

První kapitola se zabývá otázkou: byla vůbec kdy nějaká vědecká revoluce? Samozřejmě „vědecká revoluce“ je metafora a metafory, jak tvrdí autor, nejsou pravdivé, nebo nepravdivé, ale účelné / neúčelné, krásné / škaredé atd. Takže ta kapitola je hraní si s tou metaforou na základě historických faktů. Především je tu kontrast mezi koncem 16. století, kdy už vše bylo přichystáno, a situací o sto let později. Důvodem zřejmě byla třicetiletá válka, revoluce v Anglii atd. Situace byla rozhodně revoluční už v 16. století díky novým experimentům, zámořským objevům, důrazu na praktickou aplikaci poznání. Hlavním nástrojem revoluce byla vývěva, o které jsem psal v souvislosti s Boylem po mnoho měsíců (a autor se na knihu *Leviathan and the Air-Pump* odvolává). Vývěva se šířila napříč konfesemi. Stejně tak učení Reného Descarta, který na rozdíl od Bacona a Galilea poskytl systém. Ti, kdo už v 16. století začali pochybovat o aristotelském pojetí světa a chtěli myslet jinak, neměli žádný systém, kterým aristotelismus nahradit. Descartes jim ho dal: zničil aristotelismus jedním úderem, spojil systematicky popis světa s matematikou aplikovanou na pohyby, jeho systém byl dostatečně pokročilý ve srovnání s Galileem a Baconem, i když Galileo i Bacon byli modernější.

Nevadilo, že Descartes věří v nesmysly. Např. jeho systém sloužil mladým lékařům, kteří chtěli prosadit revoluci spojenou s Vesaliem a objevem krevního oběhu, byť Descartes odmítal, že srdce je pumpa. Pro tyto lékaře byl ale karteziánský přístup prostě konec minulosti. Přidávali se i právníci, hlavní baštou vědecké revoluce ovšem byly učené společnosti jako Royal Society, francouzská Akademie věd (zřízená Ludvíkem XIV.) a celé spektrum akademií v Itálii, kde byl boj nejtuzší. Obhájcí aristelismus totiž zapřáhli církve a univerzity. V Holandsku bylo přímo zakázáno učit na univerzitách karteziánskou filozofii. V Itálii docházelo i k rozbíjení laboratorních přístrojů. Nakonec ale kapitulovali dokonce i jezuité, to bylo na začátku 18. století, kdy připustili výuku kartezianismu na svých školách pod podmínkou, že bude podáván jako pouhá teorie.

Velmi důležité je to, že revoluce proběhla také díky eklektikům, tedy těm, kdo hledali různé kompromisy mezi starým a novým. Nedošlo k nějaké radikální, okamžité konverzi, ale k postupnému odumírání minulého poznání. Na samém konci kapitoly je hra s metaforou revoluce dotažena do úvahy nad jinými metaforami: není lepší metafora evoluce, renesance – nebo dokonce mikrobiálního prostředí? Mikrobiální prostředí tihne k rovnováze za daných podmínek. Podmínky se mohou změnit a mění se rovnováha, tedy mění se složení celého prostředí, což může znamenat vznik nemoci, nebo naopak uzdravení.

„The dynamic equilibrium between diseases and their hosts nicely represents the intellectual state of learned people in Europe around 1550. In the schools, most of them caught an Aristotelian rash, which one or the other (BC: katolíci i protestanti) Christian doctrine exacerbated. At first this infection protected them from competing affliction, such as atomism, hermeticism, and Pythagoreanism. But then the equilibrium broke, and many new intellectual diseases, singly and in combination (the eclectics!), ravaged the body of knowledge. The model directs attention to the ways in which learned lost their immunity, and to when and how equilibrium was regained.“

A ještě krátký citát z téže, poslední strany, o následcích vědecké revoluce:

„There is one final revolutionary conclusion from our play with the metaphor of the SR (BC: scientific revolution): it was less significant to its participants than we usually reckon. That is because as it progressed its opponents came to face a much graver danger than the substitution of a world of pushes and pulls for the rich diversity of the scholastic universe. In the later seventeenth century, serious savants began to question the inspired authorship of the Bible...“

Jed Z. Buchwlad & Robert Fox (eds.): *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford University Press 2017, str. 21.

Následuje kapitola o Galileovi. Nejprve Galileův platonismus: jde o to, že používal matematiku na fyzické děje kolem sebe, tudíž idealizoval je. To ale podle mě nemá nic společného s platonismem, naopak je to jeho naprosté popření. Druhá věc: Galileo byl ovlivněn lidmi, kteří pěstovali aplikovanou matematiku – a sám se tím stal posedlý. Co nešlo řešit takto, bylo pro něj mimo hranice přírody. A nyní to podstatné: jeho raný spis *De motu*, v němž se kvalitativně vyrovnává s aristotelským pojetím pohybu. V tom, co napíšu, se ukazují dvě zásadní věci: 1. Galileo nemohl začít své myšlení radikálně jinak, ale sám byl kontaminován aristotelismem, 2. aristotelismus, a Galileo s ním, vycházeli opravdu z úplných pitomostí – což může být pravda i o nás samotných.

A nyní se pokusím stručně říci, o co jde. Aristotelés (a po něm celá staletí učenosti) tvrdil, že větší a těžší těleso padá rychleji než menší a lehčí. To Galileo popřel teoretickými argumenty i pokusy. Průběh pádu záleží na tom, jaký je materiál tělesa, tedy jaká je jeho lehkost nebo těžkost. Galileo v té době tedy stále věřil aristotelské tezi, že těžké padá dolů a lehké nahoru, že vůbec ve vesmíru existuje něco jako dolů a nahoru. Zajímavé je, že se vůbec nezabývá vlivem tření, viskozity prostředí. Ale uvědomuje si, že pokud těleso je v prostředí se stejnou lehkostí (vlastně tím myslel hustotu), nebude v něm padat dolů, naopak v prostředí s větší těžkostí bude stoupat nahoru. Jak je to ale s pohybem vystřeleného projektilu? Zde Galileo předpokládá, že původní síla udělila tělesu lehkost, takže to stoupá, ale tato lehkost se ztrácí, takže se postupně zastaví, a začne převažovat těžkost. To dává docela dobrý smysl.

Ale proč se zrychluje těleso, které pustíme z ruky dolů? Zde Galileo tvrdí, že ruka udělí tělesu lehkost, která se postupně ztrácí, takže těleso zrychluje. Myslím, že to krásně ilustruje, jak je člověk věznem svých pojmů, takže tvrdí věci, které jsou pro nás – vězně jiných pojmů – zcela, naprosto absurdní. Btw, Aristotelés vysvětloval pohyb projektilu působením vzduchu, tedy vzduch jej pohání. A konečně: Galileo se dovolává starých autorit.

„And as the extrinsic force, the lightness, weakens further, the heaviness of the moveable increases, and the moveable moves still faster (BC: dolů). This, Galileo writes, is what I believe to be true cause of the acceleration of motion, and two months after I worked it out, I learned... that it was also the opinion of the very learned philosopher Hipparchus, praised by the very learned man Ptolemy in the *Almagest* (BC: název díla). And the same is true of a descent not preceded by an upward motion, for when a stone leaves the hand it still has an upward force impressed on it equal to its weight, for since the stone presses down with its weight, it is necessary that it be impelled upward with another equal upward force from the hand, neither greater nor smaller. So when the stone leaves the hand, it still has an upward force impressed on it and falls more slowly at the beginning and increases in speed as the upward force decreases.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford University Press 2017, str. 28.

Pozdní Kuhn napsal, že jsou dvojí dějiny fyziky: skutečné a učebnicové. Učebnicové slouží k tomu, aby studenti chápali smysl fyziky ve své době. V takových dějinách se napíše, jak Galileo přispěl k našemu dnešnímu chápání fyziky. Vůbec se tam nepíše o tom, že myslel úplně jinak než my a že se z našeho pohledu většinou mýlil a že jeho cesta k poznání byla velkým trápením, dokonce i u tak banálního tématu, jako je volný pád. A to je přesně to, co chtěl autor té kapitoly, jejíž většinu jsem včera přeskočil, podrobně dokázat. Chybělo mi tam nějaké shrnutí. Závěr je takový, že až teprve Torricelli vnesl do Galileových výpočtů trochu pořádek. Btw v kapitole jsou dobře demonstrovány nesmyslné argumenty z Galileova slavného *Dialogu na obhajobu pohybu Země*. Velkou pravdu bylo taky možné hájit zcela nesmyslně.

Jen tak mimochodem autor, který není historik, ale astronom / astrofyzik, zmiňuje, že Galileo měl rovnoměrný přímočarý pohyb za nekonečný, což je podle mě velký průlom ve srovnání s Aristotelem. Bohužel více se o tom v kapitole nedozvíme

Následuje kapitola o Descartovi. Co je pro mě zásadní, je to, že Descartes měl jako hlavní cíl vysvětlit pomocí korpuskulárně-mechanického výkladu výsledky praktických aplikací matematiky. Tedy někdo popsal matematicky nějaký fyzikální jev a Descartes do toho dal metafyzický korpuskulární výklad. Proto také pro něj nebyl uspokojivý přístup Galilea, kterého zajímal matematický popis, ne metafyzický výklad. Karteziánismus představuje zcela jiný typ mechaniky, než se později prosadila, a autor tvrdí, že jeho obrovský vliv na dějiny fyziky je dán zejména v důsledku nezamýšlených důsledků. Zaujalo mě ještě to, že když Descartes byl pár měsíců v Holandsku na učení u fyzika Beeckmana, pro oba dva to bylo výjimečné setkání s někým, kdo se zabýval takovou tematikou. Ostatně když jsem četl *Leviathan and the Air-Pump*, tam to bylo do očí bijící, jak málo takových vědců v Evropě bylo.

„In Aristotelianism the mixed mathematical sciences (BC: aplikovaná matematika na popis dějů v přírodě) were interpreted as intermediate between natural philosophy and mathematics and subordinate to them. Natural philosophical explanations were couched in terms of matter and cause – something mathematics could not offer, according to most Aristotelians. The mixed mathematical sciences used mathematics not in an explanatory way, but instrumentally for problem-solving and practical aims. For example, in geometrical optics one represented light as light rays. This might be useful, but it did not explore the underlying natural philosophical questions concerning „the physical nature of light“ and „the causes of optical phenomena“. In contrast, physico-mathematics (BC: vysvětlení matematických popisů, tedy obor, ve kterém působil Descartes) signalled a commitment to revising radically the Aristotelian view of the mixed mathematical sciences, which were to become more intimately related to natural philosophical issues of matter and cause. Paradoxically, the issue was not mathematization. The mixed mathematical sciences, which were already mathematical, were to become more „physicalized“, more closely integrated into whichever brand of natural philosophy (BC: korpuskulárně-mechanický přístup nebyl jediný v té době na stole) an aspiring physico-mathematician endorsed. In the case of Descartes and his mentor Beeckman, the preferred, if unsystematized natural philosophy of choice was a fragmented and embryonic variety of corpuscular mechanism. Hence what Descartes and Beeckman meant by the programme of physico-mathematics was that reliable geometrical results in the mixed mathematical sciences were to be explained by invoking an embryonic corpuscular-mechanical matter theory (BC: Descartes např. odmítal existenci vakua, je tedy opravdu dobré nechávat jeho korpuskulární přístup třeba jako starověký nebo moderní atomismus) and a causal discourse concerning forces and tendencies to motion...“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford University Press 2017, str. 57-58.

Znovu: Descartes se snažil vysvětlit matematické zákonitosti pomocí korpuskulární metafyziky. Příkladem může být lom světla. Zdá se, že jej dokázal objevit sám nezávisle na tom, co už bylo zjištěno. Zjištěnou matematickou zákonitost pak chtěl odvodit ze své korpuskulární metafyziky. Je to fakticky vycucané z prstu jako celý grandiózní obraz kosmu, který vytvořil. Vůbec nešlo o žádnou shodu s experimentem, to odmítal, šlo naopak o intuitivní srozumitelnost. Descartes si představoval, že neexistuje nic jako prázdno (to převzal od aristotelismu, k němuž se do jisté míry vrátil i ve své metafyzice), že totiž hmota je rozprostraněnost, tedy prostor je hmota. Pohyb

částice znamená, že vytlačuje jinou a na její místo přichází další. Bůh neustále zasahuje do každé sebemenší události ve vesmíru (o to méně je pak překvapivé, že Descartes na něj hází odpovědnost za schopnost duše ovládat tělo). Čili Descartes na jedné straně má Boha, který vše stvořil, udělil kosmu prvotní impuls a neustále ho drží v chodu, na druhou stranu je to Bůh, který udržuje matematické zákonitosti přírody.

Proti tradiční přírodní filozofii, která třeba v magnetismu viděla projev duše, proti všem možným skrytým kvalitám a příčinám, Descartes staví ohromující vizi vesmíru jako obrovských vírů několika typů částic, na základě jejichž hmotnosti a vlastností víření lze vysvětlit vývoj od prvotní hmoty ke vzniku hvězd, planet a komet a k zákonům jejich udržování v pohybu, jak jej známe. Opět: je to vycucané z prstu. Ale: je to zcela moderní a grandiózní. Descartes se snažil pomocí svého systému vysvětlit a propojit všechny nové poznatky, dokázal vymyslet nejrůznější představy, příběhy, propojení, aby to dávalo jakž takž na tehdejší dobu smysl. Skvrny na Slunci, magnetismus, pohyb planet, to všechno v jeho systému logicky souviselo pomocí různých pohybů částic. Základní metafyzické principy, např. neexistence vakua, považoval za naprosto jisté, naopak svou fyziku za pravděpodobnou a lidsky vymyšlenou.

Snad bych ještě zmínil, jak je to s tou Descartovou metodou, díky které tak proslul. Podle toho, co jsem včera četl, Descarta popadlo někdy kolem roku 1619 nadšení pro vytvoření nové univerzální metody, ale brzy na to rezignoval. Ve skutečnosti žádnou metodu neměl. Na druhou stranu jeho způsob výkladu světa měl velký vliv na způsob hledání fyzikálního vysvětlení jevů v pozdním 17. století. Velmi mě zaujalo i to, že Descartovo pojetí zákonů přírody je v duchu právního myšlení, tedy jde o zákony využité pro argumentaci ve sporu, pro a proti.

„Descartes tells the reader that when one constructs corpuscular-mechanical models to explain various phenomena, such as gravity, light, magnetism, sunspots, planetary motion, sensory perception, and animal locomotion, nothing should be asserted in any particular model that contradicts any metaphysically derived certainties (concerning the existence of a material plenum, the laws of motion, and presumably the existence of the three elements). Hence, detailed corpuscular-mechanical explanatory models have a necessarily hypothetical character and can achieve at best „moral certainty“... It reflects his intellectual and discursive processes in forming explanations, since, to reiterate, he had no „method“ for inscribing such models... Descartes' mature views on the central role of facts and evidence in the framing of explanations in natural philosophy helped inspire the probabilist and hypothetical-deductivist approach to explanation with a broad and loose commitment to a corpuscular-mechanical natural philosophy held widely in the later seventeenth century, at least until Newton began his campaign to install a methodological rhetoric of inductive certainty.“

„Descartes' laws of nature do not function as premisses of deductive explanations. Rather, his laws of nature in the Principia (BC: hlavní dílo jeho zralé fyziky) function as human laws function in the making of legal arguments. The laws are woven, along with carefully selected matters of fact, into flows of argument, narrative lines of description-explanation, of the sort we have just canvassed. Descartes proceeds by asserting a network of basic explanatory concepts involving matter theory, magnetism, vortices, and sunspot formation/dissipation that in principle can explain... a spectrum of possible empirical outcomes. The causal stories are filled out according to the varieties of observed outcomes by appealing, loosely, to a variety of possible interactions amongst sunspots, vortices, the surfaces of stars, and the „aether“ of old dissipated sunspot material that floats in each stellar vortex near each star. So, although when compared to Le Monde (BC: spis mladší než Principia), Descartes' mature physics in the Principia values novel matters of fact, the system remained relatively closed to novel, deep discoveries at the theoretical level, because unexpected observational outcomes were accounted for at the level of contingent narrative formation, rather than by considering modification to the structure of deep concepts.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 78 & 81-82.

Jisté je, že Descartes nebyl cestou k moderní mechanice, a to zejména proto, že si představoval velmi komplexní události, dané jeho vírou v nemožnost existence vakua, tedy jeho představa reality v pohybu byla neustálá, nepřehledná výměna částic, což nemohlo vést k idealizaci (a predikci), kterou dělal např. Galileo. Největší konkrétní zásluha Descartova na moderní fyzice je jeho geometrický popis duhy. Obecná zásluha spočívá v tom, že jeho mechanistická filozofie dala rámec tomu, co dělal např. Kepler v neoplatónském rámci. Prostě starší popisy geometrů a matematiků, jak fungují jevy kolem nás, se dostaly na půdu obecného mechanistického výkladu světa, odkud pak mohli vycházet lidé jako Huygens (který se na rozdíl od Descarta pustil do matematického popisu kyvadla a dosáhl brilantních výsledků, pro Descarta bylo kyvadlo naopak jen inspirací pro úvahy nad pohyby částic v jeho vesmíru) nebo Newton. Moderní mechanika se tak vůči Descartovi musela vymezovat a odmítat jeho předpoklady, i když to dělala na půdě jeho mechanického obrazu kosmu.

„The conventional narrative about the emergence of classical mechanics assumes first of all a clear distinction at the time between the world of mathematics and mathematicians (BC: tím jsou myšleni lidé dělající aplikace matematiky na popis reálných jevů) and the (merely scholastic) world of natural philosophy and natural philosophers. It then adduces causes for the birth of a mathematicak physics. That reason could be neo-Platonic metaphysics; the rise of useful practical mathematics, in particular Archimedes; or the increased cultivation of the mixed mathematical sciences of mechanics, optics, geometrical astronomy, and the like. In contrast, Descartes' trajectory, like that of other physico-mathematically sensitive and ambitious, pro-Copernican, mathematician/natural philosophers, shows the real but initially unintended growth point of classical mechanics was precisely where such thinkers explored and renegotiated the relation between mathematics and natural philosophy, especially between the now rapidly developing mixed mathematical sciences and the wider field of natural philosophizing. The disciplinary and conceptual boundaries were not fixed, and the range of (shifting) initiatives and outcomes is well illustrated by Descartes' opwn career. That is why we had to look at Descartes' naturak philosophy in developmental terms, and with special attention to the aims and outcomes of his early physico-mathematical programme and to his bold concerns with realist Copernicanism (BC: realistická interpretace Koperníka = skutečně to je tak, že Země obíhá kolem Slunce). It also explains why we find little in Descartes' work that is in direct path of development toward classical physics. (...) In the long run, his work, along with that of others, in this genre of natural philosophy had to be displaced in order for classical mechanics to emerge as the new master science and core of a new order of physical knowledge, involving an evolving essential dialectic of mathematics and experimentation / instrumentation.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 89-90.

Následuje kapitola o výrobě přístrojů v letech 1550-1700. Jde o krátkou kapitolu plnou jmen a detailů o tom, kdo kdy co vyráběl. Ukazuje se zde, jak zásadní a nesamozřejmé bylo mít fyzikální přístroje. Často se to vyrábělo na zakázku, obecně šlo o velmi výjimečné zboží, často se na tom podíleli různí do škatulek běžných řemeslníků nezapadající lidé. Naprosto zásadní pro mě je to, že fyzika, už ta Galileova, se vyvíjí na základě řemeslnického přístupu ke světu. Zatímco scholastikové a neoscholastikové na univerzitách ještě v renesanci

prakticky žádná měření nebo experimenty nedělali, lidé jako Galileo museli sestoupit k dávne středověké tradici řemeslné výroby, aby získali nástroje a přístroje, které jim něco řeknou o světě. Tohle je podle mě ten skutečný obrat a nebylo to zdaleka nic banálního.

Velký problém, a to je podle mě taky výmluvné, byl s kvalitou tohoto zboží. Už tady se jasně ukazuje přenos reprodukovatelnosti z řemesel do fyziky. Moderní fyzika stojí v realitě na nohou řemesel. Na knihu, které tohle bude tematizovat, si ale budu muset asi ještě dlouho počkat. Je to slepá skvrna dějin i filozofie fyziky. Ale zpět k moderní mechanice a Descartovi.

V Paříži během 17. století bylo pětkrát více výrobců vědeckých přístrojů než za celou dobu od roku 1300 do roku 1600. V Británii byli v roce 1551 tři takoví výrobci, v roce 1601 jich bylo čtrnáct a v roce 1701 už 152. Velký vliv měla poptávka související s používáním těchto přístrojů při demonstracích vědeckého poznání, a to včetně univerzit, což nebylo ještě ani v 17. století ovšem samozřejmostí.

