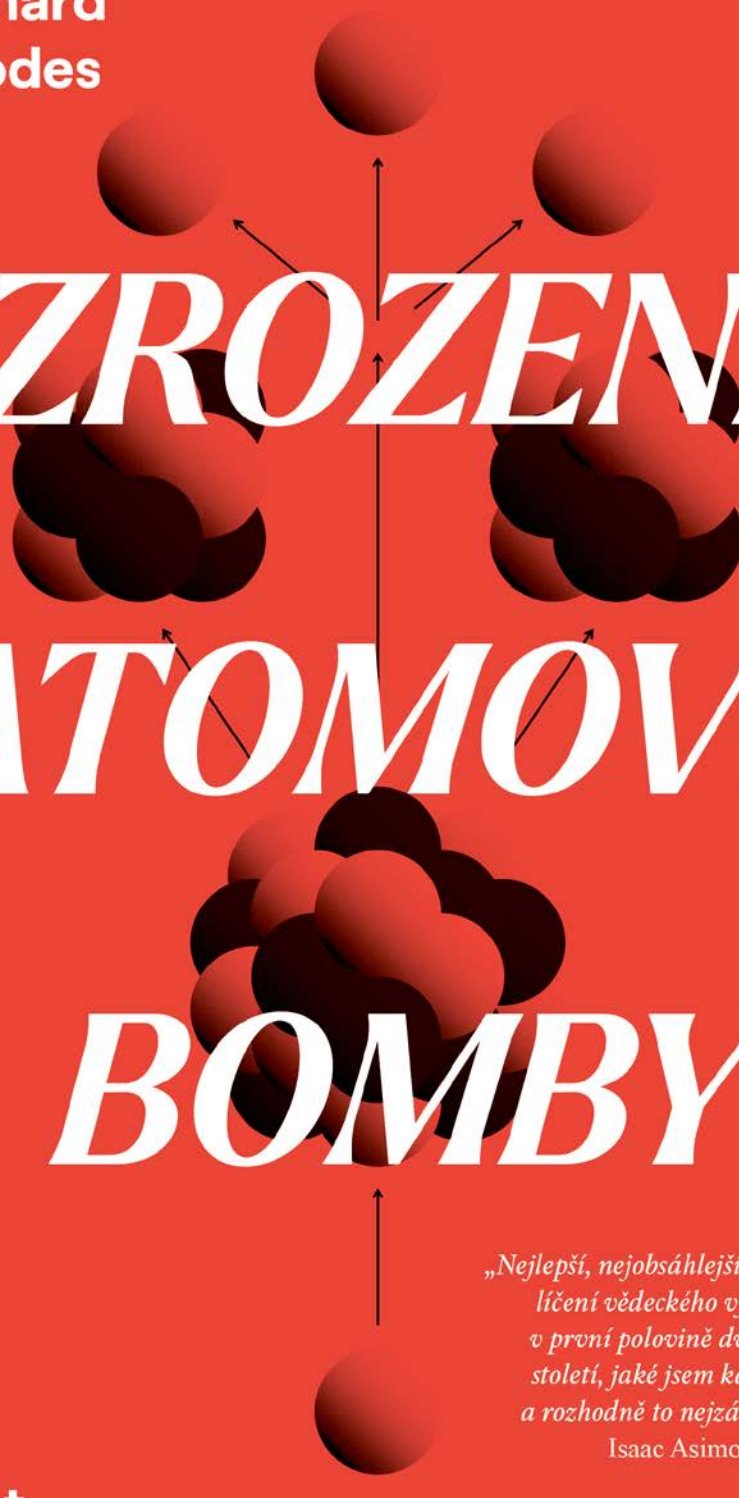


Richard
Rhodes

A stylized diagram of an atomic bomb explosion. At the bottom is a single sphere. An arrow points upwards from it to a cluster of spheres. From this cluster, two arrows branch out to two more clusters of spheres. From each of these, two arrows branch out to a total of four spheres at the top. The entire diagram is centered on the page.

ZROZENÍ ATOMOVÉ BOMBY

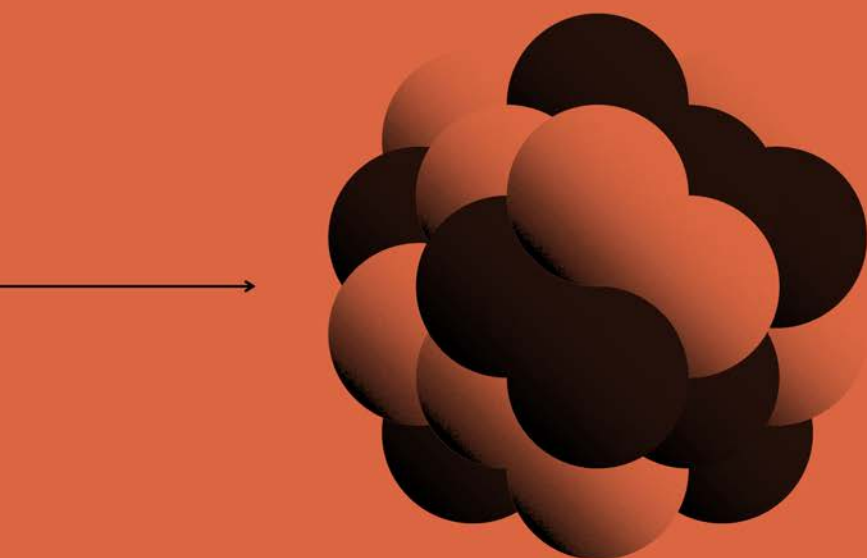
*„Nejlepší, nejobsáhlejší a nejhlubší
líčení vědeckého výzkumu
v první polovině dvacátého
století, jaké jsem kdy četl —
a rozhodně to nejzábavnější.“*

Isaac Asimov

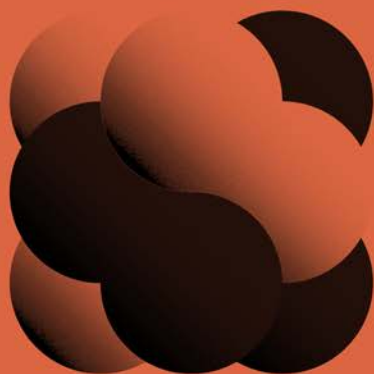
Host



**Richard
Rhodes**



**Zrození
atomové
bomby**



**Richard
Rhodes**

***ZROZENÍ
ATOMOVÉ
BOMBY***

**Přeložil
Pavel
Pokorný**

**Brno
2026**

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4
směrnice 2019/790/EU je bez souhlasu nositele práv
zakázána.

The Making of the Atomic Bomb

Copyright © 1986 by Rhodes & Rhodes

Foreword copyright © 2012 by Rhodes & Rhodes

Originally published by Simon & Schuster, Inc.

Translation © Pavel Pokorný, 2026

Czech edition © Host — vydavatelství, s. r. o., 2026
(elektronické vydání)

ISBN 978-80-275-3206-3 (PDF)

ISBN 978-80-275-3207-0 (ePUB)

ISBN 978-80-275-3208-7 (MobiPocket)

Věnováno památce
Johna Cushmana
1926—1984

Autor vděčně děkuje Fordově nadaci
a Nadaci Alfreda P. Sloana za podporu
při výzkumu a psaní této knihy.

*Pokud chápeme vědecké objevy jako příběhy lidských
úspěchů a lidské slepoty, patří mezi největší epiku.*

Robert Oppenheimer

*V podniku, jakým bylo konstruování atomové bomby, hrály nesmírnou
roli rozdíly mezi myšlenkami, nadějemi, návrhy a teoretickými
výpočty a skutečnými čísly vycházejícími z měření. Všechny výbory,
politikaření a plány by byly k ničemu, kdyby pár nepředvídatelných
účinných průřezů jádra mělo poloviční nebo dvojnásobnou hodnotu.*

Emilio Segrè

Obsah

13	Předmluva k anglickému vydání po pětadvaceti letech
23	Základní a nezbytná pravda
25	1 Nesmysl
43	2 Atomy a prázdno
71	3 Tvi
97	4 Dlouhý, předem vykopaný hrob
127	5 Marťani
159	6 Aparatury
197	7 Exodus
231	8 Šťourání a kopání
269	9 Silná exploze

321

Zvláštní svrchovanost

323	10 Neutrony
369	11 Účinné průřezy
413	12 Zprávy z Británie
453	13 Nový svět
507	14 Fyzika a divočina
555	15 Různá zvířata
595	16 Vize
641	17 Zlo naší doby

705
Život a smrt

707

18 Trinity

781

19 Ohnivé jazyky

869

Poděkování

871

Vlastníci fotografií

873

Poznámky

921

Bibliografie

939

Rejstřík

981

Poznámka překladatele

Předmluva k anglickému vydání po pětadvaceti letech

Projekt Manhattan, zrozený za hrozné bouřkové fronty druhé světové války, se o více než sedm desetiletí později rozplývá v mýtus. Obrovité reaktory a tovární komplexy na výrobu a extrakci plutonia v oblasti Hanford ve státě Washington, osm set metrů dlouhá továrna na obohacování uranu v Oak Ridge v Tennessee, několik set tisíc dělníků, kteří vybudovali a obsluhovali tu rozsáhlou mašinerii a přitom zvládali utajit její účel, to všechno mizí ze zřetele a zůstává jen holé jádro legendy: tajná laboratoř na náhorní plošině v Los Alamos v Novém Mexiku, kde navrhli a postavili atomové bomby; charismatický ředitel laboratoře, americký fyzik Robert Oppenheimer, jenž si po válce užíval mezinárodní věhlas, dokud ho jeho nepřátelé neponížili; jediný bombardér B-29, nemístně pojmenovaný Enola Gay po pilotově matce; zničené město Hirošima a ubohé rozbořené Nagasaki — to všechno je téměř zapomenuto.

I ty samotné zbraně jsou téměř mytické, kromě případů, kdy se je snaží získat nepřítel. Neustále slyšíme varování, že nové jaderné mocnosti jsou hrozbou, zatímco staré jaderné mocnosti udržují mír. Mladá vědkyně Anne Harringtonová de Santana tvrdí, že jaderné zbraně získaly status fetiše, podobně jako jsou jím peníze ve srovnání s komoditami, a naše lesklé bojové hlavice se staly znamením národní moci: „Podobně jako přístup k bohatství ve formě peněz určuje možnosti jednotlivce a jeho místo v sociální hierarchii, přístup k moci ve formě jaderných zbraní určuje možnosti

státu a jeho místo v mezinárodním řádu.“ Proto po roce 1945 většina průmyslových zemí dříve či později zvažovala pořízení jaderných zbraní, i když si je žádná nedovolila použít. Kdyby k použití těch bomb opravdu došlo, hroutily by se hradby.

Nebezpečí jejich použití bylo jedním z důvodů, proč jsem se v roce 1978 rozhodl sepsat historii vývoje prvních atomových bomb. (Dalším důvodem bylo odtajnění většiny záznamů projektu Manhattan, což umožnilo podepřít ten příběh dokumenty.) Jaderná válka se tehdy zdála bezprostřednější hrozbou než dnes. Na konci sedmdesátých a počátku osmdesátých let, kdy jsem shromažďoval informace a sepisoval tuto knihu, to vypadalo, že jaderný závod mezi Spojenými státy a Sovětským svazem akceleruje. Stejně jako mnoho jiných lidí jsem se i já obával, že by nehoda, nedbalost či nedorozumění mohly vést ke katastrofě.

Sověti válčili v Afghánistánu a prezident Jimmy Carter nabyl dojmu, že se chystají k Arabskému moři a na Blízký východ, jenž je bohatý na ropu — Carter předtím přísahal, že něco takového Spojené státy nedovolí, i kdyby to mělo znamenat jadernou válku. Sověti byli rozhodnuti rozšířit svůj nukleární arzenál tak, aby se vyrovnal našemu — toto rozhodnutí učinili po kubánské krizi v roce 1962, kdy je prezident John F. Kennedy dokázal zastrašit vyhrožováním jadernou válkou —, a čím více se blížili paritě, tím bojovněji volala americká pravice po krvi. Ronald Reagan v listopadu 1980 vyhrál volby a jako prezident více než zdvojnásobil americký rozpočet na obranu. Pro Sovětský svaz, druhou světovou jadernou supervelmoc, razil provokativní charakteristiky jako „říše zla“ a „ohnisko zla v moderním světě“. Sověti sestřelili korejské letadlo, jež narušilo jejich vzdušný prostor, a všichni na palubě zemřeli. Polní cvičení NATO Able Archer v roce 1983 — simulovaná eskalace konvenční války v jadernou, jíž se účastnili i zástupci vlád — málem vylekalo sovětské vedení v čele s neduživým Jurijem Andropovem k preventivnímu jadernému úderu.

Ačkoli to byly samé znepokojující události, nechtělo se mi věřit, že by tak chytrý a přizpůsobivý živočišný druh, jako je ten náš, záměrně zlikvidoval sám sebe, byť už k tomu záměrně sestrojil prostředky. Přemýšlel jsem, jestli tehdy na samém začátku, předtím, než první bomby sežehly ta dvě japonská města a od základu změnilly podstatu války, existovaly nějaké alternativní cesty k současnosti, cesty odlišné od těch, po nichž jsme se ubírali my a Sověti. K čemu mít dohromady sedmdesát tisíc jaderných zbraní, když jich ke vzájemnému zničení bohatě stačí jen pár? Proč byla studená válka primárně vojenskou konfrontací, když jaderné zbraně učinily z přímého vojenského konfliktu mezi supervelmocemi sebevraždu? Naproti

Předmluva

tomu, proč navzdory veškeré rétorice a pózování už po Nagasaki neexplodovala v hněvu ani jedna jaderná zbraň? Připadalo mi, že když se vrátím na začátek, ba ještě do doby před něj, kdy uvolnění obrovské energie skryté v atomových jádrech bylo prostě jen zajímavým a náročným fyzikálním problémem, snad znovu objevím opuštěné cesty, jež by mohly, až je znovu osvětlíme, vést k odlišným výsledkům, než je hrozící jaderná apokalypsa.

Ty alternativní cesty vskutku existovaly. Našel jsem je, stejně jako je našli jiní přede mnou — skryté všem na očích. Tím, že je stavím do centra této knihy, jsem se je pokusil znovu osvětlit. Kniha *Zrození atomové bomby* se stala standardním líčením prehistorie a historie projektu Manhattan. Byla přeložena do řady jazyků a vydávána po celém světě. Slyšel jsem o ní od mnoha vládních představitelů v USA i v zahraničí, takže vím, že ji četli po všemožných pentagonech a bílých domech. Přispěla tak ke všeobecnému povědomí o paradoxu jaderných zbraní. Tím nemíním paradox odstrašování, jenž je součástí fetišistického klamu vyličeného Anne Harringtonovou de Santana. Mám na mysli paradox, který poprvé vyslovil skvělý dánský fyzik Niels Bohr: že ačkoli jsou jaderné zbraně vlastnictvím jednotlivých států, jež si nárokují právo je držet a použít na obranu národní svrchovanosti, ve své nerozlišující ničivosti jsou společnou hrozbou pro všechny, jako nějaká epidemická nemoc, a stejně jako epidemická nemoc přesahují národní hranice, spory a ideologie.

Do této knihy jsem zahrnul tolik prehistorie projektu Manhattan — historie jaderné fyziky od objevu radioaktivity na konci devatenáctého století po objev jaderného štěpení v nacistickém Německu na konci roku 1938 — částečně kvůli svému přesvědčení, že pokud chci pochopit, co bylo na bombách tak převratné, musím porozumět fyzice tak dobře, jak jen laik může, a taky jsem předpokládal, že to budou chtít chápat i čtenáři. Na vysoké škole jsem měl jeden semestr fyziky, nic víc, ale naučil jsem se, že jaderná fyzika je věda téměř zcela experimentální. Což znamená, že objevy, které vedly k bombám, byly následkem fyzické manipulace s objekty v laboratoři: v téhle kovové skřínce je zdroj záření, zasuneme do ní vzorek, změříme to *tímhle* přístrojem, dá nám to *takovýhle* výsledek a tak dál. Jakmile jsem si osvojil žargon, zvládal jsem pročitat klasické práce z oboru, představovat si experimenty a chápat objevy — přinejmenším v souvislosti jejich využití při vzniku bomb.

Později jsem si uvědomil, že zkoumání dějin jaderné fyziky posloužilo i dalšímu účelu: ukázalo falešnost naivní představy, že v době, kdy bylo (v nacistickém Německu!) objeveno jaderné štěpení, se fyzikové mohli spojit a dohodnout, že tento objev utají, čímž by lidstvo ušetřili nukleárního

břemene. Nikoli. Vzhledem k vývoji jaderné fyziky do roku 1938, vývoji, jemuž se fyzikové po celém světě věnovali zcela prosti záměru nalézt prostředek nové zbraně hromadného ničení — jen jediný z nich, pozoruhodný maďarský fyzik Leó Szilárd, bral tuto možnost vážně —, byl objev jaderného štěpení nevyhnutelný. Abyste to zastavili, museli byste zastavit fyziku. Kdyby tehdy ten objev neučinili němečtí vědci, byli by to Britové, Francouzi, Američané, Rusové, Italové nebo Dánové, nejspíš jen o pár dnů či týdnů později. Všichni se věnovali nejnovějšímu výzkumu; snažili se pochopit podivné výsledky prostého experimentu ostřelování uranu neutrony.

Nebyla tu žádná faustovská smlouva, i když pro filmové režiséry a podobné naivní povahy je dodnes intelektuální výzvou si něco takového připustit. Nebyla tu žádná zlovolná mašinerie, kterou by ušlechtilí vědci mohli před politiky a generály schovat. Naopak, šlo o nový vhled do fungování světa, byla to energetická reakce starší než Země, k jejímuž vyvolání věda konečně zkonstruovala nástroje a zařízení. „Podejte to tak, aby to vypadalo jako nevyhnutelné,“ radíval Louis Pasteur svým studentům, když se chystali sepsat své objevy. Tohle však nevyhnutelné opravdu bylo. Toužit po tom, aby to tehdy ignorovali nebo potlačili, je barbarské. Jak jednou poznamenal Niels Bohr, „poznání je samo o sobě základem civilizace“. Nemůžete mít jedno bez druhého; jedno závisí na druhém. A také nemůžete chtít mít jen poznání přinášející dobro; vědecké metody nefiltrují poznatky podle toho, jestli jsou dobré. Poznání má následky — ne vždy zamýšlené, ne vždy příjemné, ne vždy vítané. Země obíhá kolem Slunce, ne Slunce kolem Země. Slovy Roberta Oppenheimera, „je základní a nezbytnou pravdou, že hluboké vědecké zákonitosti neobjevujeme proto, že by byly užitečné, ale protože je možné je objevit“.

Ty první atomové bomby, vyrobené ručně na náhorní plošině v Novém Mexiku, dopadly na šokovaný předjaderný svět. Pak Sovětský svaz odpálil kopii plutoniové bomby Fat Man, postavenou podle plánů dodaných Klaussem Fuchsem a Tedem Hallem, a pokračoval vývojem vlastního rozsáhlého arzenálu srovnatelného s tím americkým. Termonukleární zbraň zvýšila už tak devastující ničivost bomb o několik řádů a jadernou výzbroj získali Britové, Francouzi, Číňané, Izraelci i další národy. Podivný nový nukleární svět dospěl. Bohr jednou řekl, že společným cílem všech věd je „postupné odstraňování předsudků“ — nemluvil tedy o hledání nějaké univerzální pravdy, ale o činnosti skromnější a houževnatější. Objev, že Země obíhá kolem Slunce, postupně odstranil předsudek, že Země je středem vesmíru. Objev mikrobů postupně odstraňuje předsudek, že nemoc je Boží trest.

Předmluva

Objev evoluce postupně odstraňuje předsudek, že *Homo sapiens* je výjimečný a speciální tvor.

Závěrečné dny druhé světové války byly podobným zlomem lidských dějin, okamžikem vstupu do nové éry, v níž lidstvo poprvé disponovalo prostředky ke svému vlastnímu zničení. Objev způsobu, jak uvolnit jadernou energii, a jeho využití k sestrojení zbraní hromadného ničení postupně odstranily předsudek, na němž stojí totální válka: neudržitelné přesvědčení, že ve světě je jen omezené množství energie, již lze koncentrovat do výbušnin, a že je možné akumulovat více této energie, než dokáže nepřítel, a tedy mít vojenskou převahu. Nukleární zbraně se staly tak levné, tak přenosné, tak apokalyptické, že dokonce i natolik bojechtivé země jako Sovětský svaz a Spojené státy upřednostnily obětování části své národní suverenity — raději se vzdaly možnosti vést totální válku —, než aby se nechaly ve svém fanatismu zničit. Menší války se dějí nadále a budou pokračovat, dokud si světové společenství neuvedomí jejich destruktivní neúčelnost a nevytvoří nové nástroje ochrany a nové formy občanství. Přinejmenším se však světové války ukázaly jako historické — a nikoli univerzální — projevy destruktivních technologií omezeného rozsahu. V dlouhé historii lidského zabíjení to není malý úspěch.

Střední údobí svého života jsem prožil na čtyřech akrech půdy v Connecticutu, na louce zcela obklopené lesní rezervací. Hemžilo se to tam tvory: vysokou zvěří, veverkami, mývaly, rodinkou svišťů, krůtami, zpěvnými ptáky, vránami, jestřáby, dokonce i párkem kojotů. Až na toho jestřába si každé z těch zvířat neustále a bázlivě hlídalo záda, aby jej něco nechtylo, neroztrhalo a nesežralo zaživa. Ze zvířecí perspektivy byly ty mé rajske čtyři akry válečnou zónou. Zvíře žijící v přirozených podmínkách v divočině jen velmi zřídka zemře stářím.

Lidský svět se v tomto ohledu ještě donedávna příliš nelišil. Jelikož jsme predátoři stojící na vrcholu potravního řetězce, našimi nejhoršími přirozenými nepřáteli bývali historicky vzato mikrobi. Přírodní násilí ve formě epidemií si vybíralo velkou a neustálou daň na lidských životech, takže se jen málokterá lidská bytost dožila smrti stářím. Naproti tomu člověkem způsobená smrt — tedy smrt přímo související s válkou či s válečnými útrapami — byla v průběhu lidských dějin na nízké a relativně konstantní úrovni, v rámci šumu přirozeného umírání stěží rozlišitelné.

Vynález veřejného zdravotnictví v devatenáctém století a zavedení válečných technologií v devatenáctém a dvacátém století tento poměr v průmyslovém světě obrátily. Přírodní násilí ve formě epidemických chorob kleslo vlivem preventivních metod veřejného zdravotnictví na nízkou

a kontrolovanou míru. Zároveň začala rychle a patologicky narůstat míra člověkem způsobené smrti, aby ve dvacátém století dosáhla úděsných špiček v době dvou světových válek. V tomto nejnásilnějším století lidských dějin může člověkem způsobená smrt za přinejmenším dvě stě milionů lidských životů. Skotský spisovatel Gil Elliot toto číslo názorně charakterizoval jako „národ mrtvých“.

Epidemie člověkem způsobené smrti náhle ustoupila s koncem druhé světové války. Ztráty prudce klesly na úroveň charakteristickou pro dřívější meziválečné roky. Legitimizované násilí, jež od té doby doutná, aby čas od času vzplálo v gerilových konfliktech a konvenčních válkách na jaderných periferiích, si vyžádá v průměru půldruhého milionu životů ročně — což je jistě hrozné číslo, ale před rokem 1945 byl průměr o celý milion vyšší a v roce 1943 dosáhl svého vrcholu v hodnotě patnácti milionů.

Člověkem způsobená smrt se ve dvacátém století stala epidemií, neboť extrémní projevy národní suverenity začaly být vlivem stále efektivnějších technologií zabíjení patologické. A tím, co virulentnost patogenu redukovalo, byl evidentně objev způsobu uvolňování jaderné energie a jeho použití v nukleárních zbraních. A zbraně, které v posledních sedmi dekadách nutí k opatrnosti, neboť budí panický strach z nukleárních hrůz, fungují ve velice podstatném, a dokonce i kvantifikovatelném smyslu jako schránky uchovávající smrt, již by mohly šířit — podobně jako vakcíny zhotovené ze samotného oslabeného patogenu. Během druhé světové války bylo k zabítí německého občana zapotřebí tří tun spojeneckých bomb. Podle této kvantitativní míry uchovávaly strategické arzenály Spojených států a Sovětského svazu na vrcholu studené války přibližně tři miliardy latentních smrtí. To číslo dost přesně odpovídá odhadu počtu mrtvých v potenciální neomezené jaderné válce, k němuž v roce 1984 došla jinou metodikou Světová zdravotnická organizace.

Smrt zabalená ve formě jaderných zbraní se tím také zviditelnila. Ten strašidelný arzenál je *memento mori*, neskrývaná připomínka naší kolektivní smrtelnosti. Ve zmatku bitevního pole, ve vzduchu a na moři bylo dříve možné popírat či ignorovat strašlivou cenu životů skrytou za snahou o dosažení absolutní suverenity. Jaderné zbraně, ultimátní zásobníky člověkem způsobené smrti, poprvé v dějinách lidstva zcela obnažily následky svrchovaného násilí. Jelikož proti těmto zbraním neexistuje žádná zaručená obrana, jsou i následky jejich použití zřejmé. Nová kasta vojenských strategií chvátila objevovat možnosti, jak ty zbraně používat, ale každá z jejich strategií ztroskotala na jistotě eskalace. „Každý velký a hluboký problém v sobě skrývá i své vlastní řešení,“ poradil v roce 1943 Niels Bohr vědcům

Předmluva

v Los Alamos, když tam dorazil a zjistil, jak je trápí svědomí. Tím, že v sobě nukleární zbraně zhustily potenciální lidské násilí do krajnosti, v níž nečiní rozdílu, paradoxně ukazují *reductio ad absurdum* člověkem způsobené smrti. Léta od roku 1945 byla nebezpečnou, leč nevyhnutelnou zkušeností. Podle toho, co mi bylo řečeno, jsme v mnoha dalších situacích, jako byla kubánská raketová krize či katastrofa hrozící při cvičení Able Archer 1983, divže nesešli z cesty.

S podobnými riziky budeme konfrontováni i nadále. Kéž máme takové štěstí i příště a pak příště opět. Nebo třeba to neštěstí propukne někde na druhé polokouli a ty miliony, jež padnou, padnou pod jiným praporem. Dost možná se to však bude týkat i nás ostatních, třebaže by to bylo deset tisíc kilometrů daleko. V roce 2008 někteří z vědců, co modelovali původní scénář jaderné zimy v roce 1983, zkoumali pravděpodobný výsledek teoretické regionální jaderné války mezi Indií a Pákistánem, války, v níž předpokládali nasazení nukleárních zbraní odpovídajících ekvivalentu pouhého stonásobku bomby shozené na Hirošimu, tedy celkově jen 1,5 megatuny — některé hlavice v arzenálu Spojených států a Sovětského svazu mají takovou sílu samy o sobě. Vědce šokovalo zjištění, že jelikož by takový útok nevyhnutelně mířil na města plná hořlavých materiálů, následné ohnivé bouře by do horních vrstev atmosféry vynesly velké množství černého dýmu, jenž by se rozptýlil po světě a ochladil Zemi natolik a na tak dlouho, že by došlo k celosvětovému kolapsu zemědělství. Podle výpočtů Alana Robocka a Owena Briana Toona by rázová vlna, žár a radiace ihned zahubily dvacet milionů lidí a následkem měsíců masového hladovění by byla další miliarda mrtvých — po místní jaderné válce o síle pouhé 1,5 megatuny.

Canberrská komise o eliminaci jaderných zbraní formulovala v roce 1996 základní princip, jemuž dala název „axiom šíření“. V nejstručnější podobě zní: *Pokud má nějaký stát jaderné zbraně, ostatní státy se je budou snažit získat.* Richard Butler, člen komise a zástupce Austrálie v otázkách nukleárního odzbrojení, mi řekl: „Základním odůvodněním tohoto výroku je, že pro lidi po celém světě je velmi důležitým konceptem spravedlnost, kterou většina lidských bytostí interpretuje v podstatě jako férovost. Pokud tento princip vztáhneme na axiom šíření, ti, kteří jaderné zbraně vlastní, se po léta snaží tvrdit, že je potřebují pro své bezpečí, zatímco ti ostatní je podle nich pro své bezpečí nepotřebují, a toto tvrzení samozřejmě nefunguje.“

Když Butler v roce 2002 přednášel v Sydney, řekl: „Celý svůj dospělý život jsem pracoval na Smlouvě o nešíření jaderných zbraní. [...] Problém, zda mít, či nemít jaderné zbraně, je ústřední a trvalý.“ V letech 1997

až 1999 byl Butler posledním předsedou UNSCOM, komise OSN dohlížející na odzbrojení Iráku. „Jedním z nejtěžších okamžiků v Bagdádu pro mě bylo,“ řekl v Sydney, „když po mně Iráčané chtěli, abych jim vysvětlil, proč je kvůli jejich zbraním hromadného ničení pronásledujeme, když pro Izrael jen o kousek dál to neplatí, ačkoli se ví, že vlastní asi dvě stě jaderných zbraní. Přiznám se také,“ pokračoval Butler, „že se kroutím, když slyším, jak Američané, Britové a Francouzi horují proti zbraním hromadného ničení, a přitom ignorují fakt, že sami jsou hrdými majiteli velkého množství těchto zbraní, a bez skrupulí tvrdí, že jsou a vždycky budou nutné pro jejich národní bezpečnost.“

„Princip, který z toho odvozují,“ uzavřel Butler, „říká, že očividná nepoctivost, dvojí měřítko, bez ohledu na to, jaká moc jej v danou chvíli podporuje, vytváří situaci, jež je hluboce a ve své podstatě nestabilní, neboť lidské bytosti se s takovou nespravedlností nesmíří. Tento princip je stejně jistý jako samotné základní fyzikální zákony.“

Později a na jiném místě Butler mluvil o zvláštní neschopnosti Američanů připustit si své dvojí měřítko: „Mé pokusy zapojit Američany do diskuse o dvojím měřítku vždy skončily nezdarem, a to i když jsem hovořil s velmi vzdělanými a angažovanými lidmi. Občas jsem měl pocit, jako bych k nim mluvil marťanštinou — tak hluboká byla jejich neschopnost porozumět. Američané vůbec nechápou, že jejich zbraně hromadného ničení jsou stejný problém jako irácké zbraně hromadného ničení.“ Nebo íránské, severokorejské — či jakékoli další země, jež jaderné zbraně vlastní nebo by je ráda měla.

Canberrská komise se samozřejmě obracela přímo na původní jaderné mocnosti, tedy na pět zemí, jejichž status vlastníků jaderných zbraní byl v podstatě uznán formulací Smlouvy o nešíření jaderných zbraní z roku 1968. Prezident Barack Obama v roce 2009 v Praze rozvedl axiom šíření děsivým způsobem, když pravil: „Někdo tvrdí, že šíření těchto zbraní nelze zastavit či kontrolovat, že jsme odsouzeni žít ve světě, kde bude nástroje nejzazší zkázy vlastnit stále více národů a lidí. Takovýto fatalismus je smrtonosným nepřítelem, *protože pokud budeme věřit, že šíření jaderných zbraní je neodvratné, pak svým způsobem připouštíme, že je nevyhnutelné i použití jaderných zbraní.*“

A pokud k takové katastrofě dojde, co pak? Budeme stále věřit, že nám ty zbraně zaručují bezpečí? Nebudeme pak jejich vlastnictví vnímat jako zločin proti lidskosti, jímž je i dnes? Nebudeme pak litovat, že jsme tu těžkou práci neodvedli a nezakázali je všude na světě?

Zkoumám nukleární dějiny a píšu o nich už déle než třicet let. Z toho dlouhého úsilí jsem si odnesl především pocit úcty před hloubkou a mocí

Předmluva

přírodního světa a fascinaci nad složitostmi a ironiemi pokračujících střetů našeho živočišného druhu s technologiemi. Navzdory všemu jsme během posledních sedmi dekád — srovnatelných s délkou mého života — zvládli uchopit do svých neohrabaných rukou nový zdroj neomezené energie, sevířít ho, zkoumat, převracet, potěžkat a využít, aniž jsme se zatím vyhodili do vzduchu. Až konečně dorazíme na druhý břeh — až budou všechny jaderné zbraně rozebrány a materiál jejich jader poslouží jako palivo v reaktorech —, zjistíme, že pořád čelíme v podstatě týmž politickým nejistotám jako dnes. Bomby tyto nejistoty nenapravily a nenapraví je ani to, že se bomb zbavíme. Svět se pak jistě stane mnohem otevřenějším místem — k čemuž mu už beztoho pomáhají informační technologie. Jak řekl Jonathan Schell, rozdíl bude v tom, že jako odstrašení bude sloužit hrozba opětovným vy-zbrojením, ne hrozba jaderné války.

Na svět bez jaderných zbraní nemyslím jako na utopický sen, ale prostě jako na svět, v němž se reakční časy záměrně prodlouží na měsíce, či dokonce roky, což přinese úměrně delší mezidobí, během nichž lze rozpory řešit diskusemi, bez válek. Pokud v takovém světě selžou vyjednávání, selžou konvenční střety a obě strany se vrátí k vyzbrojování nukleárními zbraněmi — pak se přinejhorším vrátíme jen k tomu nebezpečnému srážu, na němž teď všichni stojíme.

Stejně jako všechny zásadní vědecké objevy i objev způsobu uvolnění jaderné energie změnil strukturu lidských vztahů — natrvalo.

To, jak k tomu došlo, se snaží vylíčit tato kniha.

