který je založen přísně na jednom či několika výsledcích vědy, jež určité vědecké společenství jistým způsobem uznává po určitou dobu jako to, co poskytuje základ pro její další praxi. Dnes se takové výsledky uvádějí ve vědeckých učebnicích pro začátečníky i pokročilé, i když jen zřídka v původní formě. Učebnice vykládají podstatu přijaté teorie, ukazují mnohá její úspěšná použití a tato použití srovnávají s názornými pozorováními a experimenty. Předtím než se takové knihy staly na počátku devatenáctého století (a u nově vzniklých věd ještě později) populární, plnilo stejnou funkci mnoho věhlasných klasiků vědy. Aristotelova *Fysika*, Ptolemaiovův *Almagest*, Newtonova *Principia* a *Optica*, Franklinova *Elektrina*, Lavoisierova *Chemie* a Lyellova *Geologie* – tato a mnohá další díla sloužila ve své době k tomu, aby pro následující generace odborníků implicitně vymezila legitimní problémy a metody výzkumného pole. Bylo to možné proto, že tito klasikové společně sdíleli dvě charakteristiky. Jejich vědecké výsledky byly natolik neobvyklé, že na svou stranu přetáhly setrvalou skupinu přívrženců z dobově kvalifikovaných způsobů vědecké aktivity. Současně měly tyto vědecké výsledky dostatečně otevřený konec, takže pro nově vymezenou skupinu odborníků ponechaly k vyřešení problémy všeho druhu.

Výsledky, které sdílejí tyto dvě charakteristiky, budu nadále nazývat „paradigmaty“; termínem, který má úzký vztah k pojmu „normální věda“. Volbou tohoto termínu jsem chtěl naznačit, že některé z všeobecně přijímaných příkladů současné vědecké praxe – příkladů, které společně zahrnují zákony, teorie, aplikace a odpovídající přístroje – poskytují modely, v nichž mají svůj původ zvláštní soudržné tradice vědeckého výzkumu. Jsou to tradice, které by historik zařadil do kategorií „Ptolemaiovská (nebo koperníkovská) astronomie“, „Aristotelská (nebo newtonovská) dynamika“, „Korpuskulární (nebo vlnová) optika“ atd. Studium paradigmat, včetně těch, která jsou mnohem speciálnější než paradigmatata uvedená pro ilustraci

výše, tvoří hlavní část přípravy studenta na členství v určitém vědeckém společenství, se kterým bude nadále pracovat. Protože se tak student připojuje k lidem, kteří si osvojili základy svého oboru podle určitého společného modelu, jeho další praxe bude pouze zřídka vyvolávat nesouhlas s těmito základy. Lidé, jejichž výzkum je založen na sdílených paradigmatech, jsou věrní stejným pravidlům a stejným standardům vědecké praxe. Tato věrnost a zjevný konsensus, který vytvářejí, jsou nezbytnou podmínkou normální vědy, tj. podmínkou zrodu a pokračování určité vědecké tradice.

Protože v tomto eseji bude pojem paradigmatu často nahrazovat mnohé běžně známé pojmy, je třeba říci něco více o důvodech, které vedly k jeho zavedení. Proč je určitý vědecký výsledek těžištěm profesionální víry, která předchází různé pojmy, zákony, teorie a stanoviska, jež z tohoto výsledku mohou být odvozena? V jakém smyslu je pro studenty zabývající se historickým vývojem vědy sdílené paradigma základní jednotkou, kterou není možno dále zcela redukovat na logicky nedělitelné složky, které by ji byly schopné nahradit? V pátém oddíle, kde se s těmito otázkami setkáme, nám odpovědí na ně a na další podobné otázky poskytnou základ pro pochopení normální vědy a s ní spojeného pojmu paradigmatu. Tento důkladnější rozbor však bude záviset na předcházejících ukázkách příkladů působnosti normální vědy nebo paradigmatu. Budeme mít při vysvětlování těchto pojmů na paměti, že mohou existovat druhy výzkumu bez paradigmatu, nebo přinejmenším bez paradigmatu tak závazného, jaké je uvedeno výše. Získání nějakého paradigmatu a esoterický výzkum, který paradigma dovoluje, jsou ve vývoji té které z vědeckých oblastí známkou parchant.

Snaží-li se historik vystopovat v minulosti vědecké poznání určité vybrané skupiny a nějakého s ní svázaného fenoménu, pravděpodobně se setká s nějakou menší obměnou schématu, který je zde vylíčen na příkladu historie fyzikální optiky. Dnešní učebnice fyziky tvrdí studentům, že světlo tvoří fotony, tj. kvantově-mechanické entity, které vykazují některé vlnové a některé částicové vlastnosti. Výzkum probíhá v souladu s tímto tvrzením, respektive v souladu s propracovanější matematickou charakteristikou, z níž je obvykle toto slovní tvrzení odvozováno. Tato charakteristika světla je však stará ani ne půl století. Dříve než ji Planck, Einstein a další v tomto století vyvinuli, fyzikální texty hlásaly, že světlo je příčné vlnění. Tato koncepce měla svůj kořen v paradigmatu odvozeném v po-

sledku z Youngových a Fresnelových spisů o optice, pocházejících z počátku devatenáctého století. Ani vlnová teorie však nebyla přijata všemi odborníky na optiku. V osmáctém století poskytovala paradigma tohoto oboru Newtonova *Optika*, která říkala, že světlo je tvořeno hmotnými částicemi. Fyzikové té doby hledali důkaz – který zastánci rané vlnové teorie neměli – o tlaku vyvinutém světelnými částicemi dopadajícími na pevné těleso.⁵

Tyto proměny paradigmatu fyzikální optiky jsou vědeckými revolucemi a postupný přechod od jednoho paradigmatu k druhému cestou revoluce je obvyklým vývojovým schématem vyspělé vědy. Toto schéma však není charakteristické pro období před Newtonem a tento nápadný rozdíl je to, co nás zajímá. Žádné období od staré antiky až po sedmnácté století nevykazovalo nějaký jedinečný, všeobecně přijímaný názor na povahu světla. Místo toho existovalo mnoho vzájemně soutěžících škol a podskupin, z nichž mnohé se hlásily k té či oné variantě epikurejské, aristotelské nebo platónské teorie. Jedna skupina měla za to, že světlo jsou částice linoucí se z hmotných těles; pro jinou skupinu bylo světlo určitou modifikací prostředí mezi tělesem a okem; další skupina vysvětlovala světlo vzájemným působením prostředí s něčím, co se line z oka. Kromě toho existovaly i další kombinace a modifikace koncepcí. Každá z těchto škol čerpala svou sílu ze vztahu k určité metafysice a každá také zdůrazňovala určitý soubor optických jevů, který byl právě její teorií nejlépe vysvětlen a ten považovala za svá paradigmatická pozorování. Ostatní pozorování byla považována za *ad hoc* nebo zůstávala nevyřešenými problémy pro další výzkum.⁶

V různých dobách přispěly všechny tyto školy k souboru pojmů, jevů a technik, na jehož základě Newton načrtl první, téměř všeobecně přijímané paradigma fyzikální optiky. Každá taková definice vědce, která by vyloučila tvůrčí zástupce těchto různých škol, by také vyloučila jejich moderní následovníky. Tito mužové byli vědci. Každý, kdo by dnes zkoumal přehled fyzikální optiky před Newtonem, by mohl dojít k závěru, že i když odborníci na tomto poli byli vědci, čistý výsledek jejich činnosti je něčím méně významným než vědou. Protože žádný z autorů na poli fyzikální optiky nemohl

⁵ J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours*, London 1772, str. 385–390.

⁶ V. Ronchi, *Histoire de la lumière*, přel. J. Taton, Paris 1956, kap. I–IV.

nějaký názor nebo nějakou techniku považovat za zaručenou, byl nucen vybudovat tento obor znovu, na svých vlastních základech. Jeho volba podpůrných pozorování a experimentů byla poměrně svobodná, protože neexistoval žádný standardní soubor metod, kterého by byl každý autor na poli optiky nucen využívat, nebo soubor jevů, který by musel vysvětlit. Za těchto okolností směřoval dialog obsažený v knize, která byla výsledkem takové práce, stejnou měrou k zástupcům druhých škol jako k přírodě. Tento vzorec není neznámý ani v mnoha dnešních oblastech tvorby a není ani neslučitelný s významnými objevy či nápady. Není to však schéma vývoje, které si osvojila fyzikální optika po Newtonovi a které je dnes běžné i v jiných přírodních vědách.

Historie výzkumů elektřiny v první polovině devatenáctého století poskytuje konkrétnější a známější příklad způsobu, jímž se věda vyvíjela před tím, než si osvojila první obecně přijímané paradigma. Během tohoto období existovalo tolik názorů na povahu elektřiny, kolik bylo významných experimentátorů v této oblasti, jako byli Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollett, Watson, Franklin a další. Všechna tato četná pojetí elektřiny měla něco společného – byla částečně odvozena z té či oné verze mechanicko-korpuskulární teorie, která v té době ovládala vědecký výzkum. Navíc každé z těchto pojetí bylo součástí skutečně vědecké teorie, která zčásti vyplývala z experimentů a pozorování a která částečně určovala výběr a interpretaci dalších problémů, jichž se výzkum ujímal. I když se tedy všechny experimenty týkaly elektřiny a většina experimentátorů navzájem četla svá díla, jejich teorie měly pouze přibuzenskou podobnost.⁷

⁷ D. Roller – D. H. D. Roller, *The Development of the Concept of Electrical Charge: Electricity from the Greek to Coulomb*, in: *Harvard Case Histories In Experimental Science*, Case 8, Cambridge (Mass.) 1954 a I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example of Thereof*, Philadelphia 1956, kap. VII–XII. Za několik analytických podrobností v odstavci, jež v textu následuje, vděčím dosud neuveřejněnému článku svého studenta Johna L. Hebrona. Až do jeho zveřejnění viz poněkud rozsáhlejší a přesnější výčet výskytu Franklinova paradigmatu, zahrnutý v T. S. Kuhn, *The Function of Dogma in Scientific Research*, in: A. C. Crombie (vyd.), *Symposium on the History of Science*, University of Oxford, 9.–15. červenec 1961, publikováno u Heinemann Educational Books, Ltd.

