

* paralela k revoluci, spol. a spol. a spol.

IX

POVAHA A NEZBYTNOST VĚDECKÝCH REVOLUCÍ

Uvedené úvahy nám dovolují věnovat se problémům vyjádřeným v titulu tohoto eseje. Co jsou to vědecké revoluce a jaká je jejich funkce ve vývoji vědy? Mnohé z odpovědí na tyto otázky byly naznačeny v předcházejících oddílech. Tyto rozborů zejména naznačily, že za vědecké revoluce pokládáme takové nekumulativní události ve vývoji vědy, v nichž je staré paradigma zcela nebo zčásti nahrazeno novým, které je s paradigmatem starým neslučitelné. To je však třeba rozvést a velká část dalších úvah může být uvedena tak, že si položíme jednu z následujících otázek: Proč se dá změna paradigmatu nazvat vědeckou revolucí? Vezmeme-li v úvahu obrovský a podstatný rozdíl mezi vývojem vědy a vývojem společnosti, jaká paralela pak může ospravedlnit metaforu, která v obou typech vývoje hledá revoluci?

Jedna stránka této paralely je již zřejmá. Politické revoluce vznikají tak, že vzrůstá pocit – často omezený na nějakou část politického společenství –, že stávající instituce přestaly odpovídajícím způsobem řešit problémy, které před ně staví prostředí těmito institucemi částečně vytvořené. Téměř stejně vznikají i vědecké revoluce, a to tak, že narůstá pocit – často omezený na nějakou část vědeckého společenství –, že stávající paradigma přestalo odpovídajícím způsobem fungovat při průzkumu těch stránek přírody, ke kterým samo paradigma na své předchozí cestě vedlo. V obou případech, ve vývoji politickém i vědeckém, pak tento pocit špatného fungování vede ke krizi, a ta je nutnou podmínkou revoluce. Navíc – i když možná tuto metaforu příliš zatěžujeme – to platí nejen pro většinu změn paradigmatu, jako jsou například změny připisované Koperníkovi a Lavoisierovi, ale také pro změny menší, spojené s připojováním a přizpůsobováním jevů nového druhu k paradigmatu, jako byl objev kyslíku nebo paprsků X. Jak jsme poznamenali v pátém oddíle, mohou se vědecké revoluce zdát revoluční pouze těm, jejichž

paradigmatu se týkají. Vnějšímu pozorovateli se může zdát, že jsou to součástí procesu vývoje stejně jako třeba balkánská revoluce na počátku dvacátého století. Například astronomové mohli přijmout paprsky X jako pouhý přídavek ke svým poznatkům, protože jejich paradigma zůstalo objevem nového záření nedotčeno. Ale pro muže, jako byli Kelvin, Crookes a Roentgen, jejichž výzkum se týkal teorie záření nebo záření katodových trubíc, objev paprsků X nutně narušil jedno paradigma proto, že vytvořil jiné. Proto bylo možno tyto paprsky objevit, pouze když s normálním výzkumem bylo něco v nepořádku.

Genetická stránka paralely mezi politickým a vědeckým vývojem by už dále neměla vyvolávat pochyby. Má však ještě druhou, hlubší stránku, a na té závisí význam stránky první. Politické revoluce se snaží o změnu politických institucí prostředky, které jsou těmito institucemi zakázány. Úspěch revoluce tedy nutně obsahuje alespoň částečné opuštění jednoho souboru institucí, upřednostnění souboru jiného a mezidobí, ve kterém není společnost institucemi vůbec ovládána. Krize je původně to, co oslabuje úlohu politických institucí, nebo, jak jsme viděli, paradigmatu. Vyrůstá počet jedinců, kteří se odcizují politickému životu a kteří se v politickém životě chovají stále výstředněji. Když se krize prohlubuje, začnou tito jedinci věřit určitému konkrétnímu návrhu na rekonstrukci společnosti v novém institucionálním rámci. V této chvíli je společnost rozdělena na soupeřící tábory nebo strany, jedny se snaží bránit staré institucionální uspořádání, druhé se pokoušejí institucionálně založit uspořádání nové. Jakmile se jednou tato polarizace objeví, selhávají politické opravné prostředky. Strany revolučního sporu se nakonec musí uchýlit k technikám masového přesvědčování – často používající sílu –, protože se navzájem liší v názoru na institucionální základ, na němž se dosahuje politické změny a jejího hodnocení, a protože se nemohou vzájemně dohodnout na institucionálním rámci pro rozsouzení rozporů, které jsou kořenem revoluce. I když revoluce sehrály ve vývoji politických institucí rozhodující úlohu, je tato úloha závislá na tom, že jsou událostmi mimopolitickými a mimoinstitucionálními.

Tento esej se dále snaží ukázat, že historický průzkum změn paradigmatu odkrývá velmi podobné stránky i ve vývoji věd. Stejně jako volba mezi soupeřícími politickými institucemi se také volba mezi soupeřícími paradigmaty ukazuje být volbou mezi neslučitelnými

nými mody života společnosti. Protože má volba tento charakter, není a nemůže být určena pouze hodnotícími postupy charakteristickými pro normální vědu, neboť tyto postupy částečně závisí na určitém paradigmatu a toto paradigma se stává problémem. Vstoupí-li paradigmatu do sporu o výběr – a to se děje nutně – jejich role se nezbytně spojí v kruh. Každá skupina používá své paradigma k tomu, aby jím argumentovala při obraně paradigmatu samotného.