Richard Rhodes
Half Moon Bay
únor 2012

PRVNÍ ČÁST

Základní a nezbytná pravda

*Je základní a nezbytnou pravdou, že hluboké vědecké zákonitosti
neobjevujeme proto, že by byly užitečné, ale protože je možné je objevit.*

Robert Oppenheimer

*Je pro mne stále nekonečným zdrojem překvapení
vidět, jak může pár klikyháků na tabuli nebo
na kusu papíru změnit běh lidských událostí.*

Stanisław Ulam

(1) Nesmysl

V Londýně, v místě, kde Southampton Row ústí na Russell Square, naproti Britskému muzeu v Bloomsbury, stál jednoho šedivého rána za časů hospodářské deprese Leó Szilárd a netrpělivě čekal na přechodu na zelenou. V noci trochu pršelo, úterý 12. září 1933 se rozednilo do zimy a pošmourného vlhka.¹ Časně odpoledne začne zase mrholit. Když to Szilárd později líčil, nikdy se nezmínil, kam měl toho rána vlastně namířeno. Možná nikam; často jen přemýšlel za chůze. Tak či tak osud zasáhl a jeho cíl změnil. Na semaforu naskočila zelená. Szilárd sestoupil z obrubníku. A zatímco přecházel přes ulici, otevřela se před ním prasklina v čase a on spatřil cestu do budoucnosti — plod stromu zakázaný, jehož požití zhoubné vzneslo smrt a bídu všelikou na svět —, podobu toho, co přijde.

Maďarský teoretický fyzik židovského původu Leó Szilárd se narodil v Budapešti 11. února 1898 a v roce 1933 mu bylo pětatřicet let. Se svými sto šedesáti osmi centimetry nebyl ani tehdy nijak vysoký. Ale nebyl to ještě ten „drobný tloušťák“ s kulatou tváří a bříškem, jemuž „v očích zářila inteligence a důvtip“, muž „dělicí se o nápady stejně velkoryse jako marorský náčelník o ženy“, jak ho k stáru popsal francouzský biolog Jacques Monod.² V půli životní cesty mezi pohledným mladíkem a důstojným pánem středních let měl Szilárd husté kadeřavé tmavé vlasy a živý obličej s plnými rty, plochými lícemi a tmavohnědýma očima. Na fotografiích se však tvářil oduševněle. Měl k tomu důvod. Jeho nejsilnější ctižádostí, dokonce ještě silnější než vědecké zaujetí, bylo nějakým způsobem spasit svět.

Právě vyšel nejnovější román H. G. Wellse *The Shape of Things to Come* (Podoba toho, co přijde) a recenze listu *The Times* jej 1. září přivítala s blahosklonnou přívětivostí. „Nejnovější ‚sen o budoucnosti‘ pana Wellse je svým vlastním brilantním ospravedlněním,“ stálo v ní nejasně.³ Vizionářský anglický romanopisec patřil k síti vlivných známostí,⁴ za niž Szilárd vděčil nejen své výmluvnosti a inteligenci, ale i velké troufalosti.

V roce 1928 Szilárd působil jako *privatdozent* na berlínské Univerzitě Fridricha Viléma. Důvěrně se přátelil s Albertem Einsteinem, s nímž vlastnil patenty na různé praktické vynálezy. A četl Wellsovo pojednání *Otevřené spiknutí*.⁵ Tím otevřeným spiknutím měla být veřejná konspirace vědecky založených průmyslníků a finančníků s cílem vytvořit světovou republiku a tím spasit svět. Szilárd si tento Wellsův termín přivlastnil a příležitostně jej po zbytek života používal. Dokonce se v roce 1929 vydal do Londýna,⁶ aby se s Wellsem sešel a ucházel se o středoevropská práva na jeho knihy.⁷ Vzhledem k Szilárdovým ambicím je vcelku jisté, že s Wellsem probíral mnohem více než jen nakladatelská práva. To setkání však bezprostředně k žádným dalším vazbám nevedlo. Szilárd ještě nenarazil na nejzajímavějšího sirotka z Wellsova dickensovského davu příběhů.

Szilárdova minulost byla přípravou na to, co měl objevit na přechodu přes Southampton Row. Byl synem stavebního inženýra. Matka ho milovala a bylo o něj dobře postaráno. „Uměl jsem jazyky, protože jsme doma měli guvernanky, jedna mě učila německy, druhá francouzsky.“ Na gymnáziu, slavné „Mintě“ spravované Budapeštskou univerzitou (pozdější Univerzitou Loránda Eötvöse), byl pro své spolužáky „něco jako maskot“.⁸ Jednou posluchačům řekl: „Když jsem byl mladý, měl jsem v životě dva velké zájmy: jedním byla fyzika a druhým politika.“⁹ Pamatoval si, jak jako šestnáctiletý na začátku první světové války své žasnoucí spolužáky na základě svých předčasně vyspělých odhadů relativní politické síly znepřátelených stran informoval, jak se jednotlivým státům povede:

Řekl jsem jim tenkrát, že samozřejmě netuším, kdo válku vyhraje, ale vím, jak by měla skončit. Měla by skončit porážkou centrálních mocností, tedy Rakouska-Uherska a Německa, a také porážkou Ruska. Řekl jsem, že si neumím úplně představit, jak by se to mohlo stát, protože bojují na opačných stranách, ale že by se to stát skutečně mělo. Zpětně nedokážu pochopit, jak jsem ve svých šestnácti letech a bez přímé znalosti jiných zemí než Maďarska byl schopný něco takového prohlásit.¹⁰

Nesmysl

Vypadá to, že už v šestnácti byl v podstatě hotovou osobností. Věřil, že v té době jeho schopnost úsudku dosáhla vrcholu a už se nezlepšovala, „možná se dokonce zhoršila“.¹¹

Jeho šestnáctý rok byl prvním rokem války, jež měla rozbít tehdejší politické a právní dohody. Ta časová shoda byla katalyzátorem, stačila, aby v mladém muži vzbudila mesiášské pocity. Szilárd až do své smrti přiváděl tupce do rozpaků a ješity k zuřivosti.

Když v roce 1916 absolvoval „Mintu“, přebíral Eötvösovu cenu,¹² maďarské státní ocenění za matematiku, a zvažoval své další vzdělávání. Zajímala ho fyzika, ale „v Maďarsku nebylo na nějakou kariéru ve fyzice ani pomyšlení“.¹³ Kdyby studoval fyziku, byl by z něj nanejvýš středoškolský učitel. Přemýšlel o studiu chemie, ta by se mu později mohla hodit, až by se pustil do fyziky, ale ani chemie nebyla z hlediska živobytí slibná. Jeho volba padla na elektrotechniku. A nemusely za ní stát jen ekonomické důvody. Jeho přítel, jenž studoval v Berlíně, si ještě v roce 1922 všiml, že Szilárd navzdory své Eötvösově ceně „má pocit, že se svými schopnostmi zvládat matematické operace nemůže svým kolegům rovnat“.¹⁴ Tím, že se vyhnul stojatým vodám vědecké výuky na tehdejších maďarských univerzitách a později si vydobyl prominentní místo ve světové fyzice, nebyl Szilárd ojedinělý — podobných Maďarů bylo víc.

Začal studovat v Budapešti na Královské technické univerzitě palatina Josefa. Poté ho však odvedli do rakousko-uherské armády, a jelikož měl gymnaziální vzdělání, poslali ho přímo do důstojnické školy na výcvik ke kavalerii. Tam mu služební volno téměř jistě zachránilo život.¹⁵ Pod záminkou, že musí morálně podpořit rodiče, jelikož bratr prodělal vážnou operaci, požádal o povolení opustit kasárna. Ve skutečnosti to udělal proto, že byl nemocný. Soudil, že má zápal plic. Chtěl se léčit v Budapešti, blízko rodičů, ne v polní vojenské nemocnici. Když v pozoru čekal, až dorazí velící důstojník a vyslyší jeho žádost, měl devětatřicetistupňovou horečku. Kapitán váhal, Szilárd však se svou typickou tvrdohlavostí trval na svém a povolení si vymohl. S pomocí přátel se dostal do vlaku a do Vídně dorazil sice s nižší horečkou, zato se silným kašlem. Odtud dojel do Budapešti a do slušné nemocnice. Diagnostikovali mu španělskou chřipku; šlo o jeden z prvních výskytů tohoto onemocnění na rakousko-uherské straně. Blížil se konec války. Pomocí „rodinných konexí“¹⁶ si Szilárd o několik týdnů později zařídil propuštění z armády. „Zkrátka jsem se doslechl, že můj regiment“ — vyslaný na frontu — „skončil pod silným útokem a všichni mí druzi jsou nezvěstní.“¹⁷

Když uprostřed zmatku po porážce Rakouska-Uherska Leninův maďarský žák Béla Kun založil se svými komunistickými a sociálnědemokratickými stoupenci v létě 1919 jepičí Maďarskou republiku rad, Szilárd pochopil,

že je načase začít studovat někde v zahraničí. Bylo mu jednadvacet let. Sotva si zařídil pas, Kunův režim se na začátku srpna zhroutil; Szilárd si obstaral další pas, tentokrát pravicového režimu admirála Miklóse Horthyho, jenž následoval po republice rad, a kolem Vánoc Maďarsko opustil.¹⁸

Stále ještě zdráhavě rozhodnutý pro elektrotechniku se přihlásil na Polytechnický institut v Berlíně. Pro obor, který si v Maďarsku vybral z nezbytí, už však v Německu hovořily jen praktické důvody. Mezi profesory fyziky na berlínské Univerzitě Fridricha Viléma působili vynikající teoretikové a laureáti Nobelovy ceny Albert Einstein, Max Planck a Max von Laue. Fritz Haber, jehož metoda syntézy dusíku ze vzduchu pro výrobu dusičnanů na střelný prach zachránila v první světové válce Německo před rychlou porážkou, byl pouze jedním z mnoha významných chemiků a fyziků v několika vládou a průmyslem sponzorovaných ústavech císaře Viléma na elegantním berlínském předměstí Dahlem. Rozdíly ve vědeckých příležitostech mezi Budapeští a Berlínem způsobily, že Szilárd nebyl fyzicky schopen vnímat přednášky o elektrotechnice. „Nakonec se jako vždycky ukázalo, že podvědomí je silnější než vědomí, a znemožnilo mi jakékoli pokroky ve studiu elektrotechniky. Ego to nakonec vzdalo a někdy v polovině roku 1921 jsem Polytechnický institut v Berlíně opustil, abych svá studia dokončil na berlínské Univerzitě Fridricha Viléma.“¹⁹

Studenti fyziky tehdy cestovali Evropou a vyhledávali výjimečné mistry v podstatě stejně, jako to dělávali jejich předchůdci ve sféře učenosti a umění už od středověku. Německé univerzity byly státní instituce a profesor byl placený státní zaměstnanec, jenž za kurzy, které se rozhodl vést, navíc pobíral poplatky přímo od studentů (oproti tomu *privatdozent* byl externí učenec s privilegiem vyučovat, který nedostával plat, ale poplatky vybírat mohl). Pokud jste se toužili naučit něco, na co se specializoval učitel v Mnichově, jeli jste do Mnichova; pokud v Göttingenu, jeli jste do Göttingenu. Věda zkrátka navazovala na cechovní tradici a v první třetině dvacátého století si zachovávala — a do určité míry dodnes zachovává — neformální systém mistrovství a učenictví, nad nímž vznikla vrstva novějšího systému evropského vyššího školství. A tato neformální kolegialita zčásti vysvětluje, proč se vědci Szilárdovy generace cítili být členy výjimečné skupiny, v podstatě cechu majícího mezinárodní rozsah a ctícího mezinárodní hodnoty.

Teoretický fyzik Eugene Wigner byl Szilárdův dobrý přítel a stejně jako on Maďar. V době, kdy Szilárd přešel na fyziku, studoval Wigner na Polytechnickém institutu v Berlíně průmyslovou chemii. Vzpomínal, jaký poprask Szilárd na Univerzitě Fridricha Viléma způsobil. „Jakmile si Szilárd ujasnil,

že jeho pravým zájmem je fyzika, šel se se svou typickou přímostí seznámit s Albertem Einsteinem.²⁰ Einstein žil v ústraní — jelikož dával přednost originalitě před opakováním, učil málo kurzů —, ale Wigner si pamatuje, jak ho Szilárd přesvědčil, aby začal vyučovat statistickou mechaniku.²¹ Max Planck byl vyzábělý, plešatý postarší muž, respektovaná autorita, fyzik, jehož zkoumání záření vyzařovaného rovnoměrně zahřátým povrchem (jako je například vnitřek pece) přivedlo k objevu jisté univerzální přírodní konstanty. Řídil se rozšafným zvykem předních vědců, kteří jako tutoři přijímali pod svá křídla jen ty nejslibnější studenty. Szilárd ho zaujal.²² Max von Laue, elegantní šéf univerzitního ústavu teoretické fyziky, zakladatel rentgenové krystalografie, jenž způsobil mezi laiky senzaci, když poprvé zviditelněl atomové vrstvy v krystalech, přijal Szilárda do svého výjimečného kurzu teorie relativity a později dozoroval jeho doktorskou disertaci.²³

Poválečná německá infekce beznaděje, cynismu a vzteku z porážky se v Berlíně vystupňovala do stavu horečnatých halucinací. Univerzita stojící v centru mezi Dorotheenstrasse a Unter den Linden, východně od Brani-borské brány, nabízela ideální pozici ke sledování těchto bizarních efektů. Listopadová revoluce roku 1918, jež začala vzpourou námořníků v Kielu, rychle se rozšířila do Berlína a způsobila ústup císaře do Nizozemska, příměří a nakonec, po krvavých nepokojích, vznik vratké Výmarské republiky, Szilárda minula. Když na konci roku 1919 přijel do Berlína, více než osmiměsíční výjimečný stav byl už odvolán. Město bylo zprvu vyhladovělé a bezútěšné, brzy však začalo opět nakažlivě kypět životem.

„Na zemi ležel sníh,“ vzpomínal jeden návštěvník z Anglie na chvíli, kdy uprostřed noci poprvé spatřil poválečný Berlín. „Ta směsice sněhu, neonů a ohromných, mohutných budov působila nadpozemsky. Měl jsem pocit, že jsem dorazil na nějaké neuvěřitelné podivné místo.“²⁴ Němec zapojený do berlínské divadelní scény dvacátých let to líčil takto: „Vzduch byl pořád jiskrný, peprný, jako v New Yorku na konci podzimu. Člověk nepotřeboval moc spát a nikdy jste si nepřipadali unavení. Bylo to jediné místo, kde prohra byla spanilá, kde po každé další ráně na bradu šlo zas a znovu vstát.“²⁵ Německá aristokracie se stáhla do ústraní a její místo zaujali intelektuálové, filmové hvězdy a žurnalisté. Hlavní společenskou událostí roku ve městě, kde stál prázdný Královský zámek, byl *Presseball*, novinářský ples sponzorovaný berlínským novinářským klubem. Přilákal šest tisíc návštěvníků.²⁶

V poválečném Berlíně navrhl Ludwig Mies van der Rohe svůj první prosklený mrakodrap.²⁷ V Berlíně debutoval předčasně vyspělý Yehudi Menuhin a v publiku mu tleskal Einstein.²⁸ Když George Grosz vydal sbírku kreseb

Ecce Homo, vycházel z postřehů po léta sbíraných na širokých berlínských bulvárech.²⁹ Byl tu i Vladimir Nabokov, jehož zaujala „stará, růžolící žebračka s nohama uříznutýma u pánve, nabízející kupodivu tkaničky do bot [...] jako busta nalepená k patě zdi“.³⁰ Uprchlý carský důstojník Fjodor Vinberg tu vydával své noviny, otevřeně nabádal k násilné likvidaci Židů a propagoval *Protokoly sionských mudrců*, které do Německa osobně dovezl z Ruska. Nového německého vydání této pseudomachiavelistické a zcela smyšlené fantazie o plánu na dosažení světové nadvlády se prodalo přes sto tisíc výtisků.³¹ Hitler v Berlíně dlouho nebyl, protože měl po propuštění z vězení v roce 1924 pobyt v severním Německu zakázán, ale poslal tam svého poskoka Josepha Goebbelse. V otevřeném, bujarém, jazzem zpitém městě, jež ve svém deníku očerňoval jako „temnou a tajuplnou záhadu“,³² se Goebbels učil využívat bezohledné násilí a osnovat propagandu.

V létě roku 1922 se v Německu směnný kurz propadl na čtyři sta marek za dolar. Na začátku ledna strašlivého roku 1923 spadl na sedm tisíc marek za dolar. V červenci to bylo sto šedesát tisíc. V srpnu milion. A 23. listopadu 1923, kdy konečně došlo k měnovému zásahu, se dávalo 4,2 *bilionu* marek za dolar. Banky sháněly účetní zvládající velký počet nul a výběry v hotovosti se vyplácely na váhu. Obchody se starožitnostmi byly až po strop nacpané zastavenými poklady zbankrotované střední třídy. Sedadlo v divadle bylo k mání za jedno vejce. Dobře se tehdy měli jen lidé vlastníci tvrdou měnu — většinou cizinci. Za pár centů mohli po železnici vozem první třídy přejet přes celé Německo, ale také si vysloužili zášť hladovějících Němců. Jeden Angličan, jenž Německo navštívil, si to pochvaloval: „Ne, necítil jsem vinu. Měl jsem pocit, že je to zcela normální, dar z nebes.“³³

Německý fyzik Walter Elsasser, jenž později emigroval do Spojených států, v roce 1923, zatímco přerušil studia, pracoval v Berlíně. Otec souhlasil, že mu bude hradit osobní výdaje. Nebyl sice cizincem, ale s cizí pomocí si mohl dovolit jako cizinec žít:

Abych nebyl závislý [na inflaci], otec se obrátil na svého přítele Kaufmanna, basilejského bankéře, a ten mi zřídil ve velké bance účet v amerických dolarech. [...] Jednou týdně jsem si vzal půlden volna, vyrazil podzemní dráhou do města a vybral si kapesné v markách, a samozřejmě to bylo pokaždé víc a víc. Cestou zpátky do pronajatého bytu jsem si hned koupil dost potravinových známek na celý týden, protože do tří dnů ceny citelně stouply, třeba o patnáct procent, takže by mi kapesné nestačilo a nemohl bych si dovolit takové radosti jako nedělní výlet do Postupimi nebo k jezerům na venkov. [...] Byl jsem příliš mladý, příliš

Nesmysl

*necitlivý a příliš nezkušený, než abych chápal, co ta prudká inflace znamená — opravdový hlad a bídu — pro lidi, kteří museli vyžít z penze nebo z jiného pevného příjmu, nebo dokonce pro ty, co pracovali za mzdu, hlavně pokud měli děti, protože jejich mzda za inflaci zaostávala.*³⁴

Tak nějak musel žít i Szilárd — až na to, že si nikdo nepamatoval, že by ho někdy viděl, jak si sám vaří. Dával přednost nabídce lahůdkářství a kaváren. Ten by byl schopný pochopit, co znamená inflace i jaké jsou příčiny jejího extrémního vývoje. Ale ačkoli byl Szilárd až nadpřirozeně všímavý — Wigner o něm napsal: „za ten dlouhý čas strávený mezi vědci jsem se nesetkal s takovou obrazotvorností a originalitou, s takovou nezávislostí v uvažování a názorech“³⁵ —, v jeho vzpomínkách a dokumentech se nezachovalo téměř nic, co by se těchto dnů v Berlíně týkalo. Přednímu německému městu na vrcholu poválečného společenského, politického a intelektuálního vzednutí věnoval Szilárd přesně jednu větu: „Berlín tehdy žil rozkvětem fyziky.“³⁶ Tolik pro něj znamenala fyzika, jejíž moderní syntéza se ve dvacátých letech rodila.

* * *

Po čtyřech letech vzdělávání student v Německu obvykle začal pracovat na disertaci. Se svolením profesora řešil problém, s nímž buďto přišel sám, nebo mu jej jeho profesor zadal. Slovy Szilárda, „pokud měla být práce přijatelná, musela být skutečně originální“.³⁷ Když se disertace setkala s příznivým přijetím, student jednoho odpoledne absolvoval ústní zkoušku, a pokud prošel, obdržel doktorát.

Szilárd už obětoval rok života armádě a dva roky elektrotechnice. Když se teď pustil do fyziky, už nemarnil čas. V létě roku 1921 se vypravil za Maxem von Lauem a požádal ho o téma disertace. Ať už to von Laue myslel dobře, nebo chtěl, aby si Szilárd vylámal zuby, zadal mu obskurní problém z teorie relativity. „Vůbec jsem nevěděl, jak na to. Vlastně jsem si ani nebyl jistý, jestli ten problém lze vyřešit.“ Szilárd na tom dělal šest měsíců, až do Vánoc. „Pak jsem si řekl, že o Vánocích by člověk neměl pracovat, měl by odpočívat, a tak jsem přemýšlel jen nad tím, co mě zrovna napadlo.“³⁸

Během tří týdnů přišel na to, jak vyřešit záhadný rozpor v termodynamice, fyzikálním odvětví řešícím vztahy mezi teplem a jinými formami energie. Existují dvě termodynamické teorie, obě velmi úspěšné při předpovídání tepelných jevů. Ta první, fenomenologická, je abstraktnější a obecnější (a proto užitečnější). Ta druhá, statistická, vychází z atomového modelu

a lépe odpovídá fyzikální realitě. Konkrétně řečeno, statistická teorie popisuje tepelnou rovnováhu jako stav náhodných pohybů atomů. Einstein kupříkladu v roce 1905 v důležité práci dokázal, že Brownův pohyb — neustálý náhodný pohyb částic, třeba pylu rozptýleného v tekutině — je právě takovým stavem.³⁹ Užitečnější fenomenologická teorie však chápala tepelnou rovnováhu jako statický stav beze změn. V tom spočíval onen rozpor.

Szilárd chodil na dlouhé procházky — v Berlíně byla zima a šedivo, které jen občas rozptýlily jasné slunečné dny — „a za chůze mě něco napadlo, a když jsem se vrátil domů, zapsal jsem si to, druhý den ráno jsem se vzbudil s novým nápadem a opět jsem vyrazil na procházku, ta myšlenka mi vykrystalizovala v hlavě a večer jsem si ji zase zapsal“. Považoval to za nejvíce tvůrčí období svého života. „Během tří týdnů jsem sepsal rukopis něčeho opravdu originálního. Ale neodvažoval jsem se to dát von Lauemu, protože to nebyla práce, kterou mi zadal.“⁴⁰

Místo toho se Szilárd vydal po semináři za Einsteinem. Odchytil si ho a oznámil mu, že by mu chtěl říct o něčem, na čem pracuje.

„No, a na čem pracujete?“ vzpomínal Szilárd, že se ho Einstein zeptal.

Přednesl mu svou „zcela originální“ myšlenku.

„To není možné,“ zareagoval Einstein. „To se nedá provést.“

„No, ano, ale já jsem to provedl.“

„Jak jste to provedl?“

Szilárd začal vysvětlovat. Jak vzpomínal, „po pěti nebo deseti minutách“ to Einstein pochopil. Szilárd po pouhém roce univerzitního studia fyziky vypracoval rigorózní matematický důkaz, že náhodný pohyb tepelné rovnováhy lze zasadit do rámce fenomenologické teorie v její původní, klasické formě, bez nutnosti použít limitující atomární model — „a Einsteinovi se to moc líbilo“.⁴¹

Takto povzbuzen zanesl Szilárd svou práci, jež dostala název „Rozšíření fenomenologické termodynamiky na fenomén fluktuace“, von Lauemu. Ten ji s jistou dávkou pochybností přijal a odnesl si ji domů. „A druhý den ráno, časně ráno, zazvonil telefon. Byl to von Laue. Řekl mi: ‚Váš rukopis byl přijat jako doktorská disertace.‘“⁴²

O šest měsíců později napsal Szilárd další práci na téma termodynamiky, „Pokles entropie v termodynamickém systému způsobený vlivem inteligentních bytostí“, jež byla po čase přijata jako jeden z důležitých základních dokumentů moderní teorie informace.⁴³ To už měl vysokoškolský titul: byl teď Dr. Leó Szilárd. Do roku 1925 se v Ústavu císaře Viléma pro chemii v Dahlemu zabýval von Laueho oborem — experimenty s jevy vyvolávanými rentgenovým zářením v krystalech. Pak Univerzita Fridricha Viléma přijala

jeho *habilitationsschrift*, habilitační práci na téma entropie, čímž se z něj stal *privatdozent*. Tuto pozici zastával až do roku 1933, kdy odešel do Anglie.⁴⁴

Tenkrát i později se Szilárd mimo jiné zabýval také vynálezy. V letech 1924 až 1934 podal na německý patentový úřad buďto sám, nebo spolu s Albertem Einsteinem devětadvacet patentů. Většina společných patentů se týkala chladírenských zařízení pro domácnost.⁴⁵ „Jednoho dne upoutal Einsteinovu a Szilárdovu pozornost smutný novinový článek,“ napsal jeden z pozdějších Szilárdových amerických žáků. „V berlínských novinách stálo, že někde v bytě našli udušenou celou rodinu včetně několika malých dětí. Nadýchali se jedovatých výparů chemikálie, jež sloužila jako chladicí médium v jejich primitivní chladničce a v noci unikla netěsnícím ventilem čerpadla.“⁴⁶ Oba fyzikové obratem vymysleli způsob, jak do chladiva přidat kov a pumpovat jej elektromagneticky, způsobem, při němž nebyly zapotřebí žádné pohyblivé součásti kromě samotné chladicí látky, a tedy ani žádná těsnění ventilů, jež by mohla netěsnit.⁴⁷ Německá firma AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft) vyrábějící elektrické spotřebiče najala Szilárda jako placeného konzultanta a postavila prototyp Einsteinovy a Szilárdovy chladničky, magnetické čerpadlo však bylo dokonce i ve srovnání s tehdejšími běžnými hlučnými kompresory o tolik hlučnější, že nikdy neopustilo konstrukční laboratoř.

Jiný, i když svým způsobem podobný nápad, rovněž patentovaný, mohl Szilárdovi vynést světový věhlas, kdyby jej dovedl dál než jen do stadia patentu. Nezávisle na americkém experimentálním fyzikovi Ernestu O. Lawrencovi a nejméně o tři měsíce dříve přišel Szilárd se základním principem a obecnou konstrukcí toho, co se pak jako Lawrenceův vynález nazývalo cyklotron. Šlo o zařízení urychlující jaderné částice v cirkulárním magnetickém poli, tedy cosi jako nukleární čerpadlo. Szilárd se přihlásil o patent na své zařízení 5. ledna 1929,⁴⁸ zatímco Lawrence začal o cyklotronu uvažovat kolem 1. dubna 1929⁴⁹ a o rok později vytvořil malý funkční model, za který v roce 1939 obdržel Nobelovu cenu za fyziku.

Szilárdova originalita neznala mezí. Někdy mezi tím, kdy jako šestnáctiletý prorok věštil osudy národů a jako jednatřicetiletý „otevřený spiklenec“ dojednával s H. G. Wellsem nakladatelská práva, vymyslel své vlastní otevřené spiknutí. Tvrdil, že jeho společenský vynález vznikl v „polovině dvacátých let v Německu“.⁵⁰ Pokud tomu tak bylo, znamená to, že se v roce 1929 vypravil za Wellsem nejen jako obdivovatel jeho prozíravosti, ale i kvůli své vizi. Charles Percy Snow, britský fyzik a romanopisec, o Szilárdovi napsal, že „měl temperament, jaký se jen tak nevidí, i když mezi velkými vědci je možná o maličko méně neobvyklý. Měl obrovské ego a byl neochvějně sebestředný,

ale sílu té povahy směřoval vně, se záměrem být prospěšný bližním. V tomto ohledu byl do jisté míry spřízněný s Einsteinem⁵¹ V onom konkrétním případě se záměr prospívat skrýval v dokumentu navrhujícím novou organizaci: *Der Bund* — řád, sdružení, nebo prostě skupinu.⁵²

Szilárd napsal, že onen *bund* by měl být „úzcce propojenou skupinou lidí, jejichž vnitřní pouto je prodchnuto náboženským a vědeckým duchem“.⁵³

*Kdybychom mohli nějakým kouzlem rozpoznat „nejlepší“ jednotlivce nastupující generace v mladém věku [...] mohli bychom je vést k nezávislému uvažování a vzdělávání v úzkém společenství bychom vytvořili vnitřně soudržnou vrstvu duchovních vůdců, jež by se sama udržovala.*⁵⁴

Členům této třídy by nebylo odměnou bohatství ani osobní sláva. Naopak, museli by na sebe vzít mimořádnou odpovědnost, „břímě“, jež by „dokazovalo jejich obětavost“. Szilárd soudil, že taková skupina by měla šanci ovlivňovat veřejné záležitosti, i kdyby postrádala formální strukturu a konstituční postavení. Existovala však i možnost, že by taková skupina mohla „převzít přímější vliv na veřejné záležitosti v rámci politického systému, ať už by stála mimo vládu a parlament, nebo na místě vlády a parlamentu“.⁵⁵

Jindy Szilárd napsal: „Řád neměl být něčím jako politickou stranou [...] měl spíše zastupovat stát.“⁵⁶ Představoval si, že se v buňkách čítajících třicet až čtyřicet lidí nějak vyvine zastupitelská demokracie a tak se vytvoří vyspělá politická struktura *bundu*. „Díky metodě výběru [a vzdělávání] [...] by byla velká šance, že rozhodnutí na nejvyšší úrovni by byla přijímána spravedlivou většinou.“

Takovou či onakou verzi *bundu* vymýšlel Szilárd po celý svůj život. Ještě v roce 1961 můžeme tuto myšlenku najít vhodně zamaskovanou v jeho populární povídce „The Voice of the Dolphins“ (Hlas delfínů). Delfini v nádrži „vídeňského ústavu“ začnou prostřednictvím ošetřovatelů a tlumočnicků — amerických a ruských vědců — předávat světu svou podmanivou moudrost. Vypravěč šibalsky naznačuje, že skutečným zdrojem té moudrosti jsou možná ošetřovatelé, kteří k tomu, aby spasili lidstvo, využívají lidské fascinace nadlidskými spasilci.⁵⁷

V divokém výbuchu optimismu (či oportunismu) sebral Szilárd v roce 1930 energii, zorganizoval skupinu svých známých, většinou mladých fyziků, a započal práci na vytváření *bundu*.⁵⁸ V polovině dvacátých let byl přesvědčený, že „parlamentní forma demokracie nebude mít v Německu dlouhého trvání“, ale řekl také: „Myslel jsem, že by mohla generaci či dvě vydržet.“⁵⁹ Během pěti let však změnil názor. „V roce 1930 [...] jsem dospěl k přesvědčení, že se

v Německu něco zvrtné.“ Toho roku se v Paříži sešel ekonomický výbor, jenž měl rozhodnout, kolik by mělo Německo zaplatit na válečných reparacích, ale prezident německé Říšské banky Hjalmar Schacht tam prohlásil, že Německo nemůže zaplatit vůbec nic, pokud mu nebudou vráceny jeho bývalé kolonie, o něž bylo po válce připraveno. „Bylo to tak zarážející prohlášení, že upoutalo mou pozornost. Řekl jsem si, že jestli Hjalmar Schacht věří, že mu něco takového projde, musí to být vážně zlé. Zasáhlo mě to natolik, že jsem své bance napsal dopis a všechno, co jsem měl, jsem do posledního haléře převedl z Německa do Švýcarska.“⁶⁰

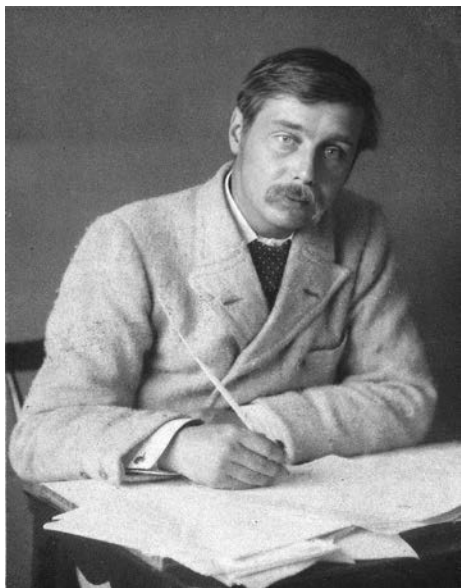
V Německu se k moci dostávala mnohem organizovanější verze *bundu* s odlišným a mnohem primitivnějším programem spásy světa. Tento program, popsáný arogantně v autobiografické knize *Mein Kampf*, čekala dlouhá a krvavá zkouška. Přesto měl Szilárd v příštích letech sehrát vůdčí roli ve vytvoření jistého *bundu*, vskrytu pracujícího na naléhavějším a bezprostřednějším úkolu, než je vytvoření utopie. Tato „úzce propojená skupina lidí“ měla nakonec ovlivnit běh světa ještě víc, než to učinil nacismus.

* * *

Někdy ve dvacátých letech upoutala Szilárdovu pozornost nová výzkumná oblast: nukleární fyzika, zkoumání jádra atomu, kde je soustředěna většina jeho hmotnosti, a tedy i jeho energie. Szilárd byl obeznámený s dlouhou řadou vynikajících prací v oboru obecné radioaktivity, za nimiž stál produktivní tým z Ústavu císaře Viléma pro chemii tvořený německým chemikem Ottem Hahnem a rakouskou fyzičkou Lise Meitnerovou. Nepochybně také vnímal zvláštní napětí v ovzduší svědčící o možnosti nových objevů.

Jádra některých lehkých atomů lze narušit ostřelováním atomovými částicemi — to už předvedl velký britský experimentální fyzik Ernest Rutherford. Rutherford použil k ostřelování jádra jiné jádro, ale jelikož byla obě jádra silně kladně elektricky nabitá, ostřelované jádro většinu útoků odpudilo. Fyzikové proto hledali způsoby, jak částice urychlit natolik, aby dokázaly projít skrz elektrickou bariéru jádra. Szilárdova konstrukce urychlovače částic cyklotronového typu, jenž mohl takovému účelu sloužit, svědčí o tom, že o jaderné fyzice uvažoval už v roce 1928.

Do roku 1932 o tom pouze uvažoval, nic víc. Měl jinou práci a jaderná fyzika pro něj ještě nebyla dostatečně zajímavá. Přesvědčila jej až v roce 1932. Fyzikální objevy toto pole otevřely novým možnostem, zatímco objevy, jež Szilárd učinil ve světě literatury a utopismu, otevřely jeho mysl novým způsobům, jak spasit svět.



