

## V

## PRIORITA PARADIGMAT

Abychom mohli odhalit vztah mezi pravidly, paradigmaty a normální vědou, zkoumejme nejprve způsob, jímž historici izolují ta zvláštní *loci* závazností, výše popsaných jako všeobecně přijatá pravidla. Bližší dějinné zkoumání určitého specializovaného oboru v dané době odkryje řadu opakujících se a kvazistandardních názorných příkladů rozmanitých teorií a jejich použití v oblasti pojmu, pozorování i v oblasti instrumentální. Jsou to společenství paradigmat, která jsou odhalována v učebnicích, při přednáškách a při laboratorních cvičeních. Studium těchto paradigmat a prací s nimi se členové určitého vědeckého společenství učí svému řemeslu. Dějepisec samozřejmě navíc odhalí zpola skrytou oblast výsledků, jejichž status je zatím pochybný, ale jejichž jádro řešených problémů a použitých technik jsou obvykle jasné. Navzdory občasnému neurčitostem je možno paradigmaty vyspělého vědeckého společenství stanovit poměrně snadno.

Určení společných paradigmat však není totéž co určování společných pravidel. K tomu je potřeba dalšího a typově poněkud odlišného kroku. V tomto kroku musí historik nejen vzájemně srovnat paradigmaty společenství navzájem, ale i srovnat tato paradigmaty se současnými badatelskými výsledky vědeckého společenství. Přitom předmětem jeho práce je odhalení těch izolovatelných prvků – explicitně či implicitně vyjádřených – , které členové společenství *abstrakcí* vydělili z obecnějších paradigmat a které rozvinuli jako pravidla vlastního výzkumu. Každý, kdo se pokoušel popsat či analyzovat vývoj určité vědecké tradice, musel nutně hledat takové přijaté principy a taková pravidla. Jak ukazuje předchozí oddíl, téměř jistě se jeho úsilí setká alespoň částečně s úspěchem. Bude-li však jeho zkušenost stejná jako má, nutně shledá, že hledání pravidel je méně snadné a méně uspokojivé než hledání paradigmat. Některá ze zobecnění, která použije při popisu přesvědčení, jež společenství sdílí, pro něj nebudou představovat problém. Avšak zobecnění jiná, včetně těch, která jsem pro dokreslení použil výše, se mu budou zdát poněkud silná. Někteří členové zkoumaného

společenství by tato zobecnění při takovém či jiném způsobu formulace odmítli. Máme-li však souvislost výzkumné tradice pochopit z jejích pravidel, pak je nutné nějak upřesnit společný základ odpovídající oblasti. Nakonec se hledání nějakého souboru pravidel vhodných k tomu, aby založila určitou tradici normálního výzkumu, stane zdrojem trvalého a hlubokého zklamání.

Avšak zkušenost zklamání umožňuje diagnózu jeho zdrojů. Vědci mohou potvrdit, že Newton, Lavoisier, Maxwell nebo Einstein dali vzniknout zjevně trvalým řešením skupiny nevyřešených problémů, a přesto – někdy aniž by si toho byli vědomi – nevyhověli těm zvláštním abstraktním charakteristikám, díky kterým se těmto řešením dostalo trvalosti. Mohli totiž dosáhnout své *identifikace* s paradigmatem, aniž by však dosáhli shody v jeho plné *interpretaci* nebo *racionalizaci* a aniž by se o tuto shodu alespoň pokusili. Avšak paradigma nepřestává hrát ve výzkumu vůdčí roli ani při nedostatku standardních interpretací nebo shodných redukci paradigmatu na pravidla. Normální vědu lze částečně určit přímým ohledáním paradigmat, postupem, při němž formulování pravidel a předpokladů může často pomoci, ale který na této formulaci není závislý. Ve skutečnosti nemusí z existence paradigmatu nutně plynout, že existuje příslušný úplný soubor pravidel.<sup>37</sup>

První důsledek těchto tvrzení bude nutně ten, že se objeví problémy. Chybí-li patřičný soubor pravidel, co tedy omezuje vědce na nějakou určitou normální vědeckou tradici? Co má znamenat věta o „přímém ohledání paradigmatu“? Částečné odpovědi na podobné otázky rozvinul – i když ve zcela jiné souvislosti – ve svém pozdním období Ludwig Wittgenstein. Protože tato souvislost je mnohem základnější a je obecně více známa, pomůže nám, když nejprve uvážíme formu jeho argumentace. Co potřebujeme vědět – ptá se Wittgenstein – k tomu, abychom použili jednoznačně a bezesporně termíny jako „židle“, „list“ nebo „hra“?<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Michael Polanyi skvěle rozvinul velmi podobný námět a tvrdil, že mnoho z vědeckého úspěchu závisí na „tichém vědění“, tj. na vědění, které je získáváno praxí a které není možno výslovně formulovat. Viz jeho *Personal Knowledge*, Chicago 1958, zejména kap. V a VI.

<sup>38</sup> L. Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, přel. G. E. M. Anscombe, New York 1953, str. 31–36. Wittgenstein však neříká téměř nic o druhu světa, kterého je v jím načrtnutém postupu pojmenovávání třeba. Proto mu není možno část následujících úvah připsat.

Tato otázka je velmi stará a obecná odpověď na ni byla ta, že se řeklo, že vědomě či intuitivně musíme vědět co *jest* židle, list nebo hra. Musíme tedy uchopit určitý soubor atributů, společných všem hrám, takových, které mají všechny hry dohromady. Avšak Wittgenstein usoudil, že pro daný způsob používání jazyka a pro typ světa, na který se tento jazyk používá, nemusí takový soubor charakteristik vždy existovat. Ačkoli rozbor *některých* atributů, jež jsou sdíleny nějakým množstvím her nebo židlí nebo listů nám často pomáhá zjistit, jak se jim odpovídající termíny používají, přesto neexistuje soubor charakteristik, který by se dal současně použít na všechny členy třídy a pouze na ně. Namísto toho si počínáme tak, že setkáme-li se s nějakou činností, již jsme dosud nepozorovali, použijeme na ni termín „hra“ proto, že vidíme, že tato činnost nese znaky nějaké blízké, „rodinné podobnosti“ s určitou množinou činností, které jsme si v minulosti navykli nazývat jménem „hra“. Krátce řečeno, pro Wittgensteina jsou hry, židle a listy přirozené rodiny, z nichž každou zakládá síť vzájemně se překrývajících a křížících se podobností. Existence takové sítě dostatečně vysvětluje náš úspěch při identifikaci odpovídajících předmětů nebo činností. Pouze v případě, že jmenované rodiny se s nějakou další rodinou překrývají a postupně s ní splývají – , totiž pokud neexistují *přirozené* rodiny – poskytne nám náš úspěch při identifikaci a pojmenování důkaz o souboru společných charakteristik, odpovídajících každé z námi používaných tříd jmen.

Něco podobného se dá tvrdit i o různých problémech a technikách výzkumu, vyskytujících se v jedné určité tradici normální vědy. Tyto problémy a techniky nemají společné to, že vyhovují nějakému explicitnímu a plně odhalitelnému souboru pravidel a předpokladů, který by určité tradici vtiskoval její charakter a udržoval ji ve vědeckém povědomí. Problémy a techniky mohou být k určitému souboru vědeckého poznání vztaženy na základě podobnosti a toho, že se tomuto souboru, který dotyčné společenství uznalo za pevně ustavené dosažené výsledky, přizpůsobuje. Vědci pracují s modely, které získávají v průběhu vzdělávání a pod vlivem literatury, a často si ani neuvědomují charakteristiky, které tomuto modelu ve společenství daly postavení paradigmatu, nebo aniž by tyto charakteristiky vůbec potřebovali znát. Proto vědci nepotřebují úplný soubor pravidel. Vnitřní souvislost, kterou vyazuje výzkumná tradice, již se vědci účastní, nemusí mít nutně za následek exis-

tenci nějakého zakládajícího souboru pravidel či předpokladů, který by se snad dal odhalit dodatečným historickým či filosofickým zkoumáním. To, že se vědci obvykle neptají po tom, co určitý problém nebo řešení legitimuje, a že o tom nediskutují, nás svádí k tomu, abychom si mysleli, že – alespoň intuitivně – znají na tuto otázku odpověď. Ale může tím také vycházet najevo prostě to, že ani otázku, ani odpověď nepovažují vědci za relevantní pro svůj výzkum. Paradigmata určitého výzkumu, který z nich může být jednoznačně vyvozen, mohou být vůči nějakému souboru pravidel prvotní i závaznější.

Doposud byl tento problém ryze teoretický: paradigmata *mohou* určovat normální vědu, aniž by do tohoto procesu zasahoval nějaký soubor pravidel, který by bylo možno odhalit. Chtěl bych se nyní pokusit tento problém vyjasnit a vyzdvihnout jeho naléhavost, a to tak, že ukážu některé důvody svého přesvědčení, že paradigmata skutečně tímto způsobem působí. Prvním důvodem, který již byl v plně šíři rozebírán, je určitá obtíž při odkryvání pravidel, jež vedou tradici normální vědy. Tato obtíž je velmi podobná té, se kterou se setkává filosof, když se snaží říci, co mají všechny hry dohromady společného. Druhý důvod, jehož je prvý pouhým logickým důsledkem, spočívá v povaze vědecké výchovy. Je snad již zřejmé, že vědci se nikdy neučí samostatně abstraktní pojmy, zákony a teorie. S těmito myšlenkovými nástroji se vědci od samého počátku setkávají pouze v rámci určité předem dané dějinné a pedagogické jednoty, v níž se ukazují spolu s aplikacemi a pomocí těchto aplikací. Nová teorie se vždy ohlašuje společně se svými aplikacemi v daném oboru přírodních jevů; bez nich by se ani nemohla ucházet o přijetí. Poté, co je teorie přijata, ji tyto a jiné aplikace doprovázejí v učebnicích, z nichž se odborníci učí svému řemeslu. Aplikace nejsou v učebnicích uváděny jako pouhé rozšíření nebo dokumentace. Naopak, proces osvojování si teorie je závislý na studiu aplikací, a to včetně řešení problému jak na papíře, tak za pomoci laboratorních přístrojů. Například student newtonovské mechaniky spíše pochopí smysl termínů jako „síla“, „hmotnost“, „prostor“ a „čas“ na základě pozorování a účasti na aplikaci těchto pojmů na řešení problémů než díky neúplným, i když někdy užitečným definicím obsažených v textech.

Tento proces učení bezprostřední zkušeností získanou cvičením nebo výkonem pokračuje po celou dobu odborné přípravy. Tak, jak

student pokračuje od svých začátečnických kurzů až po doktorskou disertaci, objevují se před ním problémy složitější a stále méně předem podložené. Tyto problémy neustále přizpůsobuje předcházejícím vědeckým výsledkům a stejně tak i problémy, kterými se bude zabývat během své další vědecké dráhy. Každý má svobodu se domnívat, že vědec někde během své dráhy intuitivně odvodil pravidla hry, ale existuje málo důvodů, proč tomu věřit. Přestože mnozí vědci lehce a hezky hovoří o zvláštní a ojedinělé hypotéze, která je základem určité části momentálně probíhajícího výzkumu, při charakterizování základny svého oboru a při vykazování problému a metod tohoto oboru jsou jen něčím o málo více než pouhými laiky. Pokud si vůbec osvojili abstrakci takových pravidel, pak hlavně díky schopnosti provádět úspěšný výzkum. Ta je však pochopitelná i bez odkazu na nějaká domnělá pravidla hry.

Důsledky vědecké výchovy však mají i svou druhou stránku, která poskytuje další, třetí důvod pro přesvědčení, že paradigmatata vedou výzkum jak tím, že si jej přímo přizpůsobují, tak i díky odvozeným pravidlům. Normální vědu lze provozovat bez pravidel jen tehdy, pokud určité vědecké společenství bez dalších otázek přijímá již dosažená řešení problémů. Kdykoli paradigmatata nebo modely upadají do nejistoty, nabývají pravidla na důležitosti a vytrácí se bezstarostnost jejich určení. A přesně to se stává. Zvláště předparadigmatické období se pravidelně vyznačuje tím, že v něm dochází k častým a hlubokým sporům o legitimitu metod, problémů a standardních řešení, i když tyto spory slouží spíše k vymezení různých škol než k tomu, aby se došlo k nějaké shodě. Některé ze sporů v rámci optiky a elektřiny, které jsme již zaznamenali, hrály ve vývoji chemie sedmnáctého a geologie počátku devatenáctého století stále větší roli.<sup>39</sup> Navíc se tyto spory nevytratí jednou provždy tím, že se objeví paradigma. Ačkoli během období normální vědy téměř neexistují, pravidelně se vracejí těsně před vědeckou revolucí a během ní, tedy v období, kdy jsou paradigmatata poprvé

<sup>39</sup> Chemie viz H. Metzger, *Les Doctrines chimiques en France du début du XVII<sup>e</sup> siècle et à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris 1923, str. 24–27, 146–149 a M. Boas, *Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry*, Cambridge 1958, kap. II. Geologie viz W. F. Cannon, *The Uniformitarian-Catastrophist Debate*, in: *Isis*, LI, 1960, str. 38–55 a C. C. Gillispie, *Genesis and Geology*, Cambridge (Mass.) 1951, kap. IV–V.

terčem útoku a posléze i předmětem změn. Přechod od newtonovské mechaniky k mechanice kvantové vyvolal mnoho sporů o povaze fyziky a jejích standardů. Některé z těchto sporů dosud pokračují.<sup>40</sup> Ještě dnes žijí lidé, kteří se mohou rozpomenout na podobné argumenty, jež se zrodily z Maxwellovy elektromagnetické teorie i ze statistické mechaniky.<sup>41</sup> V dobách ještě dřívějších dala asimilace Galileovy a Newtonovy mechaniky vzniknout slavné sérii debat s aristoteliky, karteziánisty a leibnizianisty o standardech, které legitimují vědu.<sup>42</sup> Ztratí-li vědci shodný názor na to, zda základní problémy jejich oboru jsou vyřešeny či nikoli, pak hledání pravidel nabývá funkce, kterou normálně nemá. Zůstávají-li paradigmatata zabezpečena, mohou fungovat i bez toho, aby se v jejich racionalizaci dosáhlo shody a dokonce aniž by vůbec k nějakému pokusu o racionalizaci došlo.