Jedna z raných skupin teorií, která následovala praxi 17. století, považovala elektrickou přitažlivost a výrobu elektřiny třením za základní elektrické jevy. Tato skupina měla snahu považovat odpudivou sílu za druhotný účinek mechanického rázu a snažila se co možná nejdéle odložit vysvětlení a systematické prozkoumání Grayova nově objeveného jevu, elektrické vodivosti. Jiní „elektrikáři“ (jak zní jejich vlastní termín) považovali přitažlivou i odpudivou sílu za rovnocenné projevy elektřiny a podle toho upravili své teorie a svůj výzkum. (Ve skutečnosti je tato skupina značně malá – dokonce ani Franklinova teorie nikdy zcela neobjasnila vzájemnou odpudivost dvou záporně nabitých těles.) Ale tito lidé měli stejné potíže jako výše jmenovaná skupina s vysvětlováním i nejjednodušších vodivostních jevů. Tyto jevy však poskytly výchozí bod třetí skupině, která měla sklon hovořit o elektřině jako „fluidu“, které může téci vodiči snadněji než „effluvium“, které je vylučováno nevodíči. Tato skupina naopak měla potíže s tím, aby svou teorii uvedla v soulad s mnoha jevy přitažlivosti a odpuzování. Jenom díky Franklinově práci a pracím jeho bezprostředních následovníků mohla vzniknout teorie, která byla schopna vysvětlit téměř stejně snadno a velmi podrobně všechny tyto jevy, a tedy mohla zajistit a také zajistila následujícím generacím „elektrikářů“ společné paradigma výzkumu.

S výjimkou oborů jako matematika nebo astronomie, u kterých lze datovat pevná paradigmatata již v jejich prehistorii, a s výjimkou biochemie, která vznikla rozštěpením a přerozdělením již vyspělých speciálních oborů, jsou výše zmíněné situace z hlediska historie typické. I když v sobě obsahují neustále používaná a nepřilíš šťastná zjednodušení, která označují rozsáhlé historické události jednoduchým a libovolně zvoleným jménem (např. Newton nebo Franklin), chci přesto tvrdit, že podobný základní nesoulad charakterizuje např. studium pohybu před Aristotelem, studium statiky před Archimédem, tepla před Blackem, chemie před Boylem a Bøerhaavem a historické geologie před Huttonem. V některých oddílech biologie – například ve studiu dědičnosti – spadají první, obecně přijímaná paradigmatata do dosud nedávné minulosti; a zůstává otevřenou otázkou, zda vůbec nějaká ze společenských věd již přijala takové paradigma. Dějiny ukazují, že cesta k pevnému výzkumnému konsensu je mimořádně obtížná.

Dějiny však také ukazují některé důvody obtíží, s nimiž se na této cestě setkáváme. Chybí-li paradigma nebo alespoň nějaký uchazeč o roli paradigmatu, pak všechna fakta, která by se mohla týkat rozvoje určité vědy, se jeví jako stejně závažná. Výsledkem je, že shromažďování dat v rané fázi je oproti tomu, které je v pozdějším vědeckém vývoji běžné, činnosti spíše náhodnou. Neexistuje-li také důvod hledat nějakou zvláštní formu skryté informace, pak shromažďování dat v raných fázích se obvykle omezuje na hromadění dat, která jsou už po ruce. Výsledný soubor zásob faktů obsahuje spolu s daty, jež jsou výsledkem náhodného pozorování či experimentu, také data esoteričtější, získaná z již etablovaných dovedností, jako je lékařství, tvorba kalendáře a metalurgie. Protože tyto dovednosti jsou přístupným zdrojem faktů, která nebylo možno objevovat náhodně, hrála technologie při vzniku nových věd často životní roli.

I když toto shromažďování faktů bylo pro počátky mnoha důležitých věd podstatné, přesto každý, kdo například zkoumá Pliniovy encyklopedické spisy nebo Baconovy dějiny přírody ze sedmnáctého století, zjistí, že jejich výsledkem je něco, co se dá přirovnat bažině. Člověk vůbec váhá, zda tuto literaturu nazvat vědeckou. Baconovské „historie“ tepla, barvy, větru, hornictví atd. jsou plné informací, někdy velmi nejasných. Ale jsou tu vedle sebe uvedena fakta, která se později ukážou jako objevná (např. ohřev mícháním) spolu s těmi (např. zahřívání kupy hnoje), která zůstanou po nějaký čas příliš složitá na to, aby vůbec mohla být zahrnuta do nějaké teorie.⁸ Protože je každý popis nutně pouze částečný, typická přírodní historie opomíjí z tohoto nezměrného výčtu okolností právě ty detaily, v nichž později vědci spatří důležitý zdroj vysvětlení jevu. Téměř žádná z těchto raných „historií“ elektřiny například nezmiňuje fakt, že kovový pásek přitážený k třením nabitě skleněné tyči se od ní zase odrazí. Tento jev se zdál být spíše mechanické než elektrické povahy.⁹ Příležitostné shromažďování faktů má jen zřídka čas a nástroje pro kritické posouzení, proto přírodní historie kladou

⁸ Srv. náčrt přírodních dějin tepla v Baconově *Novum Organum I, The Works of Francis Bacon*, sv. VIII, J. Spedding – R. L. Ellis – D. D. Heath (vyd.), New York 1869, str. 179–203.

⁹ D. Roller – D. H. D. Roller, cit. d., str. 14, 22, 28, 43. Až po sepsání díla, které citují jako poslední, se jevy odporivosti začaly jednoznačně považovat za elektrické.

vedle sebe často výše uvedený typ popisů s těmi, které dnes vůbec nejsme schopni potvrdit (např. antiperistatické ohřívání nebo ohřívání chlazením).¹⁰ Pouze velmi zřídka – stejně jako v případě starověké statiky, dynamiky a geometrické optiky – mluví fakta shromážděná za zcela mizivého vedení nějaké předem ustavené teorie natolik jasně, aby dovolila vzniknout prvému paradigmatu.

Tato situace dává vzniknout školám, jejichž existence je charakteristická pro raná stadia vědeckého vývoje. Žádná historie přírody se nedá interpretovat, pokud není nějaký souhrn vzájemně propletených teoretických a metodologických přesvědčení, která umožňují vybírat, oceňovat a kriticky hodnotit. Nejsou-li tento soubor nebo toto přesvědčení mlčky obsaženy v souboru faktů – a v takovém případě se naskýtá již něco více než „pouhá fakta“ – pak musí být dodána zvenčí, třeba ze současné metafysiky, jiné vědy nebo náhodou historickou či lidskou. Není pak divu, že v raných stadiích vývoje každé vědy se různí lidé setkávají se stejným okruhem jevů, ale již ne s týmiž konkrétními jevy, a že tyto jevy popisují a vykládají odlišným způsobem. Co je překvapující – a co do svého rozsahu na poli, jež nazýváme vědou, je jedinečné –, je, že tato počáteční divergence vždy do značné míry postupně vymizí.

Vymizí ve značném rozsahu a jednou provždy. Toto vymizení je obvykle způsobeno vítězstvím jedné z předparadigmatických škol, která díky svému vlastnímu charakteristickému přesvědčení a vlastním předsudkům zdůrazňuje pouze určitou zvláštní část jinak příliš rozměrného zárodečného souboru informací. Výzkumníci, kteří považovali elektřinu za fluidum a kteří proto kladli zvláštní důraz na vodivost, mohou v tomto ohledu posloužit jako skvělý příklad. Vedení svým přesvědčením, které se stěží mohlo vypořádat s mnohými jevy přitažlivosti a odpuzování, přišli někteří z nich na myšlenku uzavřít elektřinu do lahví. Výsledkem, které jejich úsilí bezprostředně přineslo, byla leydenská láhev, zařízení, které by nikdy nemohl objevit člověk, jenž by přírodu zkoumal jen příležitostně či náhodně, ale které bylo okolo roku 1740 vyvinuto nezávisle přinejmenším

¹⁰ R. Bacon, cit. d., str. 235, 337, říká: „Vlažná voda mrzne snadněji než voda zcela studená.“ Částečné vysvětlení rané historie tohoto podivného pozorování viz M. Claget, *Giovanni Marliani and Late Medieval Physics*, New York 1941, kap. IV.

dvěma badateli.¹¹ Téměř od samého počátku svých výzkumů elektřiny se Franklin zvláště zabýval vysvětlením tohoto podivného a nakonec i velmi přínosného speciálního zařízení. Jeho úspěch v tomto směru poskytl neúčinnější argument, který z jeho teorie udělal paradigma, i když to byl argument, který nebyl schopen vysvětlit všechny známé případy elektrické odpudivosti.¹² Aby byla tato teorie přijata jako paradigma, musela se ukázat být lepší než teorie s ní soutěžící, ale nemusela, a skutečně to také nikdy nedokázala, vysvětlit všechna fakta, která před ní stála.