Kruhový charakter samozřejmě neznamená, že by argumentace byla špatná nebo neúčinná. Člověk, který vychází z paradigmatu při argumentaci na jeho obranu, však může jasně ukázat, jaká bude vědecká praxe těch, kteří na nový pohled na přírodu přistoupí. Takový obrázek může být hluboce přesvědčivý a téměř neodolatelný. Avšak bez ohledu na sílu, kterou má, spočívá statut argumentace kruhem jediné v tom, že přesvědčuje. Pro ty, kteří odmítají do tohoto kruhu vstoupit, nemůže mít logickou nebo pravděpodobnostní přesvědčivost. Předpoklady a hodnoty, které dvě strany ve sporu o paradigma společně sdílejí, pro to neposkytují dostatečný prostor. Stejně jako při politické revoluci je i při volbě paradigmatu nejvyšším měřítkem souhlas společnosti. Při průzkumu působení vědeckých revolucí budeme muset zkoumat nejen vliv přírody a logiky, ale také přesvědčovací techniky a argumentace, jež působí uvnitř speciální skupiny tvořené společností vědců.

Máme-li odhalit, proč se nedá na otázku výběru paradigmatu jednoznačně odpovědět pouze prostředky logiky a experimentu, musíme podrobit krátkému zkoumání i rozdíly, které oddělují zastánce tradičního paradigmatu od jejich revolučních následovníků. Toto zkoumání je ústředním tématem oddílů tohoto a následujícího. Mnohé příklady takových rozdílu jsme již uvedli a dějiny by jistě mohly poskytnout příklady další. Není pochyb o tom, že takové příklady existují, co však musíme zvážit především, je otázka, zda takové příklady podávají zásadní informace o povaze vědy. Uznáme-li, že odmítnutí paradigmatu je dějinnou skutečností, pak vystává otázka, zda toto odmítnutí poukazuje na něco jiného než na pouhou lidskou důvěřivost a zmatenost? Existují vnitřní důvody pro to, aby přijetí nových druhů jevů nebo nové vědecké teorie vyžadovalo odmítnutí staršího paradigmatu?

Nejprve poznamenejme, že takové důvody, pokud existují, neplynou z logické struktury vědeckého poznání. Nový jev se může principiálně objevit, aniž by se zničujícím způsobem odrazil na některé

části stávající vědecké praxe. I když by objev života na Měsíci dnes zničil stávající paradigma (to totiž tvrdí o Měsíci věci, které se zdají být neslučitelné s existencí života), objev života v některé z méně známých částí galaxie by takový důsledek neměl. Stejně tak nová teorie nemusí být nutně ve sporu s teoriemi předcházejícími. Může se týkat výlučně jevů, které dosud nebyly známy, jako se třeba kvantová teorie (do značné míry, nikoli však výlučně) zabývá subatomárními jevy, které až do 20. století nebyly známy. Nová teorie také může být jednoduše na vyšší úrovni než teorie dřívější, může spojit skupinu teorií nižší úrovně dohromady tak, že se podstatným způsobem nezmění žádná z nich. Teorie zachování energie dnes představuje právě takové pojítko mezi dynamikou, chemií, naukou o elektřině, optikou, teorií tepla atd. A je možné uvažovat i o dalších vztazích vzájemné slučitelnosti mezi teoriemi starými a novými. Kterýkoli z nich je možno vzít za příklad dějin vývoje vědy. Kdyby tomu tak bylo, pak by vědecký vývoj musel být čistě kumulativním procesem. Nové jevy by prostě ukazovaly uspořádání v těch oblastech přírody, kde žádné uspořádání dosud nebylo pozorováno. Ve vývoji vědy by nový poznatek spíše nahrazoval nevědomost než vědomost jiného, s předchozím poznáním neslučitelného druhu.

Věda (nebo nějaká jiná méně působivá činnost) se, samozřejmě, mohla vyvíjet zcela kumulativním způsobem. Mnozí věřili, že tomu tak skutečně je, a zdá se, že jiní dosud předpokládají, že kumulace je ideálem, který by se na dějinném vývoji mohl dokázat, kdyby nebyl tak často pokříván lidskou zmatečností. Pro takové přesvědčení existují vážné důvody. V desátém oddíle uvidíme, jak úzce je pohled na vědu jako kumulativní proces spojen s převládajícím epistemologickým názorem, že poznání je konstrukce použitá myšlením bezprostředně na čistá smyslová data. V jedenáctém oddíle zjistíme, jak silnou podporu tomuto historiografickému schématu poskytuje svými technikami tak vlivný činitel, jakým je vědecká výchova. Přestože je tento ideální obraz velmi dobře přijatelný, narůstají důvody k pochybnostem, zda je skutečně obrazem vědy. Ve skutečnosti si na konci předparadigmatického období všechny nové teorie a téměř všechny druhy jevů nového druhu vynutily destrukci předchozího paradigmatu. Následoval spor mezi soupeřícími školami vědeckého myšlení. Kumulativní způsob objevování nepředpokládaných novinek se v rámci pravidel vědeckého vývoje ukázal být téměř neexistující výjimkou. Člověk, který bere vážně

historická fakta, musí dojít k názoru, že věda nesměřuje k ideálu, který by plynul z představy o jejím kumulativním charakteru. Snad může existovat jiný podnik tohoto druhu.

Poté co nás setrvalý charakter faktů dovedl až sem, může se při druhém pohledu na námi již odkrytou půdu zdát, že novinky získávané kumulativním způsobem jsou nejen vzácné, nýbrž v principu i nepravděpodobné. Normální výzkum, který skutečně je kumulativní, vděčí za svůj úspěch schopnosti vědců pravidelně volit problémy, které je možno řešit pojmovými a instrumentálními technikami blízkými technikám stávajícím. (Proto nějaké výstřední řešení užitečných problémů – bez ohledu na jejich vztah ke stávajícím znalostem a technikám – může bránit vývoji vědy.) Člověk, který se snaží vyřešit problém vymezený stávajícími znalostmi a současnou technikou, netápe. Ví, čeho chce dosáhnout, a podle toho navrhuje své nástroje a zaměřuje své úsilí. Nečekaná novinka nebo nový objev se mohou objevit, pouze pokud se ukáží být očekávání stran chování přírody a vlastností instrumentů nesprávná. Často je důležitost výsledného objevu úměrná nejen rozsahu anomálie, která tento objev předznamenala, ale i obtížím s jejím řešením. Je zřejmé, že musí docházet ke sporu mezi paradigmatem, které odhaluje anomálie, a tím, které anomálie uvádí jako něco, co se blíží zákonu. Příklady objevů učiněných destrukcí paradigmatu, které jsme zkoumali v šestém oddíle, před nás nestaví pouhé historické náhody. Neexistuje účinnější způsob odhalování objevů.