Čtvrtým důvodem pro to, že považují paradigma za přednostní před nějakými sdílenými pravidly a předpoklady, můžeme tento oddíl uzavřít. V úvodu k tomuto eseji se tvrdí, že existují revoluce jak malé, tak velké, že některé revoluce se týkají pouze členů nějakého podoboru a že pro skupinu vědců v takovém podoboru může být revolucí i objev nějakého neočekávaného jevu. Následující oddíl uvede některé vybrané revoluce tohoto druhu, dosud není skutečně tak rigidní a je-li vědecké společenství tak pevně skloubené, jak plyne z předcházejícího rozboru, pak vyvstává otázka, jak může změna paradigmatu působit pouze na nějakou malou podskupinu? Může se zdát, že z dosud řečeného plyne, že normální věda je

<sup>40</sup> Spory o kvantové mechanice viz J. Ullmo, *La crise de la physique quantique*, Paris 1950, kap. II.

<sup>41</sup> Statistická mechanika viz R. Dugas, *La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes*, Neuchâtel 1959, str. 158–184, 206–219. Recepce Maxwellovy práce viz M. Planck, *Maxwell's Influence in Germany*, in: *James Clerk Maxwell: A Commemorative Volume, 1831–1931*, Cambridge 1931, str. 45–65, zvl. str. 58–63 a S. P. Thompson, *The Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs*, London 1910, II, str. 1021–1027.

<sup>42</sup> Příklad souboje s aristoteliky viz A. Koyré, *A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton*, in: *Transactions of the American Philosophical Society*, XLV, 1955, str. 329–395. Debata mezi karteziánisty a leibnizianisty viz P. Brunet, *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII<sup>e</sup> siècle*, Paris 1931 a A. Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe*, Baltimore 1957, kap. XI.

jediným, jednolitym a jednotným podnikem, který musí stát či padat s každým z paradigmat stejně jako se všemi paradigmata najednou. Ale věda je něčím takovým očividně jen zřídka nebo nikdy. Místo toho – podíváme-li se na všechny obory najednou – se zdá být spíše vratkou strukturou s jen slabou souvislostí mezi svými vnitřními částmi. Nic z dosud řečeného však tomuto všeobecně známému jevu neodporuje. Naopak, záměna paradigmat za pravidla usnadní pochopení různorodosti vědeckých oborů a speciálních odvětví. Pravidla, pokud výslovně existují, jsou obvykle společná velmi široké skupině vědců, ale u paradigmat tomu tak nutně být nemusí. Odborníci z velmi vzdálených oblastí, například z astronomie a taxonomické botaniky, jsou při výchově ovlivněni zcela odlišnými vědeckými výsledky, popsanými ve zcela odlišných knihách. Dokonce i člověk, který pracuje na stejném nebo velmi blízkém poli a který začal studovat mnohé stejné knihy a vědecké výsledky, může dospět během své odborné specializace ke zcela odlišnému paradigmatu.

Uvažme jednoduchý příklad poměrně velkého a různorodého společenství, tvořeného všemi fyziky. Každý člen této skupiny si v dnešní době osvojí řekněme zákony kvantové mechaniky a mnozí členové tyto zákony používají při své výzkumné či pedagogické činnosti. Ne všichni se však učí stejným aplikacím těchto zákonů, a proto nejsou všichni stejným způsobem ovlivněni změnami v praxi kvantové mechaniky. Na cestě k odborné specializaci se někteří fyzikové setkají pouze se základními principy kvantové mechaniky. Jiní studují podrobně paradigmatické aplikace těchto principů v chemii, jiní ve fyzice pevných látek atd. Význam kvantové mechaniky pro toho kterého vědce závisí na tom, jaké přednášky absolvoval, jaké texty četl a jaké časopisy studuje. Z toho vyplývá, že i když změny zákonů kvantové mechaniky budou mít revoluční charakter pro všechny tyto skupiny, změny, které se budou týkat pouze té či oné paradigmatické aplikace kvantové mechaniky, mohou být revoluční pouze pro členy určité odborné podskupiny. Pro ostatní odborníky a pro ty, kteří provozují některou z jiných fyzikálních věd, tato změna nemusí být vůbec revoluční. Krátce řečeno, i když je kvantová mechanika (nebo newtonovská dynamika nebo elektromagnetická teorie) paradigmatem mnoha vědeckých skupin, není pro všechny tyto skupiny paradigmatem stejným. Proto je možno určit několik souběžných tradic normální vědy, které se překrývají, aniž

by měly stejný rozsah. Revoluce v jedné z těchto tradic nemusí nutně zasáhnou tradice jiné.

Stručný příklad účinku specializace snad přidá celé sérii uvedených tvrzení na síle. Jistý badatel, který se pokoušel zjistit, co si vědci představují pod teorií atomů, se zeptal význačného fyzika a skvělého chemika na to, zda jeden jediný atom hélia je molekulou či nikoli. Oba odpověděli bez zaváhání, ale jejich odpovědi nebyly stejné. Pro chemika byl atom hélia molekulou, protože s ohledem na kinetickou teorii plynů se jako molekula choval. Pro fyzika nebyl atom hélia molekulou, protože nevykazoval molekulární spektrum.<sup>43</sup> Předpokládáme-li, že oba muži hovořili o stejné částici, pak každý z nich ji viděl v rámci svého vlastního výzkumného výcviku a své vlastní praxe. Jejich zkušenosti z řešení problémů jim říkaly, jaké musí molekuly nutně být. Není pochyb, že jejich zkušenosti mají mnoho společného, ale v tomto případě neřekly dvěma odborníkům totéž. V dalším se nám ukáže, jaké různé důsledky mohou mít paradigmatické rozdíly tohoto druhu.

<sup>43</sup> Zmíněným badatelem byl J. K. Senior, jemuž jsem za tuto ústní zprávu vděčen. Některé s tím související problémy jsou pojednány v jeho článku *The Vernacular of the Laboratory*, in: *Philosophy of Science*, XXV, 1958, str. 163–168.

## VI

ANOMÁLIE A VZNIK  
VĚDECKÝCH OBJEVŮ

Normální věda – činnost řešení hádanek, kterou právě zkoumáme – je vysoce kumulativním podnikem, vysoce úspěšným úsilím, neustálým rozšiřováním pole vědeckého poznání a jeho přesnosti. To ve všech ohledech platí velmi přesně o nejobvyklejší představě toho, co je vědecká práce. Avšak jeden ze standardních produktů vědecké činnosti se tomuto popisu vymyká. Normální věda neusiluje o nové jevy nebo teorie, a pokud je úspěšná, pak ani žádné novinky nenachází. Při vědeckém výzkumu se však nové a neočekávané jevy opakovaně objevují a vědci znovu a znovu vymýšlejí radikálně nové teorie. Dějiny dokonce ukazují, že při vědecké činnosti se vyvinula jedinečná a účinná technika, jak překvapení tohoto druhu vytvářet. Pokud by tato charakteristika vědy měla být uvedena v souladu s tím, co již bylo řečeno, pak výzkum vedený v rámci paradigmatu by nutně musel být zvláště účinným způsobem vyvolávání změn paradigmatu. Důležité novinky v oblasti jevů a teorií totiž skutečně mají tento účinek. Vytváření novinek probíhá během hry, ta se řídí určitými pravidly, avšak k asimilaci novinek je třeba vytvoření pravidel jiných. Když se konečně novinky stanou součástí vědy, pak přinejmenším činnost odborníků v té oblasti, do níž novinky spadají, už nikdy nebude stejná jako před objevem nových jevů či teorií.

Musíme si nyní položit otázku, jak k podobným změnám dochází, vzít v úvahu nejprve objevy a novinky v oblasti faktů a poté i vynálezy a novinky v teoretické oblasti. Rozlišení mezi objevem a vynálezem nebo mezi faktem a teorií se však brzy ukáže být příliš umělé. Tato nepřírozenost je důležitým vodítkem pro některá hlavní tvrzení tohoto eseje. Při zkoumání vybraných objevů ve zbylé části tohoto oddílu brzy zjistíme, že nejde o izolované události, nýbrž o rozsáhlé epizody s jistou, pravidelně se opakující strukturou. Objevy začínají tak, že si vědci uvědomí nějakou anomálii, to jest poznají, že příroda

některou porušila očekávané výsledky, jež plynou z paradigmatu, které v normální vědě vládne. Objev pak pokračuje více či méně rozsáhlým průzkumem oblasti anomálie. Uzavřen je pak pouze tehdy, když je paradigmatická teorie upravena tak, aby anomálie spadala do oblasti očekávaných výsledků. Asimilace skutečností nového druhu vyžaduje více než pouhou přídavnou úpravu teorie, a dokud není tato úprava dokončena – dokud se věda nenaučí dívat se na přírodu zcela jiným způsobem –, není tato skutečnost vůbec vědeckým faktem.

Abychom viděli, jak úzce jsou ve vědeckém objevu propleteny novinky oblasti faktů i oblasti teorie, prozkoumejme jeden všeobecně známý příklad – objev kyslíku. Přinejmenším tři různí lidé mají na tento objev legitimní nárok a o mnoha dalších chemících počátku 70. let 18. století můžeme tvrdit, že obohacovali ve svých laboratorních zařízeních vzduch, aniž o tom věděli.<sup>44</sup> Pokrok v normální vědě – v tomto případě v chemii plynů – připravoval důsledně cestu k průlomu. Prvním z těch, kteří zamýšleli připravit poměrně čistý vzorek plynu, byl švédský lékárník C. W. Scheele. Jeho dílo však nemusíme brát v úvahu, neboť bylo zveřejněno až poté, co byl objev kyslíku opakovaně na různých místech zveřejněn, a proto nemělo vliv na historické schéma, které nás zde zajímá především.<sup>45</sup> Z časového hlediska byl dalším z těch, kteří si na objev činili nárok britský vědec a theolog Joseph Priestley. V rámci jednoho kroku normálního výzkumu plynů uvolňovaných různými pevnými látkami jím byl plyn uvolňovaný zahřátým červeným kysličníkem rtuťnatým. V roce 1774 identifikoval takto vytvořený plyn jako kysličník dusnatý a roku 1775, na základě dalších testů, jako obyčejný vzduch, který však obsahoval menší množství flogistonu než obvykle. Třetí uchazeč, Lavoisier, započal práci, která jej dovedla až k objevu kyslíku, teprve po Priestleyových experimentech roku 1774 a snad i na přímý Priestleyův popud. Na počátku roku 1775 Lavoisier

<sup>44</sup> Již klasická diskuse o objevu kyslíku viz A. N. Meldrum, *The Eighteenth-Century Revolution in Science—the First Phase*, Calcutta 1930, kap. V. Nepostradatelný nejnovější přehled zahrnující i spor o prvenství objevu podává M. Daumas, *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris 1955, kap. II–III. Úplnější přehled a bibliografie viz též T. S. Kuhn, *The Historical Structure of Scientific Discovery*, in: *Science*, CXXXVI, 1. červen 1962, str. 760–764.

<sup>45</sup> Jiné hodnocení Scheelovy role viz U. Bocklund, *A Lost Letter from Scheele to Lavoisier*, in: *Lychnos* 1957–1958.

podává zprávu o tom, že plyn získaný žiháním červeného kysličníku rtuťnatého je: „samotný nezměněný vzduch...“ (až na to, že) „... vy- chází ven čistší a lépe dýchatelný“.<sup>46</sup> V roce 1777, pravděpodobně na další Priestleyův popud, dospěl Lavoisier k závěru, který Priestley nebyl nikdy schopen přijmout, totiž že jde o plyn zvláštního druhu, jeden ze dvou základních prvků, z nichž se skládá atmosféra.

Schéma tohoto objevu nechává vyvstat otázku, kterou lze položit vždy, když nějaký nový jev vstoupí do vědeckého povědomí. Byl to Priestley, Lavoisier nebo někdo jiný, kdo první objevil kyslík? A každopádně: kdy byl kyslík objeven? Tato otázka se dá položit vždy, když existuje alespoň jediný člověk, který si činí nárok na daný objev. Odpověď určující prvenství objevu a jeho datum nás však vůbec nezajímá. Nicméně úsilí o poskytnutí nějaké takové odpovědi by alespoň ukázalo povahu objevu, totiž faktum, že odpověď na podobnou otázku neexistuje. Objev není procesem, na který se lze ptát tímto způsobem. Skutečnost, že taková otázka byla položena – prvenství objevu kyslíku bylo zpochybňováno od 80. let 18. století – je příznakem určitého pokřivení obrazu vědy, která přisuzuje objevu tak podstatnou roli. Podívejme se na náš příklad ještě jednou. Priestleyův nárok na prvenství objevu kyslíku je založen na tom, že jako první izoloval plyn, později označený jako plyn zvláštního druhu. Ale Priestleyův vzorek nebyl čistý, a pokud bychom chtěli tvrdit, že držet v ruce znečištěný kyslík je totéž jako objevit jej, pak tento objev učinil každý, kdo měl v ruce nádobku s atmosférickým vzduchem. Mimoto: byl-li objevitelem Priestley, kdy k objevu došlo? V roce 1774 si Priestley myslel, že získal kysličník dusný, plyn, který znal. V roce 1775 v tomto plynu spatřoval deflogistovaný vzduch, ten však dosud nebyl kyslíkem a pro flogistonového chemika dokonce ani plynem známého druhu. Lavoisierův nárok je možná silnější, ale představuje stejný problém. Upřeme-li Priestleymu vítězství, pak je nemůžeme přiznat ani Lavoisierovi za práci z roku 1775, při níž identifikoval plyn jako „samotný vzduch“. Pravděpodobně si počkáme na Lavoisierovy práce z roku 1776 a 1777, které jej vedly nejen k poznání, že jde

<sup>46</sup> J. B. Conant, *The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775–1789*, in: *Harvard Case Histories in Experimental Science*, Case 2, Cambridge (Mass.) 1950, str. 23. V tomto velmi užitečném článku je přetištěno mnoho závažných dokumentů.

o zvláštní plyn, nýbrž i toho, o jaký plyn jde. Dokonce i toto hodnocení lze problematizovat, protože roku 1777 i na konci svého života Lavoisier trval na tom, že kyslík je atomárním „principem kyselin“ a že k tvorbě plynného kyslíku dochází pouze při jeho sloučení s „principem“ kalorickým, s podstatou tepla.<sup>47</sup> Máme snad proto říci, že kyslík nebyl v roce 1777 dosud objeven? Někteří by to říci chtěli. Ale princip kyselin byl z chemie vykázan teprve po roce 1810 a kalorický princip se v ní držel až do 60. let 19. století. Kyslík se však stal standardní chemickou substancí před oběma těmito daty.

