

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Disertační práce

**Filozofické reflexe Maxe Plancka
v období přerodu klasické a moderní fyziky**

Mgr. Veronika Nováková

Plzeň

2015

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta filozofická

Katedra filozofie

Studijní program Humanitní studia

Studijní obor Teorie a dějiny vědy a techniky

Disertační práce

**Filozofické reflexe Maxe Plancka
v období přerodu klasické a moderní fyziky**

Mgr. Veronika Nováková

Školitel:

prof. RNDr. Petr Vopěnka, DrSc. †

Katedra filozofie

Fakulta filozofická Západočeské univerzity v Plzni

doc. Dr. RNDr. Miroslav Holeček

Západočeská univerzita v Plzni

Plzeň 2015

Prohlašuji, že jsem práci zpracovala samostatně a použila jen uvedených pramenů a literatury.

Plzeň, 2015

.....

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především svému školiteli, prof. RNDr. Petru Vopěnkovi, DrSc. nejen za to, že mě přivedl k tématu „filozofa Maxe Plancka“, ale i za veškeré cenné rady, jež mi během psaní disertační práce poskytoval.

Současně chci poděkovat i doc. Dr. RNDr. Miroslavu Holečkovi, jenž mi byl po celou dobu psaní disertační práce cenným odborným konzultantem a nakonec, vinnou osudu, po úmrtí prof. RNDr. Petra Vopěňky, DrSc. i dalším oficiálním školitelem. Velmi si veškeré jeho podpory a pomoci vážím.

Obsah

1. Úvod	2
2. Planckovy klíčové životní milníky a filozofické stimuly.....	9
2.1. Planckův vědecký vývoj na pozadí osobních úspěchů i historických tragédií ..	9
2.2. Platnost kauzality.....	19
2.3. Determinismus anebo indeterminismus?	27
2.4. Námitky vůči pozitivismu	36
2.5. Fyzikální světoobraz jako přechod k zapovězené metafyzice	40
2.6. Existence svobodné vůle.....	50
2.7. Náboženství jako začátek i konec	56
3. Překlad vybraných přednášek.....	69
3.1. Jednota fyzikálního světoobrazu	69
3.2. Světoobraz nové fyziky	97
3.3. Pojem kauzality ve fyzice	125
3.4. Fyzika v boji o světonázor	141
4. Závěr.....	159
5. Anotace v anglickém jazyce	166
6. Anotace v německém jazyce.....	168
7. Seznam literatury.....	170

1. Úvod

Max Planck byl a je znám především jako exaktní vědec na poli teoretické fyziky, jehož význam a renomé snad není možné popřít. Tento znamenitý fyzik stál za zrodem moderní fyziky 20. stol. a patří mezi zakladatele kvantové fyziky, přičemž mnozí jej neváhají označovat dokonce „otcem kvantové hypotézy“. Svým objevem zákona vyzařování černého tělesa v každém případě navždy přispěl k absolutnímu přerodu klasické fyziky a svou kvantovou hypotézou i ke změně vnímání přírodních zákonů.

Je tedy nepopíratelné, že Planckův primární přínos tkví v jeho genialitě v rámci teoretické fyziky. Sám Planck však zřejmě cítil, že celý tento fyzikální obrat musí nutně v člověku vyvolat obrovské spektrum otázek, jež souvisejí se samotným bytím člověka v rámci této nově nastalé situace. Díky tomuto novému pohledu na svět se tak znovu otevřely otázky související s determinismem, kauzalitou, otázkou vnějšího a vnitřního pozorovatele a mnohé další. Současně získala na významu s tím související otázka víry, náboženství a existence svobodné vůle. A Planck proto neváhal notnou část své badatelské duše věnovat i těmto otázkám, a ponořit se tak do nitra filozofie.

Mezi dalšími fyziky nebyl Planck samozřejmě jediný, koho tento nový fyzikální obraz světa donutil nejen odborné veřejnosti nabídnout a někdy snad i trochu předeepsat svůj pohled vzniklý na základě těchto nových objevů. Mezi Planckovými kolegy je tak možné zmínit i další z fyziků, již se též zasloužili o přijetí nové kvantové fyziky, např. Albert Einstein či Erwin Schrödinger ale i mnozí další, kteří věnovali část své práce filozofickým reflexím reagujícím na svět nové fyziky. Žádný z těchto fyziků však filozofickým myšlenkám nevěnoval systematicky tolik prostoru jako Planck a přesto se zdá, že je tato skutečnost současnou vědeckou společností spíše opomíjena. Planckovy filozofické názory jsou z mého pohledu nedostatečně známy jak mezi dnešními vědci, tak současnými filozofy. Odkazy na jeho

filozofické práce jsou k nalezení pouze příležitostně a mezi českými autory téměř výlučně. Právě tato skutečnost tak podnítila vznik cílené disertační práce.

Záměrem předložené disertační práce je představit jednoho z dosud nejznámějších fyziků nové doby Maxe Plancka především jako filozofa. Filozofa, jehož názorové hledisko bylo dosud výrazně ovlivněno klasickou fyzikou, a jenž je proto nucen se v rámci nově objevených zákonů vypořádat se zcela novým pohledem na svět. Filozofa, jehož smýšlení bylo konfrontováno s filozofickými idejemi logického pozitivismu, směru, jenž v Planckově době získával na stále větším významu. Cílem však je též představení Plancka jako fyzika, filozofa i člověka, jenž byl vlivem historických zvrátů v jeho době nucen přestát obě světové války. Fyzika, jenž během těchto světových tragédií reprezentoval absolutní vědeckou špičku a byl proto nucen zaujmout stanovisko i v rámci této své oficiální vedoucí pozice. Člověka, jenž zažil i nejhorší z možných osobních tragédií, jemuž postupně zemřela první žena a čtyři z pěti dětí. Člověka, jemuž snad nikdy nedovolila podvolit se tomuto hrůznému osudu jeho neochvějná víra v boha.

Tato práce by měla ozřejmit, nakolik zmíněná Planckova filozofická či náboženská přesvědčení v kontextu historického vývoje doby, stejně tak v kontextu fyzikálních i filozofických smýšlení Planckových současníků z řad tehdejších znamenitých fyziků či filozofů převládajícího pozitivismu, by snad mohla či měla ovlivnit onen obrovský přerod klasické v moderní fyziku.

Přestože cílem této práce v žádném případě není analyzovat příčiny, jež vedly k samotné proměně fyziky, ani následné dopady, jež se díky přerodu klasické a moderní fyziky udály, je třeba pro pochopení následujícího textu alespoň ve stručnosti načrtnout ty zásadní, resp. alespoň ty, jež jsou nejdůležitější v kontextu s Planckem.

Planckův geniální objev souvisel s problémem tepelného záření absolutně černého tělesa, pro nějž byly díky Rayleighovu-Jeansovu zákonu

při dlouhých vlnových délkách a vyšších teplotách nalezeny dobré výsledky měření, ale tento zákon nicméně v oblasti kratších vlnových délek selhal. Na druhé straně zde byl Wienův zákon, podle kterého spektrální hustota intenzity vyzařování exponenciálně klesá s rostoucí teplotou. Pro tepelné záření však výsledky tohoto popisu nesouhlasily s měřením. Planckovi se podařilo nalézt formu zákona, který jako speciální případy obsahoval jak Wienův zákon, tak Rayleighův-Jeansův zákon. V takto zjednodušené interpretaci, by se mohlo zdát, že se jednalo pouze o nějakou důvtipnou kombinaci obou zákonů, avšak ve skutečnosti za Planckovým objevem stály hluboké fyzikální úvahy, kromě jiného i o Boltzmanově pravděpodobnostní interpretaci entropie.

Zde se Planckovi podařil onen rozhodující objev univerzální konstanty „ h “ (elementární kvantum akce – nyní nazvané Planckova konstanta), jež je nezávislá na všech ostatních vlastnostech hmoty. Význam této konstanty spočívá v tom, že vynásobením frekvencí záření poskytne nejmenší jednotku energie příslušné frekvence. To tedy znamenalo, že energie musela disponovat též nějakým způsobem atomistické struktury.

Kompletní význam kvantové teorie byl nicméně uznán díky Albertu Einsteinovi, jenž ji reálně uplatnil v roce 1905 a poté díky Nielsi Bohrovi, jenž ji položil za základ pro model atomu. Nakonec se stala též díky Heisenbergovým a Schrödingerovým pracím k vlnové a kvantové mechanice bází celé nové fyziky.

Odhlédneme-li od praktických důsledků kvantové teorie pro vývoj celé fyziky v našem století, jedná se o teoretické důsledky následující: „Úsilí o vyvinutí konzistentního popisu atomových jevů na základě Planckova objevu kvanta akce je spojen se známými fundamentálními obtížemi. Vzhledem ke kontrastu mezi základními principy běžného popisu přírodních jevů a prvku diskontinuity charakteristického pro kvantovou teorii, musíme být připraveni, že každý koncept užitý pro experimentální důkazy, bude mít

jen omezenou platnost, pokud se jedná o atomové jevy.“¹ Jednou z těchto fundamentálních obtíží bylo dosavadní pojetí kauzality. „[P]odstata teorie může být vyjádřena pomocí postulátu, že jakýkoli atomový proces přístupný přímému pozorování zahrnuje základní prvek diskontinuity nebo spíše individuality úplně cizí klasickým představám, symbolizovaný Planckovým quantum akce. Tento postulát najednou znamená rezignaci na kauzální časoprostorovou koordinaci atomových jevů.“² Klasické pojetí fyzikálních zákonů bylo náhle ohroženo, neboť zákony kauzality platné v makrosvětě v mikrosvětě nebyly platné. Neexistovalo zde nadále plynulé proudění, nýbrž bylo rozpoznáno nespojité působení. Platí-li nicméně zákon pouze přibližně a nikoliv ve své vytříbenosti, nemůže se domáhat síly zákona. Klasická formulace kauzálního zákona v jeho uplatnění na atomy vskutku selhala.³ A to je přesně ta skutečnost, s kterou se Planck snaží vyrovnat, pročez kauzality, popřípadě determinismu a s tím spojené otázce svobodné vůle věnuje významnou část svých úvah.

První část práce tak Plancka nejprve v kapitole „Planckův vědecký vývoj na pozadí osobních úspěchů i historických tragédií“ představuje jakožto mladého, zprvu spíše humanitním směrem směřujícího, nadaného, ambiciózního studenta, jenž se v počátcích naštěstí nenechá odradit od studia fyziky ani konstatováním svého učitele Philippa v. Jollyho tím, že „fyzika má být sofistikovana, téměř plně vyžralou, jež by nyní měla brzy zaujmout svou konečnou trvalou pozici poté, co byla korunována objevem zákona zachování energie...“⁴ Současně je na pozadí Planckových

¹ BOHR, Niels. *Collected Works Volume 6, Foundations of Quantum Physics I (1926–1932)* J. Kalckar (ed.), Elsevier: Amsterdam, 1985, s. 69.

² BOHR, Niels. *Collected Works Volume 6, Foundations of Quantum Physics I (1926–1932)* J. Kalckar (ed.), Elsevier: Amsterdam, 1985, s. 75.

³ DINKLER, Erich. Max Planck und die Religion: Hans-Joachim Iwand zum 60. Geburtstag. *Zeitschrift für Theologie und Kirche*, 56. Jahrg., H. 2, Mohr Siebeck GmbH & Co. KG 1959, s. 206.

⁴ PLANCK, Max. Vom relativen zum Absoluten. Gastvorlesung, gehalten an der Universität München am 1. Dezember 1924. Leipzig: S. Hirzel., 1925, s. 3.

nejdůležitějších milníků vědeckého vývoje načrtnuto i prostředí, jež ho formovalo a především historické události a zvraty, jež Planckův život vícekrát nenávratně proměnily.

Další kapitoly první části práce věnující se Planckovým filozofickým stimulům se pak snaží interpretovat jeho reflexe na tato témata, jež jsou pevně spjata s proměnou fyzikálního světa, která díky Planckovi a jeho dalším současníkům nastala. Je třeba říci, že vzhledem k již zmíněné absenci literatury věnující se filozofickým tématům spjatým s Planckem, bylo nutné vycházet především z primárních zdrojů, tedy samotných Planckových přednášek. Snahou je ukázat, že byť Planck patřil a stále patří k nejdůležitějším fyzikálním myslitelům, a dalo by se tak očekávat, že jeho ideje budou postaveny na jasné a především racionálně podložené bázi, ne vždy tomu tak je, a naopak velmi často míří do oblasti filozofie či se uchyluje do sféry náboženské. Jeho mínění jsou pak postavena do kontrastu úvah v rámci stejných témat Planckových kolegů, kdy je cílem dokázat, že v oné nově nastalé situaci přeměny fyziky si zachovali všichni svou vlastní cestu toku myšlenek a že možná existují určité otázky, jež si věda často snaží „přivlastnit“, aniž by to bylo navýsost nutné.

Součástí druhé části práce je i překlad souboru následujících čtyř Planckových přednášek z originálu německého jazyka do českého jazyka, přičemž cílem je opět přiblížit Planckovy filozofické ideje české odborné veřejnosti, a ideálně tak započít diskuzi v rámci této opomíjené sféry Planckova nepopíratelného zájmu.

Překlad se snaží o maximální zachování dobového rázu textů (přednášky byly vydány v letech 1909–1935), s přihlédnutím k Planckově osobitému jazyku, kdy například pro jeden ze svých světů, onen metafyzický svět, volí pojem *Weltbild*. Jelikož se jedná o naprosto specifický svět, dle Plancka výtvar lidského ducha, byl českým ekvivalentem zvolen pojem taktéž specifický pojem *světoobraz* (pojmu *světoobraz* bylo adekvátně užíváno i

první části práce). Formátování překladu bylo taktéž s ohledem na dobový ráz textu zachováno, včetně číslování kapitol a poznámek pod čarou.

I. Die Einheit des physikalischen Weltbildes

Vortrag gehalten am 9. Dezember 1908 in der naturwissenschaftlichen Fakultät des Studentenkorps an der Universität Leiden von Max Planck, Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin.

- Leipzig Verlag von S. Hirzel, 1909.
- 38 stran.
- 1. vydání: Die Einheit des physikalischen Weltbildes. Leipzig: S. Hirzel. Phys. Z. 10, 62–75, 1909.

II. Das Weltbild der neuen Physik von Max Planck.

Vortrag gehalten 1929 an der Universität Leiden.

- Dreizehnte Auflage, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1955.
- 47 stran.
- 1. vydání: Das Weltbild der neuen Physik. Gastvortrag, gehalten am 12 März 1929 in Wien. Mschr. math. phys. 36, 387–410, 1929.

III. Der Kausalbegriff in der Physik von Max Planck.

- Sechste, unveränderte Auflage, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1953.
- 23 stran.
- 1. vydání: Der Kausalbegriff in der Physik. S. B. preuss. Akad. Wiss., 1932.

IV. Die Physik im Kampf um die Weltanschauung

Vortrag gehalten am 6. März 1935 im Harnack – Haus Berlin – Dahlem von Dr. Max Planck Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin, Präsident der Kaiser – Wilhelm – Gesellschaft, zur Förderung der Wissenschaften.

- Vierte, mit der dritten übereinstimmender Auflage, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1945.
- 32 stran.
- 1. vydání: Die Physik im Kampf um die Weltanschauung. Vortrag gehalten am 6. März 1935 im Harnack-Haus, Berlin-Dahlem. Johann Ambrosius Bart Verlag, Leipzig, 1935.

Právě tyto jeho čtyři přednášky byly pro překlad citlivě vybrány především vzhledem k současné totální absenci českých překladů Planckových filozofických přednášek, a jejich klíčová témata tak stojí spíše na pomezí fyziky a filozofie, kdy jejich význam je skutečně přinejmenším v určitých částech spíše fyzikální. Tyto první české překlady jeho filozoficko-fyzikálních přednášek by tedy měly nabídnout znalcům Planckovy primární role, tedy Plancka v pozici fyzika, jakýsi oslí můstek, jenž by snad mohl napomoci v přiblížení Plancka v jeho „nové“ roli, v roli filozofa či alespoň filozofujícího fyzika.

2. Planckovy klíčové životní milníky a filozofické stimuly

2.1. Planckův vědecký vývoj na pozadí osobních úspěchů i historických tragédií

Max Karl Ernst Ludwig Planck se narodil 23. dubna 1858 v německém Kielu. Pocházel z tradiční buržoazní vzdělané rodiny, kdy jeho příbuzní vykonávali povolání právníku, teologů, státních úředníků a jiné vážené profese, jeho otec byl například profesorem práva. Není proto divu, že na Plancka byly od počátku kladeny vysoké intelektuální nároky. V rámci středoškolského vzdělání navštěvoval Planck již po přesídlení do Mnichova tamější renomované gymnázium klasického zaměření. Jeho původní orientace tak byla původně převážně humanitního, či dokonce uměleckého směru. Planck se věnoval výuce jazyků, byl dokonce nadaným pěvcem s absolutním sluchem, varhaníkem i autorem operety „Die Liebe im Walde“. Jeho původní přání bylo dále studovat klasickou filologii, přičemž od studia fyzika byl spíše odrazován, neboť ta měla být již „ukončenou vědou“. Planck tedy vyrůstal v téměř uzavřeném fyzikálním „světoobrazu“, jehož začátek sahá ke Koperníkovi, Keplerovi a Newtonovi, přičemž se zdálo, že završit jej měli v 19. stol. Planckovi předchůdci a učitelé.⁵

Přesto se nakonec snad šťastnou náhodou přihlásil v roce 1874 na Mnichovskou univerzitu ke studiu matematiky a přírodních věd, snad díky svému prvnímu gymnaziálnímu učiteli matematiky Hermannu Müllerovi, jemuž věnuje vzpomínku hned v úvodu své přednášky *Wissenschaftliche Selbstbiographie*.⁶ Později v roce 1877 ve čtvrtém ročníku přešel na univerzitu do Berlína, kde studoval experimentální fyziku a matematiku,

⁵ DINKLER, Erich. Max Planck und die Religion: Hans-Joachim Iwand zum 60. Geburtstag. *Zeitschrift für Theologie und Kirche*, 56. Jahrg., H. 2, Mohr Siebeck GmbH & Co. KG 1959, s. 201-223.

⁶ PLANCK, Max. *Wissenschaftliche Selbstbiographie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1955, s. 7.

neboť teoretická fyzika se v té době ještě nevyučovala. Zde se poprvé setkal s Hermannem von Helmholtzem a Gustavem Kirchhoffem, kteří patřili k vynikajícím fyzikům druhé poloviny 19. století a zasloužili se o profilaci Berlína jakožto centra fyziky v mezinárodním měřítku.⁷ Zatímco Helmholtze líčí Planck jako ne vždy připraveného, zadržávajícího se přednášejícího, Kirchhoff byl naopak vždy dokonale připraven, včetně každého správně zvoleného slova do každyčké věty. Přesto celek působil jako naučený nazpaměť, suše a monotónně. Planck se svými spolužáky obdivoval řečníka, nikoliv obsah jeho přednesu.⁸

Již v počátku byl Planck fascinován principem energie, a protože nebyl dostatečně uspokojen přednáškami žádného ze svých profesorů, věnoval se spíše samostudiu skrze dostupnou literaturu, přičemž narazil na spisy Rudolpha Clausia. Clausiem byl Planck od počátku dokonale fascinován a věnuje mu ve svých vzpomínkách mnoho prostoru. Mimochodem například vzpomíná, že proces, jež není v žádné případně možné vrátit, nazýval tehdy „přirozený“ (natürlich), přičemž dnes již nese název „ireverzibilní“ (irreversibel).⁹ Clausiem byl natolik ovlivněn, že jeho entropii a druhé větě termodynamiky věnoval nejen svou disertaci s názvem „O druhé větě mechanické teorie tepla“, ale i velkou část své pozdější vědecké práce.¹⁰

Ohlas však jeho disertace přes výborné hodnocení neměla zdaleka takový, jaký si Planck představoval. Helmholtz jeho práci nečetl vůbec, Kirchhoff ji odmítl s poznámkou, že „pojem entropie, jejíž míra může být

⁷ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 13.

⁸ PLANCK, Max. *Wissenschaftliche Selbstbiographie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1955, s. 9.

⁹ PLANCK, Max. *Wissenschaftliche Selbstbiographie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1955, s. 10.

¹⁰ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 14.

měřitelná, a proto též definovatelná pouze skrze reverzibilní proces, nemůže být aplikovatelná na ireverzibilní procesy.“¹¹ Clausia se Planckovi kontaktovat nepodařilo, byť se o setkání pokoušel, s Carlem Neumannem z Lipska skončila jejich vzájemná korespondence bezvýsledně. Přesto se tímto výsledkem nenechal odradit a nadále se vedle studia energie věnoval i entropii. Hned v příštím roce předložil Planck opět již v Mnichově svou habilitační práci, tentokrát pod názvem „Rovnovážné stavy izotropních těles v různých teplotách“. V roce 1880, tedy teprve ve svých 22 letech byl Planck habilitován a stal se privátním docentem filozofické fakulty mnichovské Ludwig-Maxmilianovy univerzity.¹² Jeden z nejšťastnějších okamžiků jeho života pak Planck líčí, když je mu v roce 1885 nabídnuta pozice mimořádného profesora teoretické fyziky na filozofické fakultě v Kielu. Zde si také o dva roky později vzal svou spolužačku z gymnázia Marii Merck. Již o rok později se Planck stal hrdým otcem prvního syna Karla, a o další rok později dvojčat Grete a Emmy. Další syn Erwin se narodil v roce 1893.

Planck nadále pracoval na „principu šíření entropie“ a v roce 1889 nahradil Kirchhoffa na berlínské univerzitě, kde dle svých slov zažil nejsilnější expanzi celého vědeckého smýšlení. Zde se konečně blíže seznámil s Helmholtzem, jehož si velmi cenil nejen po vědecké, ale i obyčejně lidské stránce. „... každé vděčné nebo dokonce pochvalné slovo mě [Plancka] obšťastnilo více nežli jakýkoliv jiný úspěch.“¹³

Bohužel v roce 1909 Plancka po dlouhé nemoci opustila jeho první žena a Planck přežil též všechny čtyři děti z tohoto manželství. Syn Karel přišel o život během první světové války v roce 1916, dvojčata Grete a Emma

¹¹ PLANCK, Max. *Wissenschaftliche Selbstbiographie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1955, s. 11.

¹² HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, München, 2008, s. 18.

¹³ PLANCK, Max. *Wissenschaftliche Selbstbiographie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1955, s. 15.

zemřely v roce 1917 a 1919, obě při porodu a poslední syn Erwin byl popraven nacisty za spiklenectví ke konci druhé světové války v roce 1945. Útěchou mu snad byl syn Hermann, jenž se narodil již v roce 1911 v Planckově druhém manželství s Margarethe von Hösslin, neteří jeho první ženy.¹⁴

V Berlíně se Planck setkává s mnohými věhlasnými fyziky té doby, např. s Wilhelmem von Bezold, Augustem Kundtem a rozvíjí se i jeho vědecká korespondence s dalšími fyziky, např. Adolphem Paalzowem či Heinrichem Rubensem. Berlín v té době představoval evropskou špičku, pokud šlo o rozvoj vědy a techniky, přičemž Planckova tamější kariéra stoupala strmě vzhůru. V roce 1894 byl Planck zvolen do Pruské akademie věd, tehdejšího „vědeckého Olympu“ Pruska, byť se o jeho přijetí zasloužil převážně Hermann von Helmholtz, jenž na něm trval i přes nesouhlas 6 členů z 20, přičemž průměrný věk kolegů z akademie tehdy 30letého Plancka byl přes 60 let. Kromě toho se stále projevovala skepse týkající se oblasti teoretické fyziky jako takové. Planckovy excelentní vědecké výsledky a veškerá jeho neobyčejná angažovanost v rámci akademie však brzy takové hlasy přehlušila.¹⁵

Na základě několika semestrálních kurzů, které Planck v Berlíně vedl a jejichž orientace zahrnovala veškeré oblasti klasické teoretické fyziky – od mechaniky až k optice, vznikl pětisvazkový „Úvod do teoretické fyziky“, jenž ve své době patřil k zásadním dílům fyzikální světové literatury. Teoretická fyzika se tak postupně stávala pevnou součástí fyzikálního vzdělání.¹⁶ Planckovi se v akademii dařilo, čehož důkazem je i množství jeho žáků, jejichž

¹⁴ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 22–23.

¹⁵ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 41–42.