Následuje kapitola o Newtonovi. S ním souvisí mnoho zásadních proměn fyziky. Ta možná nejdůležitější je zdůrazněna hned na začátku kapitoly, tedy zcela nová definice smyslu fyziky: najít ze známých fenoménů matematické zákony, které budou zpátky aplikovány na další fenomény. Oproti mechanice Galileově je tu karteziánský důraz na univerzální výklad světa, oproti karteziánství je tu ale jasná snaha o popsání věcí matematicky a schopnosti predikovat. Newton měl obrovské matematické nadání a na matematiku kladl proti pouze kvalitativním popisům světa velký důraz. Vysoce si v tomto ohledu vážil Huygensova díla, které zásadně rozvinulo aplikaci Galileových pokusů o matematizaci pohybu. Huygens zejména v matematizaci pohybu kyvadla dosáhl ohromných úspěchů, které měly velké praktické dopady pro konstrukci měřících přístrojů.

Newton byl zřejmě ovlivněn také soudobým platonismem, v jehož rámci pracovali Gilbert (magnetismus) a Kepler. Právě spojení mechaniky galileovsko-huygensovské a Keplerových zákonů (ty ale v té době ještě nebyly moc uznávány a zřejmě první, kdo je vyzdvihl, byl Leibniz ve snaze umenšit Newtonovy zásluhy), tedy aplikace pozemské mechaniky na pohyby nebeských těles, byly základem Newtonova triumfálního proměnění fyziky v novou vědu. Zmínka je v kapitole také o Newtonově alchymii, filozofii a teologii, ovšem s tím, že nebudou tematizovány, snad kromě toho, že pro Newtona to všechno tvořilo jeden myšlenkový celek.

Newton byl pro své současníky, ale nejen pro ně, málo srozumitelný dokonce i ve své matematicko-fyzikální tvorbě. A samozřejmě jsem také četl hned ve stati o historickém kontextu o problému působení na dálku. Kepler nebo Gilbert něco takového předpokládali, pro karteziány a zastánce mechanistické fyziky to bylo nepřijatelné. Můj oblíbený paradox: působení na dálku se pak navzdory karteziánskému rozumu stalo základem moderní fyziky, tedy v podobě gravitace, aniž bychom si ovšem dodnes věděli s gravitací rady. Zde pěkná ukázka o tom, jak se lišil Keplerův a Descartův přístup k nebeské mechanice: Descarta vůbec nezajímalo ani to, zda pohyby planet jsou stabilní a popsitelné matematicky.

„A second aspect of Newton's intellectual context was the development of predictive astronomy. Kepler's innovations were mostly ignored by Cartesian philosophers, in part due to his problematic mix of neo-Platonism and ideas that were incompatible with the mechanical philosophy. Cartesian philosophers did not develop quantitatively precise versions of the vortex theory to rival Kepler's account; in the context of Descartes' theory it was, after all, not clear whether the planetary orbits exhibit stable regularities or are instead temporary features subject to dramatic change as the vortex evolves. Huygens, despite his work in observational astronomy, including the discovery of Saturn's largest moon, Titan, only published a detailed cosmology in response to Newton's Principia. Kepler's work set the agenda for those interested in calculating

planetary tables, and his proposals led to a substantial increase in accuracy. (...) Despite the success of Kepler's innovations in leading to more accurate planetary tables, his physical account of planetary motion was controversial. (...) It is certainly not the case that astronomers prior to the Principia took „Kepler's three laws“ to reflect the essential properties of planetary orbits that should inform any physical account of their motion. The first to single out „Kepler's laws“ was in fact Leibniz (1689), who perhaps intended to elevate Kepler's contributions at Newton's expense.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 113-114.

Nyní k Newtonově díle De Motu, pak o definicích v Principiích a o první knize Principií. Nebudu se věnovat technickým věcem, i když právě matematické uchopení pohybu a hlavně síly je základem Newtonova přínosu. Jak jsem už psal minule, navazuje na Huygense a Keplera. Sám malý, raný spis De Motu je už zcela přelomový. Newton v něm reaguje na problém, zda lze pohyb planet matematicky popsat pomocí působení síly, které klesá se čtvercem vzdálenosti. Newton tohle bravurně zvládne za pomoci Hookova návrhu, že zakřivený pohyb lze rozložit na pohyb přímočarý a pohyb způsobený silou, která jej zakřivuje. Tímto spojuje Huygensovu mechaniku s Keplerovými zákony v jedné velké matematické syntéze.

Otázkou ovšem hned je, zda se podobně dá popsat pohyb Měsíce nebo planet. Základní ambicí Newtonovy fyziky je pomocí obecných matematických zákonů takto odvozených popsat další jevy nezávislé na tomto odvození. To považují za úžasnou, klíčovou myšlenku pro fyziku jako takovou. Pokud jde o základní definice v Principiích, první dva Newtonovy zákony jsou už u Huygense, třetí zákon, o akci a reakci, je ale Newtonův a míří k obecné teorii gravitace jako vzájemného působení těles. Zde se ukazuje ta možnost, že vlastně dráhy všech planet jsou určeny toutéž silou, toutéž akcí – reakcí se Sluncem.

Velmi zajímavé je pojednání o tom, jak Newton chápal absolutní prostor a čas. Nejde o filozofické koncepty, nanesené na jeho fyziku zvnějšku, ale o hledání základní předpokladů jeho koncepce pohybu. Konkrétně Newtonovi šlo o to, že pohyb není jen relativní, ale existuje v nějakém absolutním smyslu. Síla působí na těleso objektivně, ne relativně. Newton také v souladu s tím zavádí nový pojem hmotnosti, který souvisí s rezistencí vůči síle a s hybností. Autoři kapitoly jdou tak daleko, že ukazují, že Newton si byl vědom možnosti, kdy zrychlení samo je relativní, což je problém řešený až obecnou teorií relativity.

Pojednání o první knize Principií je uvedeno problémem, jak vlastně popsat vzájemné působení všech planet a Slunce. Newton tvrdí, že je to problém nad možnosti lidské mysli. Nicméně pustil se do náročné práce, jak se tomu aspoň přiblížit. Jeho postup je opravdu fascinující: rozhodl se postupně opouštět zjednodušující předpoklady, idealizace, a matematicky formulovat takto vznikající složitější situace a konfrontovat je s realitou. Pro mě je na to zajímavé zejména to, že tu nejde a nikdy nemohlo jít o nějakou absolutní přesnost, ale o konfrontaci sofistikované matematické predikce s empirickou realitou ve smyslu hledání lepšího souladu.

„Rather than acknowledging the unphysical assumptions (BC: idealizace reálných těles) built into the account of motion developed in Sections 2-10 (BC: první knihy Principií), and then arguing that the mathematical theory nonetheless was a good approximation for some phenomena, as his predecessors had done in similar situations, Newton developed the mathematics to assess the effects of removing the idealizations. Although his results were by no means complete, they could be used to characterize qualitatively the departures from the

initial idealized treatment due to many-body interactions and the finite extent of real bodies. And indeed many of the effects identified in these sections were already relevant to assessing the application of the theory to the solar system, and Newton returns to these issues in Book 3. This sequence of results illustrates Newton's approach to the complexity of observed motions through a series of approximations... The simplest idealized description of motion obtained in the earlier sections does not exactly described observed motions, due to its false simplifying assumptions. Even so, the idealized models can be used in making inferences concerning values of physical quantities as long as these inferences are robust in the sense described above. The further results put Newton in a position to assess whether particular systematic deviations from the idealized models can be eliminated by dropping specific assumptions and developing mote complicated model. If the empirical deviations from the ideal case are of this sort, the the research programme can proceed by relaxing the simplifying assumptions. But i tis also possible to identify systematic deviations that cannot be traced to a simplifying assumption, which may instead reveal deeper problems with the entire Framework of Book 1. Thus Newton's treatment of idealizations of the deviations in question presupposes that the simplest idealized models are approximately correct, or, as he says in the fourth rule of reasoning, „nearly true.““

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 131.

Ve druhé knize Principií Newton řeší v zásadě bez úspěchu problém odporu prostředí k pohybu. Přes geniální matematiku (a v kapitole je takto označen: matematický génius) nemohl dospět k řešení, když měl špatné předpoklady. Nechápal např. to, co demonstroval později D'Alembert: s nulovou viskozitou prostředí je odpor nulový. Mnohem zajímavější, centrální pro celý projekt, je třetí kniha, v níž Newton k úžasu svých současníků přichází s tezí obecné gravitace. Zlomový moment bylo modelování pohybu Měsíce blíže a blíže k Zemi. Ukázalo se, že se pak Měsíc chová podobněji a podobněji normálním tělesům na Zemi, ergo: gravitace na Zemi a síla, která drží kosmická tělesa, je ta samá síla, ergo mezi každými dvěma tělesy působí gravitace. Tedy i Jupiterovy měsíce atd. Nebylo to ale nic dobře srozumitelného.

Dokonce i Newtonovi nakloněný editor Principií nepovažoval za evidentní, že ze zákona akce a reakce plyne, že na sebe působí Země a Slunce (co kdyby planety držela na jejich místech nějaká neviditelná ruka, pak by přece ta akce a reakce byla na úrovni planeta-ruka). Newton se snažil pomocí obecné gravitace popsat pohyb Měsíce a komet, ale v jeho výkladu je mnoho chyb, jejichž napravování byl pak program pro fyziku 18. století. Na druhou stranu do jeho úvah dobře zapadaly výpočty související s tvarem planet, zejména zjištění o různých hodnotách gravitačního zrychlení na Zemi. Huygense ohromilo, že si Newton troufal vypočítat gravitaci, která působí na obyvatele jiných planet.

Pokud jde o obecné scholium a pravidla uvažování, vypíchl bych pár věcí. Newton postuluje gravitaci jako základní sílu ve vesmíru. Připouští ovšem, že se může mýlit, a to v tom smyslu, že přesnější modelování a měření mohou vést k poznání anomálií, které ukážou na nečekané vlastnosti reality. Odmítá to, co dělali karteziáni a další přírodní filozofové jeho doby: házení hypotéz jen tak bez jasného matematického vztahu k fenoménům (sám ale nahodí na úplný závěr Principií zcela nepodložené hypotézy o éteru). Z rozdílu mezi prvním a dalšími vydáními je jasné, že Newton se vymezoval proti svým současníkům i oslabením důrazu na atomismus a odmítnutím rozumu jako zdroje poznání nezávislého na smyslech. Newtonův empirismus ale není založený na tom, že vnímáme nějaký jednotlivý jev, naopak pro něj to empirické jsou fenomény, čili pravidelnosti: třeba pohyb dané planety.

Tyto fenomény lze matematicky popsat a modelovat. V kapitole není bohužel podrobně pojednána Newtonova teologie a metafyzika, obsažené v Principiích. Docela hodně je tam ale napsáno o jeho pojetí Boha, jehož existenci vyvozuje z celkového krásného a účelného designu vesmíru, nikoli jen Sluneční soustavy (není antropocentrický a je si vědom nebezpečí antropomorfismu). Podstata Boha není podle něj poznatelná (ale vlastně ani podstata věcí, které jsou kolem nás), ovšem k jakémusi nepřímému, empirickému poznání Boha vede studium jeho díla, tedy gravitace apod. Existenci Boha lze podle Newtona takto nepřímo dokázat.

Pokud jde o stat' o Newtonově matematice, tak kromě toho, že on byl skutečně matematický génius a že jeho důraz na matematiku znamenal radikální obrat v dějinách fyziky (zejména ve srovnání s karteziánstvím a tradiční přírodní filosofií), za zmínku stojí pojednání o jeho sporu s Leibnizem ohledně toho, čemu se říká infinitezimální počet. Ani Newton, ani Leibniz neměli ten počet v moderní formě (neměli ani pojem funkce). Oba ale udělali stejný podstatný objev, každý zcela jiným způsobem. Newton pomocí geometrické metody, určené k popisu pohybu v nekonečně krátkém čase, Leibniz naopak pomocí algebry (Newton algebru nesnášel). Nyní něco obecnějšího o Newtonově metodě:

„He adds that „For whatever is not deduced from the phenomena must be called a hypothesis, and hypotheses, whether metaphysical or physical, or based on occult qualities, or mechanical, have no place in experimental philosophy“. In historical context, Newton is clearly ruling out the demand familiar from the mechanical philosophy for causal explanations in terms of shape, size, and motion of colliding bodies. But the way he phrases it is far broader. Now, he does not explain in context what he means by „phenomena“. But as our treatment above suggested, phenomena are law-like regularities inferred from a given body of data. So, „deducing from phenomena“ means something like rigorous inference from well-established, non-trivial empirical regularities. In modern terminology, it is something like induction. (...) Strikingly and confusingly, just after denying any interest in hypotheses, Newton concludes the Principia with a bit of speculation about an „electric and elastic“ ether that might account for all kinds of natural forces. He immediately admits that he lacks the experimental evidence to account for its laws, and on that note of ignorance the book closes.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 147-148.

Jaký měla Principia dopad? Nejdůležitější je asi to, že v 18. století se postupně za Newtonovu fyziku považovala syntéza původního Newtona Principií s Leibnizovými (Leibnizova matematika pomohla k lepší formulaci Newtonovy mechaniky), Huygensovými a Bernoulliovými výsledky. Skutečné dopracování provedli pak až později další, hlavně Euler. Ještě Euler měl za to, že v Newtonovi je zásadní chyba a snažil se ji napravit variantou nějaké tradiční teorie vírů. Postupně se ale během 18. století, často dlouho po Newtonově smrti, ukazovalo, a to na základě velmi náročné matematické práce, kterou Newton se svou matematikou neměl šanci zvládnout, že Newtonova teorie výborně odpovídá predikcím. Např. predikce dráhy komety na základě Halleyových výpočtů – tzv. Halleyova kometa. Nebo odchylky v pohybu kyvadla dané tvarem Země. Nebo přesně ta chyba, kterou objevil Euler, se po přesnějším dopočítání, jež udělal Clairaut v roce 1748, proměnila v Newtonův triumf. Byly to fascinující doby, kdy se prakticky po celé století – a k tomu se vrací další kapitoly knihy – pomocí Newtonových základních myšlenek a nové matematiky dopracovávalo Newtonovo dědictví v jeden velký systém.

Pokud jde o povahu gravitace, pro Newtonovy současníky na kontinentě to byla největší slabina: přece nemůže jít o působení na dálku. Základní předpoklad mechanistické filozofie byl ten, že působení se může dít jen kontaktem. Newton trval na svém programu, že důležité je umět predikovat na základě matematiky fenomény, nicméně myšlenkám o povaze gravitace se vyhnout nemohl. Existovalo několik hlavních teorií už v době Newtonově, mezi nimiž pro moderního člověka není snadné rozlišovat. Jedna z možností, kterou později přijal třeba Kant, bylo chápat gravitaci jako základní vlastnost hmoty. Jiná možnost bylo chápat gravitaci jako něco, co k hmotě přidal Bůh při stvoření, což byl třeba pohled Boylovy přírodní teologie. A nakonec nějaký typ skutečného působení na dálku, třeba zprostředkovaného působením Boha. Newton sám ovšem Boha jako zasahujícího do přírodního procesu nechápal, právě naopak. Nicméně zdá se, že měl blízko k představě nějakého éteru, který je základem gravitace, a nevylučoval, že by mohlo jít o duchovní věc.

Následuje kapitola o Newtonově Optice. Zde Newton provedl stejně velkou revoluci jako v Principiích. Začalo to tím, že zkonstruoval dalekohled, který byl mnohem menší, než bylo tehdy běžné, a vycházel z nové konstrukce, která byla poučená jeho základním objevem, že se bílé sluneční světlo při ohybu rozpadá na barevné paprsky. Základní objevy, obsažené v Principiích i Optice jsou z let 1665-66, kdy Newtonovy nebylo ani 25 let, což potvrzuje známou tezi, že velké objevy dělají často velmi mladí lidé. S publikací však váhal, pořád dopracovával to, co objevil. Dalekohled byl první věc, která mu přinesla slávu a uznání. Hned dostal pozvání do Royal Society a v roce 1670 (měl 28 let) se stal profesorem na Cambridge. Nicméně jeho často sebevědomá tvrzení vyvolávala kritiku a konflikty, což je jistě zcela normální, a to už v případě dalekohledu. Mnohem větší šok způsobila jeho teorie rozkladu světla a podstaty barev. Nejen že bílé světlo je složené z barev (samozřejmě dokázal takto krásně vysvětlit duhu), ale barvy věcí ve skutečnosti neexistují, naopak jsou dány tím, jakou část z barevného spektra pohltí. To, podobně jako jeho teorie gravitace, zcela popíralo dosavadní představy o světle a o barvách, což nebylo snadné pro jeho současníky nějak strávit a pochopit. Kritizovali ho jak Hooke, tak Huygens (tomu vadilo, že Newton nepočítá s vlnovou povahou světla, na což ale dostal od Newtona formulaci celé teorie ve vlnovém jazyce).

„The „New theory“ was not initially well received. A number of factors, many independent of the specifics of his theory, contributed to this. Perhaps the most significant reason was its radical nature. The idea that sunlight is not simple, pure, and homogenous, but the most compound of all colours, directly opposed a millenia-old tradition of thinking about sunlight. According to Newton, colours are not created by refraction of sunlight in a glass prism but are in the light all along; refraction only decomposes or separates the different colours by bending each at different amount according to their different refrangibility. Previously, colours were thought to be some modification of pure sunlight that were produced when it was refracted or reflected, such as a mixture with shadow or darkness, or condensation. (...) A theory that overturned so many received ideas and introduced so many new concepts could barely be outlined, let alone be convincingly demonstrated, in the twelve-page paper that was printed in Philosophical Transactions. In his unpublished Optical Lectures and in the Opticks, he devoted about ten times as many words to expounding his theory and its experimental support. A theory as revolutionary as Newton's would certainly attract significant opposition even with the clearest of presentations... The deliberately provocative stance of Newton's „New theory“ also antagonized the community and stimulated resistance to his theory. He presented his discovery of unequal refrangibility as overthrowing Snell's law of refraction – discovered only a generation earlier and now a new foundation of optics – rather than an extension or fit, and thus needlessly unsettled his audience. (...) Newton's claims as the certainty of his theory were immediately challenged by Robert Hooke, who was present at the reading of the paper at the Royal Society and was assigned to referee it. Throughout his report, Hooke returned to Newton's claim to certainty and denied that

the theory had been demonstrated by „any undeniable argument“ or „with absolute necessity“, or that it was „so certain as mathematical demonstrations“...“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 173-174.

Newton se také snažil zformulovat teorii jevů, které jsou způsobené tím, čemu dnes říkáme interference světla. Jde o to, že viděl na tenkých filmech i na větších tělesech soustředné kruhy vyvolané dopadem světla za určitých podmínek. Dokázal to poměrně dobře matematicky zformulovat, ale nádherně se ukazuje, jak jej zároveň vedla i zaváděla jeho představa, že světlo je proud částic. Místo interference musel zavádět nějaké představy o vibraci okolí dané události, protože do světla samého to pravidelné střídání interferenčních obrazů nedokázal na základě svých představ dostat. Obecněji je v tom patrné, jak zásadní je, abychom měli nějaké představy o světě, pokud chceme vyvíjet nějaké jeho popisy, byť by měl být položen důraz na matematiku a predikci místo popisu reality samotné. Newton na jedné straně chtěl fungující matematiku, která odpovídá predikcím, na druhé straně budoval na nějakých předpokladech, hypotézách, o povaze reality, které stály, jak dobře věděl, na vodě a které nechtěl zveřejňovat. Kvůli tomu neustále váhal s publikací Optiky a nakonec ji zveřejnil, aniž by měl uspokojivou teorii byť jen difrakce.

Velmi výmluvně je v této kapitole ukázáno, jak bezmocné je naše pojmové poznání, pokud mu chybí klíčové pojmy, konkrétně v tomto případě energie elektromagnetického vlnění a chemická struktura. Newton pochopitelně chtěl interpretovat barvy, vznikající rozkladem bílého světla, jako rozdělení částic světla podle rychlosti. Z toho mu vyšla predikce ohledně barvy Jupiterových měsíců při zatmění, ta ale byla vyvrácena. A dále: jak vlastně mohl interpretovat barvy těles, když nevěděl nic o jejich chemii, nota bene o absorpci viditelného světla chemickými vazbami? Představoval si, a tato teorie byla vlivná až do roku 1833, že částice světla nějak čistě mechanicky interagují s částicemi hmoty, něco projde, něco se odrazí.