Je jasné, že k rozboru událostí, mezi které patří objev kyslíku, potřebujeme nový slovník a nové pojmy. Věta: „Kyslík byl objeven“ nás nepochybně zavádí tím, že se zdá, že objev je nějakým jednorázovým aktem, který se dá přizpůsobit našemu obvyklému (nebo problematickému) pojmu vidění. Z tohoto důvodu také hned pohotově předpokládáme, že objevování, jako vidění či dotýkání, může být jednoznačně připsáno nějakému jedinci či určeno nějakým časovým okamžikem. Ale přiřazení časového okamžiku není možné nikdy a připsání objevu jedinci je možné jen zřídka. Pomineme-li Scheela, pak můžeme bezpečně říci, že kyslík nebyl objeven před rokem 1774 a že s velkou pravděpodobností byl objeven v roce 1777 nebo krátce poté. Ale každý další pokus o datování objevu uvnitř těchto nebo podobných časových mezí musí být nutně nahodilý, protože objev jevů nového druhu je nutně událostí složitou, takovou, která v sobě zahrnuje nejen to, že bylo něco objeveno, ale i *co* to je. Budeme-li například považovat kyslík za vzduch zbavený flogistonu, pak bez váhání budeme trvat na tom, že jej objevil Priestley, přestože vůbec nebudeme vědět kdy. Spojuje-li však v sobě objev neoddelitelně pozorování a ustavení pojmu, fakta a jejich přizpůsobení teorii, je objev procesem a musí nějaký čas trvat. Pouze jsou-li všechny odpovídající pojmové kategorie předem připraveny, tedy nejde-li o jev zcela nového druhu, může nastat situace, že v jediném okamžiku a bez velkého úsilí spadá v jedno to, že bylo něco objeveno, se stanovením toho, *co* bylo objeveno.

Vycházejme nadále z toho, že objev zahrnuje nějaký – i když nikoli nutně dlouhý – proces přizpůsobení pojmu, proces, který má určitý rozsah. Můžeme říci, že tento proces v sobě také zahrnuje

<sup>47</sup> H. Metzger, *La philosophie de la matière chez Lavoisier*, Paris 1935 a M. Daumas, cit. d., kap. VII.

změnu paradigmatu? Na tuto otázku není možno dát v tomto okamžiku obecnou odpověď. Ale v případě objevu kyslíku musí odpověď znít: ano. Lavoisier ve svých člancích po roce 1777 totiž nehlašal objev kyslíku, ale spíše kyslíkovou teorii hoření. Tato teorie byla úhelným kamenem nové formulace chemie, a to v takovém rozsahu, že bývá často označována za chemickou revoluci. Kdyby se objev kyslíku nestal nejnítěrnější částí nově vznikajícího chemického paradigmatu, pak otázka prvenství tohoto objevu by nikdy nemohla být tak důležitá. V tomto a v jiných případech se hodnota připisovaná nějakému novému jevu, a tím i objevu tohoto jevu, mění v závislosti na hodnocení rozsahu, v němž tento jev překročil paradigma určené a očekávané výsledky. Avšak povšimněme si, bude to pro nás ještě důležité, že objev kyslíku nebyl sám o sobě příčinou změny v teorii chemie. Lavoisier, dlouho před tím než sehrál svou roli při objevu nového plynu, nabyl přesvědčení, že s flogistonovou teorií není něco v pořádku a že hořící tělesa absorbují určitou část atmosféry. Tolik alespoň poznamenal v zapečetěné zprávě, kterou v roce 1772 uložil do depozitáře u tajemníka Francouzské akademie.<sup>48</sup> Lavoisierově pocitu, že něco není v pořádku, dodala práce o kyslíku jen formu a strukturu. Práce na objevu kyslíku mu řekla jen to, co již byl připraven odkrýt – totiž povahu substance, která se hořením odnímá z atmosféry. Vědomí značných obtíží muselo být důležitým příspěvkem k tomu, že Lavoisier v experimentech, jako byly Priestleyovy, vysledoval plyn i tam, kde jej samotný Priestley nebyl schopen vidět. A aby bylo možno zahlédnout, co Lavoisier tvrdí, bylo třeba ve velkém rozsahu revidovat paradigma. To je principiálním důvodem, proč Priestley nebyl na konci svého dlouhého života schopen tato fakta zahlédnout.

Dva další a stručnější příklady poslouží jako podpora toho, co jsem právě řekl, a posunou nás od vysvětlení povahy objevů k pochopení okolností, za nichž k objevům ve vědě dochází. Protože jejich záměrem je ukázat hlavní způsoby, jimiž vůbec k objevům dochází, jsou tyto příklady zvoleny tak, aby se lišily jak navzájem, tak od objevu kyslíku. První příklad, objev paprsků X, je klasickým případem typu náhodného objevu, který se vyskytuje častěji, než jak

<sup>48</sup> Nejvýznamnější zprávu o původu Lavoisierovy nespokojenosti viz H. Guerlac, *Lavoisier – the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*, Ithaca, New York 1961.

bychom se na základě standardně neosobních vědeckých hlášení mohli snadno domnívat. Příběh tohoto objevu se otevírá jednoho dne, kdy fyzik Roentgen přerušil svůj normální výzkum katodových paprsků, protože zaznamenal, že platinokyanidové stínítko, umístěné v jisté vzdálenosti od jeho přístroje stíněného krytem, po dobu provozu světélkovalo. Další výzkumy – vyžádaly si sedm hektických týdnů, během nichž Roentgen jen zřídka opouštěl laboratoř – naznačovaly, že příčina světélkování se šíří přímočaře směrem od katodové trubice, že toto záření vrhá stíny a nedá se odstínit magnetem, a mnohé další poznatky. Před ohlášením tohoto objevu byl sám Roentgen přesvědčen o tom, že zmíněné účinky nebyly vyvolány katodovými paprsky, nýbrž nějakým činitelem podobným světlu.<sup>49</sup>

Dokonce i tak stručná a zkrácená verze této události odhaluje nápadné podobnosti s objevem kyslíku: dříve, než Lavoisier experimentoval s červeným kysličníkem rtuťnatým, prováděl pokusy, které v rámci flogistonového paradigmatu nedávaly předpokládané výsledky. Roentgenův objev začal poznáním, že stínítko světélkuje i tehdy, kdy nemá. V obou případech hrála percepce anomálie – totiž jevu, na nějž nebyl badatel svým paradigmatem připraven – podstatnou roli při přípravě cesty k percepce něčeho nového. Ale v obou případech byla percepce toho, že něco není v pořádku, pouhou předehrou objevu. Kyslík ani paprsky X by nebylo možno objevit bez dalšího procesu experimentování a přizpůsobování. O kterém okamžiku Roentgenova výzkumu máme například říci, že v něm skutečně došlo k objevu paprsků X? Rozhodně ne o fázi první, během které Roentgen nezaznamenal nic víc než světélkující stínítko. Nejméně jeden další badatel uviděl stínítko světélkovat, avšak – ke své pozdější zlosti – neobjevil vůbec nic.<sup>50</sup> V této chvíli je jasné, že okamžik objevu se nedá posunout do období posledního týdne jeho zkoumání, během kterého Roentgen studoval vlastnosti již objeveného nového záření. Můžeme pouze říci, že paprsky X byly objeveny ve Würzburgu mezi 8. listopadem a 28. prosincem 1895.

<sup>49</sup> L. W. Taylor, *Physics, the Pioneer Science*, Boston 1941, str. 790–794 a T. W. Chalmers, *Historic Researches*, London 1949, str. 218–219.

<sup>50</sup> E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I, 2. vyd., London 1951, str. 358, n. 1. Sir George Thomson mne zpravil o ještě dalším podobném případě. Nevysvětlitelný závoj na fotografických deskách vzbudil pozornost sira Williama Crookesa, který tak byl na stopě objevu.

Je tu však třetí oblast, v níž budou význačné paralely mezi objevy kyslíku a paprsků X mnohem méně zřejmé. Na rozdíl od objevu kyslíku neměl objev paprsků X – alespoň v prvním desetiletí po objevu – za následek žádný patrný převrat ve vědecké teorii. V jakém smyslu se pak ovšem dá říci, že asimilace nějakého objevu nutně vyvolá změnu paradigmatu? Existují silné důvody, proč tuto změnu odmítnout. Je jisté, že paradigma, jež přijali Roentgen a jeho současníci, se nedalo použít k předpovědi paprsků X. (Maxwellova teorie elektromagnetického pole dosud nebyla všude přijata a speciální teorie katodových paprsků byla pouze jednou z mnoha dobových spekulací.) Ale toto paradigma nepopíralo – alespoň ne výslovně – existenci paprsků X tak, jako flogistonová teorie popírala Lavoisierovo vysvětlení Priestleyova plynu. Naopak, vědecká teorie a praxe přijímané v roce 1895 připouštěly různé formy záření – viditelné, infračervené a ultrafialové. Proč by nebylo možno přijmout paprsky X jako další formu v dobře známé třídě přírodních jevů? Proč by neměly být přijaty stejně jako například objev dalšího chemického prvku? V Roentgenově době byly hledány a nalézány další chemické prvky, a ty zaplňovaly prázdná místa periodické tabulky. Hledání prvků bylo standardním záměrem normální vědy a úspěch takového hledání byl důvodem ke gratulacím, nikoli však k překvapení.

Paprsky X však nejen překvapily, ale i šokovaly. Lord Kelvin je zpočátku prohlašoval za promyšlený podvod.<sup>51</sup> Jiní, ačkoli nemohli o prokázané existenci paprsků pochybovat, jimi byli otřeseni. I když paprsky X dobově platná teorie nevylučovala, přesto narušily hluboce zakořeněná očekávání. Domnívám se, že tato očekávání byla implicitně zahrnuta do ustálených laboratorních postupů a jejich interpretací. Okolo roku 1890 byly katodové trubice zařízením běžně rozšířeným v mnoha evropských laboratořích. Vydávalo-li Roentgenovo zařízení paprsky X, pak mnozí experimentátoři museli tyto paprsky nevědomky vyrábět také. Je možné, že existence tohoto záření, jež docela dobře mohou vydávat i dosud neznámé zdroje, plynula z jevů, které byly již dříve vysvětleny bez vztahu k těmto paprskům. Některá dlouho dobře známá zařízení byla od té doby alespoň odstíněna olovem. Doposud završené dílo projektu normál-

<sup>51</sup> S. P. Thompson, *The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs*, II, London 1910, str. 1125.

ní vědy bylo třeba vykonat znovu, protože vědci se v minulosti dopustili toho omylu, že nepoznali odpovídající veličinu a nepočítali s ní. Paprsky X jistě otevřely nové pole a přispěly tak k rozšíření oboru možností normální vědy. V této chvíli je však důležitější, že změnily již existující vědecké obory. Některým dosavadním instrumentálním přístupům tak bylo upřeno právo nést přízvisko „paradigmatický“.

Stručně řečeno, rozhodnutí zabývat se určitou částí zařízení a tuto část používat určitým způsobem nese s sebou vědomý či nevědomý předpoklad, že při této činnosti nastanou pouze okolnosti určitého druhu. Jsou tu jistá očekávání, jak pokud jde o přístroje, tak pokud jde o teorie, a ta často hrají ve vývoji vědy rozhodující roli. Jedno z takových očekávání je například součástí příběhu o opožděném objevu kyslíku. Při provádění standardního testu „kvality vzduchu“ smíchali Lavoisier i Priestley dvě objemové jednotky plynu s jednou objemovou jednotkou kysličníku dusičného, směs smíchali s vodou a měřili objem plynného zbytku. Předchozí zkušenost, na jejímž základě se tato standardní procedura vyvinula, jim dávala jistotu, že v případě atmosférického vzduchu bude reziduum mít velikost jedné objemové jednotky, v případě jiného plynu (nebo znečištěného vzduchu) bude mít velikost větší. Při pokusu s kyslíkem oba zjistili, že objem zbytku je o něco větší než jedna jednotka, a podle toho také daný plyn označili. Teprve později a částečně díky náhodě se Priestley vzdal standardního postupu a pokoušel se smíchat dotyčný plyn s kysličníkem dusičným v jiném poměru. Zjistil, že použije-li čtyřnásobek jednotkového množství kysličníku dusičného, bude plynný zbytek téměř nulový. Jeho přesvědčení o platnosti původního testovacího postupu – potvrzované mnoha předchozími zkušenostmi – bylo zároveň přesvědčením, že plyn, který by se mohl chovat jako kyslík, nemůže existovat.<sup>52</sup>

Okruh názorných příkladů tohoto druhu by bylo možno rozmnožit například poukazem na pozdní identifikaci štěpení uranu. Jedním z důvodů, proč bylo tak obtížné rozpoznat jadernou reakci, byla skutečnost, že lidé, kteří věděli, jaký výsledek je možno očekávat, bude-li se bombardovat uran, si pro chemické testy vybírali převážně prvky z horní části periodické tabulky.<sup>53</sup> Máme snad na základě

<sup>52</sup> J. B. Conant, cit. d., str. 18–20.

<sup>53</sup> K. K. Darrow, *Nuclear Fission*, in: *Bell System Technical Journal*, XIX,



četnosti, s níž se víra v instrumentální postupy ukáže být zavádějící, soudit, že se věda má vzdát standardních testů a nástrojů? To by vyústilo ve zcela nepředstavitelnou metodu výzkumu. Paradigmatické postupy a aplikace jsou pro vědy stejně nezbytné jako paradigmatické zákony a teorie a mají též účinek. Po určitou dobu nutně omezují jevové pole vědeckého výzkumu. Pokud si to uvědomíme, pak spatříme důležitou příčinu, proč si objev takového druhu, jako bylo objevení paprsků X, vynucuje na určitém úseku vědeckého společenství změnu paradigmatu, – a tím i změnu paradigmatických postupů a očekávaných výsledků. Konečně budeme moci porozumět, proč se zdá, že objev paprsků X otevřel mnoha vědcům neznámý a nový svět, a proč má tak aktivní podíl na krizi, která vedla k fyzice 20. století.