¹⁶ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 41–45.

jména se objevovala v „Annalen der Physik“¹⁷. Mezi Planckovými doktorandy lze zmínit např. Maxe Abrahama, Williama Duanea, Waltera Botheho, Moritze Schlicka, či Maxe von Laue¹⁸, přičemž dvěma posledně zmíněným se dokonce podařilo získat Nobelovu cenu. Obdivuhodné na Planckově způsobu výuky a témat, jimž věnoval pozornost, byla skutečnost, že prostor věnoval nejen tématům souvisejícím s kvantovou teorií, ale i druhému pilíři moderní fyziky, totiž speciální teorii relativity.¹⁹

Planckovi se tak na Berlínské univerzitě dostalo nejen osobního uznání včetně rostoucího společenského věhlasu, ale i vědeckého uznání, neboť zde položil díky teorii tepelného záření základy nové výzkumné oblasti. To ho přivedlo k jeho největšímu vědeckému úspěchu, kdy se stal zakladatelem kvantové teorie. V roce 1900 zde objevil vyzařovací zákon včetně kvantové hypotézy s elementárním (Planckovým) kvantem množství h . Den, kdy ho představil fyzikální společnosti, 14. prosince, se stal podle M. von Lauea „zrozením kvantové fyziky“²⁰, přičemž poprvé, kdy bylo patrné, že Planckův vyzařovací zákon stojí v neřešitelném v rozporu s klasickou fyzikou, bylo v roce 1905 díky Einsteinově světelné kvantové hypotéze a stejně tak Einsteinově a Ehrenfestově kritické analýze vyzařovacího zákona na přelomu roku 1905/1906. Nicméně trvalo dalších deset let, nežli se Planckovy

¹⁷ „Annalen der Physik“ byl jeden z nejstarších a nejnámějších časopisů o fyzice, v němž mimo jiné publikoval i Planck svůj článek o záření černého tělesa, stejně jako Einstein své práce o teorii relativity. Po druhé světové válce začal časopis vycházet v angličtině, přičemž dnes vychází v pobočce Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA spadající pod nakladatelství John Wiley & Sons.

¹⁸ MEISSNER, Walter. Max Planck. The Man and His Work. *Science, New Serie*, Vol. 113, No. 2926. 1951, s. 80.

¹⁹ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 48.

²⁰ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 59.

revoluční důsledky kvantové hypotézy prosadily a kvantové fyzikální problémy se konečně dostaly do centra dění.²¹

Planck se tak díky svým termodynamickým zkoumáním a úspěchům s teorií tepelného vyzařování stal jedním z nejdůležitějších fyziků své doby, což potvrzovaly i vícečetné návrhy na udělení Nobelovy ceny, jež mu nakonec byla za rok 1918 v důsledku válečného stavu udělena v roce 1920. Ve druhé polovině svého života tak neustále přibývaly Planckovy vědecké funkce a neustále rostl vliv v rámci německé vědecké politiky. Planck se stále více angažoval nejen v Berlínské fyzikální společnosti, jež se jeho přičiněním stala roku 1899 Německou fyzikální společností²², ale od roku 1895 převzal po Helmholtzovi i zodpovědnost za vydávání *Annalen der Physik*, časopisu s nímž byl spojen až do své smrti.²³

Již v roce 1903 byl Planck děkanem berlínské filozofické fakulty, později na přelomu let 1913/1914 se stal dokonce rektorem celé univerzity. Planckova politická orientace byla na jedné straně podložena rodinným charakterem německého protestantismu a vykazovala zbožnost vůči státu a přísný smysl pro povinnost, na straně druhé souzněla s ideály německé říše jako velmocí a vedoucím národem v oblasti vědecké i průmyslové. V létě roku 1914, v době vypuknutí první světové války, patřil Planck bezpochyby k „národně-vojenské frontě“, jež byla připravena bezvýhradně podporovat německé válečné vedení. 2. srpna 1914 píše Planck svému synovi Erwinovi do vojenského tábora: „Včera jsem vedl volbu rektora právě v tu hodinu, kdy byla oznámena všeobecná mobilizace ... Zítra se koná slavnostní proslov na

²¹ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 63.

²² Tradice *Deutsche Physikalische Gesellschaft* sahá až do roku 1845 a je nejen nejstarší národní, ale i celosvětově s více než 62 tis. členy největší fyzikální oborovou společností. Jejím současným prezidentem je německý fyzik Edward G. Krubasik.

²³ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 69.

univerzitě, kterého se též osobně zúčastní ministr. Slavnost bude zakončena zajisté vlastenecky.“²⁴ Že ne každý v tuto složitou dobu smýšlel stejně jako Planck, dokazuje i Einstein, jenž naopak píše svému kolegovi Paulu Ehrenfestovi: „Evropa se dostává do neuvěřitelného šílenství. V takovém okamžiku člověk vidí, k jakému smutnému dobytku přísluší.“²⁵

Planck ve válečném čase zastával mnohé funkce, z nichž například sekretáře Pruské akademie věd, přičemž současně spolu se svými třemi dalšími kolegy zastával v podstatě pozici dočasného prezidenta akademie, neboť jí tehdy nikdo konkrétní nepředsedal. V pozici sekretáře nicméně působil více než čtvrtstoletí, díky čemuž jeho vliv na poslání akademie a německou akademickou obec byl celkově významný.

Velice těžko se Planck smiřoval s výsledkem 1. světové války, s abdikací císaře a vyhlášením republiky. Již tři roky po konci války však pronášel při prvním zasedání tehdejší pruské akademie věd následující slova: „Je-li pravda, že po dnech národního neštěstí opět zavládnou lepší časy, najdou svůj počátek v tom, co je německému lidu nejlepší a nejušlechtlejší: V tom nejlepším ze světa myšlenek, v tom samém, co nás ochránilo už jednou, před sto lety, od totálního rozkladu.“²⁶

V důsledku Versailleské smlouvy bylo Německo do určité míry izolováno od veškeré mezinárodní vědecké komunity a byl to právě Planck, který se velkou měrou na základě své vědecké reputace a mezinárodního věhlasu dokázal zastat o zmírnění tohoto pro Německo dehonestujícího

²⁴ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 71.

²⁵ EINSTEIN, Albert. *Aus meinen späten Jahren*. Zürich: Bücergilde Gutenberg, 1952, s. 31.

²⁶ PLANCK, Max. Ansprache in der Gesamtsitzung vom 14. November 1918. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften*, 1918, s. 992–993.

bojkotu, který se týkal vyloučení jak z převážné většiny vědeckých konferencí, tak i vědeckých organizací.

Co se týče Planckovy politické orientace, je možné jej zařadit napravo od středu, přičemž ovlivněn byl převážně obdivem k poraženému císařství. Jeho klíčové hodnoty se tak opíraly o vlastenectví, věrnost, loajalitu a ideály prušáctví. Politicky se tedy angažoval v tomto duchu a byl členem Německé lidové strany, byť pouze spíše formálním, až do jejího zrušení v roce 1933. Program této strany bylo možné shrnout následovně: Svobodným rozhodnutím lidu legitimní cestou vzkřísit císařství. Mnohem více se Planck angažoval na poli vědy, jejímž byl jakýmsi reprezentantem a mluvčím.²⁷

Přestože na samotný akt převzetí moci Adolfem Hitlerem v roce 1933 Max Planck nijak veřejně nereagoval, tj. ve smyslu jakkoliv neutrální či snad dokonce pozitivní reakce, je třeba říci, že jeho hodnocení v rámci jeho vedoucích postaveních ve vědeckých organizacích nebylo vždy zcela jednoznačné a ne vždy odmítal mnohé nacistické tendence nové doby.²⁸ Již v roce 1934 například Planck tvrdí, že „se v Německu odehrál dlouho očekávaný velkolepý národní převrat.“²⁹ Planck v této době nebyl jen „obyčejným“, byť velmi vlivným německým vědcem, ale od roku 1930 zastával i významnou funkci prezidenta Společnosti císaře Wilhelma³⁰ a vedl tak v podstatě nejdůležitější instituci mimouniverzitního charakteru. Nicméně ačkoliv Planck nepatřil k odpůrcům nacistického režimu, již by veřejně projevovali svůj odpor, využíval svou pozici prezidenta Společnosti

²⁷ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 83.

²⁸ HARTMANN, Hans. *Max Planck als Mensch und Denker*. Berlin: Verlag Siegmund, 1948, s. 3.

²⁹ EVERLING, Friedrich, GÜNTHER, Adolf. *Der Kaiser. Wie er war – wie er ist*. Berlin: Traditions-Verlag Kolk, 1934, s. 172.

³⁰ *Kaiser-Wilhelm Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* byla založena 11. ledna 1911. Až do konce 2. světové války byla nositelkou *Kaiser-Wilhelm-Institute*, vedoucích výzkumných institutů, jež sloužily především základnímu výzkumu v Německu.

císaře Wilhelma i tím způsobem, že se při své návštěvě u Adolfa Hitlera pokoušel předejít, jaká obrovská škoda pro německou vědu je veškerá nucená emigrace židovských vědců. Tvrdil tak například dosti nešťastně „že přece existují různé druhy Židů, pro lidstvo cenných a bezcenných [...] a že je zapotřebí dělat rozdíly...“³¹ Nic z toho samozřejmě osud židovských vědců nezachránilo a emigrovat byli nuceni nejen židovští excelentní vědci, ale například i apolitický Erwin Schrödinger, který, byť sám nebyl ohrožován politickým pronásledováním z rasistických důvodů, přesto Berlin z pochopitelných důvodů opustil.³²

Jakožto sekretář fyzikální společnosti byl Planck také donucen podřídit se požadavkům ministerstva, tj. mimo jiné uplatnit tzv. říšský zákon o občanství, a vyloučit tak z Fyzikální společnosti veškeré židovské členy. Přesto bylo postupem doby více než zřejmé, že ani pro samotného Plancka není v takto významné pozici místo. Planck tedy postupně prozíral více a více, přičemž nakonec ztratil o nacistickém režimu i ty poslední iluze.³³ Jeho antipatie vůči vládnoucímu režimu byly přirozeně vnímány u vládnoucí strany, nicméně před zákazem přednášení byl stále chráněn nikoliv díky své pozici jednoho z nejznámějších fyziků té doby, nýbrž především díky skutečnosti, že v zahraničí figuroval jako aktivní představitel německé kulturní politiky. V období 30. až 40. let Planck přednášel v Pobaltí, Římě, Budapešti, Záhřebu, Praze, Bernu, Helsinkách či Stockholmu.³⁴

Konec válečného období prožil Planck v malé německé vesničce Rogätz a na sklonku života byl nucen smířit se nejen se smrtí svého syna

³¹ PLANCK, Max. Mein Besuch bei Adolf Hitler. *Physikalische Blätter*, Volume 3, Issue 5, 1947, s. 143.

³² HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 93.

³³ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 100.

³⁴ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 102.

Erwina, popraveným ke konci války nacisty, ale i se ztrátou svého berlínského domu, který po náletu kompletně vyhořel. Planck nicméně nepřišel jen o téměř všechno své materiální jmění, ale především o celou svou knihovnu, veškeré zápisky, deníky či dopisy.³⁵ Mimo to byl téměř jako 90letý nucen přebývat v nouzovém přístřeší, když byla v posledních dnech války evakuována i vesnice Rogätz. V posledních měsících války se Plancka s jeho ženou podařilo převést do Göttingen, kde též prožil i poslední chvíle svého života.

Že však bylo Planckovo postavení velmi výjimečné, se mimo jiné projevilo i v prosbě tehdy úřadujícího generálního sekretáře Společnosti císaře Wilhelma, aby se Planck v období mezivládí ujal prezidentského úřadu. Byť Planckovi již zdraví nedovolovalo tuto funkci zastávat v plném rozsahu, bylo jeho poslání naplněné především v jeho vědecké autoritě, jež dokázala zmírnit veškeré tehdejší útoky vůči Společnosti císaře Wilhelma a především podpořit její další znovuzrození. Od roku 1946 byla dokonce přejmenována na „Max Planck Gesellschaft“. „Že si však Planck zachoval svou tvář a především obdiv k zaniklému císařství až do konce svého života, dokumentuje i následující znění telegramu, jež zasílá 10. září 1946 do Bad Driburgu na zakládající schůzi „Max Planck Gesellschaft“: „Posílám Vám i všem přítomným pozdravy, současně s upřímným díky za cti, jež se mi dostalo volbou mého jména – stop – ať Max Planck Gesellschaft stále pokračuje v tradici Společnosti císaře Wilhelma a je si stále vědoma, že má nezávisle na všech dobových tendencích sloužit pravdě vědy.“³⁶ Planck zvládl ještě absolvovat cestu do Londýna, kde se jako jediný oficiálně pozvaný Němec zúčastnil Newtonových oslav, byť byl nucen přijmout skutečnost, že

³⁵ HOFFMANN, Dieter, STANGE, Thomas. Das zu wissen wäre mir von hohem Werte" - Über das Schicksal der Bibliothek von Max Planck. *Physikalische Blätter* 53. Nr. 10, 1997, s. 1019–1021.

³⁶ HINTSCHES, Eugen, HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Vorträge und Ausstellung zum 50. Todestag*. München: Max Planck Gesellschaft, 1997, s. 88.

nezastával jako ostatní účastníci pozici delegáta své země, ale byla mu „přidělena“ pouze pozice hosta. Nejen tato cesta tedy doložila, že Planck již nebyl „reprezentantem“ německé vědy, nýbrž plně převzal roli jakéhosi začleňujícího posla.³⁷

V posledních měsících svého života vedl Planck ještě přednášky v německém Padebornu, Hannoveru, Hildesheim, Bonnu, Leverkusen a Göttingen, kde 4. září 1947 umírá.

2.2. Platnost kauzality

Kauzalitě, tedy otázce platnosti fyzikální zákonitosti, Planck věnoval mnoho pozornosti, a přestože byl jedním ze zakladatelů nové fyziky, nikdy nepřipustil, že by snad kauzalita ve fyzice neměla platit. Co se týče samotného pojmu kauzality, ten je obecně znám každému člověku a jeví se ve své podstatě naprosto evidentní. Pro kauzalitu jsou užívány rozmanité definice a i sám Planck jich uvádí vícero různého stupně exaktnosti. Kauzalitu vnímá jakožto „určitý zákonitý řetězec dvou událostí, přičemž první se označuje jakožto příčina a druhá jakožto následek“³⁸, ale kauzální princip definuje i takto: „Cokoliv, co se stane má jednu či vícero příčin, jež dohromady nutně způsobují onu událost a opačně každá událost může být nazírána jakožto příčina jedné či více na ně nutně následujících událostí“³⁹ či následovně: „Jakožto kauzalitu je možné zcela obecně označit zákonnou souvislost v časovém sledu událostí.“⁴⁰ V běžném životě se člověk téměř v každé, i v té nejtriviálnější situaci, ke kauzalitě chtě nechtě upíná. Jestliže

³⁷ HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008, s. 110.

³⁸ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 3.

³⁹ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*. Berlin: Julius Springer, 1923, s. 8.

⁴⁰ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 12.

např. nepřijíždí autobus v souladu s jízdním řádem, příčinu hledáme v dopravní zácpě či jakékoliv jiné náhlé problémové dopravní situaci. Jestliže vidíme samo se otevírající okno, raději ho následně zavřeme, neboť na vině je nejspíše zvětšující se síla větru. Pro každý jev je možné najít nějakou adekvátní příčinu, pakliže nejsme ochotni uchýlit se k přijetí faktu, že jsme se stali obětí halucinací, sugescí, mylných představ, či dokonce čar a kouzel. Přesto i v rámci těchto „nepřirozených“ příčin je naše představivost naprosto neomezena a jsme tak v našich myšlenkách schopni uvažovat třeba i život v Matrixu.⁴¹ Co už ale maximálně odporuje logice a zdravému rozumu a co si člověk nedokáže představit, je kupříkladu to, že část nějaké věci je větší než její celek. Skutečnost je pro Plancka pouhou částí toho, co jsou schopny obsáhnout veškeré myšlenky. Naproti tomu stojí fantazie a představivost, jež sice staví na oné skutečnosti, ale jež je též obdařena talentem vymanit se jí, díky čemuž získáváme prostor se tomuto striktně určenému světu dle naprosto jasně daných pravidel vymanit a kupříkladu prostřednictvím umění se rozvíjet právě tak, jak si jen dokážeme představit. Nicméně co je v našem smyslu mnohem důležitější, je Planckovo tvrzení, že i věda samotná je nucena využívat fantazie, pročež uvádí příklad Fermatova principu nejrychlejší dráhy,⁴² jež urazí světelný paprsek mezi zářící hvězdou a lidským okem. Tento princip by totiž nebyl myslitelný v případě, že bychom neuvažovali i optické dráhy, jež ve skutečnosti neexistují a jsou tudíž kauzálně nemožné.⁴³

Jelikož se celá fyzikální věda vtahuje k měření a experimentům a každé měření je závislé na smyslovém vnímání, veškeré pojmy fyziky jsou tak

⁴¹ Matrix je americký kultovní sci-fi film popisující svět v Matrixu, rozsáhlém počítačovém systému, na který jsou připojeni lidé žijící v něm svůj virtuální život. Tito lidé si neuvědomují, že nežijí skutečný život a že v jejich mozku probíhá pouze virtuální realita.

⁴² Fermatův princip je fyzikální tvrzení zformulované Pierre de Fermatem, jež tvrdí, že světlo se v prostoru šíří z jednoho bodu do druhého po takové dráze, aby doba potřebná k proběhnutí této dráhy nabývala nejnižší hodnoty.

⁴³ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*. Berlin: Julius Springer, 1923, s. 8–11.

spojeny se smyslovým světem, v důsledku čehož stejně tak i každý fyzikální zákon,⁴⁴ říká Planck. Vnímání samotné je absolutně individuální, příkladem může být vnímání barvy, kdy se nejedná o barvu jakožto vlastnost nějakého předmětu, ale o její svérázné vnímání člověkem. Jednoznačně individuálně vnímá člověk i všemi ostatními smysly a v případě odejmutí veškerých smyslových vnímání nějakého předmětu z něj nezbude zcela nic. Vnější svět se tak jeví jako komplex vnímání, kauzalita je pak jejich zkušeností určená pravidelnost, již musíme přijmout jakožto danou dále neanalyzovatelnou, jež ale může též každým okamžikem skončit. Uvědomění si existence vnímání druhých nicméně představuje značný problém. Tomu, že mají vjemy i ostatní lidé, pravděpodobně věříme, nicméně nemůžeme to nijak dokázat či to bezprostředně vědět. Zároveň nejsme s to nikdy přímo „prožít“ jakoukoliv jinou nežli naši vlastní zkušenost. Kdykoliv se o toto pokusíme, dojdeme pouze k závěru, jak bychom nejspíše vnímali opět jen my, kdybychom byli na místě druhého člověka.⁴⁵

Nezbývá, než si tedy vystačit s vědomím vlastním, čímž se kauzalita stává aposteriorním pravidlem, jež slučuje vlastní rozličné vjemy. Nikdy si ovšem nemůžeme být jisti, zda v příštím okamžiku nebude ono pravidlo nějakým způsobem prolomeno. Planck se tak zde dostává do sporu s raným pozitivismem, s nímž ostatně vede polemiku velmi často v mnohých oblastech, neboť důsledný pozitivismus odmítá pojem a nutnost objektivní, tj. na individualitě badatele nezávislé fyziky, a nic jiného nežli zkušenosti jednotlivých fyziků tak nemá ani k dispozici. Planck se ovšem domnívá, že jestliže si jakákoliv věda odejme požadavek objektivity, vynáší tím rozsudek

⁴⁴ PLANCK, Max. *Das Weltbild der neuen Physik*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1929, s. 9.

⁴⁵ Ve svém slavném článku „What is it like to be a bat?“ se „nepřenositelností“ zkušenosti zabývá Thomas Nagel, přičemž dochází k závěru, že bytí mezi člověkem a netopýrem je natolik rozdílné, že člověk nikdy nemůže zjistit, jaké doopravdy je oním netopýrem být. Zároveň člověk neví, jaké je to být druhým člověkem, neboť nemůže mít jeho vlastní zkušenost. Člověk se tak může pouze vcítit do druhého člověka na základě jeho vlastní zkušenosti a do určité míry tak jen porozumět jeho pocitům.

sama sobě, neboť základ daný fyzice pozitivismem je sice podložený, ale příliš chatrný. Pozitivismu a Planckově vztahu k tomuto filozofickému směru, jenž v jeho době převládal, se věnuje následující kapitola *Námítky vůči pozitivismu*.

Budeme-li se zajímat o otázku platnosti kauzality přímo ve fyzice, pak je třeba v první řadě uvážit důležitost jednotného stanoviska, v jakém smyslu je pojem kauzalita ve fyzice užíván. Vyjít můžeme z již výše zmíněného přesvědčení, že kauzalita rovná se „určitý zákonitý řetězec dvou událostí, přičemž první se označuje jakožto příčina a druhá jakožto následek“.⁴⁶ Planck se ale ptá, v čem vlastně spočívá onen zvláštní druh řetězce a zda existuje nějaké určité znamení, díky němuž bychom byli schopni stanovit, že jedna událost je skutečně podmíněna nějakou předešlou. Ve skutečnosti totiž podle něj neexistuje žádný takový prostředek, na jehož základě bychom byli s to jednoznačně toto potvrdit. V tomto případě se se zastánci pozitivismu shoduje, neboť např. i Schlick ve své stati „Kauzalita v běžném životě a v současné vědě“ tvrdí, že „hledáme-li kauzální spojení, které spojuje dvě události, nemůžeme najít nic jiného nežli další událost (anebo případně několik dalších událostí). V kauzálním řetězci se dají pozorovat pouze spojení událostí a bylo by nesmyslem, kdybychom hledali ještě nějaký další prostředek těchto spojení.“⁴⁷ Schlick však současně v souladu s těmito jeho tvrzeními útočí na celou metafyziku, kterou chápe jako nesmyslnou touhu po nalezení nějakého prostředku, jenž by byl schopen vysvětlit skutečnou podmíněnost dějů. Filozofie dle něho pouze hledá nějaký „tmel“, který zaplňuje veškeré mezery mezi jednotlivými událostmi, a představuje tak právě ono „znamení“, jež hledá Planck. Schlick souhlasí s tvrzením, že pokud

⁴⁶ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 3.

⁴⁷ SCHLICK, Moritz. Kauzalita v bežnom životě a v súčasnej vede. In: MIHINA, František, SEDOVÁ, Tatiana, ZOUHAR, Marián (eds.), *Malá antológia filozofie 20. storočia. Zv. 3, Logický pozitivizmus*. Bratislava: Iris, 2006, s. 112.

kauzalita vůbec něčím je, pak nemůže být ničím jiným, nežli principem uspořádání.

Další předpoklad, z něhož Planck vychází, je následující: „Událost je kauzálně poté podmíněna, jestliže může být s jistotou předpovězena.“⁴⁸ Jestliže však o kauzalitě mluvíme v souladu s výše zmíněnými předpoklady kauzality, je třeba vyvarovat se takového závěru, že jestliže něco odehrávajícího se v budoucnosti s jistotou dopředu můžeme tvrdit, mluví pak tento fakt sám o sobě pro platnost kauzality. Pro vyvrácení takového je možné uvést známý příklad sledu dne a noci, přičemž to, že s jistotou můžeme předpovědět, že po noci následuje den, neznamená, že tato noc je příčinou následujícího dne. Schlick však tuto „námitku“ proti platnosti zákona kauzality opět vyvrací jednoduše tak, že „výrazy ‚den‘ a ‚noc‘ ve skutečnosti nejsou pojmy událostí v tom smyslu, v jakém je toto slovo užíváno ve vědě. Neboť rozložíme-li den a noc na řadu přírodních událostí, které tato jména zastupují, zjistíme, že postupnost těchto událostí je třeba uvažovat za velmi dobrý příklad ‚kauzálního spojení‘.“⁴⁹

Nicméně o platnosti kauzality se naopak často mluví v situacích těmto opačným, resp. v situacích, kdy nespolehlivost předpovědi je naprosto zjevná. Příkladem může být každodenní předpověď počasí, kdy meteorologové mluví často o kauzálně determinovaných dějích probíhajících v atmosféře, ačkoliv jejich předpovědi jsou velmi často neúspěšné. V tomto případě je možné se samozřejmě odvolávat na přílišnou komplikovanost daných objektů a atmosféry. Nicméně ani v případě, že bychom tuto veškerou komplikovanost pominuli a počítali s ideálním

⁴⁸ SCHLICK, Moritz. Kauzalita v bežnom živote a v súčasnej vede. In: MIHINA, František, SEDOVÁ, Tatiana, ZOUHAR, Marián (eds.), *Malá antológia filozofie 20. storočia. Zv. 3, Logický pozitivizmus*. Bratislava: Iris, 2006, s. 4.