To, co znamenala fluidní teorie elektřiny pro podskupinu badatelů, kteří ji zastávali, znamenalo později Franklinovo paradigma pro celou skupinu výzkumníků elektřiny. Obojí naznačovalo, které experimenty má cenu provést a které nikoli, protože jsou zaměřeny na elektrické projevy sekundární či příliš složité. Avšak pouze toto paradigma vykonalo práci účinnějším způsobem, dilem proto, že konec sporů mezi školami ukončil neustálé opakování základních principů, částečně díky tomu, že přesvědčení, že jsou na správné cestě, dodávalo vědcům odvalu pustit se do přesnějšího, esoteričtějšího a náročnějšího způsobu práce.¹³ Vnitřně sjednocená skupina výzkumníků elektřiny, která se osvobodila od nutnosti zabývat se všemi elektrickými jevy, mohla sledovat vybrané jevy mnohem podrobněji, mohla navrhnout za tímto účelem mnohem speciálnější zařízení a mohla tato zařízení využívat mnohem cílevědoměji a systematictěji než kdykoli předtím. Jak shromažďování faktů, tak vytváření teorií se staly vysoce cílevědomou činností. Podle toho také vzrostla účinnost a výkonnost výzkumu elektřiny a poskytla tak důkaz pro společenskou verzi Baconova pronikavé-

¹¹ D. Roller – D. H. D. Roller, cit. d., str. 51–54.

¹² Problematickým případem bylo vzájemné odpuzování záporně nabitých těles. Tento případ viz I. B. Cohen, cit. d., str. 491–494, 531–543.

¹³ Je třeba poznamenat, že přijetí Franklinovy teorie zdaleka neukončilo všechny spory. V roce 1759 vyslovil Robert Symmer dvojfuidní verzi této teorie a ještě mnoho let poté byli výzkumníci elektřiny rozděleni tím, zda je elektřina jedno fluidum nebo dvě. Ale spory v této věci jen potvrzují to, co bylo shora řečeno o způsobu, kterým všeobecně uznávané výsledky sjednocují profesionály. Badatelé přesto, že zůstali v tomto bodě rozdělení, došli velmi rychle k závěru, že žádný experimentální test nemůže mezi těmito dvěma typy teorií rozlišit a že jsou tedy tyto teorie rovnocenné. Obě školy byly poté schopny – a skutečně tak učinily – využít přínosu, který poskytovala teorie Franklinova. (Tamtéž, str. 543–546, 548–554.)

ho metodologického postřehu: „Pravda vystupuje rychleji z omylů než ze zmatku.“¹⁴

Povahu tohoto vysoce cíleného, na paradigmatu založeného vědeckého výzkumu budeme zkoumat v následujícím oddíle, ale nejprve musíme krátce zaznamenat, jak zrod paradigmatu ovlivní strukturu skupiny, která v daném oboru pracuje. Vytvoří-li během vývoje přírodovědy nějaký jedinec nebo skupina syntézu schopnou upoutat většinu budoucí generace odborníků, pak starší školy postupně vymizí. Toto vymizení je částečně způsobeno tím, že členové takové školy přejdou k novému paradigmatu. Ale lidé, kteří lpí na tom či onom starém názoru, jsou vždy jednoduše vyloučeni z řad odborníků, a ti pak jejich dílo neberou na vědomí. Nové paradigma má za následek nové a přísnější vymezení oboru. Ti, kteří nemohou nebo nechtějí přizpůsobit svou práci tomuto vymezení, se musejí buď ocitnout v izolaci, nebo se musí připojit k nějaké jiné skupině.¹⁵ Historicky vzato setrvali tito jedinci často v těch oblastech filosofie, které byly podhoubím mnoha speciálních věd. Uvedené úvahy naznačují, že někdy je přijetí paradigmatu právě tím, co proměňuje skupinu lidí, kteří se pouze zajímali o studium přírody, v profesionály a jejich studium v disciplínu. Ve vědě (s výjimkou medicíny, technologie a práva, jejichž principiálním *raison d'être* je vnější společenská potřeba) bylo obvykle vytváření specializovaných časopisů, zakládání odborných společností a nárok na zvláštní místo ve vzdělávání často spojeno s prvním přijetím jediného paradigmatu v nějaké skupině. Přinejmenším taková je situace od doby před půldruhým stoletím,

¹⁴ R. Bacon, cit. d., str. 210.

¹⁵ Dějiny elektřiny poskytují skvělý příklad, opakující se v životní dráze Priestleyho, Kelvina a dalších. Franklin uvádí, že Nollet, který byl polovinu století nejlivnějším kontinentálním badatelem na poli elektřiny: „se dožil toho, že, s výjimkou svého bezprostředního žáka pana B., byl posledním ze své sekty“ [vyd. M. Farrand, *Benjamin Franklin's Memoirs*, Berkeley (California) 1949, str. 384–386]. Mnohem zajímavější však je, že v narůstajícím odloučení od profesionální vědy setrvaly celé školy. Vezmeme například astrologii, která byla kdysi nedílnou součástí astronomie; nebo pokračování dříve uznávané tradice „romantické“ chemie na konci osmnáctého a počátku devatenáctého století. O této tradici pojednává Ch. C. Gillispie v *The Encyclopedia and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences, Critical Problems in the History of Science*, M. Claget (vyd.), Madison (Wis.) 1959, str. 255–289 a *The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences*, XXXVII, 1956, str. 323–338.

kdy se poprvé vyvinulo institucionalizační schéma vědecké specializace, až do nejbližší minulosti, kdy se specializační výbava vědy stala otázkou její prestiže.

Přísnější vymezení vědecké skupiny má další důsledky. Vezme-li nějaký jednotlivý vědec paradigma za své, pak už se nemusí po většinu své práce pokoušet vybudovat svůj obor znovu tak, že by vycházel z prvních principů a obhajoval použití každého pojmu, který uvádí. To můžeme ponechat autorům učebnic. Na základě dané učebnice však může vědec začít svůj výzkum tam, kde kniha končí, a tak se může soustředit výlučně na ty nejjemnější a nej-esoteričtější stránky přírodních jevů, které se týkají jeho skupiny. Pokud tak učiní, začnou se zprávy o výsledcích jeho výzkumu proměňovat způsobem, který byl dosud příliš málo prozkoumán, ale jehož moderní konečné výsledky jsou všem zřejmé a pro mnohé skličující. Takové výzkumy už nebudou začleňovány do všeobecně informativních knih, jako byly Franklinova *Experiment's... on Electricity* nebo Darwinova *Origin of Species*, určených každému, kdo by se zajímal o problematiku tohoto oboru. Místo toho se obvykle objeví v stručných článcích určených pouze odborným kolegům, lidem, u nichž se předpokládá znalost sdíleného paradigmatu, těm, kteří jediná jsou schopni jim určené články číst.

Knihy dnešní vědy jsou obvykle buď učební texty, nebo retrospektivní reflexe té či oné stránky vědeckého života. Takové práce pisatelovu odbornou pověst spíše zeslabují než pozvedají. Pouze v raných, předparadigmatických stadiích vývoje různých věd měly knihy k odborným výsledkům stejný vztah, jaký si dosud podržují v jiných oblastech tvůrčí činnosti. A pouze v oblastech, kde se dosud udržují knihy, spolu s odbornými články nebo bez nich, jako hybná síla vědecké komunikace, nejsou dosud profesionalizační dráhy načrtnuty tak výrazně, že i laik si může dovolit sledovat pokrok v oboru četbou původních odborných prací. Výzkumné práce matematiky i astronomie už v dobách antiky přestaly být pochopitelné pro posluchače vybavené pouze všeobecným vzděláním. Pokud jde o dynamiku, její výzkum začal být podobně esoterický v pozdním středověku a obecné pochopitelnosti dosáhl pouze na velmi krátkou dobu počátkem sedmnáctého století, kdy paradigma, které vládlo středověkému výzkumu, bylo nahrazeno paradigmatem novým. Výzkumy na poli elektřiny bylo třeba laikům tlumočit už před koncem devatenáctého století a většina ob-

lastí fyziky přestala být obecně přístupná ve století devatenáctém. V průběhu jmenovaných století by bylo možno oddělit podobné přechody také v různých odvětvích biologie. A v některých oblastech společenských věd jsou tyto přechody dobře patrné i dnes. I když se stalo zvykem – a jistě správně – naříkat nad stále se rozšiřující propastí, která odděluje profesionální vědce od jejich kolegů v jiných oblastech, bylo příliš málo pozornosti věnováno podstatnému vztahu mezi touto propastí a vnitřním mechanismem, vlastním vědeckému vývoji.