Další problém, který měl zejména s Hookem a Huygensem, spočíval v tom, že nebylo jasné, co je vlastně barva. Na jedné straně tu byly barvy vzniklé rozkladem bílého světla, na druhé straně barvy vznikaly mísením. Známe to dobře z malování, např. smícháním modré a žluté vzniká zelená. Newton nedokázal mezi oběma pojetími udělat jasný rozdíl a cítil se zahnaný do kouta, takže později své teorie o barvách formuloval výslovně pro sluneční světlo. Měl tu vynikající matematiku, která odpovídá experimentu, a v tom jasně cítil, jak daleko je před karteziánským chrlením zcela nepodložených hypotéz, na druhou stranu své teorie dokázal formulovat, chápat, interpretovat na základě hypotéz, které byly stejně nepodložené jako ty karteziánské. Proto se těch svých hypotéz tak bál, nechtěl je veřejně vystavovat, ale nemohl se bez nich obejít. Krásná, ilustrativní podívaná na to, jak je fyzika, každá fyzika, lidským, kulturním výtvorem. Newton byl ze svých tabulek a výpočtů schopen určit dokonce velikost částic jednotlivých materiálů, třeba zelené vegetace (samozřejmě to stálo celé na vodě, zejména na předpokladu mechanické interakce částic světla s daným materiálem):

„In his account of the colours of thin films (BC: interferenční jev), Newton had prepared a table of the thickness of films of air, water, and glass that produce the various colours of each ring or order. For example, he deduced that green of vegetation (BC: a to je pro něj typické a velmi moderní, že chtěl aplikovat poznatky napříč přírodou) corresponds to the green in the third coloured ring, and from his table he found that the corpuscles of vegetable matter are ... about 1 / 60,000 inch in diameter, assuming that they are the same density as glass... The

corpuscles of black and colourless transparent bodies must be less than any of those producing colours... While it is not possible to see light corpuscles, Newton anticipated actually seeing the corpuscles of bodies. He explained that he deduced the sizes of the corpuscles „because it isn't impossible, but that microscopes may at length be improved to the discovery of the corpuscles of bodies, on which they colours depend“... If their magnification could be increased five or six hundred times, we might be able to see the largest corpuscles. As strange as the explanation of the colours of natural bodies may seem today, it was widely adopted for over the century. It was so surprisingly robust that it was not conclusively disproved until about 1830.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 187.

Následuje kapitola o experimentování v 17. století. Zdá se, že význam experimentu vzrostl s renesancí. Ne že by renesance kladla důraz na experiment, právě naopak. Renesance ale soustředila pozornost na texty starých autorit a ukazovalo se, že jejich představy o přírodě jsou prostě mylné. Proto stoupal zájem o to podívat se přímo do knihy přírody. V zásadě existovaly dva odlišné přístupy k experimentování ve fyzice. Jeden vycházel z Archimeda, a byl blízký třeba Galileovi. V tomto přístupu byl experiment jenom vedlejší nástroj k formulaci matematické zákonitosti ve smyslu Archimedova zákona. Galileo tedy dělal své experimenty proto, aby našel matematickou formulaci. Naopak jeho současník Mersenne měl za cíl právě data z experimentů samotných a usvědčoval Galilea z nepřesnosti.

A to je další zcela zásadní téma pro experimentování: přesnost. Nejde o žádnou absolutní přesnost, ale o přesnost, která má fyzikální význam. Když se Galileo dovolává toho, že jeho predikce výsledku srovnání doby pádu těžkého a lehkého tělesa je mnohem přesnější než Aristotelova, chápe to jako vyvrácení Aristotela, byť pomocí nepřesného měření. Otázka, nakolik musí být měření přesné, aby bylo relevantní, je klíčová otázka všech experimentálních predikcí (nejen ve vědě, ale právě i v řemesle a průmyslu!) dodnes. A zjevně to v praxi funguje.

Samozřejmě v kapitole je zdůrazněno i to, že právě nečekaný výsledek experimentu přináší nové poznání. Jsme také zběžně seznámeni s hlavními postavami. Lidé jako Huygens nebo Descartes byli bohatí a dělali fyziku jako koníček (Huygens byl členem francouzské Akademie věd), Newton nebo Galileo byli profesory matematiky, ale svou experimentální činnost, u Newtona zvláště rozsáhlou, dělali jaksi na okraji svého univerzitního působení. Kapitola pokrývá tři oblasti experimentální práce: zkoumání pohybu (volný pád, nakloněná roviny, kyvadla, projektily), zkoumání vzduchu (Torricelliho pokus, Pascalův-Périerův pokus, vývěva) a optické experimenty (Hooke, Newton).

U výzkumu pohybu projektilů (teoretický předpoklad byl zpočátku zcela v rozporu s běžnou zkušeností: projektil z děla letí šikmo nahoru, pak dojde k oblouku a pádu svisle dolů... že jde ve skutečnosti o parabolu, to bylo překvapení) mě zaujal pokus z praxe: velké papírové čtverce byly vystaveny do cesty projektilu, aby díry v nich ukázaly, kudy náboj letěl. Nelze pominout ani pojednání o kyvadle, které hrálo zásadní roli nejen jako model pohybu, ale i jako nástroj k měření pohybu a pak i tvaru Země. Huygensův popis pohybu kyvadla pomocí cykloidy je vrcholný výkon tohoto období. Zásadní roli hrálo kyvadlo i v Newtonových výzkumech. Pascalův-Périerův pokus zase ukázal použití kontroly: výška rtuťového sloupce v Torricelliho trubici byla měřena v různých nadmořských výškách a byla kontrolována s výškou sloupce dole na úpatí hory, aby se vynuloval vliv změn atmosférického tlaku. Pokus přesvědčivě ukázal, že příčinou toho, proč rtuť nevyteče trubice, je atmosférický tlak.

Otto von Guernicke, který jako první sestrojil vývěvu, nebyl dokonce ani učenec, byl to diplomat, politik, ale chtěl dokázat, že Aristotelés nemá pravdu, pokud jde o nemožnost vakua – a chtěl to také veřejně demonstrovat. Proto se pustil do konstrukce vývěvy a byl velmi úspěšný. Odtud to pak převzal Boyle s Hookovou pomocí.

Hooke byl první, kdo pozoroval pod mikroskopem – používal mikroskop na celou širokou škálu pozorování včetně hmyzu, semen atd. – interferenční jevy na tenkých filmech. Z toho pak vycházel Newton, jak bylo řečeno. Celý problém Newtonovy experimentální činnosti v optice je shrnut jen velmi stručně a končí konstatováním, že jeho experimenty jsou přesvědčivou evidencí pro vlnovou povahu světla, což on sám ale nechápal.

Snad na závěr nelze než zdůraznit, že v 17. století nebylo experimentování nic samozřejmého, experimenty bylo zejména obtížně interpretovat pomocí obecných, filozofických teorií. Děly se běžně v technice, řemeslech, v aplikované matematice byly po voru Archimeda jen vedlejším nástrojem a do tzv. přírodní filozofie teprve pronikaly. To je to, co se pak stane moderní fyzikou, a proto se taky hlavní Newtonovo dílo jmenuje Matematické principy přírodní filozofie.

„Motion, barometric experiments, and optics were possibly the major areas of experimentation in the physical sciences of the seventeenth century. Even in each of these three individual domains, however, the role of experiments was far from being straightforward or univocal, as the reason why experiments were performed could be heavily dependent on theoretical concerns or were largely unrelated to them. Likewise, the form of presentation could vary depending on a variety of circumstances. Mersenne and Boyle, for example, saw experiments as the basis of knowledge, and attributed accordingly a key role to them in their narratives, while others, such as Galileo and Huygens, had a more varied stance and adopted a different style of presentation in different works, relegating experiments to an ancillary role in their works modelled on Archimedes, while relying more explicitly on them in other works. (...) Experiments rarely provided immediate definitive answers to the questions asked. Whether in the science of motion, or the void and pressure of the air, or the nature and behaviour of light, for every optimistic Galileo there was a skeptical Mersenne challenging and questioning what he had done. Boyle believed that experiments could provide matters of fact on which to build sound knowledge, yet even his alleged matters of fact (BC: připomeňme, že za faktickou věc považoval třeba i čarodějnictví) proved controversial. At the same time, many experiments eventually did achieve genuinely novel results that were broadly accepted and that opened new horizons for reflection and investigation.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 222.

Následuje kapitola o matematice v 16. – 17. století. Když Koperník přichází s tím, že lepší matematický model pohybu planet znamená model, který odpovídá realitě, byl to příznak hroutícího se aristotelismu ve prospěch platonismu. Platonismu ve smyslu, že matematika je základem skutečnosti. V tomto smyslu mohou být právě i Galileo nebo Kepler označeni za platoniky. Jenže co to tehdy matematika vlastně byla? Na univerzitách hrála oproti filozofii, aristotelické, druhořadou roli. Ještě podřadnější byla její role v případě praktických aplikací. Aristotelici věřili, že tohle nemá nic společného s pochopením podstaty světa, které musí být založeno na logice, na sylogismech. Nicméně praktické aplikace matematiky měly stále větší vliv na intelektuální vývoj vzdělavců. Kromě toho měly obrovský vliv renesanční překlady řeckých matematiků.

Nicméně tato starověká matematika znamenala také zásadní omezení. V kapitole je podrobně ukázáno, jak byl Galileo omezen antickou matematikou v popisu pohybu. Tato matematika totiž nedokázala chápat podíl odlišných veličin, třeba $s / t = v$. Takže Galileo musel velmi

krkolomně formulovat matematický popis volného pádu pomocí různých poměrů dráhy vůči dráze, času vůči času atd. Naprostý průlom v tomto přinesla až Descartova Geometrie, kde ukázal cestu, jak chápat odlišné veličiny jako navzájem dělitelná čísla. Problém se nejprve formuloval algebraicky a pak se řešil geometricky. Význam tohoto díla, jak autor kapitoly několikrát zdůrazňuje, nelze přecenit.

Jenže Descartes omezil možnosti geometrických řešení na jednoduše formulovatelné křivky. Přitom sám věděl, že existují mnohem složitější, tzv. mechanické křivky, jakou byla např. cykloida. Věděl to proto, že se jako mnoho dalších matematiků, filozofů, fyziků své doby zajímal o řemeslné aplikace matematiky. Výroba čoček, hodin, různých řetězů znamenala řemeslné zacházení s velmi složitou matematikou. V kapitole je tomu věnován velký prostor, který mi udělal ohromnou radost. Autor připomíná, že jsme stále teprve na začátku pochopení této tematiky, protože tradičně se propojení mezi vývojem intelektuální a praktické sféry nevěnovala v dějinách matematiky pozornost. Já si dlouhodobě myslím, že to, že matematika tak skvěle slouží k fyzickému zacházení se světem, je dáno právě jejím vznikem v oblasti fyzických řemesel a řešení praktických potřeb. Nešlo zdaleka jen o zeměměřičství na samém začátku matematiky, ale právě o stavebnictví, výrobu zbraní, schopnosti navigace atd.

Závěr stati o řemeslech je jakousi předmluvou k pojednání o infinitezimálním počtu je závěr stati o řemeslech. Je ukázáno, jak obrovský průlom udělal Huygens tím, že aplikoval cykloidu – známou z řemesel – na obecný matematický popis kyvadla. Tím prolomil meze karteziánské matematiky a otevřel nové prostory. Ale kupodivu byl otevřen i revoluci ještě mnohem ohromnější, té, kterou přinášel jeho mladší kolega Leibniz. Často starší vědci nedokážou přijmout nové revoluce. Huygens je krásnou výjimkou.

„In his last years Huygens corresponded with Leibniz (BC: Huygens byl o 23 let starší) about mathematical topics. Leibniz had first met Huygens in Paris in 1672 (BC: Leibniz neměl ani třicet let), and Huygens had been of great help in introducing the young German diplomat to the most advanced mathematical discoveries. But it was Leibniz who now had something new to teach his old mentor: the differential and integral calculus. At first Huygens was sceptical about the new formalism that Leibniz had developed by 1676 and published in 1684-86, but soon he had to admit that the calculus was more powerful compared to the geometrical methods he had privileged all his life. Leibniz was able to show Huygens how to easily find the catenary, the shape that a hanging chain will assume when supported at its ends and acted upon only by its own weight, a transcendental curve (BC: typ křivek, které Descartes odmítal pro řešení problémů) as the cycloid. This curve proved useful in architecture, since it is the ideal curve for an arch which supports only its own weight. The correspondence between Huygens and Leibniz in the 1690s is indicative of the change that occurred with the invention of the calculus. The geometrical methods that Huygens promoted in *Horologium oscillatorium* (BC: jeho nejslavnější spis, v něm právě aplikuje cykloidu na popis pohybu kyvadla) gave way to a more abstract, algorithmic, and general mathematical method that Newton termed the method of series and fluxions and Leibniz the differential and integral calculus. However, even after the creation of calculus, well into the eighteenth century the mechanical tracing of curves continued to play a certain role in the integration of differential equations...“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford University Press 2017, str. 249.

Problém infítezimálního počtu byl ve vzduchu už od Galilea a souvisel s potřebou řešit zásadní problémy tehdejší matematiky a fyziky. Newton na to šel cestou chápání pohybu jako složeného z nekonečně malých úseků a někdy v 60. letech 17. století vyvinul fakticky to, čemu dnes říkáme infítezimální počet. Ve svých Principiích ale nakonec používal spíše geometrické postupy. Leibniz na to šel algebraicky a vymyslel dnes používané symboly. Stalo se to někdy v 70. letech v Paříži. Newton byl tedy první, pokud jde o princip, ale Leibniz byl první, pokud jde celkové pojetí a možnosti aplikace. Na rozdíl od Newtona mu bylo jasné, jak nesmírné důsledky tento objev má.

Později v 18. století došlo k formulaci Newtonovy fyziky pomocí Leibnizova infítezimálního počtu a teprve tehdy se ukázalo, jak je tato fyzika univerzální. Význam toho, co v tomto smyslu udělali Euler a Laplace a jejich předchůdci, nelze v dějinách fyziky prý přecenit. Nicméně mělo to i svou odvrácenou tvář. Fyzika takto pojatá se stala srozumitelnou jen expertům a na nějakou dobu došlo k uzavření se matematiky do řešení problémů, které s fyzikou a praktickými aplikacemi nesouvisely.

Následuje kapitola o fyzice nevážitelných fluid. Jak si fyzikové vysvětlovali jevy spojené s teplem, magnetismem, elektřinou atd.? Až někdy do poloviny 19. století k tomu sloužily představy o různých fluidech, která za tyto jevy odpovídají. Někteří jako Laplace a jeho škola chápali fluida v rámci mechanických interakcí částic a Laplace takto chtěl vysvětlovat i údajně nadpřirozené jevy, naopak jiní, jako např. Whewell v Británii, chápali fluida jako sofistikovanou rovnováhu světa danou Bohem, a ještě jiní byli k existenci fluid skeptičtí. Vzniká pak jakási chaotická směs hypotéz, ovlivněných náboženským postojem, politikou, národností (fyzika v různých zemích vypadala jinak), technických inovací a objevů a nových metod, která postupně vedla až Maxwellově fyzice.

Laplace a Lavoisier ovládli politicky francouzskou vědu. V pohledu historiků zpět se lze přit o to, jaké to mělo důsledky: negativní (omezení inovativního myšlení, které v jiných zemích šlo mnohem dále) i pozitivní (velký důraz na měření a jeho přesnost). Jeden ze základních průlomů byl Voltův objev baterie, který vyvolal obrovskou pozornost. Nyní již nejsme ve věku, kdy fyziku dělalo pár lidí v Evropě, nyní jde už o masovou záležitost, budící pozornost i běžných lidí, různých samouků, kutilů atd.

„The introduction of the battery was the outcome of several research paths, which merged in the work of Alessandro Volta. In a few months or weeks during the fall of 1799, those different strands catalyzed to produce a radically new apparatus, generating a continuous flow of elektricity that was unlike the sparks produced by the typical friction or induction electrical machines of the eighteenth century. The new apparatus was the source of endless surprise and admiration in both expert and amateur circles, but it also conveyed many uncertainties when it came to assess what was going on inside the new instrument, the exact nature of its electrical effects, and their bearing on contemporary views about imponderable fluids. Because the instrument was announced by a physicist who, in the preceding eight years, had been known mainly for his contributions to a field of study known as animal elektricity or „galvanism“, for a while many observers were inclined to regard the new apparatus as belonging to the domain of phenomena first described by Luigi Galvani in his work on the „force of elektricity in muscular motion“. These interpreters often called the battery and its phenomena „galvanic“, and were inclined to view them as confirmation that a special galvanic fluid existed and had to be added to the repertoire of already known imponderables. Volta, and those who opposed notion of a special „animal elektricity“, interpreted the battery instead as proof that the simple contact of two different metals, together with the addition of a third, humid conductor as used in voltaic battery, could set the electric fluid in motion and produce effects similar to those of common elektricity.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 275.

Jak Laplaceova škola ve Francii reagovala na Voltův objev baterie? Volta byl Napoleonem pozván do Paříže, kde byl za svůj objev vyznamenán. Biot, Laplaceův mladý žák, pronesl zhodnocení jeho objevu a pokus o interpretaci baterie pomocí mechanických sil. Tito francouzští fyzikové vnímali ovšem Voltův objev jako nedostatečný, jako pouhý plod náhody a chtěli jej přesvědčit, že je třeba pro skutečnou fyziku najít matematické zpracování. Volta ale zůstal na svém experimentálním přístupu. Spojoval je důraz na to, že kontaktem dvou různých kovů vznikají nějaké procesy spojené s elektřinou. Představy o nevážitelných fluidech pro Voltu i Laplaceovu školu byly spíše jen instrumentem, jehož fyzikální realita nebyla brána zcela vážně. Volta byl přesvědčen, že bude mnohem snazší popsat chování baterie než vysvětlit pomocí fluid, co se v ní děje.

Průlom v chápání baterie přišel z Británie, kdy Davy provedl obrovské množství experimentů s baterií a jejím vlivem na chemické látky. Objevil tak sodík a draslík. Davy postupně opustil představu nevážitelných fluid a spojil fungování baterie s chemickými procesy. Skutečný obrat pak přinesl Ampère a jeho od mládí zastávaný projekt integrace magnetismu, elektřiny, chemie a tepla. To zprvu stavěl na představě nevážitelných fluid (a v jejich mechanickém chápání poněkud disentoval vůči laplaceovské škole, přičemž vycházel i z náboženského vysvětlení výlučnosti gravitace), ale postupně pod vlivem intenzivní experimentální činnosti – byť byl matematik – s bateriemi inspirované Oosterdovým objevem, že zapojený obvod baterie má vliv na střelku kompasu, přišel s tvrzením, a dokonce jeho matematickým zpracováním, že existuje něco jako elektrický proud.

Postupně se mu podařilo pomocí matematické argumentace i experimentální evidence přesvědčit o své představě fyzikální komunitu i díky tomu, že to byla představa přijatelná z pohledu různých náboženských a filozofických postojů. Samotná představa elektrického proudu ale není moc vzdálena od původní představy o fluidech. Samozřejmě nikdo tehdy netušil o existenci elektronů (pohybujeme se kolem roku 1820). Autor kapitoly na závěr nádherně shrnuje situaci a graduje citátem z Heisenberga o tom, že pojmy jako elektrický proud jsou prostě lidské pojmy a představy, tedy jen lidské, ale bez nich bychom o realitě vůbec nedokázali myslet. Na kapitole oceňují i důraz na experimentální činnost a její spojení s řemeslnými aplikacemi a technologiemi, jak u Davyho tak u Ampèra.

