

ZÁŘÍCÍ POLE: VIDĚNÍ PŘI ELEKTRICKÉM OSVĚTLENÍ

Jeho věčnou moc a božství, které jsou neviditelné,
lze totiž od stvoření světa vidět, když lidé přemýšlejí
o jeho díle, takže nemají výmluvu.

— sv. Pavel, *Římanům 1,20*

Dávno před krachem materialistických představ o světle bylo zřejmé, že se rodí plodnější pohled na světlo. Daleko od starodávných učených sálů Oxfordu a Cambridge, a tudíž také daleko od tyranie akademické zkostratělosti a soupeření, měl chudý kovář a jeho vlídná žena syna, třetí ze čtyř dětí. Psal se rok 1791 a chudé londýnské předměstí skýtal jen chmurné vyhlídky. Nemocný otec si přivydělával na nuzné živobytí jako kovář a žil se svou rodinou v kůlně na kočáry. Denní strava byla skrovná. Když roku 1801 stouply ceny jídla, dostal chlapec jeden krajíc chleba jako jídlo na celý týden. Nicméně i z takto bídných vnějších podmínek se může zrodit pozoruhodný osud.

Z těchto tristních poměrů vyšel největší experimentální fyzik všech dob, Michael Faraday. Když jej ve stáří sedmdesáti šesti let zastihla smrt, byl čestným členem vědeckých společností v Paříži, v Bruselu, v Petrohradě, ve Florencii, v Kodani, ve Stockholmu, v Berlíně, v Mnichově, ve Vídni atd. a byl mu nabízen šlechtický titul stejně jako post předsedy Královské společnosti a Londýnského královského institutu — pocty, které vytrvale odmítal. Když na starého Faradaye naléhal jeho oblíbený kolega, aby tyto pocty přijal, Faraday odpověděl: „Tyndalle, já zůstanu až do poslední chvíle prostý Michael Faraday.“* - **

Od této „proste“ duše vzešlo revoluční pojetí světla, které materialistický názor tehdejší doby nespoutal. Historikové vysledovali u tohoto chudého kovářova syna zárodečné obrazné představy moderní teorie polí. Já v něm vidím neobyčejného člověka, jenž se zajímal o pravdu příliš hluboce, než aby se dal ošálit líbivými modely poplatnými své době, a člověka, který věděl, že příroda je ustavičným soudcem myšlenek. Jak mohlo dojít k tomu, že tento prostý Faraday nahlédl tak hluboce do srdce přírody? Jakou měl povahu, jaké vzdělání a jaké zvláštní nadání, které z něj v učinily pro naši biografii světla klíčovou postavu devatenáctého století?

Při pohledu na jeho dětství a dospívání se Faradayova úspěšná životní dráha plná vědeckých objevů jeví jako krajně nepravděpodobná. Připomíná postavu Popelky: z popela otcovy kovárny vzešel princ přírodní filosofie. Vzdělání Michaela Faradaye bylo formálně ukončeno ve chvíli, kdy se naučil základy psaní, čtení a počítání. Jeho citlivá matka ho vzala ze školy poté, co byl bit za špatnou výslovnost hlásky „r“. Od té doby už pak vyrůstal doma a v ulicích Londýna.

Ačkoli rodina byla po hmotné stránce chudá, vedla bohatý náboženský život. Ukázalo se, že to mělo na Faradaye zvláštním způsobem utvářející a trvalý vliv. Od svého mládí si udržoval tichou a neochvějnou víru, tak jak ji praktikoval v sandemaniánské církvi, v malé křesťanské sektě, do které se narodil. Zde byl Faradayův duchovní domov po celý jeho život. Faraday neviděl žádnou překážku mezi svým dílem a dílem Božím, proto také užil parafráze u sandemiánů oblíbené pasáže ze sv. Pavla a napsal: „1 v pozemských záležitostech věřím, že Jeho věčnou moc a božství, které jsou neviditelné, lze totiž od stvoření světa vidět.“ Vášnivě zaujetí pro objektivní vědecký výzkum a nejvnitřnější náboženský cit naplňovaly hrud' Michaela Faradaye stejnou měrou. Tyto dva city si navzájem nahrávaly téměř nepozorovatelným, ale významným způsobem, takže i Faradayův agnostický kolega Tyndall mohl o svém učiteli napsat: „Úvahy o Přírodě a o jeho vlastním vztahu k ní vyvolávaly ve Faradayovi určitý druh duchovní exaltace, která se tak cele projevovala. Jeho náboženské citění a jeho filosofie [věda] byly neodlučitelně spjaty; jedno se přirozeně přelévalo do druhého.“

Jedna z „neviditelných věcí“, které Faraday zkoumal, bylo světlo. Podle /úsady sv. Pavla hledal znalost neviditelných věcí v porozumění „věcem, které jsou stvořeny“, což znamená ustavičným, nezaujatým pozorováním

* Joseph Agassi, *Faraday as a Natural Philosopher*. Chicago: University of Chicago Press, 1971; L. Pearce Williams, *Michael Faraday*. New York: Basic Books, 1965. V celé této kapitole se opírám především o Faradayův životopis od L. Pearce Williamse.

** John Tyndall, *Faraday as a Discoverer*. New York: D. Appleton and Co., 1873.

a experimentováním. Nic pro něj nebylo tak důležité jako pravdivě odhalený jev. Faraday pracoval s neutuchající energií a zápalem na archetypálních jevech elektromagnetismu. Před Faradayem tyto jevy nikdo neznal, ale jakmile byly jednou objeveny, vedly k úplně novému uvažování o světle.

ELEKTRICKÉ VLNY

Když bylo Michaelu Faradayovi třináct let, zahájil svou kariéru jako poslíček u pana G. Riebaua na Blandfordské ulici č. 2, francouzského přistěhovalce, knihkupce a knihaře. Mezi knihami v obchodě a pod vlídným a povzbudivým dohledem pana Riebaua Faradayův zájem vzkvétal. Za rok byl Faraday povýšen na knihařského učně a vedl obchod dobře po téměř sedm let. Ale jeho vzdělání v obchodě šlo daleko za hranici knihařství. Zatímco se jeho ruce cvičily v obratnosti, kterou byl proslulý po celý svůj život, ušetřené chvíle trávil čtením. „Byly tam spousty knih a já je četl,“ napsal prostě Faraday. Riebau si také všiml, jaksi Faraday kopíroval kresby elektrických přístrojů a překresloval do svého sešitu, a jak mnohokrát časné zrání vycházel a „prohlížel si vždycky nějaká umělecká díla nebo hledal nějaké zajímavosti ze světa minerálů nebo rostlin — Flollowayskou vodárnu, klenby vysokých portálů...“

Faradayovo snažení pak získalo konkrétnější zaměření roku 1810, kdy ve věku osmnácti let vstoupil do Městské filosofické společnosti, která byla založena jen o dva roky dříve pod vedením pana Johna Tatum, jehož dům, knihovna, vědecké vybavení a schopnost přednášet daly Společnosti základ. Každou středu večer Tatum nebo jiný člen klubu mluvil o vědeckém tématu, kterým se zabýval. Faradayův zvyk dělat si výpisky a pečlivá shrnutí přednášek včetně nákresů ho udržoval v dobré formě.

Faradayovy čtyři svazky kvartových poznámkových sešitů pan Riebau příležitostně ukazoval přátelům a zákazníkům, včetně jistého pana Dancea. Když je Dance uviděl, zařídil, aby mladý Faraday získal přístup na přednášky sira Humphreyho Davyho z Královského Institutu, nejslavnějšího vědce v Anglii a charismatického řečníka. Výsledkem bylo, že se z Faradaye stal student. Pokračoval v zapisování Davyho přednášek se stejnou péčí, jakou věnoval Tatumovým přednáškám. Krátce nato na podzim roku 1812 Faradayova učňovská léta u monsieur Riebaua končila a dlouho předtím byl Faraday zoufalý. Toužil se stát vědcem, ale neviděl žádnou cestu, jak svá přání vyplnit. V zoufalství napsal siru Josephu Banksovi, předsedovi Královské Společnosti, aby požádal o jakékoli podřadné vědecké zaměstnání. Banks na Faradayovy opakované žádosti ani neodpověděl. Flumphrey Davy při explozi v laboratoři utrpěl oční zranění



a pravděpodobně na doporučení pana Dancea přišel Faraday, aby na pár dní posloužil Davymu jako pomocník. V listopadu napsal Davymu, aby ho poprosil o zaměstnání, a k dopisu přiložil svazek sešitů svých podrobných poznámek z Davyho přednášek. Davy byl sice polichocen (byl rovněž nízkého původu), ale nemohl Faradayovi nic nabídnout. Okolnosti však opět zapracovaly ve Faradayův prospěch. Davyho asistent se zapletl do rvačky a byl propuštěn. Právě toho večera, když se Faraday ve své ložnici svlékal, ho vyrušil halasný klapot koňských kopyt. Z kočáru vystoupil posel s lístkem od sira Humphreye Davyho, ve kterém Faradaye žádal, aby ho druhý den ráno navštívil v Královském Institutu. Při rozhovoru mu Davy nabídl podřadné zaměstnání asistenta za jednu guineu týdně, dva pokoje v podkroví Institutu, topení a svíčky. Faraday žádal pouze ochranné pomůcky pro práci v laboratoři a to nej důležitější, aby mohl podle své vůle užívat přístroje v Institutu. Davy a Institut souhlasili, a tak i. března roku 1813 začala Faradayova vědecká učenická léta.