⁴⁹ SCHLICK, Moritz. Kauzalita v bežnom živote a v súčasnej vede. In: MIHINA, František, SEDOVÁ, Tatiana, ZOUHAR, Marián (eds.), *Malá antológia filozofie 20. storočia. Zv. 3, Logický pozitivizmus*. Bratislava: Iris, 2006, s. 107.

případem pro předpovídání a ocitli se tak v pozici Laplaceova démona,⁵⁰ ani pak by dnes nebylo možné mluvit o absolutní jistotě a přesnosti předpovědi. Důvody spočívají v deterministické teorii chaosu a Lorenzově objevu tzv. efektu motýlích křídel, popularizovaného na základě jedné z jeho přednášek, kdy vznesl otázku, zda „mávnutí křídel motýla v Brazílii může způsobit tornádo v Texasu?“⁵¹ I malá nepřesnost na počátku měření může mít totiž nedozírné následky, přičemž měření není možné provést s absolutní přesností nikdy. Kromě toho je v rámci předpovědi počasí úkolem meteorologů i předpověď klimatu, přičemž klima je představováno průměrným stavem atmosféry za dostatečně dlouhé období, nejčastěji za posledních 30 let. Předpověď klimatu rovná se tedy předpovědi statistických charakteristik atmosféry kupříkladu na příští rok. V rámci teorie deterministického chaosu tak jde při nejmenším o velmi diskutabilní záležitost.⁵² O absolutní jistotě předpovědi lze mluvit u čistě matematických výpočtů.

Podle Plancka je nutné respektovat následující skutečnost: „V žádném jednotlivém případě není možné přesně předpovědět fyzikální

⁵⁰ Tuto hypotetickou inteligenci definoval P. S. de Laplace ve svém díle „La théorie analytique des probabilités“ v roce 1820. Později byla nazvána „Laplaceovým démonem“ a je spojována v souvislosti s absolutně platným determinismem. Laplace ji však uvádí jako absurdní myšlenku, že žádný takový démon existovat nemůže, determinismus tedy odmítá. Predikce je podle něj možná jen na základě pravděpodobnosti. Podobně ve svém díle *Système de la Nature ou des lois du monde physique et morale* definoval vševědoucí inteligenci již v 18. stol. Holbach, který však tohoto svého „geometra“ vnímal naprosto vážně. Jedná se o definici determinismu následujícího znění: „Ve víření prachu, který zvedl bouřlivý vítr, ať už se to jeví našim očím jakkoliv, ani v té nejhrůznější bouři, vyvolané větry vzdouvajícími vlny, není jedna jediná molekula prachu či vody, jejíž poloha by byla náhodná, který by neměla svou dostatečnou příčinu toho, aby zaujala to místo, v němž se nachází, a která by nekonala přesně tím způsobem, jímž konat musí. Geometr, který by přesně znal různé síly, které v těchto dvou případech působí, a vlastnosti pohybovaných molekul, by na základě daných příčin dokázal, že každá molekula se přesně pohybuje tak, jak se pohybovat má, a že se ani jinak pohybovat nemůže.“ (Holbach, *Système de la Nature ou des lois du monde physique et morale*, 1770, kap. IV.)

⁵¹ Edward Lorenz 29. prosince 1979 na své přednášce „Predictability: Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?“

⁵² RAIDL, Aleš. Chaos a předpověď počasí. In: NOSEK, Jiří. (eds.), *Chaos, věda a filosofie*. Praha: Filosofia 1999, s. 301-302.

událost.⁵³ Takové tvrzení je ale v rozporu s jeho výchozím předpokladem o kauzální podmíněnosti události v případě, že je možné ji předpovědět. Tvrzení o nepředpověditelnosti fyzikální události podporuje stanovisko indeterminismu, který kauzalitu popírá. Indeterminismus chápe zákonitost pouze statisticky a v každém případě tak uvažuje o pouhých pravděpodobnostních zákonech vycházejících z průměrných hodnot získaných četnými pozorováními. Indeterminismus vnímá svět vystavěný výlučně na statistice, jejímž cílem je vystavět fyziku na pravděpodobnostních výpočtech. O Planckově postoji přímo k determinismu pojednává více následující kapitola *Determinismus anebo indeterminismus?*

Fyzikální vývoj vědy je nicméně postaven dle Plancka na bázi kauzality, tj. na platnosti výchozího Planckova předpokladu. Co se týče klasické dynamiky, zde se formulace zákona kauzality přibližuje přesností a precizností ideálnímu cíli, neboť je dána jakožto určitý systém matematických rovnic, jimiž jsou určovány všechny procesy v daném fyzikálním zobrazení a jestliže jsou určeny též počáteční stavy, je možné předem vypočítat následující procesy, tedy z příčiny vyvodit následek. Co se týče teorie relativity, ta bývá někdy interpretována ve prospěch pozitivistického pojetí, navíc mnohdy jakožto protiklad transcendentální filozofie, dle Plancka ovšem zcela neprávem, neboť podstata této teorie pro něj tkví v existenci veličiny čtyřrozměrného časoprostoru – intervalu mezi dvěma nekonečně blízkými událostmi, jež má vždy stejnou hodnotu a nabývá tím na lidské vůli nezávislého transcendentálního charakteru. Planck věnuje pozornost i statistickým zákonům fyziky, které mají pouhý pravděpodobnostní charakter a připouštějí v jednotlivých případech výjimky. Jako příklad uvádí tepelnou vodivost, kdy dle druhého zákona teorie tepla přechází tepelná energie z teplejšího na chladnější těleso. Nicméně v případě výrazně malé teploty obou zahřívajících se těles může v ojedinělém

⁵³ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1953, s. 5.

místě v ojedinělém časovém bodě nastat opačný přechod tepelné energie, tedy z chladnějšího na teplejší, čímž se tedy prokazuje, že onen zákon je pouze pravděpodobnostním, zatímco jeho exaktní význam platí pouze pro průměrné hodnoty velkého počtu analogických procesů. Planck tento případ přibližuje na hodou kostkou, jejíž těžiště se nenalézá ve středu, kdy je sice velmi pravděpodobné, že dopadne na předpokládanou stranu, ale není to nikterak jisté. Exaktnější výsledek je možné nalézt pouze v případě častého opakování hodů. Tím se tedy ukazuje, že ona předpokládaná platnost přísné kauzality je narušena zjištěným pravděpodobnostním zákonem. Nicméně podstata výše zmíněného nevězí v nenaplnění kauzálního zákona, nýbrž v dané přespříliš malé vytríbenosti pozorování pro přímý výzkum platnosti zákona kauzality. „Pokud bychom byli schopni pozorovat pohyb každé jednotlivé molekuly, pak bychom na něm potvrdili přesnou platnost dynamických zákonů.“⁵⁴

Sama fyzika rozlišuje dle Plancka dva přístupy pozorování – zaprvé souhrnný makroskopický přístup pozorovatele, při jehož uplatnění je třeba uvažovat náhodu a pravděpodobnost, zatímco onen druhý přístup – podrobný mikroskopický přístup pozorovatele – pracuje s jistotou a přísnou kauzalitou. Makroskopický pozorovatel počítá se sloučenými hodnotami a s na ně použitelnými statistickými zákony, zatímco mikroskopický badatel počítá s jednotlivými hodnotami a aplikuje na ně zcela jednoznačné dynamické zákony. Jestliže bychom tedy aplikovali mikroskopický způsob na výše zmíněný příklad vrhu kostkou, tj. určili materiál kostky, počáteční polohu, vnější účinky desky stolu, přesný odpor vzduchu v každém jednotlivém případě, byli bychom schopni vypočítat přesnou polohu a místo kostky po jejím vržení. Fyzika má nicméně každopádně snahu přeměňovat dosavadní makroskopický přístup u všech procesů molekulárního a atomárního světa na mikroskopický a statické zákony na dynamickou přísně

⁵⁴ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*, Berlin: Julius Springer, 1923, s. 33.

kauzální zákonitost, tudíž je dle Plancka možné říci, že fyzika spolu s astronomií, chemií a mineralogií ve všech jejich oblastech pokládají základ platnosti přísné kauzality.⁵⁵

2.3. Determinismus anebo indeterminismus?

Planck se v rámci svých úvah věnuje i platnosti samotného determinismu, přičemž je třeba říci, že zde nijak explicitně tyto pojmy nedefinuje, přinejmenším ve srovnání s pojmem kauzality, kde naopak nabízí vícero definic. Zde je tedy možné zmínit často uváděnou definici P. S. Laplace, jež právě bývá (byť neprávem) spojována s platností determinismu: „Intelligence, jež by znala všechny působící síly v přírodě v daném okamžiku, stejně tak jako momentální pozice všech věcí ve vesmíru, by byla schopna pochopit v jedné jednoduché formulaci pohyb velkých těles stejně tak jako nejlehčích atomů ve světě za předpokladu, že by jeho intelekt byl schopen analyzovat všechna data. Nic by pro něho nebylo nejisté, budoucnost stejně tak jako minulost by byla přítomna před jeho očima.“⁵⁶

Planck však determinismus přibližuje opět na obecných otázkách souvisejících s běžným životem, zda například zásah bleskem či výhra velké ceny v loterii je osudově předurčena, či je to pouhá slepá náhoda. „Zřítí-li se někdo z vysoké věže, je hnán nějakým vnitřním nutkáním, anebo jedná na základě vlastního svobodného rozhodnutí?“⁵⁷

Planck v rámci tohoto tématu poukazuje opět na problematičnost pojmu „skutečnost“ a nejistotě s ním spojené, jež může vést k mnohým nedorozuměním. A opět zde staví na mnohdy zmiňované otázce související

⁵⁵ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*, Berlin: Julius Springer, 1923, s. 33–34.

⁵⁶ viz výše, pozn. č. 46.

⁵⁷ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 4.

s determinismem, totiž předpovědi počasí. Je možné říci: „Skutečně“ neexistují fyzikální zákony a jejich uplatnění na přesný výpočet všech detailů počasí, nýbrž skutečně existují meteorologové, již provádějí předpovědi počasí a na základě existujícího materiálu vypracovávají prognózu. Vše ostatní je teorie, zevšeobecnění, idealizace, nikoliv skutečnost.“⁵⁸

Z tohoto hlediska je tedy dle Plancka počasí indeterminováno teď i pro veškerou dohlednou dobu, protože je jím doporučeno zamezit pojům jako například „skutečně“ či „zdánlivě“ nebo „jako by“, není-li jejich smysl naprosto zřejmý. Nahradit je lze výslovnými podmínkami, jež se s nimi pojí. Co se týče Planckova příkladu s předpovědí počasí, postupovat s výpovědí by se tedy mělo následovně: Poté, co přijmeme bázi pro určení počasí, tj. uplatnění fyzikálních zákonů, jinak skutečně existujících pomocných prostředků meteorologie, je třeba zítřejší počasí označit za determinované anebo indeterminované. Totéž platí pro případ výše zmíněné výhry v loterii. Zohledníme-li uložení všech jednotlivých čísel losů v urně, stejně jako pohyb ruky, jež los vytahuje, je tažené číslo zcela determinované, přičemž jinak je indeterminováno a podléhá náhodě. Výsledek je tedy podle Plancka nulový a v podstatě tedy ztrácí smysl se touto otázkou zabývat, kdy doporučuje jednoduše se na pravdu neodvolávat.⁵⁹

Vzhledem k výše zmíněným případům lze říci, že žádná z událostí není ani zcela determinována, ani zcela indeterminována. Naopak je zapotřebí nejprve zcela přesně specifikovat podmínky, z nichž se při zkoumání otázky vychází. V opačném případě nemá otázka determinismu vs. indeterminismu žádný smysl. Tyto podmínky nicméně mohou být naprosto rozmanité a je tak

⁵⁸ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 5.

⁵⁹ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 8.

možné dle konkrétní volby danou determinovanou událost změnit v indeterminovanou a naopak.⁶⁰

Planck se přirozeně zabývá i otázkou determinovanosti či indeterminovanosti související s rozvojem kvantové fyziky, tedy otázkou, zda jsou anebo nejsou determinovány i ty nejjemnější fyzikální události, tj. atomární procesy. I zde se uchyluje ke konkrétnímu příkladu. Tentokrát uvádí příklad paprsků elektronů, jež se všechny pohybují stejnou rychlostí v témže směru, kromě toho ale neuspořádaně a na sobě nezávisle. Tento paprsek padá šikmo na velmi tenkou křišťálovou destičku, přičemž dané procento této skupiny elektronů je krystalem reflektováno a zbytek proletí skrze krystal. Možnost, že by elektron uvízl v krystalu, je z důvodu jeho nedostatečné šířky zamezena, stejně tak rozštěpení krystalu je nemožné. Výsledkem tedy mohou být pouze dvě možnosti. Elektron se buď odrazí, nebo destičkou projde. Protože zákon odrazu elektronu od krystalu je statistický a stanovuje se pouze u velkého počtu elektronů, selhává, ptáme-li se po chování jednotlivého elektronu. Dle Plancka můžeme říci: „To, co se při setkání jednotlivého elektronu s krystalem určitým způsobem štěpí, není sám elektron, nýbrž pravděpodobnost proto, že celý elektron zvolí jednu nebo druhou cestu.“⁶¹ Na základě tohoto příkladu a jemu odpovídající teorie jsou tak mnozí fyzici ochotni označit reflexi jednotlivého elektronu při setkání s krystalem za indeterminovaný proces v absolutním smyslu.

Vrátíme-li se nicméně k výše zmíněnému Planckově tvrzení, že determinovanost resp. indeterminovanost události je závislá na podmínkách, jež událost provázejí, je třeba příklad reflexe elektronu při setkání s atomem rozvést. Z Planckova příkladu tedy vyplývá, že proces

⁶⁰ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 12.

⁶¹ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 15.

reflexe elektronů je v podstatě indeterminovaný. Současně otázka, za jakých podmínek se elektron od krystalu odrazí, nemá žádný fyzikální smysl, neboť fyzikálně smysluplné otázky jsou pouze ty, jež je možné ověřit měřeními. Planck nicméně dodává, že přísně vzato neexistuje žádná fyzikální otázka, již by bylo možné ověřit pouze měřeními a jedná se tak spíše o proces složený z vícera složek. Mnohdy je zapotřebí vzhledem k vytříbenosti měření aplikovat teorii. V rámci této okolnosti je tedy dle Plancka zapotřebí výše zmíněnou větu poupravit: „...ověření otázky měřeními má být alespoň ‘princiálně’ možné.“⁶² Pokud tato „princiálnost“ od počátku schází, je zapotřebí otázku fyzikální smysluplnosti či nesmyslnosti otázky stavět právě na teorii. Planck v rámci tohoto problému uvádí i několik příkladů z historie, kdy smysluplnost či nesmyslnost některých otázek podléhala plně proměně daných teorií a jmenuje například otázku vzniku hmoty ze světla či vzniku perpetua mobile.

Planck v rámci polemiky nad determinismem dochází k závěru, že buďto je třeba zavést indeterminismus všude, anebo jej zcela vypustit, neboť není možné stanovit ostrou hranici mezi mikrofyzičnou a makrofyzičnou, což podle něj potvrzují též příklady z koloidní chemie či biochemie, neboť ani zde není možné rozlišit principiálně mezi molární a molekulární fyzikou. Pokusili-li bychom se analogicky zavést přechod z determinismu v molárním světě do indeterminismu v atomárním světě, setkali bychom se mnohými problémy.⁶³ Planck je co do dalšího vývoje teoretické fyziky poměrně skeptický, když tvrdí, že zatím není možné odhadnout, jakým směrem se nová fyzika bude ubírat, ale v každém případě však tuto cestu nevidí jako příliš slibnou.

⁶² Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 17.

⁶³ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 19.

Základní potíží v zavedení indeterminismu Planck spatřuje v následující skutečnosti, jež často bývá indeterminismu přičítána k dobru. Totiž mnohdy se tvrdí, že to byl právě indeterminismus, který dokázal odvodit z nezákonnosti zkušenostní zákonitost, pravidlo z nepořádku, či kosmos z chaosu. Podle Plancka však toto není možné, neboť i statistická zákonitost potřebuje ke svému zdůvodnění zcela určité podmínky, stejně tak jako například i věty teorie pravděpodobnosti vycházejí z určitých stanovení o pravděpodobnostních případech. Planck tedy přesvědčivě tvrdí: „... eventuální naděje, že by indeterminismus mohl možná jednou vystačit jakožto jediná a konečná báze pro výstavbu teoretické fyziky, se dle všech předpokladů ukáže jako klamná.“⁶⁴

Důvod, proč je náraz elektronu na krystal vnímán jakožto indeterminovaný, vězí podle Plancka tedy především v charakteru podmínek, které jsme si stanovili. V tomto konkrétním případě se jedná o vnímání elektronu ve smyslu klasické fyziky, tedy jako druhu tělesa, resp. hmotného bodu s určitou rychlostí narážející na krystal na určitém místě. Protože však z těchto údajů není možné zjistit další průběh cesty, je tento proces indeterminovaný.⁶⁵ Planck proto tvrdí, že elektron nesmí být nadále v rámci klasické fyziky považován za těleso, naopak je třeba přistoupit k pojetí vlnové mechaniky, neboť dle Heisenbergova principu neurčitosti platí následující: „...místo elektronu, který má určitou rychlost je zcela neurčité nejen ve smyslu, že není možné specifikovat místo takového elektronu, nýbrž ve smyslu, že elektron žádné určité místo nezaujme. Neboť elektron určité rychlosti odpovídá jednoduché periodické (hmotné) vlně, která není ani prostorově, ani časově ohraničena, jinak by jednoduše nebyla periodická. Elektron se tedy nenachází na žádném místě, anebo, chcete-li,

⁶⁴ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 20.

⁶⁵ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 21.

nachází se na všech místech současně.⁶⁶ Proto je podle Plancka od počátku nešťastné požadovat odpověď na otázku po dráze elektronu. Na základě výše řečeného jsou tedy narušeny předpoklady klasické mechaniky vedoucí k přijetí indeterminismu a současně se vytváří podmínky pro deterministickou teorii. Nicméně ani Planck ve své době není schopen říci, jak by ona teorie mohla v budoucnu vypadat a hovoří pouze možnosti zavedení nových pojmů abstraktního charakteru, jež jsou klasické teorii zcela cizí a nutnosti stále hledat.

Jako základní předpoklad pro veškerá vědecká bádání bychom podle Plancka měli přijmout fakt, že veškeré dění je nezávislé na lidech a jejich měřicích přístrojích. Současně je třeba smířit se s tím, že možnost získat vzhled do zákonitostí atomárních procesů se stále vzdaluje, neboť měřicí nástroje, samotné složené z bezpočtu atomů nemohou dosahovat drobnosti jednotlivých atomů. „Je nemožné zkoumat vnitřek tělesa, je-li sonda větší než celé těleso.“⁶⁷

A i zde se Planck opět pouští naplno do sféry filozofie a nabízí mnohem účinnější měřicí nástroj, jež překoná nuance veškerých atomů. Tím nástrojem je tok našich myšlenek, neboť myšlenky jsou podle Plancka mnohem drobnější nežli atomy a elektrony a můžeme v nich snadno stejně tak rozštípnout atomové jádro, jako překonat kosmickou vzdálenost milionů světelných let. Planck vnímá přírodu jako pouhý výkroj nekonečného světa myšlenek, přičemž schopnosti myšlenek překračovat přírodu, využívá odjakživa fyzikální bádání. Současně Planck opět upozorňuje na to, že je potřeba dále rozšiřovat tvorbu pojmů klasické fyziky, kdy se právě ukáže výkonnost výzkumné metody pracující se světem myšlenek. Nejcennější

⁶⁶ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 22.

⁶⁷ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 23–24.

hodnota myšlenek pro Plancka nezávisí na průzračnosti, jejíž absence se mnohdy vyčítá teoretické fyzice, nýbrž na její výkonnosti. Požadavek průzračnosti tak pro Plancka ztrácí v rámci vývoje klasické fyziky jakýkoliv smysl, neboť o průzračnosti není možné rozhodovat od počátku navždy. Naopak, jakýkoliv pojem se může stát průzračný časem tím, že si na něj zvykneme a osvojíme si ho.⁶⁸

Odlišně se k otázce přijetí determinismu staví např. Planckův současník Erwin Schrödinger. Ten považuje přísný determinismu za tzv. klíčové dogma klasické fyziky, přičemž nejprůzračnější příkladem je pro něj klasická mechanika. Nicméně, klade-li si otázku, zda je možné předem předpovědět chování nějakého uzavřeného systému s přesnou znalostí jeho počátečního stavu, pak máme pouze dvě možnosti při konečném počtu pozorování – ano a ne. Schrödinger to přirovnává k šachové hře, přičemž mluví o existenci jakéhosi „nadhráče“, jenž by byl schopen určit výherce hry. Je-li nicméně příroda o něco komplikovanější nežli šachová hra, pak každopádně není fyzický systém determinován konečným počtem pozorování a skutečně je možné provést pouze konečný počet pozorování. Determinovat systém by tak dle Schrödingera bylo možné pouze nakupením pozorování systému. Touto cestou se vydala právě klasická fyzika. Opačné stanovisko je takové, že tedy nepřijmeme, že nekonečně mnoho pozorování, jež samo o sobě není reálně proveditelné, by fyzický systém indeterminovalo. A to je dle Schrödingera cesta, již se vydala nová fyzika, aniž by si to sama vybrala.⁶⁹ Schrödinger dále tvrdí, že viděno zcela naivním pohledem je indeterminována i klasická fyzika. Tvrdíme-li opak, pak spočívá v úskoku, na který jsme si zvykali tak dlouho, až jsme jej začali považovat za samozřejmý. Vezmeme-li například podle Schrödingera pohybující se

⁶⁸ Planck, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 24–26.

⁶⁹ SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932, s. 1–6.

hmotný bod – hozený kámen v gravitačním poli, není možné určit dle klasické mechaniky, jak se bude těleso pohybovat v příštím momentu ani za předpokladu, budeme-li tento pokus častokrát opakovat. Předpovědět můžeme teprve z polohy v určitém momentu druhý nejbližší moment, neboť dle klasické mechaniky určují tělesa zrychlení, nikoliv rychlost. „Na otázku, jak se bude pohybovat hmotný bod v příštím momentu, může klasická mechanika odpovědět pouze následovně: Nevím, chceš-li to vědět, podívej se!“⁷⁰

Únik, jímž proplová klasická fyzika, je možný díky stanovení počátečních podmínek, které musí být uvedeny, jinak není bohužel počáteční stav znám. Počáteční stav se tak vypočítá na základě počáteční rychlosti ve stejném momentě. Rychlost je nicméně definována jakožto diferenciální podíl vůči času, přičemž tato definice se vztahuje na dva časové momenty, nikoliv na stav v jednom časovém momentu. Obecně je tím dle Schrödingera myšleno, že je možné zvolit tyto dva časové momenty jakkoliv blízko, resp. identifikovat je. Moderní tvrzení však říká, že pro přísně definovanou polohu ztrácí pojem rychlosti smysl. Statistický charakter je tak rozpoznán nejen u zákonů vztahujících se k jednomu stavu, nýbrž i u mnohých zákonů vztahujících se k ději. Dle Schrödingera stručně řečeno u veškerých zákonů vztahujících se k ireverzibilnímu přírodnímu ději, přičemž ty tvoří převážnou většinu.⁷¹

Podle Schrödingera tak od dob zakladatele statistické fyziky Ludwiga Boltzmannova padá většina zákonů, jež určují proces děje v našem okolí, organickém i anorganickém. Veškeré chemické přeměny, reakční rychlosti v závislosti na teplotě, tání a vypařování, tlak páry atd., tedy vlastně všechno

⁷⁰ SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932, s. 8.