Už od dávné předhistorické minulosti jedna oblast studia za druhou překračovala hranici mezi tím, co by historici mohli nazvat prehistorií vědy, a svou vlastní historií. Tyto přechody k vyspělosti byly jen zřídka tak náhlé a jednoznačné, jak naznačoval můj nutně schematický výklad. Jejich průběh však neměl ani charakter historické posloupnosti, tyto přechody byly v čase souběžné s celým vývojem oblasti, ve které k nim došlo. Autoři pojednání o elektřině měli v prvních čtyřech desetiletích devatenáctého století mnohem více informací o elektrických jevech než jejich předchůdci ve století šestnáctém. Během padesáti let po roce 1740 bylo přidáno na seznam elektrických jevů mnoho nových položek. Podstatné však je, že Cavendishovy, Coulombovy a Voltovy spisy o elektřině z poslední třetiny osmnáctého století byly patrně vzdáleny dílům Grayovým, Du Fayovým a Franklinovým více, než byla vzdálena díla objevitelů v této oblasti z počátku devatenáctého století spisům autorů století šestnáctého.¹⁶ Někdy mezi roky 1740 a 1780 mohli badatelé elektrických jevů poprvé považovat základy svého oboru za pevně dané. Na těchto základech pokročili ke konkrétnějším a těžším problémům, aby posléze ve stále míře vyhlášovali své výsledky v článcích určených spíše pro jiné výzkumníky elektřiny než v knihách určených široké učené veřejnosti. Jako skupina tak dosáhli téhož, čeho dosáhli astronomové již v antice, lidé studující pohyb ve středověku, fyzikální optici na

¹⁶ Vývoj po Franklinovi zahrnuje neustálý růst citlivosti detektorů náboje, první spolehlivé a obecně rozšířené techniky měření náboje, vývoj pojmu kapacita a vztahu tohoto pojmu k nově rozvinutému pojmu elektrického napětí a kvantifikaci elektrostatické síly. Toto vše viz D. Roller – D. H. D. Roller, cit. d., str. 66–81; W. C. Walker, *The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century*, in: *Annals of Science*, I, 1936, str. 66–100; a E. Hoppe, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig 1884, část. I, kap. III–IV.

sklonku sedmnáctého století a historiogeologové na počátku století devatenáctého. Dosáhli paradigmatu, které mělo moc vést celou výzkumnou skupinu. Kromě výhod zpětného pohledu bychom jen stěží hledali jiné kritérium, které by tak jasně vymezovalo vědecké pole.

III

POVAHA NORMÁLNÍ VĚDY

Jaká je tedy povaha oněch esoteričtějších a profesionálnějších výzkumů, jež dovoluje přijetí jednoho paradigmatu nějakou skupinou? Představuje-li paradigma nějaké jednou provždy vykonané dílo, jaké problémy pak může takové dílo ponechat k řešení nějaké sjednocené skupině? Tyto otázky budou čím dál tím naléhavěji vystupovat, vezmeme-li v úvahu jedno hledisko, z něhož by dosud použité termíny mohly být zavádějící. Paradigma, v ustáleném významu tohoto slova, je nějaký přijatý model nebo schéma. Tento aspekt významu mi dovolil – když jsem nemohl najít slovo lepší – si význam „paradigma“ přivlastnit. Brzy se však ukáže, že významy „model“ nebo „schéma“, které toto přivlastnění dovolují, vůbec nejsou při vymezování pojmu „paradigmatu“ obvyklé. Například ve slovníku je *amo, amas, amat* paradigmatem, protože ukazují nějaké schéma použité při časování velkého množství latinských sloves, například *laudo, laudas, laudat*. Při tomto svém obvyklém použití funguje tak, že dovoluje opakování příkladů, z nichž každý by mohl toto paradigma v zásadě nahradit. Na druhé straně je paradigma ve vědě jen vzácně předmětem nějakého kopírování. Místo toho, stejně jako nějaké přijaté právní rozhodnutí, je předmětem dalšího členění a zpřesňování, a to za nových a přísnějších podmínek.

Máme-li vědět, proč tomu tak může být, musíme poznat, do jaké míry lze omezit sféru působnosti a přesnosti paradigmatu v okamžiku jeho zrodu. Paradigma získává své postavení proto, že při řešení některých problémů, které skupina odborníků považuje za kritické, je úspěšnější než paradigmatu s ním soupeřící. Být úspěšnější však neznamená ani být zcela úspěšný v případě jednoho problému, ani zvláště úspěšný v případě většího počtu problémů. Úspěch paradigmatu – ať už se jedná o Aristotelův rozbor pohybu, Ptolemaiovy výpočty planetárního postavení, Lavoisierovy aplikace rovnováhy nebo Maxwellovy matematizace elektromagnetického pole – tkví zpočátku do značné míry v příslibu úspěchů, jichž bude možno dosáhnout ve vybraných, dosud nevyřešených případech. Normální

věda spočívá v uskutečňování tohoto příslibu. Toho se dosahuje tak, že se rozšiřují znalosti o faktech, které paradigma se ukazuje jako zvlášť přínosné, a narůstá počet případů, v nichž tyto skutečnosti souhlasí s předpověďmi učiněnými na základě paradigmatu. Paradigma se dále člení.

Jen málokdo z těch, kteří nejsou právě odborníky v nějaké vytrálené vědě, vědí, jak rozsáhlé „vyčištění terénu od nepřítelů“ ještě v této fázi vývoje paradigmatu zbývá, nebo jak strhující tato práce může být. Tomu je však třeba porozumět. Čištěním terénu se většina vědců zabývá celý život. Zakládají to, co zde nazývám normální vědou. Podíváme-li se na věc blíže, pak – ať už z hlediska historického, nebo v současné laboratoři – se taková činnost zdá být pokusem vtěsnat přírodu do předem vytvořené a poměrně nepružné krabice, kterou představuje paradigma. Žádná z částí normální vědy nemá za cíl vyvolávat další druhy jevů; ve skutečnosti je to tak, že ty jevy, které není možno vměstnat do krabice paradigmatu, jsou často zcela opomíjeny. Žádný vědec se za normálních okolností nesnaží vymyslet novou teorii a naopak vědci jsou netolerantní vůči teoriím, které druzí vymýšlejí.¹⁷ Namísto toho směřuje výzkum v normální vědě k podrobnějšímu členění těch jevů a teorií, které paradigma již poskytuje.

Dost možná, že tyto teorie a jevy jsou vadné. Prostor pro výzkum normální vědy je samozřejmě nepatrný; činnost o kterou se jedná, poskytuje jen silně omezený prostor pro představivost. Tato omezení, plynoucí z důvěry v paradigmatu, se stávají pro vývoj vědy naprosto podstatná. Tím, že paradigma soustředí pozornost na malou oblast poměrně esoterických problémů, nutí vědce k tomu, že nějakou část přírody zkoumají tak podrobně a do takové hloubky, jaká by za jiných okolností nebyla vůbec představitelná. Normální věda má v sobě mechanismus, který zaručuje uvolnění závazných omezení vždy z toho paradigmatu, které přestává účinně fungovat. V takové chvíli se vědci začínají chovat odlišným způsobem a povaha jejich výzkumných problémů se mění. Avšak v mezidobí, v době, kdy paradigma přináší úspěch, budou odborníci, kteří jsou přívrženci tohoto paradigmatu, řešit problémy, jež by si mohli vůbec stěžovat.

¹⁷ B. Berber, *Resistance by Scientists to Scientific Discovery*, in: *Science*, CXXXIV, 1961, str. 596–602.

představit a jichž by se – bez důvěry v paradigma – vůbec nikdy nepodjali. Alespoň část těchto úspěchů pak přetrvává natrvalo.

Mám-li jasněji ukázat, co myslím paradigmatickým nebo na paradigmatu založeným výzkumem, budiž mi dovoleno pokusit se ukázat a klasifikovat problémy, z nichž normální věda v principu sestává. Kvůli pohodlí ponechám stranou činnost teoretickou a začnu u získávání faktů, tedy u pokusů a pozorování popsaných v technických časopisech, jimiž vědci informují své odborné kolegy o výsledcích svého průběžného výzkumu. O jaké stránce přírody vědci obvykle podávají zprávu? Co určuje jejich volbu? A protože mnohá vědecká pozorování spotřebují mnoho času, vybavení a peněz, co motivuje vědce k tomu, že jdou důsledně za touto volbou?

Myslím, že existují pouze tři normální ohniska konkrétního výzkumu, která se ne vždy a trvale navzájem liší. Prvním je třída faktů, které paradigma ukázalo jako zvláště podstatné pro poznání povahy věcí. Protože se tato fakta používají při řešení problémů, má z hlediska paradigmatu cenu určit je přesněji a ve větším počtu situací. V té či oné době tato význačná rozhodující fakta zahrnovala: v astronomii polohu hvězd a jejich velikost, periodu zatmívání dvojhvězd a planet; ve fyzice – specifickou hmotnost a stlačitelnost materiálů, vlnovou délku a spektrální intenzity, elektrickou vodivost a kontaktní potenciál, v chemii složení a poměr molekulových hmotností, bod varu a kyselost roztoků, strukturní vzorce a optickou aktivitu. Snaha zvýšit přesnost těchto faktů a rozšířit oblast známosti podobných faktů zabírá v literatuře o experimentech a pozorování značný prostor. Znovu a znovu byly pro tento účel navrhovány složité speciální aparatury a vymyšleny, konstruovány a vyvíjeny takových aparatur vyžadovalo prvotřídní talenty, mnoho času a značnou finanční podporu. Synchrotrony a radioteleskopy jsou pouze posledními příklady toho, kam až mohou jít výzkumní pracovníci za předpokladu, že jim paradigma dává jistotu v tom, že hledaná fakta jsou důležitá. Od Tychona de Brahe až po E. O. Lawrence někteří vědci nabyli své pověsti ne snad pouze díky novosti svých objevů, ale díky přesnosti, spolehlivosti a šíři pole metod, které vyvinuli pro nové určování některých již dříve známých skutečností.