Stejný argument se dá ještě průkazněji použít u objevů nových teorií. Existují v principu pouze tři typy jevů, o nichž lze rozvinout novou teorii. První se týká jevů, které již byly v rámci existujícího paradigmatu dostatečně prozkoumány, a ty jen zřídka poskytují motiv nebo východisko pro konstruování teorie. Pokud se tak stane, jak tomu bylo v případě tří slavných anticipací zmíněných v sedmém oddíle, pak vědci výsledné teorie zřídka přijímají, protože příroda neposkytuje důvody pro upřednostnění jedné teorie před druhou. Druhou skupinu jevů tvoří ty, jejichž povahu stávající paradigma naznačuje, ale jejichž podrobnosti je možno pochopit jen formulací další teorie. Na tyto jevy se věda zaměřuje po většinou, ale takový výzkum spíše pomáhá artikulaci paradigmatu stávajícího než objevu paradigmatu nového. Jen když pokusy o artikulaci selžou, setkávají se vědci s třetím typem jevů, s anomáliemi, jejichž charakteristickým rysem je, že houževnatě vzdorují přizpůsobení se

stávajícímu paradigmatu. Nové teorie vznikají pouze z jevů tohoto typu. Paradigma poskytuje všem jevům – s výjimkou anomálií – ve vědeckém zorném poli místo, které je určeno teorií.

Vznikají-li nové teorie kvůli vyřešení anomálie vztahující se k již existující teorii přírody, pak ty z nich, které jsou úspěšné, musí v určitém bodu dovolit předpovědi odlišné od předpovědí vycházejících z teorií minulých. Tento rozdíl by nenastal, kdyby tyto dvě teorie byly logicky slučitelné. Během procesu asimilace musí druhá teorie nahradit prvou. Dokonce i taková teorie, jako zákon zachování energie, která se dnes zdá být logickou superstrukturou vztahující se k přírodě pouze prostřednictvím nezávisle ustavených teorií, se historicky vyvinula na základě destrukce paradigmatu. Vznikla z krize, jejíž podstatným prvkem byla otázka slučitelnosti newtonovské dynamiky a některých dříve formulovaných důsledků kalorické teorie tepla. Teorie zachování energie se mohla stát součástí vědy, až když byla kalorická teorie tepla zavržena.⁸⁸ A teprve když už byla nějakou dobu součástí vědy, mohlo se ukázat, že jde z hlediska logiky o teorii vyššího typu, která není ve sporu s teoriemi předcházejícími. Je těžké si představit, že by nové teorie mohly vzniknout, aniž by destrukтивním způsobem změnilly představy o přírodě. Představa, že vyšší teorie může logicky zahrnout teorii nižší, je sice jedním z možných pohledů na vztah mezi po sobě následujícími vědeckými teoriemi, avšak z historického hlediska je nepřijatelná.

Podle mého názoru by ještě před sto lety bylo možno problém nevyhnutelnosti vědeckých revolucí opustit na tomto místě. Dnes se to však bohužel učinit nedá, protože výše rozvíjený názor na tento problém za předpokladu, že přijmeme v současnosti převažující interpretaci povahy a funkce vědecké teorie, nelze udržet. Tuto interpretaci, která je úzce spojena s raným logickým pozitivismem, jeho nástupci kategoricky neodmítli. Omezila by však rozsah a význam přijaté teorie do té míry, že by byl odstraněn možný spor s nějakou teorií pozdější, jejíž předpovědi by se vztahovaly k témuž přírodnímu jevu. Nejznámější a nejsilnější případ tohoto omezeného pojetí vědecké teorie se objevil během diskuse o vztahu mezi současnou einsteinovskou dynamikou a rovnicemi starší dynamiky,

⁸⁸ S. P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*, I, London 1910, str. 266–281.

kteří vyplývají z Newtonových *Principií*. Z hlediska našeho eseje jsou tyto dvě teorie zásadně neslučitelné, stejně jako kopernikovská a ptolemaiovská astronomie: Einsteinova teorie může být přijata pouze za předpokladu, že Newtonova teorie bude prohlášena za chybnou. Tento názor je dnes v menšině.⁸⁹ Musíme proto prozkoumat nejrozšířenější námitky proti tomuto názoru.

Jádro těchto námitek se dá rozvinout následujícím způsobem: relativistická dynamika nemůže ukázat, že je newtonovská dynamika špatná, protože ji dosud s velkým úspěchem používá většina inženýrů a – u některých vybraných aplikací – i mnozí fyzikové. Oprávněnost této starší teorie se dá navíc prokázat z teorie, která ji v ostatních aplikacích nahradila. Einsteinova teorie se dá použít k důkazu, že předpovědi učiněné na základě newtonovských rovnic jsou stejně dobré jako naše měřicí přístroje, a to ve všech aplikacích, které vyhoví jistému malému počtu omezujících podmínek. Má-li například Newtonova teorie poskytnout dobré přibližné řešení, musí vzájemná rychlost uvažovaných těles být malá ve srovnání s rychlostí světla. Na základě těchto a několika dalších podmínek se proto dá newtonovská teorie odvodit z teorie einsteinovské jako její speciální případ.