Faradayova zručnost a energie se brzy projeví a jeho služby byly vyhledávány mnoha předními výzkumníky a přednášejícími v Institutu, kde Faraday plnil úlohu děvečky pro všechno. Během prvních tří let doprovázel Davyho na jeho cestách po evropských laboratořích jako jeho osobní sluha a asistent, a tak se setkal s největšími francouzskými a italskými vědci. Bylo to krátce předtím, než se začala ukazovat Faradayova vlastní vědecká schopnost, nejdřív sérií skromných chemických publikací a pak objevem benzenu. Ale středem našeho zájmu o Faradaye je to, že umožnil nový způsob uvažování o povaze světla; kovový způsob, který se úplně vymanil z materialistických omezení jeho současníků.

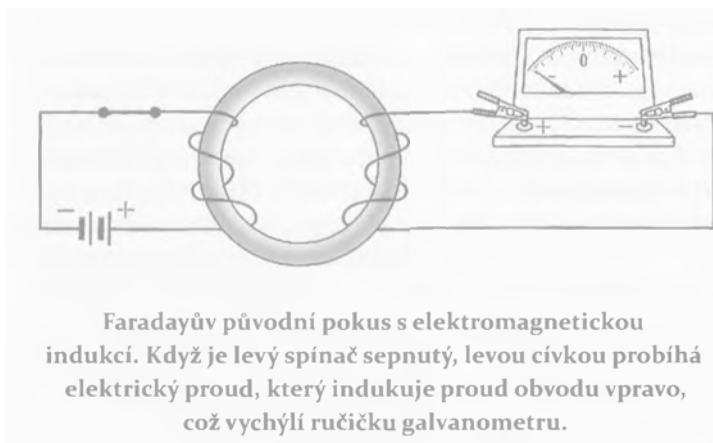
Období Faradayova zájmu o povahu světla se začalo možná ne na hodinu přesně, ale určitě současně s jeho zkoumáním povahy zvuku, hudby a hudebních nástrojů (1828-1830), což byl zájem, který se u něho projevil už v obchodě pana Riebaua, kde byl zpěv oblíbenou zábavou. Zvláštním předmětem Faradayova zájmu byly takzvané Chladniho obrazce.

O několik let dříve, roku 1785, Chladni objevil, že je možné vytvořit obdivuhodné obrazce na tenkých kovových deskách, když se povrch posype pískem a pak se rozezvučí podobně jako nějaký strunný nástroj hrou smyčce o hranu desky. Faraday tyto půvabné jevy zkoumal a předváděl svým posluchačům v Královském Institutu.

Právě v těchto letech vyšly v angličtině významné Fresnelovy články o ondulační (vlnové) teorii světla psané přístupnou formou a s matematickou úrovní dostatečně nízkou na to, aby je Faraday mohl číst s porozuměním a s potěšením, které odpovídaly Fresnelově jasnosti a přesnosti. Podobným způsobem ve svém pojednání o přírodní filosofii z roku 1830 zdůrazňoval Herschel podobnosti mezi zvukem a světlem a pro podporu této představy plně využíval Chladniho obrazce. Analogická povaha světla a zvuku, kterou původně prosazoval v předešlém století Euler a další, teď takřikajíc visela ve vzduchu.

Faradayovo náboženské přesvědčení ho vedlo k hluboké a neotřesitelné víře v jednotu přírody, k myšlence, že to, co se jeví na pohled neslučitelné, je ve své podstatě jedno. Možná, že takovou sjednocující ideou by mohlo být kmitání, které by pod sebou sjednocovalo nejen zvuk a světlo, ale také elektrické vlny. Za tímto cílem podnikl Faraday řadu výzkumů, kdy hledal nějakou kmitající elektrickou vlnu. Objev právě tohoto jevu, jeden z nejdůležitějších v jeho životě, je známý pod jménem „elektromagnetická indukce.“

Pojem elektromagnetické indukce je pro většinu lidí, kteří se nezabývají fyzikou a technikou, neznámý, ale v praxi ji důvěrně zná každý. Téměř v každém domácím spotřebiči a na vršku miliónů telefonních sloupů jsou transformátory, jejichž původ se táhne až k jedné chvíli v srpnu roku 1831, kdy Faraday objevil jejich princip. Praktický význam Faradayova objevu i jeho přínos pro naše porozumění světlu je tak obrovský, že se musíme na chvíli zastavit, abychom ho prostudovali. Ve snaze pochopit to, co vypadá jako pouhý elektrický jev, byly bezděčně položeny základy pro nové chápání světla. Tento jev se ukazuje dvěma důležitými způsoby.



K prvnímu experimentu Faraday namotal z drátu dvě oddělené smyčky kolem železného torusu (neboli prstence). Jednu cívku připojil k citlivému měřáku, jehož ručička by se vychýlila, kdyby cívku procházel třeba i jen malý proud. K druhé cívce připojil baterii s vypínačem. Když byl spínač zapnutý, cívkou na levé straně probíhal proud: když byl vypnutý, žádný proud neprobíhal. Faraday zapínal a vypínal spínač a přitom pozoroval měřák. Ani s vypnutým, ani se zapnutým spínačem neukazoval měřák žádnou výchylku. To znamená, že ani v jednom z případů nebyl v cívce napravo žádný proud. Ovšem právě při zapínání a vypínání, právě v těchto okamžicích, se ručička výrazně vychýlila. Ba co víc, ručička se vychylovala do opačných směrů podle toho, jestli se spínač zapínal nebo vypínal. To ukazovalo, že když se *pouštěl* nebo *zastavoval* proud v levé cívce, objevila se krátce trvající vlna proudu v pravé cívce. Jinými slovy, v pravé cívce se indukoval proud jenom při *změnách* proudu v levé cívce. Změna v jednom obvodu indukovala změnu v jiném obvodu. Naopak, když se proud neměnil, neměl na sousední cívku žádný účinek. Na závěr ještě jednu poznámku týkající se povahy spojení mezi oběma cívkami. Přestože výše zobrazená „indukce“ je zesílená železným prstencem, který prochází oběma cívkami, není tento prstenek k experimentu vůbec nutný. Žádný elektrický proud jím neprochází. Když železné jádro odstraníme, bude pozorovaná indukce sice malá, nicméně pořád ještě zřetelná. Změna elektrického stavu v jedné cívce indukuje odpovídající změnu v druhé.

Pro pochopení elektromagnetické indukce Faraday předpokládal, že „elektrická vlna“ je způsobována náhlými změnami v proudu v prvním nebo v „sekundárním“ obvodu. Tato elektrická vlna prochází prostorem a indukuje podobný vzruch v sousední „sekundární“ cívce. Odtud pak výchylka ručičky. Tleskněte rukama, a prostorem zazní zvuk; škrtněte zápalkou, a tma náhle ustoupí mihotání světla. Podobně je tomu, když klapnete vypínačem nějakého silného elektrického zdroje a prostorem se začne šířit vlna proudu, která následně způsobí neviditelný elektrický vzruch, jež do určité vzdálenosti může zachytit síť obvodů. Faradayův objev byl využit ve svém plném rozsahu, když na něm byla založena radiokomunikace vesmírných sond, které vysílají zpět na zem obrázky Jupiteru, Saturnu a Uranu vzdálených milióny kilometrů. Když se vytvoří elektrický vzruch na anténě umístěné na palubě vesmírné lodi, pak se o tři hodiny později jemný, ale přesně odpovídající vzruch objeví na citlivé anténě umístěné na zemi. Myšlenky a bádání tohoto kovářova syna pokračují prostřednictvím šíření nových technologií a nových poznatků.

Ale co je to vlastně tahle „elektrická vlna“, která může propojit vzdálené obvody bez viditelného hmotného dotyku? Michael Faraday usiloval o zodpovězení této otázky pomocí dalších experimentů a uvažování o příčinách, což ho zaměstnalo na téměř třicet let. Vysvětlení, které nakonec podal, od základu proměnilo naši vědeckou představu světa.

V druhém, podobném pokusu, který provedl vzápětí po tom prvním, nahradil jednu z cívek (tu připojenou k baterii) magnetem. Faraday objevil, že když pohybujeme magnetem v cívce sem a tam, můžeme vyvolat slabý proud. Když se magnet vzhledem k cívce nehýbal, žádný proud neprotékal; když se magnetem pohnulo, vznikl proud. Toto je jeden z největších archetypálních jevů elektromagnetismu. Jeho praktický a teoretický význam není třeba zdůrazňovat. Výroba elektřiny v kterékoli elektrárně není nic jiného než tato činnost v té či oné podobě. A nebyl to jen průmysl, kdo měl užitek z Faradayova objevu, ale také abstraktní věda v rukou Alberta Einsteina, který využil Faradayův archetyp na počátku dvacátého století, když přišel se svým „principem relativity.“

PRAVDA PŘÍRODY A STÍN SPEKULACE

Názor, který si troufám předložit, proto uvažuje
o záření jako o vysokém kmitání po siločárách...
— Michael Faraday

Světový názor, který zastávala většina vědců na počátku devatenáctého století, byl jednoznačný. Vesmír byl zaplněn hmotnými předměty, mezi nimiž se rozpínal sice nezachytitelný, nicméně hmotný éter, jehož pohyby přenášely gravitaci, světlo, teplo, elektřinu a magnetismus. Všude byla nějaká látka: těžkopádná, masivní hmota. Nikdy předtím ani potom nedosáhl materialismus úplnější nadvlády nad světem. Zářící oči egyptského boha Re, které kdysi osvěcovaly civilizaci, se zavřely úplně.