001

Anglický romanopisec

H. G. Wells. Jeho román *Osvobození světa* z roku 1914 předpověděl atomové bomby, atomovou válku a světovládu.

Sedmadvacátého února 1932 oznámil fyzik James Chadwick, člen týmu Ernesta Rutherforda z Cavendishovy laboratoře Cambridgeské univerzity, dopisem v britském časopisu *Nature* možnost existence neutronu.⁶¹ (O čtyři měsíce později existenci neutronu potvrdil delším článkem zveřejněným v *Proceedings of the Royal Society*,⁶² ale už v době toho prvního, opatrného oznámení Chadwick o svém objevu nepochyboval a stejně tak mu věřil Szilárd. Jak to u mnoha vědeckých objevů bývá, jakmile byl experimentálně potvrzen, začalo to všem připadat zřejmé, a kdyby Szilárd chtěl, mohl pokus v Berlíně zopakovat.) Neutron, částice s téměř stejnou hmotností jako pozitivně nabitý proton, jenž byl do roku 1932 jedinou s jistotou známou složkou jádra atomu, neměl žádný elektrický náboj, což znamenalo, že by mohl projít elektrickou bariérou obklopující jádro a vniknout do něj. Neutron otvíral atomové jádro ke zkoumání. Možná byl i způsobem, jak jádro přimět, aby se části své obrovské energie vzdalo.

A právě tehdy, v roce 1932, Szilárd někde našel či si pořídil toho zajímavého sirotka mezi knihami H. G. Wellse, na něhož dosud nenarazil: *Osvobození světa*.⁶³ Navzdory názvu to nebylo pojednání jako *Otevřené spiknutí*. Byl

Nesmysl

to prorocký román publikovaný v roce 1914, před začátkem první světové války. I o třicet let později dokázal Szilárd *Osvobození světa* přesně a podrobně shrnout. Jak řekl, Wells popisuje

*[...] osvobození atomové energie ve velkém měřítku pro průmyslové účely, vývoj atomových bomb a světovou válku, již zřejmě svedla aliance Anglie, Francie a snad i Ameriky proti Německu a Rakousku, silám z centrální části Evropy. Umístil tuto válku do roku 1956 a všechna světová velkoměsta jsou v ní zničena atomovými bombami.*⁶⁴

Wellsův vizionářský román popisoval i další vynálezy — myšlenky předjímající či odrážející Szilárdovy utopistické plány i odezvy na ně, jež Szilárda v následujících letech možná ovlivnily. Wells například píše, že jeho vědecký hrdina byl „sklíčený, ba vyděšený vědomím nezměrných následků svého objevu. Té noci nejasně cítil, že by své výsledky neměl zveřejnit, že přišly předčasně, že by se o jeho práci mělo postarat nějaké tajné společenství mudrců a předávat ji z generace na generaci, dokud svět nedozraje pro její praktické využití“⁶⁵

Osvobození světa přitom Szilárda ovlivnilo méně, než by námět románu mohl naznačovat. „Ta kniha na mne udělala opravdu mohutný dojem, ale nepovažoval jsem ji za nic víc než fikci. Nepřiměla mě uvažovat o tom, jestli by se takové věci mohly opravdu stát. Tehdy jsem se jadernou fyzikou ještě nezabýval.“⁶⁶

Podle jeho vlastního líčení ho ke změně zaměření přiměl jistý poklidný rozhovor. V roce 1932 se z Anglie na kontinent vrátil jeho přítel, jenž ho s H. G. Wellsem seznámil:

Znovu jsem se s ním setkal v Berlíně a měli jsme pamětihodný rozhovor. Otto Mandl mi řekl, že si teď opravdu myslí, že ví, jak by šlo lidstvo zachránit před řadou stále se vracejících válek, které by je mohly zničit. Řekl, že člověk má v sobě náchylnost k heroičnosti. Nespokojí se jen se šťastným a idylickým životem: má potřebu bojovat a prožívat nebezpečí. A dospěl tedy k závěru, že aby se lidstvo zachránilo, musí se začít snažit opustit Zemi. Domníval se, že energie lidstva by se mohla soustředit na tento úkol a potřeba heroičnosti by se tím ukojila. Velice dobře si pamatuji svou reakci. Řekl jsem mu, že je to pro mě nová myšlenka a že si dost dobře nejsem jistý, jestli s ním mohu souhlasit. Jediné, co k tomu mohu říct, je, že kdybych došel k názoru, že právě tohle lidstvo potřebuje, kdybych chtěl něčím přispět k záchraně lidstva, pak

bych se pravděpodobně věnoval jaderné fyzice, protože jedině uvolněním atomové energie bychom mohli získat prostředky, které by člověku umožnily opustit nejen Zemi, ale i Sluneční soustavu.⁶⁷

A k tomuto závěru zřejmě Szilárd došel, neboť se toho roku přesunul v rámci berlínského Dahlemu do takzvaného Harnackova domu patřícího ústavům císaře Viléma — což bylo německým průmyslem sponzorované obydlí pro hostující vědce, svým způsobem jakýsi fakultní klub — a obrátil se na Lise Meitnerovou s žádostí, zda by spolu s ní mohl provádět experimenty v oblasti jaderné fyziky. S cílem spasit lidstvo.⁶⁸

Byl zvyklý na potulný život v pronajatých místnostech. V Harnackově domě měl kufrы pořád sbalené a klíče od nich po ruce. „Kdyby to začalo být příliš zlé, stačilo by kufrы zamknout a zmizet.“⁶⁹ Situace se zhoršila natolik, že rozhodnutí o spolupráci s Meitnerovou bylo odloženo.⁷⁰ Szilárd vzpomínal, že jeho starší maďarský přítel Michael Polanyi, chemik v Ústavu císaře Viléma pro chemii, jenž musel brát ohledy na rodinu, vnímal německou politickou scénu optimisticky, podobně jako tehdy v Německu kdekdo. „Všichni věřili, že civilizovaní Němci přece nedopustí, aby došlo k něčemu opravdu ošklivému.“⁷¹ Szilárd to tak optimisticky neviděl, vnímal, že Němci sami jsou paralyzovaní cynismem, jedním z ošklivých morálních důsledků prohry v první světové válce.

Třicátého ledna 1933 se Adolf Hitler stal německým kancléřem. V noci 27. února zapálil nacistický gang na pokyn šéfa berlínské SA, Hitlerovy soukromé armády, impozantní stavbu Reichstagu. Budova byla zcela zničena. Hitler svedl žhářství na komunisty a na šokovaném Říšském sněmu si vynutil mimořádné pravomoci. Szilárd vzpomínal, že ani požár Reichstagu Polanyiho nepřiměl změnit názor. „Podíval se na mě a řekl: ‚Vážně chcete tvrdit, že s tím má něco společného ministr vnitra [Hermann Göring]?’ Odpověděl jsem: ‚Ano, přesně tak.’ Nevěřicně na mě zíral.“⁷² Koncem března zakázali v Prusku a Bavorsku židovským soudcům a právníkům vykonávat praxi. O víkendu kolem 1. dubna nařídil Julius Streicher celonárodní boj-kot židovských obchodů a Židé byli bití na ulicích. „Někdy krátce před prvním dubnem 1933 jsem jel vlakem z Berlína do Vídně,“ píše Szilárd. „Vlak byl prázdný. Den nato byl tentýž vlak přečpaný, na hranicích jej zastavili, všichni museli vystoupit a nacisté každého vyslýchali. Z toho je vidět, že když chcete na tomhle světě uspět, nemusíte být o moc chytřejší než ostatní, stačí být o den rychlejší.“⁷³

Když 7. dubna vyhlásili v celém Německu *berufsbeamtengesetz*, zákon o obnově profesní státní služby, tisíce židovských učenců a vědců

Nesmysl



002

Maďarský fyzik Leó Szilárd jako mladík
snil o tom, že spasí svět. „Kdybychom našli prvek,
který by se dal štěpit neutrony...“

přišly o místo na německých univerzitách. Szilárd počátkem května dorazil do Anglie a hned se zběsile pustil do práce, aby těmto lidem pomohl emigrovat a najít práci v Anglii, Spojených státech, Palestině, Indii, Číně a kdekoli jinde. Jestliže prozatím nemohl spasit celý svět, mohl spasit alespoň jeho část.

V září si od tohoto snažení dopřál pauzu na nádech. Bydlel tehdy v hotelu Imperial na Russell Square. Z Curychu si do své londýnské banky převedl 1 595 liber.⁷⁴ Více než polovinu těchto peněz, 854 liber,⁷⁵ držel v úschově pro svého bratra Bélu, zbytek mu musel vystačit na rok. Szilárdovy peníze pocházely z licencí na jeho patenty, konzultací při výrobě chladniček a poplatků, jež bral jako *privatdozent*. Byl zaneprázdněn sháněním zaměstnání pro druhé a neměl čas hledat si to svoje. Jeho výdaje byly beztak malé; v dobrém londýnském hotelu vyšlo ubytování na týden včetně tří jídel denně asi na 5,5 libry. Szilárd většinu života strávil jako starý mládenec a jeho potřeby byly prosté.

„Nepřišel mi na mysl ani ten rozhovor [s Ottem Mandlem o cestování do vesmíru], ani kniha H. G. Wellse, dokud jsem se neocitl v Londýně v době

konání [sjezdu] Britské asociace.“⁷⁶ Szilárdova syntax je zde výmluvná: klíčové je slovo *dokud*. Tehdejší události a snaha pomáhat natolik odváděly jeho pozornost, že o jaderné fyzice nezládal kreativně uvažovat. Dokonce zvažoval, že se bude věnovat biologii. Byla by to radikální změna oboru, ale zvládla ji řada schopných fyziků před válkou i později. Z psychologického hlediska je taková změna velmi zvláštní a Szilárd k ní později, v roce 1946, přistoupil. V září 1933 však zasáhl výroční sjezd Britské asociace pro pokrok ve vědě.

Pokud si Szilárd v pátek 1. září v křesle ve vestibulu hotelu Imperial přečetl v *The Times* recenzi knihy *The Shape of Things to Come* (Podoba toho, co přijde), zaregistroval názor anonymního kritika, že se Wells „pokusil o něco podobného jako už několikrát — vzpomeňme především poměrně chaotickou knihu *Osvobození světa* —, avšak nikdy ne s takovou souvislou hojností a důkladností detailů, ba ani s přesvědčivostí, pokud jde o hrůznou pravděpodobnost některých bezprostřednějších a katastrofálních možností vývoje“.⁷⁷ A možná si zase vzpomněl na atomové bomby ve Wellsově dřívější knize, na Wellsovo *Otevřené spiknutí* i na to své vlastní či na nacistické Německo a jeho schopné fyziky, na zničená města a na globální válku.

Zcela určitě si však Szilárd přečetl *The Times* 12. září, kdy noviny obsahovaly provokativní sekvenci titulků:

BRITSKÁ ASOCIACE

ROZBITÍ ATOMU

TRANSFORMACE PRVKŮ

List *The Times* referoval o přednášce Ernesta Rutherforda shrnující dějiny „objevů posledního čtvrtstoletí atomových transmutací“, mezi něž spadaly i

NEBÝVALÉ NEUTRONOVÉ TRANSMUTACE

Szilárd znervózněl. Nejvýznačnější vědci Velké Británie rokují a on u toho není. Byl v bezpečí, měl peníze v bance, a přece byl jen jedním z anonymních židovských uprchlíků ztracených v Londýně, co sedí v hotelovém vestibulu u kávy — nezaměstnaný a neznámý.

Když dočetl do poloviny druhého sloupce novinové zprávy o Rutherfordově přednášce, narazil na odstavec:

Nesmysl

V závěru se lord Rutherford zabýval otázkou vyhlídek příštích dvaceti či třiceti let.

K urychlování ostřelujících částic pravděpodobně nebude zapotřebí vysokého napětí v řádu milionů voltů. Transformací bude možná dosaženo s 30 000 či 70 000 volty. [...] Lord Rutherford věří, že nakonec dokážeme transformovat všechny prvky.

V rámci těchto procesů bychom mohli získat nesrovnatelně více energie, než kolik jí dodá proton, ale nelze očekávat, že touto cestou budeme získávat energii. Je to velmi nevhodný a neefektivní způsob výroby energie a každý, kdo čekal v transformaci atomů zdroj energie, věřil v nesmysl.

V anglickém článku byl použit výraz „moonshine“, doslova „měsíční svit“. Věděl Szilárd, že v tomto kontextu to znamená sny, smyšlenky, nesmysly? Nebo se na význam toho slova musel zeptat portýra, než praštil novinami a vyřítil se na ulici? „Lord Rutherford prý řekl, že každý, kdo mluví o uvolnění atomové energie v průmyslovém měřítku, říká nesmysly. Tvrzení odborníků, že něco nejde, mě vždycky iritovala.“⁷⁸

„Začal jsem o tom uvažovat, zatímco jsem se procházel ulicemi Londýna, a vzpomínám si, že jsem se zastavil na červenou na přechodu přes Southampton Row.⁷⁹ [...] Přemýšlel jsem, jestli by se nedalo dokázat, že se lord Rutherford plete.“⁸⁰

„Napadlo mě, že neutrony na rozdíl od částic alfa neionizují látku, jíž procházejí [tj. elektricky s ní neinteragují]. Takže se nezastaví, dokud nenarazí na jádro, se kterým mohou reagovat.“⁸¹

Szilárd nebyl první, kdo si uvědomil, že neutron může proniknout pozitivní elektrickou bariérou jádra — to předtím napadlo i jiné fyziky. Jako první si však představil mechanismus, jímž by se při ostřelování jádra neutronem dalo uvolnit více energie, než kolik jí dodá samotný neutron.

V chemii existoval analogický proces. Dříve se jím zabýval Polanyi.⁸² Poměrně malý počet aktivních částic — například atomů kyslíku — přidaných do chemicky nestabilního systému může podnítit chemickou reakci při mnohem nižší teplotě, než jaká je k ní normálně zapotřebí. Tomuto procesu se říkalo řetězová reakce. Jedno centrum chemické reakce vytváří tisíce výsledných molekul. Někdy se takové centrum spojí s obzvláště příznivě reagující složkou a místo toho, aby vzniklo jen jedno nové centrum, se vytvoří dvě či více center, z nichž každé je opět schopné vytvořit řetězec reakcí.

Chemické řetězové reakce se samy limitují. Kdyby tomu tak nebylo, zvrhly by se v geometrickou řadu: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1 024, 2 048, 4 096, 8 192, 16 384, 32 768, 65 536, 131 072, 262 144, 524 288, 1 048 576, 2 097 152, 4 194 304, 8 388 608, 16 777 216, 33 554 432, 67 108 864, 134 217 728...

„Když se rozsvítila zelená a přecházel jsem ulici,“⁸³ vzpomínal Szilárd, „[...] najednou mě napadlo, že kdybychom našli prvek, který by se dal štěpit neutrony a který by po absorbování *jednoho* neutronu emitoval *dva*, mohl by takový prvek, shromážděný v dostatečném množství, udržovat řetězovou jadernou reakci.“

„V té chvíli jsem nevěděl, jak takový prvek hledat, jaké experimenty by to vyžadovalo, ale ta myšlenka mi nešla z hlavy. Za určitých okolností by bylo možné vyvolat jadernou řetězovou reakci, uvolnit energii v průmyslovém měřítku, konstruovat atomové bomby.“⁸⁴

Leó Szilárd opět vkročil na chodník. Za jeho zády se rozsvítila červená.

(2)

Atomy a prázdno

Atomová energie potřebuje atom, legitimní existenci něčeho takového však fyzika začala uznávat až na začátku dvacátého století. Koncept atomu jako idey — jako neviditelné vrstvy věčné, elementární substance pod zjevným světem, v němž se věci spojují, hemží, rozpadají a rozkládají — je nicméně starodávny. Navrhl jej Leukippos, řecký filozof z pátého století před naším letopočtem, jehož jméno přežívá jen díky zmínce u Aristotela. A známější Demokritos, bohatý Thrák žijící ve stejné době, jeho myšlenku rozvedl. „Podle zvyku barva, podle zvyku kyselé, podle zvyku sladké, avšak ve skutečnosti atomy a prázdno,“ cituje řecký lékař Galén z jednoho z Demokritových dvaasedmdesáti ztracených spisů.¹ Od sedmnáctého století fyzikové postulovali atomové modely světa, kdykoli se zdálo, že si to vývoj fyzikální teorie vyžaduje. Ale o tom, jestli atomy opravdu existují, se vedly nekončící debaty.

Tyto debaty se postupně přesunuly k otázce, jaký atom je vlastně pro vědu zapotřebí a přípustný. Isaac Newton si představoval něco jako miniaturní kulečnickovou kouli, jež by sloužila účelům jeho mechanického vesmíru pohybujících se hmotných těles: „Zdá se mi pravděpodobné,“ napsal v roce 1704, „že Bůh na počátku zformoval hmotu do tuhých, masivních, tvrdých, neprostupných a pohyblivých částíček takových velikostí a tvarů, s takovými dalšími vlastnostmi a v takových úměrách k prostoru, jaké nejlépe prospívaly účelu, k němuž je stvořil.“² Skotský fyzik James Clerk Maxwell, jenž zorganizoval založení Cavendishovy laboratoře, vydal v roce 1873 klíčovou práci *Treatise on Electricity and Magnetism* (Traktát o elektřině

a magnetismu), v níž Newtonův čistě mechanický vesmír částic kolidujících v prázdnotě modifikoval zavedením pojmu elektromagnetického pole. Toto pole prostupuje prázdnom, elektrická a magnetická energie se šíří prázdnotou rychlostí světla, samotné světlo, jak Clerk Maxwell prokázal, je formou elektromagnetického záření. Ale navzdory svým modifikacím byl Clerk Maxwell oddaným stoupencem stejné představy jako Newton — představy tvrdého, mechanického atomu:

Byť v průběhu věků docházelo na obloze ke katastrofám a bude k nim docházet dál, byť se rozpadaly pradávné soustavy a z jejich trosek vznikaly nové, to, z nichž jsou zbudovány — základní kameny hmotného vesmíru —, zůstává neporušené a neopotřebované. Trvají dodnes tak, jak byly stvořeny — dokonale počtem, rozměry i vahou.³

Max Planck byl jiného názoru. Podobně jako řada jeho kolegů pochyboval, zda atomy vůbec existují — částicová teorie hmoty byla spíše anglickým než kontinentálním vynálezem a fakt, že poněkud zaváněla Británií, byl pro xenofobní německé nosy odpudivý —, ale kdyby existenci atomů připustil, byl si jistý, že nemohou být mechanické. Jak prozradil v knize *Wissenschaftliche Selbstbiographie* (Vědecká autobiografie), „je nanejvýš důležité, že vnější svět je něco na člověku nezávislého, něco absolutního, a hledání zákonů platících pro toto absolutno jsem považoval za nejvznešenější vědecké snažení svého života“⁴ Planck věřil, že základními pravidly onoho nezávislého „vnějšího světa“, jež jeho touha po absolutnu vyžadovala, jsou termodynamické zákony. Rychle pochopil, že čistě mechanické atomy by znamenaly narušení druhého zákona termodynamiky, a jeho volba mezi těmito eventualitami byla jasná.

Druhý zákon termodynamiky říká, že teplo nemůže samovolně, bez nějaké změny v systému, přecházet z chladnějšího tělesa na teplejší. Nebo, jak v roce 1879 Planck sám zevšeobecnil ve své doktorské disertaci na Univerzitě Ludvíka a Maxmiliána v Mnichově, „proces vedení tepla nelze žádným způsobem kompletně obrátit“⁵ Kromě toho, že druhý zákon termodynamiky vylučuje zkonstruování stroje, který by vykonával věčný pohyb, definuje také něco, co Planckův předchůdce Rudolf Clausius pojmenoval „entropie“: jelikož energie se při jakémkoli vykonávání práce rozptýluje ve formě tepla — tepla, které nelze převést zpět na nějakou užitečnou, organizovanou formu energie —, vesmír postupně musí dospět do neuspořádanosti. Tato představa rostoucího nepořádku znamená, že vesmír je jednosměrný a nevratný; druhý zákon termodynamiky vyjadřuje fyzikální formou to, čemu

Atomy a prázdno

říkáme čas. Avšak rovnice mechanické fyziky — toho, čemu dnes říkáme klasická fyzika — teoreticky umožňovaly, aby vesmír mohl stejně tak dobře běžet vpřed jako pozpátku. „Takže v čistě mechanickém světě by se strom mohl zase stát výhonkem a semínkem, motýl by se mohl změnit v housenku a stařec v dítě,“ jak si postěžoval jeden významný německý fyzik. „Doktrína mechanického světa nijak nevysvětluje fakt, že se takovéto věci nedějí. [...] Reálná nevratnost přírodních jevů tedy dokazuje existenci fenoménu, jež nelze popsat mechanickými rovnicemi; což znamená jasný ortel vědeckého materialismu.“⁶ Planck o pár let dříve napsal se svou typickou lapidárností: „Konzistentní implementace druhého zákona [...] je nekompatibilní s předpokladem existence ohraničených atomů.“⁷

Problém spočíval především v tom, že atomy tehdy nebyly přímo přístupné experimentování. Byly užitečným konceptem v chemii, kde sloužily jako vysvětlení, proč se některé substance — prvky — spojují a vytvářejí jiné substance, ale přitom je nelze chemicky rozložit. Atomy se jevily být příčinou toho, proč se plyny chovají tak, jak se chovají — proč se rozpínají a vyplňují každou nádobu, do níž jsou vpuštěny, a proč tlačí rovnoměrně na všechny její stěny. Atomy také posloužily jako vysvětlení překvapivého objevu, že každý prvek zahřátý v laboratorním plameni nebo odpařený v elektrickém oblouku zbarvuje výsledné světlo a že toto světlo rozložené hranolem či difrakční mřížkou na spektrum duhy vždy obsahuje charakteristické proužky jasných čar. Ještě v roce 1894 však věda nedospěla k rozhodnutí, zda jsou atomy skutečné, nebo jde jen o užitečný koncept, a jakou případně mají strukturu. Třetí markýz ze Salisbury, oxfordský rektor a bývalý anglický premiér Robert Cecil tehdy ve svém inauguračním projevu předsedy Britské asociace shrnul stav vědeckého poznání takto:

Jak vypadají atomy jednotlivých prvků, zda mají charakter pohybu, věci, víru, nebo inertního bodu, zda má jejich dělitelnost nějaké meze, a pokud ano, čím jsou ty meze dány, zda je dlouhý seznam prvků konečný a zda mají některé z nich nějaký společný původ — všechny tyto otázky zůstávají zahaleny stejně hlubokou temnotou jako kdykoli dříve.⁸

Takto fungovala fyzika: tříděním alternativ. Veškerá vědecká práce tak funguje. Chemik Michael Polanyi, přítel Lea Szilárda, se v pozdějších letech zabýval fungováním vědy na Manchesterské univerzitě a v Oxfordu. Odhalil tradiční organizaci, zcela odlišnou od toho, co by si představovala většina laiků. „Republiku vědy“⁹ jak tuto komunitu volně spolupracujících nezávislých mužů a žen označil, vnímal jako „nanejvýš zjednodušený příklad

svobodné společnosti“.¹⁰ Ne každý filozof vědy, jímž se Polanyi stal, by s ním souhlasil. Dokonce i Polanyi občas vědu prohlásil za „ortodoxní“, ale jeho představa vědy jako republiky je mocná přesně tím způsobem, jako jsou mocné všechny úspěšné vědecké modely: vysvětluje vztahy, které předtím nebyly zřejmé.

Polanyi kladl přímé otázky. Jak jsou vybírání vědci? Jakou přísahu věrnosti skládají? Kdo vede jejich výzkum — vybírá problémy ke studiu, schvaluje experimenty, posuzuje hodnotu výsledků? Kdo v závěrečné analýze rozhoduje o tom, co je z vědeckého hlediska „pravdivé“? Vyzbrojen těmito otázkami Polanyi poodstoupil a pohlédl na vědu zvenčí.

Pod velkou strukturou, jež během pouhých tří staletí začala přetvářet celý lidský svět, spočívá základní oddanost přírodovědnému pohledu na život. V jiných dobách a na jiných místech dominovaly jiné pohledy — magické, mytologické. Děti si přírodovědný přístup osvojují, když se učí mluvit, číst, když chodí do školy. Jednou se Polanyi zlobil, že mu někteří lidé nechtějí rozumět, a napsal: „Státní orgány každoročně vynakládají na kultivaci a šíření vědy miliony. Na pokrok astrologie nebo kouzel přitom nedávají ani vindru. Jinými slovy, naše civilizace stojí na určitých přesvědčeních týkajících se podstaty věcí — přesvědčeních lišících se například od toho, na čem stály staré civilizace Egypťanů či Aztéků.“¹¹

Většina mladých lidí pozná z vědy jen to ortodoxní. Osvojí si „pevně dané doktríny, mrtvé učení“.¹² Někdo pokročí dál a na univerzitě se naučí základům metodiky. Setká se s experimentálními důkazy v rutinním výzkumu. Objeví ve vědě „nejistotu a její věčně prozatímní podstatu“.¹³ Věda mu tím ožije.

To však ještě neznamená, že se z něj stane vědec. Aby se z někoho stal vědec, vyžaduje to podle Polanyiho „plné zasvěcení“.¹⁴ K takovému zasvěcení dochází „úzkým osobním stykem s důvěrnými názory a praxí významného mistra“.¹⁵ Vědecká praxe sama o sobě není vědou, je to umění přecházející z mistra na učedníka tak, jako se předává umění malovat nebo dovednosti a tradice práva či lékařství. Právo se nemůžete naučit jen z knih a přednášek. Ani lékařství. A stejně tak se nemůžete naučit vědu, protože ve vědě nikdy nic úplně nesedí, žádný experiment není konečným důkazem, všechno je zjednodušené a přibližné.

Americký teoretický fyzik Richard Feynman s podobnou upřímností promluvil o své vědě před plnou přednáškovou síní studentů Kalifornského technologického institutu, Caltechu. „Co myslíme tím, když řekneme, že něčemu ‚rozumíme‘?“ zeptal se prostě. Z té odpovědi cítíme jeho pobavení nad lidskými mezemi:

Atomy a prázdno

Můžeme si představit, že to složité nahromadění pohybujících se věcí, které vytvářejí „svět“, je šachová hra bohů a my vystupujeme jako diváci, kteří neznají pravidla hry, ale je jim dovoleno hru pozorovat. Samozřejmě, pozorujeme-li dostatečně dlouho, můžeme nakonec něco z pravidel pochytit. Pravidla hry představují to, co chápeme jako základní fyziku. I kdybychom znali všechna pravidla, nemuseli bychom ještě rozumět každému kroku hry, protože je příliš složitá a možnosti našeho rozumu jsou omezené. [...] Nejenže neznáme všechna pravidla, ale pomocí těch, která známe, toho umíme jen velmi málo vysvětlit. Je tomu tak proto, že téměř všechny situace jsou ohromně složité a známá pravidla nám neumožňují sledovat všechny obraty hry, nemluvě o předvídání dalších kroků. Musíme se proto omezit na základnější otázku pravidel hry. Naučíme-li se pravidla, budeme to považovat za „pochopení“ světa.¹⁶

Naučit se citem poznat, že něco je dokázáno, naučit se úsudku, naučit se, kterou předtuchou se nechat vést, naučit se, které komplikované výpočty je zapotřebí přepracovat a kterým experimentálním výsledkům *nevěřit*, to jsou schopnosti potřebné k tomu, abyste mohli zasednout na lavici diváků sledujících šachovou partii bohů. A abyste tyto schopnosti získali, musíte nejprve sedět u mistrových nohou.

K plnému zasvěcení do vědy je podle Polanyiho zapotřebí ještě jedna nezbytnost: víra. I když se věda stala ortodoxií Západu, jednotlivci i tak mají svobodu tuto ortodoxii přijmout nebo odmítnout, zcela či částečně. Lidí věřících astrologii, marxismu či tomu, že panna porodila, je dost. Leč „nikdo se nemůže stát vědcem, pokud nevěří, že vědecká doktrína a metoda jsou v zásadě správné a že lze bezpodmínečně přijmout jejich základní premisy“.¹⁷

Stát se vědcem je nutně projevem hluboké oddanosti vědeckému systému a vědeckému světovému názoru. „Jakékoli pojetí vědy, které ji explicitně nepopisuje jako něco, v co věříme, je hluboce neúplné a falešné. Znamená to tvrdit, že se věda zásadně liší od všech lidských věr, které nejsou vědeckými tvrzeními, a že je jim nadřazená — což není pravda.“¹⁸ Víra je slibem věrnosti, jež vědec skládá.

To je způsob, jakým jsou vědci vybíráni a přijímáni do řádu. Tvoří republiku vzdělaných věřících, kteří se řetězem mistrovství a uřednictví učí, aby zvládali pečlivě posuzovat choulostivosti své práce.

Kdo tedy jejich práci vede? Tato otázka je v podstatě dvojitá: Kdo rozhoduje, které problémy zkoumat a které experimenty provádět? A kdo posuzuje hodnotu výsledků?

Polanyi přišel s přirovnáním. Představme si skupinu pracovníků čelících problému, jak sestavit velmi rozměrnou a velmi složitou skládačku.¹⁹ Jak by se měli zorganizovat, aby to provedli co nejefektivněji?

Každý pracovník by si mohl vzít pár dílků a pokusit se je poskládat dohromady. Tato metoda by byla efektivní v případě, že by sestavení skládačky bylo sice časově náročné, ale snadné, mechanické. Tak tomu ale není. Dílky nejsou izolované. Zapadají do sebe a tvoří celek. A šance, že nějaký pracovník vybere dílky, které k sobě sednou, je malá. I kdyby skupina vytvořila dost kopií dílků na to, aby se každý pracovník mohl potýkat s celou skládačkou, nikdo by sám nesvedl tolik, kolik by toho mohla udělat skupina, kdyby vymyslela způsob, jak spolupracovat.

Polanyi tvrdil, že nejlepší způsob, jak se s úkolem vypořádat, je umožnit každému pracovníkovi průběžně sledovat, co dělají všichni ostatní. „Ať tu skládačku sestavují před zraky jeden druhému, takže jakmile jeden z nich zasadí dílek na místo, všichni ostatní budou okamžitě hledat další možný krok.“²⁰ Díky tomu sice každý pracovník jedná na základě vlastní iniciativy, ale přitom tak, aby přispěl k výsledku celé skupiny. Skupina sestavuje skládačku tím nejefektivnějším způsobem, když všichni pracují nezávisle a zároveň společně.

Polanyi soudil, že věda postupuje do neznáma posloupností toho, co nazval „růstovými vrcholy“.²¹ Každý takový růstový vrchol je místem, kde dochází k nejproduktivnějším objevům. Díky síti vědeckých publikací a profesních přátelství — díky zcela otevřené komunikaci, absolutní a zásadní svobodě vyjadřování — se vědci mohou rychle věnovat právě těm oblastem, kde jejich osobitý talent přinese z investovaného úsilí a přemýšlení maximální emoční a intelektuální zisk.

Z čehož je zřejmé, kdo z vědců posuzuje hodnoty vědeckých výsledků: jsou to všichni členové skupiny, jako na setkání kvakerů. „Autorita vědeckého názoru je vždycky *svou podstatou vzájemná*; vzniká *mezi* vědci, ne *nad* nimi.“²² Existují sice přední vědci, vědci, kteří s neobvyklou plodností pracují na růstových vrcholech svého oboru, ale věda nemá žádné svrchované vůdce. Je založená na konsenzu.

Což neznamená, že by každý vědec byl kompetentní posuzovat každý vědecký příspěvek. I tento problém řeší síť. Představme si, že vědec M ohlásí nový výsledek. Ve svém úzce specializovaném oboru se vyzná lépe než kdokoli jiný na světě. Kdo je kompetentní, aby ho posoudil? Ale hned vedle vědce M jsou vědci L a N. Jejich obory se překrývají s oborem vědce M, takže jeho práci rozumějí dost na to, aby její kvalitu a spolehlivost mohli posoudit a chápat, jak zapadá do vědy. A vedle L a N jsou další vědci,

Atomy a prázdno

K, O, J a P, kteří znají L a N dost na to, aby odhadli, zda mohou jejich úsudku ohledně M věřit. A tak to jde dál až po vědce A a Z, jejichž obory jsou od oboru M velmi vzdálené.

„*Tato síť je sídlem vědeckého názoru,*“ zdůraznil Polanyi. „Názoru, jež nezastává žádná jednotlivá lidská mysl, ale který rozdělený na tisíce různých fragmentů zastává mnoho jednotlivců, z nichž každý nepřímou potvrzuje názor toho druhého spoléháním na konsenzuální vazby, jež ho spojují se všemi ostatními posloupností překrývajících se sousedství.“²³ Polanyi naznačuje, že věda funguje jako gigantická mysl propojených individuálních inteligencí. To je zdrojem její kumulativní a zdánlivě neúprosné moci. Ale jak pečlivě zdůraznili Polanyi i Feynman, cenou za tuto moc je dobrovolné omezení. Vědět se daří obtížný úkol udržovat politickou síť mužů a žen lišících se původem i zastávanými hodnotami i ještě obtížnější úkol objevovat pravidla šachové partie bohů díky tomu, že silně omezuje své kompetence. Jak jednou skupině kolegů připomněl Eugene Wigner, „fyzika se ani nepokouší poskytnout nám kompletní informace o událostech kolem nás — dává nám jen informace o *korelacích* mezi těmito událostmi“²⁴

Což pořád neodpovídá na otázku, jakými standardy se vědci řídí, když posuzují příspěvky svých kolegů. Dobrá a originální vědecká práce vždy přesahuje rámec uznávaných názorů, vždycky je v opozici s tím ortodoxním. Jak ji potom ale může ortodoxie spravedlivě posoudit?

Polanyi soudil, že systém mistrů a učedníků vědu chrání před ustrnutím. Učedník se od mistra učí jeho vysokým standardům úsudku — zároveň se však učí také důvěřovat *svému vlastnímu* úsudku, tomu, že je možné a nutné mít jiný názor. Z knih a přednášek se lze naučit pravidla, mistři učí být rebellem, který se umí ovládat — byť tak činí třeba jen svým osobním příkladem, tím, že odvádějí originální, a tedy v jistém smyslu rebelskou práci.

Učedníci se naučí tři obecná kritéria vědeckého hodnocení.²⁵ Prvním je hodnověrnost. Tím se vyloučí pomatenci a podvodníci. Toto kritérium může eliminovat i myšlenky natolik originální, že je ortodoxie neuzná. Někdy se to stává, ale aby věda fungovala pro všechny, musí toto riziko podstoupit. Druhým kritériem je vědecká hodnota, směsice skládající se rovným dílem z přesnosti, důležitosti pro celý systém vědeckého odvětví, do něhož dotýčná myšlenka náleží, a přirozené zajímavosti. Třetím kritériem je originalita. Kdo hodnotí patent, posuzuje originalitu dotyčného vynálezu podle toho, jaké překvapení vzbudí u odborníků znalých daného oboru. Vědci posuzují nové teorie a nové objevy podobně. Hodnověrnost a vědecká hodnota jsou mírou kvality nové myšlenky podle ortodoxních měřítek, originalita měří kvalitu toho, jak se od ortodoxního názoru liší.