„The notion of current allowed physicists to avoid unwanted commitment to the speculations accompanying the long tradition of reflections about imponderable fluids with their multiple uses – religious, social, and political – mentioned earlier in this chapter. Uneasy Catholics like Biot and Ampère, Romantics like Davy, Lutherans fascinated by Immanuel Kant's philosophy and the „scientific sublime“ like Oersted, Sandemanians like Faraday, Calvinists like De La Rive: all could converge in adopting operational, mid-range concept like current that did not imply adhesion to a specific philosophy of nature, nor to a detailed model of the microscopic world, but kept feared materialism at a safe distance. Above all, the notion of current allowed the exploration of the wealth of new phenomena produced by the increasingly sophisticated instruments that physicists were developing with the help of a new generation of instrument-makers... (...) The convergence on the mid-range notion of current was made easier – if ambiguous – because the notion itself did not entail rejection of the old fluid imagery that, as we have seen, continued to prosper amidst frequent complaints. Ambiguities about the notion of current would not die soon. As late as 1958 Werner Heisenberg, in a discussion following one of his popular lectures on quantum physics, could still remark that „we the physicists act as if there really were such a thing as an electric current, because, if we forbade all physicists to speak of electric current, they could no longer express their thoughts, they could no longer speak...““

„In 1871, inaugurating (BC: Maxwell) the new chair of experimental physics at the University of Cambridge... On that same occasion... Maxwell showed he was fully aware of the novelty that the introduction of manipulative skills (BC: sic!) in a university curriculum represented for many in his academic audience... noble natural philosophy. Having pointed to the possibly disturbing novelty represented by the introduction of manipulative skills in an academic environment, however, Maxwell unhesitatingly stood by it.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 292-293 & 294.

Následuje kapitola o tom, jak se v 18. století stala fyzika / chemie veřejnou podívanou. Na jedné straně je to nesmírně důležité téma, na druhé straně je pojednáno pomocí mnoha jmen, vztahů a událostí, že se v tom nedá moc vyznat. Pokusím se to nějak shrnout. Jednak to byl byznys, na to je kladen v kapitole velký důraz včetně příběhů zkrachování. Dalo se žít přímo předváděním fyziky veřejnosti, dalo se žít vydáváním popularizačních knih a taky s tím souvisel byznys s fyzikálními přístroji, které sloužily jak těm, kdo dělali fyzikální show, tak těm, kdo chtěli experimentovat doma, tak vědcům a univerzitám, ale i bohatým lidem, kteří se prostě místo kabinetů kuriozit vrhli na kabinety přístrojů. Centrální roli hráli výrobci přístrojů, a ti operovali na mezinárodním trhu a většinou znali velmi dobře nové poznatky ve fyzice a chemii, byl to jejich byznys.

Není si třeba dělat iluze o tom, že by vysoká kvalita jak demonstrací, tak knih, ba dokonce přístrojů, byla pravidlem, nicméně fyzika / chemie se tak jako tak šířila napříč populací – dokonce i do dělnického prostředí nebo do skotských vesnic. Lidé mohli na vlastní oči nebo na vlastní ruce, pokud experimentovali sami, zažít, že to funguje. Že to funguje všude. Jeden takový Skot se z vesnického experimentování dostal až do Indie a do Číny. Byl dokonce členem slavného britského poselstva k čínskému císaři, které jej mělo ohromit britskými vynálezy. Poselstvo neuspělo, byl to úplný debakl, císař a jeho okolí nechápali, k čemu by jim ty vynálezy mohly být. V Británii se už ale prosazovaly praktické aplikace včetně využití parního stroje. Zásadní je, že všechny ty přístroje a experimenty fungovaly i v Číně nebo Indii.

„Dinwiddie (BC: to je ten Skot) gave up teaching boys mathematics in a school in Dumfries to také advantage of the growing opportunities for experimental philosophy. It was devices that turned him into a peripatetic philosopher (BC: ve smyslu cestovatel). His fascination with instruments turned on their capacity to reveal and to reflect the universal forces of nature whenever such explorations may take place. What was witnessed in Dumfries was, in his experience, no different than in Dublin or Paris – or, for that matter, in Peking or Calcutta. Uniformity and universality were twin hurdles that the early-modern physicist faced. The same, surely must have been true for any observer or experimentalist who had travelled far beyond the portals of gentleman's club in London, Paris, or Amsterdam (BC: tehdy hlavní vědecká města Evropy). Instruments (BC: a tohle je nádherná formulace!) made the local universal – and therefore, like many an eighteenth-century travelogue, might tell a profound tale.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 306-307.

Celý projekt veřejného šíření fyziky, resp. chemie, byl v souladu s osvícenským ideálem nového poznání, pokroku a jejich aplikací. Téma je to zcela zásadní, protože někde tady je kořen obrovské autority vědy. Celý ten spektakl 18. století byl někde na hranici středověké podívané, cirkusu. Zlomem byly až reálné aplikace a dramatická změna světa, která v 18. století nebyla patrná. Zásadní je ale to, že fyzika / chemie se ukazovala jako něco reprodukovatelného v zásadě každým a všude, pokud tedy měl kvalitní vybavení a byl šikovný. Záleželo nikoli na znalosti kouzel, ale

na materiálních podmínkách, tedy materiální charakteristice přístroje a materiální schopnosti s ním pracovat (šikovné ruce ve smyslu tesaře nebo kováře nebo hodináře).

Další, poněkud delší, kapitola se věnuje přístrojům a jejich výrobcům v letech 1700-1850. Hned na začátku je uvedeno dělení fyzikálních přístrojů, které se mi zdá výmluvné: 1. matematické přístroje pro základní měření a počítání, 2. optické přístroje jako dalekohled nebo mikroskop, 3. filozofické přístroje pro zachycení věcí smyslům nepřístupných, např. měření teploty, tlaku vzduchu atd.

Aplikace v průmyslu byla docela vzácná a postupovalo to pomalu. Naopak velký význam měla už tehdy fyzika pro námořnictví, včetně vojenského námořnictví. První profesionální, státem placený vědec, v Británii byl „královský astronom“ John Flamsted (1645-1719). Placený byl za astronomická pozorování důležitá k navigaci lodí. Kapitola překypuje jmény výrobců, jejich příběhů, obchodních vztahů atd. Představeny jsou materiály: mosaz, sklo, dřevo. Nebylo úplně jednoduché přijít např. na to, jak vyrábět sklo bez bublinek, aby se hodilo pro čočky a optické přístroje. Výroba některých přístrojů byla téměř masová. Námořníci britského námořnictva museli vlastnit vlastní kvadrant, aby dokázali pomocí Měsíce a hvězd určit polohu, kde se nacházejí. Řešilo se mnoho různých problémů, např. velké expedice byly vysílány za účelem zjištění tvaru Země nebo jejích magnetických vlastností, dále se hledalo, jak zajistit, aby přístroje, které běžně fungovaly na zemi, byly funkční i na kymácejících se lodích.

Zásadním tématem bylo určování spolehlivé a převoditelné jednotky. Britové třeba měli model yardu, ale jeho jednotlivé kopie nebyly zcela shodné, dokonce to časem degradovala, pak originál shořel při požáru parlamentu atd. Kontrola měř a vah státem je podle mě jeden z nejsilnějších argumentů proti představě, že stát je třeba potlačit. Naopak s moderní vědou a technologickým rozvojem je stále důležitější, nenahraditelnější prvek celého systému. Kapitola představuje situaci v několika zemích. Zcela jednoznačně jsou na prvním místě Británie a Francie. K Německu není skoro co říci, ještě hůře jsou na tom USA.

„Scientific instruments were brought into manufacturing and industry on a very small scale at first, but increasing considerably thereafter as industries expanded and legislation was imposed on a number of procedures and products. (...) The modernizing brewer kept a thermometer handy to test his mash, while at the end of the process Excise officers were on hand with their hydrometers, manufactured in large quantities, to gauge the alcohol content of beers, wines, and spirits. Specialist slide-rules and calculating instruments were designed for architects, ship-builders, surveyors, cartographers, navigators, brewers, and distillers. Merchants needed scales and balances, controlled by standards of weight and measure. Bankers and traders needed coin balances...“

„The French royal observatory in Paris, founded in 1667, shortly before that at Greenwich, was directed by a dynasty of famous observers: the Cassini family... A meridian line was projected through the observatory building, its purpose being to provide, by astronomical observations, the origin for a grid of latitudes and longitudes on which to construct a map of France. The Académie royale des sciences differed from the Royal Society in that it consisted of an appointed body of paid scientists, generally working on government programmes. The observatory directed the cartographic surveys and the astronomers and academicians both needed instruments. In 1736 the Académie sought to resolve the argument over the shape of the Earth – whether oblate or prolate – and sent two expeditions, on the Vice-royalty of Perú... and the other on Lapland.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, 340 & 342.

Následuje kapitola o mechanice v 18. století. Cílem je ukázat, jak docházelo ze strany několika vynikajících matematiků / fyziků k budování klasické mechaniky na Newtonových základech. A bylo to velmi náročné. První velkou syntézu na základě práce Bernoulliů, d'Alemberta a dalších udělal Euler – pak Lagrange a Laplace. Laplaceovi je věnována celá další kapitola. Ve své podstatě jde o rozvoj matematického uchopení idealizovaných pohybů, nicméně fakticky to mělo vazbu nejen na fyzikální problémy, ale přímo na technickou realitu. D'Alembert nebo Euler i Bernoulliové viděli přímý vztah reality a svých matematických idealizací. Na příkladu Eulerově je ukázáno, jak těžce a dlouhodobě dobýval své formulace na vzdorující problematice. Eulerova syntéza je z velké části založena na Newtonově geometrickém přístupu a až teprve Lagrange a Laplace vytvářejí moderní zpracování pomocí infinitezimálního počtu.

Jak uchopit základní newtonovskou rovnici $F = ma$? Euler se neúspěšně snažil dokázat tuto rovnici z kinematiky, Bernoulli ji považoval za empirickou pravdu, D'Alembert za matematickou definici; další zásadní téma je chápání inercie a absolutního prostoru a času, kde Euler stanovil nutnost těchto absolutních souřadnic jako nevyhnutelné snad ještě více než Newton, a pak mechanika pohybu těles (tuhých, elastických) a mechanika kapalin. Na začátku mechaniky kapalin je, myslím, krásná pasáž vystihující celou situaci tehdejší mechaniky. Bylo třeba hledat provizorní nápady, zkoušet (ale ne pokusem a omylem, to rozhodně ne, všechny pokusy měly nějakou logiku, vycházely ze znalostí a úvah předchůdců), dbát na experimenty a mít na mysli, že úspěšná vědecká teorie je pouze reprezentace reality.

„There were discussions about the composition of a fluid: was it a continuum or a collection of particles? Everybody agreed that matter was made up of small particles, but since it was practically impossible to derive the equations of motion from this hypothesis, researchers turned to the continuum model. While they took into account the results of experiments, they knew that a successful physical theory is simply a representation of reality. Even at this early stage, fluid dynamics had already generated important subfields: theory of tides..., ship theory..., and applications to medicine. The roles of experimenters and theoreticians were clearly divided: physicists did experiments, mathematicians created theories. In considering these early results, we must always keep in mind that fluid dynamics was a difficult subject. As late as the 1740s, the motion of systems with two or three degrees of freedom was still a matter of discussion. The description of the dynamics of a continuum was a formidable mathematical problem. The history of modern fluid dynamics properly begins with Daniel Bernoulli's (BC: syn Johanna a synovec Jacoba Bernoulliho) *Hydrodynamics* (1738). (...) Bernoulli began his work on fluids in the mid-1720s, motivated in part by problems he had encountered during his medical training. (Interestingly, he was probably led to the subject because of his medical training.)“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford University Press 2017, str. 384.

Zbytek kapitoly o mechanice v 18. století je suchým shrnutím řešených problémů. Sice můžeme nahlédnout třeba prostřednictvím korespondence do mysli lidí jako Euler nebo Bernoulli, ale to je tak všechno. Naopak další kapitola, ta o Laplaceovi, je pojatá vyložene s důrazem na společenský kontext, na jeho obrovskou politickou moc a bohatství.

Pokud jde o kapitolu o mechanice, snad nejvíce za pozornost stojí řešení systému Země-Měsíc-Slunce. Vědělo se velmi dobře, dokonce už na základě dat ze starověku, že ten systém se chová jinak, než odpovídá Newtonovým predikcím. Situace byla tak vážná, že vůdčí

osobnosti jako třeba Euler uvažovali o tom, že zcela opustí myšlenku Newtonovy gravitace. Průlom přinesl v roce 1748 Clairaut, který nejprve dospěl do stejné bezvýchodné situace jako ostatní, ale pak se rozhodl započítat všechny aspekty, které vědomě zanedbal – a k jeho velkému překvapení to vyšlo. Jeho objev měl obrovský vliv i na další jeho kolegy, kteří ho okamžitě zařadili do svých pojednání. Vlastně je naprosto fascinující sledovat, jak tihle lidi navzájem – ne ovšem vždy – rychle chápou, co vlastně dosáhl ten druhý, často vnímaný také jako konkurent. Podařilo se také vyřešit ještě náročnější problém Slunce-Jupiter-Saturn. Tím byla Newtonova gravitace zachráněna.

Laplace se pak spolu s chemikem Berthollem a dalšími snažil Newtonův projekt rozšířit na všechny známé přírodní síly. Například ukázat, že chemické síly a síly způsobující odraz světla jsou fakticky ty samé a fungují na úrovni malých částic, případně nevažitelných fluid. Mělo jít o síly velmi krátkého dosahu, odpuzivé i přitažlivé, ale v zásadě podobné gravitaci. Na jedné straně je Laplace v tom vlastně zabeđený dogmatik, na druhé straně dokáže rozpoznat mimořádné talenty a uznat jejich výsledky, ačkoli podezřele směřují jiným směrem, než je ten jeho. Fascinující je i to, kolik užných spisů bylo napsáno zcela vniveč. Např. Berthollet si dal obrovskou práci, aby založil program redukce chemie na Laplaceův newtonismus, ačkoli to šlo úplně marným směrem. Laplace a Berthollet žili hned vedle sebe v luxusním sídle v Accrueil vedle Paříže. Tam vlastně na základě jejich soukromých majetků, vzniklých z politické angažovanosti za Napoleonova režimu, vzniklo centrum výzkumu.

Výsledky zkoumání vlastností světla při odrazu a ohybu ale stále více ukazovaly, že skutečnost lze velmi dobře popsat pomocí Huygensovy vlnové teorie, ačkoli Laplace stále doufal, že to je možné interpretovat i jeho teorií. Ostatně on byl tím, kdo rozhodoval o úspěchu, on sám oslovoval a pěstoval ty nejlepší talenty, takže nějaké přímé hájení vlnové teorie v jeho okolí nehrozilo. Pozoruhodné bylo ale už jen to, že získané výsledky s ní byly velmi dobře slučitelné. Zajímavý je příběh ženy, Sophie Germain, která se se svou fyzikální prací, založenou na Eulerovi a Lagrangeovi, přihlásila do jedné soutěže, v níž měl silný vliv i Laplace, a nakonec po třetím pokusu cenu získala. Bylo to ovšem v roce 1816, kdy Laplaceova hvězda, přesto že podpořil restauraci Bourbonů, pohasínala.

„Like Laplace, Berthollet dug deep int eighteenth-century Newtonianism, both Britis and French, drawing heavily on the Keills and Hauksbee in Britain and, among French chemists, on Buffon, Macquer, Guyton de Morveau, and Lavoisier. But, also like Laplace, he did far more than reiterate a conventional view. In the end, he did not succeed in answering many (or any) of the outstanding problems of the eighteenth century, and the systematic determination of chemical affinities that good Newtonian chemists saw as their goal remained... Berthollet could even be said to have put an end to the dream by laying bare the true complexity of chemical reactions – a complexity far exceeding that of interaction between planets and stars. When, as he believed, not the mass of the reactants but also the quantity of caloric present had to be taken into account, quantification of the processes of chemistry became virtually impossible. Nevertheless, by his rigorous, critical reworking of the Newtonian principles on which his theory rested, Berthollet had succeeded in creating, if only on paper, a potentially coherent system out of a jumble of rather incoherent beliefs.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 410.

Místo Laplaceova programu se prosadila – ale ne všude, třeba v teorii kapilárních sil byl Laplaceův vliv dlouho silný – jednak vlnová teorie světla (Fresnel), jednak elektrický proud

(Ampère) v pojetí elektřiny a jednak makroskopický popis jevů bez potřeby zabývat se složením hmoty (termodynamika). Dokonce rezignace na představu nějakých atomů a čistě makroskopické chápání matematiky se stalo něčím jako programem. Na druhou stranu kinetická teorie hmoty vracela později částice do hry. Laplace na stará kolena musel akceptovat triumfy teorií, které mu byly cizí, ale do konce života se držel svého programu. Nešlo o úplný krach. Jeho vliv na fyziku byl spíše pozitivní: velký důraz na měření a matematizaci sice vedl k něčemu, co sám nechtěl, ale byl to on, kdo svým vlivem tento způsob myšlení představoval.

Následuje kapitola o pojetí elektřiny a magnetismu od středověku. Autor nádherně ukazuje to, co je podle mě to nejpodstatnější, tedy jak se měnila celková mentalita přístupu k přírodním jevům. Elektřina a magnetismus na rozdíl od optiky nebyly v době scholastiky matematizovatelné, což je dělalo předmětem spekulativní fyziky (na rozdíl od smíšené, praktické matematiky). Tedy šlo o vysvětlení pomocí esencí, což ale platí dokonce i po karteziánském obratu. Descartes ve svém programu chápal reálné jevy nikoli jako něco, co má být popsáno matematickou formulací, která bude expandovat na popis dalších a dalších jevů (tak to chtěl Newton), ale realita byla jen způsobem demonstrace a priori, tedy racionálně, spekulativně, daného vysvětlení.

Takový program samozřejmě nevedl k rozvíjení laboratorní praxe. To se dělo nezávisle. Klíčovým objevem byla tzv. Leydenská láhev, která sloužila jako kondenzátor. Dále šlo o Franklinovy a Coulombovy objevy. Kapitola končí Voltou a Oosterdem, tedy tematikou pojednanou už dříve. Situace v 18. století, pokud jde o chápání elektřiny, byla velmi složitá a opět je hezky ukázáno, že ti lidé mysleli zcela jinak než my. Zde krátká ukázka z období, kdy se začalo prosazovat Franklinovo chápání elektřiny jako toku od jednoho tělesa k druhému proti staršímu pojetí, že jde o výron elektrického fluida, způsobený třením, a to fluidum se pak vrací zpátky do tělesa, které bylo elektrizováno – nakonec další objev se dostal blízko k představě elektrického pole:

„For effluvialists (BC: teorie výronu) the laboratory was a place for making things move about under electric influence; for Franklinists it was a place for revealing transfer of electricity from one body to another. Aepinus's reduction of electricity to a Newtonian fluid made both these goals subsidiary ones. Instead, the problem that this work (at first only implicitly) placed at the centre of electric science was this: to calculate and to measure the distribution of electricity over the surface of conducting bodies, the old non-electrics now having become objects that simply did not impede the fluid's motion. Aepinus could not solve this problem, however, and he concentrated instead on loose computation of forces given very simple, assumed distribution. However, with the central question of the subject now shifted from the nature and behaviour to the form of the Newtonian force that governed it, instruments were developed over the next quarter-century to probe the question. Aepinus's views became influential in part because of a successful application of them to a device, the electrophore, that was invented by the Italian Alessandro Volta in the late 1770s. This instrument – a dielectric covered by tin foil and rubbed against a grounded plate – seemed to be able to electrify alternately without requiring re-excitation. Considered to pose a great puzzle to Franklinist science, the electrophore was explained by Volta himself after he had assimilated the hitherto neglected work of Aepinus as an instance of induction: a process in which charged bodies influence one another through electric force without actually exchanging any electric matter.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 440.

Následuje kapitola o optice v 19. století. Myslel jsem si, že Huygensova vlnová teorie zvítězila už v 18. století, ale není tomu tak. Naopak ten proces byl velmi náročný. V 18. století se zejména ve Francii pod vlivem Laplace a jeho žáků vycházelo z toho, že světlo se skládá z jednotlivých paprsků. Takto byla vykládána polarizace světla. Cesta k vlnovému pojetí vedla velmi nepřímo

přes popis jevů, jako je polarizace, a měla v ní roli i osobní zášť. Arago se cítil Biotem okraden o prvenství v objevu něčeho, čemu dnes říkáme cirkulární polarizace, a proto podpořil mladého Fresnela, který se v popisu těchto optických jevů vydal směrem, jenž podrýval Biotův tradiční výklad pomocí paprsků. Tematika je velmi náročná, jde o dobové pojmy, o obrovské množství výpočtů a práce, kterou sám autor kapitoly označuje často za nepřehlednou a kterou se, jak to jen jde, snaží zjednodušit.