Na tuto scénu vstoupila drobná postava Michaela Faradaye s jeho náhledy, jež vyvrátily základní představy vědecké obce, kterou Faraday sám obdivoval. Jemný, nesmělý a věřící člověk, jakým Faraday byl, sotva působil dojmem revolucionáře. Byl však vytrvalým experimentátorem a myslitelem. Odporovat hlavnímu proudu tehdejšího vědeckého mínění, které bylo nakloněno Fresnelově vibrační teorii světelného éteru, bylo kacířství. Přesto se ve dvou přednáškách pro posluchače v Královském Institutu, poprvé roku 1844 a podruhé roku 1846, Faraday odvážil promluvit a přenést tak vědu přes předěl v západní představě světa.

Faraday si od svých raných vědeckých výzkumů uchoval lásku k pravdě získané přímou zkušeností, a tím pádem měl vždycky nedůvěru vůči spekulativním teoriím, jakými byly za jeho časů populární molekulární teorie éteru.

Faraday, který si neustále uvědomoval nebezpečí takové spekulace ve svém vlastním bádání, si 19. prosince 1833 krátce po objevu elektromagnetické indukce zapsal do svého deníku následující poznámku: „Své výzkumy musím udržet na skutečně *experimentální* úrovni a v žádném ohledu je nesmím podřítit *hypotetickým představám*.“* Klíčovým slovem je zde slovo „hypotetické“. Nové představy a myšlenky se znova a znova musejí zakládat na poctivých experimentálně zjištěných faktech, jinak pozici kauzálního tvořivého myšlení zaujme fantazírování.

Ve svých přednáškách z roku 1844 a 1846 Faraday velmi opatrně vystoupil se svými názory na samu nejvlastnější povahu hmoty, elektřiny a světla. Svou kritiku zaměřil nejprve na naivní korpuskulární představu hmoty skládající se z atomů a potom kritizoval obdobnou představu elektrického proudu.** Namísto atomů, které se pokládaly za malé „kuličky“ z nezníčitelné hmoty, Faraday předpokládal, že atomy jsou pouze „silovými centry“. Jelikož věci známe z jejich vlastností, a ty se přenášejí jedině silami, neměli bychom těmto silám přikládat představu hmotného původu, která není nutná.

Buddhističtí myslitelé by to tak možná vyjádřili. Můžeme si představit nějakého „nositele vlastností“ odděleného od svých vlastností jako jsou velikost, tvar, místo atd.? Jako příklad si představte třeba desetikorunovou minci. Je tvrdá, kulatá, tenká, má měděnou barvu, průměr asi dva centimetry a na obou stranách má vyražené obrázky. Odeberte minci tyto vlastnosti jednu po druhé. Pokuste se o to. Nejdřív vygumujete obrázky, a z desetikoruny se stane kulatý kovový plíšek. Pokračujte a představte si tento plíšek, jako by neměl žádnou určitou barvu, velikost a tvar. Dokážete to? Já ne. Když si nemůžeme představit nějakou věc bez jejích vlastností, proč bychom potom vůbec měli mluvit o nějakém nositeli vlastností? Podobně když se o světě dozvídáme jen prostřednictvím různých sil, proč bychom do něj měli umísťovat nějakého nositele sil?

Když všechny takové vlastnosti jako tvrdost, barva atd. chápeme jako výsledky působení sil, potom atomy (které Faraday chápal jako nutné) jsou geometrickými ohnisky nebo středy těchto sil. Látkové atomy jako představa drobných, nahuštěných kousků hmoty úplně zmizí, ale v momentu, kdy se to stane, atmosféra sil, o které se myslelo, že obklopuje atom, nabude na významu. Síla, nikoli hmota, je skutečnou podstatou světa, a je to síla, nikoli éter, co se rozpíná od jednoho konce vesmíru k druhému. Síly se mohou skládat do miliónů různých způsobů a uspořádání, aby vytvářely chemické sloučeniny, viditelný, hmatatelný a plně smyslový, „tělesný“ svět, ale kořenem všeho je pořád síla, nikoliv těžkopádná hmota. Faradayova ontologie se velmi lišila od myšlení jeho kolegů.

Znovu si v mysli vyvolejme Descartesovu představu vesmíru naplněného

* Cantor, „Reading the Book of Nature“, s. 74.

** Michael Faraday, *Experimental Researches in Electricity*. London: Richard Taylor & William Francis, 1885, sv. 2, s. 2840.

hmotou, představu *plena*, které bylo čímsi na způsob vířivého vodního proudu, ve kterém se pohybovaly planety jako plující kousky trávy, snítky a lístky. Faraday předpokládal, že Descartesův proud je ve skutečnosti nekonečná spousta čistých sil. Základní hmotná tělíska — atomy — byly, po způsobu hvězd, pouhými překříženími miliónů zářících siločár, jež vytryskly z těchto center, aby svou cestu proplétaly vesmírem.

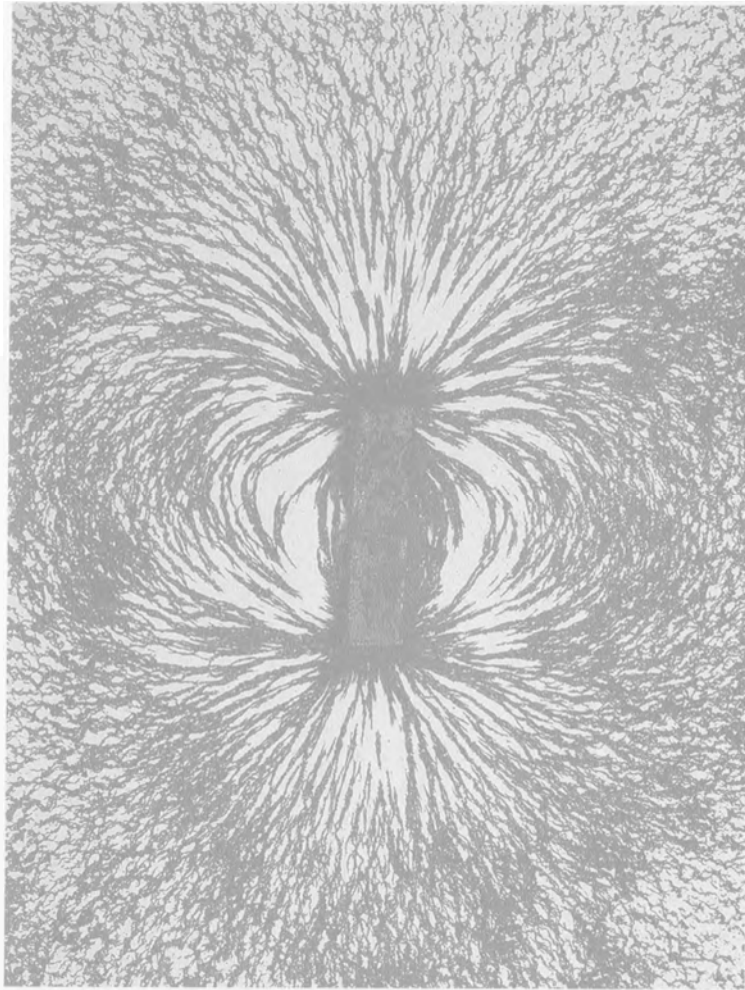
Ve své druhé přednášce o dva roky později Faraday zjevně neúmyslně dovedl své myšlenky o další důležitý krok dál. 10. dubna 1846 Faraday a jeho spolupracovník Wheatstone stáli jako obvykle venku před posluchárnou Královského Institutu a čekali, až hodiny ukáží začátek jejich přednášky. Faraday se domníval, že přednášet bude Wheatstone, ale jen pár chvil předtím, než měla večerní přednáška začít, nesmírně stydlivý Wheatstone utekl dolů po schodech. Faraday tak byl zaskočen nepřipraven, nicméně skočil do toho rovnýma nohama a začal mluvit: nejprve na ohlášené Wheatstoneovo téma „Elektromagnetický chronoskop“, ale pak bezprostředně navázal svými slavnými „Myšlenkami o vibracích záření“. Bez přichystaného materiálu, o kterém měl mluvit, to Faraday „vychrlil jako spekulativní záležitost a nejasné pocity mé mysli.“

Tyto nejasné spekulace, ačkoli byly nové pro posluchače, pro Faradaye nic nového neznamenaly. Dozrávaly v průběhu předešlých patnácti let jeho výzkumů. Už ve své rané zprávě o *Experimentálním bádání v elektřině* z listopadu 1831 Faraday použil představu „magnetických siločár“, myšlenku, která byla v jeho přednáškách z roku 1844 a 1846 klíčová. Když rozsypete železné piliny na magnet a kolem magnetu, samy se uspořádají do určitého obrazce. Faraday tento obraz proměnil v mocný nástroj představivosti. Na základě jeho přesných výzkumů a pečlivého přemýšlení o nich se mu zdálo možné chápat celý vesmír jako propojený nekonečným počtem „siločár“. Když čteme jeho články, můžeme pozorovat zrod nového vědeckého konceptu zcela výjimečného významu, jak se vynořuje z Faradayových experimentů a úvah o „polích“.