Polanyiho model vědy jako otevřené republiky, v níž každý vědec posuzuje práci svých kolegů podle standardů, na nichž se všichni shodují a jež všichni společně podporují, vysvětluje, proč měl atom ve fyzice devatenáctého století tak vratké postavení. Sice to byl hodnověrný model a měl značnou vědeckou hodnotu, zejména v systematickém ohledu, ale nikdo ještě v souvislosti s ním nepřišel s žádným překvapivým objevem. Tedy přinejmenším s žádným, jenž by přesvědčil síť čítající v roce 1895 pouhých asi tisíc mužů a žen po celém světě, kteří si říkali fyzikové, a rozsáhlejší a související síť chemiků.²⁶

Čas atomu se však blížil. V devatenáctém století se velká překvapení základní vědy týkala chemie. V první polovině dvacátého století měla velká překvapení základní vědy přinášet fyzika.

* * *

Když se v roce 1895 mladý Ernest Rutherford přihrnul od protinožců, aby se v Cavendishově laboratoři věnoval fyzice a vydobyl si renomé, Nový Zéland, který opustil, byl ještě divočinou. Ve čtyřicátých letech devatenáctého století osídlili drsné vulkanické souostroví britští nekonformní řemeslníci a farmáři doprovázení hrstkou dobrodružných aristokratů a začali vytlačovat polynéské Maory, kteří to místo objevili o pět set let dřív. Po desetiletích krvavých půtek přestali Maoři vzdorovat až v roce 1871, kdy se Rutherford narodil. Navštěvoval nedávno založené školy, vodil krávy z pastvy na dojení, jezdil na koni do buše střílet divoké holuby posedávající na bobulemi obsypaných větvích stromů *miro* a pomáhal v otcově prádelně lnu v Brightwateru, kde se zpracovával divoký len z domorodých močálů — po močení lnu, potírání a vochlování tu z něj vyráběli přízi a koudel. Dva Rutherfordovi mladší bratři se utopili. Příbuzní pak ještě celé měsíce prohledávali pobřeží Pacifiku kolem farmy.

Bylo to tvrdé a zdravé dětství. Rutherford jej završil získáním stipendia — nejprve na skromné Nelsonově akademii v nedalekém Nelsonu na Jižním ostrově a pak na Novozélandské univerzitě, kde ve dvaadvaceti letech získal magisterský titul jako primus v matematice a fyzice. Byl statný, plný nadšení a chytrý, což mu pomohlo vypracovat se z rolnického Nového Zélandu až na vrchol britské vědy. Pro unikátní šňůru fyzikálních objevů, jichž v životě dosáhl, byl však klíčový i jiný, nenápadnější povahový rys — důvtip venkovského kluka nesoucího si zkušenost prostého života na pomezí divočiny. Jeho žák James Chadwick o něm prohlásil, že byl mimořádný svou „schopností žasnout“.²⁷ Uchoval si ji navzdory všem úspěchům a navzdory

Atomy a prázdno



003

Cavendishova laboratoř
v anglické Cambridgi, na počátku
dvacátého století světové centrum
experimentální fyziky.

dobře skrývané, ale někdy až zraňující nejistotě²⁸ — trvalé jizvě způsobené jeho koloniálním původem.

Jeho genialita se poprvé projevila na Novozélandské univerzitě, na níž zůstal i po roce 1893, aby po magisterském titulu získal ještě bakalářský v přírodních vědách. V roce 1887 objevil Heinrich Hertz „elektrické vlny“ — tedy rádiové vlny, jak bychom řekli dnes. Ten objev udělal na Rutherforda, stejně jako na mladé lidi všude na světě, obrovský dojem. Aby ty vlny mohl zkoumat, postavil si v zatuchlé sklepní komoře Hertzův oscilátor — elektricky nabitě kovové desky připojené ke kovovým kuličkám odděleným malou mezerou, mezi nimiž přeskakovaly jiskry. A uvažoval, jakému problému by se měl při svém prvním nezávislém výzkumu věnovat.

Potřebný problém našel v obecně uznávaném vědeckém názoru, s nímž souhlasil i samotný Hertz, že vysokofrekvenční střídavý proud, tedy onen druh proudu, jež vytváří Hertzův oscilátor, když se záření vytvořené jiskrou rychle odráží mezi kovovými deskami, nemůže magnetizovat železo. Rutherford byl opačného názoru a důmyslným způsobem dokázal, že má pravdu. Tato práce mu vynesla stipendium Světové výstavy 1851 do Cambridge. Když

přišel telegram, Rutherford zrovna na rodinném poli vykopával brambory. Matka na něj tu novinu zavolala mezi bramborové řádky. Začal se smát, odhodil rýč a triumfálně za sebe i za ni vykřikl: „To byly poslední brambory, co jsem vykopal!“²⁹ (Když se o třicet šest let později stal baronem Rutherfordem z Nelsonu, poslal tentokrát matce telegram sám: „Teď jsem lord Rutherford, je to více tvoje ocenění než moje.“)³⁰

Jeho „Magnetizace železa vysokofrekvenčními výboji“³¹ svědčila o výjimečné všímavosti a odvaze zastávat odlišný názor. Co bylo ještě originálnější, Rutherford si všiml, že při magnetizaci železných jehel vysokofrekvenčním proudem dochází i k nepatrné obrácené reakci: magneticky satureované jehly se vlivem vysokofrekvenčního proudu částečně *demagnetizovaly*. Zafungovala zde jeho schopnost žasnout. Rychle si uvědomil, že by mohl pomocí rádiových vln, jež by zachytil vhodnou anténou a svedl do cívky z drátu, ve svazku magnetizovaných jehel indukovat vysokofrekvenční proud. Jehly by se částečně demagnetizovaly, a kdyby vedle nich umístil kompas, jeho pohyb by tu změnu ukázal.

Než v září 1895 dorazil za půjčené peníze do Cambridge, aby se pod vedením renomovaného ředitele Cavendishovy laboratoře Josepha Johna Thomsona pustil do práce, už svou představu přetvořil do zařízení umožňujícího detekci rádiových vln na dálku — šlo v podstatě o první primitivní radiopřijímač. Guglielmo Marconi se tou dobou ještě lopotil v otcově sídle v Itálii se zdokonalováním své verze přijímače, takže mládenec z Nového Zélandu o pár měsíců dříve jako první na světě dokázal detekovat na dálku rádiové vysílání.³²

Když se britští vědci od J. J. Thomsona dozvěděli o Rutherfordových experimentech, byli nadšeni. Rychle Rutherforda přijali mezi sebe, dokonce ho jednou večer v jídelně King's College posadili ke stolu pro akademiky na čestné místo vedle děkana. Řekl, že si tam připadal „jako osel ve lví kůži“.³³ Mezi zaměstnanci Cavendishovy laboratoře se našlo i pár snobů, kteří nad tím zezelenali závistí. Thomson Rutherfordovi velkoryse dojednal, aby 18. června 1896 nervózně, leč triumfálně přednesl svou třetí vědeckou práci „Magnetický detektor elektrických vln a některé jeho aplikace“ na schůzi londýnské Královské společnosti — přední světové vědecké organizace.³⁴ Marconi ho v tomto ohledu dohnal až v září.³⁵

Rutherford byl chudý. Byl zasnoubený s Mary Newtonovou, dcerou své bytné z časů studia na Novozélandské univerzitě, ale sňatek odkládali, dokud se nezlepší jeho finanční situace. Zatímco na tom pracoval, uprostřed zimního výzkumu své snoubence napsal: „Důvod, proč se o toto téma [tj. detekce rádiových vln] tolik zajímám, spočívá v jeho praktickém využití.

Atomy a prázdno

[...] Pokud mé experimenty příští týden dopadnou tak dobře, jak předpokládám, bude naděje, že rychle vydělám peníze.“³⁶

Zde se počíná záhada, jež se vlekla až k výroku o „nesmyslu“. Rutherford byl v pozdějších letech známý svou zatvzeleností, pokud šlo o rozpočet na výzkum. Odmítal přijímat dary od průmyslníků či soukromých dárců, nechťelo se mu jít ani cestou půjček, byl přesvědčený, že zvládne vyjít s tím, co je po ruce — s příslovečným „provázkem a pečetním voskem“. Zaujímal aktivně nepřátelský postoj vůči komercializaci vědeckého výzkumu. Když například jeho ruskému žákovi Pjotru Kapicovi nabídl práci průmyslového konzultanta, řekl mu: „Nemůžete sloužit Bohu a mamonu zároveň.“³⁷ Tento Rutherfordův záhadný postoj souvisí s tím, co jeho známý C. P. Snow nazval „jedinou zvláštní výjimkou“ jeho „neomylné“ intuice, s dovětkem „mýlil se vzácněji než kterýkoli jiný vědec“.³⁸ Onou výjimkou bylo, že Rutherford odmítal připustit možnost získání využitelné energie z atomu — právě toto stanovisko popudilo v roce 1933 Lea Szilárda. „Myslím, že se obával, aby do jeho milované sféry jádra nevpadli nevěřící, kteří by jej chtěli kvůli komerčnímu využití rozbít na kusy,“ spekuluje jiný Rutherfordův žák Mark Oliphant.³⁹ Samotný Rutherford přitom v lednu 1896 dychtěl po komerčním využití rádia. Kde se ta dramatická a doživotní změna názoru vzala?

Stopy sice nejsou jednoznačné, avšak ledacos napoví. Anglická vědecká tradice byla historicky vzato snobská. Pohrdala výzkumnými patenty či jinými právními a komerčními omezeními, jež ohrožovala otevřené šíření vědeckých výsledků. V praxi se toto střežení vědecké svobody mohlo přetavit v povýšenou nechuť k „vulgární komerčnosti“. Fyzik Ernest Marsden, jenž byl Rutherfordovým žákem a zasvěceným životopiscem, se doslechl, že „za jeho začátků v Cambridgi se našlo pár lidí, co říkali, že Rutherford je nekulturní“.⁴⁰ Jedním z důvodů té pomluvy mohlo být pohrdání jeho lačností výdělku na rádiu.

Vypadá to, že zasáhl J. J. Thomson. Rutherfordovi se nečekaně sama od sebe nabídla skvělá nová práce. Osmého listopadu 1895, měsíc po Rutherfordově příchodu do Cambridge, objevil německý fyzik Wilhelm Röntgen paprsky X vyzařující z fluoreskující skleněné stěny katodové trubice. Röntgen prosincovým oznámením svého objevu šokoval svět. Podivné záření bylo novým růstovým vrcholem vědy a Thomson jej začal téměř ihned zkoumat. Zároveň pokračoval se svými experimenty s katodovými paprsky, které vyvrcholily v roce 1897 identifikací toho, co nazval „negativní částicí“. Šlo o elektron, první identifikovanou atomovou částici. Thomson prostě potřeboval pomoc. Jistě však také chápal mimořádnou příležitost k originálnímu výzkumu,

již mladíkovi s takovým nadáním pro experimenty, jaké měl Rutherford, nabízelo záření.

Thomson se potřeboval rozhodnout. Napsal proto dopis významnému představiteli britské vědy, tehdy dvaasedmdesátiletému lordu Kelvinovi, a zeptal se ho na jeho názor na možnosti komerčního využití rádia — „než začne Rutherforda lákat, aby změnil téma výzkumu“, vysvětloval Marsden. Kelvin koneckonců bez ohledu na nějakou vulgární komerčnost vyvinul transoceánský telegrafní kabel. „Odpověď skvělého fyzika zněla, že [rádio] by mohlo ospravedlnit vznik společnosti s kapitálem sto tisíc liber, ale více ne.“⁴¹

Čtyřiaadvacátého dubna Rutherford prožřel. Napsal Mary Newtonové: „Doufám, že nějak vyjdu, ale první rok to jistě bude krušné. [...] Má nynější vědecká práce postupuje pomalu. Tento semestr budu pracovat s profesorem na Röntgenových paprscích. Moje dosavadní téma mě poněkud omrzelo a jsem rád za změnu. Předpokládám, že pro mne bude dobré, když budu na nějaký čas pracovat s profesorem. Zatím mám za sebou jeden výzkum, abych ukázal, že zvládám pracovat samostatně.“⁴² Zní to tak schlíplé a nepřesvědčivé, jako by skrze Rutherforda otcovsky promlouval k jeho snoubence J. J. Thomson. To Rutherford ještě nepředstoupil se svou přednáškou před Královskou společností, kde jistě nepůsobil dojmem, že by ho jeho dosavadní téma „poněkud omrzelo“. Ale obrat už byl dokonán. Od této chvíle Rutherford své zdravé ambice směřoval k vědeckým počtům, nikoli ke komerčnímu úspěchu.

Dost možná, že si J. J. Thomson posadil mladého a horlivého Ernesta Rutherforda někde v tmavém dřevem obložených místnostech novogotické Cavendishovy laboratoře založené Clerkem Maxwellem na univerzitě, kde Newton sepsal svůj slavný traktát *Principia*, a shovívavě mu řekl, že nemůže sloužit Bohu a mamonu zároveň. Dost možná, že se Rutherford zastyděl až do morku kostí, když se dozvěděl, že vznešený ředitel Cavendishovy laboratoře napsal o komerčních ambicích neomaleného Novozélandana uctívanému lordu Kelvinovi. Dost možná, že v něm pocit groteskního venkovana, jenž si chtěl hrát na zbohatlíka, zůstal natrvalo. Už se takové chyby nikdy nedopustí, i kdyby to mělo znamenat, že jeho laboratoř bude přicházet o peníze, i kdyby to mělo odpudit jeho nejnadanější žáky, což se nakonec i stalo. I kdyby to mělo znamenat, že získávání energie z jeho drahého atomu je holý nesmysl. Ale pokud se Rutherford ve jménu svaté vědy vzdal bohatství, získal za to atom. Nalezl jeho základní částice a pojmenoval je. Vyba-vený jen tím příslovečným provázkem a pečetním voskem zhmotnil atom.

* * *

Atomy a prázdno

Onen pečetní vosk byl krvavě rudý — šlo o nejviditelnější příspěvek Anglické banky vědě. Britští experimentátoři používali její pečetní vosk k neprodyšnému uzavírání skleněných trubíc.⁴³ Rutherfordova nejranější práce na téma atomu i práce J. J. Thomsona navazovaly na dřívější pokusy z devatenáctého století zkoumající katodové záření — fascinující efekty vytvářené katodovou trubicí. Stačí vyčerpát vzduch ze skleněné trubice obsahující zatavené kovové desky, a když se pak k deskám připojí baterie či indukční cívka, ta elektřinou nabitá prázdnota uvnitř trubice začne zářit. Záře proudí z negativní desky — katody — a ztrácí se v pozitivní desce — anodě. Vytvarujete-li anodu do podoby válce a ten umístíte do osy trubice, můžete proud záření z katody neboli katodové paprsky usměrnit skrze válec k protilehlému konci trubice. Pokud má svazek záření dost energie, aby dopadl na sklo, způsobí, že sklo začne světélkovat. A takovouto katodovou trubicí, vhodně upravenou, je klasická televizní obrazovka. Konec skleněné trubice, kam dopadají paprsky, je zploštělý a pokrytý sloučeninami fosforu ke zvýšení fluorescence.

Na jaře 1897 Thomson experimentálně prokázal, že zářící paprsek v katodové trubicí není tvořen světelnými vlnami, jak podle jeho suché formule soudili „němečtí fyzikové takřka jednomyslně“. Ve skutečnosti byly katodové paprsky složené ze záporně nabitých částic, jež vyletují z negativní katody a přitahuje je pozitivní anoda. Tyto částice bylo možné vychýlit elektrickým polem a jejich dráhu zakřivit magnetickým polem. Byly mnohem lehčí než atomy vodíku a vždy identické, „bez ohledu na plyn, jímž probíhá vybíjení náboje“, pokud se do trubice vpustil plyn.⁴⁴ Jelikož byly lehčí než nejlehčí známý druh hmoty a identické bez ohledu na to, z jaké hmoty se rodily, vyplývalo z toho, že musí jít o nějakou základní složku hmoty, a pokud tyto částice byly složkou, musel existovat nějaký celek. Fyzicky existující, reálný elektron ukazoval na existenci skutečného, fyzického atomu: fyzikální experiment tedy poprvé v historii přesvědčivě dokázal částicovou povahu hmoty. Thomsonův úspěch opěvovali členové Cavendishovy laboratoře při každoroční slavnostní večeři:

*Částice dnes zvítězily
z katody se uvolnily
v jeden paprsek se slily.*⁴⁵

Vyzbrojen elektronem a díky dalším experimentům také vědomím, že po odebrání lehkých elektronů zbude z atomu velmi hmotný a pozitivně nabitý zbytek, pokračoval Thomson v následujícím desetiletí ve vývoji modelu atomu, jemuž se začalo říkat „puďinkový“. Thomsonův atom, „určitý

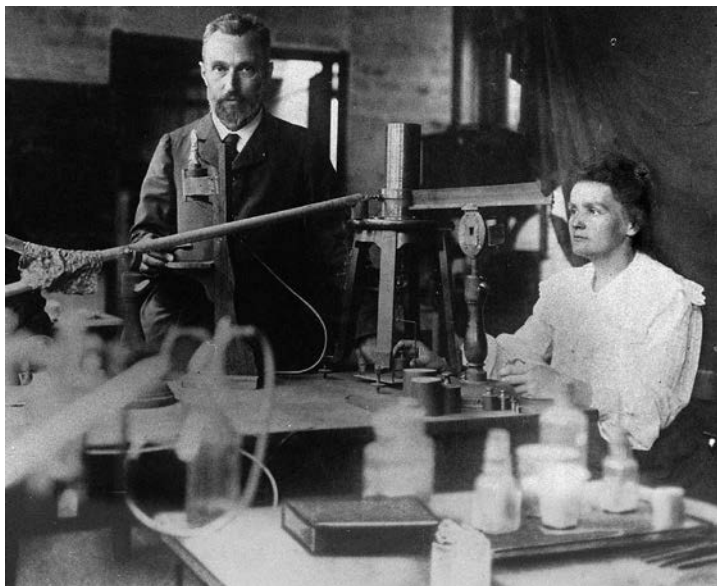
počet negativně nabitých částic uzavřených v kouli homogenního pozitivního náboje“⁴⁶ jako rozinky v pudinku, byl hybridem: elektrony byly částice, zbytek atomu byl spojitý. Užitečnost tohoto modelu spočívala v matematickém důkazu, že elektrony mohou být uvnitř atomu uspořádané ve stabilních konfiguracích a že takové matematicky stabilní stavy jsou možná příčinou podobností a pravidelností mezi chemickými prvky, o nichž svědčí periodická tabulka. Začínalo být zřejmé, že elektrony jsou příčinou chemických afinit mezi prvky — že chemie je v podstatě elektřina.

Stačilo málo a Thomson mohl v roce 1894 objevit paprsky X.⁴⁷ Pořád však měl menší smůlu než pověstný oxfordský fyzik Frederick Smith, jenž zjistil, že fotografické desky ponechané v blízkosti katodové trubice se začínou mlžit, ale prostě jen nakázal asistentovi, ať je uloží jinam.⁴⁸ Thomson si všiml, že skleněné trubice „vzdálené pár stop od výbojky“ světélkují při ozařování katodovými paprsky podobně jako samotná stěna výbojové trubice. Byl však příliš soustředěný na zkoumání samotných paprsků, než aby se příčině tohoto fenoménu začal věnovat.⁴⁹ Röntgen svou katodovou trubici zakryl černým papírem, aby zkoumaný jev izoloval. Když poblíž umístěná plocha pokrytá fluorescenčním materiálem dál světélkovala, uvědomil si, že to, co vyvolává fluorescenci, musí prostupovat papírem a vzduchem.⁵⁰ Jeho ruka, když ji podržel mezi zakrytou katodovou trubicí a deskou, mírně snížila světélkování desky, ale v temném stínu *spatřil kosti ruky*.

Röntgenův objev zaujal kromě J. J. Thomsona a Ernesta Rutherforda i další vědci. Francouz Henri Becquerel byl fyzikem třetí generace a stejně jako před ním jeho otec a děd byl profesorem fyziky v Národním přírodovědném muzeu v Paříži. Stejně jako oni byl odborníkem na fosforescenci a fluorescenci — v jeho případě obzvláště na uran. Dvacátého ledna 1896 vyslechl na týdenní schůzi Akademie věd zprávu o Röntgenově experimentu. Informace, že z fluoreskujícího skla vystupují paprsky X, ho pobídla zkoumat různé fluoreskující materiály, zda také nevyzařují paprsky X. Deset dnů se tomu věnoval bez úspěchu, ale 30. ledna si přečetl článek o paprscích X, jenž ho povzbudil k další práci. Rozhodl se vyzkoušet uranovou sůl, síran uranylo-draselný.

Jeho první experiment byl úspěšný — Becquerel zjistil, že uranová sůl vydává záření —, ale svedl ho na špatnou stopu. Becquerel uzavřel fotografickou desku do černého papíru, který poprášil uranovou solí, a „vystavil to na několik hodin slunci“. Když poté fotografickou desku vyvolal, „spatřil jsem na negativu černý obrys fosforeskující látky“⁵¹ Mylně však předpokládal, že ten efekt vyvolalo sluneční světlo, podobně jako katodové záření uvolnilo ze skla Röntgenovy paprsky X.

Atomy a prázdno



004 Pierre a Marie Curieovi ve své pařížské laboratoři kolem roku 1900.
Prvky polonium a radium, které Curieovi jako první izolovali ze smolince, vyzařovaly mnohem více energie, než bylo možné připsat jakémukoli chemickému procesu.

Příběh následujícího šťastného Becquerelova objevu způsobeného chybnou teorií je slavný. Když se 26. února a poté opět 27. února chystal svůj experiment zopakovat, bylo v Paříži zataženo. Odložil tedy uzavřenou fotografickou desku včetně uranové soli do tmavé zásuvky. Prvního března se rozhodl pokračovat a desku vyvolal „s očekáváním, že obraz bude velmi slabý. Ale siluety naopak vystoupily velmi zřetelně. Okamžitě mě napadlo, že ten jev možná probíhá i potmě“. Inertní látka nestimulovaná světlem ani jinými paprsky tedy vydávala silné a pronikavé záření: Rutherford našel téma výzkumu, stejně jako Marie a Pierre Curieovi. Čekala je vyčerpávající práce: hledání čistého prvku, který září.⁵²

* * *

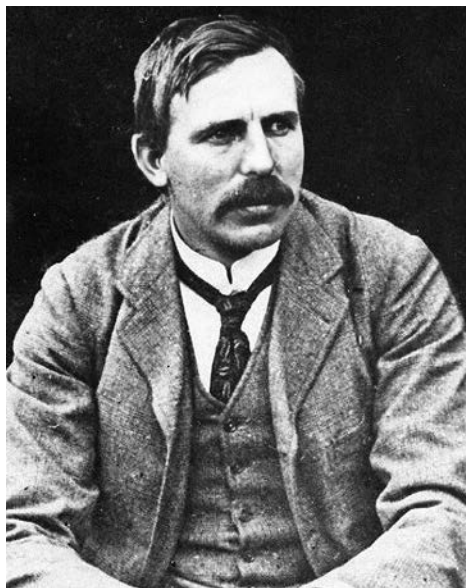
V roce 1898 mladý novozélandský fyzik Rutherford poprvé obrátil pozornost k Becquerelově objevenému jevu, který Marie Curieová nazvala *radioaktivita*. Začal se věnovat systematické analýze atomu a v roce 1911 dospěl k nejdůležitějšímu objevu svého života.

Zkoumal různá záření emitovaná uranem a thoriem a dvě z nich pojmenoval: „Vyskytují se přinejmenším dva různé typy záření — jedno lze velmi lehce odstínit, pro přehlednost jej nazývejme záření α , druhé je pronikavější a budeme jej nazývat záření β .“⁵³ (Francouz P. V. Villard později objevil třetí typ záření, druh vysokoenergetických paprsků X, jenž byl ve shodě s Rutherfordovým přístupem pojmenován záření gama.)⁵⁴ Daný výzkum Rutherford prováděl v Cavendishově laboratoři, ale v roce 1899, kdy jako sedmadvacitiletý své výsledky zveřejnil, už žil v Montrealu, kde působil coby profesor fyziky na McGillově univerzitě. Za peníze věnované kanadským obchodníkem s tabákem tu zbudovali fyzikální laboratoř a otevřeli několik profesorských míst včetně toho Rutherfordova. „McGillova univerzita má dobrou pověst,“ napsal Rutherford matce. „Pět set liber je [jako plat] dost a je tu jedna z nejlepších fyzikálních laboratoří na světě, takže si nemohu stěžovat.“⁵⁵

V roce 1900 Rutherford oznámil objev radioaktivního plynu vycházejícího z radioaktivního prvku thoria.⁵⁶ Marie a Pierre Curieovi brzo zjistili, že také radium (jež v roce 1898 získali v čisté podobě z uranové rudy) vytváří radioaktivní plyn. Rutherford potřeboval nějakého dobrého chemika, který by mu pomohl zjistit, jestli to, co se z thoria „line“, je thorium, nebo něco jiného. Naštěstí se mu podařilo na McGillovu univerzitu přilákat Fredericka Soddyho, mladého výzkumníka z Oxfordu, jemuž měl jeho talent časem vynést Nobelovu cenu. Soddy vzpomíná: „Na počátku zimy [1900] se na mě obrátil Ernest Rutherford, juniorní profesor fyziky, a vyprávěl mi o svých objevech. Právě se vrátil se svou nevěstou z Nového Zélandu [...] ale předtím, než se z Kanady vypravil na cestu, objevil něco, čemu říkal emance thoria. [...] Samozřejmě mě to velice zajímalo a navrhl jsem, že by se měla prozkoumat chemická povaha [té látky].“⁵⁷

Ukázalo se, že dotyčný plyn nevykazuje žádné chemické vlastnosti, což, jak vzpomíná Soddy, „vedlo k fantastickému a nevyhnutelnému závěru, že prvek thorium pomalu a spontánně transmutuje na [chemicky inertní] plyn argon!“⁵⁸ Soddy a Rutherford už pozorovali spontánní rozpad radioaktivních prvků — jeden z velkých objevů fyziky dvacátého století. Teď začali zkoumat způsob, jímž uran, radium a thorium mění svou základní povahu, tedy že část své hmoty vyzařují ve formě částic alfa a beta. Zjistili, že každý jednotlivý radioaktivní produkt má svůj charakteristický „poločas rozpadu“, čas potřebný k tomu, aby jeho vyzařování kleslo na polovinu dříve změřené hodnoty. Poločas rozpadu představoval dobu, za kterou polovina atomů prvku transmutovala na atomy jiného prvku či na fyzikálně odlišnou variantu téhož prvku — „izotop“, jak ho Soddy později pojmenoval.⁵⁹ Poločas rozpadu se stal způsobem, jak zjistit přítomnost „produktů

Atomy a prázdno



005 Novozélandčan Ernest Rutherford objevil
 jádro atomu. James Jeans jej nazval
 „Newtonem atomové fyziky“.
 Kolem roku 1902.

rozpadu“, transmutovaných substancí, v množstvích příliš malých, než aby se daly detekovat chemicky. Poločas rozpadu uranu se ukázal být dlouhý 4,5 miliardy let, radia 1 620 let, jednoho produktu rozpadu thoria 22 minut a jiného 27 dnů. Některé produkty rozpadu vznikaly a opět transmutovaly během zlomku sekundy — během mrknutí oka. Tato práce měla nesmírný fyzikální význam, otvírala nadšenému výzkumu jednu oblast za druhou. Jak později Soddy vzpomínal, „po více než dva roky byl život, vědecký život, hektický v míře, jakou jedinec zažije zřídka — v míře vzácné možná i v životě institucí“.⁶⁰

Rutherford mezitím zkoumal záření vycházející z radioaktivních prvků během jejich transmutací. Dokázal, že se záření beta skládá z vysokoenergetických elektronů „ve všech ohledech podobných katodovému záření“.⁶¹ O částicích alfa soudil a později v Anglii také přesvědčivě dokázal, že jde o pozitivně nabitě atomy helia vyzařované během radioaktivního rozpadu. Teď už věděl, proč se v prostoru krystalové mřížky uranových a thoriových rud nachází zachycené helium.

Důležitá práce Rutherforda a Soddyho z roku 1903 „Radioaktivní proměna“ přinesla první poučené výpočty množství energie uvolněné radioaktivním rozpadem:

Lze tedy konstatovat, že celková energie záření během rozpadu jednoho gramu radia nemůže být menší než 10^8 [čili 100 000 000] gramkalorií a může být mezi 10^9 a 10^{10} gramkalorií. [...] Spojením vodíku a kyslíku se uvolní přibližně 4×10^3 [čili 4 000] gramkalorií na gram vzniklé vody a tato reakce uvolňuje více energie na danou hmotnost než jakákoli jiná známá chemická změna. Energie radioaktivní proměny tedy musí být přinejmenším dvacetisíckrát, ale možná až milionkrát silnější než energie jakékoli molekulární proměny.⁶²

Takto zněla formální vědecká formulace; neformálně Rutherford inklinoval k bizarní eschatologii. Když toho roku, 1903, psal jeden jeho kolega z Cambridge článek o radioaktivitě, uvažoval, zda citovat Rutherfordův „žertovný nápad, že při nalezení vhodné rozbušky by bylo představitelné spustit v hmotě vlnu atomového rozpadu, při níž by se tento starý svět prostě rozplynul jako dým“.⁶³ Rutherford rád vtipkoval, že „nějaký blázen v laboratoři by mohl mimoděk vyhodit do vzduchu celý vesmír“.⁶⁴ Sice si nemyslel, že by atomová energie mohla být někdy k užitku, ale to neznamenal, že ji nepovažoval za nebezpečnou.

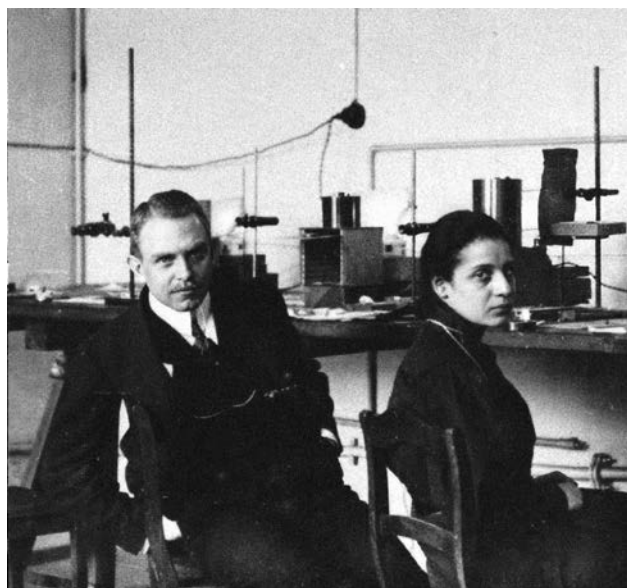
Soddy, jenž se toho roku vrátil do Anglie, se tímto tématem zabýval seriózněji. Když v roce 1904 přednášel o radiu britským ženistům, jasně a živě spekuloval o možných použitích atomové energie:

Je pravděpodobné, že každá těžká hmota v sobě skrývá — latentní a svázané ve struktuře atomu — podobné množství energie jako to, jež má radium. Pokud by se tato energie dala využít a ovládnout, jaký by to byl prostředek k utváření osudu světa! Kdyby člověk uchopil páku, jíž skoupá příroda tak žárlivě reguluje výdej z této zásobárny energie, měl by zbraň, kterou by mohl zničit Zemi, kdyby se mu zachtělo.

Soddy si však nemyslel, že něco takového hrozí: „Fakt naší existence je důkazem, že k tomu [tj. masivnímu uvolnění energie] ještě nedošlo; a že se to nestalo, je nejlepším ujištěním, že se to nikdy nestane. Můžeme věřit přírodě, že své tajemství uchová.“⁶⁵

Když H. G. Wells četl v knize *Interpretation of Radium* (Analýza radia) z roku 1909 podobná Soddyho vyjádření, jeho velkou důvěru k přírodě ne-

Atomy a prázdno



006 Chemik Otto Hahn a fyzička Lise Meitnerová tvořili v Berlíně produktivní tým.

sdílel. „Moje myšlenka pochází od Soddyho,“ napsal v románu *Osvobození světa*. Tuto svou knihu charakterizoval slovy „stará dobrá vědecká fantazie“;⁶⁶ byla pro něj natolik důležitá, že kvůli jejímu napsání přerušil sérii společenských románů. Rutherfordovy a Soddyho diskuse o radioaktivních přeměnách tedy inspirovaly vědeckofantastický román, kvůli němuž pak začal Leó Szilárd uvažovat o řetězových reakcích a atomových bombách.

V létě roku 1903 navštívili Rutherfordovi v Paříži Curieovy. Madam Curieová právě v den jejich příjezdu obdržela titul doktorky věd a jejich společní známí při té příležitosti uspořádali oslavu. Rutherford vzpomínal, že „po velmi veselém večeru jsme se asi v jedenáct hodin uchýlili do zahrady, kam profesor Curie přinesl trubici zčásti pokrytou sulfidem zinečnatým a obsahující roztok s velkým množstvím radia. Potmě to jasně zářilo, bylo to báječné zakončení nezapomenutelného dne“. Radium na své cestě periodickou tabulkou od uranu k olovu vyzařovalo energetické částice a povlak sulfidu zinečnatého je ve tmě pařížské noci zviditelňoval bílým světélkováním. Světlo bylo dostatečně jasné na to, aby Rutherford viděl na ruce Pierra Curieho, „velmi zanícené a bolavé kvůli vystavování paprskům radia“;⁶⁷ Ruce napuchlé radiačními popáleninami byly dalším názorným příkladem toho, co energie ukrytá v hmotě zmůže.