Objev leydenské láhve, náš poslední příklad, patří do třídy, kterou můžeme popsat jako skupinu objevů vyvolaných teorií. Tento termín se zpočátku může zdát paradoxní. Z výše řečeného víceméně plyne, že objevy předpovězené na základě teorie jsou součástí normální vědy a jejich výsledky nejsou skutečnostmi *nového druhu*. Ve výše uvedeném textu jsem se například zmiňoval o objevech nových chemických prvků během druhé poloviny devatenáctého století a uváděl jsem, že byly obyčejnými kroky na cestě normální vědy. Ne všechny teorie jsou však teoriemi paradigmatickými. Během paradigmatických období i v průběhu krizí vedoucích k dalekosáhlým změnám paradigmatu vědci obvykle rozvíjejí mnohé spekulativní teorie a vytvářejí mnohé dále nerozpracované teorie, a ty

1940, str. 267–289. Zdá se, že krypton, jeden z hlavních produktů jaderné reakce, nebyl chemickými prostředky zjištěn, dokud vědci reakci dobře neporozuměli. Jiný produkt, bariem, byl chemicky zjištěn téměř v poslední fázi výzkumu, protože tento prvek byl přidáván do radioaktivního roztoku proto, aby vysrážel těžké prvky, které byly předmětem pátrání chemiků. Skutečnost, že se nedařilo oddělovat přidané bariem od radioaktivního produktu, vedla poté, co reakce byla zkoumána téměř pět let, k následujícímu prohlášení: „Jako chemici budeme nuceni na základě tohoto výzkumu...změnit všechny názvy v předchozím (reakčním) schématu a psát tedy Ba, La, Ce namísto Ra, Ac, Th. Ale jako jaderní chemici, s úzkým příbuzenstvím k fyzice, se nemůžeme odhodlat k tomuto kroku, který by byl v rozporu s veškerou předchozí zkušeností jaderné fyziky. Možná, že řada podivných náhod způsobila, že výsledky naší práce se zdají být klamné.“ (O. Hahn – F. Strassman, *Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle*, in: *Die Naturwissenschaften*, XXVII, 1939, str. 15.)

samy ukazují cestu k objevům. Tyto objevy však často nejsou totožné s těmi, které spekulativní či pokusná teorie předjímá. Teprve jsou-li experiment a pokusná teorie rozpracovány až do vzájemného souhlasu, dochází k objevu a teorie se stává paradigmatem.

Objev leydenské láhve vykazuje všechny právě jmenované rysy, včetně těch, které jsme pozorovali dříve. Na počátku tohoto objevu neexistovalo žádné jednotné paradigma výzkumu elektřiny. Místo toho spolu soutěžily mnohé teorie odvozené z oblasti poměrně přístupných jevů. Žádné z těchto teorií se nepodařilo dosti dobře uspořádat celé rozmanité množství elektrických jevů. Toto selhávání bylo zdrojem některých anomálií, které tvořily pozadí objevu leydenské láhve. Jedna ze soutěžících škol v oblasti elektrických jevů považovala elektřinu za tekutinu a toto pojetí vedlo mnohé lidi k tomu, že se ji pokoušeli jímat tak, že v ruku drželi skleněnou nádobku naplněnou vodou a této vody se dotýkali vodičem napájeným z aktivního elektrostatického generátoru. Při odpojování nádoby od generátoru a při dotyku vody (nebo k ní připojeného vodiče) holou rukou zakoušeli všichni tito experimentátoři silný elektrický úder. První experimenty ještě neposkytly badatelům v oblasti elektrických jevů leydenskou láhev. Toto zařízení se objevovalo velmi zvolna a opět je nemožné říci, kdy byl objev završen. Prvotní pokusy o uchování elektrické tekutiny fungovaly jen proto, že experimentátoři, kteří drželi nádobku v ruce, stáli na zemi. Výzkumníci však zjistili, že nádoba musí být opatřena jak vnitřním, tak vnějším vodivým pokrytím a že tekutina ve skutečnosti není v nádobě vůbec uchovávána. V jistém okamžiku zkoumání se jim tato skutečnost vedoucí k některým dalším anomálním jevům ukázala a objev leydenské láhve byl na světě. Experimenty, které vedly ke vzniku tohoto objevu a z nichž mnohé provedl Franklin, si také vynutily drastickou změnu v teorii tekutin a poskytly tak oboru elektrických výzkumů první paradigma.<sup>54</sup>

Charakteristiky tří výše uvedených příkladů jsou (v souvislém oboru výsledků od překvapivých až po očekávané) větší či menší

<sup>54</sup> Různé fáze ve vývoji leydenské láhve viz I. B. Cohen, *Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work on Electricity as an Example Thereof*, Philadelphia 1956, str. 385–386, 400–406, 452–467, 506–507. Poslední fáze je popsána Whittakerem, cit. d., str. 50–52.

měrou charakteristikami všech objevů, z nich mohou vystoupit nové druhy jevů. Tyto charakteristiky zahrnují: předchozí uvědomění si anomálie, postupný vznik poznání v oblasti pojmové i poznání založeného na pozorování a následnou změnu kategorií paradigmatu a postupů, kterou provází odpor. Je zřejmé, že tyto charakteristiky jsou přímo součástí povahy samotného procesu. Bruner a Postman v rámci psychologického experimentu, který by si zasluhoval širší publicity i mimo obor, v němž byl uskutečněn, žádali experimentální osoby, aby po krátké, odměřené době, po kterou si prohlíželi určitou sadu hracích karet, tyto karty identifikovali. Většina z těchto karet byla normální, ale některé byly anomální, např. piková šestka byla červená a černá čtyřka srdcová. Každá experimentální fáze spočívala v tom, že se jedné osobě ukazovala jedna karta, a to v sérii postupně narůstajících expozičních časových intervalů. Po každé expoziční fázi byla pokusná osoba dotázána na to, co viděla, a experimentální fáze byla ukončena v okamžiku, kdy bylo dosaženo dvou po sobě jdoucích správných identifikací karet.<sup>55</sup>

Některé osoby identifikovaly dokonce i při nejkratších expozičních dobách většinu karet a po malém prodloužení expoziční doby všichni identifikovali všechny karty. Normální karty byly obvykle rozpoznány správně, ale karty anomální byly téměř vždy bez zjevných zaváhání nebo rozpaků identifikovány jako normální. Černá srdcová čtyřka mohla být například identifikována jako čtyřka kárová i srdcová. Pokud si pokusné osoby nebyly vědomy toho, že je tu nějaká potíž, bezprostředně přizpůsobovaly svou zkušenost pojmovým kategoriím, které měly z předchozí zkušenosti. Nechceme snad tvrdit, že by pokusné osoby viděly něco jiného, než co identifikovaly. Pokud byly vystaveny vyšší expoziční anomálních karet, začaly pochybovat a začaly se u nich objevovat náznaky toho, že si jsou vědomy nějaké anomálie. Například při spatření červené pikové šestky někteří říkali: Je to piková šestka, ale něco s ní není v pořádku – má červený okraj. Další zvýšení expoziční anomálními kartami mělo za následek ještě větší pochyby a zmatek, až konečně, a někdy zcela náhle, začaly některé z osob identifikovat karty bez zaváhání. Navíc, pokud se jim to podařilo u dvou nebo tří anomálních karet, měly dále méně potíží s kartami ostatními. Některé osoby však

<sup>55</sup> J. S. Bruner – L. Postman, *On the Perception of Incongruity: A Paradigm*, in: *Journal of Personality*, XVIII, 1949, str. 206–223.

nebyly vůbec schopny provést nutné přizpůsobení svých kategorií. Dokonce i při čtyřicetinasobku průměrné doby expozice nutné k rozpoznání normálních karet nebylo více než 10 procent pokusných osob schopno správně identifikovat anomální karty. Osoby, jimž se rozpoznání nedařilo, často zakoušely silnou osobní úzkost. Jeden z těchto lidí vykřikl: „Nemůžu už rozeznat žádnou z těch barev. Vůbec to v tuhle chvíli nevypadá jako karty. Nevím, jaká barva to teď je, nebo zda to jsou piky nebo srdce. Dokonce si ani nejsem jist, jak piky vůbec vypadají. Bože!<sup>56</sup> V příštím oddíle uvidíme, že vědci se občas chovají stejným způsobem.

Tento experiment, ať už proto, že představuje určitou metaforu, nebo proto, že odráží povahu lidské mysli, skýtá nádherný příklad a přesvědčivé schéma procesu vědeckého objevu. Ve vědě i v pokusu s hracími kartami vycházejí novinky na pozadí, které je tvořeno očekávanými výsledky, najevo jen obtížně a narážejí na odpor. Zpočátku je obsahem zkušenosti pouze to, co bylo předjímano a co je obvyklé, a to i tehdy, jsou-li pozorování stejná jako ta, při kterých dojde později k objevu anomálií. Další seznamování se s věcí však ústí ve vědomí, že něco není v pořádku, nebo že se věc vztahuje k působení něčeho, co již předtím nebylo v pořádku. Toto uvědomění anomálie otevírá časový úsek, v němž dochází k přizpůsobování pojmových kategorií a který trvá, pokud se to, co bylo původně anomální, nestane něčím očekávaným. V tom okamžiku je objev završen. Už dříve jsem tvrdil, že takový nebo velmi podobný proces je součástí objevu všech důležitých vědeckých novinek. Chtěl bych zde zdůraznit, že pokud tento proces poznáme, pak můžeme konečně pochopit, proč normální věda, činnost, která nesměřuje k novinkám a která se je nejprve snaží potlačit, může přesto působit tak, že tyto novinky vyvolává.

Ve vývoji každé vědy se zdá, že první přijaté paradigma obvykle docela úspěšně vysvětluje většinu pozorování a experimentů, snadno přístupných pro odborníky v této vědě. Další vývoj obvykle vyžaduje konstrukci laboratorních zařízení, vývoj esoterických slovníků a zdatností a zjemňování pojmů, které postupně ztrácejí svou podobnost se svými prototypy, obsaženými v obecném pově-

<sup>56</sup> Tamt., str. 218. Můj kolega Postman mi řekl, že i když o tomto přístroji a pokusu věděl vše předem, přesto se při pozorování nesouhlasných karet cítil velmi nepřijemně.

domí. Na jedné straně vede profesionalizace k obrovskému omezení představitosti vědců a ke značnému odporu proti změnám paradigmatu. Vědci se postupně stávají rigidními. Na druhé straně v oblastech, na něž je zaměřena pozornost vědeckých skupin, vede normální věda k tomu, že se objevují podrobnější informace a zpřesňuje souhlas mezi pozorováním a teorií v míře, jaké by se nemohlo dosáhnout žádným jiným způsobem. Tato vyšší podrobnost a lepší souhlas s teorií mají svou vlastní hodnotu, která přesahuje leckdy nepřilíživý zájem vědců o tuto činnost. Bez speciálního přístroje, sestaveného především proto, aby vykonával předem očekávané funkce, by se vůbec nemohly objevit výsledky, které nakonec vedou k novým objevům. A dokonce i když už takový přístroj existuje, pak se novinky objevují pravidelně pouze těm, kteří *přesně* vědí, co mohou očekávat, a kteří jsou schopni rozpoznat, že je něco v nepořádku. Anomálie se objevuje pouze na pozadí tvořeném paradigmatem. Čím přesnější a dalekosáhlejší toto paradigma je, tím je zároveň citlivějším ukazatelem anomálie, a tedy i změny paradigmatu. Při normálním průběhu objevu má dokonce i odpor vůči změně svou užitečnost. Tu šířeji prozkoumáme v následujícím oddíle. Tím, že odpor proti změně dává jistotu, že se vědci paradigmatu nevzdají příliš snadno, zároveň zaručuje, že nebudou lehce rozptýleni a že změna paradigmatu pronikne až k jádru stávajícího vědění. Už sama skutečnost, že významné vědecké novinky tak často vycházejí najevo zároveň v několika různých laboratořích, je poukazem na silně tradiční povahu normální vědy a na komplexnost procesu, kterým si tradiční úsilí vědy připravuje cestu k vlastní změně.

## VII KRIZE A VZNIK VĚDECKÝCH TEORIÍ

Všechny objevy, o kterých jsme se zmínili v VI. kapitole, byly příčinami změn paradigmatu nebo k těmto změnám přispěly. Dále všechny změny, které z těchto objevů vyplývaly, byly jak destruktivní, tak konstruktivní. Po asimilaci objevu byli vědci schopni vysvětlit přírodní jevy širšího okruhu, nebo vysvětlili přesněji některé z dříve známých jevů. Tohoto zisku však bylo dosaženo pouze za cenu zrušení některých v minulosti standardních přesvědčení a současným nahrazením součástí předchozího paradigmatu součástmi jinými. Jak jsem již uvedl, byly změny tohoto druhu spojeny se všemi objevy, jichž normální věda dosáhla, s výjimkou těch, které byly předem do podrobností předjímaný a které proto nebyly překvapením. Avšak objevy nejsou jediným zdrojem destruktivně-konstruktivních změn paradigmatu. V tomto oddílu budeme uvažovat o podobném, ale mnohem větším posunu, který je výsledkem vzniku nových teorií.

Protože, jak jsme již řekli, nejsou ve vědě fakta s objevy a objevy se vznikem teorií odděleny kategoricky a trvale, můžeme předem konstatovat, že tento oddíl se bude překrývat s předchozím. (Nepravděpodobná domněnka, že Priestley nejprve kyslík objevil a Lavoisier jej později vynalezl, má svou přitažlivost. S objevem kyslíku jsme se již setkali a znovu se s ním krátce setkáme jako s teoretickým vynálezem.) Soustředíme-li se na vznik nových teorií, pak nutně v širší míře pochopíme vědecké objevy. Vzájemné překrývání však ještě neznamená rovnost. Objevy, o kterých jsme uvažovali v minulém oddíle, nebyly – alespoň jednotlivě – příčinou takových posunů paradigmatu, jako byly revoluce koperníkovská, newtonovská, chemická a einsteinovská. Nebyly ani příčinou menších změn paradigmatu – menších proto, že se týkaly výlučně určitého oboru – jako byly vlnová teorie světla, dynamická teorie tepla nebo Maxwellova teorie elektromagnetického pole. Jako mohly takové teorie vzejít z normální vědy, z činnosti, která se mnohem více zaměřuje na objevy než na sledování teorií?

Hraje-li uvědomění si anomálie takovou roli při vynoření jevů nového druhu, pak nikoho nepřekvapí, že podobné, avšak hlubší uvědomění je nezbytnou podmínkou všech přijatelných změn v teorii. Myslím, že tato skutečnost je z historie jednoznačně zřejmá. Před ohlášením Koperníkova objevu byl stav ptolemaiovské astronomie kritický.<sup>57</sup> Galileův příspěvek ke studiu astronomie úzce souvisel s nesnáze, které v Aristotelově teorii objevili scholastičtí kritici.<sup>58</sup> Newtonova teorie světla a barvy měla svůj původ ve zjištění, že žádná z existujících předparadigmatických teorií nemohla podat vysvětlení délky spektra, a vlnová teorie, která Newtonovu teorii nahradila, se ohlašovala uprostřed rostoucího zájmu o anomálie ve vztahu difrakčních a polarizačních jevů k Newtonově teorii.<sup>59</sup> Termodynamika se zrodila ze střetu dvou fyzikálních teorií devatenáctého století a kvantová mechanika z mnoha obtíží, které se soustředily kolem vyzařování černého tělesa, specifického tepla a fotoelektrického jevu.<sup>60</sup> Všechny tyto případy anomálií – s výjimkou Newtonovy teorie – byly zatěžující a sahaly tak hluboko, že stav oboru, jehož se týkaly, lze právem popsat jako narůstající krizi. Vzniku nových teorií, který vyžaduje rozsáhlou destrukci paradigmatu a velký posun v problémech a v technikách normální vědy, zpravidla předchází mezi odborníky období nejistoty. Můžeme říci, že tuto nejistotu vytváří neustálé selhávání snahy nalézt patřičné řešení hádanek normální vědy. Selhávání existujících pravidel je předebranou hledání pravidel nových.