Jakým způsobem je Země spojena se Sluncem? Provedte následující myšlenkový experiment, navrhuje Faraday. Představte si vesmír, ve kterém je jenom Slunce. Osamělé Slunce obývá svůj kosmos. Teď umístíte Zemi sto padesát miliónů kilometrů od něj. Je možné, ptá se Faraday, předpokládat, že vzdálená přítomnost Země způsobuje, aby na Slunci náhle vznikla přitažlivá síla? Odkud bude taková síla pocházet? Nebude takovéto pojetí znásilňovat naši představu, že síly musí být vždy nějakým způsobem zachovány? Mnohem lepší bude, když oddělené Slunce, ještě před tím než se objeví Země, vytryskne své působení tak jako světlo, i když neexistují žádné věci, které by toto působení přijímaly. Svítí Slunce pouze tehdy, když existují oči, které se mohou dívat? Tak také gravitační siločáry se táhnou vesmírem ještě předtím, než se objeví Země. Ta potom reaguje na *místní*, nikoli na vzdálenou sílu, to znamená na sílu pole ve svém místě. V době, kdy éter pronikal celý vesmír, mohl být Faradayův návrh vykládán tak, že v éteru jsou tlaky a pnutí podobné tlakům a pnutím mostních konstrukcí. Myšlenka pole nebyla z tohoto hlediska ničím jiným než povrchním popisem něčeho nehybného, co bylo ve své podstatě mechanickou a materiální interakcí. Avšak Faraday se rozhodl jít dál za materialistické představy svých současníků. Nejdřív nepovažoval siločáry (což byl jeho pojem pro „pole“) za nic jiného než za užitečné pomocné představy, ale čím déle o nich přemýšlel, tím více se mu zdály skutečné, až se pro něj staly skutečnější než hmotné atomy, považované za zdroj siločár, a než éter, který je měl nést. Výsledky jeho výzkumů elektromagnetické indukce ho tím spíš přesvědčily o existenci elektrických vln, tj. o existenci vibrací takových siločár. Na Wheatstoneův útek byl tak vlastně dobře připraven.

Revolučním krokem, který Faraday podnikl v přednášce pro Wheatstoneovy posluchače roku 1846, byl jeho návrh, že vibrace, kterým říkáme světlo a které tak elegantně popsal Fresnel a jiní, vůbec nejsou vibracemi v nějakém éteru, ale spíš vibracemi fyzikálních siločár. Faradayova teorie „se snaží vyloučit éter, ne však vibrace“.

Vibrace byly nezbytně nutné, éter nikoliv. Faraday, nespokojen s pouhou proměnou atomů v centra síly, od základu změnil své pojetí světla a prostoru. Hrncem filosofa Lao-c' byl zbaven svého éterického obsahu a naplněn silou, jejímiž pohyby bylo světlo. Descartes by musel Královský Institut zničit, kdyby našel spojení mezi Léthé a Lamanšským průlivem, a dokonce i ti kritici, kteří byli Faradayovi nakloněni, si mysleli, že tentokrát zašel už příliš daleko. Udělat z něčeho tak nehmotného, jako jsou siločáry, ontologický základ světa, se zdálo materialistickému myšlení absurdní, a přece zde byla zaseto plodné semínko teorie polí, kterou vyvinuli fyzikové o necelé století později. Ve skromném, a přesto jasném hlase kovářova syna slyšíme první názvuky převratně nové představy světla.



Zviditelnění magnetického pole
pomocí železných pilin.

Byl si vědom toho, že jeho myšlenky přesahují prostá vědecká fakta, která tolik ctil, a přesto právě tato fakta patrně vyžadovala nematerialistický výklad světa. Nesmírně taktí a pečlivý filosof své názory předkládal opatrně, dokonce až omluvně, a své poznámky na toto téma uzavíral slovy „Myslím, že jsem se v předešlých stránkách pravděpodobně dopustil mnoha omylů, proto se i mně samotnému v tomto bodě mé myšlenky jeví jako stín spekulace... Ten, kdo pracuje v experimentálním výzkumu, ví, jak jsou tyto myšlenky časté a jak často jejich zjevná přiměřenost a krása mizí s rozvojem skutečné pravdy přírody.“ Ty Faradayovy nezmizely.

FILOSOFICKÁ STRAŠIDLA

Lesk však, kterým se řídí a žije nebe,
ten se vyhýbá temným troskám duší.
Každý, kdokoli může v toto světlo hledět,
jistě povrhne bledou září Slunce.
— Boëthius

Roku 524 jeden osamělý filosof a mudrc Theodorichova dvora v Ravenně čekal na mučení a smrt kvůli vrtochu svého podezřívavého vládce. Svůj život zasvětil studiu a uvažování o velkých řeckých filosofech, stejně jako úvahám o plodech nové křesťanské víry, ve službách náladového Theodoricha. Teď mu scházelo potěšení, které mu skýtala jeho studia. Utápěl se v sebelítosti, když ho vyrušila vize jakési ženy. Ta postava náhle nabyla neobyčejně velkých rozměrů. Přes slzy, které jí halily tvář, viděl její jasný zrak, bystrý pohled a nesmírně vážný výraz. Na jejích šatech, které utkala svýma vlastníma rukama, byla zobrazena moudrost a vesmír, ale byly na nich také známky po ranách, které jí způsobili ti, kteří toužili vědění urvat pro sebe. Božská Sofia, Filosofie, přišla do temné a opuštěné kobky, aby utěšila odsouzence, kterým byl filosof Boëthius.

Když se ho vyptala, zjistila, že skutečná příčina Boethiova žalu spočívá v tom, že zapomněl na své pravé já. Její útěcha pak měla „rozehnat mračna jemnou připomínkou, že můžeš patřit k jasnému světlu.“ V těchto svých posledních dnech Boëthius napsal své nejvýznamnější dílo, *Útěchu z filosofie*, které tolik ovlivnilo následující staletí. Poté co knihu dokončil, byl pověšen na laně obtočeném kolem jeho hlavy a holemi utlučen k smrti. V poslední promluvě Filosofie v *Útěše* stojí: „Veliká je nutná potřeba spravedlnosti na vás vložené, když ji před sebou neskrýváte, vidouce, že všechny vaše činy se dějí před očima Soudce, který všechno vidí.“ Tato slova byla prorocká, protože legenda říká, že po popravě Boëthia a jeho druha Symmachia byla Theodorichovi předložena velká rybí hlava. V Theodorichově výčitkách tísněné mysli nabyla hlava rysů všech lidí, které poslal na smrt. Začal neutěšitelně plakat a bál se až do své smrti, která přišla zanedlouho.

O šest set let později se Alanovi z Lilie, univerzitnímu mistru z Chartres, v období duchovní úzkosti dostalo podobného navštívení. Navštěvnice si říkala Natura, bytost Přírody. Každý její rys a vlastnost odrážela celý svět, každé její slovo bylo mířené tak, aby v Alanovi znovu vzbouzelo vědění o Přírodě, které, jak se zdálo, Alan z Lilie a s ním celý svět ztratil. Píseň, kterou tato bytost zpívala, Alan nazval *Nářek Přírody*, píseň o zneuctění, píseň, kterou lidé neslyší.

O šest století později, ještě v Goethově podání, se Faust ve své vysoké klenuté gotické studovně utápí v beznaději.* Poté co během svého dlouhého života plného studií ovládl veškeré vědní disciplíny, cítí se jako bloud, který není o nic moudřejší než předtím. Ve zlostné beznaději volá neviditelné mocnosti: „Duchové, kteří se vznášíte kolem mne, odpovězte mi, slyšíte-li mé volání!“ Jeho zrak padne na znaky Makrokosmu a Ducha Země. Faust potom vyvolává Ducha země, ba dokonce mu přikazuje, aby se zjevil. Nikým nevybízěná Natura uspokojila Alanovu touhu po poznání a ještě předtím Sofia utěšila odsouzeného Boëthia. Faust naopak podrobil Ducha Země svým přáním a tužbám. „Poslouchej! Poslouchej,“ volal, „i kdyby mě to mělo stát život!“ Když se Duch Země zjevil, Faust se zapotácel před jeho děsivou ohnivou podobou, ale přesto si troufal prohlásit se za rovnocenného tomuto nejmocnějšímu duchu přírody. Duch země Faustovu domýšlivost zamítl slovy: „Duch tobě rovný je ten, kterému můžeš rozumět; nejsi mého druhu!“ Pak do komnaty vešel duch, kterému byl Faust schopen rozumět — upachtěný pedant Wagner, oblečený v noční košili, na hlavě noční čepici a v ruce blikající svíčku — ubohá náhražka plamenného Ducha Země, který se zjevil o chvíli dříve.