V roce 1905 přijel do Montrealu šestadvacetiletý německý chemik z Frankfurtu Otto Hahn, aby pracoval s Rutherfordem. Hahn už objevil nový „prvek“ radiothorium, o němž později zjistili, že jde o jeden z dvánácti izotopů thoria. S Rutherfordem studovali záření thoria a zjistili, že částice alfa vyzařované thoriem mají stejnou hmotnost jako částice alfa vyzařované radiem i dalším radioaktivním prvkem aktiniem. Všechny ty částice byly tím pádem pravděpodobně identické — což byl jeden z řady argumentů vedoucích k Rutherfordovu tvrzení z roku 1908, že částice alfa musí být nabitý atom helia. Hahn se v roce 1906 vrátil do Německa, kde zahájil vynikající kariéru objevitele izotopů a prvků; Leó Szilárd se s ním setkal ve dvacátých letech v Berlíně — Hahn tam pracoval s fyzikou Lise Meitnerovou v Ústavu císaře Viléma pro chemii.

Rutherfordův výzkum na McGillově univerzitě, odhalující komplexní transmutace radioaktivních prvků, mu v roce 1908 vynesl Nobelovu cenu — nikoli za fyziku, ale za chemii. Po Nobelově ceně toužil. Když na konci roku 1904 jeho manželka odjela na Nový Zéland navštívit své příbuzné, napsal jí: „Pokud budu pokračovat, snad budu mít šanci.“⁶⁸ A pak znovu na začátku roku 1905: „Jsou mi v patách, a jestli mám mít v nejbližších letech naději na Nobelovu cenu, musím usilovně pracovat.“⁶⁹ To, že ho ocenili v oboru chemie, a nikoli fyziky, ho přinejmenším pobavilo. Jeho zeť k tomu uvedl: „To, že ho tím navěky ocejovali jako chemika, a ne opravdového fyzika, považoval až do své smrti za výsměch.“⁷⁰

Očitý svědek ceremonie popisoval, že Rutherford vypadal nápadně mladě — bylo mu třicet sedm — a měl skvělý projev.⁷¹ Mluvil o tom, že se mu, jak stručně oznámil před měsícem,⁷² právě podařilo potvrdit, že částice alfa je ve skutečnosti helium. Experiment, jímž to potvrdil, byl jako obvykle elegantní. Nechal si u skláře vyrobit trubici s velice tenkou stěnou. Vyčerpал z ní vzduch a naplnil ji plyným radonem, bohatým zdrojem částic alfa. Trubice nepropouštěla plyn, ale její tenké stěny umožňovaly částicím alfa uniknout. Rutherford tuto trubici s radonem uzavřel do další skleněné trubice, z prostoru mezi trubicemi vyčerpал vzduch a neprodyšně jej utěsnil. Jak triumfálně oznámil svému stockholmskému posluchačstvu, „po několika dnech bylo možné ve vnější nádobě zjistit světelné spektrum helia.“⁷³ Rutherfordovy experimenty dodnes udivují svou jednoduchostí. „V tomto ohledu byl Rutherford umělec,“ řekl jeho někdejší student. „Všechny jeho experimenty měly styl.“⁷⁴

Na jaře roku 1907 se Rutherford s rodinou, do níž už patřila i šestiletá dcera, jeho jediné dítě, přestěhoval z Montrealu zpátky do Anglie. Přijal tam místo profesora fyziky v Manchesteru, ve městě, kde John Dalton

Atomy a prázdno

skoro přesně před sto lety vzkřísil atomovou teorii. Rutherford koupil dům a hned se pustil do práce. Zdědil zkušeného německého fyzika Hanse Geigera, jenž asistoval jeho předchůdci. Po letech Geiger s láskou vzpomínal na dny, kdy se Rutherford se svým vybavením usadil v Manchesteru:

Pamatuji si jeho tichou výzkumnou místnost nahoře pod střechou v budově fyziky, kde měl uložené radium a kde prováděl své slavné pokusy se zářením. Ale také si pamatuji tmavý sklep, kam umístil svůj choulostivý aparát ke zkoumání částic alfa. Tu místnost měl Rutherford moc rád. Člověk tam sešel po dvou schodech a ze tmy uslyšel Rutherfordovo varování před horkým potrubím vedoucím přes místnost ve výši hlavy i před tím, že je zapotřebí překročit dvě vodovodní trubky. Pak jste konečně v nanicovatém světle spatřili slavného vědce usazeného u aparatury.⁷⁵

Doma to měl Rutherford veselejší; jiný jeho žák z Manchesteru rád vzpomínal, jak „sobotním a nedělním večerím v bíle vymalované jídelně předcházely nekonečné debaty ve studovně v patře a po nedělní svačině v salonu jsme často mívali projížďky motorovým vozem po silnicích Cheshire“.⁷⁶ V domě nebyl žádný alkohol, protože Mary Rutherfordová pití neschvalovala. Kouření neochotně strpěla, neboť její manžel byl silným kuřákem dýmky i cigaret.

Ted' na počátku středních let byl známý svou halasností, měl rád vtipy a zábavu, jeden student ho charakterizoval jako „náčelníka kmene“. Rád pochodoval sem a tam po laboratoři a falešně si prozpěvoval anglický hymnus „Kupředu, vojáci Kristovi“. Všude ho bylo plno, nedal se přehlédnout. Byl brunátný ve tváři, v modrých očích mu jiskřilo a začínalo mu růst břicho. Svou nesmělost uměl dobře skrývat, ale stisk ruky měl krátký, ochablý a slabý.⁷⁷ Slovy dalšího bývalého studenta „působil dojmem, že nemá rád fyzický kontakt“.⁷⁸ Pokud se setkal s projevem povýšenosti, celý zrudl a pokoreně se odvrátil.⁷⁹ Ve styku se studenty byl tišší, laskavější, prostě báječný. Jeden z nich to ocenil slovy: „Byl to člověk, který by se nikdy nedopustil žádné špinavosti.“⁸⁰

Ruský biochemik židovského původu Chajim Weizmann, jehož později zvolili prvním prezidentem Izraele, tenkrát pracoval v Manchesteru na produktech fermentace. S Rutherfordem se úzce přátelil. „Byl mladistvý, energický, nespoutaný,“ vzpomínal. „Vůbec nepůsobil dojmem vědce. Dokázal spatra a s nadšením mluvit na jakékoli myslitelné téma, často aniž se v něm aspoň trochu vyznal. Už cestou do jídelny na oběd jsem slyšel, jak se chodbou rozléhá jeho zvučný a přátelský hlas.“ Weizmann viděl, že se Rutherford

vůbec nezajímá o politiku, ale nezazlíval mu to, chápal, že veškerý svůj čas věnuje důležité vědecké práci. „Byl dobrosrdečný, ale nesnášel hlupáky.“⁸¹

V září 1907, během svého prvního semestru v Manchesteru, sepsal Rutherford seznam možných výzkumných témat. Sedmým v pořadí byl „rozptyl paprsků alfa“.⁸² Za ta léta, co se snažil určit identitu částic alfa, začal chápat jejich velký význam při zkoumání atomu: elektrony záření beta měly sice velkou energii, leč skoro žádnou hmotnost, zato částice alfa byly velmi hmotné, takže silně interagovaly s hmotou. Měření těchto interakcí mohlo odhalit strukturu atomu. Jednou při večeři řekl Rutherford lidem u tabule: „Vedli mě k tomu, že atom je pěkně tvrdá kulička, červená nebo šedivá, jak se komu líbí.“⁸³ V roce 1907 už mu bylo jasné, že atom není žádná tvrdá kulička, ale v podstatě prázdný prostor. Německý fyzik Philipp Lenard to v roce 1903 dokázal ostřelováním prvků katodovými paprsky. Lenard své poznatky dramatizoval názornou metaforou: řekl, že prostor zabraný kubickým metrem platiny v pevném skupenství je stejně prázdný jako prostor kolem Země obsahující hvězdy.⁸⁴

Ale ačkoli bylo v atomech prázdno — prázdno v prázdnu —, muselo tam být ještě něco. V roce 1906 Rutherford na McGillově univerzitě zkoumal magnetické vychylování částic alfa — vysílal je úzkou štěrbinou a výsledný tenký paprsek procházel magnetickým polem. Při jednom experimentu zakryl polovinu štěrbinu slídovou fólií silnou jen asi tři setiny milimetru — dostatečně tenkou, aby jí částice alfa mohly procházet. Výsledky experimentu zaznamenával na fotografický papír. Zjistil tak, že okraje té části paprsku, jež prošla slídou, jsou rozmazané. Toto rozmazání ukazovalo, že když částice alfa procházejí slídou, atomy slídy spoustu z nich rozptýlí — odkloní od přímé trasy až o dva úhlové stupně. Silné magnetické pole přitom rozptylovalo částice alfa z nezastíněné části paprsku jen o maličko víc. To znamenalo, že se děje něco zvláštního. Pro poměrně hmotnou a rychle se pohybující částici alfa představovaly dva stupně hodně velký odklon. Rutherford vypočítal, že k takovému vychýlení by bylo zapotřebí elektrického pole o síle asi sto milionů voltů na centimetr.⁸⁵ „Tyto výsledky jasně ukazují, že v atomech hmoty musejí sídlit velmi intenzivní elektrické síly,“ napsal.⁸⁶ A tohoto rozptylu se týkala ona položka v jeho seznamu výzkumných témat.

Aby ten rozptyl mohl zkoumat, potřeboval nejen počítat, ale také *vidět* jednotlivé částice alfa. Pustil se tedy v Manchesteru do náročného úkolu zdokonalit nezbytné nástroje. S Hansem Geigerem pracovali na vývoji elektrického přístroje, který by cvakl pokaždé, když do detekční komory vletí jedna částice alfa. Geiger později tento vynález dovedl do podoby Geigerova čítače známého z moderních výzkumů radiace.

Atomy a prázdno

Existoval způsob, jak jednotlivé částice alfa zviditelnit pomocí sulfidu zinečnatého. Tato sloučenina pokrývala stěny trubice s roztokem obsahujícím radium, kterou tehdy v roce 1903 přinesl v noci na zahradu v Paříži Pierre Curie. Skleněná destička pokrytá sulfidem zinečnatým a ostřelovaná částicemi alfa krátce zasvětluje v místě, kam částice dopadne. Tento jev je známý jako „scintilace“ (název pochází z řeckého výrazu pro jiskru). Slabé scintilace sulfidu zinečnatého bylo možné rozeznávat a počítat pod mikroskopem, což byla extrémně náročná metoda. Znamenalo to sedět nejméně půl hodiny v temné místnosti, aby se zrak adaptoval, a pak se po minutě střídat v počítání — na znamení zvonku časomíry —, protože soustředěné zírání na malou, nejasnou plochu rychle unavilo zrak.⁸⁷ I pod mikroskopem byly scintilace na hraně viditelnosti a výzkumník předpokládající, že experiment způsobí určitý počet scintilací, někdy neúmyslně viděl i imaginární záblesky. Bylo tedy otázkou, do jaké míry jsou zjištěné počty vůbec správné. Rutherford a Geiger tedy porovnali počty zjištěné pozorováním s údaji naměřenými elektrickou metodou, a když se pozorovací metoda jevila jako spolehlivá, elektrický čítač odložili. Tento přístroj sice mohl částice alfa počítat, ale neviděl je, a Rutherforda nejvíc ze všeho zajímalo určení pozice částice alfa v prostoru.

Geiger se s pomocí Ernesta Marsdena, tehdy osmnáctiletého studenta Manchesterské univerzity, pustil do práce na rozptylu částic alfa. Sledovali částice alfa vycházející z trubice a procházející fóliemi z různých kovů — hliníku, stříbra, zlata a platiny. Výsledky byly obecně ve shodě s očekáváním: částice alfa mohly srážkami s pudinkovými atomy nabrat celkovou odchylku až dva stupně. Experiment však kazily částice s nevysvětlitelně velkými odchylkami.⁸⁸ Geiger a Marsden soudili, že paprsek možná rozptyluje molekuly ve stěnách trubice, a aby tento vliv eliminovali, instalovali do trubice sérii kovových podložek jako clony. Nepomohlo to.

Do jejich laboratoře se zatoulal Rutherford. O daném problému tedy hovořili ve třech a podivný vedlejší efekt experimentu něčím upoutal Rutherfordovu intuici. Jakoby nic se obrátil na Marsdena a poznamenal: „Třeba byste něco naměřili s částicemi alfa přímo odraženými od kovové plochy.“⁸⁹ Marsden věděl, že by to mělo přinést negativní výsledek — částice alfa přece proletují *skrze* tenké fólie, *neodrážejí* se od nich —, ale také mu bylo jasné, že nechat si ujít možnost zjištění nečekaně pozitivního výsledku by byla neodpustitelná chyba. Velice pečlivě zhotovil silný zdroj záření alfa. Paprsek částic alfa tenký jako tužka namířil pod úhlem pětáctýřiceti stupňů na kus zlaté fólie. Svou scintilační plochu umístil na tutéž stranu fólie, na niž dopadal paprsek — tak aby odražené částice mohly dopadnout

na detekční plochu a projevit se scintilací. Mezi trubicí a scintilační plochu vložil silnou olověnou desku, takže měření nemohly ovlivnit žádné přímo letící částice alfa.



Ke svému překvapení ihned spatřil to, co hledal. Napsal: „Dobře se pamatuji, jak jsem výsledek oznámil Rutherfordovi [...] když jsem se s ním potkal na schodech k jeho soukromému pokoji, i radost, s níž jsem mu to sděloval.“⁹⁰

O pár týdnů později Geiger a Marsden pod Rutherfordovým vedením zformulovali zprávu o experimentu. Její závěr zněl: „Pokud uvažíme vysokou rychlost a hmotnost částic alfa, jeví se překvapující, že některé částice alfa, jak experiment dokazuje, lze vrstvou zlata silnou 6×10^{-5} cm [tj. 0,6 mikrometru] odchýlit o úhel 90° nebo i víc. K vytvoření srovnatelného efektu magnetickým polem by bylo zapotřebí obrovské pole o velikosti 10^9 absolutních jednotek.“⁹¹ Rutherford mezitím hloubal, co ten rozptyl znamená.

V rámci jiné práce nad tím dumal déle než rok. Nejprve mu intuice rychle napověděla, jaký ten experiment může mít význam, ale pak ztratil nit.⁹² Dokonce ani poté, co svůj senzační závěr oznámil, neměl chuť jej propagovat. Důvodem jeho nechuti mohlo být, že daný objev odporoval modelům atomu postulovaným J. J. Thomsonem a lordem Kelvinem. A proti jeho interpretaci Marsdenova objevu existovaly i fyzikální námitky, s nimiž bylo rovněž zapotřebí se ještě vypořádat.

Rutherford byl Marsdenovými výsledky upřímně ohromený. „Byla to ta nejneuvěřitelnější událost, jakou jsem v životě zažil,“ řekl později. „Bylo to asi tak neuvěřitelné, jako kdybyste vystřelili patnáctipalcový granát proti papírovému kapesníčku a ten granát by se od něj odrazil a zasáhl vás. Když jsem o tom přemýšlel, uvědomil jsem si, že tento odrazový rozptyl musí být výsledkem jediné srážky, a když jsem provedl výpočty, zjistil jsem, že

Atomy a prázdno

jev takového řádu je možný, jen pokud uvážíte systém, ve kterém je velká část hmotnosti atomu soustředěná v maličkém jádru.“⁹³

„Srážka“ je však zavádějící pojem. To, co si Rutherford představoval, když na velkých arších kvalitního papíru prováděl výpočty a kreslil schémata atomu, byla přesně taková zakřivená dráha směřující zprvu ke kompaktnímu a masivnímu centrálnímu tělesu a pak zase od něj, jako je ta, kterou sleduje kometa při svém gravitačním *pas de deux* se Sluncem.⁹⁴ Rutherford si nechal zhotovit model. Těžký elektromagnet zavěšený jako kyvadlo na devět metrů dlouhém drátu se dotýkal plochy jiného elektromagnetu ležícího na stole.⁹⁵ Když měly dotýkající se plochy elektromagnetů stejnou polaritu, a tedy se vzájemně odpuzovaly, kyvadlo se vychýlilo na parabolickou dráhu odpovídající jeho rychlosti a úhlu přiblížení — stejně jako se odchylovaly částice alfa. Rutherford si své úvahy jako vždy potřeboval vizualizovat.

Když i následující experiment potvrdil jeho teorii malého a velmi hmotného jádra atomu, byl Rutherford konečně připraven ji zveřejnit. Za obecnstvo si zvolil starou místní organizaci, Manchesterskou literární a filozofickou společnost, „v podstatě širokou veřejnost“, jak říká James Chadwick, jenž byl té historické události 7. března 1911 přítomen jako student. „Šlo o lidi zajímající se o literární a filozofické záležitosti, většinou podnikatele.“⁹⁶

Prvním bodem jednání byla zpráva manchesterského dovozce ovoce, že v zásilce banánů z Jamajky našel vzácného hada. Dokonce jej předvedl.⁹⁷ Pak přišel na řadu Rutherford. Dochoval se jen výtah z jeho oznámení, ale Chadwick si pamatoval, jak se cítil, když ten projev poslouchal: byl to „pro nás mladé kluky úžasný zážitek. [...] Chápali jsme, že je to očividně pravda, že je to tak“⁹⁸

Rutherford objevil jádro svého atomu. Ještě neznal uspořádání jeho elektronů. Na schůzi v Manchesteru mluvil o „centrálním, bodově koncentrovaném elektrickém náboji obklopeném sféricky homogenně rozloženým stejně velkým elektrickým nábojem opačné polarity“.⁹⁹ Pro potřeby výpočtů to byla přiměřeně idealizovaná představa, avšak zanedbávala důležitý fyzikální fakt, že onen „náboj opačné polarity“ musí být tvořen elektrony. A ty musely být nějak uspořádané kolem jádra.

Další záhada. Japonský teoretický fyzik Hantaró Nagaoka v roce 1903 postuloval „saturnský“ model atomu, v němž kolem „pozitivně nabitě částice“ obíhají elektrony v plochých kruzích připomínajících Saturnovy prstence.¹⁰⁰ Matematický podklad svého modelu převzal Nagaoka z první triumfální práce Jamese Clerka Maxwella „Stabilita pohybu Saturnových prstenců“ vydané v roce 1859. Všichni Rutherfordovi životopisci se shodují,

že Rutherford se o Nagaokově pojednání dozvěděl až 11. března 1911, po schůzi v Manchesteru, kdy mu o ní napsal na pohlednici přítel fyzik: „Campbell mi dal vědět, že se Nagaoka jednou pokusil odvodit velké pozitivní centrum svého atomu, aby vysvětlil optické jevy.“¹⁰¹ Rutherford si tedy v časopise *Philosophical Magazine* vyhledal Nagaokův text a na poslední stránku své dlouhé zprávy „Rozptyl částic α a β hmotou a struktura atomu“, již v dubnu poslal do téhož časopisu, připojil jeho rozbor. Nagaokův atom ve svém pojednání popsal slovy: „[...] předpokládá existenci centrální přitažlivé masy obklopené prstenci rotujících elektronů.“¹⁰²

Vypadá to však, že ho Nagaoka krátce předtím navštívil, protože mu japonský fyzik 22. února 1911 napsal z Tokia, aby mu poděkoval „za velkou laskavost, již jste mi v Manchesteru prokázal“.^{103*} Oba fyzikové však zřejmě nediskutovali o modelech atomu, jinak by pravděpodobně Nagaoka v diskusi korespondenčně pokračoval a Rutherford, naprosto čestný muž, by to jistě ve svém textu uvedl.

Jedním z důvodů, proč Rutherford o Nagaokově saturnském modelu atomu nevěděl, je, že tento model byl krátce po zveřejnění kritizován a opuštěn. Trpěl totiž vážným defektem — stejným teoretickým defektem, který mařil i atom nyní navrhovaný Rutherfordem.¹⁰⁴ Saturnovy prstence jsou stabilní, protože síla účinkující mezi částčkami, z nichž se skládají — tedy gravitační síla —, je přitažlivá. Ale síla působící mezi elektrony Nagaokových saturnských elektronových prstenců — síla mezi negativními elektrickými náboji —, by byla odpuzivá. Z čehož matematicky vyplývalo, že pokud by bylo kolem jádra na oběžných drahách rovnoměrně rozloženo několik elektronů, ať už dva, nebo více, dostaly by se do oscilačních modů — nestabilit — a ty by atom rychle roztrhaly.

To, co platilo pro Nagaokův saturnský atom, platilo teoreticky i pro atom, který experimentálně objevil Rutherford. Pokud by se atom řídil mechanickými zákony klasické fyziky, Newtonovými zákony řídícími vztahy v planetárních systémech, pak by Rutherfordův model nemohl fungovat. Avšak Rutherfordův model nebyl jen čistě teoretický konstrukt. Byl to výsledek reálného fyzikálního experimentu. A zjevně fungoval. Byl stejně stabilní jako sama věčnost a odrážel i dělostřelecké granáty částic alfa.

* Nagaoka nepřímo naznačuje, že k té návštěvě došlo někdy před červencem 1910 — po Marsdenově objevu roku 1909 a předtím, než Rutherford o Vánocích 1910 Geigerovi oznámil, že přišel na vysvětlení experimentu.

Bylo zapotřebí, aby rozpor mezi klasickou fyzikou a Rutherfordovým experimentálně potvrzeným atomem někdo vyřešil. A bylo zapotřebí, aby to byl někdo s nadáním odlišným od toho Rutherfordova: nikoli experimentátor, ale teoretik, leč teoretik hluboce zakořeněný v realitě. Musel mít alespoň tolik kuráže jako Rutherford a stejnou sebedůvěru. Musel být odhodlaný projít zrcadlem mechanické fyziky do zvláštního nemechanického světa, kde to, co se děje v měřítku atomu, nelze modelovat planeta-mi nebo kyvadly.

Jako na zavolanou se takový člověk náhle objevil v Manchesteru. Rutherford jeho příjezd oznámil jednomu svému americkému příteli v dopise z 18. března 1912: „Bohr, Dán, opustil Cambridge a přijel sem, aby získal zkušenosti v práci s radioaktivitou.“¹⁰⁵ Onen „Bohr“ byl Niels Henrik David Bohr, dánský teoretický fyzik. Tehdy mu bylo dvacet sedm let.

(3) Tvi

„Do místnosti vešel subtilní mládenec,“ vzpomíná na dny v Manchesteru Rutherfordův kolega z McGillovy univerzity a jeho životopisec A. S. Eve.¹ „Rutherford jej hned odvedl do své pracovny. Paní Rutherfordová mi vysvětlila, že tím návštěvníkem je mladý Dán, jehož práce si její manžel nesmírně cení. Bodejť, vždyť to byl Niels Bohr!“² Je to zvláštní vzpomínka, neboť Bohr byl výjimečný sportovec. Dánové jásali nad jeho univerzitními výkony na fotbalovém hřišti. Lyžoval, jezdil na kole i na plachetnici, štípal dříví, byl nepřemožitelným hráčem ping-pongu a schody bral vždycky po dvou. I po fyzické stránce působil impozantním dojmem: v rámci své generace byl vysoký, měl „ohromnou vypuklou hlavu“, jak popsal C. P. Snow, velkou a výraznou čelist a mohutné paže.³ Zamlada byl hubenější než později a Eve, jenž byl o dvanáct let starší než Rutherford, dost možná jeho nápadně nepoddajné, dozadu sčesané vlasy považoval za chlapecké. „Subtilní“ však Niels Bohr rozhodně nebyl.

Eveovu paměť ošáliko spíše něco jiného než Bohrův fyzický vzhled: pravděpodobně jeho vystupování. Dost možná působil váhavě. Byl „mnohem svalnatější a atletičtější, než by odpovídalo jeho opatrnému chování“, potvrzuje Snow. „Navíc mluvil tiše, spíše šeptal.“ Bohr takhle mluvil celý život — sice neúnavně, ale hodně potichu. Lidé měli co dělat, aby mu rozuměli. Snow ho znal jako „člověka, který má v hovoru takové potíže dospět k jádru věci, jako měl k stáru spisovatel Henry James“,⁴ ale Bohrův hlasový projev se dramaticky lišil na veřejnosti a v soukromí či při počátečním zkoumání problému a po jeho zvládnutí. Podle Bohrova studenta

a poté kolegy Oskara Kleina si Bohr „dával záležet, aby všechno formuloval co nej přesněji, do všech odstínů“⁵ Albert Einstein Bohra obdivoval za to, že „své názory sděloval jako ten, kdo neustále hledá, ne jako ten, kdo [si myslí, že] má definitivní pravdu“⁶ Pokud Bohr v počáteční, zkoumající fázi svých úvah hledal a tápal, s mistrovským zvládnutím problému „jeho jistota rostla a začal mluvit energicky, se spoustou živých líčení“, popsal fyzik Otto Frisch, synovec Lise Meitnerové.⁷ A mezi blízkými přáteli se podle Kleina „vyjadřoval drastickými obrazy a výraznými projevy jak obdivu, tak i kritiky“⁸

Bohrovo chování bylo stejně dvojaké jako jeho vyjadřování. Einstein se s ním poprvé setkal na jaře 1920 v Berlíně. Poté mu napsal: „Málokdy v životě mi nějaká lidská bytost udělala jen svou přítomností takovou radost jako vy.“ A jejich společnému příteli Paulu Ehrenfestovi, rakouskému profesorovi na katedře teoretické fyziky Univerzity v Leidenu, oznámil: „Líbí se mi právě tolik jako vám.“ Navzdory svému nadšení Einstein svého nového dánského přítele pečlivě pozoroval a jeho charakteristika v době, kdy bylo Bohrovi pětatřicet, se podobá té, již ho Eve posuzoval jako osmdvacetiletého: „Je jako přecitlivělé dítě, které chodí po světě jako v nějakém transu.“⁹ Teoretický fyzik Abraham Pais při prvním setkání — než Bohr promluvil — považoval jeho protáhlou, vážnou tvář za velice „pochmurnou“ a tento chvilkový pocit ho zmátl, protože věděl, že Bohra každý zná pro jeho „velkou živost a vřelý a upřímný úsměv“¹⁰

Bohrův příspěvek k fyzice dvacátého století je natolik zásadní, že jej převyšuje jedině Einstein. Měla z něj vyrůst respektovaná vědecká osobnost, muž s bezkonkurenční prozíravostí. Ve větší míře, než u vědců bývá obvyklé, sehrála v jeho práci klíčovou roli jeho osobní identita — těžce vydobyté jáství a z něj plynoucí citové hodnoty. V mládí byla tato jeho identita po nějaký čas bolestně rozpolcená.

* * *

Bohrův otec Christian Bohr byl profesorem fyziologie na Kodaňské univerzitě. Bohrovská čelist v jeho případě vystupovala pod hustým knírem, měl kulatou tvář a ne tak vysoké čelo. Dost možná byl také sportovně založený; rozhodně to byl sportovní nadšenec, podporoval a sponzoroval Akademisk Boldklub, za nějž měli časem jeho synové hrát závodně kopanou (Nielsův mladší bratr Harald hrál na olympiádě roku 1908). Měl pokrokové politické názory, angažoval se v boji za rovnoprávnost žen. Pokud šlo o náboženství, byl skeptický, ale navenek vystupoval jako solidní měšťácký intelektuál.

Tvi

Christian Bohr zveřejnil svou první vědeckou práci ve dvaadvaceti letech, poté vystudoval medicínu a doktorát z fyziologie. Byl žákem významného fyziologa Carla Ludwiga v Lipsku. Jeho specializací bylo dýchání a do jeho výzkumu zavedl jako metodu pečlivý fyzikální a chemický experiment — v osmdesátých letech devatenáctého století to bylo ještě novátorské. Podle jednoho jeho přítele byl mimo laboratoř „vášnivým ctitelem“ Goetha a zabýval se o hlubší filozofická témata.¹¹

Jedním z témat tehdejší doby byl spor vitalismus versus mechanismus, zakuklená forma staré a nekonečné debaty mezi lidmi věřícími — třeba z náboženských důvodů —, že svět má účel, a těmi, kteří věří, že svět funguje automaticky a náhodně nebo v opakujících se cyklech nepřinášejících vývoj. Když se ten známý německý chemik v roce 1895 vysmíval představě „čistě mechanického světa“ a „vědeckému materialismu“ umožňujícímu motýlu proměnit se zpět v housenku, dotýkal se téhož tématu — tématu starého jako Aristoteles.

V oboru Christiana Bohra se toto téma projevovalo v otázce, jestli organismy a jejich subsystemy — oči, plíce — byly sestaveny k předem danému účelu, nebo podle slepých a mrtvých zákonů chemie a evoluce. Krajním zastáncem mechanistické perspektivy v biologii byl tehdy Němec Ernst Heinrich Haeckel. Tvrdil, že organická a anorganická hmota jsou jedno a totéž, že život vznikl spontánně, že psychologie by měla být odvětvím fyziologie, že duše není nesmrtelná a vůle není svobodná. Christian Bohr sice věřil na vědecké experimenty, leč rozhodl se Haeckelovi oponovat — možná kvůli svému obdivu ke Goethovi. Čekal ho tudíž obtížný úkol srovnat své skutky se svými názory.

Zčásti z tohoto důvodu a zčásti proto, aby si užil společnosti přátel, začal po pravidelných pátečních zasedáních Královské dánské akademie věd a literatury chodit diskutovat do kavárny s filozofem Haraldem Høffdingem — oba byli členy Akademie. Zanedlouho se k nim připojil podobně naladěný fyzik Christian Christiansen, jenž jako chlapec pásal dobytek, a k diskusím přidal třetí perspektivu. Místo vysedávání v kavárně se pak začali setkávat střídavě u toho či onoho doma. Když se k nim přidal ještě filolog Vilhelm Thomsen, vznikl pozoruhodný čtyřlístek tvořený fyzikem, biologem, filologem a filozofem. Niels a Harald Bohrovi proseděli dětství u jejich nohou.

Jako upřímný přívrženec ženské rovnoprávnosti vedl Christian Bohr opakovací kurzy — na nichž se ženy připravovaly k univerzitnímu studiu. Mezi jeho studentkami byla i dcera židovského bankéře Ellen Adlerová. Pocházela ze vzdělané, bohaté a společensky významné rodiny; její otec

byl několikrát zvolen do dolní i horní komory Folketingu, dánského parlamentu. Christian Bohr se jí začal dvořit a v roce 1881 se vzali. Jak dosvědčil přítel jejich synů, měla „milou povahu“ a byla velmi obětavá.¹² Po svatbě navenek potlačila svůj židovský původ a ani nezačala studovat na univerzitě, ač to nejspíš měla původně v plánu.

Christian a Ellen Bohrovi začali svůj manželský život v rodinném domě Adlerových na široké, staré dlážděné ulici naproti Christiansborgu, královskému paláci, kde sídlil Folketing. Na tomto výhodném místě se 7. října 1885 narodil manželům Bohrovým Niels, jejich druhé dítě a první syn. Když v roce 1886 otec přijal místo na univerzitě, přestěhovali se Bohrovi do domu poblíž Chirurgické akademie, kde se nacházely fyziologické laboratoře. Tam Niels a jeho o devatenáct měsíců mladší bratr Harald vyrůstali.

* * *

Co si Niels Bohr pamatoval, odjakživa rád snil o důležitých souvislostech.¹³ Jeho otec se s oblibou vyjadřoval v paradoxech,¹⁴ takže Nielsovo snění mělo dost možná původ v tomto otcově zvyku. Malý Niels zároveň kladl důraz na přesné vyjadřování — tato vlastnost, ačkoli se stala jeho významnou ctností jako fyzika, se často podceňuje. Když mu byly tři roky, začal mu otec na procházce vysvětlovat vyváženou strukturu stromu — kmen, hlavní větve, větvíčky a snítky —, aby synu ukázal, jak se strom skládá z částí. Přesně se vyjadřující děčko vidělo organismus jako celek a otcí oponovalo: kdyby to tak nebylo, prohlásil Niels, nebyl by to strom. Bohr tuhle historku vykládal celý život, naposledy jen pár dnů před svou smrtí, ve věku sedmdesáti osmi let v roce 1962. „Už jako malý jsem se uměl vyjadřovat k filozofickým otázkám,“ shrnul to tehdy hrdě. A jak řekl, kvůli této schopnosti „mě považovali za zvláštního“.¹⁵

Harald Bohr byl bystrý, vtipný a energický. Zprvu ho považovali za chytřejšího z bratrů. Pozdější spolupracovník Nielse Bohra a jeho životopisec Stefan Rozentál však říká, že „Christian Bohr velmi brzo změnil názor; uvědomil si Nielsovy vynikající schopnosti, zvláštní nadání a úžasnou představitost“.¹⁶ Otec tento názor formuloval způsobem, který by byl krutým srovnáním obou bratrů, kdyby si nebyli tak blízcí: řekl, že Niels je „tím nadaným v rodině“.¹⁷

Když dostal Niels v páté třídě za úkol nakreslit dům, vytvořil pozoruhodně vyspělou kresbu, ale nejprve odpočítal lačky v plotě. Měl rád truhlářinu a kovařinu, od dětství byl domácím kutilem. „Už jako děčko byl považován za rodinného filozofa,“ řekl jeho mladší kolega, „a jeho otec pozorně

naslouchal jeho názorům na zásadní problémy.“¹⁸ Podle všeho měl potíže naučit se psát¹⁹ a provždycky už psal nerad. Matka mu věrně sloužila jako písarka, diktoval jí školní úkoly a ona je zapisovala.

S Haraldem byli v dětství jako dvojčata. Slovy Rozentala „ta nerozdělitelnost charakterizující vztah mezi oběma bratry stojí nade vším jako leitmotiv“.²⁰ Jeden jejich přítel poznamenal, že mluvili a uvažovali „à deux“.²¹ Bohr vzpomínal: „V celém mém dětství hrál bratr velmi důležitou úlohu. [...] Byl jsem s ním v jednom kuse. Ve všech ohledech byl chytřejší než já.“²² Harald zase každému, kdo se na to zeptal, říkal, že on je jen obyčejný člověk, zatímco jeho bratr je prostě skvělý. A podle všeho to myslel upřímně.²³

Řeč vyjadřuje myšlenku nemotorně, psaní ji zbídačuje. Nikoli jazyk, ale povrch těla je první dětskou mapou světa, jež nerozlišuje mezi subjektem a objektem a rozprostírá se spolu se světem, který mapuje, dokud je probouzející se vědomí nerozdělí. Niels Bohr rád předváděl, jak se hůl použitá jako sonda — třeba slepecká hůl — stává prodloužením paže.²⁴ Jako by se cit přesunul do konce hole, říkal. Podobně jako s oblibou líčil historiku o chlapci a stromu, často opakoval i tento postřeh, neboť pro něj nesl velký emocionální význam — a jeho žáci nad ním žasli.