⁷¹ SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932, s. 9–10.

kromě gravitace a možná i ona sama. Všechny předpovědi odvozené z těchto zákonů mají statistický charakter, platí pouze s velmi malými přesně odhadnutelnými odchylkami či mezemi přesností. Schrödinger se tak sugestivně ptá: „Není to, to samé, o čem jsem mluvil na začátku? Proč se kolem toho událo tolik povyku? Proč už se neustoupilo od determinismu či kauzality před 40–50 lety?“⁷²

Nicméně v té době stavěla většina fyziků na deterministické bázi hmotného světa, přičemž tvrdili, že na jiné bázi není možné vystavět jakoukoliv jinou exaktní vědu, neboť příroda by se tak dostala do totálního chaosu. Nicméně např. už v roce 1918 byly vzneseny první pochybnosti vůči determinismu Franzem Exnerem,⁷³ devět let před Heisenbergovým objevem relací neurčitosti. Nezískaly ale příliš pozornosti, a když se jich v roce 1922 Schrödinger zastal,⁷⁴ setkal se s významným nesouhlasem.⁷⁵

To je nicméně dle Schrödingera samozřejmě špatně. V rámci teorie plynu neodpovídá náraz dvou molekul známým zákonům nárazu, nýbrž je dráha molekul určena „hrou v kostky“. Je pouze zapotřebí zachovat rovnovážné zákony s dostačující přesností, např. aby součet energií před a po nárazu v podstatě odpovídal. Mimoto bylo možné „primární“ náhodu vyvolat – např. nevíme, zda se molekula při nárazu do jiné molekuly objeví o něco více doleva či doprava, což velmi pozměňuje úspěch nárazu, tj. zda je nahlížen jako determinovaný či indeterminovaný.

Bylo tedy tehdy pouze otázkou vkusu či filosofického úsudku, zda se rozhodnout pro determinismus či indeterminismus. Pro determinismus

⁷² SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932, s. 9–12.

⁷³ Rakouský fyzik, žák Ludwiga Boltzmannova.

⁷⁴ SCHRÖDINGER, Erwin. Antrittsrede des Hrn. Schrödinger. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. Naturwissenschaften* 17, 9, 1929.

⁷⁵ SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932, s. 16.

mluvila prastará (či apriorní?) zvyklost, pro indeterminismus to, že tato zvyklost spočívá prokazatelně na skutečně zákonitém přírodním běhu, jež pozorujeme v našem okolí. Jakmile přijmeme, že tyto zákonitosti jsou téměř všechny – a možná opravdu všechny – statistické povahy, neposkytují dle Schrödingera již žádný racionální argument pro trvání na determinismu.⁷⁶

2.4. Námitky vůči pozitivismu

Zdroj každého poznání a současně tedy původ každé vědy pro Plancka představují osobní prožitky, tedy ono bezprostředně dané. Tyto prožitky jsou nám zprostředkovány našimi smysly. Bezprostředně dané je tedy obsahem toho, co vidíme, slyšíme, cítíme – ona nedotknutelná pravda. Vystačí si skutečně fyzika s takovouto bází, ptá se Planck. Je úkolem fyzikální vědy poskytnout obsahu rozmanitých existujících pozorování přírody co možná nejpřesnější a nejjednodušší zákonitou souvislost?⁷⁷ Takto Planck definuje pozitivismus a vytyčuje si úkol podrobit tuto jedinou bázi pozitivismu zkoušce.

Sami logičtí pozitivisté a zakladatelé Vídeňského kroužku v roce 1929 vytyčili východiska pozitivismu následovně: Pro vědecké pojetí světa nejsou ani tak charakteristické vlastní teze, jako spíše obecný přístup, stanoviska, směřování výzkumu. Cílem je jednotná věda. Snahou je spojit a uvést do souladu výkony jednotlivých výzkumníků z rozmanitých vědeckých oblastí. Z toho vyplývá kladený důraz na kolektivní práci. Vědecký světový názor nezná žádné neřešitelné náhody. Vysvětlení tradičních filozofických otázek vede k následujícímu – buďto se část z nich ukáže být pseudoproblémy (a pak jsou odvrženy jakožto nesmyslné), anebo se část z nich promění na

⁷⁶ SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932, s. 15.

⁷⁷ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 3.

empirické problémy, čímž se stanou podřízeny empirické vědě. Úkol filozofické práce spočívá v objasnění problémů a formulací, nicméně ne stanovení vlastních „filozofických“ formulací. Metodou tohoto objasnění je logická analýza. Metafyzická filozofie je vědeckým pojetím světa odmítnuta.⁷⁸

Hned v počátku Planck naráží na problém týkající se běžného způsobu mluvy o běžných předmětech, jež ilustruje na příkladu obyčejného stolu. Neboť mluvíme-li podle Plancka o stolu, máme na mysli něco zcela jiného nežli obsah našeho pozorování stolu. Stůl vidíme, můžeme se ho dotknout, cítit jeho pevnost atd. „Ale o věci, jež vede mimo nebo za tímto smyslovým vnímáním samostatné bytí, nevíme nic. Proto ve světle pozitivismu není stůl ničím jiným, nežli komplexem takových vnímání, jež spojujeme se slovem stůl. Odejme-li všechna smyslová vnímání, nezbyde zhora nic. Otázka, co je ‚skutečně‘ stůl, nemá žádný smysl.“⁷⁹ Podle pozitivismu tak jakákoliv otázka, již není možné spojit s prožitkem či pozorováním, ztrácí veškerý smysl. Pozitivismu tak přísně odmítá jakoukoliv metafyziku.

Jelikož podle pozitivismu představují smyslová vnímání jakožto primárně dané bezprostřední skutečnost, je již z principu nemožné podle Plancka mluvit o jakýchkoliv smyslových klamech. Co nás tedy za určitých okolností může klamat, nejsou naše smyslová vnímání, nýbrž závěry, jež z nich vyvozujeme. Jako příklad uvádí Planck rovnou hůl, již držíme šikmo ve vodě a vidíme ji tak v místě ponoru jako nalomenou, přičemž ono nalomení skutečně existuje jako optické vnímání, a je tedy pouze praktičtější, řekneme-li, že smyslové vnímání se chová tak, jako by byla hůl rovná a jako

⁷⁸ VEREIN ERNST MACH. *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis*. Wien: Ernst Mach Artur Wolf Verlag, 1929, s. 305-308.

⁷⁹ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 5.

by se světelné paprsky pronikající z ponořené části do našeho oka při průchodu vodní hladinou odkláněly. Z pohledu pozitivismu je důležité zdůraznit, že oba způsoby vyjádření jsou naprosto plnohodnotné a na stejné úrovni. Dále Planck v rámci pozitivismu poukazuje na to, že pokud jde o prožitky, jsou opravdové pouze ty vlastní, neboť cizí prožitky jsou pouze nepřímo zpřístupněné.⁸⁰

Z předchozího tedy Planck vyvozuje, že dle zachování požadavků pozitivismu, tedy primární bezprostřední danosti prožitku, resp. vlastního prožitku, je nutné buďto rezignovat na obsáhlou vědu, anebo přijmout jeden z klíčových pozitivistických požadavků, a to i cizí prožitky jako vědeckou bázi. S tím však dále souvisí další problém, tedy důvěryhodnost a spolehlivost zprávy zprostředkované dalším člověkem. V každém případě je zde narušena bezprostřední danost vědeckého materiálu, neboť důsledně provedený pozitivismus v podstatě odmítá pojem a nutnost objektivní, tj. na individuálním badateli nezávislé fyziky. Ačkoliv tedy Planck pozitivismu přiznává fundovanost, současně mu vytýká jeho značnou omezenost, již bude zapotřebí překročit nikoliv skrze formální logiku, nýbrž určitým vkročením na pole metafyziky. Neboť podle Plancka je především nutné přijmout hypotézu, že prožitky samotné nevytvářejí fyzikální svět, nýbrž nám pouze podávají zprávu o jiném světě, jenž stojí za nimi a existuje nezávisle na nás, tedy o reálném vnějším světě.⁸¹

Vědě tak Planck neustále podsouvá kompetenci pohybovat se na poli metafyziky, čímž tedy nutně stále odporuje stanoviskům pozitivismu, jenž tvrdí, že filozofické otázky – tedy otázky týkající se jakýchsi podkladů a předpokladů jednotlivých věd, nespádají do oblasti samotné vědy. Dle

⁸⁰ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 7–9.

⁸¹ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 10–13.

pozitivismu věda filosofii ve své podstatě nepotřebuje a odebírá jí možnost poznání světa.⁸² Zde se tedy Planck s předpoklady pozitivismu jednoznačně rozchází, když tvrdí, že východiska pozitivismu vlastně znevažují význam spolupráce filozofie a odborné vědy. Je třeba si uvědomit, že stejně tak jako filozofové, tak i vědci pracují s vesměs stejnými prostředky bádání a vycházejí ze stejných východisek – tedy z denní zkušenosti a z názorů získaných vědeckým vzděláním. Planck svojí ideu nutné spolupráce vědy a filozofie ilustruje na situaci, kdy nastiňuje rozdíl mezi vědcem a filozofem analogicky ke dvěma cestujícím ve vlaku, jež pozorují krajinu. První cestující představující filozofa ji pozoruje prostřednictvím pohybu očí, zatímco druhý, jenž je zobrazením vědce, pozoruje krajinu prostřednictvím pevně nastaveného dalekohledu do určitého směru. Prvně zmíněný má tedy, ačkoliv velmi nejasný a rozestřený, přehled o celé krajině, zatímco druhý pozoruje mnoho podrobností, nicméně pouze omezeného okruhu. Oba si ovšem mohou navzájem prokázat cennou službu právě formou kompilace a propletení výsledků onoho vnějšího světa, tedy světa, jenž poznává filozofie a reálného světa postihnutelného smysly prostřednictvím měřicích přístrojů. Jestliže tedy filozofie získává takto informace v rámci vědy, není možné je nijak zpochybnit. „Pokroky vědy jsou definitivní a není možné je trvale ignorovat.“⁸³

Planck si pokládá otázku, jak tedy věda skutečně postupuje ve všech jejích jednotlivých oblastech a zda se nějakým způsobem zabývá oblastí vědomí a smyslovými vjemy, či zda jednoduše překračuje tento první zdroj poznatků a s ním vlastně celou oblast metafyziky. Je nejspíše zcela zjevné, že teprve právě v odvratu od antropocentrických či egocentrických úvah nachází počátek veškerá věda. Ovšem teprve po opuštění onoho středu

⁸² FAJKUS, Břetislav. *Filosofie a metodologie vědy*, Praha: Academia, 2005, s. 67.

⁸³ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 26.

vesmíru jakožto sebe samého na počátku, později i po opuštění středu vesmíru jakožto planety obývané člověkem, poté i formou co možná nejpokornějšího pozorování, neboť cílem bylo co možná nejmenší ovlivnění pozorovaného sebou samým, mohl dosáhnout člověk nějakých poznatků vnějšího světa. Tato východiska pak vyúsťují v předpoklad, že pro existenci vědy je tedy nutná existence onoho na nás nezávislého světa. Cílem není celistvé přizpůsobení našich myšlenek našemu smyslovému vnímání, nýbrž celistvé oddělení fyzikálního světoobrazu od individuality tvořícího ducha.⁸⁴ Nejdůležitější je ale ono uvědomění si existence těchto dvou světů, onoho vnitřního a vnějšího, a jejich následné oddělení. Jednotlivé vědy tento přechod do transcendentálního nijak nezdůvodňovaly, ač se k němu nutně uchýlovaly, neboť jinak by nemohly dosáhnout takové rychlosti v pokroku. Zároveň se ani nemusely obávat jakéhokoliv vyvrácení, prostřednictvím rozumových závěrů to, totiž ani není nikterak možné.⁸⁵ Nutnost existence tohoto na našich smyslech nezávislého světa pak Planck nutně spatřuje i v souladu s přijetím kauzality ve fyzice.

2.5. Fyzikální světoobraz jako přechod k zapovězené metafyzice

Vezmeme-li v potaz Planckovy veškeré klíčové požadavky týkající se výstavby vědy, budeme stavět na následujícím: Východiska jsou měření, jež jsou stále spojena se smyslovým vnímáním, protože smyslový svět představuje první oblast vědy. Fyzikální zákony se většinou vztahují právě ke smyslovému světu. Druhou oblast pak přirozeně představuje reálný svět stojící za smyslovým světem. Třetí oblast pak představuje, svět fyzikální

⁸⁴ PLANCK, Max. *Die Einheit des physikalischen Weltbildes*, Leipzig: Verlag von S. Hirzel, 1909, s. 36.

⁸⁵ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*, Berlin: Julius Springer, 1923, s. 24–28.

vědy, resp. fyzikální světoobraz, jenž pro Plancka představuje fenomenologický svět.

Jestliže budeme vnímat fyziku jakožto vědu postavenou na platnosti přísné kauzality, pak je ale nejprve nutné upřesnit smysl pojmu „událost“ ve výchozím předpokladu o její kauzální podmíněnosti v případě, že je možné ji s jistotou předpovědět. Událost tedy nemůže představovat v rámci teoretické fyziky skutečný jednotlivý měřitelný proces zahrnující též náhodné a nepředvídané události, a je tedy nutné nahradit reálný smyslový svět oním reálným vnějším světem, resp. výše zmiňovaným fyzikálním světoobrazem. Ve fyzikálním světoobrazu vládne dle Planckova mínění svévole myšlenkových konstrukcí, díky nimž je právě možné oprostít se od nejistot měření. V důsledku toho je pak možné každou jednotlivou fyzikální veličinu považovat skrze měření buďto za bezprostředně danou či ji převést do onoho fyzikálního světa. V případě prvním existuje možnost pouhé nejasné definice, v důsledku čehož pak není možné zobrazení určitým číslem, zatímco ve fyzikálním světě je tomu naopak a za předpokladu dodržování určitých zcela jasných předpisů je možné operovat s danými matematickými symboly.

Fyzikální světoobraz tedy neobsahuje přímo pozorovatelné veličiny, ale pouhé symboly.⁸⁶ Planck však tyto symboly nechápe jakožto konvenční dohodu, nýbrž jakožto zobrazení vnějšího světa ve světoobrazu v protikladu k smyslovým zobrazením.⁸⁷ Součástí světoobrazu jsou pak i např. dílčí kmitání či éterické vlny, jež mohou v počátku budit dojem jen jakési přítěže, ale právě díky těmto důležitým součástem fyzikálního světoobrazu je možné uvažovat přísný determinismus. Přesto je nutné fyzikální světoobraz

⁸⁶ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 9.

⁸⁷ VOGEL, Heinrich. *Zum philosophischen Wirken Max Planks*, Berlin: Akademie Verlag, 1961, s. 164.

uvažovat vždy jen jakožto pomocný pojem. Proces přechodu z reálného světa do fyzikálního světoobrazu tedy probíhá následovně. V rámci reálného světa postihnutelného smysly je v klasické teorii nejprve přeměněn daný objekt smyslového světa na symbol, současně též dochází k proměně veškerých vlivů působících na tento objekt a dojde tak k celistvému převedení do fyzikálního světoobrazu. „Prostřednictvím těchto dat jsou poté navždy jednoznačně určeny vlastnosti obrazu a z diferenciálních rovnic teorie je poté možné počítat s absolutní přesností.“⁸⁸ Planck tedy shrnuje: „Zatímco ve světě postihnutelném smysly je předpovězení nějaké události vždy zatíženo určitou nejistotou, ve fyzikálním světoobrazu probíhají veškeré události dle určitých daných zákonů, jsou přísně kauzálně determinovány. Tím je prostřednictvím zavedení fyzikálního světoobrazu – a v tom právě vězí jeho význam – redukována nejistota předpovědi události světa postihnutelného smysly na nejistotu převedení události z tohoto světa do světoobrazu, stejně tak jako zpětné převedení ze světoobrazu do světa postihnutelného smysly.⁸⁹ Sama klasická teorie se o nejistotu příliš nezajímala a veškerou svou pozornost věnovala spíše přísně kauzálnímu provedení procesů ve světoobrazu. A ačkoliv tedy bylo možné v souladu s technologickým vývojem uvažovat, že tyto nejistoty díky stále se zlepšujícím měřicím metodám postupně vymizí, bylo tomu díky Planckovi a jím zavedené konstantě⁹⁰ právě naopak.

⁸⁸ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 9.

⁸⁹ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 10.

⁹⁰ Planckova konstanta h je jednou ze základních fyzikálních konstant, mající jakožto fyzikální veličina rozměr akce. Planckova konstanta byla poprvé zavedena Maxem Planckem jako konstanta vyzařovacího zákona černého tělesa. Planckova konstanta určuje danou objektivní hranici pro zjištění přesnosti, přičemž v rámci této hranice již neexistuje kauzalita, nýbrž pouhá nejistota a náhoda.

Základní problém pro fyzikální světoobraz v klasické teorii fyziky vězí v Heisenbergově principu neurčitosti⁹¹ charakteristickém pro kvantovou fyziku, neboť v rámci tohoto principu není v podstatě možné převádět dané hodnoty dvojice konjugovaných veličin z fyzikálního světoobrazu do světa postihnutelného smysly. Sám Planck vysvětluje tuto nemožnost naměřit současně přesně polohu i hybnost elektronu v souladu s kauzálním působením měřicího přístroje. Důležité je to, že jakákoliv měření hodnot, jež částice vykazují, je nutné provádět těmi nejcitlivějšími a nejjemnějšími metodami, čímž je dosahováno velmi těsného kauzálního propojení. Z toho tedy vyplývá, že určení přesné polohy částice je závislé na míře zásahu do stavu její hybnosti a současně naopak určení rychlosti částice je závislé na míře délky času. V prvním případě se tak nevyhneme narušení rychlosti částice, v druhém narušení její polohy v prostoru. Na základě tohoto indeterministické přísnou kauzalitu odmítají, neboť jestliže nemůžeme získat přesně naměřené hodnoty, pak není možné ani s jistotou předpovídat, což zcela odporuje výše zmíněné skutečnosti, již je třeba v rámci platnosti kauzality nutně brát v úvahu. Možností je ale též pojmout jakoukoliv touhu po existenci přesných hodnot těchto veličin za fyzikálně nesmyslnou a příčinu pak hledat ve struktuře samotného fyzikálního světoobrazu, vycházejícího z klasického pohledu na svět. Klasický pohled na svět zklamal a bylo třeba jej nahradit jiným, jenž by byl schopen zahrnout přísný determinismus včetně nespojitých hodnot fyzikálních veličin tzv. kvanta akce, jež je popsáno Planckovou konstantou. Bylo nutné také proměnit charakter prvotní součásti světoobrazu - hmotného bodu -, na základě čehož byl původní hmotný bod nahrazen systémem materiálních vln, jež jsou

⁹¹ Heisenbergův princip neurčitosti říká, že čím přesněji určíme jednu z kanonicky konjugovaných veličin, (nejznámějšími veličinami tohoto typu jsou poloha a hybnost základní částice v kvantové fyzice), tím méně přesně můžeme určit tu druhou - bez ohledu na kvalitu přístrojů. Představa z klasické fyziky o předpověditelnosti chování systému, pokud známe jeho počáteční stav, je tedy nepoužitelná, neboť počáteční stav systému nikdy nemůžeme zjistit dostatečně přesně z důvodu, že není možné dostatečně přesně zjistit oba tyto konjugované parametry.

základními prvky onoho nového světoobrazu. V rámci toho se již hmotný bod nechová v rámci Heisenbergova systému neurčitosti, tj. jeho hybnost již není při určení polohy zcela neurčitá, ale spíše v rámci zákonů klasické mechaniky, ačkoliv všeobecně se zákony materiálních vln zásadně liší od zákonů klasické mechaniky hmotných bodů. „Důležitá je ale okolnost, že ona pro materiální vlny charakteristická funkce: Vlnová funkce⁹² či pravděpodobnostní funkce – jméno zde nehraje žádnou roli – je zcela determinována prostřednictvím počátečních podmínek okrajových pro všechna místa a časy dle zcela určitých početních pravidel, jež stojí na Schrödingerových operátorech Heisenbergových rovnic či Diracových q -číslech.“⁹³

Dle Plancka tedy vládne v rámci kvantové fyziky determinismus stejně přísně jakožto v rámci klasické fyziky, pouze za využití jiných symbolů a jiných početních pravidel, přičemž nejistota předpovědí ve smyslovém světě je redukována na nejistotu přenesení symbolů ze smyslového světa do fyzikálního světoobrazu. Z toho tedy vyvozujeme, že determinismus je nutné udržet právě ve fyzikálním světoobrazu. Nicméně je třeba uvědomit si rozdíl mezi klasickou fyzikou, kde bylo možné veškeré symboly (rychlost, hybnost, poloha, energie materiálního bodu) víceméně určit, zatímco u vlnové funkce v kvantové mechanice toto možné není už z toho důvodu, že vlnová funkce není vztahována k prostoru známému z klasické fyziky, nýbrž k prostoru konfiguračnímu⁹⁴. „Poté ale – a to je to důležité – neposkytuje vlnová funkce

⁹² Vlnová funkce se užívá pro matematický popis stavu fyzikálního systému v kvantové fyzice a je možné z ní vypočítat výsledky měření provedených na systému. Na rozdíl od klasické fyziky, v které se předpokládá alespoň principiální možnost jednoznačné předpovědi měření libovolné veličiny, v kvantové mechanice lze obecně z vlnové funkce stanovit pouze pravděpodobnost, s jakou naměříme určitou hodnotu fyzikální veličiny, jestliže provedeme totéž měření opakovaně na několika identických systémech za stejných podmínek.

⁹³ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 13.

⁹⁴ Jako konfigurační prostor je označován vektorový prostor všech zobecněných souřadnic. Popis pohybu N hmotných bodů v třírozměrném prostoru může být nahrazen popisem pohybu jednoho bodu v $3 \times N$ rozměrném prostoru, tj. v konfiguračním prostoru. Pojem konfiguračního prostoru může být snadno zobecněn a použit při popisu libovolného počtu bodů v prostoru libovolné dimenze.

hodnoty souřadnic jako funkce času, nýbrž pouhou pravděpodobnost proto, že souřadnice mají v určitý daný čas nějaké dané hodnoty.“⁹⁵ Tato námitka slouží opětovně ku prospěchu indeterminismu a zdá se být tentokráte potenciálně ještě úspěšnější. Nicméně může být opět vyvrácena, totiž tak, že otázka po významu určitého symbolu kvantového fyzikálního světoobrazu (např. materiální vlny) nemá opět smysl do té doby, než se stanoví, v jakém stavu se nachází měřicí přístroj určený k převedení symbolu do smyslového světa. Planck zde mluví o kauzálním působení používaného měřicího přístroje, tzn., že ona nepřesnost je alespoň částečně podmíněna tím, že hodnota měřené veličiny je určitým způsobem závislá na způsobu jejího měření. Je dokonce přesvědčen o následujícím: „Proces měření může o reálném průběhu zpravovat jen tehdy, jestliže s ním nějak kauzálně souvisí, a jestliže s ním kauzálně souvisí, pak ho také více či méně ovlivňuje a určitým způsobem narušuje, čímž pozměňuje výsledek měření.“⁹⁶ Zároveň s tím je nutné si uvědomit, že čím užší je vztah mezi měřicím přístrojem a reálným objektem, tím větší je změna naměřené hodnoty. V závislosti na míře propojení měřicího přístroje a reálného objektu je tedy možné i měnit míru narušení naměřené hodnoty, nicméně naprosto toto narušení vyloučit nelze, neboť v případě, že by došlo k naprostému odloučení měřicího přístroje a onoho objektu, logicky bychom nemohli získat ani žádný naměřený výsledek. Indeterministé zde samozřejmě opět získávají příležitost kontrovat tím způsobem, že jakékoliv zkoumání tohoto kauzálního působení měřicího přístroje v podstatě ztrácí smysl, neboť nepřesnost naměřených hodnot by se tak s každým dalším zkoumáním, tj. další naměřenou nepřesností, jen zvyšovala. Planck ale nejistotu předpovězení události, potažmo tedy možné hranice poznání nespojuje s nejistotou měření, neboť „naštěstí vlastníme

⁹⁵ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 15.