Druhá obvyklá, i když menší třída určení směřuje k faktům, která, ač bez velké zajímavosti, mohou být přímo srovnána s předpověďmi paradigmatické teorie. Jak brzy uvidíme, přejdeme-li od experimen-

tálních problémů normální vědy k teoretickým, jen zřídka existuje více oblastí, v nichž se dá vědecká teorie – zvláště sestává-li převážně z matematických forem – přímo porovnat s přírodou. Tak například v Einsteinově obecné teorii relativity jsou teď přístupné srovnání pouze tři oblasti.¹⁸ Navíc i v oblastech, kde aplikace možná je, vyžaduje často taková teoretická a přístrojová přiblížení, že ta někdy omezují očekávanou shodu. Zlepšování této shody nebo hledání nových oblastí, v nichž se shoda obecně dá ukázat, představuje pro dovednost a představivost experimentátorů a pozorovatelů stálou výzvu. Speciální teleskopy prokazující Koperníkovy předpovědi roční paralaxy, Atwoodův stroj, vynalezený téměř jedno století po *Principiích*, který podal první jednoznačný důkaz druhého Newtonova zákona, Foucaultův přístroj, ukazující, že rychlost světla ve vzduchu je větší než ve vodě, nebo obrovský scintilační počítač k prokázání existence neutrina – tyto části speciálních aparatur a mnohé další, jim podobné, dokládají neutuchající úsilí a vynalézatelství, jichž bylo třeba k tomu, aby se přiblížil vzájemný souhlas mezi přírodou a teorií.¹⁹ Snaha vykázat souhlas je typem normální experimentální práce a je očividně dokonce ještě více závislá na paradigmatu než typ první. Existence paradigmatu stanoví, které problémy je třeba řešit; paradigmatická teorie je často přímo zahrnuta do struktury přístroje, který je schopen problém řešit. Například měření

¹⁸ Jediným setrvalým a dosud obecně uznávaným styčným bodem je precese perihélia Merkuru. Rudý posun ve spektru světla vzdálené hvězdy se dá odvodit z mnohem elementárnějších úvah, než je obecná relativita, a totéž se dá provést pro ohyb světla u Slunce, problém, o němž se v současnosti diskutuje. V každém případě zůstávají měření tohoto jevu nejednoznačná. Další styčný bod byl ustaven teprve nedávno: gravitační posun Mossbauerova záření. A snad se na tomto nyní aktivním, avšak dlouhou dobu spícím poli, objeví brzy další. Zhuštěný popis tohoto problému viz L. I. Schiff, *A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity*, in: *Physics Today*, XIV, 1961, str. 42–48.

¹⁹ Dva z paralaktických teleskopů viz A. Wolf, *A History of Science, Technology, and Philosophy in the Eighteenth Century*, 2. vyd., London 1952, str. 103–105. Atwoodův stroj viz N. R. Hanson, *Pattern of Discovery*, Cambridge 1958, str. 100–102, 207–208. Poslední dvě části speciálních aparatur viz M. L. Foucault, *Méthode Générale pour mesurer la vitesse de la lumière dans l'air et les milieux transparents. Vitesses relatives de la lumière dans l'air et dans l'eau...*, in: *Comptes rendus...de l'Académie des sciences*, XXX, 1850, str. 551–560 a C. L. Lowan, jr. a kol.: *Detection of the Free Neutrino: A Confirmation*, in: *Science*, CXXIV, 1956, str. 103–104.

učiněná pomocí Atwoodova stroje by bez *Principií* neznamenalala vůbec nic.

Třetí třída experimentů zahrnuje podle mého názoru činnost shromažďování faktů v rámci normální vědy. Sestává z empirické práce zaměřené na to, aby se artikulovala paradigmatická teorie, aby se vyřešily některé její zbytkové nejednoznačnosti a aby bylo možno nalézt řešení problémů, na které se dříve pouze obracela pozornost. Tato třída se ukazuje být nejdůležitější a její popis vyžaduje její další rozdělení do podtříd. Ve vědách se silně matematickou povahou jsou některé artikulační experimenty zaměřeny na určení fyzikálních konstant. Například Newtonova práce ukázala, že síla mezi dvěma tělesy o jednotkové hmotnosti bude při jejich jednotkové vzájemné vzdálenosti stejná pro všechny typy materiálů a na všech místech ve vesmíru. Ale vlastní problém se nedá vyřešit bez určení velikosti této přitažlivé síly, bez univerzální gravitační konstanty, a nikdo nebyl schopen po celé století po *Principiích* sestrojit přístroj, který by tuto konstantu mohl určit. Ani Cavendishova skvělá určení této konstanty z devadesátých let osmnáctého století nebyla v tomto směru poslední. Díky ústřednímu postavení gravitační konstanty ve fyzikální teorii bylo zlepšování jejích hodnot neustále předmětem opakovaných snah mnoha vynikajících experimentátorů.²⁰ Jiné příklady stejného druhu by se mohly týkat určení astronomické jednotky, Avogadrova čísla, Joulova koeficientu, náboje elektronu atd. Málokteré z těchto úsilí by bylo myslitelné bez paradigmatické teorie, která by definovala problém a zaručovala existenci pevného řešení, a žádné z nich by se bez této teorie nemohlo uskutečnit.

Úsilí o artikulaci paradigmatu se však neomezují na určování univerzálních konstant. Mohou například směřovat ke kvantitativním zákonům: Boyleův zákon týkající se tlaku plynu v uzavřeném objemu, Coulombův zákon elektrické přitažlivosti a Joulův vzorec pro teplo vznikající na odporu průchodem proudu patří všechny do této kategorie. Možná, že není zcela zřejmé, že paradigma je pro objev takových zákonů bezpodmínečně nutné. Často je možné sly-

²⁰ J. H. P[oynting] podává zprávu o přibližně dvou desítkách měření gravitační konstanty mezi lety 1741 a 1901 v *Gravitation Constant and Mean Density of the Earth*, in: *Encyklopedia Britannica*, 11. vyd., Cambridge 1910–1911, XII, str. 385–389.

šet, že tyto zákony byly nalezeny při experimentálních měřeních, prováděných kvůli těmto měřením samotným a bez přímé souvislosti s nějakou teorií. Ale dějiny neposkytují podporu takovým výstředně baconovským metodám. Boyleovy experimenty by byly nemyslitelné, kdyby nebyl vzduch uznán za elastickou tekutinu, na kterou mohly být použity všechny dosud vypracované pojmy hydrostatiky (a pokud by tyto experimenty myslitelné byly, pak by se jim dostalo buď jiného, nebo vůbec žádného vysvětlení).²¹ Coulombův úspěch závisel na konstrukci speciálního přístroje k měření síly mezi dvěma bodovými náboji. (Ti, kteří do té doby měřili elektrické síly pomocí miskových vah atd., nenalezli žádnou pevnou či jednoduchou zákonitost.) Ale návrh tohoto přístroje naopak závisel na předcházejícím poznání toho, že každá elektrická částice působí na dálku na jiné částice. Coulomb proto hledal sílu mezi takovými částicemi – jedinou sílu, u níž se dalo bezpečně předpokládat, že bude jednoduchou funkcí vzdálenosti.²² Joulův experiment je také možno použít k tomu, aby se ukázalo, jak během artikulace paradigmatu vystupují z tohoto procesu kvantitativní zákony. Skutečně je vztah mezi kvalitativním paradigmatem a kvantitativním zákonem tak úzký, že od dob Galilea byly pomocí paradigmatu formulace takových zákonů často správně odhadnuty mnoho let před tím, než bylo možno navrhnout přístroje k jejich experimentálnímu určení.²³

Existuje konečně i třetí druh experimentů, jejichž cílem je artikulovat paradigma. Více než experimenty jiných druhů se podobají výzkumným cestám a převažovaly v dobách a vědách, které se zabývaly spíše kvantitativní než kvalitativní stránkou řádu přírody. Často je použití paradigmatu vyvinutého pro jeden soubor jevů dvouznačné při užití na jevy blízké. Experimentátoři pak v nových oblastech zájmu musí volit mezi různými způsoby použití paradigmatu. Například paradigmatem se mělo stát použití teorie tepla pro

²¹ Plné přesazení pojmu hydrostatiky do pneumatiky viz *The Physical Treatises of Pascal*, přel. I. H. B. Spiers a A. G. H. Spiers, poznámky a úvod F. Barry (New York 1937). Torricelliho první uvedení paralely („Žijeme ponořeni na dně oceánu vzduchu“) se objevuje na str. 164. Rychlý vývoj této paralely ukazují dvě hlavní pojednání uvedené práce.

²² D. Roller – D. H. D. Roller, cit. d., str. 66–80.

²³ Viz např. T. S. Kuhn, *The Function of Measurement in Modern Physical Science*, in: *Isis*, LII, 1961, str. 161–193.

zahřívání či ochlazování mícháním a změnou skupenství. Ale teplo se může uvolňovat nebo může být pohlcováno mnoha jinými způsoby, např. chemickou reakcí, třením, stlačením nebo absorpcí plynu – a pro každý z nich je možno teorii použít několika způsoby. Pokud by vakuum mělo nějakou tepelnou kapacitu, pak by zahřívání stlačením mohlo být vysvětleno jako výsledek míchání plynu a prázdna. Nebo by k zahřívání mohlo docházet díky změně specifického tepla plynu v závislosti na tlaku. A existují mnohá další vysvětlení. Mnohé experimenty byly podniknuty proto, aby se rozpracovaly různé možnosti a aby se mezi těmito možnostmi rozhodlo; všechny tyto experimenty vyvstaly z teorie tepla jako paradigmatu a tato teorie byla využita při navrhování těchto experimentů i při interpretaci jejich výsledků.²⁴ Jakmile byl jednou fenomén zahřívání stlačením ustaven, ubíraly se všechny další experimenty v této oblasti cestou závislou na paradigmatu. Jak jinak by bylo možno zvolit určitý experiment k tomu, aby daný jev vysvětloval?