Podívejme se nejprve na jeden velmi známý případ změny paradigmatu, vznik koperníkovské astronomie. Když se v rozmezí dvou století před Kristem a dvou po Kristu rozvinul ptolemaiovský sys-

<sup>57</sup> A. R. Hall, *The Scientific Revolution 1500–1800*, London 1954, str. 16.

<sup>58</sup> M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison (Wis.) 1959, část II–III. A. Koyré vyznačil v Galileiho myšlení mnoho středověkých prvků, a to ve své studii *Etudes Galiléennes*, Paris 1939, zvl. díl I.

<sup>59</sup> Newton viz T. S. Kuhn, *Newton's Optical Papers*, in: *Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy*, I. B. Cohen (vyd.), Cambridge (Mass.) 1958, str. 27–45. Předebraná k vlnové teorii viz E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, I, 2. vyd., London 1951, str. 94–109 a W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, II, opr. vyd., London 1847, str. 396–466.

<sup>60</sup> Termodynamika viz S. P. Thompson, *Life of William Thompson Baron Kelvin of Largs*, I, London 1910, str. 266–281. Kvantová teorie viz F. Reiche, *The Quantum Theory*, přel. H. S. Hatfield a H. L. Brosw, London 1922, kap. I–II.

tém předchůdce koperníkovské astronomie, spočívala jeho obdivuhodná úspěšnost v tom, že bylo možno předvídat změny polohy hvězd i planet. Žádný ze starších systémů to nedovoloval tak dobře; pro hvězdy se ptolemaiovská astronomie dodnes široce používá jako inženýrské přiblížení. Pro planety byly ptolemaiovské předpovědi stejně dobré jako koperníkovské. Ale obdivuhodná úspěšnost ve vědě není nikdy totéž co úspěšnost naprostá. Pokud šlo o polohu planet a precesi bodu rovnodennosti, nebylo možno ptolemaiovský systém potvrdit ani sebelepšími pozorováními. Odstraňování těchto maličkových nesrovnalostí stanovilo pro mnohé Ptolemaiovy následovníky zásadní problémy normálního vědeckého výzkumu, stejně jako obdobný pokus o sladění nebeských pozorování s Newtonovou teorií poskytl Newtonovým následovníkům v osmnáctém století problémy jejich normálního výzkumu. Po určitý čas měli astronomové všechny důvody předpokládat, že jejich úsilí bude stejně úspěšné jako to, které vedlo k vytvoření ptolemaiovského systému. Stále byli schopni odstranit neshody úpravou Ptolemaiova systému soustředných kružnic. Postupem času by však mohl člověk při pohledu na spleť výsledků normálního vědeckého úsilí mnoha astronomů zjistit, že složitost astronomie roste mnohem rychleji než její přesnost a že se zdá, že neshoda odstraněná na jednom místě se vynořuje na místě jiném.<sup>61</sup> Astronomická tradice byla opakovaně přerušována vnějšími vlivy a komunikace mezi astronomy byla bez tisku omezena, proto poznání těchto obtíží postupovalo jen velmi pomalu. Ale postupně si je astronomové stále více uvědomovali. Ve třináctém století mohl Alfonso X. prohlásit, že kdyby se s ním chtěl Bůh poradit o stvoření vesmíru, dostalo by se mu dobré rady. V šestnáctém století Domenico Da Novara – Koperníkův spolupracovník – zastával názor, že systém tak těžkopádný a nepřesný jako Ptolemaiovi by v přírodě vůbec nemohl platit. Sám Koperník napsal v úvodu ke svému dílu *De Revolutionibus*, že astronomická tradice, jejímž byl dědicem, nakonec vytvořila jen zrůdu. Na počátku šestnáctého století poznalo několik astronomů, že jejich paradigmatu selhávají, když mají být uplatněna na vlastní, tradiční problémy astronomie. Toto poznání bylo nutnou podmínkou pro Koperníkovo odmítnutí ptolemaiovského paradigmatu a pro hledání paradigmatu

<sup>61</sup> J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2. vyd., New York 1953, kap. XI–XII.

nového. Koperníkův úvod k *De Revolutionibus* dodnes poskytuje jeden z klasických popisů stavu krize.<sup>62</sup>

Zhroucení normálních technik při řešení hádanek ovšem není jedinou složkou astronomické krize, s níž se Koperník setkal. Zvláštní pozornosti by se mělo dostat také sociálnímu tlaku na reformu kalendáře, díky níž se problém precese bodu rovnodennosti stal mimořádně naléhavý. Obširnějšího vysvětlení by si zasloužila středověká kritika Aristotela, vznik renesančního novoplatonismu a jiné další význačné historické prvky. Zhroucení techniky však není jádrem krize. Ve vyspělé vědě, jakou je astronomie již od antiky, jsou podobné vnější vlivy principiálně důležité pro časové určení takové krize: určují také obtížnost rozpoznání krize a oblasti, v níž se projeví nejprve. Přestože jsou podobné problémy nesmírně zajímavé, zůstávají za hranicemi tohoto eseje.

Když jsme si vyjasnili koperníkovskou revoluci, obraťme se nyní k druhému, obtížnějšímu příkladu, ke krizi, která předcházela vznik Lavoisierovy kyslíkové teorie hoření. V sedmdesátých letech osmnáctého století se spojilo mnoho vlivů, aby pak vyvolaly krizi v chemii: dějepisci se dodnes neshodli v názorech na povahu a relativní důležitost těchto vlivů. Dva z nich jsou však všeobecně považovány za prvořadé: vznik chemie plynů a problém váhových poměrů. Dějiny chemie plynů začínají v sedmnáctém století vynálezem vývěvy a jejím použitím při chemických pokusech. Při používání vývěvy a mnoha dalších vzduchových přístrojů přišli chemikové postupně v průběhu následujícího století na to, že vzduch musí být aktivní součástí chemických reakcí. Až na několik výjimek – tak nejednoznačných, že snad ani nejde o výjimky – pak chemici docházeli k poznání, že vzduch je jen jedním druhem plynu. Až do roku 1756, kdy Joseph Black ukázal, že vázaný vzduch ( $\text{CO}_2$ ) se dá zcela odlišit od normálního vzduchu, se myslelo, že dva vzorky plynu se liší pouze svým znečištěním.<sup>63</sup> Po uveřejnění Blackovy práce a zejména díky Cavendishovi, Priestleymu a Scheelemu, kteří společně vyvinuli řadu technik vzájemného rozlišování vzorků plynů, výzkumy plynů pokračovaly velmi rychle. Všichni tito muži, počínaje

<sup>62</sup> T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge (Mass.) 1957, str. 135–143.

<sup>63</sup> J. R. Partington, *A Short History of Chemistry*, 2. vyd., London 1951, str. 48–51, 73–85, 90–120.

Blackem a Scheelem konče, věřili flogistonové teorii a při návrzích svých pokusů a interpretací jejich výsledků ji často používali. Scheele ve skutečnosti poprvé v rámci podrobně rozpracovaného řetězce pokusů, při kterých chtěl teplo zbavit flogistonu, vyrobil kyslík. Jejich výsledky však tvořily tak rozsáhlou síť vzorků a podrobně vypracovaných vlastností plynů, že se postupně ukázalo, že flogistonová teorie je jen málo schopna pokrýt laboratorní zkušenosti. Ačkoli si žádný z těchto chemiků nemyslel, že má být nahrazena, nikdo z nich nebyl schopen teorii flogistonu na tyto výsledky důsledně použít. Když Lavoisier na počátku 70. let 18. století zahájil své pokusy se vzduchem, existovalo tolik verzí flogistonové teorie, kolik existovalo chemiků zabývajících se vlastnostmi plynů.<sup>64</sup> Toto zmnožení verzí jedné teorie bývá velmi často příznakem krize. Koperník si ve svém úvodu k *De Revolutionibus* stěžuje na totéž.

Vzrůstající neurčitost a klesající použitelnost flogistonové teorie v chemii plynů však nebyly jediným zdrojem krize, před kterou Lavoisier stál. Ta se týkala také vysvětlení nárůstu hmotnosti většíny těles při hoření a žíhání, problému, který měl za sebou dlouhou historii. Arabští chemici věděli, že některé kovy nabývají žíháním na hmotnosti. V sedmnáctém století někteří badatelé na základě této skutečnosti usoudili, že si rozžhavený kov bere z atmosféry některé její součásti. V sedmnáctém století se většině chemiků takový závěr však nezdál být nutně platný. Při chemických reakcích se měnily objem, barva a struktura složek, proč tedy ne hmotnost? Hmotnost nebyla vždy považována za míru látkového množství. Kromě toho nárůst hmotnosti zůstal pouze osamoceným jevem. Většina přírodních látek (např. dřevo) svou hmotnost žíháním ztrácela, zcela podle předpovědi flogistonové teorie.

V devatenáctém století však bylo postupně stále těžší tyto původně adekvátní odpovědi na problém nárůstu hmotnosti udržet. Z části proto, že jako standardní chemický nástroj začaly být postupně používány rovnoramenné váhy, a částečně proto, že tím, že vývoj chemie plynů umožnil a ukázal jako důležité jímání plynných produktů reakcí, chemici stále častěji objevovali případy, kdy bylo žíhání doprová-

<sup>64</sup> I když hlavním záměrem autorů je období pozdější, mnoho závažných materiálů je rozptýleno v díle J. R. Partingtona a D. McKieho, *Historical Studies on the Phlogiston Theory*, in: *Annals of Science*, II, 1937, str. 361–404, III, 1938, str. 1–58, 337–371 a IV, 1939, str. 337–371.

zeno nárůstem hmotnosti. Zároveň také postupně přijímaná Newtonova gravitační teorie vedla chemiky k tvrzení, že nárůst hmotnosti musí znamenat nárůst množství hmoty. Tento závěr však nevyústil v odmítnutí flogistonové teorie, protože tu bylo možno ještě mnoha způsoby upravit. Možná, že má flogiston negativní hmotnost, nebo možná, že částice ohně nebo něco podobného vstupuje do žíhaného tělesa, zatímco flogiston je z tělesa uvolňován. Mimoto tu byla i jiná vysvětlení. Avšak i když problém nárůstu hmotnosti nevyústil v odmítnutí flogistonové teorie, přesto se alespoň objevilo narůstající množství studií, které ukázaly, že tento problém je důležitý. Jedna z nich, „O flogistonu, považovaném za hmotnou substanci a (analyzovaném) pomocí váhových změn, které vyvolává v tělesech, s nimiž se slučuje“, byla předčítána ve Francouzské akademii na počátku roku 1772, v jehož závěru Lavoisier zaslal svou zapečetěnou poznámku sekretáři Akademie. Problém, který nedopřával chemikům klidu, byl před napsáním této poznámky po dlouhá léta otevřenou, nevyřešenou hádankou.<sup>65</sup> Byly vypracovány mnohé verze flogistonové teorie, které jej měly vyřešit. Problémy chemie plynů a nárůstu hmotnosti stále více a více ztěžovaly určení toho, co je vlastně obsahem flogistonové teorie. Paradigma chemie osmnáctého století, které si dosud podrželo důvěru svých stoupců a ti je s důvěrou používali jako pracovní nástroj, však přesto postupně ztrácelo své jedinečné postavení. Výzkumy prováděné v rámci tohoto paradigmatu se začaly podobat těm, které probíhaly u vzájemně soutěžících škol v předparadigmatickém období – a to bylo dalším typickým znakem krize.

Obraťme nyní svou pozornost ke třetímu a poslednímu příkladu, ke krizi fyziky konce devatenáctého století, krizi, která připravila cestu vzniku teorie relativity. Jeden z kořenů krize je možno sledovat zpět až na konec sedmnáctého století, kdy mnozí filosofové přírody – zvláště Leibniz – kritizovali Newtona za to, že v obnovené fyzikální teorii podržuje klasické pojetí absolutního prostoru.<sup>66</sup> Těmto kritikům se téměř (ale nikdy ne zcela) podařilo ukázat, že absolutní poloha a absolutní pohyb nemají v Newtonově systému

žádnou funkci, a naznačit, že se později objeví plně relativistické pojetí prostoru a pohybu, které bude mít větší estetickou přitažlivost. Jejich kritika však spočívala čistě na logických argumentech. Podobně jako první koperníkovští badatelé kritizovali Aristotelův důkaz nehybnosti Země, také těmto kritikům se ani nezdálo o tom, že by přechod k relativistickému systému měl nějaké důsledky v oblasti pozorovaných jevů. V žádném případě svůj názor nevztahovali na některý z problémů vzniklých v souvislosti s použitím Newtonovy teorie na přírodu. V důsledku toho jejich názory zemřely spolu se svými zastánci během prvních desetiletí osmnáctého století a byly vzkříšeny teprve v posledním desetiletí devatenáctého století, kdy však měly k fyzikální praxi zcela jiný vztah.

Technické problémy, k nimž se relativistická filosofie prostoru ve svých důsledcích vztahovala, začaly do normální vědy vstupovat spolu s přijetím vlnové teorie světla přibližně po roce 1815, avšak až do devadesátých let devatenáctého století nevyvolaly žádnou krizi. Je-li světlo vlnový pohyb šířící se v mechanickém étheru ovládaném Newtonovými zákony, pak zpozorování nebeských těles i pozorování pozemských jevů by měla být potenciálně schopná zjistit v tomto étheru posuvný pohyb. V případě nebeských těles pouze pozorování aberací slibovala být dostatečně přesná na to, aby mohla poskytnout odpovídající informaci. Zjišťování posuvu étheru metodou měření aberace se proto stalo význačným problémem normálního výzkumu. Bylo vyvinuto mnoho speciálních zařízení k řešení tohoto problému. Těmito zařízeními však nebyl zjištěn žádný pozorovatelný posuvný pohyb, a problém se proto přesunul od experimentátorů a pozorovatelů k teoretikům. V průběhu jednoho desetiletí okolo poloviny devatenáctého století navrhli Fresnel, Stokes a další mnoho verzí teorie étheru; všechny tyto teorie byly zaměřeny na vysvětlení neúspěchů při pozorování posuvného pohybu étheru. Každá z nich předpokládala, že pohybující se těleso s sebou strhává částčky étheru. Každá také dosti úspěšně vysvětlovala negativní výsledky experimentů nejen v oblasti pozorování nebeských těles, ale i pozorování pozemských jevů, a to včetně slavného Michelsonova a Morleyova pokusu.<sup>67</sup> S výjimkou sporu mezi různými verze-

<sup>65</sup> H. Guerlac, *Lavoisier – the Crucial Year*, Ithaca, N. Y. 1961. Celá kniha dokládá vývoj a první rozpoznání krize. Jasně vyjádření k této situaci v souvislosti s Lavoisierem viz str. 35.