Stále však lze namítnout, že žádná teorie nemůže být ve sporu s některým ze svých speciálních případů. Zdání, že einsteinovská věda prokázala nesprávnost newtonovské dynamiky, plyne pouze z toho, že někteří newtoniáni byli neopatrní a tvrdili, že newtonovská teorie poskytuje výsledky zcela přesné nebo takové, které platí i při vysokých relativních rychlostech. Pro takové tvrzení neměli žádný důkaz, a tím se zpronevěřili standardům vědy. Až doposud byla newtonovská teorie teorií vpravdě vědeckou, byla podporována platnými důkazy, a stále takovou je. Pouze výstřední tvrzení o této teorii – která by se nikdy nebyla stala součástí vědy – se v rámci Einsteinovy teorie mohla ukázat jako chybná. Je-li newtonovská teorie prosta těchto pouze lidských výstředností, pak nebude a nemůže být zpochybňována.

Některé z těchto argumentů stačí na to, aby jakoukoli teorii používanou ve větší skupině vědců učinily odolnou vůči možným útokům. Například i ta nejočernější teorie – teorie flogistonu –

⁸⁹ Viz např. poznámku P. P. Wienera v *Philosophy of Science*, XXV, 1958, str. 298.

dala vzniknout mnoha fyzikálním a chemickým jevům. Vysvětlovala, proč tělesa hoří – byla bohatá na flogiston – a proč kovy mají tolik společných vlastností s rudami. Všechny kovy byly složeny z různých elementárních zemin sloučených s flogistonem, a ten, protože byl společný všem kovům, byl příčinou jejich společných vlastností. Flogistonová teorie také vysvětlovala mnoho reakcí, při nichž vznikala kyselina v důsledku hoření substancí, jako jsou síra či uhlík. Vysvětlovala také zmenšování objemu vzduchu v případě, že k hoření docházelo v uzavřeném prostoru – flogiston uvolňovaný hořením „kazil“ pružnost vzduchu, který flogiston absorboval, stejně jako oheň „kazi“ pružnost ocelové pružiny.⁹⁰ Pokud by si teoretici flogistonu činili svou teorií nárok pouze na tyto jevy, pak by jejich teorie nemohla být nikdy zpochybněna. Podobný argument by bylo možno uplatnit na jakoukoli teorii použitou na nějaký obor jevů.

Má-li se teorie tímto způsobem zachránit, pak obor její aplikace musí být omezen na jevy a přesnost pozorování, pro které již existují experimentální důkazy.⁹¹ Jsou-li tyto aplikace dovedeny o krok dále (a tomuto kroku se dá stěží zabránit poté, co byl učiněn krok první), stanovená omezení nedovolují vědci tvrdit, že hovoří „vědecky“ o dosud nepozorovaných jevech. Už dnešní forma těchto omezení brání vědcům opírat se ve vlastním výzkumu o teorii všude tam, kde výzkum vstupuje do oblasti, pro kterou dosavadní praxe ani teorie nenabízejí precedens, nebo kde se snaží o dosud bezprecedentní stupeň přesnosti. Je logické, že tyto zákazy jsou bez výjimky. Kdyby však byly přijaty, znamenalo by to konec výzkumu, kterým se věda může dále rozvíjet.

Až dosud byl náš problém zdánlivě tautologií. Bez víry v nějaké paradigma by nemohla normální věda existovat. Tato víra musí navíc být rozšířena i na oblasti a stupně přesnosti, pro které dosud neexistují precedenty. Kdyby tomu tak nebylo, nemohlo by paradigma poskytovat dosud nevyřešené hádanky. Na důvěře v paradigma

⁹⁰ J. B. Conant, *Overthrow of the Phlogiston Theory*, Cambridge 1950, str. 13–16 a J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2. vyd., London 1951, str. 85–88. Nejúplnějším a nejzasvěcenějším výčet výsledků flogistonové teorie viz H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris 1930, část II.

⁹¹ Srv. důsledky, k nimž se došlo naprosto rozdílnými způsoby analýzy u R. B. Braithwaitea, *Scientific Explanation*, Cambridge 1953, str. 50–87, zvl. str. 76.

však nezávisí pouze normální věda. Kdyby existující teorie spojovala vzájemně vědce pouze v ohledu na existující aplikace, nemohla by existovat žádná překvapení, žádné anomálie nebo krize. Ale to jsou právě milníky, které vyznačují cestu k mimořádné vědě. Kdybychom měli brát doslova pozitivistická omezení oboru, v němž lze legitimně aplikovat teorie, musel by přestat fungovat mechanismus, který vědeckému společenství určuje, co může vést k důležité změně. Pokud se tak stane, vrátí se společenství nevyhnutelně k jakému si předparadigmatickému stavu, k podmínkám, v nichž všichni členové společenství pracují vědecky, ale hrubý produkt jejich práce vědu jen stěží připomíná. Je možné se divit, že za významný vědecký rozvoj se platí rizikem, že se víra v paradigma ukáže být neoprávněná?

Podstatné je, že se odkryvá logická mezera v pozitivistické argumentaci, a ta nás bezprostředně uvede zpět do povahy revolučních změn. Dá se newtonovská dynamika skutečně *odvodit* z dynamiky relativistické? Jak by takové odvození vypadalo? Představme si řadu výroků E_1, E_2, \dots, E_n , která dohromady dává soubor zákonů relativistické teorie. Tyto výroky obsahují proměnné a parametry zastupující polohu v prostoru, čas, klidovou hmotnost atd. Z nich lze za pomoci logického a matematického aparátu odvodit celou řadu dalších výroků, včetně těch, které mohou být ověřeny pozorováním. Abychom prokázali přiměřenost newtonovské dynamiky jako speciálního případu relativity, musíme k této řadě připojit další výrok E_1 ve tvaru $(v/c^2) \ll 1$, kterým se obor parametrů a proměnných omezí. S rozšířenou řadou výroků se potom pracuje tak, aby výsledkem byla nová řada N_1, N_2, \dots, N_m , která je co do své formy totožná z newtonovskými zákony pohybu, s gravitačním zákonem atd. Je vidět, že newtonovská dynamika byla odvozena z dynamiky einsteinovské za několika málo omezujících podmínek.