Obraťme se nyní k teoretickým problémům normální vědy, které se velmi podobným způsobem rozpadají do stejných tříd jako problémy experimentů a pozorování. Část teoretické práce, i když pouze malá, sestává jednoduše z použití již existující teorie k předpovědím faktických informací s vlastní hodnotou. Zpracování astronomických efemerid, výpočty charakteristik čoček a určení drah šíření radiových vln jsou příklady takové práce. Ale vědci se na ně dívali jako na nádenickou práci, která má být postoupena inženýrům nebo technikům. Nikdy se ani jedna z těchto prací neobjevila ve významných vědeckých časopisech. Tyto časopisy však obsahují velké množství teoretických pojednání o problémech, které se nevědeckému čtenáři musí zdát téměř totožné. Práci s teorií se vědci nevěnují proto, že by předpovědi, které jsou jejím výsledkem, neměly nějakou vnitřní hodnotu, nýbrž proto, že mohou být bezprostředně porovnány s experimentem. Cílem takových výkladů je ukázat nějaké nové použití paradigmatu nebo zvýšit přesnost již skutečného použití.

Potřeba práce tohoto druhu vyvstává z nezměrných obtíží, s nimiž se vědec setkává při vypracovávání styčných bodů mezi teorií a přírodou. Tyto obtíže se dají stručně ukázat zkoumáním dějin

²⁴ T. S. Kuhn, *The Caloric Theory of Adiabatic Compression*, in: *Isis*, XLIX, 1958, str. 132–140.

dynamiky po Newtonovi. Na počátku osmnáctého století považovali vědci, kteří našli své paradigma v *Principiích*, jeho obecnost a závěry z něj plynoucí za jisté, a měli k tomu všechny důvody. Žádné dílo neumožnilo historii vědy současně takový růst oboru ani takový nárůst přesnosti výzkumů. V oboru nebeské mechaniky odvodil Newton Keplerovy zákony pohybu planet a vysvětlil některé z pozorovaných jevů, jimiž Měsíc těmto zákonům odporoval. Pro pozemské pohyby ověřil výsledky několika v minulosti příležitostně provedených pozorování kyvadla, pohybu po nakloněné rovině, přílivu a odlivu. Za některých dodatečných *ad hoc* učiněných předpokladů byl schopen odvodit Boyleův zákon a důležitý vzorec pro určení rychlosti zvuku ve vzduchu. Vzhledem ke stavu fyziky té doby byl úspěch těchto důkazů mimořádně působivý. Přes předpokládanou obecnou platnost Newtonových zákonů nebyl počet jejich aplikací příliš velký a Newton také téměř žádné další aplikace nevyvinul. Navíc ve srovnání s tím, čeho je dnes každý student fyziky schopen s těmito zákony dosáhnout, není těch několik Newtonových aplikací rozvinuto právě s příliš velkou přesností.

Omezme nyní svou pozornost na problém přesnosti. K tomu, aby bylo možno opatřit speciální údaje, které konkrétní použití Newtonova paradigmatu vyžadovalo, bylo potřeba speciálních zařízení – jako např. Cavendishovy aparatury, Atwoodova stroje nebo zdokonalených teleskopů. Podobné potíže s dosahováním shody existují i na straně teorie. Například při užití svých zákonů na pohyb kyvadla byl Newton nucen považovat závaží za hmotný bod, aby mohl poskytnout jedinečnou definici délky kyvadla. Mnohé z jeho teorémů nebraly – až na několik výjimek hypotetického a předběžného charakteru – v úvahu účinek odporu vzduchu. Byly to přiměřené fyzikální aproximace. Nicméně jako aproximace omezovaly souhlas, který byl očekáván mezi Newtonovými předpověďmi a skutečností experimentů. Stejně problémy se dokonce ještě jasněji objevily při použití Newtonovy teorie na nebeské pohyby. Jednoduchá kvantitativní pozorování teleskopy naznačovala, že planety nejsou zcela poslušny Keplerových zákonů a Newtonova teorie ukazovala, že by jich také být poslušny neměly. Při odvozování těchto zákonů byl Newton nucen pominout všechny přitažlivé gravitační síly mimo těch, které působí mezi jednotlivými planetami a Sluncem. Protože se však planety přitahují také navzájem, dá se očekávat

pouze přibližná shoda mezi použitou teorií a teleskopickými pozorováními.²⁵

Stejně jako v případě kyvadla byla získaná shoda pro ty, kdo ji dosáhli, více než uspokojivá. Žádná jiná teorie nebyla tak blízko a tak dobře nesouhlasila. Nikdo z těch, kdo zpochybňovali platnost Newtonovy práce, tak nečinili na základě její omezené shody s experimentem a pozorováním. Ale omezenost této shody ponechala mnoho vzrušujících teoretických problémů Newtonovým následovníkům. Například bylo potřeba vyvinout teoretickou techniku k určení „ekvivalentní délky“ hmotného kyvadla. Také bylo potřeba vyvinout techniku pro určení současného pohybu více než dvou vzájemně se přitahujících těles. Tyto a mnohé další problémy zaměstnávaly v průběhu osmnáctého a na počátku devatenáctého století mnoho nejlepších evropských matematiků. Bernoulli, Euler, Lagrange, Laplace a Gauss, všichni zaměřili své nejskvělejší práce na zlepšení souhlasu mezi Newtonovým paradigmatem a přírodou. Mnohé osobnosti stejného druhu pracovaly na vývoji matematických metod potřebných pro aplikace, o které se Newton ani nepokusil. Tyto osobnosti vytvořily ohromné množství literatury a mocných matematických technik pro hydrodynamiku a problémy kmitajících strun. Aplikační problémy představují asi nejskvělejší a nejnáročnější vědecké práce osmnáctého století. Jiné příklady by se daly odhalit při zkoumání doby po paradigmatu, a to ve vývoji termodynamiky, vlnové teorie světla, elektromagnetické teorie nebo v jiných odvětvích vědy, jejichž základní zákony jsou plně kvantitativní. Příkladnějším ve většině matematických věd jde převážně o práce právě tohoto druhu.

Ale ne všechny práce jsou tohoto druhu. Dokonce i v matematických vědách existují teoretické problémy artikulace paradigmatu. Právě v době, kdy má vědecký vývoj převážně kvalitativní charakter, se stávají tyto problémy vůdčími. Některé vědecké problémy převážně kvantitativního, ale i kvalitativního charakteru, se vědci snaží vyjasnit tím, že je přeformulují. *Principia* nejsou vždy dílem, jež by se dalo snadno aplikovat, částečně proto, že si podržují jistotu, u prvních pokusů nevyhnutelnou neobratnost, částečně proto, že většina jejich významu byla obsažena pouze implicitně v jejich

²⁵ A. Wolf, cit. d., str. 75–81, 96–101, a W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, oprav. vyd., London 1847, II, str. 213–271.

aplikacích. Proto se mnoho skvělých evropských matematických fyziků – od Bernoulliho, d'Alamberta a Lagrange v osmnáctém století až po Jacobiho Hertze ve století devatenáctém – opakovaně snažilo reformulovat Newtonovu teorii do formy, jež by sice byla ekvivalentní, ale logicky a esteticky uspokojivější. Přáli si totiž ukázat explicitní i implicitní poučky *Principií* v překladu, který by byl logicky souvislejší a který by ve svém použití na nově rozpracované problémy mechaniky byl více jednoznačný.²⁶

Podobné reformulace paradigmatu se opakovaně objevovaly ve všech vědách a mnohé z nich způsobily více podstatných změn než výše zmíněná reformulace *Principií*. Tyto změny byly výsledkem empirické práce, kterou jsme již dříve popsali jako činnost, jejímž cílem je paradigma artikulovat. Nazvat tento typ práce empirickým je věci dohody. Více než v jiných druzích normálního výzkumu jsou problémy artikulace paradigmatu současně teoretické i experimentální. Uvedený příklad může stejně tak dobře posloužit i na tomto místě. Předtím, než mohl Coulomb sestrojiti své zařízení a provést na něm měření, používal teorii elektřiny k tomu, aby určil, jak má toto zařízení vypadat. Důsledkem jeho měření bylo zjemnění této teorie. Nebo jiný příklad: muži, kteří navrhli pokus, jenž měl rozhodnout mezi různými teoriemi ohřívání stlačováním, byli titíž, kteří vytvořili různé verze této teorie. Pracovali jak s fakty, tak s teorií a výsledkem jejich práce nebyla pouze nová informace, nýbrž přesnější paradigma, získané vyloučením dvojznačností, které si podržovala jeho původní, pracovní forma. V mnoha vědách má normální práce převážně tento charakter.

! Tyto tři třídy problémů – ¹určení význačných faktů, ²srovnání faktů s teorií a ³artikulace teorie – podle mého názoru vyčerpávají literaturu normální vědy, a to jak empirické, tak teoretické. Nemohou samozřejmě vyčerpat veškerou vědeckou literaturu. Existují také mimořádné problémy a je možné, že právě v jejich vyřešení spočívá cena vědecké činnosti jako takové. Ale těchto problémů se naše tázání netýká. Objevují se pouze při zvláštních příležitostech, které připravuje rozvoj normálního výzkumu. Nutně však převážná většina problémů, jichž se ujímají nejlepší vědci, spadá do jedné z výše

²⁶ R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel 1950, knihy IV–V.

naznačených kategorií. Práce v rámci paradigmatu se nedá vést jiným způsobem a opustit paradigma znamená přestat provozovat vědu, kterou toto paradigma vymezuje. Zakrátko ukážeme, že takové opuštění paradigmatu se ve vědě objevuje. Jsou to osy, okolo nichž se točí vědecké revoluce. Ale než začneme takové revoluce zkoumat, musíme získat širší rozhled po úsilí normální vědy, které revolucím připravuje cestu.