Zásadní byl souhlas mezi teorií a experimentem a jedním z hlavních problémů bylo pozorování optických jevů pouhým okem, které nedokázalo postřehnout klíčový rozdíl. Podstatné se mi zdá to, že ačkoli matematický popis těchto jevů směřoval k vlnové teorii, a zmíněn je také Youngův objev interference, chyběla těmto rovnicím nějaká fyzikální realita. Zastánci paprsků měli na své straně představu o fyzikální realitě, i když chybnou. Fresnel byl proto donucen, i když asi sám věděl, že jde o něco neudržitelného, nějak zavádět představu éteru (chápal jej jako systém hmotných bodů), a snažit se legitimizovat svou matematiku pomocí představy o fyzikální realitě. Teorie paprsků postupně někdy do roku 1840 vymřela. Vlnová teorie světla ale čekala ještě na další rozvoj až v druhé polovině 19. století. Zdůraznil bych to, že éter nebyl výchozím předpokladem a klíčovým pojmem, ale byl něčím, co se vnucovalo z nouze a z potřeby podložit matematické popisy fyzikálně. Naše chápání dějin éteru je ovlivněno teorií relativity, což deformuje historickou skutečnost.

„Ether mechanics proper has received the lion's share of historical attention, though it really has the mouse's share of contemporary optical production. Relativity has so thoroughly coloured modern views that practically the entire Victorian era has often been treated as a sort of prelude to it. This is incorrect, if only because no-one in the nineteenth century knew what was coming in 1905. This is why Cauchy's (BC: jeden z klíčových francouzských matematiků věnující se optice) ether mechanics was something of an aberration rather than a central part of optics: ether mechanics was simply not at the centre of most optical work during the period, though there were times when it did move closer in as it seemed to promise something useful. The preponderance of work concerned such questions as the proper form of the solutions to the wave equation, how to build optically significant equations for various kinds of media, and so on – some of which did touch on the ether, but most of which was substantially independent of it.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 463.

Zásadní problém Fresnelovy vlnové mechaniky byl matematický, byť se mohlo na první pohled zdát, že jde hlavně o fyzikální otázku, jak chápat tzv. Huygensův princip, tedy šíření vln v médiu. Díky matematice se ale Huygensův princip vlastně rozplynul. Zásadní průlom přinesl Helmholtz, který zformuloval matematiku pro šíření zvukových vln varhan. To pak aplikoval Kirchhoff na optiku. Ale dodnes není problematika dořešena. Další základní průlom představoval převod celé této mechaniky interakce éteru s hmotou na elektromagnetický základ. A to byl opět Helmholtz.

Po optice následuje kapitola o teple a termodynamice. Něco jako vědecká disciplína v této oblasti mohlo začít až s prvními měřeními teploty. Ale jak měřit? Autor několikrát poukazuje na to, že standardizace měření byla složitým procesem, který se musel nějakou dobu točit v kruhu, protože k určení, čím měřit (např. jakou použít tekutinu k měření), bylo potřeba měření. Takže se to celé postupně zpřesňovalo. Zásadní se mi zdá i to, že experimentální praxe často postupovala dopředu bez teorie. Od začátku bylo ale povědomí o třech klíčových tématech: teplota vs. teplo vs. tepelná kapacita. Je možné tvrdit, že daná kapalina mění svůj objem s teplotou lineárně v daném rozmezí teplot? Asi ne, když se třeba vypaří. Skupenské změny krásně demonstrují rozdíl mezi teplotou a teplem: když budete zahřívat led při teplotě nula stupňů, tak roztaje, aniž by se zahřál na vyšší teplotu. Teplo je pohlceno táním? Jak to interpretovat?

Tematika tepla a teploty byla původně oblastí zájmu chemiků (později se v souvislosti s tepelnými stroji dostala do fyziky). Chemická teorie tepla pocházela od Laplace a Lavoisiera, dokonce Lavoisier považoval teplo za chemický prvek. Tím, jak se dostává do struktury pevných látek, způsobuje tání atd. Ale tohle se pochopitelně nikdy nedařilo nějak měřit. Naopak se v roce 1812 podařilo změřit velmi dobře tepelné kapacity různých plynů. Obecně nepřesnost měření byla velký problém, proč se nedalo posunout dále. Proti chemické teorii tepla stála Irvinova: tající led je jako koš plný vody, který když zvětší svůj objem, pojme vody více, tedy pojme více tepla bez zvýšení teploty. To je tzv. latentní teplo. Z tohoto pohledu by ale měla s teplotou růst tepelná kapacita. Proti tomu stála teorie, která tvrdila, že při nízké teplotě jsou částice hmoty blízko sebe, tedy jsou pevněji vázané, a tedy bude třeba více tepla na jejich oddělení, tedy nižší teplota znamená vyšší tepelnou kapacitu. Vzhledem k tomu, že spor se nedalo řešit konkluzivním a pro všechny strany přijatelným měřením, vyšuměl postupně do prázdna, jak demonstruje následující ukázka:

„For the chemical calorists, the very basis of these calculations (BC: irvinistické počítání tepla a teploty) was suspect, since their own notion of specific heat did not support the Irvinist equation for total heat. If total heat were to be given as the simple product of specific heat and absolute temperature, the specific heat would have to be constant throughout the temperature range. This was deemed to be unlikely, or at least unverified, as we have seen above. For the Irvinists, however, the expression for the total heat was valid at each given temperature even if the heat capacity varied with temperature, and they could regard the ability to determine absolute temperature as one of the advantages of their theory. As the theoretical arguments were inconclusive, the debate hinged on an empirical question: were the values of absolute zero obtained from various reactions consistent with each other? Most Irvinists believed that they had obtained consistent results, which served to enhance their belief in the Irvinist caloric theory. Their opponents, starting with Lavoisier and Laplace (1783), thought otherwise. The Irwinists generally responded by blaming the apparent discrepancies on the unreliability of heat capacity measurements. (...) As it turned out, the better results (BC: z roku 1813)... tended to refute Irvine, which contributed to the eventual demise of Irvinism. The chemical calorists, however, never did find a way of determining the absolute zero, and the topic gradually disappeared from the list of important problems.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 482.

Velká pozornost se soustředila na chování plynů. Věřilo se, že jsou jednoduché a že onu tajemnou kalorickou substanci bude v jejich případě výhodné zkoumat, protože jejich hmota je zředěná a to, co zprostředkuje mezi ní, je právě kalorické fluidum. V souvislosti s pokročilými experimenty s plyny (bylo např. objeveno, že všechny plyny se rozpínají, pokud jsou zahřívány, stejně) se vedly dále spory mezi irvinisty a zastánci chemické teorie tepla. Bylo objeveno, že tepelná kapacita je dvojí: vztažená na objem (a věřilo se, že v tomto smyslu ji má i vakuum) a vztažená na hmotnost. Pozoruhodné je, že Laplace tohle všechno dokázal převést pomocí svých teorií o částicovém složení hmoty na matematické rovnice, i když vycházel ze zcela mylných fyzikálních předpokladů. Zmíním ještě teorii, která zahřívání plynu při stlačování chápala jako vymačkávání tepelných částic ven z prostoru mezi částicemi plynu, dokonce i z vakua. Situace ale byla mnohem, nesrovnatelně složitější a nepřehlednější, než mohu vylíčit.

Radiace tepla byla tehdy známa, ale nevědělo se, že jde o infračervené elektromagnetické záření. Je to světlo, nebo není? Astronom Herschel objevil, že to jde z vesmíru, tedy jsou to paprsky neviditelného světla, což ale sám pokládal – neviditelné světlo – za protimluv. Proti paprskové teorii světla tehdy už nastupovala vlnová teorie (mechanické vlny v éteru), a tak se také o

vyzařování tepla (takové teplo se může odrážet od zrcadla nebo difraktovat) uvažovalo spíše jako o mechanické vlně.

Velký pokrok v termické fyzice udělali dva lidé, kteří stáli mimo hlavní centrum vědy: Fourier a Carnot. Fourier odmítl zabývat se po Laplaceově vzoru mikrofyzikou, čímž ztělesnil důležitý mentální trend své doby, a soustředil se na matematický popis šíření tepla v makroskopickém smyslu. Vznikl tak nový matematický nástroj, který má dodnes obrovský dopad v různých částech fyziky a praktického života. Laplace hned Fourierovy výsledky převedl do své mylné mikrofyziky.

Ten největší přelom ale udělal mladý inženýr a voják Sadi Carnot: své přelomové dílo publikoval ve 28 letech. Carnot vycházel z reálné technologie parního stroje a Wattova popisu jeho fungování. Cílem bylo zlepšit výkonnost, zcela praktické ohledy, výsledkem byl popis dějů v ideálním stroji, který pracuje na principu diabatické expanze plynu. Pracuje je zásadní slovo. Carnot ukázal, jak se teplo přeměňuje v práci. Na jedné straně vycházel z Fourierova obecného přístupu k tepelným dějům: je to makroskopická vlastnost a jako takovou je matematizujeme. Na druhou stranu, paradoxně, naprosto klíčové pochopení, že teplo je stavovou funkcí systému, přišlo z Laplaceova tábora, od jeho žáka Poissona. Carnot následoval dokonce přímo Laplace v tom, že věnoval pozornost mechanické interpretaci materiálních efektů tepla. Carnotův stroj byl do dnešní podoby převeden inženýrem Clapeyronem.

Jakkoli tento výkon lze považovat za základ termodynamiky (teplo vykonává práci tím, že teče z tělesa teplejšího na chladnější), Carnot neformuloval termodynamické zákony. První zákon termodynamiky (zachování energie) byl „ve vzduchu“ už dlouho, od Descartových dob. Za jeho moderním pochopením stojí Mayer a Joule. Nicméně Kuhn prokázal, že v jejich době dvanáct lidí (záměrně nepíšu fyziků, protože třeba Mayer byl lékařem) nezávisle na sobě přišlo na to samé. Druhý zákon termodynamiky (entropie) je spojen zejména se jménem německého fyzika Clausia, který jej odvodil z Carnotova cyklu a předpokladu, že nelze konat práci z ničeho.

„There is little doubt that the primary context of Carnot's work was power engineering rather than theoretical physics. Carnot's ultimate aim was to improve the efficiency of steam engines, efficiency being understood as the amount of mechanical effect extracted from a given amount of fuel. Although Carnot's thinking was very abstract, it was clearly directed by this practical question. The basic theory that Carnot needed in order to answer his question was not in place yet, so he had to do some fundamental thinking on his own; and in doing so he produced ideas whose applicability went far beyond his original problem. When it comes to specific insights Carnot drew from the realm of power engineering, the two of most importance are both traceable to that renowned improver of steam engines, James Watt (1736-1819). Watt's installation of the separate condenser went back to 1765, but the theoretical lesson Carnot gathered from it was still relatively fresh: it is not a mere presence of heat that produced mechanical work, but the flow of heat from a hot place to a cold place. The other insight originating from Watt concerned the „expansive principle“: namely, that the hot steam should be allowed do further work „on its own“ after its introduction into the cylinder, by virtue of its natural tendency to expand. This phase was formally incorporated into Carnot's thinking as the adiabatic-expansion stroke in his famous cycle... (...) Sadi Carnot's approach can be viewed as a happy medium between Fourier's and Laplace's. Like Fourier, he declined to speculate about the nature of heat and the microscopic mechanisms of thermal phenomena, and instead focused on the phenomenological and macroscopic movement of heat. On the other hand, he followed Laplace the effects of heat in altering the states of material bodies mechanically. Carnot... set this synthesis in stone by adopting an axiom that the production of mechanical effect in a heat engine was always due to a flow of heat... It seems that a large part of Carnot's originality arose in the stimulating context of taking a very practical problem and thinking it through in highly abstract and idealized terms. Since he thought to create

a general theory of all heat engines rather than only steam engines, he felt compelled to specify his problem without reference to any particular substances or mechanisms...”

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 497-498.

Následuje kapitola, která by se dobře hodila do dějin námořnictví, do dějin využití parního stroje pro zaoceánskou plavbu. Moc podrobností o firmách, obchodních vztazích. Především se řešila otázka efektivity dopravy. Kolik uhlí to sežere, jak je to bezpečné. Bratři Thomsonovi se na tom podíleli. James pracoval jako inženýr na inovacích, William byl mladší a živil se na univerzitě matematickou fyzikou. Ve 22 letech se stal univerzitním profesorem. James už jako čtrnáctiletý chlapec vymyslel, jak by se mohlo kolo parníku pohybovat efektivněji, aby nevyzvedávalo zbytečně vodu nahoru. William byl zapojen do řešení technických inovací Jamesem a postupně stavěl, zejména po návštěvě Paříže, na Carnotově cyklu. Kapitola dobře ukazuje, že tehdy, tj. kolem roku 1850, nebylo ani britským inženýrům úplně jasné, že není možné sestrojít perpetuum mobile. Postupně se ale ukazovalo, že to je nesmysl a že každá práce vykonaná proudem tepla musí mít ztráty (později to vede k pojmu entropie). Co William Thomson objevil a čím dal základ termodynamice (nauce o práci vykonané tokem tepla), je potvrzení Carnotova cyklu v technické praxi. Tento svůj objev demonstroval Thomson přímo studentům. To byly doby, kdy ve výuce byly demonstrovány čerstvě objevené průlomy v poznání. V Glasgow.

„Forgetting earlier doubts about attaining „any satisfactory accuracy“ (BC: a to je taky fascinující otázka, co je ta dostatečná přesnost), he expressed his enthusiasm „as soon as possible to communicate a notice to the Royal Society of Edinburgh and to have something published (a few lines would do) in the Philosophical Magazine, so that people may repeat the experiment...” Within a week, Thomson communicated news to his natural philosophy class. (...) Unlike their predecessors more used to receive established scientific truth through well-worn class-room demonstrations, this student body was now seeing physics fresh from the making, four days before the results had been put before the Royal Society of Edinburgh and several months before the paper appeared in print in the scientific periodical literature.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 523.

Následuje kapitola o elektřině a magnetismu v 19. století. Zčásti je to opakování, ale drží to poměrně dobře u sebe jako celek. Všechno začalo Voltovým objevem toho, čemu dnes říkáme elektrická baterie. Pozoruhodné bylo, že tahle věc vykazuje elektrické jevy bez nutnosti nabíjení pomocí tření. Velmi rychle se šířila napříč Evropou a bylo s ní experimentováno. Brzy se ukázalo, že jsou dva rozdílné stavy baterie: nespojená a spojená. Nespojená vykazuje statické jevy spojené s tím, čemu dnes říkáme napětí, spojení vedlo k tomu, že se začal zahřívat spojující drát a dokonce někdy i svítit. Co s tím? V Anglii Davy využil baterie k chemickým pokusům, objevil elektrolýzu vody, sodík, draslík. Ukazovalo se, že ta síla v baterii souvisí s chemickými silami.

Ve Francii vládl v té době Laplace a jeho fyzikální problém. Tedy snaha převést jevy, včetně baterie, na fyzikální zákony podobné Newtonově gravitaci, ovšem působící mezi malinkými částicemi na mikroúrovni. Důležitou součástí Laplaceova programu bylo přesvědčení, že přírodní síly jsou nezávislé, každá má svůj vlastní zákon na způsob gravitačního zákona. A skutečně se Coulombovi podařilo experimentálně prokázat, že elektrická síla klesá se čtvercem vzdálenosti. V rámci laplaceovské školy také došlo k testování, zda baterie nepůsobí na magnety. Použili otevřenou baterii, neviděli žádný vliv a považovali to za důkaz Laplaceovy teze o nezávislosti sil. Jenže to byla fatální chyba. Naopak pod vlivem německé

poněkud mystické Naturphilosophie Dán Oersted udělal experiment, který použil zapojenou baterii a demonstroval, že má vliv na střelku kompasu. Uvědomil si, jak zásadní objev udělal, sepsal spis, na vlastní náklady jej vydal a rozeslal všude po Evropě. Výhodou bylo, že tento efekt se dal snadno demonstrovat.

V Paříži museli uznat, že to je fakt. Postavit se k tomu měl Laplaceův žák Biot. Ten nebyl ale v Paříži a situace se chopil Ampère, který v tom vycítil vlastní kariérní příležitost. Měl jen pár týdnů, než se Biot vrátí. Nikdy předtím se přitom elektřině nevěnoval a nebyl Laplaceovým žákem. Kapitola nádherně ukazuje, jak šílené tempo experimentální práce Ampère zvolil a jak se jeho práce postupně proměňuje ze zkoumání bez teorie ke zkoumání svázanému teorií, kterou sám vyvinul. Začal totiž generalizovat v tom smyslu, že všechny magnetické jevy jsou způsobené tím, co zprvu jen zkusmo nazýval elektrickým proudem (elektrodynamické jevy).

Na rozdíl od Laplaceovy školy jej, podobně jako Fouriera, nezajímalo, co se děje na mikroúrovni, co ten proud asi tak je. Došel ve svém teoretizování tak daleko, že popsal – bez důkazu – že magnetické pole Země je tvořeno velkými elektrickými proudy v jejím nitru. Když se Biot vrátil do Paříže, dokázal po laplaciánském způsobu formulovat matematický zákon pro baterii, a pak od toho dal ruce pryč. Ampère tento zákon pak odvodil ze své obecnější matematizace, což byl jeho velký triumf. Dosáhl také kariérního postupu a jeho hektický zápal se uklidnil. Nicméně do konce života pak litoval, že mu jen o kousek, díky zaslepenosti teorií, kterou sám vyvinul a jejímž se stal otrokem, unikl objev elektromagnetické indukce, který udělal v Anglii Faraday.

„The stabilization of his theory was paralleled by an increasing disregard of broad experimental work and of problematic experimental results. A most striking episode happened in 1822. (BC: následuje obsáhlý popis toho, jak Ampère minul objev elektromagnetické indukce) A decade later, when Faraday again discovered electromagnetic induction and gained great publicity, Ampère bitterly complained about his former disregard of the result. In 1828 he finally presented a systematic and summarizing account (BC: následuje dlouhý titul knihy ve francouzštině). Given that title, and the large number of experiments during six years, it has been surprising ever since that he based his presentation mainly on just four experiments, one of which he had, as he confessed, never carried out. But the point is significant: He felt his conceptual and mathematical frame was so rigid and strong that the four well-designed experiments could provide a totally firm connection to the empirical world. It is that aspect of stringent argumentation which would later lead James Clerk Maxwell ... to his famous characterization of Ampère as the „Newton of electricity“. Much like Newton, moreover, there are in Ampère's presentation no traces left of how his system had grown. And there is a further point which Maxwell could not know. Like Newton with regard to gravitation, Ampère constantly kept alive the idea that all the electrodynamic forces, acting at a distance, should finally be explained by an ether theory. Even more than Newton, Ampère kept those considerations to himself...”

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 550.

Faraday byl z velice chudých poměrů, ale od raného mládí jej zajímalo přírodovědné zkoumání a dokázala na sebe upozornit Davyho, v jehož chemické laboratoři se pak stal asistentem nebo spíše sluhou. Davy Faradaye ponoukal k tomu, aby se pustil do vlastního vědeckého výzkumu. Tomu to ale nejprve moc nešlo. Je neuvěřitelné, co všechno později ale zvládl. Tisíce experimentů, několik zásadních objevů a hlavně byl velmi vytrvalý a odolný tvář v

tvář tomu, že jeho nejdůležitější objev prakticky nikdo nechápal. Není to elektromagnetická indukce (ta naopak způsobila senzaci a hned se na ni navázalo technologiemi včetně telegrafu), nejsou to Faradayovy zákony elektrolýzy (to on zavedl pojem katoda / anoda a anion / kation), není to Faradayův efekt (magnet stáčí rovinu polarizovaného světla), není to ani Faradayova klec, i když ta je tomu už velmi blízko. Jsou to siločáry a myšlenka pole, tedy čehosi reálného, prostorového, nečásticového.

Siločáry v podobě zmagnetizovaných železných pilin byly známy už před Faradayem, ale teprve on z toho udělal geometrický nástroj pro popis nové reality, kterou objevoval svými velmi promyšlenými a intenzivně vykonávanými pokusy. Pojem pole zavedl v souvislosti s mechanickým pohybem diamagnetik, vypuzovaných magnetickým působením. Moderní pojem pole přichází v plné síle až u Maxwella, který ho formuluje matematickou analýzou, nikoli geometrií. Maxwell si ale vysoce cenil Faradaye jako matematika, což autor kapitoly jasně demonstruje. Ono se totiž obecně má za to, že Faraday byl matematicky pologramotný, ve skutečnosti byl vynikající v používání matematiky při přesných měřeních a jeho siločáry jsou příkladem svěbytného matematického myšlení. Ještě před Maxwellem po nějaké době odporu přišel Faradayově způsobu myšlení a výzkumu na chuť William Thomson, s nímž Faraday vedl plodné a důležité diskuse. Ale asi nejdůležitější pro Faradayovu mentální stabilitu a odolnost byla vedle jeho zajištění, prestižní pozice ve vědě i jeho náboženská komunita, zvláštní sekta křesťanů lpících na doslovném výkladu Bible, kam vstoupil spolu se svou manželkou.