Toto odvození bylo však – přinejmenším doposud – nesprávné. I když N_i jsou speciálním případem relativistické mechaniky, nejsou to Newtonovy zákony. Přinejmenším jimi nejsou, dokud je nebudeme interpretovat způsobem, který by byl možný i před Einsteinovou prací. Proměnné a parametry, které v einsteinovských výrociích E_i zastupují polohu v prostoru, čas, hmotnost atd., se ale objevují v N_i a tam zastupují také einsteinovský prostor, čas a hmotnost. Ale fyzikální pojmy v einsteinovském pojetí nejsou nijak totožné s pojmy v pojetí newtonovském, i když nesou totéž jméno.

(Newtonovská hmotnost se zachovává; einsteinovská se dá převést na energii. Pouze při malých rychlostech se obě dají měřit stejným způsobem a ani tehdy je nelze považovat za totožné.) Nezměníme-li definice proměnných obsažených v N_i , nejsou námi odvozené výroky newtonovské. Pokud je změněme, nemůžeme vlastně říci, že jsme *odvodili* Newtonovy zákony, přinejmenším ne ve všeobecně známém významu slova „odvodit“. Naše argumenty samozřejmě vysvětlily, proč se zdálo, že Newtonovy zákony fungují. Tím jsme například vysvětlili jednání řidiče automobilu, který žije v jakoby newtonovském vesmíru. Stejný argument se používá při odůvodňování faktu, že zeměměřiči se učí geocentrické astronomii. Tento argument však dosud nesplnil to, co bylo mým úmyslem. Neukázal totiž Newtonovy zákony jako hraniční případ zákonů Einsteinových. Při hraničním přiblížení se však nemění pouze forma zákonů. Musíme současně změnit také základní strukturní prvky z nichž se skládá vesmír, na který tyto zákony aplikujeme.

Nutnost změny významu zavedených a všeobecně známých pojmů je ústředním bodem revolučního působení Einsteinovy teorie. Jakkoli pronikavé jsou změny od geocentrismu k heliocentrismu, od flogistonu ke kyslíku, od částic k vlnám, výsledná změna pojmů neúčinkuje na v minulosti zavedená paradigmatu nějakým podstatně destruktivním účinkem. V těchto změnách můžeme dokonce spatřovat prototyp revolučního obratu v orientaci vědy. Právě proto, že přechod od newtonovské mechaniky k mechanice einsteinovské v sobě nezahrnuje zavedení nějakých nových předmětů nebo pojmů, podává obzvláště jasný a názorný příklad, v němž se vědecká revoluce ukazuje jako přesun pojmové sítě, skrze niž vědci pohlížejí na svět.

Tyto úvahy by měly dostatečně ukázat to, co by v jiném filosofickém prostředí mohlo platit. Přinejmenším pro vědce se zjevně rozdíl mezi zrušenou vědeckou teorií a jejím nástupcem většinou ukazují jako skutečné. I když lze na starší teorii pohlížet jako na zvláštní případ jejího aktuálního nástupce, je nutno ji pro tento účel pozměnit. A tato přeměna se dá podniknout jen při výhodně zaujatém stanovisku k minulosti, pod výslovným vedením teorie novější. I kdyby tato přeměna byla legitimním prostředkem k využití starší teorie, jejím výsledkem by byla pouze teorie omezená do té míry, že by mohla znovu formulovat jen to, co již bylo dříve známo. Z eko-

nomického hlediska by opětovná formulace mohla být užitečná, avšak nestačí k tomu, aby vedla výzkum.

Shodně se na tom, že rozdíly mezi po sobě jdoucími paradigmaty jsou nutně a nesmířitelné. Můžeme pak říci s větší jasností, jakého druhu tyto rozdíly jsou? Nejzjevnější rozdíly jsme již opakovaně ukázali na příkladech. Po sobě následující paradigmatata tvrdí o částech vesmíru a o jejich chování odlišné věci. Vzájemně se liší v otázkách existence subatomárních částic, hmotné povahy světla, zachování tepla či energie. To jsou podstatné rozdíly mezi po sobě jdoucími paradigmaty, které nepotřebují další vysvětlení. Paradigmatata se však liší ve své podstatě, nejen protože se týkají přírody, nýbrž zpětně také vědy, ze které vznikla. Jsou zdrojem metod, okruhů problémů a standardních řešení, které v dané době vědecké společnosti přijímá. Proto přijetí nového paradigmatu nutně vyvolá nové vymezení té které vědy. Některé starší problémy mohou být postoupeny jiným vědám nebo mohou být prohlášeny za zcela „nevědecké“. Jiné, které dosud neexistovaly nebo byly triviální, se mohou v rámci nového paradigmatu stát archetypy důležitých vědeckých výsledků. A stejně jako problémy se mění i standardy, podle kterých se rozlišuje mezi pravým vědeckým řešením a pouhou metafysickou spekulací, slovní hříčkou nebo matematickou hrou. Tradiční normální vědy, která se objeví v průběhu vědecké revoluce, je nejen neslučitelná s tradicí minulou, ale často je s ní zcela nesouměřitelná.