IV

NORMÁLNÍ VĚDA JAKO ŘEŠENÍ HÁDANEK

Snad nejnápadnější rys problémů normálního výzkumu, se kterým jsme se dosud setkali, tkví v tom, jak málo se tyto problémy snaží vytvořit nějaké velké novinky, pojmy nebo fenomény. Někdy – jako například v případě měření vlnových délek – je vše kromě nejskrytějších detailů výsledku známo dopředu a typický rozsah očekávaných výsledků je pouze o něco širší. Coulombova měření možná nemusela odpovídat zákonu převrácené hodnoty čtverce vzdálenosti; také muži, kteří pracovali na problému ohřívání plynu stlačováním, byli mnohdy připraveni na odlišné výsledky. Dokonce i v takových případech je obor předjímaných, a tedy i přijatelných výsledků jen stěží srovnatelný s oborem, který je schopna obsáhnout lidská představitivost. Vědecký projekt, jehož výsledky nespádají do takového užšího oboru, je obvykle výzkumnou chybou, která nemá svůj původ v přírodě, nýbrž pochází od vědce.

Například v osmnáctém století se věnovala jen malá pozornost pokusům o měření elektrické přitažlivé síly pomocí takového zařízení, jakým byly miskové váhy. Protože tyto pokusy neposkytovaly jednoduché ani souhlasné výsledky, nemohly být použity k artikulaci paradigmatu, z něhož byly odvozeny. Proto také zůstaly *pouhými* fakty, nevztaženými a nevztažitelnými k neustále se rozvíjejícím výzkumům elektřiny. Pouze při zpětném pohledu, máme-li již k dispozici paradigma, můžeme vidět, jakou charakteristiku elektrických jevů tyto pokusy ukazovaly. Coulomb a jeho následovníci samozřejmě také ovládali toto pozdější paradigma nebo paradigma, které při použití na problémy elektrické přitažlivosti poskytovalo stejně předpovědi. Proto byl Coulomb také schopen navrhnout přístroj, který dával výsledky přízpusobitelné rozpracovávanému paradigmatu. Proto také jeho výsledky nikoho nepřekvapily a proto je mnozí Coulombovi současníci byli schopni předpovědět. Projekt, je-

hož cílem je artikulovat paradigma, nemůže usilovat o *neočekávané* novinky.

Nejsou-li však cílem normální vědy větší zásadní novinky – znamená-li selhání snahy dostat se do blízkosti předjímaných výsledků obvykle selhání vědce – pak proč se těmito problémy vůbec zabýváme? Odpověď již byla částečně dána. Přinejmenším pro vědce jsou výsledky získané normálním výzkumem podstatné, protože přispívají k oblasti použitelnosti paradigmatu a k jeho přesnosti. Tato odpověď však nemůže objasnit důvěru vědců a jejich nadšení pro problémy normálního výzkumu. Nikdo se například nevěnuje roky vývoji lepšího spektrometru nebo vytvoření lepšího řešení problému kmitající struny jen kvůli důležitosti informace, které se tím dosáhne. Údaje získané vypočítáním efemerid nebo dalšími měřeními pomocí již existujícího přístroje jsou často stejně důležité, ale těmito činnostmi vědci často pohrdají proto, že jsou do značné míry opakováním již dříve vyvinutých postupů. Toto odmítání poskytuje vodítko k vysvětlení, proč jsou problémy normálního výzkumu tak přitažlivé. Přestože se výsledky těchto problémů dají předpokládat až do takových podrobností, že to, co zbývá poznat, je často nezajímavé, přetrvávají přesto pochybnosti o způsobu získávání těchto výsledků. Dovedst problém normálního výzkumu k řešení znamená dosáhnout toho, co již bylo předjímano, novým způsobem. To vyžaduje vyřešení všemožných složitých přístrojových, pojmových a matematických hádanek. Člověk, kterému se to podaří, se sám prokazuje jako odborník na řešení hádanek a hádanky jsou výzvou, jež je důležitou částí pohnutek, které jej ženou vpřed.

Termíny „hádanka“ a „řešitel hádanek“ dávají vystoupit některým tématům, která se na předchozích stránkách postupně ukázala jako významná. Hádky, ve zde užívaném standardním významu, jsou zvláštní třídou problémů, jejichž řešením se dá testovat vynalézavost nebo důvtip. Slovníkovými ukázkami jsou „skládačka“ a „křížovka“; mají stejné vlastnosti jako problémy normální vědy, které se nyní snažíme vymezit. Jeden z nich jsme již zmínili. Kritériem toho, zda je hádanka dobrá, není to, že její výsledek je zajímavý nebo důležitý. Naopak, skutečně tíživé problémy, např. léčení rakoviny nebo zajištění trvalého míru často vůbec nejsou hádankami, a to proto, že nemívají řešení. Představme si skládačku, jejíž kousky jsou náhodně vybrány ze dvou navzájem odlišných škatulek. Protože tento problém bude asi odolávat řešení (i když by nemusel)

i pro nejvynalézavějšího člověka, nemůže sloužit k testování obratnosti. Kritériem hádanky není její vnitřní hodnota, nýbrž jistota existence řešení.

Jak jsme již viděli, jedna z věcí, jež vědecká komunita získá spolu s nějakým paradigmatem, je kritérium pro výběr problémů, u kterých se při zajištěné platnosti paradigmatu předpokládá existence řešení. Do značné míry uznává vědecká společnost pouze tyto problémy jako vědecké, a ty dodávají jejím členům odvahu k tomu, aby se jich ujali. Jiné problémy, včetně mnoha těch, které byly dříve standardní, jsou odmítány jako metafysické, jako problémy jiných disciplín a někdy jako příliš problematické, na něž je škoda času. Z tohoto důvodu může paradigma dokonce izolovat společenství od společensky důležitých problémů, které se nedají převést na hádankovou formu, protože se nedají vyjádřit pojmovými a instrumentálními prostředky, které paradigma poskytuje. Takové problémy mohou být zavádějící, jak skvěle ukazují nejen některé stránky baconismu sedmnáctého století, ale i některé současné vědy. Jeden z důvodů, proč se zdá, že normální věda jde rychle kupředu, je skutečnost, že se odborníci soustřeďují na problémy, od jejichž řešení je odděluje pouze nedostatek vynalézavosti.

Jsou-li však problémy normální vědy v tomto smyslu hádankami, pak se už nepotřebujeme ptát, proč na ně vědci útočí tak vášnivě a proč se jim tak oddávají. Člověka může věda přitahovat z nejrůznějších důvodů. Například přání být užitečný, vzrušení při prozkoumávání nových území, naděje v nalezení řádu a puzení k tomu, podrobit testu již ustavené vědomosti. Tyto a další motivy také pomáhají vymezit speciální problém, kterým se později budeme zabývat. I když výsledky někdy přinášejí zklamání, přesto existuje dobrý důvod, proč podobné motivy člověka nejprve přitahují a posléze vedou.²⁷ Vědecká činnost jako celek čas od času ukáže svou užitečnost, otevře novou oblast, vyjeví řád a potvrdí dlouho přijímané přesvědčení. Nicméně *jedinec* zabývající se problémy normálního výzkumu *téměř nikdy žádnou z těchto věcí neučiní.* Jeho motivace k výzkumu je poněkud jiného druhu. Výzvou je pro něj

²⁷ Zklamání vyvolané rozparem mezi individuální rolí a všeobecným charakterem vědeckého vývoje však může být někdy vážné. O tomto tématu viz L. S. Kubie, *Some Unsolved Problems of the Scientific Career*, in: *American Scientist*, XLI, 1953, str. 596–613 a XLII, 1954, str. 104–112.

presvědčení, že pokud bude dostatečně obratný, bude mít úspěch při řešení hádanky, kterou nikdo před ním buď nevyřešil vůbec, nebo alespoň ne tak dobře jako on. Mnozí z největších vědců věnovali veškerou svou vědeckou pozornost vyhledávání takových hádank. V mnoha případech k tomu určitá oblast neposkytuje žádnou příležitost, tím se však nestává pro ty, kdo jí propadli, o nic méně uchvacující.

Obraťme nyní svou pozornost k jiné, obtížnější a přínosnější stránce paralely mezi hádankou a problémy normální vědy. Má-li být problém klasifikován jako hádanka, pak jej musí charakterizovat něco více než pouhý předpoklad řešení. Musí také existovat pravidla omezující jak povahu přijatelných řešení, tak kroky, jimiž se tohoto řešení dosahuje. Například vyřešit skládačku neznámá pouze „udělat obrázek“. Dítě nebo dnešní umělec by mohli obrázek udělat rozhozením vybraných dílků, vytvořením abstraktního tvaru na neutrálním pozadí. Takto vytvořený obrázek by mohl být a jistě by i byl mnohem originálnější než ten, ze kterého je skládačka vytvořena. Nicméně takový obrázek by nebyl řešením skládačky. Aby bylo dosaženo řešení, je nutno použít všechny dílky, ty musí být položeny rubem dolů a navzájem bez použití násilí spojeny tak, aby mezi nimi nezbyvaly díry. To jsou některá z pravidel, jimiž se řešení skládačky řídí. Podobná omezení přijatelných řešení se dají snadno odhalit i u křížovek, rébusů a šachových úloh.