„Only in the mid-1840s, when William Thomson would give up his initial „disgust“ and realize how powerful Faraday's concept were, would that situation (BC: Faradayova naprostá izolace, pokud jde o popis jevů pomocí siločár) start to change. The fact that Faraday, despite such negative response and isolation with regard to his concepts, nevertheless continued to work with them and develop them further, is highly remarkable and somewhat unique. It has to do both with increasing „internal“ confirmation and with his personality. Not only did his approach lead to new questions and experiments, but it proved fruitful in embracing an ever-increasing area of phenomena. This is how he understood – not the least on the basis of his religious faith – the obligation of a researcher in „reading the book of Nature“. His extraordinary acceptance of long periods on conceptual insecurity, moreover, is impossible to imagine without the institutional security at the Royal Institution and the Woolwich Academy. Also, the embeddedness in his religious faith and in the life of the Sandemanian (BC: název té sekty) community in which he and Sarah (BC: jeho žena) most actively participated, played a very important role in his personal stability. It is significant that the event which threw him into a deep personal crisis occurred not from the non-reception of his scientific concepts but from his life in his religious congregation when he was expelled from it for a short period in 1844 due to internal conflicts.

(...)

In sum, he presented a highly developed, highly abstract scheme – a scheme, however, that was formulated with the background of several thousand experiments in mind... The realm and diversity of phenomena which Faraday covered by that Framework was by orders of magnitude larger than that of any previous electric or magnetic theory. Significantly, there was no calculation or analytic apparatus involved, but geometrical constellations combined with some principles.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 562 & 566.

Následuje kapitola o elektromagnetismu. Čekal jsem nějaký podrobný výklad Maxwellova epochálního výkonu, ale setkal jsem se zcela v duchu Kuhnova přístupu k dějinám fyziky s něčím podivným a neznámým: se skutečným myšlením Jamese Maxwella. Celá ta matematika kolem teorie pole, která vznikla díky Thomasonovu spojení principu zachování energie a Faradayových siločár, je v kapitole pojednána jako rutinní instrument, který maxwellovi žáci používali jaksi

bezduše na řešení problémů souvisejících s elektromagnetismem. Interakci éteru s hmotou a zejména otázku, co je to elektrický proud, považovali za mystérium, které je třeba odložit na jinou dobu.

A v povaze elektrického proudu je ten základní problém. V tom je ta kapitola srozumitelná a fascinující. Podle maxwellovců éter v sobě nese elektrické pole. Když se do éteru vloží těleso, tak tak se toto pole začne hýbat k jeho okrajům, kde vzniká náboj, přičemž pohyb způsobuje teplo. Tedy nic jako náboj spojený s částicí není. To by ostatně odpovídalo staromódním ideálům Laplaceho. To, že takto nelze dobře vysvětlit vedení proudu ve vodiči, snad kromě toho, že se ohřívá, nebylo vnímáno jako destruktivní problém.

Postulování elektronu tak přišlo z úplně jiné oblasti fyziky: hydrodynamiky. Jakmile se tato myšlenka prosadila, maxwellovský program rutinního hraní si s poli zkolaboval. Ale ani v Německu to nebylo o mnoho lepší. V této souvislosti jsou v kapitole zmíněna dvě jména: Helmholtz a Herz. Jeden zastává myšlenku, že proud je vlnění polarizace éteru, druhý dokáže jako první člověk vůbec experimentálně produkovat „elektrické vlny“ pomocí dipólového oscilátoru a dokonce je i detekovat (1887). Jeho nové přístroje, které přinesly tak nové věci, nedokázal ovšem ani on ani další fyzici integrovat do stávajících představ o elektromagnetismu (nepracovali totiž s myšlenkou elektronu), tak je sice hojně používali, ale nezabývali se popisem toho, jak vlastně fungují.

„Herz's dipole constituted a new kind of scientific object, one that was at once conspicuously absent from the analytical structure of the effect that it produces, and that was nevertheless physically present as an actual device in the laboratory. Among physicists the dipole never did become an object of great intrinsic interest or significance, because it did not, from their point of view, produce something altogether novel; it just generated, as it were, a kind of artificial light. Nevertheless, for physicists the dipole did serve as a useful tool, as a canonical source for electromagnetic radiation, and it was often inserted without much discussion into radiation calculations during the 1890s and early 1900s. For the evolving coterie of radio engineers during these years, the dipole constituted the sole material method for manipulating the new (and entirely artificial) electromagnetic spectrum. As such it was essential as a technological object, but it remained a tool that was to be used for the effect that it produced, and not itself an object of analysis. This character of Hertz's physics distinguishes it quite markedly from H. A. Lorentz's electrodynamics, which began to emerge in detail from the outset with microphysical entities, eventually with the electron, whereas Hertz never did...“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 582.

Následuje kapitola (nejdelší v celé knize) o výrobě vědeckých přístrojů mezi lety 1800-1930. Myslím, že ten důraz na řemeslnou a průmyslovou praxi je skvělý, i když i trochu obtěžující. V knize chybí větší propojení mezi kapitolami o přístrojích a kapitolách o vývoji fyziky jako takové. V každém případě objektivita fyziky, její základ jsou přístroje a aplikace. Kapitola začíná dělením přístrojů na vědecké, pedagogické, průmyslové a profesní (do těch posledních se řadí potřeby armády, které byly stále větší, zejména pak v souvislosti s první světovou válkou). Zaujalo mě, že až do poloviny, ba i déle, 19. století převládal model vysokoškolsky nevzdělaných řemeslníků s učedníky (od 12 let), dvanáctihodinovou pracovní dobou atd., přičemž tyto drobné firmy dokázaly vyrábět vysoce sofistikované přístroje. Poptávka po tomto sortimentu během zmíněného období výrazně rostla s rozvojem vědy, průmyslu, školství, ale i potřebami široké veřejnosti: teploměry, tlakoměry, divadelní kukátka. Firmy, produkující měřicí a experimentální techniku, vydávaly luxusní katalogy s fotografiemi a návody, účastnily se světových výstav, zadávaly reklamu do vědeckých časopisů.

Zhruba do konce 18. století jednoznačně dominovala světovému trhu Británie, pak se na její úroveň dostala Francie a po sjednocení Německa nastoupilo úžasnou cestu celkového vědeckého a technického rozvoje i dříve zaostalé Německo. V Německu začínají v 80. letech 19. století vycházet první odborné časopisy věnované vědeckým přístrojům, ale také v roce 1887 vzniká první státní organizace podporující přímou spolupráci výzkumu a průmyslu: Physikalische-Technische Reichsanstalt. Za tímto podnikem stáli Siemens a Helmholtz. Helmholtz byl ředitelem. Mezi lety 1860 a 1914 vzrostl počet studentů na přírodovědeckých fakultách desetkrát. Ale ještě k Francii: co bylo za jejím vzestupem? Jak se to projevilo?

„Economic expansion and industrial growth during the Second Empire, the development of a well-ordered educational system, the extensive European diffusion of lavishly illustrated French physics books and treatises, which indirectly advertised French instruments, and the various universal exhibitions, which attracted many potential clients to Paris, were some of the factors that certainly contributed to the startling success of the Parisian instrument industry. In 1860... there were 487 instrument-makers (compared with only about forty in 1800). (...) The total number of workers was 3,108 (2,494 men, 95 women, 508 apprentices, and eleven children). In the late 1870s the most important instrument firms generally employed no more than fifty workers, while only the producers of large-consumption optics such as spectacles, eyeglasses, and theatre binoculars employed several hundreds workers, in different workshops and factories. On average, more than the 30% of their production was exported, but for the most important makers this figure could rise to 60-70%. In the second of the century, exports, which largely exceeded imports (to a proportion which, depending on the year, could reach 10:1), was directed to England, Germany, Belgium, Spain, the United States, and to a lesser extent to other countries. The number of Parisian makers reached a peak of more than 500 in the early 1880s, and by 1900 their number had declined and was comparable to that of 1860. The golden age of French instrument-makers lasted until about the last decade of the nineteenth century, when the German precision industry began to break into the international market with all its power.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 613-615.

V Německu se v druhé polovině 19. století podařilo díky státní podpoře celého odvětví a vzdělání rozjet něco opravdu obrovského. Stalo se vědeckou a technologickou velmocí číslo jedna. Příkladem může být spojení technika Zeisse s fyzikem Abbem, kteří zadali sklářůvi Schottovi požadavky na výrobu různých druhů skla. Schott byl schopen takto vyvinout 80 různých druhů skel. Když se v Británii za války podařilo udělat nějakých osm druhů skel, byl to velký úspěch. Válka ukázala, že zejména v Británii stát zaspal, výroba byla zastaralá a neschopná. Reakce? Hodně se žvanilo, lakovalo na růžovo, byznys se snažil jet ve vyjetých kolejích, co to šlo. Skutečné zlepšení se povedlo až ke konci války a po válce, kdy byl zase problém, co s touto nadvýrobou přístrojového vybavení: firmy krachovaly, spojovaly se, hledaly odbyty v nových odvětvích výroby fotoaparátů, aut atd.

Za zmínku stojí ohromný růst USA na konci 19. století, ale americká podobně jako britská nebo francouzská (Francie byla druhým největším producentem optického skla na světě, ale i tak dovážela z Německa) spotřeba vědeckých přístrojů byla až do války silně závislá na Německu. USA se staly velmocí ve výrobě přístrojů až po první světové válce. Nejzoufalejší situace za války, pokud jde o produkci přístrojů, byla v Británii. Došlo to tak daleko, že obyvatelstvo bylo vyzváno, aby odevzdávalo své přístroje pro potřeby armády. Bylo takto vybráno 33 tisíc použitelných, otestovaných přístrojů. V roce 1915 vláda podepsala kontrakty na výrobu 150 tisíc nových přístrojů. Británie se dokonce snažila během války přes neutrální země dovážet přístroje z Německa, neúspěšně.

Ve Francii se podařilo během války zvýšit výrobu optických přístrojů ze 4 tun na 12 tun měsíčně. V USA v období 1917-1918 výroba optického skla, byť s nižší kvalitou než to standardní evropské, vzrostla z necelých 3 tisíc liber na téměř 80 tisíc liber. V kapitole je pojednána i výroba, ne v souvislosti s válkou, ale před ní, v Itálii, Španělsku, Rakousku, Švýcarsku, Skandinávii. V každém tom regionu byla nějaká solidní firma, v Rakousku pod vlivem vývoje v Německu, ale naprostou většinu fyzikálních přístrojů tyto země dovážely. Ostatně lze říci, že to, co udělaly Británie, Francie, USA za války, to bylo kopírování německého modelu, aby se vůbec zachránily.

„As far as scientific instruments were concerned, the DSIR (BC: vládní agentura pro vědecký a průmyslový výzkum) had to encourage companies and individuals to start specific programmes of research in strategic fields, such as aviation instrumentation, firing and sighting equipment or special photographic cameras. The DSIR also promoted the association of different firms for establishing common research centres. In 1916 the British Optical Instrument Makers Association was founded to organize and promote the activities of its members, protect their interests, maintain collaboration with the Ministry of Munitions and with other industries, and to improve technical education and apprenticeship. All these activities were performed quite efficiently if we consider that, despite an endless series of difficulties, the instrument industry was thoroughly transformed and modernized, and three years after the beginning of the war its production was more than ten times greater than it had been before war. Finally, during the war the government also refocused its attention on problems related to education and training of the staff needed for the precision industry. The long debate about the inadequacy of the British educational system, especially in technical and scientific fields (BC: Německo díky lidem jako Helmholtz bylo před Británií!), re-emerged... Various analyses and proposals (with much rhetoric) were presented and quite a lot of ideas were produced... Imperial College and the Northampton Polytechnic Institute... were two of the best candidates for hosting teaching courses at different levels related to optical design, lens computing, and so on. (...) But different opinions and approaches, bureaucracy, and difficulties in the practical organization of the teaching slowed down the realization of such a project. Finally, courses on technical optics started at Imperial College in 1918, and were a success.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 635-636.

Následuje kapitola o dějinách učebnic fyziky. Autorův výchozí bod je Thomas Kuhn, který po druhé vs. válce obrátil pozornost právě k učebnicím fyziky jako k nositelkám tzv. normální vědy (vs. revoluční věda), které mají studenty disciplinovat, indoktrinovat, aby dělali fyziku podle platných pravidel (paradigmatu). S tím na jednu stranu autor kapitoly souhlasí, na druhou stranu klade důraz na to, že učebnice fyziky jsou produktem kreativní činnosti.

Kromě toho namítá proti Kuhnovi, že ve výuce fyziky hraje roli mnohem více věcí než jen učebnice a že záleží na lokálním, dobovém kontextu. Zajímavé je, že učebnice fyziky v dnešním smyslu se zrodily v 19. století ze středoškolského prostředí. Středoškolští učitelé psali i univerzitní učebnice. Po revoluci 1789 došlo k mohutnému rozvoji tohoto žánru ve Francii a po vpádu Napoleona i v Německu. Francouzské a německé učebnice byly široce překládány a učilo se podle nich dlouho do 20. století (jejich nová a nová vydání byla ale aktualizována) i v Británii a USA. Učebnice fyziky z 19. století kladly velký důraz na přístroje, experimenty, dějiny fyziky, to se pak mění více až po druhé světové válce. V 19. století ve Francii tyto učebnice na univerzitách

sloužily zejména pro mediky, kteří měli fyziku povinnou a kterých bylo mnohem více než studentů přírodních věd.

V Británii v 19. století typický autor učebnice fyziky byl lékař. V Německu i ve Francii napsat učebnici fyziky bylo častým rysem učitelské kariéry na střední škole, jen některé takové učebnice se ale prosadily. Občas napsal učebnici i eminentní vědec, třeba Biot napsal hned dvě: jednu matematicky náročnou, druhou pro mediky. Na druhou stranu když v 50. letech 19. století hledali na univerzitě v Hiedelbergu profesora fyziky, vycházelo se z toho, že aktivní věda a psaní učebnic se vylučují, takže místo dostal Kirchhoff. Zajímavá je v kapitole také pasáž o tom, jak před druhou světovou válkou lze pozorovat na učebnicích fyziky stabilizaci kvantové mechaniky, nebo pasáž o tom, jak v USA v 60. letech byl jedním z motivů pro reformu vzdělávání Sputnik. V každém případě typická učebnice kuhnovského typu, tedy ta indoktrinační, bez dějin fyziky, je zřejmě až plodem období, kdy Kuhn začal formulovat a šířit své myšlenky. Což je samozřejmě zajímavý paradox. A samozřejmě to s působením Kuhna nesouviselo.

„Textbook physics emerged as a genre in the nineteenth century in the context of educational reforms that enlarged the publics for physics. Physics textbooks were both educational tools and vehicles for communicating knowledge of research physics. Introductory textbooks compressed all knowledge on physics in a single volume, and had a major role in fashioning of physics as a discipline. Writing an introductory textbook was not a simple matter, nor was it a skill all physicists possessed. Like research, it required practice and training. The publication of advanced physics textbooks favoured the development of mathematical physics. But the core of nineteenth-century textbook physics was characterized by its focus on the description of scientific instruments and machines, and experimental practices. This emphasis responded to the need to promote an emerging discipline. But in addition, it was connected to a conception of physics that favoured knowledge about instrument design, experimental practices, and „applied science“ over mathematical and theoretical approaches. Many nineteenth-century physics textbooks had a long and successful publishing history that continued into the early twentieth century (BC: v kapitole je zmíněna učebnice z 19. století, podle níž se v USA učilo ještě na konci 20. století!) and turned them into classics. However, their structure suffered, in general, from the disciplinary growth and mounting specialization of physics and from the death of their authors.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 665.

Následuje kapitola o vztahu fyziky a medicíny v 19. století. Autor se snaží ukázat, že nešlo o jednosměrný vztah, tedy o pronikání fyziky do medicíny, ale mnohé zásadní úvahy a objevy fyzikální se děly v kontextu medicíny, např. Meyer i Helmholtz byli lékaři. Helmholtz argumentoval proti existenci „vis vitalis“, tedy jakési živé síly, která je specifická jen pro živé organismy, a v neživých věcech není, argumentem, že by se jednalo o perpetuum mobile, které produkuje energii z ničeho. Vliv teorie o zachování energie a hlavně objevy v oblasti elektřiny byl v medicíně obrovský. I díky tomu, že lékaři nerozuměli matematice a aplikovali tyto fyzikální principy čistě kvalitativně a intuitivně (ačkoli povědomí o tom, že i v medicíně by se mělo kvantifikovat a měřit rostlo).

Jednak tyto aplikace pramenily z celkového pojetí lidského těla jako energetické rovnováhy, jednak to znamenalo mnoho teorií, jak léčit, např. o nervové činnosti někteří uvažovali jako o elektřině, takže různé aplikace elektřiny pro duševně nemocné, třeba hysterické ženy, byly běžná. Neexistoval ale konsensus a třeba v Británii oficiální postoj medicínské komunity k novotám byl negativní. Spory probíhaly také o to, zda terapeut v tomto případě má být spíše inženýr nebo lékař. Na základě energetických a elektrických teorií se dalo vysvětlit leccos, např. i to, proč jsou

ženy slabší a nesvéprávné pohlaví nebo proč masturbace škodí. Menstruace a masturbace byly chápány vědecky jako narušení energetické, a tedy i nervové, zdravotní rovnováhy.

„Some doctors specializing in women's diseases and nervous disorders generally argued that the conservation of energy dictated that only so much energy could be contained in a woman's body, and that diverting that energy from its proper path inevitably led to debilitation. The proper purpose of a woman's body energy was to be directed towards childbirth and nursing children. Proponents of the conservation of energy's role in their practices... argued that this was an immutable law of nature rather than a mere social convention. In an article ... he (BC: jeden z těchto lékařů) argued that if „it were not that women's organization and functions found their fitting home in a position different from, if not subordinate to, that of men, she would not so long have kept that position (BC: čili to, že ženy tak dlouho jsou podřízené mužem, je dáno přírodou, jinak by to tak dlouho nebylo možné)“. Women's subordinate role was dictated by the conservation of energy: „...it is not a mere question of larger or of smaller muscles, but of the energy and power of endurance of the nerve-force which drives the intellectual and muscular machinery; not a question of two bodies and minds that are equal physical conditions, but of one body and mind capable of sustained and regular hard labor, and of another body and mind which for one quarter of each month during the best years of life is more or less sick and unfit for hard work.“

Men's health was also at risk if they ignored the dictates of the conservation of energy.

Masturbation caused spermatorrhea by squandering energies that were best preserved, resulting in young men who were „highly nervous, and retiring to such a degree that it becomes noticeable by his friends and companions; he instinctively avoids the society of females, and feels a shame when introduced to them...“ The American doctor George Beard introduced a new word – neurasthenia – to describe the nervous state produced by the hectic urban life of contemporary industrial culture. Modern industrial man used too much nervous energy, resulting in epidemic of nervous disorders.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 687-688.

Oblast medicíny byla typicky v Británii a USA podrobena ostré tržní soutěži a zejména představy o nervových nemocech jako jakési nové epidemii moderního života, kterou lze léčit elektřinou, byly velmi rozšířené a zřejmě i zdrojem dobrého byznysu. Samozřejmě celé to stálo na vodě a šlo jen o víceméně šílené spekulace bez evidence.

Následuje kapitola o metrologii. Že měření, přesné měření, je pro moderní vědu zásadní, bylo historikům postupně stále jasnější, nicméně metrologie byla pojednávána tradičně nezávisle na fyzice. Přesná měření lze dělat i bez univerzálně platných jednotek, jejichž prosazení ale umožnilo mnohem snadnější srovnání experimentů a přístrojů napříč Evropou a světem. Hlavním motivem pro zavádění jasně definovaných, univerzálních jednotek byl centralizovaný stát a jeho byrokracie, tedy zabezpečení férového obchodu, efektivní výroby, společných standardů.

Fyzika hraje velkou roli při pokusech o definování metru a jednotky elektrického odporu. Pokud jde o metr, první pokusy tuto jednotku definovat ve Francii byly spojeny s délkou pohybu kyvadla, problém ovšem byl, že se zjistilo, že ta délka je jiná na rovníku a ve Francii. Tento objev zaujal Newtona a bylo jasné, že svědčí o tom, že tvar Země je nepravidelný: na pólech zploštělý. Osudy definování jednotky délky pak byly různé ve Francii, Británii a Německu. V Německu vznikla kolem metrologie svébytná kultura veřejného zacházení s chybou měření (Němci byli posedlí aplikací statistické metody nejmenších čtverců) a reprodukovatelnosti standardu. Když pak přejímají francouzský metr, tvrdí, že to dělají jinak a lépe než Francouzi.