Duch Země se vzdálil ještě více a dosáhnout ho v této době je, jak se zdá, ještě obtížnější. Jediný způsob, jak se mu přiblížit, ona pedantská wagnerovská učenost, často nevede ke skutečnému Duchu Země, ale k jeho stínovému, až démonickému odrazu. Významný Faradayův následovník, James Clerk Maxwell, vybojoval svou faustovskou bitvu coby mladý muž a střetl se s představou, která byla protikladem božské Sofie. Maxwell, syn z vysoce postavené rodiny v Edinburghu ve Skotsku a velice slibný matematik, zaznamenal své vidění v gotické komnatě, které měl jako student třetího ročníku Trinity College roku 1852 v Cambridgi:

* Viz scéna „Noc“, in Johann Wolfgang von Goethe, *Faust*, vyd. a přel. Stuart Atkins. Boston: Suhrkamp/Insel, 1984. * V češtině: *Faust*, přel. Otakar Fischer. Praha: SNKLHU, 1957.

Zvon odbil půlnoc a Maxwell odložil svou „zatracenou hydrostatiku“ a chystal se jít spát. Přitom se v pochybách sám sebe ptal:

nejistým hlasem, zda všechno to, co jsem přečetl, mi bude alespoň nepatrně užitečné.

Hledí vstříc své budoucnosti, životu pravděpodobně plnému vnějších úspěchů a společenských poct, a uvědomuje si, že to bude plod rozumu podřízeného „vládě světské pýchy“. Na druhé straně jeho zápisků přeplněných matematickými problémy probleskují strašidelné přeludy, vylézají tam stvůry, „slavný sbor“ minulých a současných profesorů, „kteří bedlivě zkoumali kmitání“. A jako by toho bylo málo, vyvstane před zoufalým studentem strašná postava bránící tehdejší akademické praktiky.

Vždy a všude odměřená,
zemským tvorům nepodobná,
když chceš vidět, vždy je schopná
zastoupit ti výhled hned.
z pera vlas, z papíru kůži,
místo dechu chemickou fúzi;
školní závěs místo blůzy
padne jí dokonale.
optické osy, ze skla oči,
paprsky jak nitě stočí.
A co paralaxa? Oč jí
jde, je rozměr skutečný:
primární a sekundární,
ohniskové vzdálenosti.
Různé berou se znalosti
v oněch očích netečných.

Tato ohyzdná matematická „Čarodějnice“ chtěla z Maxwellova srdce vymýt veškeré citění krásy a poesie ďábelskou modlitbou a invokací. Avšak:

Těžká hlava spát mě nutí,
vtom zřím něčí rozžehnutí;
sešlé baby zakviknutí,
Mrkla víčky, byla pryč.

Na místě ohyzdné postavy a hlasu „falešné čarodějnice“, Maxwell letmo spatřil „bytosť, po které se opičila“. Maxwell ji nejmenuje, ale popisuje ji tak, jako Boëthius popisoval božskou bytosť Filosofii a jako Adam z Lilie popisoval bohyni Přírodu. Její skromná, tichá zář prosvítala špatně padnoucí masku pedantství, protože bez ohledu na zdobnost pláště pedantství vždy zakrývá, nikdy neodhaluje.

Maxwell však prohlašoval, že příroda vzdoruje jak rozumu, tak výpočtům, pokud k nim nepřidáme pocit hluboké úcty:

Uctívání? Ano, co než uctívání
po řetězů odpoutání,
jež lítera jednotná mi
vtlouká v rozum zmučený,
člověk v tichém uctívání
zří Stvoření oslavování
a ve svátém rozjímání
opouští dav učený!

Mladý Maxwell toužil opustit dav učených cambridgeských pedantů, stejně jako Faust přes veškerou svou učenost toužil zanechat Wagnera jeho zaprášeným svazkům, aby mohl najít pravdu sám. To se ukázalo být mnohem těžší, než si mladý Maxwell představoval.

Ipswiche, jej poslal domů. Během své nemoci Maxwell četl klasické *Religio Medici* (Lékařovo náboženství) od sira Thomase Browna:

Uč mě, ať znám v tvých dílech čist
má víra, — ať sílu sbírá —
By mezi světy mohla jít,
plody moudrosti sledovat,
pravdou tvou se naplňovat.
Věčné Víry činím vyznání,
slavná slova opět volám,
Bůh je náš Pán, tím jsem si jist.

V těchto řádcích rozpoznáváme dvě Browneovy božské knihy: „Jsou tedy dvě knihy, z nichž skládám své Božství; kromě té psané je to ještě druhá kniha Boží služebnice Přírody, onen univerzální a veřejný Rukopis, jenž leží rozevřen před očima všech; ti, kteří ho neviděli v jedné knize, museli ho objevit v druhé.“

Ačkoli jeho mladické trápení nad rozkošem mezi Bohem a přírodou se muselo určitě ozývat i v jeho pozdějších letech, propast mezi vírou a vědou byla stále větší a jasnější. Maxwell brzy přišel na to, že jakákoliv snaha uvést do souladu vědu s vírou „nemá vůbec žádný význam, leda pro člověka samotného.“ To byla bezpečná a společensky uznávaná pozice ustanovená Lutherovými a Kalvínovými výroky a v současnosti neoorto- doxii velkého německého protestantského teologa Karla Bartha.

Božská bytost přírody, stejně jako bytost světla, se ztratila z dohledu během staletí a tisíciletí, která dělí zářící oko Egypťanů od éteru, jehož vibrace vedly k diferenciálním rovnicím, které bylo Maxwellovi dáno objevit. Příroda téměř pokaždé ustoupila matematické Čarodějnici. Staletí, která dělí Adama z Lilie od Maxwella, jsou ve znamení soumraku bohů. Bohové uznali za vhodné přestěhovat se do jiných končin, méně nepřátelských, než jsou ty naše. Jak řekl německý romantický básník Holderlin: „Ovšemže bohové stále žijí, jenomže nahoře v jiném světě!“

Když takto oddělil své duchovní zájmy od svých zájmů fyzikálních, byl Maxwell připraven matematizovat Faradaye.

ELEKTROMAGNETICKÝ VESMÍR

Největší proměna základních fyzikálních pojmů, k níž v našem pojetí struktury skutečnosti došlo od doby, kdy Newton založil teoretickou fyziku, má svůj původ ve Faradayových a Maxwellových výzkumech elektromagnetických jevů.

—Albert Einstein

Einsteinova slova nás připravují na to, co bude následovat. Výklad skutečnosti, který zastávala věda a po Newtonovi více a více prostých lidí, se od základu změnil. V Maxwellově zralém pojednání o světle se blížíme úžasnému vyvrcholení tohoto převratu. Ve vědeckých představách dosud zaujímal místo jenom pohyb mechanického hmotného vesmíru, ale Faradayovy a Maxwellovy výzkumy si s konečnou platností vyžádaly přeměnu tohoto světónázoru v jeho samotných základech. Několik let předtím byly prozkoumány nové síly, elektřina a magnetismus, a připravily náš jazyk, schopnost představivosti a matematický aparát na své největší dílo, představu světla jako elektromagnetického vlnění. Maxwell tuto revoluci vykonal bez filosofických fanfár, pomocí aparátu matematické fyziky.

Stojící jízdní kola padají. Proto dětem, když se učí jezdit na kole, přidáváme postranní kolečka. K tomu, aby se člověk naučil jezdit na kole, nejsou vůbec nutná; překážejí při zatáčení, ale zase snižují strach. Éter byl pro fyziky devatenáctého století čímsi na způsob těchto přídatných koleček. Každému se zdálo samozřejmé, že vlnění se přenáší pomocí nějakého prostředí, a tak se nějaké prostředí vymyslelo. Maxwell si tím byl jist stejně jako ostatní. Ve svém článku „Éter“ pro Britskou encyklopedii (*Encyclopedia Britannica*) z roku 1878 Maxwell napsal: „Přes všechny možné potíže, které můžeme mít při utváření ucelené představy podstaty éteru, nelze pochybovat o tom, že meziplanetární a mezihvězdné prostory jsou vyplněny hmotnou substancí nebo hmotnými tělisky...“ — jak by jinak mohlo světlo těmito končinami putovat? Uběhlo třicet let a představa éteru byla opuštěna. Elektromagnetická teorie světla se konečně rozjela, přídatná kolečka byla odstraněna, a nové kolo krásně vyjelo bez nich.

Nejvýznamnějším krokem na konci této etapy byla Maxwellova matematizace Faradayových vědeckých představ. Maxwell se opakovaně zmiňuje o svém předsevzetí z mládí, tj. pochopit elektromagnetické jevy

nejprve čtením Faradayových *Experimentálních výzkumů* a teprve potom se zabývat teorií, která zrovna v jeho době převládala. Faradayovými slovy, Maxwell chtěl raději číst knihu „přírodní pravdy“ než studovat „stínové spekulace“. Když četl Faradaye, byl Maxwell překvapen, že našel spřízněnou duši, někoho, kdo myslí matematicky, ačkoli se vyjadřuje obrazně. Faradayova invence a užitek, jaký měl „z jeho představy siločár při popisu jevů elektromagnetické indukce, mu jej představil jako skutečně výsostného matematika,“ napsal Maxwell.