⁹⁶ PLANCK, Max. *Die Physik im Kampf um die Weltanschauung*, Leipzig: Die Johann Ambrosius Barth, 1945, s. 14.

měřicí přístroj, jenž není spojen s žádnou hranicí přesnosti, a tím je tok našich myšlenek. Myšlenky jsou křehčí nežli atomy a elektrony, v myšlenkách můžeme atomové jádro rozštěpit stejně tak jednoduše jako překonat kosmickou vzdálenost miliónů světelných let.“⁹⁷

Základním kamenem, jenž tedy podporuje stanoviska indeterministů, je dle Plancka fakt, že vlnová funkce v kvantové fyzice je pouhou pravděpodobnostní veličinou, zatímco deterministé považují vlnovou funkci za pravděpodobnostní veličinu pouze do té doby, kdy je brán v potaz měřicí přístroj, jímž je vlna měřena, zatímco se pokouší hledat zákonité vztahy mezi vlastnostmi vlnové funkce a procesy v měřicím přístroji. To je možné jedině tak, že nejen vlnovou funkci a měřicí přístroj, ale i veškeré další pomůcky nutné k experimentům pojmem jako uzavřený jediný celek a přeneseme do fyzikálního světoobrazu. Přímá zkouška sice není možná, čímž se problém opět jen komplikuje a zavdávají se tak příčiny pro podporu stanovisek indeterminismu. Nicméně nic nebrání tomu, vytvářet na základě vnitřních procesů ve fyzikálním světoobrazu hypotézy, jejichž důsledky bude možné testovat v reálném smyslovém světě.

Provedení přísně kauzálního postupu není ani z pohledu moderní fyziky naprosto vyloučena, ačkoliv kauzalitu není možné dokázat ani a priori ani a posteriori. Je důležité si ale uvědomit, že kauzalita je přirozeně nezávislá na člověku, jenž ji uvažuje. Nicméně přesto ji člověk napojil na lidský intelekt, resp. na schopnost předpovídat událost. Planck říká, že „jsme si provedení deterministického přístupu vynutili jen tím, že jsme na místo bezprostředně daného smyslového světa dosadili fyzikální světoobraz, tedy výtvar lidské fantazie provizorního a proměnlivého charakteru.“⁹⁸ Kauzalitu

⁹⁷ PLANCK, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 24.

⁹⁸ PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 20.

tak vnímá jakožto transcendentální na člověku nezávislou, existující ve vnějším reálném světě, vždy platnou. Rozlišením na platnost a realizovatelnost kauzality si Planck vytváří podmínky pro uznání existence svobodné lidské vůle.⁹⁹ Samotné svobodné vůli je věnována kapitola *Existence svobodné vůle*.

Vědu je třeba zbavit nahodilosti způsobené jednotlivými lidskými jedinci. Zde Planck vyslovuje hypotézu, že „naše vlastní zkušenosti nepředstavují sám fyzikální svět, že nás spíše obeznamují o jiném světě, jenž stojí za nimi a existuje nezávisle na nás, jinými slovy, že existuje reálný vnější svět.“¹⁰⁰, čímž v podstatě vstupuje na pole metafyzična a nachází tak nový úkol fyziky: „Fyzika nemá popisovat zkušenosti, nýbrž poznávat reálný vnější svět.“¹⁰¹ Posledně zmíněný předpoklad spolu s následujícím: „Reálný vnější svět není bezprostředně poznatelný“¹⁰² jsou pak tedy společným východiskem pro fyzikální vědu. Planck ale nevyžaduje, aby byl cíl vědy od počátku jasně stanoven a ohraničen, neboť cítí, že tento cíl je metafyzického charakteru a leží daleko za každou zkušeností. Kromě toho právě prostřednictvím tohoto boje se mohou vyjevovat hodnotné zkušenosti, jež dokazují, že zvolená cesta je správná a stále bližší cíli. „Ne pravda sama, ale její úspěšné nalezení podněcuje a obšťastňuje badatele.“¹⁰³

Dle tohoto Planckova východiska je ale nutné uvažovat potíže spojené s výzkumnými prostředky, jež přinášejí badateli zprávy právě z

⁹⁹ VOGEL, Heinrich. *Zum philosophischen Wirken Max Planks*, Berlin: Akademie Verlag, 1961, s. 179.

¹⁰⁰ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 14.

¹⁰¹ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 14.

¹⁰² PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 14.

¹⁰³ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 15.

onoho vnějšího světa, přičemž tyto zprávy jsou stále více či méně nejisté. Ačkoli není ani nikterak pravděpodobné, že badatel zcela pochopí zákony, dle nichž se vnější svět řídí, je nutné tyto zákony alespoň předpokládat, čímž se vytváří právě onen fyzikální světoobraz – systém pojmů a zákonů, jenž podává co možná nejvíce identické zprávy. Pozitivismus v rozporu s Planckovou představou nicméně myšlenku fyzikálního světoobrazu odmítá, „neboť kde neexistuje žádný objekt, tam neexistuje též nic, co by mohlo být zobrazeno.“¹⁰⁴

Úloha tohoto fyzikálního světoobrazu se vyznačuje snahou najít co možná nejtěsnější souvislost mezi reálným vnějším světem a světem smyslových zkušeností. Jedinou jeho podmínkou je jeho absolutní bezespornost, jinak je badateli ponechán volný prostor, což se ovšem může projevit určitou zvláštností a nejistotou. Badatel musí nějakým způsobem sloučit veškeré jednotlivé výsledky měření, kdy se nedokáže obejít bez určité volné spekulace. Nějaké určité obecně platné předpisy jak se rozhodnout totiž neexistují. Nestačí tak pouhé věcné znalosti – seznámení se s různými způsoby měření, je třeba i tvůrčí fantazie, tedy jakési intuice, jež se projevuje kupříkladu schopností pojmut dvě rozličná měření pod společným hlediskem.

Planck si uvědomuje, že vývoj vědy neprobíhá postupně prohlubováním poznatků, ale naopak velmi nárazově. Při stavbě nové hypotézy není správné užívat jen zaběhnuté představy, jejichž smysl je již jasně určen měřeními, a to z těch důvodů, že každá hypotéza jakožto součást fyzikálního světoobrazu je produktem spekulujícího lidského ducha a dále proto, že neexistuje žádná fyzikální veličina bezprostředně měřená. Veškeré fyzikální veličiny získávají dle Planckova metodologického hlediska naopak význam teprve prostřednictvím teorie, která jim ho uděluje. I to nejpřesnější

¹⁰⁴PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 16.

měření totiž potřebuje množství korektur odvozených právě jen z teorie. I zde se tedy Planck rozchází s metodologií pozitivismu, který teoriím přiřazuje spíše parazitní charakter. Pozitivismus naopak tvrdí, že věda se vyvíjí kumulativně na základě rozšiřování poznatků získaných prostřednictvím měření a experimentů. Na základě těchto rozšiřování poznatků pak dochází k proměnám teorií.¹⁰⁵

Ideální stav pro tvorbu hypotézy představuje existence fyzikálního světoobrazu, jakožto jakéhosi samostatně utvořeného obrazu reálného světa. Platnou se posléze tato hypotéza stává ideálně tak, že z ní vyplývající teorie se vztahuje ke změřeným poznatkům. Měření tedy poskytuje stejně tak málo informací o fyzikálním světoobrazu jako o reálném světě. Mnohem více naznačuje o pochodu smyslových orgánů badatele či jím užitého měřicího přístroje. „Fyzikální smysl měření tedy není bezprostředně dán, nýbrž jeho stanovení je právě tak úlohou vědy, jakožto výzkum zákonitého průběhu nějakého procesu.“¹⁰⁶ Pokud bychom tedy tvrdili, že rozvoj co do obsahu fyzikální vědy závisí v první řadě na vývoji měřicích metod, sdílíme do určité míry stanovisko spolu s pozitivismem. V souladu s pozitivistickými východisky se ale věda vyvíjí způsobem, kdy dochází k neustálému navrhování poznatků získaných měřeními, neboť jestliže byl jednou poznatek uznán za součást empirické báze, zůstává její součástí i nadále nehledě na změny měřicích metod a měřicích přístrojů, případně proměn celých teorií. Nejdůležitější rozdíl nicméně spočívá v pojetí, kdy dle pozitivismu vytvářejí změřené poznatky bázi, na níž je postavena celá věda, zatímco opravdová fyzika dle Plancka pojímá tato měření spíše jakožto propletený výsledek interakce procesů vnějšího světa s procesy probíhajícími v měřicích přístrojích případně smyslových orgánech. Hlavním úkolem vědeckého

¹⁰⁵ FAJKUS, Břetislav. *Filosofie a metodologie vědy*, Praha: Academia, 2005, s. 73.

¹⁰⁶ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H. 1931, s. 23.

výzkumu je tyto procesy rozluštit.¹⁰⁷ Pozitivisté nicméně předně existenci jakéhokoliv reálného vnějšího světa ve filozofickém smyslu slova pokládají za nesmyslnou. I Schlick, jehož sám Planck řadí spíše k umírněnějším stoupencům pozitivismu,¹⁰⁸ ve své stati „Co znamenají výrazy ‘realita’ a ‘vnější svět’“ tvrdí, že veškeré fyzikální hypotézy se můžou vztahovat pouze na empirickou realitu, jestliže pod ní rozumíme to, co je poznatelné. Bylo by v podstatě rozporuplné, jestliže bychom chtěli hypoteticky předpokládat něco nepoznatelného.¹⁰⁹ Je třeba zdůraznit, že pozitivismus existenci vnějšího světa tímto nepopírá, ale tvrdí, že stejně tak jako potvrzení, tak i popření existence vnějšího světa je nesmyslné, zatímco Planck naopak říká, že existenci tohoto světa není možné odmítnout či ignorovat, ale jeho existence může být pouze konstatována.¹¹⁰

2.6. Existence svobodné vůle

Hovoříme-li o kauzalitě, pak je třeba přirozeně též zmínit otázku existence svobodné vůle, jež se tedy staví logicky přísné kauzalitě na odpor, a nastínit způsob, jak s tímto rozporem Planck vyrovnává. K rozřešení dilematu, zda je lidská vůle svobodná, či naopak podřízena přísné kauzalitě, byly provedeny mnohé pokusy. Argument svobodné vůle byl dokonce využit jako zdůvodnění hypotézy pouhého statistického přístupu ke skutečnosti, což sám Planck ovšem nijak nepodporoval. Podle něj by v případě platnosti takové hypotézy byla lidská vůle degradována na jakýsi orgán slepé náhody.

¹⁰⁷ Max PLANCK. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H. 1931, s. 21–25.

¹⁰⁸ PLANCK, Max. Naturwissenschaften und reale Außenwelt. In: *Naturwissenschaften*, 28, 1940, č. 50, s. 779.

¹⁰⁹ SCHLICK, Moritz. Kauzalita v bežnom životě a v súčasnej vede. In: MIHINA, František, SEDOVÁ, Tatiana, ZOUHAR, Marián (eds.), *Malá antológia filozofie 20. storočia. Zv. 3, Logický pozitivizmus*. Bratislava: Iris, 2006, s. 143.

¹¹⁰ PLANCK, Max. Naturwissenschaften und reale Außenwelt. In: *Naturwissenschaften*, 28, 1940, č. 50, s. 779.

Podle něho otázka svobodné vůle v podstatě s protikladem statistické a kauzální fyziky vlastně vůbec nesouvisí.

Planck navíc upozorňuje, že otázka, je-li lidská vůle svobodná či přísně determinována, je navíc postavena na logicky nepřipustné disjunkci. Ani jedna možnost totiž nevylučuje druhou. Připuštění možnosti kauzálně determinované lidské vůle též obsahuje předpoklad předvídatelnosti celkového lidského jednání včetně všech jeho motivů. Touto schopností by nicméně opět vládl pouze hypotetický Laplaceův démon, v Planckově terminologii jakési „božské oko“, jež by dokonale prohlédlo vědomí i podvědomí, veškeré fyzické i duševní vlastnosti člověka, jehož vůle by byla podřízena přísné kauzalitě. Z toho vyplývá, že není možné podrobit determinovanost duševních procesů jakémukoliv pokusu, neboť patří do oblasti metafyziky, stejně tak jako otázka existence fyzikálního světoobrazu, ačkoli oboje není možné logicky popřít.

Tvrdíme-li, že lidská vůle je svobodná, pak to znamená, že je každý člověk schopen rozhodnout se dle svého vlastního uvážení z několika možností jednání pro nějakou konkrétní možnost, což nikterak nestojí v rozporu s předcházejícími tvrzeními. Onen rozpor by nastal teprve tehdy, jestliže by člověk dokázal sám sebe prohlédnout oním Laplaceovým démonem, neboť pak by mohl předvídat na základě kauzality své vlastní svévolné jednání, čímž by jeho vůle přestala být svobodnou. Tento případ je nicméně logicky vyloučen. „Neboť i to nejpřesnější oko se dokáže prohlédnout právě tak málo jako dokáže nějaký nástroj sám sebe opracovat.“¹¹¹ Není tudíž možné nějak ztotožnit subjekt s objektem poznávací činnosti a zároveň je tedy od počátku nesmyslné ptát se po platnosti zákona kauzality v souvislosti se svévolnými činy.

¹¹¹ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H, 1931, s. 32.

V principu je tedy možné uplatnit kauzalitu na veškeré procesy okolního hmotného i duchovního světa skrze svou inteligenci do té míry, pokud není ovlivněna ona sama tímto uplatněním – ne tedy na vlastní myšlenky a jednání, ať už současné či budoucí. „Ony [myšlenky] jsou jediným objektem, jenž abstraktně zbavuje v principu sám sebe nátlaku kauzálnosti, jsou ovšem právě tím jediným objektem, jenž si vytváří své nejvzácnější a osobité vlastnictví a na jehož náležitě správě závisí pokoj a blaho.“¹¹²

Otázka existence svobodné vůle je i jedním z problémů týkajících se rozlišení zdánlivé kontra opravdové problémy vědy. Důležité pro správné uplatnění metody výzkumu obecně je zachování absolutní neovlivnitelnosti tohoto výzkumného procesu. A to, co platí pro výzkumné procesy fyzikální, platí dle Plancka současně i pro mentální stavy a procesy. Je tedy jednou ze základních zásad experimentální psychologie, že v případě, kdy zkoumaná osoba ví, že je pozorována, může být právě toto pozorování jedním z významných zdrojů následných chyb. Samotné pozorování vůle je vlastně mentální proces, čímž by tedy mohla být vlastní vůle výrazně ovlivněna a jediný způsob, jak je možné se této situaci vyvarovat, tkví v možnosti pozorování vůle někoho jiného bez jeho vědomí. „Proto je nepřipustné pozorovat vlastní vůli z hlediska vlastního já, a sice stejně tak současnou jakož i budoucí, neb ta je současně naprosto podmíněna. Naopak nestojí nic v cestě zkoumat vědecky z hlediska já hnutí mysli v minulosti.“¹¹³ Mentální procesy z minulosti totiž není možné dodatečně nijak ovlivnit. Na základě výše zmíněného tak Planck rozlišuje mezi vnějším hlediskem pozorování vůle, jež nemůže být nijak narušeno a je tedy vhodné ke zkoumání vůle, přičemž zahrnuje výzkum cizí vůle a výzkum vlastní vůle v minulosti – a

¹¹² PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H, 1931, s. 33.

¹¹³ PLANCK, Max. *Scheinprobleme der Wissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 22.

vnitřním hlediskem, jež výzkum vůle vždy naruší, je pro něj tedy nevhodné a zahrnuje zkoumání aktuálních a budoucích procesů vůle vlastního já.

Z běžného života je člověku blízké, že právě z onoho vnějšího hlediska předpokládá ve styku s dalšími lidmi vždy určité motivy jejich mluvy či jednání, tedy kauzální podřízenost svobodné vůle. Co se týče vnitřního hlediska, zde věda selhává a jediným poznávacím zdrojem se stává vlastní vědomí, jež nás bezprostředně informuje, jak a proč zásobujeme naše myšlenky a vůli. Planck upozorňuje na to, že zde nejsme nijakým způsobem bržděni okolnostmi, nýbrž se jedná o jakýsi směr smýšlení vůle, s nímž volně nakládáme, a to je tedy právě ta jediná bezprostřední svoboda. Planck shrnuje: „Vůle zkoumána zvenčí je kauzálně determinována, zevnitř je svobodná“, z čehož tedy jasně vyplývá i daná pouhá zdánlivost problému lidské vůle, jenž byl postaven pouze na nepozornosti stanovení a následného dodržení rozlišení dvou výše zmíněných stanovisek.¹¹⁴

Jediná oblast, která je a navždy musí zůstat jak přírodnímu tak duchovnímu světu zcela nepřístupná je oblast „vlastního já“ - „Tento nepatrný bod [...] v rozsahu světa a přece naproti tomu celý svět, svět, jenž objímá všechny naše pocity, vůli a myšlení, svět, jenž v sobě ukrývá vedle nejhlubšího zármutku nejvyšší blaženost, jediné vlastnictví, jež nám nemůže vyrvat žádná moc osudu a jež jednou vydáme jen spolu s naším životem.“¹¹⁵ Můžeme ovšem samozřejmě pochopit i každou naši prožitou zkušenost jakožto kauzálně danou, k tomu by ale bylo nutné dosáhnout pozice Laplaceova démona. Teprve pak by byl splněn předpoklad určitého odstupu mezi zkoumajícím subjektem a zkoumaným objektem, jenž je nutný pro realizovatelnost kauzálního provedení. Čeho je ale absolutně nutné se vyvarovat, je rezignace na naše vlastní vědomí. „Zde je tedy to místo, kde

¹¹⁴ PLANCK, Max. *Scheinprobleme der Wissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953, s. 21–25.

¹¹⁵ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*, Berlin: Julius Springer, 1923, s. 45.

začíná svobodná vůle a trvá na něm, aniž by se nechala někdy vypudit.“¹¹⁶ Tento v podstatě pouhý bod, jenž je zákona kauzality oproštěn, ale není možné šířit též na další oblasti, čímž je myšleno především přenesení na ostatní lidi. Ačkoli se nikdy nemůžeme ocitnout v oné pozici Laplaceova démona, neustále jsme s to prohlédnout motivy druhého člověka mnohem lépe, nežli on sám ty své, v rámci čehož můžeme soudit i jeho vůli jakožto kauzálně determinovanou.¹¹⁷

Jestliže je tedy Planck schopen připustit existenci svobodné vůle v souladu s nutnou existencí determinismu, pak jej řadíme zastáncům tzv. epistemického indeterminismu,¹¹⁸ jehož zastánci tvrdí, že nemožnost předpovědi vlastních rozhodnutí nevyžaduje, aby bylo rozhodnutí objektivně indeterminováno. Většina epistemických indeterministů tvrdí, že pojetí svobody není otázkou skutečnosti, nýbrž otázkou svobody.¹¹⁹

Zde je třeba říci, že ani v otázce svobodné vůle se Planck s dalšími fyziky, již se podíleli na vzniku kvantové mechaniky, vůbec neshoduje. Například Schrödinger vychází z následujících dvou premis: „1. Moje tělo funguje jako čistý mechanismus v souladu s přírodními zákony. 2. Zároveň však vím, z nevyvratitelné přímé zkušenosti, že řídím jeho pohyby, jejichž účinky, které mohou být osudové a všestranně závažné, předvídám, takže cítím a беру za ně plnou odpovědnost.“¹²⁰ Ani jedna z těchto premis však nemůže být smysluplně vyvrácena a jediný možný závěr je tedy podle

¹¹⁶ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*, Berlin: Julius Springer, 1923, s. 46.

¹¹⁷ PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*, Berlin: Julius Springer, 1923, s. 42–47.

¹¹⁸ Epistemický indeterminismus je možno vnímat jakožto určitou odnož kompatibilismu. Kompatibilisti tvrdí, že determinismus je v souladu se svobodnou vůlí, a domnívají se, že existence fenoménu svobody záleží na jiných důvodech, než je metafyzický determinismus, že vůle jednotlivce je výsledkem jen jeho vlastní touhy. Nicméně podle jejich uvážení svobodná vůle nutně neznamená svobodu jednání. Svoboda volby je logicky oddělená od svobody uskutečnění výsledného činu, ale ne všichni kompatibilisté vymezují tento rozdíl.

¹¹⁹ KEIL, Geert. *Willensfreiheit*. Walter de Gruyter, Berlin, 2013, s. 74.

¹²⁰ SCHRÖDINGER, Erwin. *Co je život? Duch a hmota. K mému životu*, Brno: Vutium, 2006, s. 128.

Schrödingera takový, že „já – já v nejširším smyslu toho slova, to znamená každá vědomá mysl, která kdy vyslovila nebo cítila 'já' – jsem tou osobou, pokud taková vůbec je, která řídí ‚pohyb atomů‘ v souladu se zákony přírody.“¹²¹ „Já“ pro Schrödingera představuje podklad, který nese sbírku jednotlivostí (zkušenosti, vzpomínky), přičemž v žádném případě není potřeba naříkat nad ztrátou vlastní existence.¹²² Množství možných událostí, v případě události na základě svobodné vůle, je podle Schrödingera sebeklam. Schrödinger uvádí následující příklad: Sedíte na formální strašně nudné večeři, s významnými osobnostmi. Bylo by možné jen tak pro zábavu najednou skákat po stole a šlapat po sklenicích a nádobí? Možná byste mohli a možná máte pocit, že ano: V každém případě nemůžete. Neboť která z fakticky možných událostí má být nazývána možnou pod záštitou svobodné vůle? Podle Schrödingera je jí pouze ta, která skutečně následuje. V této nutnosti se rozhodnut pak vidí blízký vztah ke klasickému deterministickému modelu přírody, přičemž nová fyzika nás nemůže přinutit tento model opustit.¹²³

Ani Einsteinova víra v kauzální determinismus se nezdá jak vědecky, tak filosoficky slučitelná s pojmem lidské svobodné vůle. V 1932 v projevu s názvem „Moje krédo“, Einstein stručně vysvětlil svou deterministickou ideologii: „Nevěřím ve svobodu vůle. Schopenhauerovými slovy: ‚Člověk může dělat, co chce, ale nemůže nechtít, co chce‘ mě doprovází ve všech situacích, v celém mém životě a smiřuje mě s činy druhých, byť jsou pro mě dost bolestivé. Toto povědomí o nedostatku svobody vůle mě chrání před tím, sebe a své bližní jako jednající a rozhodující jednotlivce brát příliš vážně

¹²¹ SCHRÖDINGER, Erwin. *Co je život? Duch a hmota. K mému životu*, Brno: Vutium, 2006, s. 128.

¹²² Schrödinger se tak přiklání k modelu tzv. ‚věčné filosofie‘ jejímž protagonistou byl Aldoux Huxley, který byl současně představitelem epifenomenalismu. Viz SCHRÖDINGER, Erwin. *Co je život? Duch a hmota. K mému životu*, Brno: Vutium, 2006, s. 127–131.

¹²³ SCHRÖDINGER, Erwin. Indeterminism and Free Will, In: *Nature* 138, 1936, s. 13–14.

a od ztráty dobré nálady.¹²⁴ Navzdory Einsteinovu popírání svobodné vůle je však o mnoho smířlivější v oblasti etiky. Zde v podstatě připouští, že víra ve svobodu lidské vůle je v rámci civilizované společnosti nutností. V nadsázce tak tvrdí, že ačkoliv ví, že filozoficky není vrah za svůj čin zodpovědný, přesto by pozvání na společný šálek čaje raději odmítl. Morálka jako taková byla pro Einsteina jednou z nejvyšších hodnot, již spojoval se základem lidských hodnot.¹²⁵

Zajímavé je, že byt' se všichni tři výše zmiňovaní fyzici, Planck, Schrödinger i Einstein podíleli na tak významném přerodu, jakým byl vývoj klasické fyziky v kvantovou, a mohlo by se tak zdát, že se v tak důležité otázce, jakou se existence svobodné vůle v této době bezpochyby stala, názorově budou spíše shodovat, přesto jsou jejich postoje téměř protichůdné. Planck si stojí za tím, že na svobodnou vůli je třeba nazírat z vícero pohledů, nicméně z vnitřního pohledu vnímá existenci svobodné vůle jako nepopíratelnou. Schrödinger existenci svobodné vůle v podstatě popírá, přičemž primární je pro něj existence singulárního vědomí. Einsteinův celkový pohled na existenci svobodné vůle je postaven na bázi fyzikálního determinismu, který jako takový stojí v protikladu k svobodě vůle, s čímž souzněla i většina Einsteinových výroků svobodné vůle se týkajících.