V případě elektrického odporu šlo zejména o to, jak zajistit kabelem komunikaci přes Atlantik. To se totiž nedařilo a bylo jasné, že je třeba najít jednotku pro přesná měření. V kapitole je ale dobře zdůrazněno, že sice jednotky mají tento význam v objektivní realitě, ale stejně tak jsou produktem nějaké nahodilé historické situace, komunity, komunikace.

Zajímavá je také role morálky. Zpočátku bylo správné měření zejména chápáno jako výkon poctivého člověka. Ještě Maxwell kladl velký důraz na tento aspekt. Nebo když v Hannoveru docházelo k podrobnému přeměření místních jednotek, reálně to měl provést řemeslník, který to uměl, ale bdít nad ním měl Gauss, který zajišťoval důvěryhodnost. Teprve s větším rozšířením technologií došlo k tomu, že přesnost měření byla více otázkou technické praxe než morálky. Nejruznější propojení vědy, průmyslu, státu je v případě moderní metrologie dobře pochopitelné. Pro běžný život občanů ve spojitosti s metrologií byl zásadní stát a jeho dozor na měření, legislativní definice chyby, přesnosti atd. Velké problémy mohly nastat s aplikováním standardů, pokud šlo o velká impéria, např. zcela jiné pojetí kvality zlata v Británii vs. tradiční společnosti jižní Ameriky.

„Once a state sets standards of measurement, monitoring those measurements becomes integrated into the state's portfolio of administrative tasks, and so a part of its power... Legal metrologies spread precision in measurement, but they also coordinated behaviour and society... Yet power and coordination were achieved only after years of hard technical work. In a series of stellar essays, Ashworth... detailed how the state revenue initiatives, in particular the imposition of excise taxes, drove increasingly refined measuring procedures and instrumental modifications. The use of the hydrometer to determine alcohol content of spirits is a case in point. Measurements for alcohol content had to be corrected for temperature, and the proportion of alcohol in a mixture required the determination of specific gravity. Scientific corrections, intended to yield accuracy, did not always reign supreme because the hydrometer was also subject to the forces of trade, manufacturing, and national interest. Ashworth also pointed out that greater revenue did not necessarily follow from greater accuracy. The Hydrometer Act of 1817/1818 incorporated a conception of accuracy dependent upon legislation, community-determined tolerance in measurement, and technical skills in managing the instrument.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 713.

Následuje kapitola o tom, co je to klasická fyzika. Autoři nejprve ukazují, jak nejistě a neurčitě se tato dichotomie rodila. V roce 1911 Planck mluví na Solvayově konferenci o klasických teoriích a snaží soustředit pozornost na nové, kvantové, pojetí fyziky jako na téma pro budoucnost. V Británii je to dokonce až v roce 1927, v přednášce Eddingtona o vztahu vědy a náboženství: Eddington se snaží laické audienci vysvětlit, co se děje ve fyzice, ale není si jistý, co by vlastně měla být ta klasická fyzika. Ostatně co znamená pojem „klasická“? Proč neříci raději „vyvrácená“? Klasické je něco stále platného. A v jakém smyslu platného? Eddington chápe klasickou fyziku jako fyziku inspirovanou Newtonem. Ještě na konci 19. století mohla být za moderní fyziku považována Maxwellova fyzika. Kapitola se pak věnuje třem velkým tématům. Předně teorie éteru, pak kontinuita fyziky v oblasti průmyslu a nakonec kontinuita experimentální praxe ve Francii. Musím říci, že jsem dosud nikdy neměl pocit, že jsem v nějaké knize tak blízko mému základnímu pohledu na vědu. Autoři kritizují, že se klade tradičně příliš velký důraz na teorie, zatímco fyzika funguje zejména prakticky, experimentálně. V souvislosti s průmyslem uvádějí mnoho příkladů (od parníků a entropie až

po speciální teorii relativity a záření černého tělesa), jak zásadní teoretické problémy a objevy intimně souvisely s průmyslovou praxí.

Zajímavé také je, že jak teorie relativity, tak kvantová teorie měly hned vazbu na technické a průmyslové aplikace.

Ale nejprve éter. Předně: slavný pokus Michelsona a Morleyho neměl žádný význam pro konec éterové teorie. Tento pokus byl interpretován různě a neplynulo z něj nic jasného. Skutečný problém je jinde. Co vlastně znamenal éter pro fyziky 19. století? Faraday o něm pochyboval, existují příklady z technické praxe, kdy byl fyziky odmítán jako úplný nesmysl, popření technické reality (William Preece). Pro maxwelliány byl éter předpokladem jejich matematické fyziky. Autoři ukazují, jak studenti na Cambridge byli řešením této matematické teorie vedeni k tomu, aby v éter věřili. Ale autoři se ptají: co je víra v éter? Existuje jasná dichotomie víry vs. nevíry? Maxwelliáni se záměrně vyhýbali otázkám, jak éter interaguje s hmotou, zejména otázce, jak vede elektrický proud. Věděli, že to je problém, ale nechtěli jej řešit. Neměli ani jak. Vystačili si s hydrodynamikou. S hypotézou éteru se dalo teoreticky pracovat. Existovaly způsoby, jak ji upravit, aby byla v souladu se speciální relativitou. Její problémy, které ji pohřbily, pocházely z ní samé.

Právě když se Larmor, který chápal éter jako „absolutní rámec reference“, snažil na základě hydrodynamiky vyřešit pomocí éteru vedení elektrického proudu ve vodičích, musel teorii modifikovat tak, aby – z matematických důvodů – postuloval existenci částic elektřiny, kladných i záporných, kterým říkal elektrony. Tím začal pád celé teorie. Co bylo vlastně výsledkem? Citují: „No experiment ever disproved the existence of the electromagnetic ether, even for Einstein. It simply became marginal to the work of most physicists and engineers.“ A co píšou autoři o populární víře v to, že Michelson-Morleyho pokus měl nějaký význam? „The supposed failure of Michelson and Morley to detect this ether have been simplistically identified in some naive accounts as a crucial experiment that enabled the straightforward adoption of the theory of special relativity...”

Nyní pár citací k tomu průmyslu a jeho vlivu na vznik teorie relativity a Planckova průlomu v popisu záření absolutně černého tělesa.

„Galison observes that Einstein was „not only surrounded by the technology of coordinated clocks“, but also located in one of „the great centres for the invention, production and patenting of this burgeoning technology“. Another source of demand for coordinated clocks was provided by the electrical power industry... Einstein was the son and nephew of electrical engineers who made domestic electricity meters. These meters incorporated two initially-synchronized clocks running at different speeds, which became a motif in Einstein's illustrations of the time-dilating effects of near-light-speed travel. (...) David Cahan has described how Planck's research was undertaken between 1893-1901 at the Physikalische-Technische Reichsanstalt (BC: PTR) in Berlin with the financial support of the German state and the Prussian industrialist Werner von Siemens. This support was premised on the study's relevance to the design of efficient electrical incandescent lighting, but ended up producing unanticipated insights into thermodynamics. The large-scale institutional resources made available by the vast PTR enterprise provided Planck with the mass of observational data that posed such a challenge to conventional views of radiation.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 740-741.

Ve Francii v 19. století, zřejmě pod vlivem pádu Laplaceova programu, převažovala jednoznačně fyzika experimentální (pokud někdo dělal teoretickou, byli to matematici) s tím, že realitu nelze poznat a je třeba se soustředit na makroskopické popisy výsledků experimentů. Tou nepoznatelností reality je myšleno odmítání existence atomů, iontů, prostě částic, čili Laplacevo dědictví. Tím francouzská fyzika byla velmi odlišná od německé a zejména britské, kde J. J. Thomson pracovat s částicovou interpretací Röntgenova záření a se strukturou atomu. Do francouzské fyziky tento trend přišel až později s Curieovými, s de Brogliem atd. Ale až do 30. let 20. století bylo citelné, že jde o jiné mentální prostředí, než je to britské nebo německé. Francouzský příklad ukazuje, jak anachronické je vnášet do reálných dějin fyziky přelomu století dělení na klasickou a moderní fyziku. Ten skutečný spor o metafyzický výklad fyziky neměl ve Francii žádný smysl.

Celá kapitola končí krásným navázáním na Kuhna: Kuhn tvrdil, že učebnice fyziky dělají vědeckou revoluci neviditelnou, na druhé straně de facto propagandistický vynález klasické fyziky je pokusem starou, vyvrácenou fyziku vyzvednout do klasického postavení. Neznamená to ovšem, řekl bych, že tím je Kuhnova teze vyvrácena.

Následuje kapitola o statistické mechanice. Začíná to celé otázkou, jak vlastně interpretovat teplo. Postupně se u Clausia a Maxwella prosazuje tzv. kinetická teorie hmoty, které dokáže elegantně spojit teplo s jeho mechanickými účinky v parním stroji. Teplo je prostě dáno pohybem částic. Tento pohyb částic je pohyb mechanický a dát se zpracovat matematicky na základě tzv. ekvipartičního teorému, který tvrdí, že energie částic je rovnoměrně rozprostřena v celém systému částic (třeba plynu). Tento předpoklad ovšem, jak dnes víme, neplatí univerzálně a hrouť se tam, kde realita vykazuje kvantové jevy. Na Maxwella pak navázal Boltzmann a rozvinul tuhle teorii dále. Problém byl v tom, že klasická mechanika je vratná, zatímco tyhle termodynamické systémy vratné nejsou.

Maxwell to demonstroval myšlenkou démona: když smícháme plyny s různými teplotami, dojde k vyrovnání teplot, ale pokud démon bude schopen pustit z jedné části místnosti do druhé jen částice s určitou energií, bude schopen vrátit systém do původního stavu rozdílných teplot. Jak se s tím vyrovnat? Boltzmann se snažil to řešit pravděpodobností. Připouštěl, že existuje nesmírně malá pravděpodobnost, že dojde samovolně ke snížení entropie. Boltzmann se příliš držel mechaniky a nedokázal docenit, že částice se mohou chovat jinak, než jak požaduje klasická mechanika. V roce 1902 Gibbs vybudoval obecnou teorii statistické mechaniky bez vazby na konkrétní fyzikální problémy. A v letech 1902-1904 Einstein sepsal své první vědecké články, které úplně obracejí Boltzmannovu perspektivu.

Einstein už ovšem vychází z Planckova přelomového objevu, že záření absolutně černého tělesa porušuje ekvipartiční teorém (tzv. ultrafialová katastrofa), čili že klasické mechaniky je třeba se vzdát. Odtud pak Einstein dospěl ke své interpretaci fotoefektu, tedy tezi, že světlo samo je kvantováno, ale také své interpretaci Brownova pohybu (první důkaz existence atomů). Zdá se, že jeho články z let 1902-1905 byly jen submitovány, zatímco první publikované jsou opravdu až ty z roku 1905. Není tak divné, že to byl zřejmě Planck, kdo stál za tím, že tyhle články bezvýznamné mladé nuly z Bernu vyšly v prestižním fyzikálním časopise a změnily svět.

„What distinguished Einstein from his predecessors was a difference of emphasis which turned out to be most consequential. Boltzmann, for instance, had displayed his ability to retrieve the macroscopic laws of thermodynamics and played down the departures from these laws that the molecular structure of matter implied. Einstein did reverse. He wanted to use statistical mechanics to prove the molecular structure of matter and to probe the non-classical structure of radiation. For this reason, he focused on the fluctuations around equilibrium that were negligible for Boltzmann and inexistent for Planck. (...) In 1905 his analysis of Brownian motion showed how fluctuations

could become observable on mesoscopic systems such as smoke particles. At the same time, he inverted Boltzmann's relation in order to explore unknown aspects of the dynamics of microsystems. This is how he arrived at the light-quantum hypothesis. Whereas Maxwell and Boltzmann meant to provide a mechanical foundation of thermodynamics, Einstein used statistical mechanics to question this foundation.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 785.

Následuje kapitola o teorii relativity. Poté co se v teorii elektromagnetismu prosadil elektron, tematika se přestěhovala z Británie do Nizozemí. Cílem měla být redukce veškeré fyziky na teorii elektromagnetismu, a to i v souvislosti s objeveným principem $E = mc^2$. To bylo už před Einsteinem. V tomto oboru vynikli zejména Lorentz a Abraham. Z pohybu elektronu (elektrodynamika) podle této teorie vyplývaly zvláštní důsledky, zejména kontrakce délek v souvislosti s rychlým pohybem těles. Lorentz měl za to, že k vyřešení těchto problémů je třeba zkoumat éter, Abraham zase měl za to, že zkoumat je třeba elektron. Einstein si naopak všiml, že problémy mohou souviset s mnohem obecnějším principem, principem relativity, tedy popisem pohybu obecně. Tématu věnoval roky práce (zhruba od svých 20 let), ale průlom udělal až v roce 1905, a ihned jej publikoval.

Šlo o to, jak smířit princip relativity, který původně znamená Galileovy transformace (podle těchto transformací se světlo, kterým svítí automobil, pohybuje vzhledem k povrchu Země rychlostí světla + rychlostí automobilu), a z teorie elektromagnetismu plynoucí princip konstantní rychlosti světla (tedy rychlost světla pohybujícího se automobilu je vždy stejná). Průlomová myšlenka byla v definování času a současnosti. Šlo o to, že samotný čas je relativní. Stalo se tedy to, že Lorentzovy transformace, odvozené z elektromagnetismu, nahradily Galileovy transformace. Jinými slovy řečeno: nejen kontrakce délek, ale i dilatace času byla nyní reálným jevem. Lorentze to ovšem nepřesvědčilo, ačkoli musel uznat, že odvození jeho rovnic z principu relativity kombinovaného s principem konstantní rychlosti světla je mnohem jednodušší než to jeho odvození.

Zajímavější je role Henri Poincarého, který stejně jako Einstein chápal, že problém elektromagnetismu souvisí s fundamentálním pojetím prostoru a času, s jejich relativitou (představa, že veškerý pohyb je relativní a že prostor není absolutní, je ale představa hodně stará). Poincaré nedotáhl tuto myšlenku do konce, resp. ani po formulaci teorie relativity nebyl ochotný ji přijmout a považoval ji, podobně jako později Einstein kvantovou mechaniku, za něco, co sice odpovídá měřením, ale není to uspokojivé.

Einstein publikoval v roce 1905 dva články o teorii relativity: jeden se týkal elektrodynamiky, tedy nového pojetí principu relativity, druhý se týkal ekvivalence $E = mc^2$, kterou Einstein osvobodil od kontextu elektromagnetismu a udělal z ní obecný princip fyziky. Problém s teorií relativity byl ale v tom, že nebyla pořádně testovatelná. Einstein s ní nesklidil žádný velký úspěch, naopak zdá se, že pozdržela jeho Nobelovu cenu. A navíc tu byl zásadní problém: teorie relativity byla v rozporu s Newtonovou teorií gravitace. Proto Einstein hned od roku 1907 intenzivně pracoval na obecné teorii relativity. Cesta to byla velmi komplikovaná a občas se zdálo, že to vzdá. Obecná teorie relativity je čistě Einsteinův konstrukt, ale potřeboval pomoci s matematikou. Klíčovou myšlenkou (z roku 1907) je princip ekvivalence gravitace a zrychlení. Pak myšlenka zakřivení prostoru v důsledku působení gravitace.

Potřeboval pomoci s tím, jak tohle matematicky formulovat. Jednak geometrie zakřiveného prostoru (jeho přítel Grossmann jej seznámil s Riemanovou teorií), jednak prostoročas (Minkowski) a nakonec z toho udělat jednotnou matematiku, s čímž mu pomohl Hilbert (jsou spory o to, kdo byl první, zda Einstein nebo Hilbert).

Paradoxní je, že jedním z hlavních motivů na této extrémně složité cestě byl pro Einsteina tzv. Machův princip, tedy přesvědčení, že prostor není něco samo o sobě, ale je dán jen vztahy objektů. Einstein se toho držel tak pevně, že kvůli tomu zavedl představu vesmíru, která byla fatálně chybná, což sám pak uznal. Rozhodně obecná teorie relativity, tedy představa, že gravitace zakřivuje prostoročas, je chápána dnes jako něco, co podporuje odmítnutí Machova principu. Einstein měl také nakonec štěstí, pokud jde o experimentální testy obecné gravitace. Štěstí v tom, že přišla první světová válka a zhatila testování teorie, která ještě byla v chybném stavu. Postupně se ukázalo, že všechny tři základní predikce, zejména tvar dráhy Merkuru, kterou Newtonova teorie nedokázala predikovat, a zakřivení světla v blízkosti Slunce, byly správné.

V kapitole je položen velký důraz na zcela výjimečný přístup Einsteina k fyzice jako takové: univerzální rozhled (proti už tehdy běžné specializaci), lpění na základních principech (které většina fyziků, včetně Galilea, byla ochotna obětovat pro řešení nějakého marginálního problému) a odvaha, nebo spíše jakási vnitřní nutnost, jít vlastní cestou bez ohledu na to, co dělají ostatní. Einstein byl ovšem už od svých dvaceti let velmi sečtělý ve fyzikální literatuře své doby. Ostatně je fascinující, že už jako dvacetiletý měl potřebu řešit – a tedy chápat – základní problém elektromagnetismu. Nyní citace ke srovnání Poincarého a Einsteina:

„One could argue that the relation between Einstein and Poincaré is similar to that of Einstein and Planck. Just as Einstein built upon the most radical of Planck's ideas, in an even more daring and radical way, so Einstein took (or independently reformulated in some cases) the more radical opinions of Poincaré on the relativity of space and time, and took them seriously in a more consistent radical way. (...) Just as it was Newton's genius to show how the principles of the new physics could be given a precisely mathematical form, so it was Einstein's genius to show how the longstanding aspiration of a truly relativistic physics could be realized in a precise and consistent way, and in a way which solved a number of important outstanding problems in physics.

Another analogy we can draw is between Poincaré and the later Einstein who turned his back on quantum mechanics. Just as Einstein's contemporaries could not comprehend why Einstein would reject quantum mechanics when so much of the theory appeared to vindicate every argument about the old quantum theory he had made throughout his career, so we read Poincaré's statements on relativity theory and find it hard to understand why Poincaré should not have embraced relativity theory even in advance of Einstein. But the truth is that both men drew back from the full implications of these theories whose forms they appeared to have drawn in outline. For instance, Poincaré referred to Lorentz's theory, which we now regard as quite close to the new theory which Einstein would propound as merely „the least defective“ amongst leading theories of the day because it merely „best accounted for the facts“... – a formulation which recalls Einstein's attitude to quantum mechanics that it was an incomplete theory which enjoyed the dubious virtue of appearing to coincide with the phenomena.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 797-798.

Následuje kapitola o kvantové mechanice. Celé to začalo tím, že Planck a Nernst pracovali na tom, jak zlepšit elektrické osvětlení. Planck tento výzkumný projekt využil k tomu, aby dokázal, že druhý zákon termodynamiky platí absolutně. Znepokojovalo jej, že Boltzmannovo částicové pojetí termodynamiky připouští, byť s extrémně nízkou pravděpodobností, že by tento zákon mohl být porušen. Řešení podle Plancka mohlo spočívat v tom, že se použije místo představy částic makroskopický pohled Maxwellova elektromagnetismu. Pracoval na tom několik let a dostal se k něčemu divnému: zkoumaný objekt, tzv. absolutně černé těleso, vyzařuje nespojitě. Einstein (nebudu diskutovat Ehrenfesta, který v tom hrál taky důležitou roli) ukázal, že Planckův výchozí předpoklad maxwellovského spojitosti je neslučitelný s jeho závěry.

Ve svém slavném článku z roku 1905, který je dnes znám hlavně kvůli interpretaci fotoefektu a za který Einstein dostal Nobelovu cenu, Einstein ukazuje, že světlo je nutné chápat jako proud částic, že to plyne z Planckova výzkumu a že takto lze velmi snadno vysvětlit fotoefekt (jev známý v té době desítky let, aniž by si s ním fyzici věděli rady). Podstatné je, že Einsteinova teorie chápala kvantově nejen záření, ale energii jako takovou. Fyzikální chemik Nernst pak dospěl k potvrzení této teorie právě v oblasti výzkumu tepelných kapacit. Nernst posléze přesvědčil belgického průmyslníka Solvaye, aby uspořádal v Bruselu konferenci na téma těchto radikálních změn ve fyzice. Stalo se tak v roce 1911. Poincaré se vracel z konference s nadšením pro kvantovou fyziku, Einstein byl naopak zklamán, protože se nesetkal s ničím, co by podle něj problém posouvalo dopředu.