Poté co Maxwell poprvé přečetl Faradaye, rozhodl se převést Faradayovo myšlení do jazyka matematiky. V tom byl výjimečně úspěšný. Jeho spis *Dynamická teorie elektromagnetického pole*, který dokončil roku 1864, je mezníkem v historii vědy. V této práci Maxwell shrnuje veškeré částečné poznatky o elektřině a magnetismu do jediného souboru čtyř rovnic, kterým se dnes říká Maxwellovy rovnice. Každý elektrický, magnetický nebo optický experiment, který kdy byl nebo bude vykonán (vyjma jistých kvantových jevů), v těchto čtyřech rovnicích najde své teoretické vysvětlení. Tímto „převedením“ Maxwell ukázal výjimečnou sílu a matematickou krásu Faradayových myšlenek. Laureát Nobelovy ceny Richard Feynman o Maxwellově díle jednou řekl: „Za deset tisíc let bude jasné, že nejdůležitější událostí devatenáctého století je nepochybně Maxwellův objev zákonů elektrodynamiky. Ve srovnání s nimi je americká válka Severu proti Jihu bezvýznamnou provinční záležitostí.“

Pro naše účely je Maxwellovo shrnutí elektrických a magnetických poznatků důležité proto, že s sebou nese zcela nečekaného černého pasažéra. Od těch nejranějších počátků vážného zkoumání elektřiny a magnetismu až po Maxwellovy časy byly elektřina a magnetismus dvě zcela oddělené disciplíny. Některé látky, jako například jantar, poté co byly třeny, přitahovaly útržky papíru. Tento princip byl znám již starým Řekům, kteří mu říkali *elektronový jev*, z čehož byl odvozen název pro elektron. Benjamin Franklin ukázal, že blesk je elektrický jev, a mnozí jiní pak vytvářeli blesky v laboratořích a dokonce i ve společenských salónech a s nově objeveným fenoménem elektřiny si hráli (což se po několika neštěstích ukázalo jako smrtelně nebezpečná činnost). Bezpočet amatérů stejně jako profesionálů se zabývalo vzrušujícím zkoumáním elektrických jevů. Jiní výzkumníci zase brousili čočky pro dalekohledy a mikroskopy a studovali zálužnost světla a barev. Co měly tyto dvě přírodní říše spolu do činění? Všechno! zněla Maxwellova (a také Faradayova) odpověď. Právě tato sjednocující vize byla tím, co Einsteina podnítilo nazvat Faradayovy a Maxwellovy výzkumy pramenem „největší změny našeho pojetí struktury skutečnosti od Newtonových dob“.

Přečteme-li si Maxwellův článek z roku 1864, můžeme být svědky okamžiku zjevení, kdy se Maxwellovi otevřela nová struktura skutečnosti. Maxwell zde rozvinul představu, kde každé těleso není obklopeno materiálním éterem, nýbrž elektromagnetickým polem. Faradayovy siločáry obklopují a dokonce pronikají všechny věci ve vesmíru. Všechny elektrické a magnetické jevy (přitažlivá síla, odpuzivá síla, indukce atd.) mohou být přesně a elegantně vysvětleny Maxwellovou teorií. Přesto však toto skvělé spojení všech elektrických a magnetických jevů není onou revolucí, o níž Einstein mluvil, protože teprve poté Maxwell navrhl něco naprosto neočekávaného.

Ke konci svého článku Maxwell obrátil svou pozornost od elektrických a magnetických jevů ke světlu, od jantaru a magnetitu ke svíčke. Komplexní rovnice, které tak schopně ovládal, rovnice, které staršího Faradaye úplně zmátly, nabídly Maxwellovi smělou hypotézu. Ve své analýze Maxwell odvodil rovnici, jež byla dokonalou obdobou oné rovnice, kterou Euler odvodil pro šíření zvukových vln. Ba co víc, z této rovnice bylo možné přibližně určit rychlost světla a takto určená rychlost dobře odpovídala tehdy nejlepším dostupným měřením. Maxwell uzavřel článek se svou klasickou skromností: „Jak se zdá, dosažené výsledky ukázaly, že světlo a magnetismus jsou vlastnostmi jediné substance, a tou je *světlo jako elektromagnetické vlnění, které se šíří polem podle elektromagnetických zákonů.*“ V této jediné větě Maxwell nabídl hlubokou a základní změnu naší představy o světle, ve které byly odtud natrvalo spojeny světlo, elektřina a magnetismus. Měly se spojit dvě oblasti fyziky, které ve svých vnějších projevech nemají vůbec nic společného. Faradayovo světelné vlnění dožrálo v Maxwellových matematických představách. Světlo bylo definováno jako elektromagnetická vlna, jejíž vibrace se šíří vesmírem.

Všimněte si, že když Maxwell napsal, že elektřina, magnetismus a světlo jsou „vlastnosti jedné a té samé substance“, jeho mysl se držela starých myšlenek. Tou substancí byl éter. Maxwell i všichni ostatní ještě mysleli v pojmech teorie éteru, ale jeho matematická analýza éter vůbec nepotřebovala. Poprvé bylo vlnovému pojetí věnováno pojednání, které nebylo obtíženo éterem. Bude to trvat čtyři desetiletí, než si to vědecká veřejnost plně uvědomí, ale éter byl pryč. Podobně jako přídavná kolečka také éter posloužil užitečnému cíli, ale teď už mohl být odstraněn. Elektromagnetická teorie světla vyrazila snáze bez něj. Tím, kdo naléhal na odstranění éteru, byl Heinrich Hertz. Roku 1887 experimentálně ověřil, že zákony odrazu a lomu, které byly už dlouho známé pro světlo, platí také pro elektrické vlnění, které vzniká jiskrami.

Ano, světlo se nejevilo jako nic jiného než jako elektromagnetické vlnění.

Hertz obdivoval Maxwellovo matematické vyjádření světla a varoval před „falešnými zástěrkami“ [tj. před éterem], které jsme užívali, abychom zakryli „prostou postavu“, kterou tato teorie skutečně představuje. Když byla přijata představa pole, Maxwell a mnozí jiní začali v elektromagnetickém poli vidět zásobárnu energie. Maxwell si byl naprosto jistý svou představou energie spojené s elektromagnetickým polem. „Chci, abych byl chápán doslovně... Podle naší teorie energie spočívá v elektromagnetickém poli, v prostoru, který obklopuje zelektrizovaná a zmagnetizovaná tělesa, stejně jako uvnitř těchto těles samotných.“ Podle Maxwellovy teorie pole obsahovalo energii. Díky poučce, kterou objevil Poynting, bylo možné s jistotou sledovat energii elektromagnetického pole. Výsledky byly značně překvapivé. Proč se vlákno v žárovce zahřívá a žhne? Ne skrze elektrický proud, který vláknem protéká, ale když vláknem protéká proud, energie pole proudí do vlákna z prostoru okolo něj. Zdájí se to být jasné počty. Energie proudí okolo vodičů a do vodičů, ale vodiče ji nevedou.

Je možné, že základem všeho je forma energie pole seskupená do různých forem? Tak se ptal Maxwell a ostatní „energetici“. Tímto směrem bylo vynaloženo mnoho úctyhodného úsilí, ale uvízlo v mrtvém bodě. Až teprve Einstein a objev kvantové teorie nás poučili, v jakém vzájemném vztahu jsou hmota a energie. Faraday věřil, že jevy jsou dostatečně výmluvné. Byl mistrovským badatelem, bystrým pozorovatelem a geniálním experimentátorem, který věřil tomu, co viděl. Za jazykem jevů promlouvaly dva další jazyky: jedna představa přírody byla matematická, druhá mechanická. Faraday té první nerozuměl a druhé nevěřil. Prosil Maxwella, aby mu své pojednání přeložil „z těch hieroglyfů, aby s nimi mohl pracovat také experimentálně“. Jeho žádost nebyla vyplněna. Faradayova nedůvěra k mechanickým modelům a jeho náklonnost k samotným jevům nebyla ani v nadcházejících letech něčím, co by sklidilo velký ohlas. Člověkem, který se víc než kdokoli jiný snažil dlouho a těžce kombinovat mechanický obraz světa s matematickou přesností, byl William Thomson, pozdější lord Kelvin. Jeho úsilím byl konečně vyloučen hmotný éter a s ním spojené představy. V jeho stopách experimentálně zjištěné přírodní skutečnosti dodaly odvahu čerstvým duchům k dosud neslýchaným koncepcím, které sahaly dokonce za koncepcí Faradayovy a Maxwellovy.

DEFINITIVNÍ SELHÁNÍ

Jedno jediné slovo je příznačné pro horlivé úsilí, jež jsem vynakládal po pětapadesát let: to slovo je SELHÁNÍ.
— William Thomson

Roku 1841, v citlivém věku osmnácti let, vstoupil William Thomson, už tehdy nadšený čtenář Faradaye, do vědecké obce tím, že zveřejnil komplikované matematické srovnání Fourierovy teorie tepla a působení elektřiny na dálku. Bylo to takové dílo, že o třicet starší Faraday ho nedokázal číst se zvlášť velkým porozuměním. Během následující dekády vynesly Thomsonovi jeho teoretické práce o teple reputaci a také ho utvrdily v názoru, že všechny fyzikální jevy, včetně světla a elektromagnetických sil, by bylo možné chápat v pojmech hmoty, která se pohybuje na základě principů mechaniky — jen kdyby tak někdo dokázal objevit podstatu éteru. Toto přesvědčení si držel po celou svou kariéru a na jeho potvrzení usilovně pracoval.