Zřejmě byl opravdu dítětem hledajícím hluboké souvislosti. To je dar předcházející dar řeči. Otec, goethovsky prahnoucí po účelu a celistvosti, po přírodní jednotě, po bezbřehé útěše náboženství bez zastaralého formalismu, to velmi dobře vycítil. A jeho přehnaná očekávání byla chlapci břemenem.

Náboženský konflikt propukl brzo. Niels „doslova věřil všemu, co se učil ve škole na hodinách náboženství“, popisuje Oskar Klein. „Jako citlivý hoch byl proto dlouho nešťastný kvůli otcově nedostatku víry.“²⁵ Když sedmadvacetiletý Bohr psal o Vánocích své snoubence z Cambridge, vylíčil ten smutek jako otcovskou zradu: „Vidím chlapečka na zasněžené ulici cestou do kostela. To byl jediný den, kdy jeho otec chodil do kostela. Proč? Aby si ten chlapeček nepřipadal odlišný od ostatních malých hochů. Nikdy tomu klukovi neřekl ani slovo o víře nebo pochybách a ten chlapeček věřil celým svým srdcem.“²⁶

Potíže s psaním však vypadaly zlověstněji než potíže s náboženstvím. Rodiče problém zakryli tím, že chlapec dostal k dispozici matku jako sekretářku. Nechodilo to tak, že by si věci napřed o samotě srovnal v hlavě a pak by ji zavolal na pomoc. Pracně si uspořádal myšlenky přímo v okamžiku zapisování. To byl ten šepot, který C. P. Snowovi připomínal starého Henryho Jamese. V dospělosti Bohr koncipoval a poté přepisoval naisto dokonce i soukromé dopisy.²⁷ Jeho přepracovávání vědeckých prací ve stadiu konceptu a pak opakovaně v rámci korektur se stalo legendární. Jednou

potřeboval pomoc rakouského teoretického fyzika Wolfganga Pauliho, jedinečného kritika, avšak ten ho dobře znal a na opakované naléhání, aby přijel z Curychu, jen unaveně odpovídal: „Až pošlete závěrečnou korekturu, přijedu.“²⁸ Bohr spolupracoval nejprve se svou matkou a Haraldem, pak s manželkou, poté s celoživotní řadou mladších fyziků. Ti si velice cenili možnosti s ním pracovat, avšak mohla to být i náročná zkušenost. Vyžadoval od nich nejen pozornost, ale také intelektuální a emoční oddanost: potřeboval své spolupracovníky přesvědčit, že má pravdu. Dokud se mu to nepodařilo, sám o svých závěrech pochyboval — nebo přinejmenším pochyboval o způsobu, jakým je formuloval.

Za jeho potížení s psaním se skrývaly ještě jiné, horší potíže. Měly podobu úzkosti, jež bez matčiny a bratrovy výjimečné podpory mohla být — a načas také byla — ochromující.²⁹

Nejprve možná získala podobu náboženských pochyb, jež se podle Kleina objevily, když byl Niels „mladík“. Bohr pochyboval stejně, jako věřil — „velmi přesvědčeně“.³⁰ Když na podzim 1903 nastupoval jako osmnáctiletý na Kodaňskou univerzitu, začaly být tyto pochyby tak silné, že jej intoxikovaly děsivými nekonečny.

Bohr měl rád jistý román — knihu *En Dansk Students Eventyr* (Dobrodružství dánského studenta), již Poul Martin Møller představil v roce 1824 studentskému spolku Kodaňské univerzity autorským čtením. Vyšla až po jeho smrti. Byla krátká, duchaplná a působila klamně lehkovážným dojmem. Ve své důležité přednášce „Jednota lidského vědění“ v roce 1960 popsal Bohr Møllerovu knihu jako „nedokončený román, který [v Dánsku] rádi čtou příslušníci starší i mladší generace“.³¹ Podle něj podává „pozoruhodně živý a sugestivní obraz vzájemného působení různých aspektů naší pozice [lidských bytostí]“.³² Po první světové válce pomohla dánská vláda Bohrovi založit v Kodani institut, kam putovali studovat nejslibnější mladí fyzikové z celého světa. Bohrův spolupracovník Léon Rosenfeld napsal, že „každý, kdo v institutu přišel s Bohrem do bližšího kontaktu, se hned poté, co prokázal dostatečnou znalost dánštiny, s tou útlou knížkou seznámil: patřilo to k zasvěcení“.³³

Co tak zázračného ta knížečka obsahovala? Byl to první dánský román zasazený do autorovy současnosti: líčil studentský život a hlavně dlouhé rozhovory dvou bratranců, studentů — „licenciáta“, tedy uchazeče o akademický titul, a „filistra“. Jak Bohr vysvětlil, filistr je běžný typ, „velmi střízlivý a zdatný v praktických ohledech“, zatímco exotičtější licenciát „se oddává odlehlým filozofickým meditacím škodícím jeho společenským aktivitám“.³⁴ Bohr cituje jednu z licenciátových „filozofických meditací“:

Uvažuji o vlastních myšlenkách týkajících se situace, v níž se nacházím. Pak uvažuji i o tom, co si o tom myslím, a začnu se dělit v nekonečné zpětné posloupnosti „já“, jež uvažují jedno o druhém. Nevím, u kterého „já“ bych se měl zastavit jako u toho opravdového, a jakmile se u některého zastavím, hned je tu zase „já“, jež se u něj zastavilo. Začne mě to mást a cítím závrať, jako bych hleděl do bezedné propasti.³⁵

„Bohr se pořád vracel k různým významům slova „já“,“ vzpomínal Robert Oppenheimer. „Já, které jedná, já, které uvažuje, já, které zkoumá samo sebe.“³⁶

Další záležitosti, jež dělaly hlavu licenciátovi v Møllerově románu, lze odhadnout z objektivního popisu věcí působících starost mladému Nielsi Bohrovi. Kupříkladu tahle nezpůsobilost:

Jistěže už jsem viděl myšlenky svěřené papíru, ale jakmile jsem si jednou zřetelně uvědomil protimluv, který taková akce znamená, začal jsem cítit totální neschopnost zformulovat jedinou psanou větu. [...] Mučím se snahou vyřešit tu nevysvětlitelnou hádanku, jak může člověk myslet, mluvit nebo psát. Chápejte, příteli — k pohybu je předem zapotřebí směr. Mysl nemůže postupovat, aniž se ubírá po určité trase, ale aby tuto trasu mohla sledovat, musela ji vymyslet. Člověk tedy musel každou myšlenku promyslet už předtím, než si ji myslel. To znamená, že každá myšlenka, která se zdá být výplodem minuty, potřebovala předem věčnost. Přivádí mě to téměř k šílenství.³⁷

Nebo tato stížnost na fragmentaci ega a jeho množící se podvojnost, již Bohr v pozdějších letech s oblibou citoval:

Při mnoha příležitostech se tedy člověk dělí ve dvě osoby, z nichž jedna se pokouší obalamutit druhou, zatímco třetí, jež je ve skutečnosti stejná jako ty dvě, nad tím zmatkem žasne. Zkrátka, přemýšlení se mění v drama a v tichosti rozehrává se sebou a pro sebe ty nejkomplikovanější zápletky; a divák se zas a znovu stává hercem.³⁸

Rosenfeld vysvětluje, že „Bohr upozorňoval na ty scény, v nichž licenciát popisuje, jak ztrácí přehled o počtu všech svých eg, nebo řeční o nemožnosti formulovat myšlenku, a od těchto bizarních protimluvů přiváděl posluchače [...] k jádru problému, jak jednoznačně sdělit zkušenost, čímž dramaticky zdůrazňoval jeho naléhavost“.³⁹ Rosenfeld Bohra zbožňoval a fakt, že pro

něj byly licenciátovy starosti více než jen „bizarní protimluvy“, buďto přehlížel, nebo o tom záměrně nemluvil.

Tomu, co provádí licenciát a co dělal i mladý Bohr, se říká „racionalizace“. Je to obranný mechanismus proti úzkosti. Racionalizace ve spirálách, panická a nutková. Pochybnosti se znovu a znovu zdvojují, paralyzují schopnost jednat a vyprazdňují svět. Tento mechanismus je nekonečně regresivní, protože jakmile si oběť jednou uvědomí, jak to funguje, může pochybovat o čemkoli, i o samotných pochybách. Filozoficky vzato může jít o zajímavý fenomén, ale z praktické perspektivy je racionalizace něco jako prokrastinace. Pokud není práce nikdy dokončena, nelze posoudit její kvalitu. Potíž je v tom, že prokrastinace oddaluje konfrontaci a k samotné práci přidává ještě pocit viny. Úzkost roste, celý mechanismus sám sebe ve spirále posiluje, ego má pocit, že se rozpadá, zmnožující se „já“ posilují pocit blízkého zhroucení. Šílenství se ukazuje ve vši své hrůze; obraz licenciátovy „bezedné propasti“ byl opakujícím se tématem Bohrových konverzací a psaných textů až do jeho smrti.⁴⁰ Jsme „lapeni v jazyce“,⁴¹ říkával Bohr, když tu propast připomínal, a s oblibou citoval Schillerovy verše:

*Nur die Fülle führt zur Klarheit,
Und im Abgrund wohnt die Wahrheit.*⁴²

*Celistvost jen světlo plodí
a jen propast pravdu rodí.*

Ale nebyl to Møller, v kom Bohr našel pevnou oporu. K tomu potřeboval něco solidnějšího než román, byť výstižný. Potřeboval to, co k přičetnosti potřebujeme všichni: lásku a práci.

„V letech po maturitě jsem se velmi zajímal o filozofii,“ řekl Bohr ve svém posledním interview. „Především jsem navázal úzký kontakt s Høffdingem.“⁴³ Harald Høffding byl starý přítel Bohrova otce, druhý zakládající člen oné páteční diskusní skupiny.⁴⁴ Bohr jej znal od dětství. Høffding byl hlubokomyslný, citlivý a laskavý muž, o dvanáct let starší než Christian Bohr — narodil se v roce 1843. Byl obratným vykladačem díla Sørensa Kierkegaarda a Williama Jamese a respektovaným filozofem — antihegeliánem a pragmatikem zaujatým otázkami percepční diskontinuity. Bohr se stal Høffdingovým žákem. Zdá se jisté, že se na něj obrátil i s osobními problémy. Bylo to dobré rozhodnutí. Høffding si v mládí sám prošel krizí, jež ho, jak později napsal, přivedla na pokraj „beznaděje“.⁴⁵

Když během studeného listopadu 1855 Søren Kierkegaard zemřel na plicní infekci, bylo Høffdingovi dvanáct let. Byl tedy dost velký na to, aby se doslechl o pozdvížení u hrobu kus cesty za městskými hradbami, dost velký na to, aby si toho podivného, mrzoutského, divoce výřečného básníka mnoha pseudonymů pamatoval jako živoucího člověka. Tato blízkost Høffdingovi později posloužila coby výchozí bod, když se obrátil ke Kierkegaardovým spisům pro útěchu v zoufalství. Nalezl ji především v knize *Stadier på Livets Vej* (Stadia životní cesty), černohumorné dramatizaci dialektiky duchovních stadií — nezávislých, nesouvisejících, přemostitelných pouze iracionálním skokem víry. Høffding se poté stal vděčným zastáncem toho produktivního a zvláštního Dána; svou druhou důležitou knihou, vydanou v roce 1892, napomohl k tomu, že Kierkegaard začali chápat jako důležitého filozofa, a ne pouhého literárního stylistu libujícího si v blouznivých výlevech, jak ho zprvu dánští kritici vnímali.

Kierkegaard měl Bohrovi hodně co nabídnout — hlavně v Høffdingově interpretaci. Kierkegaard zkoumal stejné stavy mysli jako Poul Martin Møller. Møller učil Kierkegaarda na univerzitě morální filozofii a zřejmě mu byl průvodcem.⁴⁶ Po Møllerově smrti mu Kierkegaard připsal svou knihu *Begrebet Angest* (Koncept úzkosti) a v návrhu věnování ho nazýval „zanícením mého mládí, důvěrníkem mých začátků, mocnou trumpetou mého probuzení, mým zesnulým přítelem“.⁴⁷ Od Møllera ke Kierkegaardovi, Høffdingovi a Bohrovi vede přímá linie.

O Kierkegaardovi je známo, že trpěl bujením identit a pochyb. Zdvojení vědomí je ústředním tématem jeho díla, stejně jako tomu bylo předtím u Møllera. Dokonce se zdá, že u Dánů má toto nebezpečí dlouhou tradici. Dánský výraz pro zoufalství *fortvivlelse* nese ve svém jádru morfém *tvi* znamenající „dva“ ve významu zdvojení vědomí.⁴⁸ *Tvivl* v dánštině znamená „pochyby“, *tvivlesyg* je „skepse“ a *tvetydighed* „dvojznačnost“. Jáství sledující samo sebe je v puritánství běžná věc, blízce spřízněná s křesťanským svědomím.

Leč na rozdíl od Møllera, jenž bral licenciátovy *tvivl* s humorem, se Kierkegaard snažil nalézt cestu zrcadlovým bludištěm. Høffding ve své knize *Den nyere Filosofis Historie* (Dějiny moderní filozofie), již Bohr jako student četl, shrnul trasu, kterou podle jeho názoru Kierkegaard našel, takto: „Jeho hlavní myšlenkou bylo, že různá možná pojetí života si tak ostře protiřečí, že si mezi nimi musíme vybrat, odtud jeho heslo *bud'* — *anebo*; navíc to musí být volba, již každá osoba musí udělat za sebe, odtud jeho druhé heslo *individualita*.“⁴⁹ A dodal: „Jedině ve světě možností je kontinuita; ve světě reality přichází rozhodnutí vždy trhlinou v kontinuitě.“⁵⁰ Kontinuita, jež soužila Bohra, to byl bující proud pochyb a „já“, jenž ho

pronásledoval; závěrem, který doufal najít, byla trhlina v této kontinuitě — rozhodnost, činnost.

Nejprve se obrátil k matematice. Z univerzitní přednášky se dozvěděl o riemannovské geometrii. Tento druh neeuklidovské geometrie reprezentující funkce komplexních proměnných vyvinul německý matematik Georg Riemann. Riemann ukázal, jak lze tyto vícehodnotové funkce (číslo, jeho odmocninu, jeho logaritmus a podobně) reprezentovat a znázorňovat svazky geometrických ploch, jimž se začalo říkat Riemannovy plochy. Bohr ve svém posledním interview řekl: „Tenkrát jsem vážně pomýšlel na to, že napíšu něco o filozofii. Mělo to být o téhle analogii s vícehodnotovými funkcemi. Cítil jsem, že různé problémy psychologie — ty, kterým se říká velké filozofické problémy, třeba otázka svobodné vůle a podobně — by se daly redukovat, kdyby člověk uvážil, jak k nim přistupuje, a to by šlo udělat analogicky jako u vícehodnotových funkcí.“⁵¹ Domníval se tehdy, že by mohlo jít o problém jazyka, problém nejednoznačnosti — vlastně mnohonásobnosti — různých významů slova „já“. Když oddělíte každý význam na jinou plochu, pomůže vám to vyznat se v tom, o čem mluvíte. Zmatek identit se vám názorně vyřeší před očima.

Toto schéma bylo pro Bohra příliš schematické. Matematika mu asi byla něčím jako racionalizací, nepomáhala mu dostat se z izolace své úzkosti. Uvažoval o napsání knihy o svých matematických analogiích, ale místo toho se pustil do mnohem konkrétnější práce. Povšimněme si však, že ta matematická analogie stojí na zasazení problému pochybností do rámce jazyka, na identifikaci pochybnosti jako specializované formy verbální nejednoznačnosti. A povšimněme si, že se ta analogie snaží vyjasnit nejednoznačnosti izolováním jejich různých významových variant do samostatných, vzájemně nespojených ploch.

Ona konkrétní práce, do níž se devatenáctiletý Bohr v únoru 1905 pustil, se týkala problému experimentální fyziky.⁵² Královská dánská akademie věd a literatury každoročně vyhlašovala problémy ke zkoumání s dvouletou lhůtou řešení, po jejímž uplynutí oceňovala úspěšné práce zlatými a stříbrnými medailemi. Fyzikálním problémem roku 1905 bylo stanovit povrchové napětí různých kapalin měřením vln, jež kapaliny vytvářejí při protékání otvorem (příkladem takových vln je prolétající se čúrek vody proudící ze zahradní hadice). Patřičnou metodu sice už navrhl britský laureát Nobelovy ceny John William Strutt, třetí baron Rayleigh, ale nikdo ji ještě nevyzkoušel. Bohr spolu s ještě jedním uchazečem tu výzvu přijali.

Bohr se pustil do práce ve fyziologické laboratoři, kde předtím po léta nejprve sledoval při práci otce a pak mu asistoval a učil se řemeslo experi-

mentování. K vytváření stabilního proudu kapaliny se rozhodl používat vytažené skleněné trubice. Jelikož daná metoda vyžadovala velké množství kapaliny, omezil své experimentování na vodu. Trubice musely být po stranách zploštělé, aby měly oválný průřez; proud vody tím dostával tvar nutný k vytváření vln připomínajících tvarováním cop. Veškerou práci související s nahříváním a tvarováním skleněných trubic odváděl Bohr osobně; ta činnost mu připadala hypnotická. Rosenfeld říká, že Bohra „ty úkony tak bavily, že zcela zapomněl na jejich původní účel a hodiny trávil tím, že trubici za trubicí protahoval plamenem“.⁵³

Každé experimentální měření povrchového napětí trvalo několik hodin. Bohr to musel dělat v noci, kdy v laboratoři nikdo nebyl, protože otřesy by proud vody narušovaly. Nejenže to šlo pomalu, Bohr se navíc loudal. Akademie mu na to dala dva roky. Když se blížil konec této lhůty, Christian Bohr pochopil, že jeho syn prokrastinuje do té míry, že svou zprávu ve stanoveném čase možná nestihne vypracovat. „Ty experimenty neměly konce,“ vysvětlil po letech Bohr Rosenfeldovi při projíždce na kolech na venkově. „Pořád jsem si všímal nějakých nových detailů, o kterých jsem si říkal, že je napřed musím pochopit. Nakonec mě otec poslal sem — vyhnal mě z laboratoře a tu práci jsem musel sepsat.“⁵⁴

To „sem“ znamenalo Naerumgård, venkovské sídlo Adlerových ležící severně od Kodaně. Tam, vzdálen pokusem laboratoře, Niels napsal a Harald přepsal práci o sto čtrnácti stránkách. Niels ji poslal Akademii v poslední den lhůty, ale ani tak nebyla kompletní; o tři dny později k ní připojil jedenáctistránkový dodatek, jenž nešťastnou náhodou chyběl.

Ten spis byl první Bohrovou vědeckou prací. Povrchové napětí sice stanovil jen u vody, ale také unikátně rozvedl Rayleighovu teorii. Akademie jej ocenila zlatou medailí. Pro někoho tak mladého to byl vynikající výsledek a Bohrovi určil životní dráhu fyzika. Na rozdíl od matematizované filozofie byla fyzika pevně zakotvená v reálném světě.

V roce 1909 přijala londýnská Královská společnost upravenou verzi práce o povrchovém napětí pro svůj časopis *Philosophical Transactions*. Když článek vyšel, Bohr byl pořád ještě studentem pracujícím na získání akademické hodnosti a musel tajemníkovi společnosti, jenž jej tak tituloval, vysvětlovat, že „není profesor“.⁵⁵

Už jednou mu pomohlo uchýlit se na venkov, třeba to pomůže zas. Naerumgård už nebyl k dispozici, Adlerovi jej darovali, aby sloužil jako škola. Když přišel čas, aby se Bohr od března do května 1909 připravoval na závěrečné zkoušky, vypravil se do města Vissenbjerg na ostrově Fyn, prvním ostrově západně od ostrova Sjælland, na němž leží Kodaň. Pobýval tam na faře

u rodičů laboratorního asistenta Christiana Bohra. Na Fynu prokrastinoval nad stránkami knihy *Stadier på Livets Vej*, a když ji dočetl, hned ten den ji nadšeně poslal poštou Haraldovi. „To je to jediné, co ti mohu poslat,“ napsal svému mladšímu bratrovi, „ale myslím, že nic lepšího bych hned tak nenašel. [...] Je to jedna z nejlepších knížek, co jsem kdy četl.“⁵⁶ Na konci června byl Niels zpátky v Kodani a opět posledního dne lhůty odevzdal svou závěrečnou práci, sepsanou matčinou rukou.

Harald ho tou dobou předběhl, magistrem se stal už v dubnu a vypravil se do Německa na Univerzitu Georga Augusta v Göttingenu, do centra evropské matematiky, aby zde studoval na doktorát. Získal jej v červnu 1910. Niels svému mladšímu bratrovi uštěpačně napsal, že jeho „závist brzo vyroste až nad střechy“;⁵⁷ ale ve skutečnosti měl radost ze svého vlastního pokroku na doktorské disertaci, ačkoli strávil „čtyři měsíce spekulováním nad hloupou otázkou o nějakých hloupých elektronech a všechno, co sepsal, bylo asi čtrnáct různých konceptů“.⁵⁸ Christiansen stanovil Bohrovi za téma práce problém týkající se teorie elektronů v kovech, jenž Bohra zaujal dost na to, aby se mu věnoval i v rámci disertace. Soustředil se teď na teoretickou práci, a jak řekl, pokoušet se i o experimenty by bylo „nepraktické“.⁵⁹

Na podzim roku 1910 se vrátil na faru ve Vissenbjergu a s prací zpomalil. Snad si vzpomněl na licenciátovy potíže s disertací, neboť se znovu obrátil ke Kierkegaardovi. „Zatímco jsem na faře na Fynu sepisoval disertaci, udělal na mě Kierkegaard ohromný dojem. Čtu ho ve dne v noci,“ řekl Bohr v roce 1933 svému příteli a někdejšímu žákovi J. Rudu Nielsenovi. „To, co je na něm skvělé, je jeho upřímnost a snaha promýšlet problémy až k nejzazší mezi. A má krásný jazyk, často vznešený. Samozřejmě je v Kierkegaardovi spousta věcí, jež nemohu přijmout. Připisuji to době, v níž žil. Ale obdivuji jeho náruživost a vytrvalost, jeho do krajnosti dovedenou analýzu a skutečnost, že díky těmto schopnostem změnil neštěstí a utrpení v něco dobrého.“⁶⁰

Disertaci „K teorii elektronů v kovech“ dopsal koncem ledna 1911. Třetího února jeho otec náhle zemřel. Bylo mu padesát šest let. Niels svou práci věnoval „v nehlubší vděčnosti památce mého otce“.⁶¹ Miloval ho; pokud však existovalo břímě očekávání, teď od něj byl osvobozen.

Třináctého května svou práci v Kodani podle zvyku veřejně obhájil. Pod primitivní kresbu formálně oděného kandidáta stojícího v bílé košili a ve fraku u masivního pultu kodaňský list *Dagbladet* napsal: „Doktor Bohr, bleďý a skromný mladý muž, se příliš neúčastnil procedury, jež zabrala rekordně krátký čas.“⁶² Malá hala byla nacpaná k prasknutí. Christiansen, jeden

ze dvou zkoušejících, se vyjádřil prostě: řekl, že nikdo v Dánsku není o tématu informovaný natolik, aby mohl kandidátovu práci posoudit.

Než Christian Bohr zemřel, pomohl svému synovi zařídit stipendium Nadace pivovaru Carlsberg, aby mohl studovat v zahraničí. Niels strávil léto plachtěním a turistikou s Margrethe Nørlundovou, sestrou svého přítele, krásnou mladou studentkou, se kterou se seznámil v roce 1910 a s níž se krátce před svým odjezdem zasnoubil. Koncem září pak odcestoval do Cambridge. Domluvil si studium v Cavendishově laboratoři u J. J. Thomsona.

29. září 1911

Eltisley Avenue 10

Newnham, Cambridge

Ach, Haralde!

Daří se mi moc dobře. Zrovna jsem mluvil s J. J. Thomsonem a vysvětlil jsem mu, jak nejlépe jsem uměl, své myšlenky týkající se radiace, magnetismu a tak dál. Kdybys jen věděl, co to pro mne znamená, mluvit s někým takovým. Byl ke mně velice milý a mluvili jsme o všem možném. Věřím, že v tom, co jsem mu sdělil, shledal nějaký smysl. Přečte si to teď [tj. mou disertaci] a pozval mě, ať s ním v neděli povečeřím v Trinity College; potom si se mnou o tom promluví. Asi si dovedeš představit, jak jsem šťastný. [...] Mám teď svůj vlastní malý byt. Je na kraji města a je ve všech ohledech moc hezký. Mám dva pokoje a jím dočista sám ve vlastním. Je to tu opravdu krásné; teď si tu sedím, píšu ti a v kamnech mi hoří a praská.⁶³

Nielsi Bohrovi se v Cambridgi moc líbilo. Otcova anglofilie ho připravila na to, že mu bude anglické prostředí vyhovovat, univerzita mu nabízela tradici Newtona a Clerka Maxwella a skvělou Cavendishovu laboratoř s úchvatnou historií fyzikálních objevů. Bohr zjistil, že jeho školní angličtina bude potřebovat zlepšit, a tak se s novým slovníkem po ruce pustil do čtení *David Copperfielda*. Vyhledával si každý výraz, u něhož byl na vážkách. Zjistil, že laboratoř je přeplněná lidmi a nedostatečně vybavená. Na druhou stranu mu přišlo zábavné muset „pod hrozbou vysokých pokut“ chodit v čapce a taláru (jakmile byl přijat na Trinity College jako výzkumný student), vidět stolování akademiků, kteří „toho dostávají tolik a tak prvotřídního, že je neuvěřitelné a nepochopitelné, že to mohou vydržet“⁶⁴ procházet se „hodinu před večeří po těch nejkrásnějších lukách podél řeky, s živými ploty



007 Niels Bohr v létě 1911, na prahu slávy,
se svou snoubenkou Margrethe.

posetými červenými bobulemi a s osamocenými vrbami nachýlenými větrem — představ si tohle všechno pod tím nejnádhernejším podzimním nebem, po němž vítr žene mraky“.⁶⁵ Vstoupil do fotbalového klubu, setkával se s fyziology, kteří bývali studenty jeho otce, chodil na přednášky fyziky, pracoval na experimentu, který mu Thomson přidělil, a nechával anglické dámy, „naprosto geniální umělkyně v rozptylování“, aby na něm při večírcích předváděly své umění.⁶⁶

K přečtení Bohrovy disertace se však Thomson nikdy nedostal. Jejich první setkání ve skutečnosti neproběhlo moc dobře. Nový student z Dánska Thomsonovi nejenže vysvětlil své nápady, ale také poukázal na chyby, jež našel v Thomsonově elektronové teorii. „Přemýšlím, co asi řekne na to, že s jeho myšlenkami nesouhlasím,“ napsal krátce poté Bohr Margrethe.⁶⁷ A o něco později: „Těším se, až uslyším, co mi na to Thomson řekne. Je to skvělý člověk. Doufám, že se na mne kvůli mým hloupým řečem nebude zlobit.“⁶⁸

Možná se Thomson zlobil, možná ne. Elektrony už jej beztoho moc nezajímaly. V centru jeho pozornosti teď byly pozitivní paprsky — jichž se týkal i experiment, který přidělil Bohrovi a ježž Bohr považoval za naprosto neperspektivní —, a navíc ho vůbec nebavily teoretické diskuse. „Seznámít

se s Angličanem, na to potřebujete půl roku,“ řekl Bohr ve svém posledním interview. „[...] V Anglii je zvykem být zdvořilý a tak, ale nemají zájem se s někým stýkat. [...] V neděli jsem chodil večer do Trinity College. [...] Seděl jsem tam a třeba týdnů na mě nikdo ani nepromluvil. Ale pak pochopili, že o nějaké hovory s nimi stojím stejně málo jako oni. Načež jsme se spřátelili, rozumíte, a všechno bylo jinak.“⁶⁹ Je to řečeno všeobecně, ale Thomsonova lhostejnost byla možná prvním specifickým případem takového chování.

Pak se v Cambridgi objevil Rutherford.

„Přicestoval z Manchesteru, aby promluvil na výroční večeři Cavendishovy laboratoře,“ vzpomíná Bohr. „Sice jsem s ním tenkrát nenavázal osobní kontakt, ale udělal na mě velký dojem kouzlem a silou své osobnosti, díky níž dokázal všude, kde pracoval, dosáhnout téměř nemožného. Večeře [která se konala v prosinci] proběhla v té nejsrdečnější atmosféře a několika Rutherfordovým kolegům poskytla možnost zavzpomínat na pár z mnoha anekdot, jež o něm už tehdy kolovaly.“⁷⁰ Rutherford zaníceně referoval o nedávných výsledcích fyzika C. T. R. Wilsona, vynálezce mlžné komory (zviditelňující trasy nabitých částic jako linie vodních kapiček vznášejících se v přesycené mlze) a Rutherfordova přítele ze studií v Cambridgi. Podle Bohra Wilson „zrovna tehdy“ vyfotografoval v mlžné komoře rozptýl částic alfa při interakcích s jádry, „jev, který jen o pár měsíců dříve přivedl Rutherforda k jeho epochálnímu objevu atomového jádra“.⁷¹

Bohr uvažoval o záležitostech, které měl už zanedlouho vztáhnout k problému jádra atomu a jeho teoreticky vzato nestabilních elektronů, ale při té výroční večeři na něj udělal největší dojem Rutherfordův nenucený zápal.⁷² Když na toto své životní období mnohem později vzpomínal, zdůrazňoval při vychvalování Rutherfordových vlastností především „trpělivost naslouchat každému mládenci, který měl nějaký nápad, byť by to byla jen drobnost“.⁷³ Patrně se Rutherford v tomto ohledu lišil od J. J. Thomsona, bez ohledu na jiné Thomsonovy ctnosti.

Zanedlouho po té večeři se Bohr vypravil do Manchesteru navštívit „jednoho kolegu mého nedávno zesnulého otce, byl to také blízký přítel Rutherforda“, s nímž se chtěl setkat.⁷⁴ Tento Rutherfordův blízký přítel je propojil. Rutherford si mladého Dána prohlédl a to, co viděl, se mu navzdory jeho předsudkům vůči teoretickým fyzikům líbilo. Když se ho později někdo na ten rozpor zeptal, Rutherford svou náklonnost k Bohrovi skryl za pobouřené rozčilení: „Bohr, to je něco jiného. Ten hraje fotbal!“⁷⁵ Bohr byl jiný i v dalších ohledech; mezi všemi Rutherfordovými žáky byl bezpochyby ten nejtalentovanější, a to přitom Rutherford vychoval jedenáct laureátů Nobelovy ceny.⁷⁶ Takový rekord nikdo nepřekonal.

Rozhodnutí mezi Cambridgí a Manchesterem Bohr odkládal, dokud si o všem nepromluvil s Haraldem, jenž ho kvůli tomu v lednu 1912 v Cambridgi navštívil. Poté Bohr dychtivě napsal Rutherfordovi o povolení studovat v Manchesteru, jak se o tom v prosinci bavili. Rutherford mu tehdy poradil, aby Cambridge neopouštěl unáhleně — řekl mu, že Manchester počká, nikam mu neuteče —,⁷⁷ a Bohr mu teď navrhl, že by přijel na jarní semestr začínající koncem března. Rutherford rád souhlasil. Bohr se v Cambridgi cítil nevyužitý. Chtěl nějakou pořádnou práci.

Prvních šest týdnů v Manchesteru strávil „úvodním kurzem experimentálních metod výzkumu radioaktivity“, jehož instruktory byli také Geiger a Marsden.⁷⁸ Dál individuálně zkoumal teorii elektronů. Tehdy počalo jeho celoživotní přátelství s mladým maďarským aristokratem Georgem de Hevesym, radiochemikem s dlouhou, vnímavou tvář a výrazným nosem. Otec de Hevesyho byl dvorní rada, jeho matka baronesa; jako kluk chodil lovit koroptve do soukromé obory rakousko-uherského císaře Františka Josefa, jež sousedila s usedlostí jeho dědečka. Nyní se věnoval snaze splnit úkol, který mu jednoho dne uložil Rutherford — separovat produkty radioaktivního rozpadu od výchozího materiálu. Na základě této aktivity vytvořil v příštích desetiletích vědu o využívání radioaktivních indikátorů ve zdravotnickém a biologickém výzkumu — byl to jeden z těch užitečnějších výsledků Rutherfordova laxního, leč plodného vedení.

Bohr se od de Hevesyho dozvěděl o radiochemii.⁷⁹ Začal si uvědomovat souvislosti se svou prací na teorii elektronů. Jeho náhlé výtrysky intuice byly v té době velkolepé. Během pár týdnů si uvědomil, že radioaktivní vlastnosti látky pocházejí z atomového jádra, ale chemické vlastnosti závisí především na počtu a rozložení elektronů. Pochopil — byla to divoká myšlenka, ale ukázala se jako správná —, že jelikož chemické vlastnosti prvků závisí na elektronech a počet elektronů závisí na celkovém pozitivním náboji jádra, pozice prvku v periodické tabulce se rovná náboji jádra (neboli jeho „atomovému číslu“): první pozici zaujímá vodík s jednotkovým nábojem jádra, druhou helium s nábojem jádra 2 a tak dál až k uranu s nábojem 92.