2.7. Náboženství jako začátek i konec

Hned na počátku je třeba uvést Planckovo přesvědčení, že ona naprosto naivní a ničím nenarušená víra, byt' v dřívější historii mnohdy mnohé jistě inspirovala k naprosto unikátním činům, ať už na poli politiky či kultury, dnes už v podstatě nemůže existovat. Takovouto víru v té podobě,

¹²⁴ Podobně Einstein promlouvá i ve svém eseji v roce 1931 „Mein Weltbild“, kterou uvádí následujícími konkrétními slovy: „Co se týče svobodné vůle ve filozofickém smyslu, jsem rozhodně nevěřící...“

¹²⁵ ISSACSON, W. *Einstein. His Life and Universe*, New-york: Simon&Schuster, 2007, s. 614.

v které byla tehdy předkládána, již není možné dle Plancka ani nijak oživit. Neboť právě proto, že věda se nevyhnutelně vyvíjí, již není možné, aby kdokoliv, kdo je přírodovědecky vzdělán, nekriticky důvěřoval jakýmkoliv informacím, jež přírodním zákonům odporují. Člověk by přece nemohl slepě přijímat dřívější „zázraky“, které na základě své tehdejší nejasnosti a nemožnosti je vysvětlit, sloužily právě jakožto jakási podpora či posila náboženského učení.¹²⁶ „Neboť náboženství znamená držet se pravdy.“¹²⁷ Je však třeba hned v počátku předeslat, že v kontextu následujících Planckových tvrzení vyznívá toto jeho přesvědčení přinejmenším velmi kontroverzně.

Planck si dále pokládá otázku, zda je vůbec ještě pro věřícího člověka možné, nadále ve víře setrvat, jestliže je postaven před realitu vědeckých poznatků, jež zcela reálně stojí ve sporu s náboženským přesvědčením o přírodních zázracích. Na tuto otázku se později pokouší odpovědět na základě následujících otázek: „Jaké požadavky klade náboženství na víru svých vyznavačů a jaké jsou znaky opravdové zbožnosti? Jaké povahy jsou zákony, jež nás učí přírodní věda a jaké pravdy pro ni platí jakožto nedotknutelné?“¹²⁸ Zdá se, že v zodpovězení právě těchto otázek by snad Planck mohl naleznout upřímnou odpověď, zda je možné být věřícím vědcem. Současně ale dává najevo téměř jednoznačně své jasné stanovisko, když tvrdí, že s vítězstvím ateistů neztratíme pouze nejcennější poklady naší kultury, ale současně též ztratíme naději na lepší budoucnost.¹²⁹ Zde tedy Planck evidentně prokazuje, že pro něj by v případně vítězství ateistického

¹²⁶ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 5.

¹²⁷ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 5.

¹²⁸ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 8.

¹²⁹ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 7.

hnutí, jež využívá právě vědeckých výsledků ke svému prospěchu a vyzdvižení, bylo zkázou, a sám tak dává svým postojem jasně najevo svou příslušnost.

Planckova představa o náboženství je jednoznačná. Dle něj je náboženství cestou člověka k bohu, přičemž člověk je bohu naprosto podřízen. Nejvyšším cílem věřícího člověka je být s bohem v souladu. Na Zemi podle něj neexistuje žádné místo, které by nebylo bohem prostoupeno a aby si věřící vzájemně porozuměli, je potřeba náboženství přiřadit nějakou vhodnou vnější formu. „Při velké rozmanitosti národů a jejich životních podmínek je jedině přirozené, že tato názorná forma v jednotlivých částech světa silně variuje, a že tak vznikají v průběhu doby mnohé druhy náboženství.“¹³⁰ Je třeba zdůraznit, že Planck nikdy nemluví o křesťanském bohu a nezmiňuje ani jiné konkrétní náboženství. Tento liberální postoj je však blízký právě křesťanskému vyznání a bylo by tak nasnadě uvěřit, že Planckova víra se opírá o křesťanského boha. Současně je třeba říci, že jím vyložená představa náboženství téměř postrádá rysy objektivní definice, která by zřejmě v rámci polemiky o soužití vědy právě s náboženstvím byla na místě. Všem náboženstvím je pak dle Plancka společná představa boha jakožto nějaké osoby nebo alespoň jeho podobnosti vůči člověku. Jasnější definici boha Planck nepodává na žádném místě svého spisu a pravděpodobně se takto raději vyhýbá sporu, jenž by na základě všech jeho výpovědí nutně následoval, kdyby tak učinil.

Planck se v rámci svých úvah o náboženství často věnuje i rozboru názorné symboliky, jež vzniká důsledkem rozvíjení náboženského kultu. Úkolem symbolů je podle něj probudit u dalších potenciálních vyznavačů zájem o náboženské otázky a přiblížit pochopení božského bytí. „Svátost

¹³⁰ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 9.

neuchopitelného boha se přenáší na svátost uchopitelných symbolů.“¹³¹ Podporu tak jednoznačně získává především umění, jehož prostřednictvím se náboženství šíří. Rozdíl mezi symbolem a uměním vidí Planck už v jejich samotné podstatě, totiž že umění nalézá svůj význam už v sobě samém, zatímco náboženský symbol nikoliv. Symbolu se dostává uznání například na základě jeho stáří či zbožné tradici, jež se k němu váže. Planck toto zdůrazňuje pro důkladné objasnění faktu, že oproti symbolům, jimž věnovaná úcta během času může notně kolísat, je úkolem pravé zbožnosti oprostít těchto kolísání právě to, co se skrývá pod symboly. V přeceňování symbolů pak Planck vidí mnohá nebezpečí, především pak pro samotné stoupence daných náboženství, přičemž upozorňuje i na případy, kdy věřící padli sami sobě za oběť. „...náboženský symbol [...] nikdy nepředstavuje absolutní hodnotu, nýbrž pouze více či méně celistvý poukaz na něco vyššího, co není smyslům přímo dostupné.“¹³² Zároveň je nicméně symbolů zapotřebí, a to nejen v rámci náboženství, ale v rámci celého dorozumívání se mezi lidmi, neboť již samotná řeč je dle Plancka též symbolem něčeho vyššího, v tomto případě myšlenky. Jako důkaz pro fakt, že symbol je v podstatě podřadný onomu danému „vyššímu“ uvádí Planck příklad symboliky vlajky, která ačkoliv představuje to klíčové, co je národem a jejím ochráncem například v boji uctíváno a ochraňováno, přesto když je vlajka nepřítelem poničena či ukradena, bývá nahrazena nějakou další, ve své podstatě identickou, aniž by jakkoliv utrpělo ztráty právě to stěžejní, to vyšší, co se skrývá za vlajkou. Stejným způsobem Planck vnímá náboženské symboly jakožto symboly víry, a ačkoliv je tedy zapotřebí symboly zachovávat, nesmí být především nikdy opomenuta skutečnost, že symboly

¹³¹ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 10.

¹³² PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 12.

jsou lidského původu.¹³³ Souhrnně řečeno je možné Planckovu úvahu o symbolice vnímat způsobem, že náboženství jakožto spojení s Bohem potřebuje komunikaci, přičemž komunikace potřebuje představy, tudíž symboly. Díky srozumitelným symbolům je pak transparentní i nesrozumitelný Bůh.¹³⁴ Ponecháme-li stranou, z jakého důvodu si Planck pro demonstraci symbolu vybral právě vlajku, je třeba zdůraznit, že v rámci otázky rozboru symboliky opět vyzdvihuje především reálnou nutnost existence víry, byť tak nečiní explicitně.

Planck si v kontextu těchto svých úvah týkajících se významnosti symbolů pokládá i následující otázku: „Žije Bůh pouze v duši věřících, anebo řídí svět nezávisle na tom, zda v něj člověk věří či nikoliv?“¹³⁵ Planck tedy naprosto opomíjí možnost, že by Bůh nebyl a polemizuje pouze nad tím, zda je Bůh aktivní pouze pro své vyznavače, či je činný ve světě celém, tedy spravuje i svět nevěřících. Zároveň zcela jednoznačně stanovuje, že tato otázka patří do otázek spadajících výhradně do sféry náboženství a věda v tomto případě není s to a především není v její kompetenci tuto otázku jakkoliv zodpovídat. Blíže se pak otázkou „záměny vědeckého přístupu s náboženským“ Planck zabývá se stati „Scheinprobleme der Wissenschaft“, kde dochází k závěru, že veškeré otázky náboženství spadají právě a jen do sféry náboženství a nikdo jiný včetně vědy nemůže tyto otázky rozřešit. Analogicky pak i jakékoliv otázky spadající do vědecké oblasti nemůžou být nikdy vyřešeny v kontextu náboženských otázek. V tom tedy dle něj tkví pouhá zdánlivost daného problému. Následně pak nad danou předešlou

¹³³ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958,

s. 12–13.

¹³⁴ DINKLER, Erich. Max Planck und die Religion: Hans-Joachim Iwand zum 60. Geburtstag. *Zeitschrift für Theologie und Kirche*, 56. Jahrg., H. 2, Mohr Siebeck GmbH & Co. KG 1959, s. 211.

¹³⁵ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 14.

otázkou polemizuje prostřednictvím věřícího člověka a tvrdí, že věřící člověk shledává existenci Boha jakožto jasně danou ještě před vznikem světa, a je tedy zcela zjevné, že svět ovládá bez ohledu na to, zda v něj člověk věří či nikoliv. Ačkoliv zde Planck nemluví primárně pouze konkrétně za sebe, je téměř bezpochyby, že skrze „věřícího člověka“ zprostředkovává i jím samotným zastávaný názor, neboť i on mezi „věřící“ patří. Protože je však současně vědcem - fyzikem, snaží se bádát nad tím, zda je možné najít nějakou shodu mezi daným náboženským požadavkem a přírodní vědou - fyzikou. Veškeré Planckovy polemiky o víře samozřejmě dávají tušit, že takovou cestu Planck dokáže najít, ačkoliv pouze z pozice jednostranné, totiž pozice věřícího člověka. Možnost, že by svět bohem nebyl vůbec řízen a zabýval by se tak problémem i z pozice nevěřícího člověka, Planck vůbec nepřipouští.

Planck se v rámci náboženských úvah obrací i k prozkoumání vědeckých poznatků. Na základě skutečnosti, že bylo v rámci teoretické fyziky zapotřebí zavést univerzální konstanty, resp. určitým způsobem danou a neměnnou bázi, na níž je vystavěna fyzika, se Planck ptá po vlastním významu těchto konstant. „Jsou [konstanty] v konečném důsledku vynálezy lidské zvědavosti, anebo mají reálný na lidské existenci nezávislý smysl?“¹³⁶ Že jsou i konstanty původu lidského ducha, přirozeně tvrdí extrémní křídlo pozitivistů, dle nichž jsou základem fyziky experimenty a měření provedená badatelem, na nichž je fyzika poté postavena a cokoliv na lidském duchu nezávislé tedy neexistuje. Na základě této pozitivistické báze Planck nachází příležitost (jako ostatně i v mnohých dalších jeho statích¹³⁷), jak rozvést kritiku pozitivistického smýšlení, přičemž staví na následujícím: Jestliže pozitivisté nechtěli skončit ve slepé uličce solipsismu, museli proto stavět na

¹³⁶ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 17.

¹³⁷ viz např. celá Planckova stať: *Positivismus und reale Aussenwelt* (1931).

předpokladu, že každé měření je primárně nezávislé na dané osobě výzkumníka, stejně tak jako místě a čase a jiných okolnostech, v jejichž rámci probíhá. Takto dochází k závěru, že tedy pravděpodobně musí existovat nějaká bezprostředně daná reálná příčinnost za pozorujícím výzkumníkem. Dále pozitivismu vytýká i jeho tradiční cestu výzkumu, tj. jeho spíše kritickou činnost a zpátečnický pohled, neboť dle něj je potřeba i vznik myšlenek a otázek, jež nezávisí na provedených měřeních. Co je pro Plancka v jeho polemikách o možnostech koexistence náboženství s vědou důležité, je každopádně fakt, že „[univerzální konstanty] nebyly vynalezeny z účelných důvodů, nýbrž se vnutily s nepopíratelnou nutností prostřednictvím souhlasných výsledků veškerých příslušných měření a to, co víme přesně předem a co je nejdůležitější, je to, že všechna budoucí měření povedou ke stejným konstantám.“¹³⁸ Planck tedy v podstatě tvrdí, že věda a konkrétně právě fyzika vyžaduje existenci nějakého světa, který bude na člověku nezávislý a je možné ho zkoumat pouze prostřednictvím našeho smyslového vnímání. Jak již bylo řečeno výše „... naše vlastní zkušenosti nepředstavují sám fyzikální svět, (že) spíše nás obeznamují o jiném světě, jenž stojí za nimi a existuje nezávisle na nás, jinými slovy, (že) existuje reálný vnější svět.“¹³⁹ Existence reálného vnějšího světa, resp. existence „fyzikálního světoobrazu“ je jedním z Planckových hlavních požadavků, který nicméně spadá do světa metafyziky a jako takový je pro zastávce pozitivismu absolutně nepřípustný, čímž se blíže zabývají předešlé kapitoly věnované Planckově kritice pozitivismu a existenci fyzikálního světoobrazu.

Pro Plancka tedy tento svět existuje a jedinými prostředky, díky nimž můžeme tento reálný vnější svět poznávat, jsou naše smysly a rozličná měření. V souvislosti s tímto světem Planck neváhá jako již mnohokrát zmínit

¹³⁸ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 19.

¹³⁹ PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931, s. 14.

slovo „zázrak“. Za zázrak považuje, že lidé obývající jednu drobnou planetu v rámci celého vesmíru nejsou sice schopni svými myšlenkami obsáhnout celistvý charakter světa, ale existenci a velikost elementárních základů světa rozpoznat dokážou. Za zázrak považuje Planck i do určité míry poznatelnou obecnou zákonitost, jež vládne celým světem. Jako příklad tohoto zázraku pak uvádí zákon zachování energie, snad aby opět poukázal na jeho rozpor se zastánci pozitivismu, kteří poukazují spíše než na zázrak, na samotného člověka, který přírodě předepisuje zákonitost. Do těchto úvah pak vstupuje zprostředkovaně i Immanuel Kant, na kterého se pozitivisté velmi často odvolávají. Planck nicméně s tímto nesouhlasí a v tomto konkrétním případě tvrdí, že „...Kant nevyučoval, že člověk předepisuje přírodě zákony jako takové, nýbrž to, že člověk při formulaci přírodních zákonů přidává též něco sám ze sebe.“¹⁴⁰ Podtržením Planckovy úvahy je mu Kantem vyřčený výrok, že necítí žádné větší úcty nežli při pohledu na hvězdnou oblohu. Pozitivistům pak takovou úctu maximálně odepírá prostřednictvím výroku: „Pro něj (pozitivistu) nejsou hvězdy nic víc nežli zrakové komplexy vnímání, všechno ostatní je dle jeho mínění užitečná, ale vcelku dobrovolná a zbytečná přísada.“¹⁴¹ Tímto tedy Planck dává najevo, že pozitivisté se odvolávají na Kanta zcela neprávem a nejspíše zcela chybně pochopili jeho učení.

Dalším zákonem, jež Planck neváhá označit za zázračný, je zákon schopný mnohem větší míry zevšeobecnění nežli onen výše zmíněný zákon zachování energie. Jedná se o zákon, jenž dle Planckových slov budí dojem, jakoby příroda byla řízena nějakou racionální vůlí, vědomou si svého smyslu, resp. hovoří o principu nejmenší akce. Tento zákon například přibližuje známou skutečnost, že světlo volí vždy právě tu z nabízených drah, jež ho přivede nejrychleji k cíli. „Fotony vytvářející světlo se tak chovají jakožto

¹⁴⁰ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 21.

¹⁴¹ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 22.

racionální bytosti.“¹⁴² Planck se tak neustále snaží podsouvat fyzikálním zákonitostem nějakou racionální bázi, jež však sama pravděpodobně nemůže být racionálně vysvětlena, a je proto jakýmsi zázrakem. Zákonitost tedy pro něj představuje určitou vládnoucí sílu, jež není nijak závislá na existenci myslícího člověka. Nicméně pokud je tato zákonitost uchopena lidským smyslovým vnímáním, připouští poté formulaci, jež odpovídá vhodnému jednání. Planck tak v podstatě tvrdí, že prostřednictvím našich smyslů využíváme služeb nějakých vyšších, zázračných zákonitostí. Zde je potřeba nicméně uvést, že sám Planck, byť se kupříkladu jeho výrok srovnání fotonu s racionální bytostí může zdát už za hranicí výroku hodného exaktního vědce, jinde kupříkladu tvrdí: „Jen jedna věc je pro mě důležitá, totiž zde zdůraznit, že s přísně vědeckým stanoviskem je náboženství slučitelné pouze v případě, že se nedostane do sporu se sebou samým ani se zákonem příčinné podmíněnosti všech vnějších procesů.“¹⁴³ Planck tedy na druhé straně jasně vymezuje platnost náboženství a apeluje na jednoznačnou platnost fyzikálních zákonů.

Planck si později pokládá otázku, do jaké míry spolu může náboženství s vědou fungovat, aniž by se navzájem vylučovaly? Zde je třeba ale upozornit, a Planck tak velmi často činí, že existují oblasti týkající se primárně vědy a oblasti související výhradně s náboženstvím, které není možné vzájemně slučovat a nemělo by tak docházet k vzájemnému prolínání. Konkrétně Planck, co se týče náboženství, hovoří o etice, zatímco vědě samotné přísluší například oblast určení konstant. Jestliže by docházelo k prolínání těchto oblastí, přičemž věda by si kupříkladu brala za své promlouvat v rámci etických zásad, pak bychom narazili na jakýsi problém, Planckem nicméně právě pro svou zřejmost označovaný jakožto zdánlivý. I

¹⁴² PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 23.

¹⁴³ PLANCK, M. *Vorträge und Erinnerungen*, Stuttgart: Stefan Hirzel Verlag, 1949, s. 165.

zde není ale možné s Planckem zcela souhlasit, neboť oblast morálky nelze jednoznačně zařadit k oblastem spadajícím do sféry vlivu náboženství. Ano, pro věřícího člověka tomu tak přirozeně je a je úkolem náboženství člověku dopomoci k dodržování morálky a etických zásad. Pro ateistu však mohou být tyto zásady stejným způsobem samozřejmé a elementární jakožto pro věřícího, aniž by k jejich dodržování potřeboval existenci nějaké vyšší autority, resp. boha.

„Naproti tomu se náboženství a věda setkávají v otázce existence bytí nějaké vyšší světu vládnoucí moci...“¹⁴⁴ Tyto otázky mají dle Plancka přinejmenším tedy společné následující: Obě se shodují v tom, že existuje nějaký na člověku nezávislý racionální řád a současně v tom, že tento řád není poznatelný bezprostředně. „Náboženství proto využívá své vlastní zvláštní symboly, přísná věda svá vlastní zdůvodněná měření,“¹⁴⁵ přičemž se pokouší identifikovat přirozeně světový řád vědy a náboženského boha, neboť právě skrze tyto prostředníky využívá věda i náboženství služeb onoho vyššího řádu. Planck si je nicméně přesto vědom jistých rozdílů mezi těmito dvěma prostředníky, neboť zbožný člověk přijímá boha naprosto bezprostředně a primárně, zatímco pro vědce je jedině primárně dané obsah jeho smyslového vnímání a z něho odvozených měření. Pro zbožného člověka stojí Bůh na začátku, pro přírodovědce představuje boha vyústění jeho veškerých úvah, respektive stojí na konci veškerého myšlení. Planckovými slovy: „Jeden představuje základ, druhý korunu struktury jakéhokoliv ideologického uvažování“.¹⁴⁶ Planck tedy ani v případě přírodovědců neváhá pojmenovat tento nejvyšší řád „bohem“ a jediný rozdíl

¹⁴⁴ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 26.

¹⁴⁵ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 27.

¹⁴⁶ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 28.

vidí v celkovém pojetí, jež odpovídá rozličným rolím, které v lidském životě představuje věda a náboženství. Zatímco věda je nástrojem k poznání, náboženství potřebuje věřící člověk k veškerému svému jednání. Planck si jednoznačně stojí za tím, že boha potřebuje během celého života, při veškerém lidském konání a rozhodování. Planckův Bůh je všudypřítomný a „...jestliže připišeme bohu mimo jeho všemohoucnosti a vševědoucnosti ještě též atributy dobroty a lásky, pak poskytne útěchu člověku hledajícímu útočiště a tudíž zvýšenou míru jistého pocitu štěstí.“¹⁴⁷ V rámci této situace pak Planck nepřipouští vědě nijakou roli a zamítá předem jakékoliv její možné námitky, neboť dle jeho úsudku se zde jedná o otázku etiky a ta, jak již bylo vícekrát zmíněno, přísluší pouze do sféry náboženství, ale nikoliv do vědy. Ano, i pokud bychom přijali toto Planckovo rozřešení daného problému, pak se stále objevuje problém příslušnosti morálky k náboženství.

Na základě všeho výše zmíněného, je tak zcela zjevné, že Planck ve spojení náboženství a vědy nenachází nijaký problém. Věda s náboženstvím si buďto souzní, anebo nijak neodporuje, neboť sféry jejich zájmu jsou si navzájem jednoznačně ohraničené. Podporu pro svá vyřčená stanoviska Planck hledá u svých předchůdců, u věhlasných přírodovědců, jako byli například Kepler, Newton či Leibniz, již byli všichni přívrženci náboženství. Raději pak zapomíná na skutečnost, že pravděpodobně žádný z jeho současníků neprojevuje víře takovou podporu, jako on sám. K historii se pak obrací ve svých zmínkách o pěstování aplikované vědy, medicíny, v rukou kněžích či vědecké výzkumné práce praktikované na půdě mnišských obydlí ve středověku. Otázkou je, zda výzkum praktikovaný ve středověku lze opravdu označit za vědu v dnešním slova smyslu a odvolávat se tak na ní. Pozdější následné rozdělení vědy přičítá právě rozdělení rolí a úkolů, jež rozdílně přísluší vědě i náboženství. „Ale obě cesty se nerozcházejí, nýbrž

¹⁴⁷ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 28.

vedou paralelně navzájem a setkávají se v daleké nekonečnosti v totožném cíli.“¹⁴⁸ Planck svá veškerá stanoviska neváhá zakončit jednoznačným zvoláním, dle jeho slov platným jak pro vědu tak náboženství, totiž pobídkou platnou „... odjakživa a navždy: Vzhůru k bohu!“¹⁴⁹

Především vzhledem k Planckovým kořenům se člověku zcela přirozeně vnucuje myšlenka, že Planckova víra se opírala o boha zcela konkrétního, totiž křesťanského. Této myšlence však zcela jistě odporuje dopis následujícího znění, jímž Planck odpovídal jen několik měsíců před svou smrtí jistému inženýru Kickovi, jenž se Plancka tázal na jeho pozici, co se křesťanské víry týče. Tímto dopisem se tak Planck ještě na sklonku svého života pokusil explicitně vyjádřit jím zastávané stanovisko, aby zřejmě navždy zamezil všem spekulacím.

„Velevážený pane! Odpovídaje na Váš dopis ze dne 10. 6. 1947 mohu Vám sdělit, že jsem byl odevždy hluboce nábožensky založen, že však nevěřím v žádného zosobněného boha, nemluvě vůbec o nějakém bohu křesťanském. Bližší v tomto ohledu najdete v mém spise ‚Náboženství a věda‘.

V dokonalé úctě Dr Max Planck.“¹⁵⁰

Srovnáme-li Planckův vztah k náboženství například s Einsteinovým, ani Einstein nevnímal vztah mezi vědou a náboženstvím jako protiklad. Naopak, považoval vědu a náboženství jako vzájemně komplementární nebo

¹⁴⁸ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 29.

¹⁴⁹ PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958, s. 29.

¹⁵⁰ HERNECK, Friedlich. Max Planck (k 10. Výročí smrti). In: *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, vol. 3., 1958, s. 209.

spíše jako navzájem závislé, což nejlépe vystihuje následující metafora: „Věda bez náboženství je chromá, náboženství bez vědy je slepé.“¹⁵¹ Nicméně je zapotřebí zdůraznit, že Einstein popírá jakoukoliv formu antropomorfismu a koncepci osobního boha. Boha vnímá spíše ve Spinozově smyslu. Einsteinův Bůh stvořil zákony a jeho svět se neřídí zbožným přáním, ale neměnnými zákony.¹⁵²

Einstein se namísto toho, co je náboženství, nejprve spíše ptá, co charakterizuje touhy věřícího člověka. Podle něj takový člověk touží po osvobození z pout sobeckých tužeb a je posedlý myšlenkami, pocity a snahami, na kterých lpí kvůli jejich nadosobní hodnotě. Z toho dle Einsteina vyplývá, že náboženství je prastará snaha lidstva zůstat jasně při vědomí těchto hodnot a cílů, neustále je posilovat a šířit jejich dopady. Pokud tedy vnímáme náboženství a vědu dle těchto definic, pak se konflikty mezi nimi jeví jako nemožné. Věda tedy může pátrat po tom, co je, a ne, co by mělo být a mimo její doménu zůstává hodnota soudů všeho druhu zachována. Náboženství, na straně druhé, se zabývá pouze hodnocením lidského myšlení a jednání, protože nemůže oprávněně hovořit o skutečnosti a vztazích mezi fakty.