Jestliže uvažoval správně, pak by éter měl být všude. Thomson napsal: „Nyní pohlížíme na prostor jako na plný.“ Plný fluida, za jehož jednotlivé atributy považoval rozprostraněnost, nestlačitelnost a setrvačnost. Veškeré barvy, teplo, elektromagnetické působení atd. jsou jen odrazy základnějších pohybů onoho fluida podřízeného mechanickým zákonitostem. Opíraje se o úspěch Fresnelovy vlnové teorie světla prohlásil Thomson o éteru, že „jeho existence je skutečnost, kterou nelze zpochybnit“, a jal se propočítávat jeho pravděpodobnou hustotu na základě tehdejších údajů o sluneční energii. Ano, Faradayovy siločáry byly nádherné, ale jestliže člověk měl mít nějaké ponětí o elektrických, magnetických či gravitačních silách, potřeboval je chápat v pojmech mechanických vlastností éteru. Proto se Thomson pustil do velkolepého pokusu o založení univerzální fyziky sjednocené na principech jednoduché, setrvačné hmoty, pohybující se v souladu se zákony mechaniky.

Jako obvykle se Thomsonovi světlo představilo coby nejvzpornější prvek světa. Maxwell, ačkoli s Thomsonovým programem sympatizoval, byl nucen alespoň dočasně opustit teorii předpokládající éter. Namísto toho se stáhl k matematickému pojednání, pro které neexistoval snadno představitelný model. Thomson naopak odmítl připustit porážku. Přijal a přepracoval koncepcí vynikajících kolegů matematiků, jakými tehdy

byli Stokes a Green, a po celý svůj život se se rval, aby našel přijatelnou teorii pro éter.

Pokud navštívíte univerzitu v Glasgow, kde Thomson přednášel po více než padesát let, můžete přihlížet pokusu, který Thomson započal před sto lety a který stále běží. Thomsonovým záměrem bylo vysvětlit svou představu éteru. Uprostřed nádrže s vodou je uložen plát vosku. Nad voskem jsou umístěny kulky a pod ním jsou malé korkové zátky. Zhruba po roce kulky pomalu projdou dolů voskem, zatímco lehké korky se tudy přesunou nahoru.

Všechn prostor bylo třeba rovněž chápat jako naplněný vysoce elastickými substancemi, které mohou kmitat extrémně vysokými frekvencemi světla, jak požadovala Fresnelova teorie, a které zároveň umožňovaly všem planetám a hvězdám jejich pomalou a těžkopádnou pouť vesmírem. Thomson, pobízen prací svého německého kolegy Helmholtze o pohybu fluida, předložil představu vesmíru vyplněného „vortexovými atomy“, které se pohybovaly v éteru podobně jako struktury kroužků dýmu. Byla to skutečně brilantně koncipovaná hypotéza, schopná objasnit jevy odrazu, lomu, disperze a polarizace. Nicméně jak tenkrát napsal americký fyzik Willard Gibbs, přes veškeré úspěchy a autorova odvážného ducha by nás Thomsonova teorie „neměla činit slepými vůči současnému stavu bádání. Možná ještě pro Maxwellovu elektrickou teorii platí, že není nutné vymýšlet hypotézy, nýbrž pouze aplikovat zákony objevené vědou o elektřině.“ Thomson vytvořil jen další modlu pro vysvětlení světla, modlu, která není o nic pravdivější než ty předešlé. Jeho hypotetické vortexové atomy měly krátký život a jejich význam pro vývoj vědy o světle byl pramalý. Než vynalézat takové představy, tvrdí Gibbs, je lepší držet se čistě abstraktní Maxwellovy teorie. Podobně jako muslimové se svým zákazem zobrazení Boha nebo Proroka byl Gibbs znepokojen tím, že představy vortexových atomů znemožňují vědcům vidět prosté matematické pravdy světla. Gibbse oddělovala od Thomsona bezpečná vzdálenost — oceán. Thomson, nyní lord Kelvin, se za svoje názory tvrdě zasazoval, a jeho schopnost naléhat a přesvědčovat byla pověstná. Po letech se stal úřadujícím patriarchou britské fyziky. Ještě jako osmdesátník zůstával vlivnou osobností, jak je znát ze vzpomínky Ernesta Rutherforda (objevitele atomového jádra) na svou přednášku o radiu v Královské společnosti:

Když jsem přišel do místnosti, kde vládlo pološero, mezi posluchači jsem zahlédl lorda Kelvina a uvědomil jsem si, že se naneštěstí v poslední části své řeči zabývám stářím země, což bylo místo, kde se mé názory rozcházel s jeho. Naštěstí pro mě Kelvin brzy usnul, ale jakmile jsem se dostal k důležitému místu, uviděl jsem toho starého pardála, jak se napřimil, otevřel oči, naježil se a upřeně na mě zíral! Pak se mi dostalo náhlé inspirace a řekl jsem: „Lord Kelvin určil stáří země, za *předpokladu*, že *není znám žádný nový zdroj [tepla]*. Toto prorocké tušení poukazuje na to, co je tématem našich dnešních úvah, radium!“ A ejhle! Starouš se na mě spokojeně usmíval.

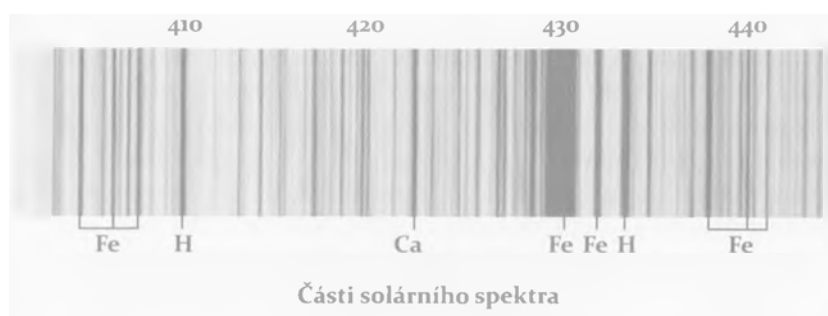
Rutherford objevil, že nový zdroj pozoruhodné zemské teploty, dokonce po miliónech let, je energie získaná rozpadem radia. Kelvin se osmnáct let přel s geology, kdy na principech termodynamiky „dokazoval“, že je země mladá. Samozřejmě mu nezáleželo na objasnění neznámého tepla vytvářeného radioaktivním rozpadem v zemské kůře, ale člověk se musel mít na pozoru, aby se vyvaroval Kelvinova hněvu.

Přes všechny jeho snahy mnohá z Kelvinových vášnivě obhajovaných přesvědčení neobstála tváří v tvář experimentálním faktům, „přirozeným pravdám“, které měl tolik v oblibě Faraday. Jeden takový fakt, kterého se Kelvin dožil, bylo pečlivě připravené experimentální hledání éteru, jak ho provedli Michelson a Morley roku 1887. Experiment prokázal jednoznačně, že žádný éter neexistuje. Kelvin nenašel v experimentu žádnou chybu a ve svém známém projevu z r. 1900 zvaném „Dvě mračna“, nazval tento experiment hustým mrakem, jenž halí teorii světelného éteru, kterou tak upřednostňoval. O pouhých pět let později tento mrak odstranila Einsteinova speciální teorie relativity, jenomže s ním také zmizela teorie světla složeného z éteru. Druhé mračno Kelvin spatřoval ve spektrálních barvách světla, které souvisí se rozžhavením. Pojetí tepla (termodynamika) a elektromagnetismu před rokem 1900 nedostačovalo k objasnění barev vznikajících při zahřívání takzvaných černých těles. Tento rozpor byl odstraněn až s příchodem kvantové mechaniky.

Lord Kelvin byl jasnovidný. Z těchto dvou mraků, které se rozprostíraly nad fyzikou 19. století, se zrodilo mimořádná proměna fyziky 20. století a nová představa světla. Avšak existoval ještě třetí mrak, a i ten pozoruhodným a příznačným způsobem přispěl k vývoji moderní fyziky.

Vzpomeňme, jak Galileo roku 1612 namířil svůj dalekohled na Slunce a uviděl, k nevíře tehdejších astronomů, jak přes jeho povrch přecházejí tmavé skvrny. Bavorský samouk a výrobce nástrojů Joseph Fraunhofer (1787-1826) dovedl problém Galileových skvrn na Slunci ještě o krok dále.

Roku 1814 přidal k dalekohledu optický hranol a zkoumal spektrální barvy slunečního světla pečlivěji, než to udělal Newton či kdokoli jiný. Dokonalá spojitost pozorovaná Newtonem, kdy se jedna barva nepozorovatelně měnila v jinou, byla nyní ve skutečnosti přerušována černými čarami. Zatímco Galileo pozoroval temné skvrny na zářícím slunečním povrchu, Fraunhofer objevil temné skvrny v obdobně nádherném jevu spektra. Co byly zač tyto tmavé čáry, které kazily duhu slunečního světla?