Přijmeme-li obecně rozšířený význam pojmu „pravidlo“ (který bude příležitostně roven „ustálenému stanovisku“ nebo „předsudku“), bude problém, přístupný v rámci určité výzkumné tradice, vykazovat soubor charakteristik větší, než je tomu u hádanky. Člověk, který staví přístroj k určení vlnové délky světla, se nemůže spokojit s kouskem zařízení, přisuzujícím pouze čísla určitým spektrálním čarám. Vědec totiž není pouze průzkumníkem nebo měřičem. Naopak, musí rozbořem svého přístroje, provedeným v rámci ustavené optické teorie ukázat, že čísla, která jeho přístroj produkuje, jsou ta jediná, jež vystupují v teorii jako vlnové délky. Pokud by v teorii nebo neanalyzované části jeho přístroje zbyly nějaké nejasnosti, které by bránily v završení tohoto důkazu, pak by jeho kolegové mohli usoudit, že nenaměřil vůbec nic. Například maxima při elektronovém rozptylu, která se později ukázala být známkami elektronové vlnové délky, neměla v době svého prvního zpozorování a zaznamenání žádný zjevný význam. Dříve než se mohla stát mírou

něčeho, musela být vztažena k teorii, která předpovídala vlnové chování pohybující se hmoty. A teprve když byl tento vztah ukázán, změnila se konstrukce přístrojů tak, aby výsledky pokusů mohly být v jednoznačné korelaci s teorií.²⁸ Dokud nebyly tyto podmínky splněny, nemohl být problém vyřešen.

Podobná omezení jsou závazná i pro přípustná řešení teoretických problémů. V průběhu osmnáctého století se vědcům neustále nedařilo odvodit pohyb měsíce z Newtonových zákonů a gravitace tak, aby tento pohyb souhlasil s pozorováním. V důsledku toho někteří z nich navrhovali nahradit zákon obrácené hodnoty čtverce vzdálenosti zákonem, který se od uvedeného lišil v oboru malých vzdáleností. Takové nahrazení by však změnilo paradigma, položilo by hádanku novou a starou by nevyřešilo. Vědci tedy zachovali tato pravidla až do roku 1750, kdy jeden z nich objevil způsob, jímž se dala úspěšně použít.²⁹ Pouze změna pravidel hry mohla poskytnout nějakou jinou možnost.

Studium tradice normální vědy odhalilo mnoho dodatečných pravidel, a ta poskytla mnoho informací o důvěře, kterou vědci ze svého paradigmatu čerpali. Co můžeme říci o hlavních kategoriích, do nichž se tato pravidla rozpadají?³⁰ Nejzřejmější a snad nejvíce zavazující pravidlo je ukázáno na příkladech těch typů zobecnění, o kterých jsme se již zmínili. Jsou to explicitní vyjádření vědeckých zákonů, pojmů a teorií. Jsou-li tato pravidla stále ctěna, pak tato vyjádření mohou pomoci položit hádanky a omezit jejich přijatelná řešení. Například Newtonovy zákony tuto funkci vykonávaly v průběhu osmnáctého a devatenáctého století. V té době bylo množství hmoty pro vědce základní ontologickou kategorií a síly působící mezi částmi hmoty byly vůdčími předměty výzkumu.³¹ V chemii působil po dlouhou dobu přesně stejným způsobem zákon stejných slučovacíh poměrů – stanovil problém atomových hmotností, byl tím, co zavazovalo přípustné výsledky chemické analýzy,

²⁸ Krátký popis vývoje těchto pokusů viz str. 4 v C. J. Davissonově přednášce in: *Les prix Nobel en 1937*, Stockholm 1938.

²⁹ W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, oprav. vyd., London 1857, II, str. 101–105, 220–222.

³⁰ Tuto otázku dlužím W. O. Hagstromovi, jehož práce o sociologii vědy se občas překrývá s mou prací.

³¹ Tyto stránky newtonismu viz I. B. Cohen, cit. d., kap. VII, zvl. str. 255–257, 275–277.

a byl i ohledem, kterým se řídili chemici při určování toho, co jsou atomy, molekuly, složky a směsi.³² Dnes mají stejné postavení Maxwellovy rovnice a zákony statistické termodynamiky.

Podobná pravidla však nejsou mezi těmi, která předvádí studium historie, ani jedinečná, ani nejzajímavější. Na mnohem nižší a konkrétnější úrovni, než je rovina zákonů a teorií, se například často vyskytuje setrvávání u některých upřednostňovaných typů nástrojů a u způsobů, jimiž mohou být tyto přijaté nástroje legitiimně použity. Změna postoje k roli ohně pro chemickou analýzu hrála v sedmáctém století ve vývoji chemie důležitou roli.³³ Helmholtz se setkal se silným odporem ze strany fyziologů vůči významu fyzikálních experimentů, které by mohly osvětlit pole fyziologie.³⁴ Překvapivá historie chromatografie v našem století opět ukazuje vytrvalé lpění na určitých nástrojích, které – stejně jako zákony a teorie – poskytují vědcům pravidla hry.³⁵ Pokud bychom historicky rozebrali objev paprsků X, našli bychom důvody pro lpění tohoto druhu.

Na vyšší úrovni se při studiu dějin vědy ukazuje kvazimetafyzická závaznost, méně závislá na místě a čase, ale přesto pozměňující charakteristiku vědy. Například přibližně od roku 1630, a zvláště po zveřejnění Descartových spisů, které měly ohromnou vědeckou působnost, mnozí vědci v oboru fyziky předpokládali, že vesmír se skládá z mikroskopických částíček a že všechny přírodní jevy se dají vysvětlit tvarem, velikostí, pohybem a vzájemným působením těchto částíček. Soubor těchto přesvědčení měl prokazatelně jak metafyzickou, tak metodologickou povahu. Jakožto metafyzický říkal vědcům, jaké druhy entit vesmír obsahuje a jaké ne: ve vesmíru byla pouze hmota, která měla určitou formu a určitý pohyb. Jakožto metodologický říkal vědcům, jak musí vypadat nejjobecnější zákony a základní vysvětlení: zákony musí určovat pohyb částic a jejich interakci, vysvětlení musí převádět daný přírodní jev na děj mezi

³² Tento příklad bude zanedlouho rozebrán na konci X. kapitoly.

³³ H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début de XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle*, Paris 1923, str. 359–361; M. Boas, *Robert Boyle and Seventeenth Century Chemistry*, Cambridge 1958, str. 112–115.

³⁴ L. Königsberg, *Hermann von Helmholtz*, přel. F. A. Welby, Oxford 1906, str. 65–66.

³⁵ J. E. Meinhard, *Chromatography: A Perspective*, in: *Science*, CX, 1949, str. 387–392.

těmito částicemi, a to v mezích fyzikálních zákonů. Podstatnější je, že na částicích založená představa o vesmíru vědcům také určovala problémy, na něž by se měl zaměřit jejich výzkum. Například chemik, který – jako Boyle – přijal tuto novou filosofii, věnoval zvláštní pozornost reakcím považovaným za transmutace. Tyto reakce jasněji než jiné ukazovaly proces přeuspořádání částic, který musí být základem všech chemických změn.³⁶ Podobný vliv teorie částic je možno pozorovat i při studiu mechaniky, optiky a tepla.

A nakonec – na ještě vyšší úrovni – existuje další soubor závazností, bez nichž člověk nemůže být vědcem. Musí se například snažit porozumět světu a zvyšovat přesnost a rozšiřovat oblast, v níž se svět ukazuje jako uspořádaný. Tento závazek jej naopak musí vést k tomu, že – ať už sám nebo za pomoci svých kolegů – některé stránky přírody prozkoumává až do empirických podrobností. A pokud se při tomto zkoumání ukáže nějaký prostor bez zjevného uspořádání, pak pro vědce musí být výzvou ke zjemňování pozorovací techniky a k další artikulaci teorie. Nepochybně existují i další podobná pravidla, která vědci v minulosti vždy dodržovali.

Existence takové silné sítě závazků – pojmových, teoretických, instrumentálních a metodologických – je pramenem metafory, která klade mezi normální vědu vztah a řešení hlavolamu. Tato síť totiž poskytuje pravidla, která odborníkům v určitém specializovaném odvětví říkají, co jsou svět i věda zač, a odborníci se pak mohou soustředit na esoterické problémy, které jsou pro ně těmito pravidly, a existujícím poznáním vymezeny. Osobní výzvou je pro jednotlivého odborníka problém, jak dovést k řešení i zbytek hádanky. Tyto a další stránky výkladu o hlavolamech a pravidlech osvětlují povahu praxe normální vědy. Na druhou stranu však toto vysvětlení může být značně zavádějící. Ačkoli zřejmě existují pravidla, jichž se všichni odborníci daného vědeckého oboru v určitou dobu drží, nemusí sama o sobě stanovit všechny společné rysy činnosti těchto odborníků. Normální věda je činností vysoce determinovanou, ale

³⁶ O teorii částic obecně viz M. Boas, *The Establishment of the Mechanical Philosophy*, in: *Osiris*, X, 1952, str. 412–541. Účinek této teorie na Boyleovu chemii viz T. S. Kuhn, *Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century*, in: *Isis*, XLIII, 1952, str. 12–36.

nemusí být pravidly nutně determinována celá. To je důvod, proč jsem na počátku tohoto eseje jako zdroje souvislosti tradice normálního výzkumu uváděl raději společně sdílená paradigmatata než pravidla, předpoklady a stanoviska. Tvrdím, že pravidla jsou odvozována z paradigmat, ale že paradigmatata mohou vést vědecké bádání dokonce i tehdy, když žádná pravidla nejsou.

*Cele jsou společně sdílená paradigmatata je
 Odborníci se na ně spoléhají a pravidla
 jsou společně sdílená paradigmatata je
 pravidla, předpoklady a stanoviska, je
 dokonce i tehdy, když žádná pravidla nejsou!*