<sup>66</sup> M. Jammer, *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics*, Cambridge (Mass.) 1954, str. 114–124.

<sup>67</sup> J. Larmor, *Aether and Matter ... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena*, Cambridge 1900, str. 6–20, 320–322.

mi teorií nedošlo do té doby k žádnému konfliktu. Dokud chyběly odpovídající experimentální techniky, nebyl konflikt nikdy akutní.

Situace se znovu změnila v posledních dvou desetiletích devatenáctého století, kdy byla postupně přijímána Maxwellova teorie elektromagnetického pole. Maxwell sám byl stoupencem Newtonovy fyziky a věřil, že světlo a elektromagnetické pole jsou pouze změny polohy částic mechanického étheru. Jeho nejranější verze teorie elektřiny a magnetismu přímo používala domnělých vlastností tohoto prostředí. V konečné verzi své teorie už Maxwell od těchto vlastností upustil, stále však věřil, že jeho teorie elektromagnetického pole je slučitelná s jistým typem formulace Newtonova mechanického názoru.<sup>68</sup> Vývoj odpovídající formulace byl pro něj a jeho následovníky výzvou k další práci. Jak se však ve vývoji vědy znovu a znovu ukazovalo, vyvinout patřičnou formulaci je prakticky nesmírně obtížné. Stejně jako z Koperníkových astronomických návrhů – vzdor optimismu jejich autora – vznikla krize soudobé teorie pohybu, a ta se dále prohlubovala, tak také Maxwellova teorie – vzdor svým newtonovským počátkům – vyvolala svými důsledky krizi právě toho paradigmatu, z něhož pramenila.<sup>69</sup> Navíc oblast, ve které se krize projevila nejpálčivěji, byla vyznačena právě zmíněnými problémy vztahu pohybu a jeho vztahu k étheru.

Maxwellovo pojednání o elektromagnetickém chování pohybujících se těles nedokazovalo, že k nějakému strhávání étheru dochází, a snaha o uvedení takového strhávání étheru do teorie by přinesla velké obtíže. Proto se mnohé dřívější experimenty navržené ke zjištění posuvného pohybu étheru staly anomální. Léta následující po roce 1890 svědčí o dlouhé řadě experimentálních i teoretických pokusů zaměřených na zjištění pohybu vůči étheru a pokusů o zapracování strhávání étheru do Maxwellovy teorie. Pokusy o zjištění posuvu byly naprosto všechny neúspěšné, i když někteří analytiko-vé si mysleli, že jejich vlastní výsledky jsou jednoznačné. Pokusy o úpravu Maxwellovy teorie vyvolaly slibné počátky řady nových teorií, zvláště teorie Lorentzovy a Fitzgeraldovy, zároveň ale odhalily nové hádanky a nakonec vyústily pouze ve zmnožení a vzájem-

né soutěžení teorií, které, jak jsme v předchozím poznali, jsou průvodními znaky krizí.<sup>70</sup> Na pozadí těchto historických podmínek se objevuje roku 1905 Einsteinova speciální teorie relativity.

Tyto tři příklady jsou téměř ve všech ohledech typické. V každém z nich se objevuje nová teorie teprve po výslovném selhání činnosti normálního řešení problémů. Až na případ Koperníkův, ve kterém zvláštní roli hrály faktory z hlediska vědy vnější, se toto zhroucení teorií a jejich zmnožení (které je znakem tohoto zhroucení) objevovalo nejpozději jedno nebo dvě desetiletí před vyslovením nové teorie. Zdá se, že nová teorie je přímou odpovědí na krizi. Všimněme si také (i když nemusí jít o zcela typický znak), že problémy, kvůli kterým došlo ke zhroucení, byly všechny dlouhou dobu známy. Dosavadní praxe normální vědy poskytovala všechny důvody k přesvědčení, že problémy jsou zcela nebo téměř vyřešeny. To by nám mělo pomoci pochopit, proč pocit selhání, když se dostavil, byl tak palčivý. Selhání v řešení problémů nového druhu je často příčinou zklamání, nikoli však překvapení. Problém i hádanka prvnímu útoku často odolají. Uvedené příklady mají však jiný společný rys, který dává výrazně vystoupit roli krizí: řešení každého z těchto problémů bylo přinejmenším zčásti předjíháno již v průběhu doby, během níž ve vědě nedošlo k žádné krizi a všechna tušení problémů byla ignorována.

Úplná a zároveň i nejznámější je Aristarchova anticipace Koperníka, která pochází z třetího století před Kristem. Často se říká, že kdyby řecká věda byla méně deduktivní a dogmaticky rigidní, mohla se heliocentrická astronomie začít rozvíjet o osmnáct století dřív.<sup>71</sup> Tím se ovšem zanedbávají veškeré historické souvislosti. Když Aristarchův nápad vznikl, neplynuly z mnohem rozumnějšího geocentrického systému žádné další požadavky, které by snad heliocentrický systém mohl vyplnit. Celý vývoj ptolemaiovské astronomie, její triumf i pád, spadá do století po Aristarchově návrhu. Mimoto neexistoval žádný rozumný důvod proč brát Aristarcha vážně. Dokonce mnohem podrobněji rozpracovaný návrh Koperníkova systé-

<sup>68</sup> R. T. Glazebrook, *James Clerk Maxwell and Modern Physics*, London 1896, kap. IX. Maxwellův konečný postoj viz jeho vlastní knihu *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3. vyd., Oxford 1892, str. 470.

<sup>69</sup> Role astronomie ve vývoji mechaniky viz T. S. Kuhn, cit. d., kap. VII.

<sup>70</sup> E. T. Whittaker, cit. d., I, str. 386–410 a II, London 1953, str. 27–40.

<sup>71</sup> Aristarchovo dílo viz T. L. Heath, *Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus*, Oxford 1913, část II. Vyjádření krajně odmítavého postoje k Aristarchovým výsledkům viz A. Koestler, *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*, London 1959, str. 50.

mu nebyl jednodušší ani přesnější než systém Ptolemaiův. Dostupné testy obou systémů založené na pozorování, neposkytly – jak uvidíme dále – potřebné podklady pro volbu jednoho z nich. Jedním z faktorů, které za těchto okolností vedly astronomy k přijetí Koperníkovy teorie, jež však nemohly vést k přijetí teorie Aristarchovy, bylo zjištění krize, a ta se o inovaci zasloužila na prvním místě. Ptolemaiovská astronomie selhala při řešení svých problémů; přišel čas, kdy se objevila šance pro teorie s ní soutěžící. Naše další dva příklady už neposkytují podobné úplné anticipace. Jistě je pravda, že důvod, proč se teoriím hoření založeným na absorpci z atmosféry (vyvinutým v sedmáctém století Reyem, Hookem a Mayowem) nedostalo dostatečného vyslyšení, byl ten, že teorie nebyly ve spojení s těmi náznaky obtíží, které v praxi normální vědy vycházely najevo.<sup>72</sup> Podobné pochybení bylo do značné míry příčinou toho, že vědci osmnáctého a devatenáctého století, kteří byli autory relativistické kritiky Newtona, byli dlouho opomíjeni.

Filosofové vědy opakovaně ukázali, že na daný soubor dat je možno vždy uplatnit více teoretických konstrukcí. Dějiny vědy ukazují, že zejména v raných obdobích vývoje nového paradigmatu není příliš obtížné takové alternativy vymyslet. Vymyšlení alternativ je však úkolem, jehož se právě vědci ujímají jen zřídka, s výjimkou předparadigmatického období vývoje vědy a velmi speciálních příležitostí během jejího vývoje následujícího. Dokud se nástroje poskytované paradigmatem osvědčují při řešení problému tímto paradigmatem vymezeným, pohybuje se věda kupředu nejrychleji a s použitím nástrojů, v něž má důvěru, proniká nejlouběji. Důvod je jasný. Stejně jako ve výrobě je i ve vědě výměna nástrojů výstředností, vyhrazenou pouze pro příležitosti, které si ji vynucují. Význam krizí spočívá v tom, že poskytují náznaky toho, že příležitost pro změnu nástrojů právě přišla.

<sup>72</sup> J. R. Partington, cit. d., str. 78–85.

## VIII ODPOVĚĎ NA KRIZI

Předpokládejme, že krize je nutnou podmínkou objevu nové teorie a ptejme se, jak vědci na krizi odpovědí. První samozřejmou a důležitou odpověď získáme tak, že nejprve zaznamenáme, co vědci nikdy neučiní, když jsou nuceni čelit vážným a přetrvávajícím anomáliím. I když snad mohou ztratit víru a uvažovat o alternativách, přesto se paradigmatu, které je do krize přivedlo, nikdy nezřikají. Anomálie totiž nikdy nepovažují za protipříklady paradigmatu, i když ve slovníku filosofie vědy jako protipříklady zůstávají. Naše zobecnění je do jisté míry pouhým tvrzením o dějinných faktech, výrokem založeným na případech jako byly ty, jež jsme uvedli dříve, nebo které – ve větší míře – ještě uvedeme. Tyto příklady narážejí na něco, co naše další zkoumání procesu zavržení paradigmatu odkryje ve větší šíři: jakmile vědecká teorie dosáhne postavení paradigmatu, je prohlášena za neplatnou jen tehdy, když se naskytne jiná teorie jako kandidát, který by mohl její místo zaujmout. Žádný z procesů, jež byly dosud při studiu dějin vědeckého vývoje odhaleny, se vůbec nepodobá metodologickému stereotypu založenému na falsifikaci přímým srovnáním s chováním přírody. Tato poznámka nemá znamenat, že pro odmítnutí vědecké teorie nejsou experimentální zkušenosti podstatné. Jejím těžištěm má být tvrzení, že akt souzení, který vede vědce k odmítnutí dosud přijímané teorie, vždy spočívá na něčem více než na pouhém porovnání teorie se světem. Rozhodnutí o odmítnutí jednoho paradigmatu je vždy současně rozhodnutím o přijetí paradigmatu jiného a soud, který k tomuto rozhodnutí vede, v sobě zahrnuje jak porovnání obou paradigmat s přírodou, tak porovnání paradigmat navzájem.

Existuje i další důvod, proč pochybovat o tom, že odmítnutí paradigmatu vychází z toho, že vědci musejí čelit anomáliím nebo protipříkladům. Samo rozvinutí mého argumentu nastíní další důležitou tezi tohoto eseje. Důvody k výše načrtnutým pochybnostem byly čistě faktické, to jest, byly to protipříklady proti převládající epistemologické teorii. Je-li mé současné stanovisko správné, pak tyto



protipříklady samotné mohou napomoci vzniku krize, nebo přesněji řečeno, mohou posílit již existující krizi. Samy o sobě nemohou zpochybnit a také nezpochybní filosofickou teorii, protože její obránci učiní přesně to, co jsme viděli činit vědce vystavené nějaké anomálii. Aby odstranili očividný rozpor, budou vymýšlet četné nové formulace a *ad hoc* modifikovat své teorie. Mnoho takových modifikací a přehodnocení je již ve skutečnosti v literatuře obsaženo. Tyto epistemologické protipříklady nemají představovat pouhý malý dráždivý prvek, nýbrž mají napomoci objevu nových, odlišných analýz vědy, analýz, v jejichž oboru již nebudou pouhým zdrojem obtíží. Navíc dá-li se na tomto místě použít typické schéma, které později budeme moci pozorovat u vědeckých revolucí, pak se již nebude zdát, že jsou tyto anomálie prostými fakty. Z hlediska nové teorie vědeckého poznání se mohou jevit jako tautologie, tedy takové výroky o situacích, o kterých není možné uvažovat jiným způsobem.

Často se například ukázalo, že Newtonův druhý pohybový zákon – přesto, že jeho formulace si vyžádala století obtížného výzkumu v oblasti faktu i teorie výzkumu – zůstal pro přívržence Newtonovy teorie ryze logickým výrokem, který se nedá žádným pozorováním vyvrátit.<sup>73</sup> V desátém oddíle uvidíme, že chemický zákon pevných slučovacíh poměrů, který v době před Daltonem byl pouze příležitostným experimentálním zjištěním a jehož obecná platnost byla velmi pochybná, se po Daltonově práci stal součástí definic chemických substancí, definic, které by se nedaly vyvrátit žádnou experimentální prací. Něco podobného se také stane, když zobecníme tvrzení, že vědci, jsou-li nuceni čelit anomáliím a protipříkladům, nejsou schopni odmítnout paradigma. Toho schopni skutečně nejsou, a přesto nepřestávají být vědci.

Není pochyb o tom, že někteří lidé – přesto, že historické záznamy o jejich jménech nesouhlasí – byli vyhnáni do pouště vědy jen proto, že nebyli schopni vyrovnat se s krizí. Tvůrčí vědci musí být stejně jako umělci občas schopni žít v odděleném světě – tuto nutnost jsem popsal na jiném místě jako „základní napětí“, které implicitně patří k vědeckému výzkumu.<sup>74</sup> Ale odmítnutí vědy kvůli jiné

<sup>73</sup> Zvláště viz pojednání N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge 1958, str. 99–105.

<sup>74</sup> T. S. Kuhn, *The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific*

činnosti je podle mého názoru jediným typem odmítnutí paradigmatu, k němuž lze uvést protipříklady. Po vzniku prvního paradigmatu, v němž je nalezen určitý názor na přírodu, už neexistuje výzkum bez jakéhokoli paradigmatu. Odmítnout paradigma a nenahradit je zároveň paradigmatem jiným znamená vzdát se vědy jako takové. Tento čin neovlivní pouze paradigma, nýbrž i člověka – vědce. Jeho kolegové v něm nutně budou vidět „tesaře, který kvůli vlastní nešikovnosti haní své nástroje“.

Totéž tvrzení platí přinejmenším stejně účinně i obráceně: neexistuje výzkum bez protipříkladů. Co totiž odlišuje normální vědu od vědy ve stavu krize?