De Hevesy se mu zmínil, že počet známých radioaktivních prvků už daleko převýšil dostupná místa v periodické tabulce, a Bohra začaly intuitivně napadat další souvislosti. Soddy už poukázal na to, že radioaktivní prvky obecně vzato nejsou nové prvky, jen odlišné fyzikální formy přirozených prvků (a zanedlouho jim dal moderní název — izotopy). Bohr si uvědomil, že radioaktivní prvky musejí mít stejné atomové číslo jako přirozené prvky, s nimiž jsou chemicky identické. Což mu umožnilo zhruba nastínit to, čemu se později začalo říkat „zákon posunu“: při transmutaci prvku ra-

1 H 1.0080																	2 He 4.0026				
3 Li 6.941	4 Be 9.0122															5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.179
11 Na 22.9898	12 Mg 24.305															13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.941	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80				
37 Rb 85.467	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.906	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.9045	54 Xe 131.30				
55 Cs 132.906	56 Ba 137.34	57 La 138.906	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.2	83 Bi 208.981	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)				
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)																			

Lanthanoidy

58 Ce 140.12	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
--------------------	---------------------	--------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---------------------	--------------------	--------------------

Aktinoidy

90 Th (232)	91 Pa (231)	92 U (238)	93 Np (237)	94 Pu (242)
-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------

Periodická tabulka prvků. Lanthanoidy počínající lanthanem (57) a aktinoidy počínající aktiniem (89) a obsahující thorium (90) a uran (92) jsou chemicky podobné skupiny. Další skupiny prvků se čtou v tabulce shora dolů — například úplně napravo jsou vzácné (či ušlechtilé) plyny: helium, neon, argon, krypton, xenon, radon.

dioaktivním rozpadem se prvek při vyzáření částice alfa (jádra helia, jež má atomové číslo 2) posouvá v periodické tabulce o dvě místa doleva, při vyzáření částice beta (energetického elektronu, po němž zůstane v jádru přebytečný pozitivní náboj) o jedno místo doprava.

Než měly tyhle první hrubé odhady pevně zakotvit ve fyzikální teorii i experimentu, potřebovaly ještě roky práce dalších vědců. Bohr se svou myšlenkou zašel za Rutherfordem a ke svému překvapení našel objevitele jádra atomu, jak opatrně pochybuje o svém vlastním objevu. „Rutherford [...] soudil, že [tehdy existující] skrovné důkazy existence jádra atomu neposkytují dostatečnou jistotu k takovým závěrům,“ vzpomínal Bohr.⁸⁰ „Řekl jsem mu, že jsem si jistý, že tohle bude konečný důkaz jeho atomu.“ Těžko říct, zda to Rutherforda přesvědčilo, ale rozhodně to na něj udělalo dojem; když se ho jednou de Hevesy zeptal na něco ohledně radiace, Rutherford vesele zareagoval: „Zeptejte se Bohra!“⁸¹

Rutherford byl tedy dobře připraven na překvapení, když za ním Bohr v polovině června zase přišel. Po tom setkání napsal Bohr Haraldovi v dopise z 19. června, s čím za Rutherfordem šel:

Vypadá to, že jsem možná odhalil něco málo o vnitřní struktuře atomu. Nesmíš o tom nikomu nic říkat, jinak bych ti o tom nemohl takhle brzo psát. Jestli mám pravdu, nebude to jen náznak možnosti [...] ale snad kousíček skutečnosti. [...] Chápej, že se ještě mohu mýlit, zatím to není pořádně rozpracované (ale řekl bych, že se nemýlím). A připadá mi, že ani Rutherford to nepovažuje za úplně divoký nápad; jedná na rovinu a nikdy by neřekl, že je o něčem přesvědčený, dokud to není dovedeno do úplného konce. Asi si umíš představit, jak jsem dychtivý to rychle dodělat.⁸²

Bohrovi se totiž v hlavě rodil nápad, jak stabilizovat elektrony obíhající kolem Rutherfordova jádra s takovou teoretickou nestabilitou. Rutherford mu řekl, ať sedí doma a dělá na tom. Času bylo málo; Bohr na 1. srpna plánoval svatbu v Kodani s Margrethe Nørlundovou. Sedmnáctého července napsal Haraldovi: „Jde mi to dobře, věřím, že jsem na pár věcí přišel, ale vyřešit je trvá bohužel déle, než jsem si zprvu naivně představoval. Doufám, že něco menšího sepíšu, abych měl Rutherfordovi co ukázat, než odjedu, takže jsem zaneprázdněný, velice zaneprázdněný; ale tady v Manchesteru je neuvěřitelné vedro, což mé pracovitosti zrovna neprospívá. Hrozně se těším, až si s tebou budu moct popovídat!“⁸³ Následující středu 22. července se už s Rutherfordem setkal, což ho povzbudilo, a plánoval, jak se cestou domů uvidí s Haraldem.⁸⁴

Bohr se oženil. Se silnou, inteligentní a krásnou ženou uzavřel poklidné manželství, které jim vydrželo až do smrti. Podzimní semestr učil na Kodaňské univerzitě. V hlavě mu vrtal nový model atomu, jež se mu nedařilo vypracovat. Čtvrtého listopadu napsal Rutherfordovi, že předpokládá, že „během několika týdnů zvládne práci dokončit“.⁸⁵ Několik týdnů minulo a Bohr, jenž stále neměl nic hotového, si na univerzitě zařídil přerušení výuky a odjel s Margrethe na venkov. Osvědčený recept opět zafungoval: zplodil „o tom všem velmi dlouhý spis“.⁸⁶ Pak ho napadla nová důležitá myšlenka a začal ten původní dlouhý spis rozepisovat na tři části. První část práce s hrdým a odvážným názvem „Složení atomů a molekul“ poslal Rutherfordovi poštou 6. března 1913, druhou a třetí část dokončil a publikoval do konce roku. Ten spis měl změnit budoucnost fyziky dvacátého století. Bohr za něj v roce 1922 obdržel Nobelovu cenu za fyziku.

Už v rámci své doktorské disertace dospěl Bohr k názoru, že některé zkoumané jevy nelze vysvětlit mechanickými zákony newtonovské fyziky. „Musíme předpokládat, že v přírodě existují síly zcela odlišné od obvyklých sil mechanického druhu,“ napsal tehdy.⁸⁷ Věděl, kde ty síly odlišného druhu hledat: začal studovat práci Maxe Plancka a Alberta Einsteina.

Planck byl německý teoretický fyzik, s nímž se měl Leó Szilárd v roce 1921 seznámit na Univerzitě Fridricha Viléma v Berlíně. Narodil se v roce 1858 a od roku 1889 učil v Berlíně. Od roku 1900 propagoval revoluční myšlenku, jež vysvětlovala úporný problém mechanické fyziky, takzvanou ultrafialovou katastrofu. Podle klasické teorie by uvnitř zahřáté dutiny, jako je třeba pec, mělo být nekonečné množství světla (energie, záření). Vyplyvalo to z předpovědi klasické teorie fyziky s jejími spojitými procesy — částice v zahřátých stěnách dutiny, jež svými vibracemi vytvářejí světlo, by podle ní měly vibrovat v nekonečném rozsahu frekvencí.

Což se však očividně neděje. Co energii v dutině brání v hluboce ultrafialovém spektru donekonečna růst? V roce 1897 začal Planck hledat příčinu a usilovně se tomu věnoval tři roky. Úspěch se dostavil na poslední chvíli s jasnozřivým nápadem, jež Planck oznámil na schůzi Berlínské fyzikální společnosti 19. října 1900. Ještě téhož večera jeho přátelé otestovali nový vzorec na experimentálně zjištěných hodnotách. Druhý den ráno mu oznámili, že výpočet přesně odpovídá. V roce 1947, na sklonku svého dlouhého života, Planck hrdě napsal: „I pozdější měření znovu a znovu potvrzovala můj vzorec pro záření — čím přesnější metody měření používali, tím přesnější se vzorec ukazoval být.“⁸⁸

Planck vyřešil problém záření myšlenkou, že vibrující částice mohou vyzařovat energii jen v určitých množstvích. Povolené dávky energie určovalo nové číslo — „univerzální konstanta, již jsem označil h . Jelikož měla rozměr akce (energie $\times$ čas), dal jsem jí název *elementární kvantum akce*“.⁸⁹ (*Quantum* je střední rod latinského slova *quantus*, znamenajícího „jak velký“.) Projevit se mohou jen ty omezené a konečné energie, jež jsou celočíselným násobkem výrazu $h\nu$ — frekvence ν krát Planckova konstanta h . Planck spočítal, že h je velice malé číslo — dospěl k hodnotě blízké té současné $6,63 \times 10^{-34}$ J·s. Univerzální konstanta h brzo dostala své moderní jméno: Planckova konstanta.

Planck byl nekompromisní konzervátec a rozhodně neměl chuť zkoumat radikální následky svého vyzařovacího zákona. Udělal to někdo jiný: Albert Einstein. V práci z roku 1905, jež mu později vynesla Nobelovu cenu,

spojil Planckovu myšlenku limitovaných, nespojitých energetických hladin s problémem fotoelektrického jevu. Světlo dopadající na povrch určitých kovů z něj vyráží volné elektrony; tento jev dnes využíváme v solárních panelech napájejících kosmické lodě. Ale energie elektronů vyražených z kovu nezávisí na jas dopadajícího světla, jak by napovídal selský rozum. Místo toho závisí na *barvě* světla — na jeho frekvenci.

Einstein v tomto podivném faktu spatřoval vliv kvantování. Přišel s kacírskou myšlenkou. Ačkoli léta pečlivého vědeckého experimentování dokazovala, že se světlo šíří jako vlnění, začal tvrdit, že ve skutečnosti se šíří v malých samostatných balíčcích — v částicích, jež nazval „energetická kvanta“. Tyto fotony (jak jim říkáme dnes) podle něj mají charakteristickou energii $h\nu$, a když narážejí do elektronů na povrchu kovu, většímu této energie jim předávají. Takže jasnější světlo uvolňuje víc elektronů, nikoli elektrony s větší energií; energie uvolněných elektronů závisí na $h\nu$, a tedy na frekvenci světla. Einstein tím Planckovu myšlenku kvanta povýšil z praktické výpočetní pomůcky na přijatelný fyzikální fakt.

Díky těmto pokrokům v poznání mohl Bohr přistoupit k řešení problému mechanické nestability Rutherfordova modelu atomu. V červenci, v době sepisování „něčeho menšího, aby měl Rutherfordovi co ukázat“, už měl základní představu. Vypadala takto: jelikož klasická mechanika předpovídá, že atom podle Rutherfordova modelu, s malým a hmotným centrálním jádrem obklopeným obíhajícími elektrony, by měl být nestabilní, zatímco ve skutečnosti patří atomy mezi nejstabilnější systémy, znamená to, že klasická mechanika je k popisování takovýchto systémů nevhodná a měla by ustoupit kvantovému přístupu. Planck zavedl princip kvantování, aby zachránil termodynamické zákony. Einstein rozšířil myšlenku kvantování na světlo. Bohr teď přicházel s návrhem zavést principy kvantování v samotném atomu.

Během podzimu a časně zimy se Bohr opět v Dánsku věnoval zkoumání důsledků své myšlenky. S Rutherfordovým modelem byla potíž, jelikož neuměl nijak vysvětlit stabilitu atomu. Atom obsahující více než jeden elektron by se měl rozletět. Dokonce i u atomu vodíku s jediným (mechanicky stabilním) elektronem klasická teorie předpovídala, že elektron měnící směr při obíhání kolem jádra by měl vyzařovat světlo, ztrácet energii, přiblížit se po spirále k jádru a narazit do něj. Rutherfordův atom připomínající miniaturní Sluneční soustavu by z perspektivy newtonovské mechaniky měl být nemožně velký nebo nemožně malý.

Bohr proto navrhl, že v atomu musí být něco, co nazval „stacionární stavy“: oběžné dráhy, jež mohou elektrony obsadit bez nestability, bez vyzařování světla, bez přechodu na spirálu a pádu do jádra. Vypracoval pro ten-

to model číselné hodnoty a zjistil, že se velmi dobře shodují se všemožnými experimentálními výsledky. Teď tedy měl přinejmenším přijatelný model vysvětlující zejména některé chemické jevy. Zjevně to však byl arbitrární model; skutečnému uspořádání atomu nemusel odpovídat o nic víc než jiné užitečné modely, třeba pudingový model J. J. Thomsona.

Pomoc přišla z nečekané strany. John William Nicholson, profesor matematiky z londýnské King's College, jehož Bohr znal a pokládal za blázna, ve snaze vysvětlit zvláštní spektrum sluneční korony zveřejnil sérii článků navrhujiících kvantifikovaný saturnský model atomu. Ty články vyšly v červnu v astronomickém časopise, Bohr se s nimi seznámil až v prosinci. Rychle sice dokázal rozpoznat nedostatky Nicholsonova modelu, ale také si přitom uvědomil, že mu jiní výzkumníci šlapou na paty — a zaujalo ho zjištění, že se Nicholson pustil do džungle spektrálních čar.

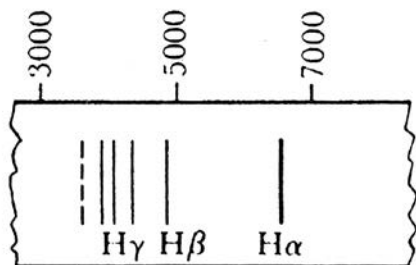
Protože se sám orientoval na chemii a průběžně komunikoval s Georgem de Hevesym, zatím ho nenapadlo hledat důkazy podporující jeho model atomu ve spektroskopii. „Spektrum bylo velmi obtížný problém,“ řekl ve svém posledním interview. „[...] Člověk si říkal, že je to nádhera, ale že není možné dobrat se kolem toho nějakého pokroku. Jako když máte motýlí křídlo — jistě, je velmi pravidelné, pokud jde o barvy a tak dál, ale nikoho nenapadne, že by se ze zbarvení motýlího křídla mohl dobrat základů biologie.“⁹⁰

Teď se však Bohr nechal inspirovat Nicholsonem a svou pozornost obrátil ke křídílům spektrálního motýla.

Spektroskopie byla v roce 1912 velmi rozvinutý obor. Prvním, kdo se jím produktivně zabýval, byl skotský fyzik osmnáctého století Thomas Melvill. Mísil chemické soli s alkoholem, směsi osvětloval a takto získané světlo zkoumal hranolem. Každá chemická látka vytvářela charakteristické barevné proužky. Nabízela se tím možnost používat toto spektrum pro chemické analýzy a identifikaci neznámých látek. Vynález prizmatického spektroskopu v roce 1859 znamenal vědecký pokrok. Přístroj používal úzkou šterbinu umístěnou před hranolem k omezení barevných pruhů na podobně úzké čáry, jež bylo možné směřovat na stupnici (a později na proužky fotografického filmu), měřit jejich rozestupy a počítat jejich vlnové délky. Těm charakteristickým uspořádáním čar se začalo říkat čárové spektrum. Každý prvek měl své unikátní čárové spektrum. V roce 1868 objevili ve sluneční chromosféře helium v podobě neobvyklého uskupení spektrálních čar — dvacet tři let předtím, než jej objevili obsažené v uranové rudě na Zemi. Čárová spektra tedy byla užitečná.

Nikdo sice nerozuměl tomu, co ty čáry způsobuje, avšak matematické a spektroskopisté při zkoumání vlnových délek nacházeli v sadách

spektrálních čar nádherné harmonické pravidelnosti. Švýcarský matematik a fyzik devatenáctého století Johann Balmer identifikoval v roce 1885 jednu z nejzákladnějších harmonií, vzorec pro výpočet vlnových délek spektrálních čar vodíku. Těm čarám se říká Balmerova série a vypadají takto:



Balmerova série

Člověk nemusí rozumět matematice, aby ocenil jednoduchost Balmerem odvozeného vzorce předpovídajícího pozici čáry ve spektrálním pásmu s přesností lepší než jedno promile, vzorce obsahujícího jen jedno arbitrární číslo:

$$\lambda = 3645,6 \left(\frac{n^2}{n^2 - 4} \right)$$

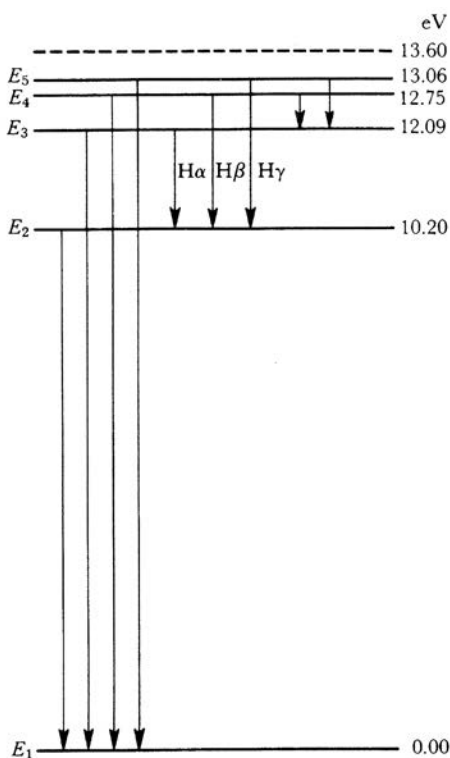
(Řecké písmeno λ , lambda, označuje vlnovou délku čáry; n nabývá pro jednotlivé čáry hodnoty 3, 4, 5 a tak dál.) Tímto vzorcem byl Balmer schopný předpovídat vlnové délky čar, jež lze očekávat v dosud neprozkoumaných oblastech spektra vodíku. Nalezli je tam, kde řekl, že budou.

Švédský spektroskopista Johannes Rydberg Balmera překonal, když v roce 1890 zveřejnil obecný vzorec platný pro spoustu různých čárových spekter. Balmerův vzorec se tím stal zvláštním případem obecnější Rydbergovy rovnice založené na čísle nazvaném Rydbergova konstanta. Toto číslo, následně experimentálně odvozené, je jednou z nejpřesnějších univerzálních konstant. V současné době je to přesně $1,09677 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

Bohr se nejspíš s těmito rovnicemi a údaji setkal už jako student v rámci vysokoškolské fyziky, obzvlášť proto, že Christiansen Rydberga obdivoval a měl jeho dílo pečlivě prostudované. Spektroskopie však byla Bohrově specializaci vzdálená a někdejší znalosti asi mezitím zapomněl. Obrátil se na sta-

rého přítele a spolužáka Hanse Hansena, fyzika a studenta spektroskopie, jenž se právě vrátil z Göttingenu. Hansen mu připomněl pravidelnosti čárového spektra a Bohr si vyhledal přesné údaje. „Jakmile jsem spatřil Balmerův vzorec, hned mi bylo všechno jasné,“ řekl později.⁹¹

To, co mu bylo hned jasné, byl vztah mezi jeho obíhajícími elektrony a čarami spektra. Bohr přišel s myšlenkou, že elektron vázaný k jádru normálně obsazuje stabilní, základní orbitu zvanou „základní stav“. Když dodáte atomu energii — například zahřátím —, elektron zareaguje vyskočením na vyšší orbitu, do jednoho ze stacionárních stavů dál od jádra, jež mají větší energii. Dodávejte ještě více energie a elektron bude dál vyskakovat na vyšší orbity. Přestaňte dodávat energii — nechte atom na pokoji — a elektrony seskočí zpátky do svých základních stavů, takhle:



Při každém přeskoku emituje každý elektron foton s charakteristickou energií. Přeskoky, a stejně tak i energie, jsou omezené Planckovou konstantou. Když od hodnoty stabilního stavu s vyšší energií W_1 odečtete hodnotu stabilního stavu s nižší energií W_2 , dostanete přesně energii světla $h\nu$. Máme tu fyzikální mechanismus Planckova vyzářování dutiny.

Z tohoto elegantního zjednodušení $W_1 - W_2 = h\nu$ dokázal Bohr odvodit Balmerovu sérii. Spektrální čáry Balmerovy série se ukázaly být přesně energiemi fotonů vyzařovaných elektronem vodíku, když přeskakuje z orbity na orbitu do základního stavu.

Načež Bohr překvapivě a jednoduše vzorcem

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}$$

(kde m je hmotnost elektronu, e náboj elektronu a h Planckova konstanta — samé fundamentální konstanty, nikoli arbitrární hodnoty, jež by si Bohr vymyslel) vypočítal Rydbergovu konstantu. Vypočítaná měla jen sedmiprocentní odchylku od experimentálně naměřené hodnoty! „Nic na světě neudělá na fyziku větší dojem než číselná shoda mezi experimentem a teorií,“ poznamenal jeden americký fyzik, „a myslím, že nikdy nebylo působivější číselné shody, než byla tahle, což mohu dosvědčit jako někdo, kdo pamatuje, když k tomu došlo.“⁹²

Práce „Složení atomů a molekul“ byla pro fyziku klíčová. Kromě toho, že přicházela s návrhem užitečného modelu atomu, ukazovala, že události odehrávající se v atomovém měřítku jsou kvantované — a tedy že granulace je podstatnou vlastností nejen atomů a částic, z nichž se skládá hmota, ale i procesů. Proces je nespojitý a „granulí“ procesu — například pohybu elektronů uvnitř atomu — je Planckova konstanta. Starší mechanistická fyzika tedy byla nepřesná; sice posloužila jako dobrá aproximace, která platila pro události ve velkém měřítku, ale při vysvětlování subtilností uvnitř atomu selhávala.

Bohr byl rád, že tuto konfrontaci mezi starou a novou fyzikou způsobil. Cítil, že to bude pro fyziku přínosné. Protože originální práce je ze své podstaty rebelantská, nebyl jeho spis jen zkoumáním fyzického světa, ale i politickým dokumentem. Svým způsobem navrhoval zahájit proces fyzikálních reforem: fyzika si měla přestat nárokovat pravdu a zbavit se gnozeologických bludů. Mechanistická fyzika se stala autoritářskou. Nárokovala si univerzální platnost, tvrdila, že vesmír a všechno v něm pevně řídí mechanistické příčiny a následky — haeckelismus dovedený do chladného extrému. Tato autoritativnost dusila Nielse Bohra stejně, jako předtím dusil haeckelismus v biologii Christiana Bohra a jako podobná autoritativnost ve filosofii a v měšťáckém křesťanství dusila Søren Kierkegaarda.

Kupříkladu Rutherford při čtení první části Bohrovy práce hned našel problém. „Připadá mi, že vaše hypotéza má jedno vážné úskalí,“ napsal

Bohrovi 20. března. „Nepochybuji, že si jej plně uvědomujete. Jak se elektron rozhodne, na jaké frekvenci bude vibrovat, když přechází z jednoho stabilního stavu do druhého? Pripadá mi, že byste musel předpokládat, že elektron předem ví, kde zastaví.“⁹³ Einstein v roce 1917 dokázal, že fyzikální odpověď na Rutherfordovu otázku je statistická — jakákoli frekvence je možná a realizují se ty nejpravděpodobnější. Bohr však danou otázku později v přednášce zodpověděl filozofičtějšími, dokonce antropomorfními termíny: „Každou změnu stavu atomu je třeba chápat jako individuální proces, jež nelze detailněji popsat a jímž atom přechází z jednoho takzvaně stabilního stavu do jiného. [...] Jsme zde natolik vzdáleni kauzálnímu popisu, že obecně vzato lze dokonce říct, že atom ve stabilním stavu má svobodnou volbu mezi různými možnými přechody.“⁹⁴ Jak by možná řekl Harald Høffding, klíčovými slovy jsou zde výrazy „individuální“ a „svobodná volba“. Bohr chce říct, že změny stavu jednotlivých atomů nejsou předvídatelné, a ty výrazy dodávají fyzikálnímu omezení lidské emoce.

A ta práce z roku 1913 byla pro Bohra z emočního hlediska také nesmírně důležitá. Je to pozoruhodná ukázka toho, jak věda funguje, ukázka, jak vědecký objev může být zdrojem pocitu osobní autenticity. Za tím, že byl Bohr schopen vnímat v přírodním světě dosud neviděné zákonitosti, stála citlivost způsobená emočním zaujetím. Paralely mezi jeho časnými psychologickými problémy a jeho interpretací procesů uvnitř atomu jsou natolik zvláštní, že nebýt velké prediktivní hodnoty jeho spisu, mohly by se jeho domněnky zdát zcela arbitrární.

Bohr kupříkladu vážně přemýšlel o otázce, zda je vůle svobodná, nebo ne. Identifikovat jakousi svobodnou volbu uvnitř samotného atomu bylo triumfem jeho pečlivě sestavené struktury přesvědčení. Navzájem oddělené charakteristické orbity elektronu, jež Bohr nazval stabilními stavy, připomínají životní stadia podle Kierkegaarda. A připomínají též Bohrovu snahu redefinovat problém svobodné vůle použitím oddělených, charakteristických Riemannových ploch. A stejně jako jsou Kierkegaardova životní stadia nespojitá, zdolatelná pouze skokem víry, i Bohrovy elektrony nespojitě přeskakují z orbity na orbitu. Jako jeden ze dvou „základních předpokladů“ měl Bohr ve svém spise tvrzení, že stav elektronu mezi orbitami nelze spočítat, ba ani vizualizovat.⁹⁵ Stavy „předtím“ a „potom“ jsou zcela diskontinuitní. V tomto smyslu je každý stabilní stav elektronu úplný a unikátní a v této celistvosti je stabilita. Oproti tomu spojitý proces předpovídaný klasickou mechanikou, který si Bohr zjevně asocioval s licenciátovou nekonečnou racionalizací, trhá atom na kusy nebo jej přivádí na spirálu radiálního kolapsu.

Za to, že Bohr našel cestu ze své mladické emoční krize, možná zčásti vděčil využití svého dětského nadání pro doslovnou přesnost. Vědělo se, jak mu záleží na tom, aby fyzika vycházela z faktů, a jak se odmítá bavit o věcech stojících mimo fyzikální důkazy. Nikdy neměl potřebu vytvářet ucelené systémy. „Bohr se většinou vyhýbá slovům jako ‚princip‘,“ říká Rosenfeld, „preferuje ‚názor‘, či ještě lépe ‚argument‘, tedy tvrzení; podobně málokdy zmiňuje ‚přírodní zákony‘, mluví spíše o ‚regularitách přírodních jevů‘.“⁹⁶ Bohrova volba terminologie nebyla projevem falešné skromnosti; připomínal tím sobě i svým kolegům, že fyzika není velkým a autoritativně vládnoucím filozofickým systémem, ale — jak rád říkal — prostě jen způsobem, jak „klást přírodě otázky“.⁹⁷ Podobně se omlouval za svůj typicky váhavý, neuspořádaný hlasový projev: „Nesnažím se mluvit srozumitelněji, než uvažuji.“⁹⁸

„Poukazuje na to,“ dodává Rosenfeld, „že idealizované koncepce, které ve vědě používáme, musejí v zásadě vycházet z běžných zkušeností každodenního života, jež samotné nelze hlouběji analyzovat; takže pokud se nějaké dvě idealizace ukážou být nekompatibilní, může to znamenat jediné — že se jejich platnosti nějak vzájemně limitují.“⁹⁹ Bohr objevil způsob, jak vyřešit rojení pochyb ve spirále, ve vykročení z toho, co Kierkegaard nazval „říší obrazotvornosti“, zpátky do reálného světa.¹⁰⁰ V reálném světě hmotné objekty trvají a jejich atomy tedy zpravidla nemohou být nestabilní. V reálném světě se někdy zdá, že naši svobodu omezuje příčina a následek, ale jindy víme, že máme volbu. V reálném světě nemá smysl pochybovat o existenci: sama pochybnost svědčí o existenci pochybovače. Většina potíží spočívá v jazyce, v choullostivém prostředí, v němž jsme podle Bohra nevyprostitelně lapeni. Opakovaně svým kolegům říkal: „Je chybou představovat si, že úkolem fyziky je zjistit, jaká příroda *je*“ — což je teritorium, jež si uzurpovala klasická fyzika. „Fyzika se zabývá tím, co můžeme o přírodě *říct*.“¹⁰¹

Myšlenku, že pochopení toho, jak se různé koncepty vzájemně limitují, je pomůckou k hlubšímu porozumění, později Bohr rozvinul mnohem širěji a hlouběji. Poskytla pevné filozofické základy jeho politickým názorům, stejně jako jeho fyzice. V roce 1913 poprvé předvedl, jakou moc má tato myšlenka při řešení problémů. Na sklonku života vzpomínal: „Bylo jasné — a to bylo na Rutherfordově atomu *to hlavní* —, že máme něco, od čeho nemůžeme pokročit nijak jinak než radikální změnou. Což byl důvod ujmout se toho s takovou vážností.“¹⁰²

(4) Dlouhý, předem vykopaný hrob

Den, kdy přijel na návštěvu císař, byl pro Otta Hahna velkým svátkem. Když 23. října 1912¹ — tou dobou se Bohr v Kodani blížil vytvoření modelu kvantovaného atomu — oficiálně otvírali první dva ústavy císaře Viléma, jeden zasvěcený chemii, druhý fyzikální chemii, bylo na jihozápadním okraji Berlína v Dahlemu deštivo.² Císař Vilém II., nejstarší vnuk královny Viktorie, měl na sobě plášť do deště, aby mu nezmokla uniforma, a tmavý, silný límec svrchníku zvednutý přes lehčí okraj pršipláště. Činovníci kráčející, jak se slušelo, kus za ním si vystačili s tmavými kabáty a cylindry — na předních místech mezi nimi šli i Hahnův učený přítel Adolf von Harnack a uznávaný chemik Emil Fischer. I ti, kteří byli v procesí více vzadu a měli deštníky, je nesli složené. Chodník ulice lesknoucí se deštěm lemovali školáci s čapkami v rukou jako vojáci při slavnostním nástupu. Stáli v dětském pozoru a v zasněných tvářích se jim zračila úcta, zatímco korpulentní pán ve středních letech s vytočeným tmavým knírem, jenž věřil, že jim vládne z milosti Boží, konal přehlídku. Těm klukům mohlo být třináct čtrnáct let. Brzo z nich budou vojáci.

Úředníci z ministerstva kultury doporučili Jeho císařské Milosti podpořit německou vědu. Zareagoval tím, že daroval pozemek pro vznik výzkumného střediska na místě bývalé panovnické usedlosti. Vědecká nadace, tehdejší Společnost císaře Viléma pro rozvoj vědy, která měla navrhované instituce spravovat, byla štědře dotována ze strany průmyslu i vlády.³ Do roku 1914 vzniklo takových vědeckých ústavů sedm.



008 Říjen 1912: císař v čele průvodu při slavnostním otevření nového ústavu postaveného na císařem darovaném pozemku na berlínském předměstí Dahlem.

Oficiálně začala Společnost císaře Viléma pro rozvoj vědy fungovat na začátku roku 1911. Jejím prvním předsedou byl von Harnack, teolog a syn chemika. Císařský architekt Ernst von Ihne se čile pustil do práce. Když císař přijel do Dahlemu slavnostně otevřít první dvě dokončené budovy, obzvláště chemický ústav mu určitě udělal radost. Stál na širokém trávníku na rohu Thielallee a Faradayweg: třípodlažní kamennou budovu zdobila okna se šesti tabulkami, vysoko nad klasickým štítem vchodu podpíraným čtyřmi dórskými sloupy se tyčila strmá střecha pokrytá břidlicí. Vedlejší křídlo se táhlo dozadu podél ulice. Mezi hlavní budovou a křídlem se jako stěžejní bod dramaticky tyčila kulatá, čtyři podlaží vysoká věž, již von Ihne korunoval kupolí. Ta měla zjevně zalichotit císařovu vkusu a jistě tento záměr splnila, neboť smysl pro humor nepatřil mezi silné stránky Viléma II. Kupole měla podobu gigantické piklhaubny, pompézní špičaté prilby, jakou nosil císař a jeho vojáci.

Hahn v roce 1906 opustil Ernesta Rutherforda a přestěhoval se z Montrealu do Berlína, aby pracoval na univerzitě s Emilem Fischerem. Fischer se zabýval organickou chemií a v radioaktivitě se moc nevyznal, ale chápal, že tento obor začíná být důležitý a že Hahn je prvotřídní odborník. Udě-

Dlouhý, předem vykopaný hrob

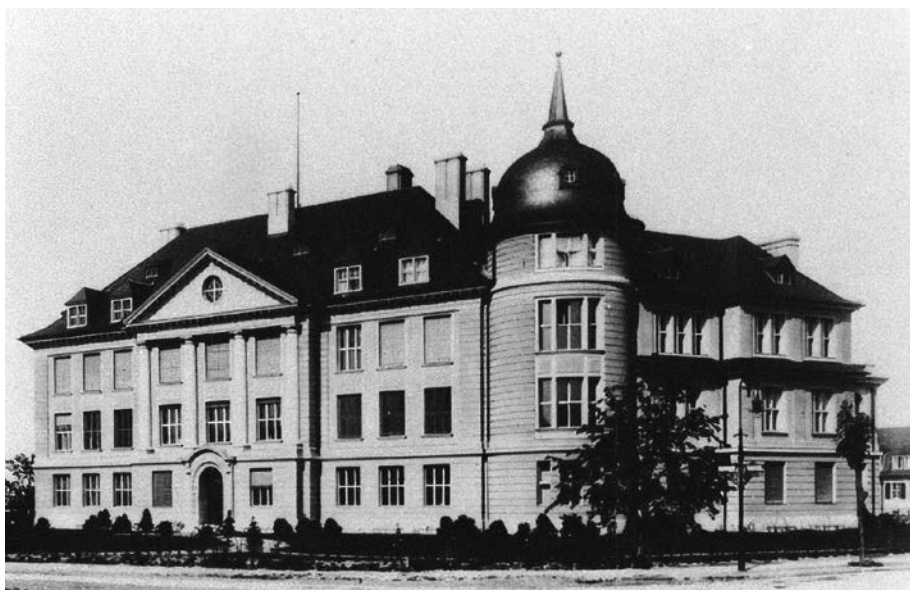
lal mu místo v truhlárně v laboratorním suterénu a zařídil jeho jmenování *privatdozentem*, což mezi méně progresivními chemiky fakulty vzbudilo hlasitý údiv nad žalostným úpadkem úrovně. Chemik tvrdící, že pomocí elektroskopu a zlaté fólie dokáže identifikovat nové prvky, přece musí být pomatenec, ne-li podvodník.⁴

Hahn zjistil, že univerzitní fyzikové jsou mu bližší než chemikové, a pravidelně navštěvoval fyzikální kolokvia. Na jednom z nich se na začátku podzimního semestru roku 1907 seznámil s Rakušankou Lise Meitnerovou, jež právě přijela z Vídně. Bylo jí devětadvacet let, o rok více než jemu. Na Vídeňské univerzitě získala doktorát a vydala už dvě práce na téma záření alfa a beta. Do Berlína ji na postgraduální studium přilákaly přednášky teoretické fyziky Maxe Plancka.