Úplně opačnou pozici pak zastává například Paul Dirac, další z fyziků, již se podíleli na zrodu kvantové mechaniky. Podle Diraca je náboženství pouhou směsí falešných tvrzení, jež není nijak podepřena skutečností. Samotná myšlenka Boha je pro něj produktem lidské představivosti. Dirac tvrdí, že je zcela pochopitelné, proč primitivní lidé, již byli vystaveni mnohem více nesnesitelnosti přírodních sil, než jsme dnes my, měli tyto síly spojeny se strachem. Ale v dnešní době, kdy jsme porozuměli takovému množství

¹⁵¹ EINSTEIN, Albert. Personal God Concept Causes Science-Religion Conflict, *The Science News-Letter*, Vol. 38, 12, 1940, s. 181–182.

¹⁵² WILLIAMS, Hermann. Einstein and the Poet: In *Search of the Cosmic Man*, Branden press, 1983, s. 132.

přírodních procesů, již taková řešení nepotřebujeme. Dirac v žádném případě nesouhlasí s myšlenkou, že by nám všemohoucí Bůh byl nějakým způsobem nápomocen. Naopak tvrdí, že podobné předpoklady vedou k takovému druhu neplodných otázek, jako proč Bůh připouští tolik utrpení a nespravedlnosti, vykořisťování chudých bohatými a mnohé další hrůzy, jímž by mohl zabránit.

Náboženství je podle Diraca druh opia, který umožňuje národu obrátit se ke zbožným snům, a tak zapomenout na křivdy, které jsou páčány na lidech. Proto dle Diraca vzniklo spojení mezi dvěma velkými politickými silami, státem a církví. Obě potřebují iluzi, že laskavý Bůh odmění – v nebi, ne-li dokonce na tomto světě – všechny ty, kteří povstali proti nespravedlnosti, kteří vykonávali svou povinnost tiše a bez naříkání. To je přesně ten důvod, proč upřímné tvrzení, že Bůh je pouhým produktem lidské představivosti, je označován za nejhorší ze všech smrtelných hříchů.¹⁵³

3. Překlad vybraných přednášek

3.1. Jednota fyzikálního světoobrazu

Moji drazí pánové! Jakmile jsem obdržel přátelské pozvání, abych zde před Vámi promluvil na téma mojí vědy, bylo mojí první myšlenkou, jak pečlivě je fyzika pěstována právě zde v Holandsku, jak blyštivá, světoznámá jména se Vám zde denně rozsvěcují a jak málo je proto vlastně schopna nabídnout Vám přednáška o teoretické fyzice, nyní konečně zde v Leiden. Chci-li nyní přesto učinit pokus využít po nějakou dobu vaší pozornosti, pak

¹⁵³ Citace Paula Diraca, britského teoretického fyzika, jednoho ze zakladatelů kvantové fyziky, je zaznamenána v Heisenberově knize *Physics and Beyond: Encounters and Conversations*. Dirac se takto vyjádřil během soukromých diskuzí probíhajících během slavné 5. Solvayovy konference v březnu 1927. Na tyto Diracovy teze reagoval později Wolfgang Pauli slovy: „Dobře, též náš mladý přítel Dirac má své náboženství, jehož hlavním principem je ‘Není žádného Boha a Dirac je jeho prorokem’.“

mohu odvahu k tomuto čerpat pouze z úvahy, že naše věda, fyzika, není schopna přibližovat se svým cílům přímou cestou, nýbrž pouze mnoha klikatými cestičkami, a že je tedy též v ní ponechán široký prostor charakteru výzkumu. Tak pracuje jeden na tomto místě a druhý na jiném, jeden s touto metodou a druhý s jinou, a fyzikální světoobraz, o nějž všichni usilujeme, se pravděpodobně vykresluje v každém nějak jinak. Proto doufám, že se přece jen můžu spolehnout na Váš zájem, jestliže se následovně pokusím nastínit hlavní rysy fyzikálního světoobrazu, jak byl ztvárněn zkušeností a pozorováními, jež mi byly dostupné, a jak se pravděpodobně vytvoří v budoucnu.

1*

I.

Odjakživa, co jen existuje rozjímání nad přírodou, vytanul v něm poslední a nejvyšší cíl, uspořádat pestrou rozmanitost fyzikálních jevů do jednotného systému, pokud možno jediné formule, a odjakživa stály proti sobě při řešení tohoto úkolu dvě metody, často spolu zápasící, ještě častěji vzájemně se korigující a podněcující, naposledy nejvíce, když se spojili v téže zvědavosti do společné práce. Jedna z nich, mladistvější, pojímá jednotlivé zkušenosti rychle zobecňujíc, se smělou dovedností až po celek, a od počátku staví do centra obrazu jednotlivý pojem či větu, v kterých se nyní zavazuje s větším či menším úspěchem zachytit celou přírodu včetně všech jejích projevů. Tak učinil Thales z Milétu „vodu“, Wilhelm Ostwald „energii“, Heinrich Hertz „princip nejpřímější dráhy“ hlavním a centrálním bodem křehkého fyzikálního světoobrazu, v kterém nacházejí všechny fyzikální procesy souvislost a vysvětlení.

Další metoda je obezřetnější, skromnější a spolehlivější, nicméně na tah oné první dlouho nedosahovala a proto též byla uvážena až mnohem později: Předběžně upouští od konečných výsledků a vyobrazuje nejprve pouhé jednotlivé rysy, které se stávají prostřednictvím přímých zkušeností

zcela spolehlivými, přenechávajíc další zpracování pozdějšímu výzkumu. Svůj nejvýstižnější projev našla nejspíše ve známé definici úkolu mechaniky jako „popisu“ v přírodě probíhajících pohybů od Gustava Kirchhoffa. Obě metody se vzájemně doplňují a v žádném případě nesmí fyzikální výzkum na žádnou z nich rezignovat. –

Ale o této dvojí metodice naší vědy vám nyní nechci vyprávět, nýbrž chci Vaši pozornost nasměřovat na nejzákladnější otázku, kampak tato svérázná metodika vedla a kam pravděpodobně ještě povede. Že fyzika ve svém vývoji učinila opravdové pokroky, že s každým desetiletím můžeme přírodu poznávat podstatně lépe, to nemůže zcela určitě nikdo popřít, to dokazuje jediný pohled na podpůrné prostředky neustále rostoucí jak v počtu, tak ve významu, díky kterým chápe lidstvo podstatu přírody jako podřízenou. Ale jakým směrem se celkově pohybuje tento pokrok? Jak dalece je možné říci, že se opravdu přibližujeme našemu vytouženému cíli, tedy jednotnému systému? Prozkoumat toto se musí jevit jako velmi důležité každému fyzikovi, jenž si chce zachovat bystrý zrak pro pokroky ve své vědě. Jsme-li schopni získat informaci o těchto otázkách, budeme též schopni vyrovnat se s další, dnes opět velmi kontroverzní otázkou: Co pro nás v podstatě vzato znamená to, co nazýváme fyzikálním světoobrazem? Je to jediné účelné, ale vlastně svévolné vytváření našeho ducha, anebo se cítíme stíháni opačným pohledem, že zobrazuje na nás nezávislé přírodní procesy?

Abychom se dozvěděli, kterým směrem se pohybuje fyzikální vývoj, existuje pouze jeden způsob: Porovná se stav, v němž se právě nacházíme se stavem v nějakém předešlém čase. Ptáme-li se dále, jaké vnější znamení může poskytnout nejlepší charakteristiku stavu vývoje vědy, pak bych nedokázal jmenovat nic všeobecnějšího nežli způsob, jímž definuje věda své základní pojmy a jak rozděluje své rozmanité oblasti. Neboť v užitečnosti definicí a ve způsobu rozdělení látky spočívají, jak je známo všem hlouběji

přemýšlejícím, dokonce často již implicitně obsažené poslední nejvyzrálejší výsledky výzkumu.

Nyní se podívejme, jak to bylo v tomto vztahu s fyzikou. Zde si nejprve všímáme, že vědecký fyzikální výzkum ve všech svých oblastech navazuje buďto na bezprostředně praktické potřeby, anebo na zvláště nápadné přírodní jevy. A dle těchto aspektů se přirozeně řídí prvotní rozdělení fyziky a pojmenování jejích jednotlivých odvětví. Tak vzniká geometrie z dovednosti změřit půdu či pole, mechanika z konstruování, akustika, optika a termodynamika z těch kterých odpovídajících smyslových vnímání, nauka o elektrických jevech ze zvláštních pozorování vyleštěných jantarů, teorie magnetismu z nápadných vlastností železné rudy nalezené u města Magnesia. Odpovídajíc větě, že všechny naše zkušenosti navazují na naše smyslová vnímání, je ve všech fyzikálních definicích určující fyziologický element, stručně řečeno: Celá fyzika, stejně tak jako její definice, tak celá její struktura, má původně v určitém smyslu antropomorfický charakter.

Jak odlišný je naproti tomu obrázek, který nám poskytuje výuka moderní teoretické fyziky! Nejprve celek vykazuje mnohem jednodušší charakter: Počet jednotlivých odvětví fyziky je výrazně menší tím, že příbuzná odvětví jsou vzájemně sloučena: Tak se zcela rozpustila akustika v mechanice, magnetismus a optika v elektrodynamice; a toto zjednodušení se zdá být doprovázeno nápadným ustupováním lidsko–historických elementů ve všech fyzikálních definicích. Který fyzik dnes pomýšlí u elektřiny na vyleštěné jantary, či u magnetismu na maloasijskou ornou půdu opravdových přírodních magnetů? A ve fyzikální akustice, optice a termodynamice jsou ona jim odpovídající smyslová vnímání doslova vyloučena. Fyzikální definice tónu, barvy, teploty nejsou dnes už v žádném případě vyvozovány vnímáním odpovídajícími smysly, nýbrž tón a barva jsou definovány frekvencí, popřípadě vlnovou délkou; teplota teoreticky absolutní teplotní stupnicí vycházející z druhého zákona teorie tepla, v kinetické teorii plynů aktivní silou pohybu molekul, prakticky změnou

objemu termometrické substance, popřípadě škálovou odchylkou bolometru či termočlánku. O vnímání tepla u teploty už ale v žádném případě není řeč.

Stejně tak to bylo s pojmem síly. Slovo „síla“ znamená původně bezpochyby sílu lidskou, odpovídající tomu, že první a nejstarší stroje: Páka, kladka, šroub, byly poháněny lidmi, potažmo zvířaty. To dokazuje, že pojem síla byl původně odvozen ze zakoušení síly anebo svalové činnosti, tedy ze specifického smyslového vněmu. Ale v moderní definici síly se zdá specifický smyslový vněm stejně tak eliminován, jako v oné definici barvy smyslové vnímání barvy.

Ano, toto potlačení specificky smyslových elementů z definicí fyzikálních pojmů jde tak daleko, že dokonce oblasti fyziky, jež byly původně charakterizovány přiřazením k nějakému určitému smyslovému vněmu jako zcela jednotné, se v důsledku uvolnění pohromadě držícího svazku rozpadají v rozmanité zcela oddělené části, tedy proti všeobecnému tahu ke sjednocení a splývání.

Nejlepší příklad k tomuto účelu ukazuje teorie tepla. Dříve vytvářelo teplo určitou, vnímáním pocitu tepla charakterizovanou, ovšem oddělenou jednotnou oblast fyziky. Dnes ale najdeme ve všech učebnicích fyziky celou oblast o teple, tepelné záření, oddělenou a zpracovanou u optiky. Význam vnímání tepla už tedy nedostačuje, aby dokázal udržet pohromadě heterogenní části; spíše je teď jedna oblast přidružena optice, popřípadě elektrodynamice a další mechanice, konkrétně kinetické teorii hmoty.

Podíváme-li se na doposud řečené, pak můžeme stručně souhrnně říci: Signaturou celého dosavadního vývoje teoretické fyziky je sjednocování jejího systému, kterého je dosaženo určitou emancipací od antropomorfních elementů, konkrétně od specifických smyslových vnímání. Jestliže nyní uvážíme druhou stranu, že vněmy tvoří nesporně výchozí bod veškerého fyzikálního výzkumu, pak musí tento vědomý odklon od základních

předpokladů vyhlížet přinejmenším pozoruhodně a vsutku paradoxně. Avšak sotva vychází na povrch jiná skutečnost tak jasně v historii fyziky jako tato. Zajisté, musí to být nedocenitelné výhody, které stojí za toto principiální sebevyprázdnění.

Dříve než přejdeme blíže k tomuto důležitému bodu, odvrátíme se nyní ještě od minulosti a současnosti k budoucnosti. Jak bude rozdělen v příštích stoletích systém fyziky? V současné době v něm stojí proti sobě dvě velké oblasti: mechanika a elektrodynamika, nebo jak se též říká: fyzika hmoty a fyzika éteru. Ta první zahrnuje současně akustiku, mechanicky vzniklé teplo těles, chemické jevy a ta druhá magnetismus, optiku a sálavé teplo. Bude toto rozdělení posledním rozdělením? Nemyslím si to, a sice právě proto, neboť obě tyto oblasti není možné od sebe jasně oddělit. Patří například procesy vyzařování světla k mechanice anebo elektrodynamice? Nebo: Které oblasti můžeme přičíst zákony pohybu elektronů? Možná by se na první pohled dalo říci: K elektrodynamice, neboť u elektronů přece nehraje materiální hmota žádnou roli. Ale naši pozornost směřujeme pouze na pohyby volných elektronů v kovech. Neboť např. při studiu výzkumu H. A. Lorentze zjistíme, že tyto zákony daleko lépe spadají do kinetické teorie plynu nežli do elektrodynamiky. Vůbec se mi zdá onen původní rozpor mezi éterem a hmotou být na ústupu. Elektrodynamika a mechanika nestojí proti sobě vůbec tak výlučně, jak je v širokých kruzích obecně vnímáno, kde se už dokonce mluví o boji mezi mechanickým a elektrodynamickým světovým názoru. Mechanika potřebuje ke svému ohraničení v zásadě pouze pojmy prostoru, času a toho, co se pohybuje, ať se to již označuje jako substance nebo jako stav. Tytéž pojmy není možné odejmout ale ani elektrodynamice. Vhodně zobecněné pojetí mechaniky by mohlo tudíž velmi dobře zahrnout též elektrodynamiku a skutečně existují mnohé náznaky, že se tyto dvě již teď částečně vzájemně se překrývající oblasti nakonec spojí do jedné, do všeobecné dynamiky.

Pokud je tedy jednou přemostěn rozpor mezi éterem a hmotou, jaké hledisko bude potom zohledněno při konečném rozdělení systému fyziky? V návaznosti na to, co jsme viděli výše, je tato otázka současně charakteristická pro celý způsob dalšího vývoje naší vědy; avšak k jejímu bližšímu výzkumu je nutné, abychom pronikli o něco hlouběji než doposud, do zvláštností fyzikálních principů.

II.

Za tímto účelem Vás prosím, abyste mě doprovodili k tomu místu, odkud byl učiněn první krok ke skutečné realizaci jednotného systému fyziky, postulovaného doposud pouze filozofy: K principu zachování energie. Neboť pojem energie je vedle pojmů prostoru a času jediný společný všem rozmanitým fyzikálním oblastem. Po všem, co jsem uvedl výše, se Vám bude jevit jasné a téměř samozřejmé, že původně též princip energie, ještě před jeho obecnou formulací Mayerem, Joulem a Helmholtzem, nesl antropomorfní charakter. Jeho první kořeny tkví totiž v poznatku, že se nikomu nemůže podařit získat využitelnou práci z ničeho. A tento poznatek v podstatě vzešel ze zkušeností, jež byly získány při pokusech řešení technického problému: Vynálezu perpetuum mobile. Perpetuum mobile jako takové získalo ve fyzice podobně dalekosáhlý význam jako umění výroby zlata v chemii, přestože to nebyly pozitivní, ale naopak negativní výsledky pokusu, jichž věda využila. Dnes mluvíme o principu energie bez ohledu na lidské či technické aspekty. Říkáme, že celková energie nějakého navenek uzavřeného systému těles je veličina, jejíž hodnota nemůže být zvětšena či zmenšena žádným z procesů probíhajících uvnitř systému, a už vůbec si nechceme myslet, že přesnost, s jakou platí tento zákon, závisí na nuancích metod, jimiž současně disponujeme, abychom experimentálně ověřili otázku realizace perpetua mobile. V tomto přísně vzato nedokazatelném, ale

živelně se vnučujícím zevšeobecnění, tkví výše zmíněná emancipace od antropomorfních elementů.

Zatímco princip energie před námi stojí jakožto hotový ucelený útvar, samostatně stojící a nezávislý na nahodilostech svého historického vývoje, není to ještě v žádném případě totéž jako případ takového principu, jež zavedl do fyziky R. Clausius pod názvem druhý termodynamický zákon. A právě okolnost, že se tento zákon ještě dnes zcela nezbavil skořápek svého vývoje, mu propůjčuje v naší dnešní diskuzi zvláštní zájem. Ve skutečnosti nese druhý termodynamický zákon alespoň v jeho běžném posouzení ještě jistý antropomorfický ráz. Existují ale mnozí vynikající fyzikové, kteří spojují jeho platnost s lidskou neschopností proniknout do detailů molekulárního světa, a napodobit tak Maxwellovy démony, kteří jsou schopni bez jakékoliv obtíže oddělit pouze včasným zasunutím malé západky a jejím zastrčením zpět nejrychlejší molekuly plynu od těch nejpomalejších. Není nutné být ale prorokem, abychom s jistotou předpověděli, že jádro druhého termodynamického zákona nemá co dočinění s lidskými schopnostmi, a že tudíž rovněž jeho finální formulace musí a bude následovat způsobem, který se v žádném případě neodkazuje na proveditelnost některých přírodních procesů uměním lidí. K tomu, aby došlo k této emancipaci druhého termodynamického zákona, doufám, mohou též trochu přispět následující výklady.

Přístupme nyní o něco blíže k obsahu druhého termodynamického zákona a jeho vztahu k principu energie. Zatímco princip energie omezuje průběh přírodních procesů tím, že nikdy nepřipustí vytvoření či zničení energie, nýbrž pouze přeměnu energie, pokračuje druhý termodynamický zákon v omezení ještě dále, tím že nepovoluje všechny způsoby přeměny, nýbrž pouze určité a za určitých podmínek. Tak je možné přeměnit zcela a snadno mechanickou práci v teplo například třením, ale ne naopak, teplo jednoduše v práci. Kdyby to totiž bylo možné, pak by se třeba mohlo využít teplo země, jež je nám neomezeně k dispozici, k pohonu motoru a mělo by

to přitom dvojitou výhodu, totiž tento motor, protože by ochlazoval zemi, by mohl být současně využit jako chladicí zařízení.

Ze zkušenosti vyplývající nemožnost takového motoru, jenž se označuje jako perpetuum mobile druhého druhu, vyplývá nyní nutnost, že existují v přírodě procesy, které v žádném případě nemohou být plně obráceny v procesy zpětné. Neboť jestliže by například bylo možné opravdu nějakým způsobem zcela otočit třecí proces, kterým je přeměňována mechanická práce v teplo, pomocí nějakého, i kdyby sebesložitějšího zařízení, pak by ono zařízení nebylo právě nic jiného nežli výše popsáný motor, tedy perpetuum mobile druhého druhu. To bezprostředně osvětluje, pokud si to jasně představíte, co by mohlo zařízení poskytnout: Přeměnu tepla v práci bez jakékoliv jiné trvalé změny.

Pojmenujeme-li nyní takový proces, jež není možné žádným způsobem zcela zvrátit, ireverzibilní proces a všechny ostatní procesy reverzibilní procesy, zachytíme tak jádro druhého termodynamického zákona, řekneme-li, že v přírodě existují ireverzibilní procesy. Proto probíhají změny v přírodě pouze v jednom směru: Svět činí krok kupředu s každým jednotlivým ireverzibilním procesem, jehož stopy není možné za žádných okolností zcela vymazat. Příklady ireverzibilních procesů jsou kromě tření mimo jiné vedení tepla, difúze, elektrická vodivost, vyzařování světla a tepla, rozpad atomů radioaktivních substancí. Příklady reverzibilních procesů jsou naproti tomu mimo jiné pohyb planet, volný pád ve vzduchoprázdném prostoru, netlumený pohyb kyvadla, šíření světla a zvukových vln bez pohlcování a difrakce, netlumené elektrické chvění. Všechny tyto procesy jsou totiž buďto periodické již samy o sobě, anebo je možné je vhodnými zařízeními zcela zvrátit tak, že žádná změna v přírodě nepřetrvá. Například volný pád tělesa tím, že se využije získané rychlosti, aby bylo vyzdviženo do původní výšky, světelnou či zvukovou vlnu tím, že se nechá vhodným způsobem odrazit na dokonalé zrcadlo.

Jaké jsou nyní obecné vlastnosti a známky ireverzibilních procesů? A jaká je obecná a kvantitativní míra ireverzibility? Tuto otázku je nyní zapotřebí nejrůznějšími způsoby zkoumat a zodpovědět a právě studium historie nabízí obzvláště charakteristický vhled to typického průběhu vývoje obecné fyzikální teorie. Stejně tak jako se původně díky technickému problému perpetua mobile přišlo na stopu principu energie, tak vedl k rozlišení mezi ireverzibilními a reverzibilními procesy opět technický problém: Problém parního stroje. Již Sadi Carnot rozpoznal, ačkoliv vládl nesprávnou představou o charakteru tepla, že ireverzibilní procesy jsou méně ekonomické nežli reverzibilní, nebo že při ireverzibilním procesu zůstane určitá příležitost získat mechanickou práci z tepla nevyužita. Co by teď mohlo být přirozenější, nežli myšlenka stanovit jakožto míru ireverzibility procesu zcela obecně množství takové mechanické práce, jež se skrze něj definitivně vytratila? Pro reverzibilní procesy by pak bylo samozřejmě možné definitivně ztracenou práci vyrovnat nule. Toto pojetí se skutečně osvědčilo jakožto užitečné pro určité speciální případy, např. pro izotermní procesy, a v určitém pohledu zůstalo dodnes; ačkoliv pro všeobecné případy se ukázalo jakožto nepoužitelné a dokonce matoucí. To je důvod, proč není možné otázku ztracené práce při nějakém určitém ireverzibilním procesu určitým způsobem vůbec zodpovědět, pokud není blíže specifikováno, z jakého zdroje energie by měla být práce získána.

Objasní to příklad. Vedení tepla je ireverzibilní proces, anebo, jak to vyjádřil Clausius: Teplo nemůže přejít bez náhrady z nějakého studenějšího tělesa do teplejšího. Co je nyní práce, která se definitivně ztrácí, jestliže množství tepla Q prostřednictvím přímého vedení z teplejšího tělesa teploty T_1 přechází do studenějšího tělesa teploty T_2 ? Abychom otázku zodpověděli, potřebovali bychom zmíněný přechod tepla k realizaci reverzibilního Carnotova kruhového děje mezi oběma tělesy jakožto tepelnými zásobníky. Přitom se, jak známo, získá určitá práce, a tato práce je právě to, co hledáme; neboť se ztrácí při přímém převodu tepla vedením. Ale toto množství práce nemá žádnou hodnotu, dříve nežli víme, odkud má práce pocházet, jestli

např. z teplejšího tělesa či studenějšího anebo z jakéhokoli jiného zdroje. Je možné se totiž domnívat, že teplo vydané teplejším tělesem při reverzibilním kruhovém ději se vůbec nerovná teplu přijatému studenějším tělesem, neboť přece určitá část tepla je přeměněna v práci; a je možné identifikovat stejným způsobem dané množství tepla Q předané při přímém procesu vedení s teplem předaným teplejším tělesem či s teplem přijatým studenějším tělesem při kruhovém ději. V závislosti na tom, zda činíme první či druhé, získáme pro veličinu práce ztracené při procesu vedení:

$$Q \times \frac{T_1 - T_2}{T_1} \text{ nebo } Q \times \frac{T_1 - T_2}{T_2}.$$

Tuto neurčitost též dobře znal Clausius a zobecnil proto v souladu s tím jednoduchý Carnotův kruhový děj přijetím třetího zásobníku tepla, jehož teplota je nyní zcela neurčitá a v souladu s tím vydává neurčitou práci.¹⁵⁴

Vidíme tedy, že navržený způsob, pojmout ireverzibilitu procesu matematicky, obecně nevede k cíli a současně též vidíme onen důvod, proč se to nemohlo zdařit. Otázka je zabarvena příliš antropomorfně, je příliš přistřižena na míru potřeb člověka, jemuž v první řadě záleží na zisku užitečné práce. Jestliže chceme mít určitou odpověď od přírody, musíme k ní přikročit právě z obecného, méně ekonomicky zainteresovaného stanoviska. Právě o to se nyní chceme pokusit.