Jistě ne to, že by se v normální vědě nevyskytovaly protipříklady. Na druhé straně to, co jsme dříve nazvali hádankou zakládající normální vědu, existuje jen proto, že žádné z paradigmat poskytujících základ normálnímu výzkumu nikdy neřeší všechny jeho problémy. Těch několik málo paradigmat, u nichž se zdálo, že skutečně všechny problémy řeší (např. geometrická optika), záhy přestalo zcela vytvářet badatelské problémy a místo toho se z nich staly nástroje inženýrských řešení. S výjimkou problémů, které jsou ryze instrumentálního rázu, je možno v každé hádance normální vědy spatřovat protipříklad, a tedy i zdroj krize. Koperník za protipříklad považoval to, co ostatní Ptolemaiovi následovníci považovali za hádanky vznikající ze zápasu mezi pozorováním a teorií. Lavoisier považoval za protipříklad to, co podle Prestleyova názoru bylo hádankou nacházející postupně řešení v průběhu artikulace flogistonové teorie. Einstein považoval za protipříklad to, co Lorentz, Fitzgerald a další viděli jako hádanku, jež byla součástí artikulace Newtonovy a Maxwellovy teorie. Ani samotná existence krize neproměňuje hádanku v protipříklad. Taková ostrá oddělovací čára neexistuje. Věc se má tak, že při zmnožení verzí nějakého paradigmatu uvolňuje krize pravidla normálního řešení hádanek tak, že nakonec umožní vznik paradigmatu nového. Myslím, že existují pouze dvě možnosti: buď nikdy ne-

*Research*, in: *The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent*, Calvin W. Taylor (vyd.), Salt Lake City 1959, str. 162–177. O podobném srovnatelném jevu u umělců viz F. Barron, *The Psychology of Imagination*, in: *Scientific American*, CXCIX, září 1958, str. 151–166, zvl. str. 160.

musí žádná vědecká teorie čelit protipříkladem, nebo jim musí čelit vždy a všechny teorie.

Jak je možné, že se situace může zdát být jiná? Tato otázka nutně vede k historicko-kritickému rozboru filosofie, to však není téma, kterým bychom se zde chtěli zabývat. Můžeme však alespoň okrajově uvést dva důvody, proč se zdálo, že věda poskytuje vhodný názorný příklad pro zobecněné tvrzení, že pravda a nepravda se dají jedinečně a jednoznačně určit porovnáním teoretických tvrzení s fakty. Normální vědy musí usilovat o stále těsnější shodu mezi teorií a fakty. To také činí, a tuto činnost lze jednoduše pokládat za hledání různých potvrzení teorie, jejich vyvrácení nebo testování. Avšak předmětem vědy je řešení hádanek a sama existence hádanek je podmíněna platností paradigmatu. Selže-li úsilí o dosažení nějakého řešení, pak se tím znevažuje pouze vědec, nikoli však teorie. Zde více než v předchozím případě platí pořekadlo: „Je špatný ten tesař, který haní své nástroje.“ Také způsob, jímž se ve vědecké výchově vzájemně proplétají výklad teorie s poznámkami o příkladech jejího použití, pomáhá posilovat teorii potvrzování, odvozenou převážně z jiných zdrojů. Člověk, který čte vědecký text, může snadno i z nejslabších důvodů považovat aplikace určité teorie za její důkazy, tedy za důvody, proč je třeba teorii věřit. Studenti však nepřijímají teorie proto, že by je považovali za dokázané, ale díky autoritě učitelů a učebních textů. Jakou jinou možnost mají? Co jiného jsou schopni udělat? Aplikace nejsou v daném textu uváděny jako důkazy, ale proto, že učit se jim je součástí na běžné praxi založeného učení se paradigmatu. Pokud by aplikace byly v textech uváděny jako důkazy, pak neschopnost textu uvádět alternativní výklady nebo pojednávat o problémech, u nichž se vědcům nepodařilo vytvořit paradigmatické řešení, by své autory usvědčovala z mimořádné předpojatosti. A pro takové obvinění není sebemenšího důvodu.

Vraťme se nyní k původní otázce: jaká je reakce vědců, když si uvědomí, že v souhlasu teorie s přírodou existuje nějaká anomálie? Z právě řečeného se zdá, že dokonce ani neshody mnohem větší než jsou ty, které jsme ukázali na uvedených příkladech aplikací teorie, nemusí nutně vést k výrazné reakci. Někaké neshody existují vždy. Dokonce i ty nejvytrvalejší neshody koneckonců odpovídají normální praxi. Velmi často jsou vědci ochotni s řešením posečkat, zvláště pokud se i v dalších oblastech jejich oboru vyskytuje mnoho

problémů. Už jsme například uvedli, že po šedesát let po Newtonových výpočtech zůstávala předpokládaná hodnota perigea Měsíce ve srovnání s pozorováními pouze poloviční. Když se nejlepší evropští fyzikální matematici potýkali s touto známou neshodou, objevily se (u některých z nich) návrhy na změnu převrácené hodnoty druhé mocniny v Newtonově zákonu v závislost jiného tvaru. Ale nikdo tyto návrhy nebral příliš vážně. Praxe prokázala, že u většiny anomálií je na místě trpělivost. Clairaut byl schopen v roce 1750 ukázat, že v této aplikaci byl nesprávný pouze způsob použití matematiky a že Newtonova teorie může zůstat nezměněna.<sup>75</sup> Dokonce i v případech, kdy se zdálo, že téměř nepřichází v úvahu sebemenší chyba (třeba proto, že použité matematické postupy byly jednodušší nebo důvěrně známé a v jiných aplikacích úspěšně používané), nevyvolala setrvávající a všeobecně známá anomálie nutně krizi. Nikdo vážně nezpochyboval Newtonovu teorii jen proto, že dlouhou dobu bylo známo, že existuje neshoda mezi předpovědí učiněnou na základě této teorie a mezi rychlostí zvuku nebo pohybem Merkuru. Neshoda v teorii rychlosti zvuku se nakonec zcela nečekaně vyřešila díky pokusu v oblasti výzkumu tepla, provedenému za zcela jiným účelem. Druhá neshoda vymizela s objevem obecné teorie relativity, po krizi, v níž tato neshoda nehrála žádnou roli.<sup>76</sup> Zjevně se ani jedna z těchto neshod nezdála být dostatečným důvodem vyvolání takových obtíží, které by s sebou přinášely krizi. Byly označeny jako protipříklady a odsunuty stranou pro pozdější zpracování.

Z toho plyne, že má-li nějaká anomálie vyvolat krizi, nemůže být pouze anomálií. V oboru vzájemného souhlasu paradigmatu a přírody se vždy vyskytují nějaké obtíže. Mnohé z nich jsou dříve či později napraveny předem nepředvídatelným postupem. Kdyby vědec přerušoval svůj výzkum kvůli zkoumání každé anomálie, kterou zaznamená, pak by jen stěží mohl dělat nějakou podstatnou práci. Musíme si proto položit otázku: co způsobuje, že se anomálie jeví být hodna nějakého podrobného prozkoumání? Obecná odpověď na tuto otázku asi neexistuje. Případy, o kterých jsem dosud uvažoval,

<sup>75</sup> W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, II, upr. vyd. London 1847, str. 220–221.

<sup>76</sup> Rychlost zvuku viz T. S. Kuhn, *The Caloric Theory of Adiabatic Compression*, in: *Isis*, XLIV, 1958, str. 136–137. Dlouhodobý posun perihélia Merkuru viz E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II, London 1953, str. 151 a 179.

jsou sice charakteristické, ale stěží je můžeme považovat za normativní. Někdy anomálie zproblematizuje některá jasná, základní a obecně platná tvrzení paradigmatu, jak tomu bylo v případě strhávání étheru u těch, kdo přijali Maxwellovu teorii. Nebo – jak tomu bylo v případě koperníkovské revoluce – může anomálie vyvolat krizi, jestliže aplikace, ze které anomálie vznikne, má zvláštní důležitost pro praxi – v tomto případě pro výpočet kalendáře a pro astrologii. Jiný příklad pocházející z historie chemie osmnáctého století poukazuje na fakt, že se vývojem normální vědy mohla ve zdroji krize přeměnit anomálie, která byla dosud pouhou nepřijemností: problém poměrných hmotností měl po rozvinutí techniky chemie plynů v této vědě zcela jiné postavení. Pravděpodobně existují i další okolnosti, které mohou nějakou anomálii obdařit zvláštní naléhavostí, a jistě se vyskytnou vzájemné kombinace těchto okolností. Například jsme již uvedli, že jediným zdrojem krize, které byl Koperník nucen čelit, byla délka doby, během níž se astronomové neúspěšně potýkali s odstraněním zbývajících neshod v Ptolemaiově systému.

Když z těchto nebo jiných důvodů dojde k tomu, že se nějaká anomálie začne zdát něčím důležitějším než ostatní hádanky normální vědy, začne věda přecházet do krize a místo vědy normální nastupuje věda mimořádná. Odborníci jsou pak v mnohem větší míře schopni anomálii jako takovou rozpoznávat. Stále více významných mužů věnuje anomálii v daném oboru rostoucí pozornost. A pokud anomálie jejich úsilí stále odolává (jak tomu však obvykle není), dojdou mnozí z nich k názoru, že vyřešení právě této anomálie je *pravou* podstatou jejich disciplíny. Sám jejich obor se bude jevit jinak než dosud. Tato změna obrazu daného oboru je výsledkem nového stanoviska vědeckého posuzování. Ještě důležitějším zdrojem změn je různorodost povahy mnoha částečných řešení, která vznikají jako důsledek pozornosti věnované danému problému. První útoky na odolávající problém musejí být v úzké shodě s paradigmatickými pravidly. S tím, jak bude problém neustále odolávat řešení, bude tyto útoky stále více a více směřovat na některé druhořadé nebo již ne zcela druhořadé artikulace paradigmatu. Řešení si nebudou vzájemně podobná, každé bude částečně úspěšné, ale žádné ne v té míře, aby bylo celou skupinou přijato za paradigma. V důsledku zmnožení různých artikulací (a ty budou stále častěji prováděny *ad hoc*) se začnou pravidla normální vědy čím dál

více rozmazávat. A i když paradigma bude stále existovat, jen několik málo odborníků bude schopno dosáhnout úplné shody v tom, co vlastně tímto paradigmatem je. Problémem se stanou dokonce i dřívější standardní řešení problémů.

Někdy rozpoznají krizi v jejím akutním stadiu sami vědci, jichž se tato situace týká. Koperník si stěžuje, že soudobí astronomové byli „v (astronomických) výzkumech tak nedůslední..., že dokonce nedovedli vysvětlit či pozorováním určit stálou délku roku“. „Jsou jako umělec,“ pokračuje Koperník, „který by spojil ruce, nohy, hlavu a další části těla, ale každou podle odlišných modelů. Každá by byla skvěle namalována, ale nevztahovaly by se všechny k jednomu tělu, a protože by spolu navzájem nesouhlasily, byla by výsledkem spíše příšera než člověk.“<sup>77</sup> Einstein, který se s ohledem na dobové zvyklosti omezil na méně květnatý jazyk, napsal jen: „Bylo to, jako by člověku vzali půdu pod nohama, jako by v dohledu nebyl žádný pevný základ, na němž by se dalo stavět.“<sup>78</sup> Wolfgang Pauli několik měsíců před uveřejněním Heisenbergova článku o maticové mechanice, v kterém byla ukázána cesta ke kvantové teorii, svému příteli napsal: „V tuto chvíli je fyzika opět hrozně zmatená. V každém případě je pro mne příliš těžká a přál bych si, abych byl filmovým hercem nebo něčím podobným a abych nikdy o fyzice neslyšel.“ Toto svědectví je zvlášť působivé v porovnání s Pauliho slovy o pět měsíců později: „Mechanika Heisenbergova typu mi opět dala naději a radost ze života. Samozřejmě, nedává řešení hádanky, ale již zase věřím, že je možné jít kupředu.“<sup>79</sup>

Takové jasné vědomí zhroucení vědy je mimořádně vzácné, ale účinky krize naprosto nejsou závislé na vědomém rozpoznání krize. O jaké účinky jde? Jen dva se zdají mít všeobecnou platnost. Každá krize začíná rozmazáním paradigmatu a následnou ztrátou pravidel normálního výzkumu. V tomto ohledu výzkum v průběhu krize silně připomíná výzkum v předparadigmatickém období

<sup>77</sup> Pasáž v uvozovkách uvedena v T. S. Kuhn, *The Copernican Revolution*, Cambridge (Mass.) 1957, str. 138.

<sup>78</sup> A. Einstein, *Autobiographical Note*, in: *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, P. A. Schlipp (vyd.), Evanston, Ill., 1949, str. 45.

<sup>79</sup> R. Kronig, *The Turning Point*, in: *Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli*, M. Fierz – V. F. Weisskopf (vyd.), New York 1960, str. 22, 25–26. Větší část tohoto článku popisuje krizi kvantové mechaniky v letech těsně před rokem 1925.

s tou výjimkou, že oblast rozdílů je u výzkumu v krizovém období menší a je jasněji vymezená. Všechny krize se také uzavírají tím, že se objeví nějaký nový uchazeč na místo paradigmatu, a následuje boj o jeho přijetí. Tato témata uvedeme v dalších oddílech, ale abychom uzavřeli tyto poznámky o vývoji a anatomii krizového stavu, musíme alespoň částečně předejmut to, co ještě bude řečeno.

Přechod od paradigmatu nalézajícího se v krizi k paradigmatu novému, z něhož může vzejít nová tradice normální vědy, je vzdálen kumulativnímu procesu, artikulace nebo rozšíření paradigmatu starého. Tento přechod je spíše znovuobnovením oboru na nových základech, které změní některé z nejelementárnějších teoretických zobecnění i mnohé z paradigmatických metod a jejich aplikací. V průběhu období přechodu bude docházet k rozsáhlému, avšak neúplnému překrývání problémů, jež mohou být vyřešeny jak v rámci paradigmatu starého, tak i nového. Bude však existovat zásadní rozdíl mezi oběma způsoby řešení. V závěru tohoto přechodu změní odborníci pohled na svůj obor, na jeho metody i cíle. Když nedávno jeden vnímavý dějepisec zpozoroval klasický případ změny vědecké orientace způsobené změnou paradigmatu, popsal jej jako: „uchopení hole za opačný konec“, jako proces, který zahrnuje: „takové zacházení se stejným souborem dat jako dříve, a s tím, kdy se tento soubor umístí do nového systému vzájemných vztahů a datům se tak dá nový rámec“.<sup>80</sup> Jiní, kteří tuto stránku vědeckého vývoje zaznamenali, zdůraznili její podobnost se změnou vzhledu útvaru (*visual Gestalt*): znaku nakresleného na papíře, v němž byl původně spatřován pták a který se nyní jeví jako antilopa – nebo naopak.<sup>81</sup> Tato paralela však může být zavádějící: vědci nevidí něco jako něco jiného: danou věc jednoduše vidí. Již jsme zkoumali některé problémy, které vznikají tím, že se řekne, že Priestley viděl kyslík jako flogistonu zbavený vzduch. Vědci také neponechávají útvaru (*Gestalt*) svobodu, která dovoluje přechod tam i zpět mezi různými způsoby vidění. Dnes dobře známá změna *Gestalt* je nicméně užitečným elementárním prototypem toho, co nastává při úplném posunu paradigmatu.