Hahn byl gymnasta, lyžař a horolezec, chlapecky pohledný, rád pil pivo a kouřil doutníky, měl porýnský přízvuk a srdečný smysl pro humor, při němž nešetřil sebeironií. Měl slabost pro přitažlivé ženy, v jejich přítomnosti se mohl přetrhnout a i jako šťastně ženatý se s řadou z nich dál přátelil.⁵ Meitnerová byla drobná, tmavovlasá a pohledná, leč také nanejvýš plachá. Hahn se s ní spřátelil. Když Meitnerová zjistila, že jí studium ponechává dost volného času, rozhodla se věnovat experimentování. Potřebovala spolupracovníka, stejně tak Hahn. Fyzička a radiochemik, to vypadalo jako slibný tým.

Potřebovali laboratoř. Fischer dovolil, aby Meitnerová mohla používat truhlárnu, pod podmínkou, že se nikdy neukáže nahoře v laboratoři, kde pracovali studenti — samí muži.⁶ Po dva roky toto omezení striktně dodržovala; pak se univerzitní pravidla uvolnila, Fischer ustoupil, umožnil ženám vstup do svých tříd a Meitnerová směla opustit suterén. Ve Vídni tehdy panovaly jen o drobet osvětenější poměry. Lisin otec, advokát — Meitnerovi byli asimilovaní rakouští Židé, všichni pokřtěni —, trval na tom, že než začne Lise studovat fyziku, musí nejprve získat diplom učitelky francouzštiny, aby se vždycky byla schopná uživit. Teprve pak se podle něj mohla začít připravovat na univerzitu. Poté, co si daný diplom obstarala, zvládla osm let gymnaziální přípravy napěchovat do dvou roků. Byla druhou ženou, jež získala ve Vídni doktorát. Otec její výzkum v Berlíně subvencoval přinejmenším do roku 1912, kdy jí Max Planck, už tehdy její vřelý podporovatel, zařídil asistentskou pozici. Žena, kterou později Einstein charakterizoval jako „německou madam Curieovou“, měla dar svádět Němce dohromady a způsobovat, že zapomínali na její rakouský původ.

„Na nějaký bližší vztah mezi námi mimo laboratoř nebylo ani pomyšlení,“ vzpomínal Hahn, „Lise Meitnerová měla striktní, korektní výchovu



009 Ústav císaře Viléma pro chemii, další ukázka rostoucí moci Německa.

a byla velmi upjatá, až plachá.“ Nikdy neobědvali společně, nikdy si nevyšli na procházku, vídali se pouze na kolokviích a v truhlárně. „A přece jsme byli opravdu blízcí přátelé.“⁷ Aby jim dlouhé čekání při měřeních radioaktivity kvůli stanovení poločasů rozpadu lépe utíkalo, pískala mu Brahms a Schumanna, a když Rutherford v roce 1908 projížděl Berlínem cestou z udílení Nobelových cen, obětavě doprovázela Mary Rutherfordovou při nakupování, zatímco Rutherford s Hahnem dlouze debatovali.

Hahn a Meitnerová se jako blízcí přátelé v roce 1912 společně přesunuli do nového ústavu a účastnili se příprav na slavnostní návštěvu císaře. Ještě než se Hahn z Londýna vypravil do Montrealu, objevil během svých počátečních radiochemických výzkumů něco, co pokládal za nový prvek — radiothorium, jenž byl stotisíckrát radioaktivnější než jeho prostší jmenovec. Na McGillově univerzitě v Montrealu poté objevil ještě třetí substanci, něco mezi těmi dvěma; pokřtil ji „mesothorium“. Později zjistili, že jde o izotop radia. Látky obsahující mesothorium ve tmě světélkují a slabé osvětlení, jež poskytují, se liší od světélkování látek obsahujících radiothorium. Hahn si řekl, že by ten rozdíl mohl panovníka pobavit. Na sametový polštářek do krabičky uložil nestíněný vzorek mesothoria, jenž intenzitou záření odpovídal třem stům miligramů radia. Při prezentaci svého efektního daru císaři ho požádal, aby jej porovnal se „zářícím vzorkem radiothoria, jež

Dlouhý, předem vykopaný hrob

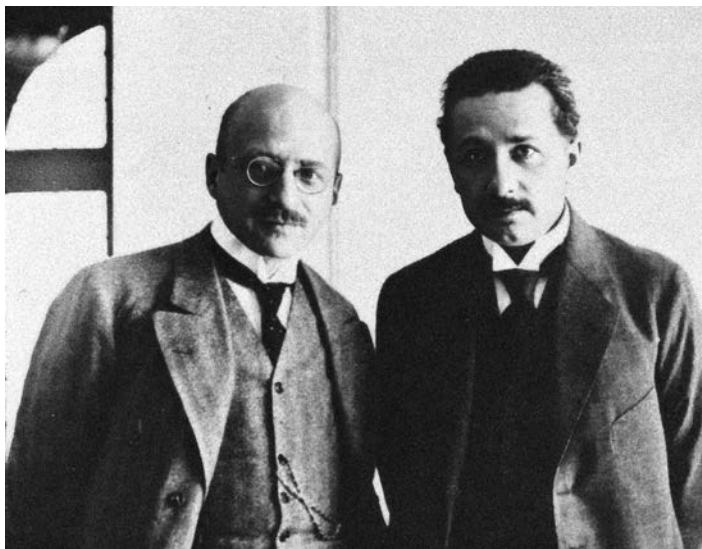
ve tmě vytvářelo na stínítku velmi hezké světélkující pohyblivé obrazce“.⁸ Nikdo Jeho Výsost neupozornil na nebezpečí ozáření, neboť tehdy ještě neexistovaly žádné bezpečnostní předpisy pro vystavení radiaci. „Kdybych něco takového udělal dneska,“ řekl Hahn o padesát let později, „skončil bych nejspíš ve vězení.“⁹

Mesothorium nezpůsobilo žádnou viditelnou škodu. Císař zamířil k druhému ústavu, půl bloku dál severozápadním směrem po Faradayweg podél křídla budovy. Chemický ústav, kde pracovali Hahn a Meitnerová, vedli dva zkušení chemikové, ale Ústav fyzikální chemie a elektrochemie, jak znělo jeho plné jméno, byl ustanoven speciálně pro muže, jenž byl jeho prvním ředitelem — pro svéhlavého a vynalézavého Němce židovského původu z Breslau (dnešní Vratislavi). Jmenoval se Fritz Haber. Byla to pro něj vlastně odměna. Vybudování a provoz ústavu financovaly velké německé průmyslové podniky, protože Haber v roce 1909 úspěšně vyvinul praktickou metodu získávání dusíku ze vzduchu pro výrobu čpavku. Čpavek posloužil k výrobě umělého hnojiva — do té doby byl hlavní přirozenou zásobárnou dusíku pro Německo a celý svět dusičnan sodný těžený ve vyprahlé severní poušti v Chile, což byl drahý a nejistý zdroj. A co bylo strategicky důležitější, Haberův proces byl nedocenitelný v době války, při výrobě dusičnanů pro výbušniny; Německo do té doby nemělo žádné vlastní zdroje dusičnanů.

Císař Vilém ve svém slavnostním projevu pohovořil o nebezpečích třaskavého plynu, výbušné směsi metanu a dalších plynů hromadících se v dolech. Naléhal na své chemiky, aby přišli s nějakou metodou včasné detekce. Řekl, že to je úkol „hodný potu na vznešeném čele“.¹⁰ Pokud šlo o Haberovo vznešené čelo, ten si svou kulatou hlavu holil, nosil brýle s oblémy obroučkami z rohoviny a kartáčkovitý knírek, dobře se oblékal, měl rád elegantní večere a víno, avšak trpěl hořkými manželskými neshodami. A nyní se pustil do vynalézání píšťalky, která by v přítomnosti třaskavého plynu pískala jiným tónem. Hahn a Meitnerová se v pěkné moderní laboratoři nekontaminované starou radioaktivitou dali do práce v radiochemii i v novém oboru jaderné fyziky. Císař se z Dahlemu vrátil do svého berlínského paláce, potěšený, že dal své jméno dalšímu nástroji rostoucí německé moci.

* * *

V létě roku 1913 se Niels Bohr vypravil se svou mladou manželkou lodí do Anglie. Následoval tak cestu druhé a třetí části svého epochálního spisu, které poslal poštou Rutherfordovi; před zveřejněním je s ním chtěl diskutovat. V Manchesteru se setkal se svým starým přítelem Georgem de



010 Chemik Fritz Haber (vlevo) a teoretický fyzik Albert Einstein kolem roku 1914. Haber během první světové války vedl německý vývoj bojových plynů, Einstein podporoval pacifismus a pracoval na vývoji obecné teorie relativity. Tou dobou už formuloval osudnou rovnici spojující hmotnost a energii $E = mc^2$.

Hevesym a několika dalšími výzkumníky. Tehdy se zřejmě seznámil s Henrym Gwynem Jeffreyem Moseleym zvaným Harry, jenž vystudoval Eton a Oxford a od roku 1910 pracoval pro Rutherforda jako asistent vyučující studenty.¹¹ Šestadvacetiletý Harry Moseley měl před sebou velký objev. Potřeboval jen katalyzátor v podobě setkání s Bohrem, aby jej nastartoval.

Moseley by samotář, „tak rezervovaný“, řekl A. S. Russell, „že ho nešlo mít rád, ale ani ho rád nemít“.¹² Měl však nešťastný zvyk, že žádné vratké tvrzení nedokázal nechat bez komentáře. Když si zašel do laboratoře uvařit čaj, zdržoval od práce dokonce i Ernesta Rutherforda. Ostatní „kluci“ v laboratoři říkali Rutherfordovi „tati“. Moseley bouřlivého laureáta uznával, ale rozhodně by ho nikdy nepoctil takovou důvěrností. Bral to tak, že si Rutherford v laboratoři hraje na koloniálního pána.

Harry pocházel z významného vědeckého rodu. Jeho pradědeček vedl ústav pro choromyslné — sice s léčitelským nadšením, leč bez výsady lékařské licence. Jeho dědeček byl kaplan a profesor přírodní filozofie a astronomie na King's College a jeho otec se jako biolog zúčastnil tříleté plavby lodě Challenger, jež zplodila padesátisvazkové průkopnické dílo o světových

Dlouhý, předem vykopaný hrob

oceánech. Henry Moseley — Harry měl křestní jméno po otci — si vysloužil přátelskou pochvalu Charlese Darwina svým jednosvazkovým populárním líčením *Notes by a Naturalist on the „Challenger“* (Přírodovědecky poznámky z Challengeru). Harry pro změnu spolupracoval v Manchesteru s Darwinovým vnukem, fyzikem Charlesem G. Darwinem.

Sice byl rezervovaný, až to hraničilo s nabručeností, byl však také neúnavným experimentátorem schopným pracovat patnáct hodin v kuse, dlouho do noci, do úplného vyčerpání. Pak si těsně před svítáním dopřál spartánskou porci sýra, pár hodin se vyspal a v poledne posnídal ovocný salát. Chodil upravený, pečlivě a konzervativně oblékaný, měl rád své sestry a svou ovdovělou matku, již pravidelně psal obšírné a upřímně oddané dopisy. Slavnostní závěrečné zkoušky na Oxfordu mu zhatila senná rýma. Vadila mu povinnost učit studenty v Manchesteru — bylo mezi nimi hodně cizinců, „Barmánců, Japonců, Egyptanů a dalších ohavných forem Indů“ — a odtahoval se od té „navoněné špíny“.¹³ Pak ale na podzim 1912 Harry konečně našel své velké téma.

„Jistí Němci nedávno dospěli ke skvělým výsledkům, když paprsky X prosvítali skrze krystaly a pak je fotografovali,“ napsal matce 10. října.¹⁴ Ti Němci byli v Mnichově a vedl je Max von Laue. Von Laue zjistil, že paprsky X vytvářejí na pravidelné, opakující se atomové struktuře krystalu monochromatické interferenční vzory stejně, jako jen maličko od sebe vzdálené vnitřní a vnější povrchy mýdlové bubliny vytvářejí odražením bílého světla barevné interferenční vzory. Objev rentgenové krystalografie von Lauemu vynesl Nobelovu cenu. Moseley a Ch. G. Darwin se odhodlaně pustili do zkoumání nového pole. Obstarali si nezbytné vybavení a přes zimu pracovali. V květnu 1913 už uměli používat krystaly jako spektroskopy a byli před dokončením první solidní práce. Paprsky X jsou světlo s velkou energií a extrémně krátkou vlnovou délkou. Atomové mřížky krystalů rozkládají spektrum tohoto světla stejně, jako to dělá hranol s viditelným světlem. Moseley své matce 18. května napsal: „Zjistili jsme, že trubice vyzařující paprsky X s platínovým terčem poskytuje ostré čárové spektrum pěti vlnových délek. [...] Zítřka budeme hledat spektra dalších prvků. Otvírá se zcela nové odvětví spektroskopie, jež toho jistě hodně odhalí o povaze atomu.“¹⁵

Pak přijel Bohr a diskutovali spolu o jeho staré myšlence, že by se pořadí prvků v periodické tabulce mělo řídit spíše atomovým číslem než relativní atomovou hmotností, jak soudili chemici. (Například atomové číslo uranu je 92 a relativní atomová hmotnost nejběžnějšího izotopu uranu je 238. Vzácnější izotop uranu má sice relativní atomovou hmotnost 235,

ale jeho atomové číslo je i tak 92.) Harry by se mohl pokusit najít pravidelné posuny vlnových délek čárového spektra paprsků X a tím dokázat Bohrův názor. Kdyby se periodická tabulka řídila atomovými čísly, vzniklo by tím v ní místo pro všechny objevené fyzické varianty prvků, jimž se mělo brzo začít říkat „izotopy“. Kdyby periodická tabulka prvků skutečně stála na atomovém čísle, bylo by z toho vidět, že náboj jádra je rozhodující pro počet elektronů, a tím i pro chemické vlastnosti, což by bylo silným potvrzením Rutherfordova modelu atomu s jádrem. A spektrální čáry paprsků X by navíc mohly potvrdit Bohrovu teorii kvantovaných elektronových orbit. Všechna práce by byla na samotném Moseley; Darwin se tou dobou už věnoval něčemu jinému.

Bohr a trpělivá Margrethe se vydali na dovolenou do Cambridge dopracovat Bohrův spis. Rutherford s Mary odjeli koncem července na výpravu do idylických tyrolských hor. Moseley zůstal v „nesnesitelně horkém a dusném“ Manchesteru a foukal sklo. Dva dny po Rutherfordově odjezdu napsal matce: „Ještě teď před půlnocí jsem tu bez kabátu a bez vesty s otevřenými okny a dveřmi, aby se sem dostalo trochu vzduchu. Přijedu za tebou, jakmile zprovozním aparaturu; ani nezačnu měřit.“¹⁶ Třináctého srpna na tom pořád ještě pracoval. Napsal své vdané sestře Margery, aby jí vysvětlil, oč se snaží:

Chci tímhle způsobem stanovit vlnové délky spektra paprsků X co největšího počtu prvků, protože věřím, že se to ukáže mnohem důležitější a podstatnější než spektra obyčejného světla. Metoda měření vlnových délek spočívá v tom, že se paprsky X vycházející z terče [ozařovaného katodovými paprsky] nechají odrážet od zkoumaného prvku. [...] Pak už mi stačí jenom zjistit, v jakých úhlech se ty paprsky odrážejí, a z toho jsou vidět vlnové délky. Snažím se o přesnost lepší než jedna tisícina.¹⁷

Bohrovi se vrátili do Kodaně, Rutherfordovi přijeli z Tyrol. Bylo září, čas každoročního sjezdu Britské asociace. Toho roku se konal v Birminghamu. Bohr neměl v plánu se sjezdu účastnit, obzvlášť poté, co se příliš dlouho zdržel v Cambridgi, ale Rutherford soudil, že by tam jet měl: o jeho kvantovaném atomu a z něj vyplývajících ohromujících předpovědích spektra se tam jistě bude hodně mluvit. Bohr se nechal přesvědčit a rychle vyrazil. Hotely v Birminghamu byly přeplněné, takže první noc strávil na kulečníkovém stole.¹⁸ Pak mu pohotový de Hevesy našel lůžko na dívčí koleji. „Což bylo velice, velice praktické a skvělé,“ vzpomínal později Bohr a rychle dodal, že „dívky byly pryč“.¹⁹

Dlouhý, předem vykopaný hrob

Předseda Britské asociace sir Oliver Lodge se o Bohrově práci zmínil v úvodním projevu. Rutherford o ní mluvil na schůzích. James Jeans, matematický fyzik z Cambridge, vtipně poznamenal, že „na obranu těchto domněnek lze v současnosti říct jen jediný argument, zato pádný — že fungují“.²⁰ Fyzik z Cavendishovy laboratoře Francis W. Aston oznámil, že se mu podařilo separovat dva neony lišící se hmotností tím, že velké množství plynu tisíckrát a tisíckrát zdlouhavě difundoval skrze jemný keramický filtr. „Šlo o definitivní důkaz,“ poznamenal de Hevesy, „že prvky různých atomových hmotností mohou mít stejné chemické vlastnosti.“²¹ Z Francie dorazila Marie Curieová, „plachá, skromná, rozvázná a vznešená“, jak ji popsal A. S. Eve.²² Když na ni dotírali britští novináři, držela si je od těla chválou Rutherforda: předpověděla, že z jeho práce „pravděpodobně vzejdou velké objevy“. Podle ní byl „jediným žijícím člověkem, jenž může lidstvu přinést něco opravdu neocenitelného“.²³

Harald Bohr toho podzimu svému bratrovi oznámil, že se mladí lidé v Göttingenu „neodvážují věřit, že by to mohla být objektivně pravda; ta tvrzení jim připadají příliš ‚odvážná‘ a ‚fantastická‘“.²⁴ Navzdory přetrvávající skepsi mnoha evropských fyziků se Bohr od de Hevesyho doslechl, že na samotného Einsteina, jehož de Hevesy potkal na konferenci ve Vídni, ta teorie udělala velký dojem. Rutherfordovi řekl de Hevesy něco podobného:

*Probírali jsme s Einsteinem různá témata a přišla řeč na Bohrovu teorii. Pověděl mi, že svého času měl podobné nápady, ale netroufl si je publikovat. „Jestli je Bohrova teorie správná, bylo by to velice důležité.“ Když jsem mu o tom vyprávěl [o nedávném objevu spektrálních čar tam, kde je Bohrova teorie předpověděla], vykulil své velké oči ještě víc a řekl mi: „Tak to je jeden z největších objevů.“*²⁵

Moc mě potěšilo slyšet něco takového od Einsteina.

A Bohra to potěšilo také.

Moseley se dál lopotil. Zpočátku se mu nedařilo pořídit ostré fotografie spekter paprsků X, ale jakmile zjistil, jak na to, výsledky byly vynikající. Postupoval krok za krokem vzhůru periodickou tabulkou a důležité spektrální čáry se posouvaly s naprostou pravidelností. Když čáry na prouzcích filmu srovnal tak, aby seděly, vzniklo z filmů malé schodiště. Šestnáctého listopadu Bohrovi napsal: „V posledních čtrnácti dnech získávám výsledky, jež vás budou zajímat. [...] Zatím jsem prošel sérií [spektrální čáry] K od vápníku po zinek (kromě skandia). Výsledky jsou mimořádně jednoduché a v podstatě takové, jak byste očekával. [...] $K = N - 1$, velmi přesně, kde N

je atomové číslo.“ Pro vápník mu vyšlo 20, pro titan 22, pro vanad 23, pro chrom 24 a tak dál až po 30 pro zinek. V závěru uvádí, že jeho výsledky „poskytují značnou váhu obecným principům, jež navrhuje, z čehož mám velkou radost, neboť vaše teorie má na fyziku ohromný vliv“.²⁶ Převratná práce Harryho Moseleyho experimentálně potvrdila Bohrův a Rutherfordův model atomu mnohem solidnějším a obecně přijatelnějším způsobem než Marsdenovy a Geigerovy experimenty s rozptylem záření alfa. „Víte,“ řekl Bohr ve svém posledním interview, „Rutherfordovu práci vlastně nebrali vážně. Dnes nám to připadá nepochopitelné, ale vůbec ji nebrali vážně. [...] Tu velkou změnu přinesl až Moseley.“²⁷

* * *

Znovu povolali Otta Hahna, aby předvedl své radioaktivní přípravky. Na začátku jara roku 1914 totiž barvírna Bayer v Leverkusenu poblíž Kolína nad Rýnem pořádala recepci u příležitosti oslav otevření velkého přednáškového sálu.²⁸ Německý chemický průmysl byl nejlepší na světě a Bayer byla největší chemická společnost v Německu s více než deseti tisíci zaměstnanci. Vyráběla asi dva tisíce různých barviv, spoustu anorganických látek a řadu léčiv. Vrchní ředitel společnosti Carl Duisberg, chemik a zastánce průmyslového řízení podle amerických zásad, na recepci pozval *oberpräsi-denta* Porýní a ten pak pozval Hahna, aby dodal akci lesku.

Hahn přednášel potentátům o radioaktivitě. Na začátku přednášky napsal malou zkumavkou obsahující silně radioaktivní mesothorium Duisbergovo jméno na zapečetěnou fotografickou desku. Zatímco přednášel, technici desku vyvolali a na konci Hahn za uznalého potlesku promítl rentgenový podpis.

Vrchol oslav v rozsáhlém devítisetakovém chemickém komplexu nastal večer. „Večer se konal banket,“ vzpomínal nostalgicky Hahn. „Všechno bylo skvělé. Na každém stolečku stála nádherná orchidej, přivezli je letecky z Nizozemska.“ Orchideje dopravené rychlým dvojplošníkem mohly v roce 1914 posloužit jako adekvátní symboly německé prosperity a moci, ale vrchní ředitel chtěl demonstrovat i německou technologickou převahu a našel pro to exotický způsob vyjádření: „Na mnoha stolech se chladilo víno tekutým vzduchem v termolahvích,“ vzpomínal Hahn na tu neuvěřitelně futuristickou minulost.²⁹

* * *

Dlouhý, předem vykopaný hrob

Když vypukla válka, Niels a Harald Bohrovi zrovna podnikali pěší túru po rakouských Alpách. Denně urazili až pětatřicet kilometrů. Niels napsal z výletu Margrethe: „Nedá se ani popsat, jak je to úžasné a podivuhodné, když se na horách ze všech vrcholů náhle spustí mlha — zpočátku jako maličké obláčky a nakonec zaplní celé údolí.“³⁰ Bratři měli v plánu vrátit se domů 6. srpna. Válka se však spustila stejně náhle jako horská mlha a oni spěchali do Německa, než zavřou hranice. V říjnu se Bohr přeplavil s manželkou z neutrálního Dánska do Anglie, aby dva roky učil v Manchesteru. Rutherfordovy „kluky“ zaměstnala válka a Rutherford potřeboval pomoci.

Harry Moseley byl začátkem srpna 1914 s matkou v Austrálii na sjezdu Britské asociace. Ve volném čase si prohlížel ptakopysky s kachním zobákem a pitoreskní stříbrné doly. Patriotismus Australanů, kteří ihned začali mobilizovat, v něm podnítil ducha absolventa Etonu oddaného králi a vlasti. Odplul do Anglie nejbližším lodním spojením, na který dostal lístek. Koncem října přiměl neochotného náborového důstojníka, aby mu zařídil přijetí jako nadporučíka ke Královským ženistům mimo seznam čekatelů.

* * *

Chajim Weizmann, vysoký a statný židovský biochemik narozený v Rusku, byl dobrý přítel Ernesta Rutherforda v Manchesteru a zanícený sionista v dobách, kdy mnozí včetně řady vlivných britských Židů věřili, že sionismus je v nejlepším případě naivní vizionářství, ne-li rovnou pomatenost, fanatismus, či dokonce hrozba. Ale ačkoli byl Weizmann sionista, byl to také upřímný obdivovatel britské demokracie a mezi jeho první skutky po začátku války patřilo to, že přerušil veškeré styky s mezinárodní sionistickou organizací, protože ta navrhovala zůstat neutrální. Evroptští vůdci této organizace nenáviděli carské Rusko, jež bylo spojencem Anglie. Weizmann také nenáviděl Rusko, ale na rozdíl od sionistické organizace nevěřil, že kulturně a technologicky nadřazené Německo válku vyhraje. Věřil, že ze střetu vyjdou vítězně západní demokracie a že osud Židů je spojený s nimi.

Začátek války ho zastihl, zrovna když s manželkou a malým synem cestoval na dovolenou do Švýcarska. Vrátili se do Paříže, kde Weizmann navštívil postaršího barona Edmonda de Rothschilda, jenž byl finanční oporou prvních židovských zemědělských usedlostí v Palestině. K Weizmannovu úžasu s ním Rothschild sdílel optimismus ohledně konečného výsledku války a jejích následků pro Židy. Ačkoli Weizmann neměl v sionistickém hnutí žádné oficiální postavení, Rothschild na něj naléhal, aby vyhledal britské představitele a promluvil s nimi.

Ten návrh odpovídal Weizmannovým úmyslům. Jeho naděje v britský vliv měla hluboké kořeny. Byl třetím z patnácti dětí obchodníka se dřevem, jenž stavěl vory a plavil dřevo po Visle do Gdaňska na zpracování a na vývoz. Weizmannovi žili ve zbídačelé západní části Ruska vyhrazené pro Židy, známé jako „zóna osídlení“. Když bylo Chajimovi pouhých jedenáct let, napsal dopis předznamenávající jeho dílo během války. „Jedenáctiletý kluk,“ popisuje jeho životopisec Isaiah Berlin, „říká, že králové a národy světa se zjevně chystají zničit židovský národ, že se Židé nesmějí nechat zničit a že jedině Anglie jim může pomoci navrátit se a znovu povstat ve své dávné vlasti Palestině.“³¹

Mladého Weizmanna táhlo jeho přesvědčení neúprosně na západ. V osmnácti letech doplul na jednom z otcových vorů do Západního Pruska a dopracoval se do Berlína, kde vystudoval Královský polytechnický institut. V roce 1899 obdržel na švýcarské Freiburské univerzitě doktorát. Pak prodal firmě Bayer patent, což značně zlepšilo jeho finanční situaci. V roce 1904 se přestěhoval do Anglie. Popisoval to jako „promyšlený a zoufalý krok. [...] Hrozilo mi, že zdegeneruji a bude ze mne *luftmensch* [nepraktický ‚člověk žijící ze vzduchu‘], jeden z těch nedisciplinovaných a frustrovaných ‚věčných studentů‘ s dobrými úmysly“.³² Od tohoto osudu ho měl zachránit chemický výzkum; díky pomoci Williama Henryho Perkinův otce jako chemik vynalezl anilinovou modř, purpurové barvivo, jež dalo jméno poslednímu desetiletí devatenáctého století — „slézové dekáde“. Založil tím britský průmysl dehtových barviv.

Když se Weizmann na konci srpna 1914 vrátil z Francie do Manchesteru, našel na stole zprávu britského ministerstva války „nabádající každého vědce, který ví o nějakém vojensky hodnotném objevu, aby jej nahlásil“.³³ Weizmann o takovém objevu věděl a promptně jej ministerstvu války nabídl „bez nároku na odměnu“. Ministerstvo neuznalo za vhodné odpovědět. Weizmann pokračoval ve svém výzkumu. Současně se začal obracet na britské vůdce, jak o tom hovořil s Rothschildem. Než válka skončila, obnášela tato jeho snaha asi dva tisíce rozhovorů.

Weizmann objevil jistý bacil a jistý proces. Tím bacilem byl *Clostridium acetobutylicum* Weizmann, neformálně přezdívaný B-Y („bacillus-Weizmann“), anaerobní organismus rozkládající škrob. Weizmann jej objevil na kukuřici, když se pokoušel vyvinout proces výroby syntetické pryže. Představoval si, že by mohl vyrábět syntetickou pryž z isoamylalkoholu, což je nedůležitý vedlejší produkt alkoholové fermentace. V půdě a na rostlinách žijí miliony druhů a poddruhů bacilů a Weizmann hledal takový, který by přeměno-

Dlouhý, předem vykopaný hrob

val škrob na isoamylalkohol efektivněji než známé kmeny. „Při tom pátrání jsem našel bakterii produkující značné množství tekutiny připomínající pachem isoamylalkohol. Když jsem však tu tekutinu destiloval, ukázalo se, že jde o směs acetonu a butylalkoholu ve velmi čisté formě. Profesor Perkins mi poradil, abych to vylil do odpadu, ale odsekl jsem mu, že žádná čistá chemická látka není neužitečná a neměla by se vyhazovat.“³⁴

Tou nehledanou, ale šťastně nalezenou bakterií byla B-Y. Zvládala fermentovat drť z uvařené kukuřice na směs vody a tří rozpouštědel — jeden díl etylalkoholu, tři díly acetonu a šest dílů butylalkoholu (butanolu). Tato tři rozpouštědla pak bylo možné separovat přímou destilací. Weizmann se pokusil najít proces výroby syntetické pryže z butanolu a uspěl. V letech těsně před začátkem války však cena přírodní pryže klesla a volání po syntetické pryži utichlo.

Ve snaze týkající se židovské vlasti získal Weizmann v Manchesteru loajálního a vlivného přítele C. P. Scotta, vysokého, postaršího a liberálního redaktora listu *Manchester Guardian*. Scott měl konexe, mimo jiné byl nejbližším politickým poradcem Davida Lloyd George. Jednoho pátečního rána v lednu 1915 Weizmann s tímto energickým drobným Velšanem, tehdejší kancléřem státní pokladny, jenž se měl uprostřed války stát premiérem, posnídal.³⁵ Lloyd George byl vychován podle biblických zásad. Myšlenku návratu Židů do Palestiny respektoval — obzvláště poté, co Weizmann výmluvně přirovnal skalnatou, hornatou a malou Palestinu ke skalnatému, hornatému a malému Walesu. A Weizmann našel podporu pro sionismus i jinde, nejen u Lloyd George. Překvapilo jej, že se o něj zajímali i takoví muži, jako byl Arthur Balfour, bývalý premiér, později sloužící ve vládě Lloyd George jako ministr zahraničí, a Jan Christiaan Smuts, velmi respektovaný Búr, jenž se poté, co sloužil vládě ze zákulisí, v roce 1917 stal členem britského válečného kabinetu. „Čekají nás skutečně mesiánské časy,“ napsal Weizmann v tomto období předčasných nadějí manželce.³⁶

Weizmann kultivoval B-Y především kvůli butanolu. Jednou se o svém výzkumu fermentace náhodou zmínil šéfovi chemického výzkumu skotské pobočky Nobelovy továrny na výbušniny. Ten Weizmannovi řekl: „Víte, možná máte v rukou klíč k řešení velmi důležité situace.“³⁷ Exploze v továrně zabránila firmě Nobel věnovat se rozvoji tohoto procesu, ale uvědomila o něm britskou vládu.

„Tak se stalo,“ píše Weizmann, „že jednoho březnového dne [1915] jsem se vrátil z návštěvy Paříže a čekalo na mě předvolání na britskou admiraltu.“³⁸ Admiraltita se potýkala s vážným nedostatkem acetonu. Toto páchnoucí rozpouštědlo bylo klíčovou ingrediencí při výrobě korditu, výbušniny

používané u těžkého dělostřelectva včetně lodních děl. Název kordit souvisí s anglickým *cord*, provázek, jemuž se při protlačování sítím během výroby hmota podobala. Výbušnina metající těžké střely děl britského námořnictva z lodě na loď a z lodě na souš přes kilometry vodní hladiny byla směsí 64 procent nitrocelulózy a 30,2 procenta nitroglycerinu stabilizovaná 5 procenty vazelíny a změkčená — želatinovaná — 0,8 procenta acetonu. Kordit se bez acetonu nedal vyrábět a bez korditu by se musela děla zcela předělat, aby vydržela žhavější výbušniny, jež by jinak rychle erodovaly jejich hlavně.

Weizmann odpověděl, že zjistí, co se dá dělat, a zakrátko se ocitl před prvním lordem admirality, jímž byl tehdy jednačtyřicetiletý Winston Churchill, Weizmannův vrstevník. Na setkání s „rázným, fascinujícím, okouzlujícím a energickým“ Winstonem Churchillem vzpomínal Weizmann takto:

V podstatě jeho první slova byla: „No, doktore Weizmanne, potřebujeme třicet tisíc tun acetonu. Můžete to zařídit?“ Tento lordův požadavek mě tak vystrašil, že jsem div neutekl. Odpověděl jsem: „Zatím se mi fermentačním procesem podařilo vyrobit pár set kubických centimetrů. Pracuji v laboratoři. Nejsem technik, jsem jenom výzkumný chemik. Ale kdybych nějak dokázal vyprodukovat tunu acetonu, byl bych schopný ji znásobit jakýmkoli faktorem, který si řeknete.“ [...] Dostal jsem od pana Churchilla a od ministerstva volnou ruku a pustil jsem se do úkolu, který si následující dva roky vyžadoval veškerou mou energii.³⁹

To byla první část Weizmannových zážitků s acetonem. Druhá část přišla na začátku června. V britském válečném kabinetu nastaly v květnu změny kvůli stále se zhoršující pohromě dardanelského tažení u Gallipoli. Premiér Herbert Asquith si vyžádal Churchillovu rezignaci na post prvního lorda admirality a nahradil jej Arthurem Balfourem, Lloyd George přestal být kancléřem státní pokladny a stal se ministrem munice. Tím pádem také okamžitě zdědil acetonový problém v širším kontextu — nejen v rámci námořnictva, ale celé armády. Scott z listu *Manchester Guardian* jej upozornil na Weizmannovu práci a oba muži se 7. června setkali. Weizmann řekl Georgovi totéž co předtím Churchillovi. Na Lloyd George to udělalo dojem a dal mu ještě větší volnost, aby mohl svůj fermentační proces rozjet ve velkém.

Po šesti měsících experimentování v Nicholsonově továrně na gin v Bow dosáhl Weizmann půltunového měřítka. Efektivita procesu byla prokázána. Ze sta tun kukuřice se fermentováním získalo třicet sedm tun rozpouštědel, tedy asi jedenáct tun acetonu. Weizmann začal školit průmyslové

Dlouhý, předem vykopaný hrob

Vážení čtenáři, právě jste dočetli ukázkou z knihy ***Zrození atomové bomby***.
Pokud se Vám ukázka líbila, na našem webu si můžete zakoupit celou knihu.