Vliv Newtonovy práce na normální tradici vědecké praxe sedmnáctého století poskytuje působivý příklad pronikavého účinku vyvolaného posunem paradigmatu. Před Newtonovým narozením se „nové vědě“ 17. století podařilo alespoň odmítnout aristotelské a scholastické výklady, založené na esencích hmotných těles. Tvzení, že kámen padá proto, že jeho „přirozenost“ jej žene směrem ke středu vesmíru, se tak ukázalo být pouhou tautologickou slovní hříčkou. Tak tomu ovšem dříve nebylo. Od opuštění teorie esencí se celý proud smyslových jevů, včetně barvy, chuti a dokonce i hmotnosti vysvětloval pomocí rozměrů, tvarů a pohybů elementárních částíček, které tvořily základ hmoty. Připisovat další kvality elementárním atomům znamenalo uchylovat se k okultismu, a tedy k něčemu za hranicemi vědy. Molière přesně zachytil tohoto ducha, když se vysmíval doktorovi vysvětlujícímu uspávací účinek opia tím, že mu připisoval uspávací potenci. Ve druhé polovině sedm-

náctého století by možná vědci spíše řekli, že okrouhlý tvar částic opia jim umožňuje konejší nervy, kterými se pohybují.⁹²

V předchozím období bylo vysvětlování jevů pomocí okultních, skrytých kvalit nedílnou součástí tvůrčí vědecké práce. Ale víra sedmnáctého století v mechanicko-částicová vysvětlení se ukázala být pro mnoho věd ohromně plodná proto, že odstranila problémy, které odolávaly obecně přijímaným řešením, a na jejich místo postavila problémy jiné. Například v dynamice jsou tři Newtonovy pohybové zákony spíše než výsledkem nových experimentů pokusem reinterpretovat všeobecně známá pozorování pohybem a vzájemným působením primárně neutrálních částic. Vezměme pouze jeden názorný příklad. Protože neutrální částice na sebe mohou vzájemně působit pouze dotykem, zaměřil mechanicko-korpuskulární názor na přírodu pohled vědy na zcela nový předmět studia, na změny pohybu částic v důsledku vzájemných srážek. Descartes tento problém otevřel a poskytl jeho první zdánlivé řešení. Huyghens, Wren a Wallis problém dovedli dále, částečně v experimentech se srážkami kyvadlových závaží, ale zvláště tak, že předcházející všeobecně známé charakteristiky pohybu použili na nový problém. „Akce“ a „reakce“, které se ve třetím pohybovém zákonu rovnají, jsou ty změny „množství“ pohybu, jež se odehrávají u částic při srážce. Tatáž změna pohybu poskytuje definici dynamické síly, která je zahrnuta ve druhém zákonu. V tomto a mnoha jiných případech dalo částicové paradigma v sedmnáctém století vzejít novému problému a do značné míry i jeho řešení.⁹³

Přestože bylo Newtonovo dílo zaměřeno převážně na problémy mechanicko-korpuskulárního pohledu na svět, z něhož vycházely i standardy do díla začleněné, vyvolal účinek paradigmatu vzniklého z tohoto díla v oblasti problémů a standardů pro vědu legitimních změny, a to zčásti destruktivní. Tíže vyložená jako vlastní přitažlivost mezi oběma členy každé dvojice částic hmoty byla skrytou kvalitou v témže smyslu jako scholastický „sklon padat“ k zemi. Pro ty, kteří v situaci, kdy si standardy korpuskulárního přístupu

⁹² Částicová teorie viz M. Boas, *The Establishment of the Mechanical Philosophy*, in: *Osiris*, X, 1952, str. 412–541. Účinek tvaru částic na chut viz tamt., str. 483.

⁹³ R. Dugas, *La mécanique au XVII^e siècle*, Neuchâtel 1954, str. 177–185, 284–298, 345–356.

uchovaly svou působnost, přijali *Principia* za své paradigma, bylo hledání mechanického vysvětlení tíže jedním z nejnáléhavějších problémů. Newton, stejně jako mnozí jeho následovníci v osmnáctém století, věnoval tomuto vysvětlení velikou pozornost. Zjevně jedinou možností v této situaci bylo odmítnutí Newtonovy teorie, neboť ta ve svém úsilí o vysvětlení tíže selhala. Tuto možnost vědci v široké míře přijímali. Nakonec však nezmohl žádný z těchto názorů. Protože vědci nebyli schopni provozovat vědu bez *Principií* ani přizpůsobit toto dílo standardům korpuskulární teorie sedmnáctého století, přijímali postupně názor, že tíže je skutečně něčím tělesům vlastní. V polovině osmnáctého století byl tento výklad přijat téměř všeobecně a jeho výsledkem byl návrat ke scholastickým standardům (ten však neměl povahu kroku zpátky). Přitažlivost a odpudivost tvořily spolu s velikostí, tvarem, polohou a pohybem fyzikálně nepřevoditelné prvotní vlastnosti hmoty.⁹⁴

Změna standardů a okruhů problémů fyzikálních věd měla opět své důsledky. Například ve čtyřicátých letech osmnáctého století mohli badatelé v oboru elektřiny hovořit o přitažlivé „síle“ elektrické tekutiny, aniž by tím na sebe přivolali posměch, se kterým se o sto let dříve setkal Molièrův doktor. Díky úvahám o přitažlivé síle elektrické tekutiny začaly elektrické úkazy postupně ve stále větší míře vykazovat poněkud jiný řád, než když byly elektrické jevy považovány za účinek mechanického výtoku. Ten mohl působit pouze při přímém dotyku. Teprve když se elektrické působení na dálku stalo po právu předmětem studia, byl jako jeden z účinků tohoto působení pozorován jev, který dnes nazýváme elektrickým nabíjením indukci. Do té doby byl tento jev – pokud vůbec byl pozorován – připisován přímému působení elektrické „atmosféry“ nebo elektrickým svodům, jimž se v žádné laboratoři nebylo možno vyhnout. Nový pohled na účinky indukce byl na druhé straně klíčovým pro Franklinův rozbor leydenské láhve, a tedy pro vznik nového paradigmatu elektřiny. Dynamika a elektrostatika nebyly jedinými vědeckými obory, které byly ovlivněny tím, že se hledání vnitřních sil hmoty ukázalo jako oprávněné. Velká část literatury osmnáctého století vztahující se k chemickým afinitám a chemic-

⁹⁴ I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof*, Philadelphia 1956, kap. VI–VII.

kým substitučním řadám byla odvozena na základě tohoto supramechanického aspektu newtonovské teorie. Chemikové, kteří věřili v rozdíly mezi přitažlivostí mezi rozličnými chemickými složkami, navrhovali dosud neznámé pokusy a hledali nové druhy reakcí. Bez údajů a chemických pojmů, které se během tohoto procesu vyvinuly, by nebylo pozdější Lavoisierovo dílo – a zvláště dílo Daltonovo – srozumitelné.⁹⁵ Změny standardů určujících přípustnost problémů, pojmy a vysvětlení mohou proměnit celou vědu. V následujícím oddíle dokonce budu tvrdit, že v jistém smyslu mohou změnit svět.