Průlom měl přijít od někoho, kdo pozván nebyl: od tehdy pětadvacetiletého Bohra, který v roce 1911 obhájil v Kodani svou dizertaci na téma Lorentzovy teorie elektronu. Bohr pak byl na stáži v Anglii, kde pod vlivem J. J. Thomsona a Rutherforda začal pracovat na struktuře atomu. Jeho motivací bylo vysvětlit periodicitu v chemické tabulce prvků. A pak začíná velmi nepřehledný vývoj, kdy se Bohr a hlavně Sommerfeld snažili zhruba do roku 1925 definovat pohyb elektronů v atomu tak, aby to odpovídalo experimentům v oblasti spektrálních čar prvků a také v oblasti chemického chování (to bylo typické pro Bohra). Bohr stál na začátku myšlenky, že energie elektronu, tedy jeho pohyb, musí být v atomu kvantován, že tam musí být něco, co brání jeho pádu do atomového jádra, což by podle teorie elektromagnetismu mělo nastat okamžitě.

Rozdíl mezi přístupem Bohra a Sommerfelda byl filozofický. Sommerfeld se snažil postupovat podobně jako Kepler a využít všechny nástroje známé fyziky k tomu, aby zkonstruoval model dráhy elektronů tak, aby to bylo v souladu s novými a novými objevy v oblasti spekter (vědělo se, že spektra, která atom vyzařuje, resp. pohlcuje, souvisí s tím, jak elektrony tuto energii absorbují nebo vyrazují a že jde o nespojitý děj). Sommerfeldův model byl tedy založen na přesných matematických modelech. Naopak Bohr postupoval intuitivně a na základě svého těžko pochopitelného principu korespondence mezi kvantovými a klasickými jevy. Nemůže být pochyb o tom, že tento způsob Bohrova myšlení byl docela úspěšný, i když bez silných fyzikálních argumentů. Do celého výzkumu velmi výrazně vstoupili Pauli a Born. Hlavní problém, jak víme dnes, byl ovšem v tom, že elektron byl chápán jako částice pohybující se v atomu po dráze. Teprve překonáním této představy došlo ke zrodu moderní kvantové mechaniky

„The point here is not to adjudicate the question of who was „right“ in speaking of a crisis (BC: řeč je o situaci ve kvantové fyzice kolem roku 1925, kdy různí fyzikové cítili situaci různě). It is, rather, to note that historians should pay more attention to where and why some physicists came to see quantum physics as being in a critical juncture in 1924/25. Doing so brings a somewhat obvious point into sharp relief: it was precisely where researchers were working under the assumption that classical physics should provide insight and a guide for quantum problems that the situation seemed most dire. For the most part, the problems of theoretical spectroscopy in the 1920s had no classical analogues. In any case, Sommerfeld's emphasis... intentionally side-stepped the question of the applicability of specific classical models. Born's programme in Göttingen, by

contrast, sought to apply the perturbative methods refined by astronomers and mathematical physicists working on problems in celestial mechanics to ever more complex „planetary“ models of the atom. It was this classically rooted programme that stumbled on perhaps the simplest problem after the solution of the hydrogen atom. Bohr's approach, meanwhile – based on the artful application of the correspondence principle – acknowledged both the necessity and the fundamental inapplicability of classical approaches to quantum problems. Fittingly, he seems to have been rather less troubled than Born at „the fundamental failure of the laws of mechanics in describing the finer details of the motion of systems with several electrons“.

Born's response to the inadequacies of celestial physics as applied to polyelectronic atoms was to formulate a new, explicitly quantum, rule. Classical physics used differential equations to describe continuous processes; in quantum mechanics these would be replaced by difference equations. The discontinuities of quantum jumps between stationary states would be built into the mathematical bedrock of the new mechanics. This mathematical manoeuvre would be central to Heisenberg's *Undeutung* (reformulation) of quantum theory, yet the set of problems that led the 23-year-old toward what would become known as „matrix mechanics“ were not those of quantized celestial mechanics. Nor, indeed, were they the problems of theoretical spectroscopy. Instead, they involved the attempt to deal with a problem that found one of its first explanations in the work of Isaac Newton: the dispersion of light.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford University Press 2017, str. 837.

S odkazem na Einsteinovo chápání současnosti ve speciální relativitě se Born a Jordan vyjádřili v tom smyslu, že přírodní zákon lze stavět jenom na tom, co je skutečně pozorovatelné a měřitelné. Heisenberg se pokusil o novou matematiku postavenou na tomto principu, kterou pak Born a zejména Dirac dovedli do vylepšené podoby. Diracova verze kvantové mechaniky nakonec překonala i filozofický spor mezi kvantovou a vlnovou mechanikou a dovedla v roce 1930 matematicky celou teorii do její zralé podoby.

Jak ale vznikla vlnová mechanika? Schrödinger měl v roce 1926 už téměř 40 let, zatímco Pauli, Dirac, Jordan, Heisenberg měli 24-26 let. Schrödinger se k problematice kvantové fyziky dostal poměrně pozdě a základní průlom udělal přes Einsteina. Ten totiž v roce 1924 přeložil a zaslal k publikaci pojednání mladého Inda Boseho (1894), který zformuloval takový statistický popis chování částic plynů, jenž umožnil chápat plyn jako vlnění. Einstein na to hned navázal a princip zobecnil: vlnění, světlo, se může chovat jako částice (fotoefekt) a částice se mohou chovat jako vlnění. Odkázal přitom na dizertační práci de Broglieho (1892), který jinak dokazoval totéž. De Broglie později dostal za svou dizertaci Nobelovu cenu.

Schrödinger se pokusil pomocí vln interpretovat dění v atomu a ke svému úžasu dospěl k takové matematické formulaci, která odpovídala experimentům a zároveň nepotřebovala vycházet z kvantového pojetí hmoty. Tato rovnice vstoupila do dějin jako Schrödingerova rovnice. Palčivou otázkou bylo, jaký má fyzikální význam. Co je vlastně to *psi*, které lze rovnicí spočítat. Schrödinger si myslel, že jde o hustotu elektrického náboje, tedy o něco fyzikálně reálného. Born ale později jasně ukázal, že jde o hustotu pravděpodobnosti výskytu elektrického náboje. Samozřejmě tato rovnice vzbudila velký rozruch mezi zastánci kvantové mechaniky v Kodani i v Gotinkách. Bohr si pozval Schrödingera do Kodaně, kde se s ním pohádal o to, zda má smysl se úplně vzdát kvantování. Bohr nicméně postupně začal připouštět, že vlnový princip nelze odmítnout a že jej je nutné chápat jako komplementární ke kvantovému. Jinými slovy: samotné měření má vliv na to, jak se realita projevuje, tedy když světlo podrobíme fotoefektu, uvidíme kvantové chování, když ho necháme difraktovat, uvidíme vlnové chování.

Heisenberg se snažil vlnový přístup ve své formulaci slavného principu neurčitosti ignorovat, svůj článek poslal bez Bohrova vědomí do vědeckého časopisu, a pak došlo mezi nimi k hádce právě o nutnost uznat vlnový přístup. Heisenberg dlouho vzdoroval, dokonce plakal, ale nakonec ustoupil. Bohr pak oznámil tzv. kodaňskou interpretaci kvantové mechaniky, stojící na principu neurčitosti (nelze získat zcela přesné informace zároveň o poloze i hybnosti částic, např. elektronu) a principu komplementarity.

Když si ovšem vezmu, co všechno jsem četl v těch dějinách fyziky, nezdá se mi to tak zásadní a revoluční, jak to bylo pro fyziku té doby. Einstein se s tím třeba nikdy nedokázal smířit. Obecný princip, že přesnost má smysl jen do té míry, do jaké lze predikovat pozorovatelné jevy, nebo že síla predikce má přednost před intuitivní pochopitelností, se mi zdá velmi silně přítomný už v Newtonově programu moderní fyziky. Nakonec se mi docela líbí tato formulace (citace níže), protože ten problém je opravdu spíše se západní filozofií než s tradicí fyziky. A pokud fenomény nejsou nezávislá, objektivní realita, není to přece překvapivé po Kantovi ani pro západní filozofii. K objektivní realitě samozřejmě přístup máme, totiž přes experimenty, techniku, průmysl. To je to, co v celých dějinách západní filozofie chybí, že to není intelekt, ale ruce, co sahá po realitě, že realita nejsou pojmy, intelektuální konstrukce, ani pozorování.

„Like Heisenberg he (BC: Bohr) emphasized the havoc that the new physics created for some of the most basic tenets of Western philosophy. One could no longer speak, for example, of a divide between an observer and the observable world: „an independent reality in the ordinary physical sense can neither be ascribed to the phenomena nor the agencies of observation.“ One could no longer speak, even in principle, of a completely causal universe. When Laplace could once imagine a Being able to predict the future by knowing the present state of all matter (BC: jenže to jde o hmotné body a absolutní přesnost jejich poloh, což je prostě už samo o sobě zcela mimo realitu) and the laws governing its future development, Bohr and Heisenberg noted that the first piece of knowledge was limited by the uncertainty relations. One could define a system mathematically and leave it unperturbed or one could observe and hence alter it, but one could not do both simultaneously. Observation and definition were complementary. Related to this complementarity was another: that between wave and particle. In mathematical term sone could speak of wave and particle models as interchangeable. Yet in physical term sone could not speak of phenomena without detailing the experimental apparatus applicable for measurment of such phenomena. And insofar as such apparatus realized any given model of reality, it excluded the realization of any other model. How one designs an experiment, as an observer, conditions that which is observed. And one requires different, mutually exclusive, experimental set-ups in order to capture reality in its entirety (BC: entirety of reality je podle mě zbytková metafyzika, něco, co nedává žádný smysl, fantasmagorie).“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 850.

Následuje kapitola o křemíkových technologiích. Dvě zásadní věci na úvod: 1. nikdo si v roce 1920 ani ve snu nedovedl představit, jak polovodiče změni svět, 2. my bychom právě dnes velkou revoluci v technologiích potřebovali, potřebovali bychom tak účinné technologie při zacházení s energií, při její výrobě atd., jak si to dnes nikdo neumí představit. Jak se to stalo s těmi polovodiči? Může to být poučné i pro nás. Kapitola je velmi podrobná a dává si záležet na zdůraznění všech důležitých aspektů v různých fázích celého asi 50 let trvajícího procesu. Některé dlouhé pasáže jsou spíše dějinami podnikání než dějinami fyziky.

Celé to začalo (pomineme Hertzův objev elektrických vln a vynález rádia) na německých univerzitách, kde byla kvantová mechanika použita pro popis toho, co se děje ve vodiči, když vede proud. To je přesně to, s čím si nevěděla rady Maxwellova fyzika. Toto teoretické poznání

bylo pak aplikováno v Bellových laboratořích v USA, tedy v soukromé firmě, která nechávala svým vědcům úplnou volnost, čili objev tranzistoru nebyl ani zde plodem aplikovaného výzkumu. Došlo k tomu v roce 1947 a v roce 1955 za to dostali tři vědci z Bell Nobelovu cenu. Jeden z nich byl šéf, jenž udělal na celé věci nejméně, ale cítil se ukřivděn, že nedostal Nobelovu cenu sám.

Šlo prý o velmi ctižádostivého a tyranského člověka. Aby ukázal světu, že on je ten, kdo dělá velké objevy, vyvinul mnohem lepší typ tranzistoru a založil si vlastní firmu, která ovšem z důvodu jeho osobních vlastností moc dlouho nevydržela. Z lidí, které pro svou firmu našel, ale vzešel další pokrok. Aplikace polovodičů nebyly zprvu moc zřejmé. Tranzistorové rádio bylo sice vynalezeno už roku 1955, ale kvůli ceně i zvyklostem o ně nebyl zájem. Tedy kromě vědy a inženýrství bylo třeba vzít v potaz zájmy zákazníků. Hlavním zákazníkem byla zpočátku armáda. Její poptávka se zásadně v čase měnila a byznys potřeboval mnohem širší klientelu.

Směrem k tomuto cíli byly udělány dva revoluční kroky: integrovaný obvod a mikroprocesor. Integrovaný obvod vymyslel člověk ve firmě Texas Instruments, který nebyl vědec ani inženýr, byl venkovského původu, ovšem byl nadšený radioamatér a uvažoval na úrovni tradičního řemesla a geometrického vtěsnání komponent na malou plochu. Mikroprocesor byl zase spojen s člověkem, který chtěl vyhovět ve firmě Intel přání jednoho japonského zákazníka a rozhodl se propojit tranzistory na základě logického spojení. Ti lidé, kteří v tomto byli mimořádně invenční, často měnili zaměstnání, zakládali a opouštěli firmy a hlavním důvodem jejich neklidu byl pocit, že prostředí, ve kterém jsou, se pohybuje příliš pomalu dopředu.

Čili abych to shrnul: spojení revoluce ve fyzice a invence v inženýrství a podnikatelské potřeby prodávat nové technologie a měnit svět proměnilo celou naši společnost k nepoznání. Velkou roli hrály armádní zakázky, ještě větší svobodná invence poměrně malé skupiny nezávislých lidí a jejich potřeba hnát se dopředu za něčím novým a lepším v rámci podnikatelského prostředí a zisku.

„Kilby came from a rural background and possessed very little technical training... More relevant to his way of working, rural-raised Kilby had been an amateur radio enthusiast since his youth, and he enjoyed a kind of intuition for electronics. In this respect he is reminiscent of the earlier generation of electronics pioneers based in California. At Texas Instruments he was nevertheless attached to a research and development group, where he earned reputation as a clever, hard-working employee. In a self-established and entirely unannounced personal project, he set out to look for a simpler and more robust way to associate the often myriad components involved in transistor circuits. He developed the idea of integrating all components onto a single board, where each element is in electrical contact with appropriate neighbours. This entailed a kind of intuitive appreciation of geometric relations and logic of economical spacing. Knowledge of electronics was secondary here. It is instead intuition and hand-skill that counts – what can reasonably be done with components in the confines of a given space? This comprises a very special category of combinatorial (BC: zvláštní terminus technicus autora kapitoly pro označení kombinace různých zájmů, schopností, kontextů) quite distinct from the high physics of semiconductor physics! (BC: toto je asi jediná kapitola v celé knize, kde jsou využívány vykřičníky).“

„It was in the course of frustrated discussion with a Japanese client, the Busicom company, that Hoff (BC: měl PhD ze Stanfordu v oboru elektroniky a neuronálních sítí) conceived the microprocessor – a technology that he described even at that time as a „computer on a chip“. The client called for a device with 40 leads. This was expensive, and possibly not very robust. Moreover, Hoff saw that the device was complicated because it did not efficiently employ its write/memory capacity. Noyce (BC: Hoffův šéf) authorized Hoff to pursue his design inclinations, and this led to the birth of the Intel 4004 microprocessor that was first marketed in 1971-72. The inaugural processor bundled 2,000 transistors onto a single chip...“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 878 & 882.

Následuje poslední kapitola: o kosmologii. Kosmologie jako disciplína existuje zhruba od 70. let 20. století. Ale už v druhé polovině 19. století bylo fyzikům jasné, že lze empiricky zkoumat vesmír. Astronomové to zpočátku moc nezajímalo, protože jejich disciplína byla čistě deskriptivní. Nejdůležitější nástroj fyziky pro studium vesmíru je dodnes zkoumání elektromagnetického záření, které k nám z vesmíru přichází. Už kolem roku 1900 bylo možno takto celkem přesně odhadnout teplotu Slunce. Spektrální čáry taky umožňují analýzu chemického složení vesmíru, což hrálo pak zásadní roli v kosmologických úvahách. Důležitou roli v úvahách fyziků o vesmíru hrála i termodynamika: Helmholtz byl první, kdo vyslovil tezi, že z druhého zákona plyne, že vesmír skončí tepelnou smrtí (maximální možnou entropií) a že vesmír musí být časově konečný, protože jinak by k tepelné smrti už dávno došlo. Byl za to kritizován Machem a dalšími v tom smyslu, že druhý zákon nelze aplikovat na vesmír jako celek.

Einstein na základě obecné teorie relativity přišel s tezí, spíše filozofickou (sám nebyl spokojen s jejím empirickým obsahem), že vesmír je statický (samozřejmě čtyřrozměrný, zakřivený). Tento koncept postupně padl v souvislosti s Hubbleovými pozorováními mlhovin. Hubble dokázal, že mlhoviny nejsou v Mléčné dráze (ještě na začátku 20. století existovala vážně míněná teorie, že Mléčná dráha je celý vesmír) a hlavně (pomocí Dopplerova efektu) že se od nás vzdalují. Sám to odmítl kosmologicky interpretovat. Slučitelnost teorie relativity s expandujícím vesmírem přinesly i matematické články Rusa Fridmana, ale ten zase nespojil své argumenty s Hubblem. Propojení obou udělal belgický fyzik a kněz Lemaître. Ten došel dokonce tak daleko, že navrhl to, čemu dnes říkáme teorie velkého třesku.

Einsteinovi, ačkoli znal Fridmanovy i Lemaîtreovy články, nějakou dobu trvalo, než uznal, že vesmír expanduje. Teorie velkého třesku byla obecně chápána jako velmi bizarní a měla nádech teologické spekulace. Byl to jaderný fyzik Gamow, který se rozhodl vzít velký třesk vážně a vyvíjet teorii o složení vesmíru na samém začátku. Tyto teorie měly být testovány aktuálním poměrem chemických prvků ve vesmíru, zejména vodíku a helia. Mimo jiné ale z této teoretické práce vyplynulo (v roce 1948), že dodnes by mělo být, pokud je velký třesk realita, pozorovatelné tzv. reliktní záření, které by mělo naplňovat celý vesmír. Nebyla tomu věnována pozornost.

Reliktní záření bylo poprvé pozorováno naprostou náhodou v roce 1964 ve snaze zkoumat komunikaci s družicemi pomocí radiových vln. V roce 1978 za to byla Nobelova cena. Nešlo ale v pravém smyslu o kosmologický výzkum. Za první Nobelovu cenu za kosmologii se považuje cena z roku 2006, která se také týká reliktního záření. Co dodat více? Jak už bylo řečeno, od 70. let se stává kosmologie vědeckou disciplínou, vycházejí odborné časopisy, jsou psány učebnice atd. Problém temné hmoty a energie je živý už od 70. let a není dodnes vyřešen. Velký problém přinesl také objev, že rozpínání vesmíru akceleruje.

Úplně poslední stať knihy je věnována teorii strun a multiverza s odhadovaným počtem vesmírů deset na 500-átou. Vyznívá to jako silný kontrast ke střízlivé empirické práci s predikcemi a detekcemi. Jak autor uzavírá v posledních větách, kosmologie se zřejmě nikdy nezbaví dědictví filozofické spekulace. Nicméně zdůraznil bych, že empiricky v oblasti kosmologie bylo uděláno hodně a že detekce reliktního záření je vyloženě triumfem v Newtonově duchu. Stejně tak gravitační vlny nebo neutrino (o tom je v kapitole řeč). Jinak je ale kapitola o kosmologii velmi důkladnou lekcí, jak vědci ve své době zcela ignorují skutečně důležité objevy a jak imunizují své teorie tváří v tvář experimentům, které je vyvracejí. Na to je kladen velký důraz. Ale nejde o nic specifického pro kosmologii, viděli jsme to už u Laplace v jeho pokusech o záchranu svého programu z oblasti mikrofyziky.

„In early 1965, James Peebles... calculated the temperature of the hypothetical radiation to be about 10 K, and preparations were made in Princeton to measure the radiation. But before they got that far, they learned about experiments made by two physicists at Bell Laboratories.

Experimenting with a radiometer redesigned for use in radio astronomy, Arno Penzias and Robert Wilson found an antenna temperature of 7,5 K where it should have been only 3.3 K. They were unable to explain the reason for the discrepancy and only realized that the excess temperature – what they had thought of as „noise“ – was of cosmological origin when they saw a preprint of Peeble's work. The discovery of the cosmic background radiation, rewarded by the Nobel prize, was serendipitous, insofar that the Penzias-Wilson experiments were not aimed at finding a radiation of cosmological significance and not initially interpreted as such. It is also noteworthy that the discovery and interpretation were made by physicists. None of the discoverers of the microwave background – arguably the most important discovery in modern cosmology – were astronomers, nor specialists in astrophysics.“

Jed Z. Buchwald & Robert Fox (eds.): The Oxford Handbook of the History of Physics, Oxford University Press 2017, str. 909.