<sup>80</sup> H. Butterfield, *The Origins of Modern Science 1300–1800*, London 1949, str. 1–7.

<sup>81</sup> N. R. Hanson, cit. d., kap. I.

Uvedená předpojetí nám pomohou rozpoznat v krizi předehtu objevů nových teorií. Již při pojednání o vzniku objevů jsme podrobili zkoumání omezené verze téhož procesu. Právě proto, že vznik nové teorie ukončuje jednu tradici vědecké praxe a uvádí tradici novou, která se řídí jinými pravidly a která se pohybuje v universu odlišného diskursu, se zdá, že k tomuto vzniku dochází jen tehdy, naroste-li u vědců pocit, že původní tradice sešla z pravé cesty. Tato poznámka je však pouze předehtou ke zkoumání krizového stavu a otázky, ke kterým vede, by bohužel vyžadovaly spíše schopnosti psychologa než dějepisce. Jaký vůbec je mimořádný výzkum? Jak se z anomálie stane cosi jako zákon? Jak vůbec mohou vědci pokračovat v práci, když jedině, čeho jsou si vědomi, je, že na rovině, pro niž je vědecký výcvik patřičně nevybavil, je něco podstatným způsobem špatně? Tyto otázky vyžadují širší zkoumání a ne všechna budou historického typu. Následující bude nutně mnohem méně závazné a úplné než to, co bylo uvedeno dosud.

Paradigma často vzniká – podobně jako embryo – ještě předtím, než se krize široce rozvine nebo než jasně vstoupí do podvědomí. Lavoisierova práce je toho příkladem. Zapečetěné Lavoisierovy poznámky byly uloženy ve Francouzské akademii po necelém roce zevrubného studia váhových poměrů v teorii flogistonu, a tedy dříve, než Priestleyho zveřejněné výsledky odhalily v plném rozsahu krizi v chemii plynů. Stejně tak se první vysvětlení vlnové teorie světla objevilo v nejranějším stadiu rozvíjející se krize optiky, krize, která by bez Youngova příspěví zůstala bez povšimnutí, nebýt toho, že v průběhu jednoho desetiletí po Youngově prvních zápisech přerostla v mezinárodní vědecký skandál. O tomto a podobných případech by se dalo říci, že k vyvolání toho, aby se někdo podíval na určitý obor jiným způsobem, stačilo zhroucení paradigmatu v nějaké maličkosti a spolu s tím i rozmazání pravidel paradigmatu normální vědy. To, co se událo mezi prvním náznakem potíží a rozpoznáním nějaké možné změny v paradigmatu, bylo nutně neuvědomělé.

V jiných případech – Koperníkově, Einsteinově nebo v současné teorii jaderné fyziky – uplynula značná doba mezi prvním uvědoměním si zhroucení paradigmatu a vznikem paradigmatu nového. Teprve poté mohli historici zachytit alespoň náznaky toho, co je vlastně mimořádná věda zač. Stojí-li vědec před nějakou nepochybně důležitou anomálií v teorii, směřuje často jeho úsilí k tomu, aby ji

přesněji izoloval a strukturoval. Ačkoli si je v té chvíli vědom toho, že pravidla normální vědy nemohou být zcela v pořádku, přesto je prosazuje ještě důsledněji v oblasti, v níž se objevují obtíže, a snaží se zjistit, do jaké míry mohou fungovat. Současně se snaží poruchu zveličít, dělá ji ještě nápadnější a důležitější, než jakou mu ukázal výsledek experimentu, o němž se domníval, že jej dopředu zná. Při svém dalším úsilí pak nebude překračovat běžný typický obraz vědce v kterémkoli jiném období postparadigmatického vývoje vědy. V první řadě se bude zdát být člověkem, který zkoumá náhodným způsobem, který se snaží svými experimenty pouze uvidět co nastává, člověkem, který pozoruje účinky, jejichž povahou si nemůže být docela jist. Protože však zároveň platí, že experiment nelze myslet bez nějaké teorie, bude se vědec po dobu krize neustále snažit vytvářet spekulativní teorie, které – kdyby byly úspěšné – by otevřely cestu k novému paradigmatu a kterých – kdyby úspěšné nebyly – by se bylo možné poměrně snadno vzdát.

Keplerova zpráva o přetrvávajících potížích s pohybem Marsu a Priestleyův popis reakce na rychlé zmnožení počtu nových plynů poskytují klasické příklady výzkumu prováděného namátkou, jenž vzniká jako důsledek uvědomění si anomálie.<sup>82</sup> Ale snad nejlepší názorný příklad pochází ze současného výzkumu v oboru teorie elementárních částic. Dalo by se vůbec ospravedlnit ohromné úsilí vynakládané na detekci neutrina, kdyby nebylo krize nutící vědce uvědomit si, kam až sahají pravidla normální vědy? Nebo: byla by vůbec navržena a testována zásadní hypotéza o nezachování parity, kdyby v nějakém blíže neurčeném bodě nedošlo ke zřejmému selhání pravidel? Tyto pokusy ve fyzice posledního desetiletí byly z velké části snahou o nalezení a vymezení zdroje narůstajícího souboru anomálií.

Tento druh mimořádného výzkumu je často – ale ne vždy – doprovázen jiným výzkumem. Podle mého názoru zvláště v období, kdy krize vstoupila do podvědomí, se vědci obrací k filosofické analýze jako k nástroji odemykajícímu hádanky jejich oboru. Obec-

<sup>82</sup> Zmínka Keplerova díla o Marsu viz J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, 2. vyd., New York 1953, str. 380–393. I přes občasné nepřesnosti je Dreyerův stručný přehled velmi potřebným materiálem. Priestley viz jeho vlastní dílo, zvláště *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, London 1774–1775.

ně vzato, vědci nikdy nemuseli být nebo nechtěli být filosofové. Ve skutečnosti si obvykle normální věda drží filosofii od těla a má pro to pravděpodobně dobré důvody. Dokud se může normální výzkumná práce řídit používáním paradigmatu jako svého modelu, není třeba, aby její pravidla a předpoklady byly jasně formulované. V pátem oddíle jsme viděli, že úplný soubor pravidel, jaký hledá filosofická analýza, dokonce ani nemusí existovat. Tím se však neříká, že hledání předpokladů (dokonce i neexistujících) nemůže být účinným způsobem, jak uvolnit mysl ze sevření tradice a vytyčit základ tradice nové. Není náhodou, že vznik newtonovské fyziky v sedmáctém století a vznik kvantové mechaniky ve století dvacátém předcházely a provázely důležité filosofické rozborů soudobé výzkumné tradice.<sup>83</sup> Také není náhodou, že v obou těchto obdobích hrály pro pokrok ve výzkumu tak důležitou roli takzvané myšlenkové experimenty. Jak jsem již uvedl na jiném místě, analytické myšlenkové experimenty, které do značné míry zaplňují spisy Galileovy, Einsteinovy a Bohrovy a dalších, jsou přesně vypočteny na to, aby se v nich proti sobě postavily staré paradigma a současné poznání tak, aby se kořen krize izoloval s jasností, jakou by nebylo možno dosáhnout v laboratoři.<sup>84</sup>

Spolu s rozvinutím těchto mimořádných procedur – jednotlivě či najednou – se může však ukázat ještě další věc. Tím, že krize soustřeďuje pozornost vědců na oblast potíží a připravuje jejich mysl na rozpoznání experimentálních anomálií, často zároveň rozšiřuje počet nových objevů. Už jsme poznamenali, že právě vědomím krize se Lavoisierova práce o kyslíku lišila od práce Priestleyovy. Kyslík však nebyl jediným plynem, který vědci, vědomi si anomálie, byli v Priestleyově díle schopni objevit. Nové objevy v optice se také rychle nahromadily právě před vznikem vlnové teorie světla a v průběhu jejího vzniku. Některé z nich, jako například polarizace a odraz světla, byly výsledkem náhody, ale díky soustředěné práci v dané oblasti potíží se zvýšila pravděpodobnost jejich vzniku. (Malus učinil objev bezprostředně po zahájení práce na eseji o dvojitěm

<sup>83</sup> Filosofické pozadí mechaniky sedmáctého století viz R. Dugas, *La mécanique au XVII<sup>e</sup> siècle*, Neuchâtel 1954, zvl. kap. XI. Podobné události devátého století viz kniha stejného autora *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel 1950, str. 419–443.

<sup>84</sup> T. S. Kuhn, *A Function for Thought Experiments*, in: *Mélanges Alexandre Koyré*, R. Taton a I. B. Cohen (vyd.), vydáno u Hermann, Paris 1963.

lomu, kterou se chtěl ucházet o cenu Akademie. Velmi dobře se vědělo, že problém dvojitého lomu je v neuspokojivém stavu.) Jiné problémy, například světelná skvrna ve středu stínu kruhového disku, byly předpovídaný na základě nové hypotézy, jejíž úspěšnost napomohla k tomu, že se hypotéza přeměnila v paradigma další práce. Jiné problémy, jako například problém barev vrypů nebo barev tlustých desek, byly jako pouhé jevy často pozorovány a příležitostně zaznamenány již v minulosti, ale – stejně jako tomu bylo u Priestleyova kyslíku – byly přirovnány ke známým jevům, a to zabránilo, aby se ukázaly být tím, čím skutečně jsou.<sup>85</sup> Podobně lze vyložit i mnohé další objevy, které přibližně od roku 1895 trvale provázely vznik kvantové mechaniky.

Mimořádný výzkum má jistě ještě další projevy a účinky, ale v této oblasti jsme pouze na počátku hledání otázek, jež je třeba položit. Ale možná, že na tomto místě není třeba jít dále. Dosavadní poznámky by měly dostatečně ukázat, jak krize uvolňuje stereotypy a zároveň poskytuje stále více údajů, nutných pro podstatný posun paradigmatu. Někdy je obrys nového paradigmatu již předznačen ve struktuře, kterou anomálii dal mimořádný výzkum. Einstein napsal, že již dříve, než měl nějakou náhradu za klasickou mechaniku, si uvědomoval vzájemné vztahy mezi známými anomáliemi záření absolutně černého tělesa, fotoelektrického jevu a specifického tepla.<sup>86</sup> Obvykle však tuto strukturu není možno předem znát. Naopak, nové paradigma nebo jeho dostatečný podnět k další artikulaci paradigmatu se objevují najednou, někdy i uprostřed noci, v myslí člověka, který hluboce uvízl v krizi. Podstata tohoto stavu – kdy nějaký jedinec najde (nebo si myslí, že našel) nový způsob uspořádání nashromážděných údajů – musí prozatím, a možná, že navždy, zůstat mimo náš rozbor. Budiž mi dovoleno poznamenat k tomu jediné. Téměř vždy byli lidé, kteří takových podstatných nápadů nového paradigmatu dosáhli, buď velmi mladí, nebo byli čerstvými nováčky v oboru, jehož paradigma změnili.<sup>87</sup> Snad není třeba tento

<sup>85</sup> Nové optické objevy obecně viz V. Ronchi, *Histoire de la Lumière*, Paris 1956, kap. VII. Dřívější vysvětlení jednoho z těchto jevů viz J. Priestley, *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, London 1772, str. 498–520.

<sup>86</sup> A. Einstein, cit. d.

<sup>87</sup> Toto zobecnění role mládí v základním vědeckém výzkumu je tak známé, že se z něj stalo klišé. Zběžný pohled na téměř jakýkoli seznam základních

bod zdůrazňovat, protože je zřejmé, že lidé, které předchází praxe jen málo váže k tradičním pravidlům normální vědy, pravděpodobně uvidí, že tato pravidla už nevymezují hru, kterou by bylo možno dále hrát, a vymyslí si jiný soubor pravidel, jimiž stará pravidla nahradí.

Výsledný přechod k novému paradigmatu je vědeckou revolucí a k její tematizaci můžeme po dlouhé přípravě nyní přistoupit přímo. Ještě si však povšimněme jednoho zřejmě nesnadno pochopitelného aspektu, k němuž nám připravil cestu materiál posledních tří oddílů. Až do šestého oddílu, v němž byl poprvé uveden pojem anomálie, se mohlo zdát, že termíny „revoluce“ a „mimořádná věda“ jsou si rovny. Také se mohlo zdát, že ani jeden z termínů neznamená více, než „ne-normální věda“. Zdání, že se jedná o odkaz kruhem, snad mohlo některé čtenáře zmást. Ve skutečnosti tomu tak nemuselo být. Brzy se ukáže, že podobný kruhový charakter je pro vědecké revoluce běžný. Ale ať už nás to znepokojuje či nikoli, tato kruhovost už není bezpodmínečná. Tento oddíl a dva předcházející rozvinuly mnohá kritéria zhroucení činnosti normální vědy, kritéria, která ne vždy závisí na tom, zda po tomto zhroucení následuje revoluce. Setkají-li se vědci s nějakou anomálií či krizí, zaujmou k existujícímu paradigmatu různé postoje a podle toho se mění i povaha jejich výzkumu. Zmnožení vzájemně soupeřících artikulací teorie, ochota zkusit cokoli, výraz jasné nespokojenosti, odvolávání se na filosofii a spory o základ, to vše jsou příznaky přechodu od normálního k mimořádnému výzkumu. Obsah pojmu normální vědy závisí spíše na existenci těchto příznaků než na existenci revoluce.

příspěvků k vědecké teorii podá působivé potvrzení. Nicméně toto zobecnění nutně vyžaduje systematické prozkoumání. H. C. Lehman, *Age and Achievement*, Princeton 1953, poskytuje mnoho užitečných údajů, ale nesnaží se o vyčlenění těch příspěvků, které obsahují podstatnou změnu v pojmech. Také nepojednává o zvláštních okolnostech (pokud snad takové existují), které mohou provázet vědeckou produktivitu poměrně pokročilého věku.