Další příklady těchto nepodstatných rozdílů mezi po sobě následujícími paradigmaty můžeme čerpat z dějin kterékoli vědy a z téměř jakéhokoli období jejího vývoje. Pro tuto chvíli se spokojme s dvěma mnohem stručnějšími příklady. Před revolucí v chemii spočíval jeden ze všeobecně uznávaných úkolů v tom, že se hledalo vysvětlení kvalit chemických substancí a jejich změn v průběhu chemických reakcí. S pomocí několika málo elementárních „principů“ – z nichž jedním byl flogiston – vysvětlovali chemikové, proč jsou některé substance kyselé, jiné mají vlastnosti kovů, jiné jsou hořlavé atd. V tomto směru se dosáhlo určitého úspěchu. Už jsme uvedli, že pomocí flogistonu se vysvětlovalo, proč jsou kovy takové, jaké jsou. Podobné argumenty se našly i pro kyseliny. Avšak Lavoisierova reforma s konečnou platností odstranila chemické „principy“, a tím připravila chemii o určitou, částečně skutečnou a z velké části potenciální sílu podávat vysvětlení. Aby se tato ztráta vyrovnala, bylo třeba provést změny standardů. Z toho, že se v průběhu devatenáctého století nepodařilo vysvětlit kvality sloučenin, nebylo možno vinit chemickou teorii.⁹⁶

Clerk Maxwell sdílel v devatenáctém století s dalšími zastánci vlnové teorie přesvědčení, že světelné vlnění se šíří jen díky hmotnému étheru. Standardním problémem pro nejschopnější Maxwellovy současníky byl návrh mechanického prostředí, které by takové vlnění neslo. Vlastní Maxwellova elektromagnetická teorie světla však vůbec neuvažovala o nějakém prostředí nesoucím světelné vlny, a tím způsobila, že nalezení nějakého možného vysvětlení takového prostředí bylo mnohem těžší než kdykoli předtím. Zprvu

⁹⁵ Elektřina viz tamt., kap. VIII a IX. Chemie viz H. Metzger, cit. d., část I.

⁹⁶ E. Meyerson, *Identity and Reality*, New York 1930, kap. X.

byla Maxwelllova teorie zavržována právě z tohoto důvodu. Ale stejně jako u Newtonovy teorie se i u teorie Maxwellovy ukázalo, že obejít se bez ní je obtížné, a tak se jí dostalo statutu paradigmatu právě toho společenství, které bylo touto teorií změněno. Během prvních desetiletí dvacátého století se Maxwellovo lpění na názoru, že existuje mechanický éther, zdálo být stále více a více něčím, pro co existují jen ústní argumenty – i když tomu tak původně nebylo – a od pokusů o vytvoření takového étherického prostředí se upustilo. Vědci už nepovažovali za nevědecké hovořit o elektrických „přesunech“, aniž by se určilo, co se přesouvá. Výsledkem opět byla nová řada problémů a standardů a ta měla přímou souvislost se vznikem teorie relativity.⁹⁷

Tyto charakteristické posuny v pojetí legitimních problémů a standardů vědeckého společenství by nebyly pro tento esej tak významné, kdyby se dalo předpokládat, že šlo o posuny od metodologicky nižšího typu k vyššímu. V takovém případě by se zdálo, že účinek těchto posunů je kumulativní. Není tedy divu, že někteří dějepisci tvrdili, že dějiny vědy zaznamenávají neustálý nárůst vyžívání a zjemňování pojetí povahy vědy.⁹⁸ Problém kumulativního vývoje vědeckých problémů a standardů je však obtížnější než problém kumulace teorií. Pokus o vysvětlení tíže – i když jej vědci v 19. století většinou úspěšně odmítali – se nezaměřoval na vnitřně neoprávněný problém, námitky proti vlastním silám nesměřovaly ani k jeho podstatné nevědeckosti, ani metafyzičnosti v hanlivém slova smyslu. Neexistovaly vnější standardy, které by dovoľovaly takové soudy. To, co se objevilo, nebyl ani zánik, ani vznik standardů, ale jednoduše změna vyvolaná přijetím nového paradigmatu. Navíc bylo a dosud je možno tuto změnu zvrátit zpět. Einstein ve dvacátém století úspěšně vysvětlil gravitační přitažlivost a jeho vysvětlení vrátilo do vědy řadu kánonů a problémů, které, v tomto zvláštním ohledu, jsou mnohem podobnější problémům Newtonových předchůdců než jeho následovníků. Vývoj kvantové mechaniky také zvrátil metodologický zákaz, který měl svůj původ v chemické re-

⁹⁷ E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II, London 1953, str. 28–30.