Až roku 1859 dva profesori z Heidelbergu, Gustav Kirchhoff a R. W. Bunsen, určili jednoznačnou souvislost mezi strukturou tmavých spektrálních čar ve slunečním spektru a mezi podobnými svítícími oddíly spektrální analýzy světla vzniklého při vypařování látek, které byly umístěny do plamene Bunsenova hořáku. Každý prvek má jedinečné světelné poznávací znamení, jedinečné spektrum nespojitých čar. Na základě tohoto objevu mohli astronomové poprvé namířit své dalekohledy na Slunce a na hvězdy a ze spektra, která pozorovali, určit druh a množství látek přítomných na těchto vzdálených místech. Pozemská fyzika tak pomocí spektrální analýzy světla udělala skok do vesmíru. Spektra Slunce a hvězd se zdála stejná jako ta, která je možné vytvořit v Heidelbergu, což vedlo k jednoduchému závěru, že se hvězdy (až na průměrnou teplotu) moc neliší od našeho dobře známého světa.

Spektrální analýza tak doplnila Michelsonovy a Morleyho experimenty a experimenty s „černým tělesem“ — coby třetí mrak na Kelvinově v jiných ohledech velkolepém a čistém obzoru fyziky. Fyzika devatenáctého století měla skvělý úspěch téměř v každé oblasti. Odporovaly jí však nevysvětlené světelné jevy. Bylo zapotřebí odvahy, aby se na ně člověk podíval pečlivě, ale ti, kteří se toho odvážili, byli odměněni vrchovatou měrou a nad svá největší očekávání.

Tváří v tvář těmto problémům by lord Kelvin, přes všechno své chvátání, mohl být na své výsledky hrdý. Během banketu uspořádaného u příležitosti padesátého výročí jeho profesury v Glasgow odpověděl Kelvin na vysoce pochvalný příspěvek těmito slovy: „Jedno jediné slovo je příznačné pro horlivé úsilí o zdokonalení vědy... jež jsem vynakládal po pětadesát let: to slovo je SELHÁNÍ. Nevím nic víc o elektrické a magnetické síle, o vztazích mezi éterem, elektřinou a měřitelnou hmotou, než co jsem věděl, když jsem jako profesor začínal učit své studenty přírodní filosofie na své první přednášce před padesáti lety.“¹⁶⁶ Kelvin se úporně bránil zrodu nových představ o světle. Pokud by člověk trval na pojetí světla jako něčeho hmotného, nepochodil by. Kelvin a ti, kdo smýšleli jako on, byli donuceni o krok ustoupit. Předivo navinuté zprvu Faradayem a spředené Maxwellem potřebovalo být uchopeno čerstvými mysliteli a mělo být uspořádáno způsobem, který by byl méně poplatný starým koncepcím. Roku 1900 se začíná odvíjet nové století světla, vedené experimentem a géniem svých tvůrců — a jeho dosah se stále ještě snažíme pochopit. Přestože jsme teď přichystáni překročit práh dvacátého století, musím vás vzít na chvíli zpět, abychom si podrobněji prohlédli, co se stalo se světlem a s jevy, které nám předvádí.

NEKLID SRDCE

Když lampa roztrhne se, prach pohltí světla jas —
Když oblak rozptýlí se, skvoucí lesk duhy s ním zhas.
Když loutna zborčená je, tón sladký v ní navždy ztich —
Když hlas je na rtech ztajen, zvuk drahý již nevzlétne z nich.
— Percy Bysshe Shelley

V posledních letech života Faradayovy duševní síly postupně ochabovaly a ke konci života již byl mírně senilní. Jeho osamělý žák Tyndall by byl ve vztahu k Faradayovi velmi rád sehrál stejnou úlohu jako Schiller v životě Goethově. Během poslední návštěvy u starého přírodního filosofa (Faraday nové označení „vědec“ nesnášel) si všiml, že „vnitřní zář, která mu v době, kdy byl v plné síle, vyzařovala z tváře s výjimečnou silou, ustoupila klidnému a laskavému světlu.“ Tyndall vzpomíná: „poklekl jsem vedle něj na koberec a položil mu ruku na koleno. [Faraday] mi ruku láskyplně pohladil, usmál se a tiše si něco mumlal.“¹⁶⁷

K Faradayovým posledním tichým potěšením patřily západy slunce, které mohl pozorovat ze zahrady domu, kde ke stáru bydlel. V dřívějších letech by se mu při pohledu na duhu, bouřku či západ slunce rozzářily oči. Byly to „přírodní pravdy“ ve velkém měřítku, pravdy, které si zaslouží náš úžas a obdiv. V 19. století se však lidé začali zajímat o to, jak takové jevy vypadají / . pohledu elektromagnetické teorie. Je duha jen spleť elektromagnetických rovnic, západ slunce pouze následek rozptylu diferenciálního světla a blesk jen mnoho miliónů elektronů? Ujala se nakonec vlády Maxwelllova matematická čarodějnice? Mohl si člověk v době, kdy plenila chrámy přírody, rozbíjela bohy a bohyně a místo nich dosazovala modly vědecké imaginace, vystačit s tím, že je oddaným členem anglikánské církve?

John Stuart Millí vytrvale zastával názor, že láska ke kráse přírody nikterak nestojí v cestě vědeckému poznání: „I ten nejintenzivnější prožitek krásy mraku, na který dopadá zář zapadajícího slunce, nebrání mému vědomí, že mrak je vypařená voda a že podléhá všem zákonům páry ve stavu suspenze.“¹⁶⁸ Je však obrácené tvrzení také pravdivé? Není to tak, že teoretické, vědecké poznání zatemňuje a dokonce zabíjí pocity, které prožíváme, když pohlížíme na něco krásného? Připomeňme si slova Henryho Davida Thoreaua rovněž při pohledu na západ slunce o Vánocích roku 1851: „Zatímco jsem stál 20 mil opodál, uviděl jsem na obzoru rudý mrak. Vy mi říkáte, že to je velké množství páry, která pohlcuje všechny ostatní paprsky a odráží červenou barvu, to však nemá žádný význam... Jaká to je věda, jež obohacuje poznání, ovšem vykrádá imaginaci? Kdybychom všechny věci poznávali pouze takto mechanicky, věděli bychom vůbec něco?“¹⁶⁹

Thoreauovi připadalo, že třpyt světského světla ohrožuje samotnou existenci duchovního světla imaginace. Na druhé straně zeměkoule se japonský filosof Keidži Nišitani obrátil k buddhistickému mnichu ze 14. století jménem Muso Kokuši, který se ve své knize *Muchu mondo* (Otázky a odpovědi ve snu) vyjádřil podobně. Muso připomíná starověké mudrce, kteří tvrdí, že každá vnímající bytost má duchovní světlo, které čerpá ze „samádhí Studnice Velkého Světla“. „Zázračné světlo“ všech Buddha pochází ze stejného zdroje. Každý akt poznání v našich životech, dokonce i v takových věcech, jako je rozpoznání východu od západu či černé od bílé „je zázračným dílem tohoto duchovního světla. Pošetilci však na toto původní světlo zapomínají a při hledání světského světla se obracejí ven.“

Za Faradayova života panoval spor mezi těmi, kteří se spokojili se světským světlem, a těmi, kteří se, byť někdy velmi matně, rozpomínali na světlo původní. V mnohem větší míře než tehdejší vědecké mozky usilovali o jiný pohled na vědu básníci — Goethea Novalis v Německu, Coleridge v Anglii a Emerson a Thoreau v Americe. Někteří romantičtí myslitelé neviděli jiné východisko než vědu zcela zavrhnout. Mnohem zajímavější byli ti ostatní, kteří následovali Goethův příklad a přezkoumávali základní povahu vědy s cílem zjistit, zda v ní přece jen není pro člověka místo.

Toto „párání duhy“, jak ho nazval Keats, trvalo mnoho staletí. První duhu umístil na oblohu Hospodin, když po potopě vyšlo nad Noem slunce. Duha na obloze byla zárukou smlouvy mezi Bohem a lidstvem: „Položil jsem na oblak svou duhu, aby byla znamením smlouvy mezi mnou a zemí... vody již nikdy nezpůsobí potopu ke zkáze všeho tvorstva.“ Duha byla příslibem ochrany. Během staletí se na duhu uplatňovaly všechny možné objevy optiky a nové koncepce světla. Pro mnoho poetických duší to představovalo „párání“ duhy, která se dostala do spárů matematické Ježibaby — proces, při kterém hrozilo, že Iris bude z nebe odstraněna a smlouva mezi Bohem a lidstvem zrušena.

167 Tyndall, *Faraday as a Discoverer*, s. xwi.

168 John Stuart Millí, *Autobiography*, 1924, s. 129. Cit. in „The 'Spectre' of Science“, C. J. Wright, *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* (1980), sv. 43, s. 187.

169 Henry David Thoreau, *The Journals of Henry D. Thoreau*, vyd. Francis H. Allen a Bradford Torrey. Boston: Houghton Mifflin Co., 1906, sv. III, s. 155-156.

Nebylo by místo truchlení nad ztrátou Iris lepší pokusit se porozumět vědě takovým způsobem, který by přírodě ponechal duši a lidskému životu smysl? Mám za to že ano, a proto si budeme vedle vědeckých průlomů i. poloviny 20. století (kvantové mechaniky a relativity) všímat také těch, kteří se pokoušeli na vědu a světlo pohlížet duchovněji, a to způsobem, který Náturu vítal, i když se objevila v novém šatě.

Arthur Zajonc