⁹⁸ Skvělý a zcela současný pokus o uložení vědeckého vývoje do tohoto Prokrustova lože viz C. C. Gillispie, *The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas*, Princeton 1960.

voluci. Chemikové se nyní s velkým úspěchem pokoušejí vysvětlit barvu, skupenství a další kvality látek, které používají a vytvářejí ve svých laboratořích. Podobný zvrát se může skrývat i pod povrchem teorie elektromagnetického pole. Prostor pro současnou fyziku už není tím netečným a homogenním podkladem, který používají Newtonova i Maxwelllova teorie; některé z vlastností prostoru nejsou nepodobny vlastnostem étheru; jednou možná zjistíme, co je vlastně onen elektrický přesun zač.

Předchozí případy nám posunem důrazu z kognitivní funkce paradigmatu na funkci normativní dovoľují rozšířit porozumění způsobům, jimiž paradigma formuje vědecký život. Původně jsme zkoumali roli paradigmatu v principu tak, jakoby paradigma bylo hybnou silou vědecké teorie. V této roli funguje paradigma tak, že vědcům říká, které entity do přírody patří a které ne, a ohlašuje i jejich způsoby chování. Tato informace poskytuje mapu, jejíž detaily jsou postupně osvětlovány vyspělým vědeckým výzkumem. A protože je příroda příliš složitá a proměnlivá na to, aby byla prozkoumávána náhodným způsobem, je tato mapa pro setrvalý vývoj vědy stejně podstatná jako pozorování a experiment. Paradigma se díky teoriím, jež v sobě začleňuje, ukazuje být tím, co zakládá vědeckou činnost. V jiném ohledu však existují další základy vědy, a ty budou teď středem našeho zájmu. Důležité je, že předchozí příklad nám ukazuje, že paradigma poskytuje vědcům nejen mapu, nýbrž i jisté směry, které jsou pro mapování podstatné. Učí-li se vědec paradigmatu, osvojuje si teorii, metody a standardy, a to vše najednou, obvykle ve spleťtí směsici. Proto tam, kde se paradigma mění, se obvykle vyskytují posuny jak v kritériích oprávněnosti problémů, tak v kritériích oprávněnosti jejich předpokládaných řešení.

Toto pozorování nás vrací zpět do bodu, z něž tento oddíl vyšel, protože nám poskytuje první výslovný náznak toho, proč se při volbě mezi dvěma soupeřícími paradigmaty pravidelně objevují otázky, jež není možno řešit za použití kritérií normální vědy. Do té míry, do jaké se budou vzájemně rozcházet v otázce toho, co je problém a co řešení, se budou dvě soupeřící vědecké školy nevyhnutelně mjet při diskusi o relativní hodnotě toho kterého paradigmatu. Ve zvláštní argumentaci kruhem, která je pravidelně výsledkem takové diskuse, se ukáže, že každé z paradigmat více nebo méně odpovídá těm kritériím, které si samo dává, a že úplně nebo zčásti nevyhovuje kritériím, které jsou určeny jeho soupeřem. Exis-

tují však i další důvody neúplnosti logické souvislosti, která setrvale charakterizuje diskusi paradigmat. Protože například žádné z paradigmat neřeší všechny problémy, jež si samo určí, a protože nejsou taková dvě paradigmata, která by nechala nevyřešeny tytéž problémy, vyvolává diskuse mezi paradigmaty vždy otázku: Který problém je důležitější vyřešit dříve? Stejně jako při problému soupeřících standardů, může být tato otázka hodnoty vyřešena pouze za použití kritérií, která leží vně normální vědy, a právě toto odvolání se na vnější kritéria naprosto zřejmě činí diskusi mezi paradigmaty revoluční. Avšak jde o něco mnohem podstatnějšího, než jsou standardy a hodnoty. Dosud jsem tvrdil, že pouze paradigma má pro vědu zakládající ráz. Nyní bych chtěl ukázat, v jakém smyslu jsou paradigmata zakládající i vůči přírodě.



X

REVOLUCE JAKO ZMĚNY POHLEDU
NA SVĚT

Při zkoumání záznamů o minulých výzkumech z hlediska současné historiografie může být historik vědy v pokušení zvolat, že tam, kde se mění paradigma, mění se s tímto paradigmatem i svět sám. Vědci, vedeni novým paradigmatem, si osvojují nové nástroje a vyhlížejí neprobádané oblasti. A co je ještě důležitější: v průběhu revoluce začínají vědci vidět nové a odlišné věci i tam, kde se důvěrnými nástroji obracejí do již probádaných oblastí. Jakoby společenství odborníků bylo náhle přeneseno na jinou planetu, kde se důvěrně známé předměty ukazují v odlišném světle a kde se s nimi poji předměty dosud neznámé. Samozřejmě, nic takového nenastane: takové přemístění v prostoru neexistuje; vně laboratoře pokračují každodenní události tak jako předtím. Změny paradigmatu nicméně způsobují, že vědci vidí odlišně svět svého vědeckého působení. Jestliže jedinými poukazy na tento svět jsou pouze jejich pozorování a práce, pak po vědecké revoluci je vidět, že vědci reagují na jiný svět.

Známé příklady projevů skokových změn vizuálního *Gestalt* to ukazují velmi zřetelně a mohou sloužit jako elementární prototyp přeměn vědeckého světa. Kachny předrevolučního světa se ve světě po revoluci ukáží být králíky. Člověk, který zprvu viděl shora vnějšek krabičky, vidí nyní zdola její vnitřek. Ačkoli podobné proměny nastupují obvykle pozvolna a téměř vždy nevratně, jsou přesto běžnými součástmi vědecké průpravy. Dívají-li se student a kartograf na obrysovou mapu, pak jeden vidí křivku na papíře, druhý obrázek terénu. Dívá-li se student na fotografii z bublinové komory, vidí změt lomených čar tam, kde fyzik vidí záznam nějaké známé jaderné události. Teprve po určitém počtu proměn svého pohledu se student stane obyvatelem vědeckého světa a vidí to, co vidí vědci, a reaguje na to, nač také vědci reagují. Svět, do kterého vědec vstupuje, však není světem daným jednou pro vždy: s přírodou na