Vezměme nějaký v přírodě probíhající proces. Tento proces převádí všechna tělesa, jež se ho účastní, z nějakého určitého počátečního stavu, jež chci nazývat stav A, do nějakého určitého konečného stavu B. Tento proces je buďto reverzibilní či ireverzibilní, žádný jiný není možný. Zda je ale reverzibilní či ireverzibilní, závisí výhradně na povaze obou stavů A a B, nikoliv na způsobu, jakým proces jinak probíhá; neboť při tom přijdeme na zodpovězení otázky, pokud je jednou dosažen stav B, zda může být nějakým

¹⁵⁴ R. Clausius, Die mechanische Wärmethorie, 2. vydání, I. svazek, 1876, s. 96.

způsobem dosažen či ne úplný návrat do stavu A. Jestliže nyní úplný návrat z B do A není možný, jedná se tedy o ireverzibilní proces, pak je zřejmě stav B v přírodě charakterizován nějakou určitou vlastností stavu A; před lety jsem si jednou dovolil vyjádřit to tím způsobem, že příroda má větší „zálibu“ ve stavu B nežli ve stavu A. Po tomto způsobu vyjádření jsou v přírodě veskrze nemožné takové procesy, v jejichž konečném stavu by měla příroda menší zálibu nežli v jejich stavu počátečním. Mezní případ tvoří reverzibilní procesy, u nich má příroda stejnou zálibu v počátečním i konečném stavu a přechod mezi nimi může nastat libovolně oběma směry.

Nyní se jedná o to najít fyzikální veličinu, jejíž hodnota může sloužit jakožto obecná míra záliby přírody v nějakém stavu. Musí to být veličina, jež je bezprostředně určena stavem sledovaného systému, aniž by bylo zapotřebí vědět cokoliv o předešlé historii systému, stejně jako to platí u energie, obsahů a jiných vlastností systému. Tato veličina by měla mít schopnost u všech ireverzibilních procesů růst, naproti tomu u všech reverzibilních procesů zůstat neměnná a hodnota její proměny při procesu by měla poskytnout všeobecnou míru pro ireverzibilitu procesů.

R. Clausius nyní tuto veličinu opravdu našel a nazval jí „entropie“. Každý systém těles má v každém stavu určitou entropii a tato entropie označuje zálibu přírody pro dotyčný stav. Entropie může při všech procesech, jež probíhají uvnitř systému, stále pouze vzrůstat, ale nikdy klesat. Jestliže chceme sledovat stav, u něhož působí na systém vlivy z vnějšku, pak je nutné vnímat ta tělesa, z nichž ony vlivy vycházejí, jakožto k systému náležící; neboť opět platí zákon ve výše zmíněné podobě. Přitom je entropie systému těles jednoduše rovna součtu entropií jednotlivých těles a entropie jednotlivého tělesa se získá dle Clausia pomocí určitého reverzibilního kruhového děje. Dodání tepla zvětšuje entropii tělesa, a sice hodnotu kvocientu dodaného množství tepla teplotou tělesa; jednoduchá komprese naproti tomu entropii nemění.

Abychom se vrátili k výše zmíněnému příkladu tepla Q přímo dodaného teplejším tělesem s teplotou T_1 studenějšímu tělesu s teplotou T_2 , zmenšuje se zde při tomto procesu dle právě řečeného entropie teplejšího tělesa, zatímco entropie toho studenějšího roste a součet obou změn, tedy změna celkové entropie obou těles, zní:

$$-\frac{Q}{T_1} + \frac{Q}{T_2} > 0.$$

Tato pozitivní veličina udává tedy beze vší libovůle míru ireverzibility procesu vedení tepla. Takových případů je možné samozřejmě uvést bezpočet. Přispívá k tomu každý chemický proces.

Takto se stal druhý termodynamický zákon se všemi jeho důsledky principem růstu entropie, a bude vám nyní pravděpodobně zcela zřejmé, proč jsem pak v návaznosti na výše zmíněnou otázku vyslovil myšlenku, že v teoretické fyzice budoucnosti bude ono první důležité rozdělení veškerých fyzikálních procesů právě na reverzibilní a ireverzibilní procesy.

Skutečně všechny reverzibilní procesy vykazují, ať už probíhají ve hmotě či v éteru, anebo v obojím, vzájemně mnohem větší podobnost nežli s nějakým ireverzibilním procesem. To vyplývá již z formálního pozorování diferenciálních rovnic, které je zachycují. V diferenciálních rovnicích reverzibilních procesů se vyskytuje diferenciální čas vždy pouze v sudé mocnině, odpovídaje okolnosti, že znaménko času může být též opačné. To platí stejným způsobem pro kmitání kyvadla, elektrické kmitání, akustické a optické vlny, stejně jako pro pohyb hmotných bodů či elektronů, pokud je jen vyloučen každý způsob tlumení. Patří sem ale rovněž procesy považované v termodynamice za nekonečně pomalu probíhající, jež vznikají z pouhých rovnovážných stavů, v nichž nehraje čas žádnou roli, anebo, jak je možné též říci, se vyskytují v nulté mocnině, již je zapotřebí přičíst k druhým mocninám. Všechny tyto reverzibilní procesy mají rovněž společnou vlastnost, jak ukázal Helmholtz, že jsou plně znázorněny principem nejmenšího účinku, který dává jednoznačnou odpověď na jakoukoliv otázku

týkající se jejich měřitelného průběhu a potud je možné označit teorii reverzibilních procesů jakožto zcela uzavřenou. Proto mají reverzibilní procesy nevýhodu, že jsou vesměs pouze ideální; v opravdové přírodě neexistuje jediný reverzibilní proces, neboť každý přírodní proces je více či méně provázán s třením nebo vedením tepla. V oblasti ireverzibilních procesů již nicméně není princip nejmenšího účinku dostačující; neboť princip růstu entropie přináší do fyzikálního světoobrazu zcela nový, principu účinku cizí element, který též vyžaduje zvláštní matematické zacházení. Odpovídá mu jednostranný průběh procesů, tedy dosažení stabilního konečného stavu.

Předchozí úvahy, doufám, dostačovaly, aby bylo zřejmé, že rozpor mezi reverzibilními a ireverzibilními procesy spočívá mnohem hlouběji, nežli třeba ten mezi mechanickými a elektrickými procesy, a že se tedy tento rozdíl stal právem lepším, nežli jakýkoliv jiný, a klíčovým důvodem rozdělení všech fyzikálních procesů a ve fyzikálním světoobrazu budoucnosti by mohl hrát hlavní roli. –

Vyložená klasifikace nicméně potřebuje ještě mnohem výraznější vylepšení. Neboť není možné popřít, že v zobrazené formě je systém fyziky ještě stále nezředen notnou dávkou antropomorfismu. V definici ireverzibility se stejně jako též v definici entropie zohledňuje proveditelnost určitých změn v přírodě, a to v zásadě neznamena nic jiného, než že je rozdělení fyzikálních dějů závislé na výkonosti lidského experimentálního umění, jež však jistě nezůstává vždy na určité úrovni, nýbrž se stále více a více zdokonaluje. Jestliže má mít rozdíl mezi reverzibilními a ireverzibilními procesy trvalý význam opravdu navždy, tak musí být významně prohlouben a zejména se stát v každém ohledu nezávislým na lidských schopnostech. Jak se to může udát, bych chtěl probrat v následujícím textu.

III.

Původní definice ireverzibility trpí, jak jsme viděli, vážným nedostatkem, že předpokládá určité omezení lidského umu, nicméně takovou hranici ale není ve skutečnosti možné prokázat. Naopak: Lidský rod koná veškeré snahy, aby se současné hranice schopností stále více posouvaly, a doufáme, že se nám v pozdějších dobách zdaří ještě mnohé, co se možná nyní mnohým zdá jakožto neproveditelné. Nemohlo by proto ještě jednou nastat, že proces, jenž byl vnímán dosud jakožto ireverzibilní, se v důsledku nějakého nového objevu či vynálezu ukázal jakožto reverzibilní? Pak by se celá stavba druhého termodynamického zákona zhroutila, neboť ireverzibilita jediného procesu ji vyžaduje u všech ostatních, jak je možné lehce dokázat.

Vezměme si konkrétní příklad. V nejvyšší míře podivuhodný mikroskopicky dobře pozorovatelný chvějící se pohyb, jež vykonávají malé částice rozpuštěné v kapalině, takzvaný Brownův pohyb, je dle nejnovějších výzkumů přímým důsledkem probíhajících nárazů molekul kapalin proti částicím. Kdybychom nyní byli schopni pomocí nějakých velmi přesných zařízení působit podobně cíleně a uspořádaně na jednotlivé částice, aniž bychom vynaložili znatelnou práci, aby se z neuspořádaného pohybu stal nějaký uspořádaný, pak by byl bezpochyby nalezen prostředek přeměnit část tepla kapaliny bez kompenzace na přibližně viditelnou, a proto též použitelnou kinetickou sílu. Nebyl by to rozpor v rámci druhého termodynamického zákona? Kdyby byla tato otázka odsouhlasena, pak by ale onen zákon již určitě nemohl ubránit ohraničení principu, neboť by jeho platnost přesto závisela na pokrocích experimentální techniky. Vidíme tedy: Jediný prostředek schopný zajistit principiální význam druhého termodynamického zákona může spočívat pouze v tom, že se pojem ireverzibility stane nezávislý na všech lidských hlediscích.

Nyní se pojem ireverzibility vrací k pojmu entropie; neboť proces je ireverzibilní, je-li spojen s růstem entropie. Tím se problém vrací k vhodnému vylepšení definice entropie. Dle původní Clausiovy definice je entropie dokonce měřena určitým reverzibilním procesem a slabina této definice spočívá v tom, že mnohé takové reverzibilní procesy, tudíž v podstatě všechny, vskutku nejsou uskutečnitelné. Sice by bylo možné s určitým nárokem odvětit, že se v této souvislosti vůbec nejedná o opravdové děje a o opravdového fyzika, nýbrž o procesy ideální, takzvané myšlenkové experimenty a o ideálního fyzika, jenž takové experimentální metody ovládá s absolutní přesností. Zde se ale nicméně opět objevuje potíže. Jak dalece pak dostačují taková ideální měření ideálního fyzika? Že se plyn komprimuje stlačením, jež se rovná tlaku plynu, a otepluje se ze zásobníku tepla, jenž má totožnou teplotu jako plyn, je možné pomocí nějaké vhodné mezní proměny ještě pochopit, ale že se promění např. nasycená pára prostřednictvím izotermní komprese reverzibilním způsobem v kapalinu, aniž by vůbec část kapaliny zkondenzovala, jak se to předpokládá při určitých úvahách v termodynamice, se již musí zdát neuvěřitelné. Ještě mnohem nápadnější je ale to, co je svěřeno v myšlenkových experimentech ve fyzikální chemii teoretikovi. Se svými polopropustnými stěnami, jež jsou ve skutečnosti realizovatelné pouze za zcela zvláštních okolností a poté pouze určitým způsobem, odděluje reverzibilním způsobem nejen všechny libovolné různé molekulární druhy, lhostejno zda se nacházejí ve stabilním či nestabilním stavu, nýbrž od sebe dokonce odděluje opačně nabitě ionty od neoddělených molekul a nenechá se při tom rušit ani enormními elektrostatickými silami, které takovému dělení odporují, ani okolností, že se ve skutečnosti okamžitě na začátku dělení molekuly opět částečně dělí a ionty částečně slučují. Takové ideální procesy jsou ale veskrze nutné, abychom mohli porovnat entropii neoddělených molekul s entropií oddělených molekul. Zajisté, musí vzbuzovat téměř podiv, že všechny tyto smělé myšlenkové pochody obstály ve zkoušce jejich výsledků zkušeností tak dobře.

Uvažme ale jiným způsobem, že ve všech těchto výsledcích každý ohled na skutečnou proveditelnost nějakého ideálního děje opět zmizel – skutečně existují pouze vztahy mezi přímo měřitelnými veličinami, jako je teplota, reakce tepla, koncentrace atd. -, takto není smetena pod stůl domněnka, že možná celé předešlé zavedení takových ideálních procesů znamená v podstatě okliku a že vlastní obsah principu růstu entropie se všemi jeho důsledky může být právě tak oddělen od původního pojmu ireverzibility či nemožnosti perpetua mobile druhého druhu, stejně jako se odpoutal princip zachování energie od zákona nemožnosti perpetua mobile prvního druhu.

Uskutečnění tohoto kroku – emancipování pojmu entropie od lidského experimentálního umu a tím povýšení druhého termodynamického zákona na reálný princip – je vědeckým životním dílem Ludwiga Boltzmannova. Spočívá, stručně řečeno, v obecném začlenění pojmu entropie k pojmu pravděpodobnosti. Tím se současně vysvětluje též význam mnou výše použitého vypomáhajícího slova: „Záliba“ přírody v nějakém stavu.

Příroda dává přednost více pravděpodobným stavům před méně pravděpodobnými tím, že vykonává pouze přechody směrem k větší pravděpodobnosti. Teplo přechází s tělesa vyšší teploty na těleso nižší teploty, neboť stav stejného rozložení teploty je pravděpodobnější nežli každý stav nerovného rozložení teploty.

Výpočet určité míry pravděpodobnosti pro každý stav systému těles je umožněn zavedením atomistické teorie a statistického způsobu pozorování. Pro interakci jednotlivých atomů by poté celkově vzato mohly platit známé zákony obecné termodynamiky, mechaniky a elektrodynamiky.

Tímto pojetím se jedním tahem posouvá druhý termodynamický zákon z izolovaného postavení, tajemství záliby přírody mizí, a princip entropie navazuje jakožto odůvodněná věta o počítání s pravděpodobnostmi na úvod atomistiky do fyzikálního světoobrazu.

Samozřejmě není možné popřít, že tento další krok ke sjednocení světoobrazu je vykopen mnohými oběťmi. Nejdůležitější oběť je ovšem zřeknutí se skutečně plné odpovědnosti za všechny otázky týkající se podrobností fyzikálního děje, jež s sebou nese každý pouhý statistický přístup. Neboť počítáme-li pouze s průměrnými hodnotami, nedozvíme se nic o jednotlivých prvcích, z nichž jsou vytvořeny.

Druhá znepokojivá nevýhoda, zdá se, vězí v zavedení dvou různých druhů příčinné souvislosti fyzikálních stavů: Na jedné straně absolutní nutnosti, na druhé straně pouhé pravděpodobnosti její souvislosti. Jestliže má nějaká stacionární těžká kapalina tendenci k nižší hladině, pak je to dle zákona zachování energie nutný následek vlivu, že se začne pohybovat pouze tehdy, tzn., může získat kinetickou energii, jestliže se zmenší potenciální energie, posouvá-li se tedy její těžiště hlouběji. Jestliže ale nějaké teplejší těleso předává teplo studenějšímu tělesu, jež se ho dotýká, pak je to pouze enormně pravděpodobné a v žádném případě absolutně nutné; neboť je velmi dobře možné vymyslet speciální uspořádání a stavy rychlostí atomů, u nichž dojde právě k opaku. Boltzmann z toho odvodil důsledek, že takové zvláštní procesy, jež odporují druhému termodynamickému zákonu, by v přírodě snad mohly nastat, a nechal jim proto ve svém fyzikálním světoobrazu volné místo. To je ovšem nyní bod, v němž ho není zapotřebí dle mého mínění následovat. Neboť příroda, v které se dějí takové věci, jako je zpětně proudění tepla do teplejších těles či spontánní rozdělení dvou vzájemně rozptýlených plynů, by už právě nebyla naší přírodou. Za předpokladu, že máme co do činění pouze s tím druhým z výše zmíněného, bude pravděpodobně lepší, jestliže takové podivné děje nepřipustíme, nýbrž naopak vyhledáme takovou obecnou podmínku a akceptujeme ji jakožto v přírodě uskutečněnou, která všechny ty druhé zkušenosti v rozporu s jevy od počátku vyloučí. Sám Boltzmann formuloval onu podmínku pro teorii plynů - je to, zcela obecně řečeno, „hypotéza elementárního nepořádku“, anebo stručně řečeno předpoklad, že jednotlivé prvky, s nimiž pracuje statistický přístup, se chovají na sobě zcela nezávisle. Se zavedením této podmínky je

opět nastavena nutnost veškerých přírodních dějů; neboť její naplnění následuje dle zákonů počítání s pravděpodobnostmi růstu entropie jakožto přímý následek, tudíž podstata druhého termodynamického zákona může být rovněž označena přímo jako princip elementárního nepořádku. V této formulaci může vést princip entropie k rozporu stejně tak málo, jako pravděpodobnostní výpočet spočívající na čistě matematické bázi, z něhož je vyvozen.

Jak nyní souvisí pravděpodobnost systému s jeho entropií? To jasně vyplývá ze zákona, že pravděpodobnost dvou vzájemně nezávislých systémů znamená součin jednotlivých pravděpodobností ($W = W_1 * W_2$), entropie je ale součtem jednotlivých entropií ($S = S_1 + S_2$). Dle toho je entropie úměrná logaritmu pravděpodobnosti ($S = k \log W$). Tento zákon otevírá přístup k nové metodě, dalece přesahující pomocné prostředky běžné termodynamiky, jež vypočítá entropii systému v daném stavu. Následkem toho se rozšiřuje zvláště definice entropie nejen na rovnovážné stavy, jak jsou téměř výlučně pozorovány v běžné termodynamice, nýbrž stejně tak též na libovolné dynamické stavy, a k výpočtu entropie již není zapotřebí provést reverzibilní proces jako u Clausia, jehož realizace se zdá být stále více či méně pochybná, nýbrž je nezávislá na vší zručnosti lidské techniky. Vše antropomorfní je, krátce řečeno, z této definice plně vyloučeno a tím získává druhý termodynamický zákon stejně jako ten první reálný podklad.

Plodnost této nové definice entropie se projevila ale nejen v kinetické teorii plynu, nýbrž i v teorii tepelného záření, neboť vedla k ustanovení zákonů, jež jsou v souladu se zkušeností. Že má entropii též sálavé teplo, vyplývá už z toho, že těleso vydávající sálavé teplo, zakusí ztrátu tepla, tedy úbytek entropie. Neboť celková entropie systému může pouze růst, následkem toho tedy musí být část entropie celkového systému obsažená ve vyzářeném teple. Proto má rovněž každý monochromatický paprsek určitou, pouze na světlosti závislou teplotu; je to tatáž teplota, již má černé těleso vyzářující paprsky téže světlosti. Hlavní rozdíl mezi teorií záření a kinetickou

teorií spočívá v tom, že u sálavého tepla prvků, jejichž neuspořádání způsobuje entropie, již nejsou atomy jako u plynů, nýbrž se projevuje četnými jednoduchými sinusovými částicovými kmitáními, z nichž každý světelný a tepelný paprsek, i ten nejvíce homogenní, musí být vnímán jakožto složený.

Pro tyto zákony tepelného záření ve volném éteru je zvláště pozoruhodné, že konstanty v něm se vyskytující mají, stejně jako gravitační konstanta, univerzální charakter, jsou-li nezávislé vzhledem k jakékoliv speciální substanci či jakémukoliv speciálnímu tělesu. Proto je s jejich pomocí možné stanovit jednotky pro délku, čas, hmotu a teplotu, jejichž význam bude muset být uchován navždy a pro všechny, rovněž pro mimozemské i mimolidské kultury. Totéž v žádném případě neplatí, jak známo, o jednotkách našeho běžného systému měření. Neboť tyto jednotky jsou, ačkoliv se běžně označují jakožto absolutní jednotky, přizpůsobeny veskrze speciálním vztahům naší současné pozemské kultury. Centimetr je převzat z nynější velikosti naší planety, sekunda z času jejího otáčení, gram z vody jakožto hlavní složky povrchu Země, teplota ze základních bodů vody. Ony konstanty jsou ale takové povahy, že též obyvatelé Marsu a vůbec všechny inteligence předpokládané naší přirozeností na ně nutně jednou musí narazit, jestliže už na ně nenarazili.

Chci zde připomenout ještě jedno další vysoce pozoruhodné objasnění, které zakusila podstata entropie propojením s pravděpodobností. Výše užitý zákon, že pravděpodobnost dvou systémů je součinem pravděpodobností jednotlivých systémů, platí jak známo pouze pro ten případ, že jsou oba systémy ve smyslu počítání s pravděpodobnostmi na sobě nezávislé; v odlišném případě je pravděpodobnost jiná. Proto je možné se domnívat, že v určitých případech je celková entropie dvou systémů odlišná od součtu jednotlivých entropií. Důkaz, že se takové případy v přírodě opravdu vyskytují, nedávno skutečně poskytl Max Laue. Dva zcela či částečně „koherentní“ paprsky (jež pocházejí z téhož světelného zdroje) na

sobě nejsou ve smyslu počítání s pravděpodobnostmi nezávislé, jelikož kmitáním částic jednoho paprsku jsou částečně ovlivněny částice toho druhého. Nyní můžeme skutečně vymyslet jednoduché zařízení, jímž docílíme, že dva koherentní paprsky libovolné teploty se přímo promění ve dva jiné, jež mají větší teplotní rozdíl. Tedy starý Clausiův předpoklad, že teplo nemůže přejít bez kompenzace ze studenějšího tělesa na teplejší, neplatí pro koherentní teplotní paprsky. Nicméně princip růstu entropie si uchovává i zde svou platnost; jen entropie původních paprsků se nerovná součtu jejich jednotlivých entropií, nýbrž je menší.¹⁵⁵

Velmi podobně se tak děje nyní zjevně v souladu s výše zmíněnou otázkou po případné přeměně Brownova molekulárního pohybu do užitečné práce. Neboť zařízení, jež by cíleně a uspořádaně působilo na jednotlivé pohybující se částice, ať už technicky vyrobitelné nebo ne, bylo-li by funkční, by každopádně bylo s pohyby částic v jistém smyslu „koherentní“, a proto by to v žádném případě nebyl rozpor s druhým termodynamickým zákonem, kdyby z jeho působení vycházela využitelná aktivní síla. Je zapotřebí pouze zohlednit, že entropii molekulárního pohybu není možné jednoduše přičíst k entropii onoho zařízení.

Takové úvahy ukazují, jak obezřetně je zapotřebí postupovat při analýze entropie systému složeného z entropií částečných systémů. Přísně vzato je potřeba se u každého částečného systému nejprve ptát, zda třeba není na nějakém jiném místě celého systému k dispozici koherentní systém; jinak by se mohly v případě vzájemného působení obou částečných systémů odehrát zcela neočekávané, principu energie zdánlivě odporující děje. Nedojde-li ale u obou částečných systémů k interakci, pak by spáchaná chyba nezohlednění jejich koherence nebyla vůbec patrná.

¹⁵⁵ M. Laue, *Annalen der Physik* 20, 35, 1906; 23, 1, 795, 1907; *Verh. D. Dtch. Physik. Gef.* 9, 606, 1907; *Physikal. Ztschr.* 9, 778, 1908.

Jsme díky těmto zvláštním následným dějům koherence upamatování na tajemné vzájemné vztahy v duchovním životě, jež často zůstávají ukryty, a proto též mohou být bez újmy ignorovány, jež se ale mohou rozvinout v zcela netušené dopady, jsou-li najednou konfrontovány se zvláštními vnějšími okolnostmi?

Ano, jestliže bychom chtěli někdy nechat naší fantazii volnou ruku, pak bychom nesměli smést pod stůl možnost, že možná ve vzdálenostech, jejichž velikost není uchopitelná žádnými našimi měřicími metodami, k nás obklopujícímu světu těles, existují určitá koherentní tělesa, jež se chovají vesměs stejně normálně, zůstanou-li oddělena od těch našich, jakmile by ale s nimi vstoupila do interakce, mohla by vyvolat zdánlivé, ale pouze zdánlivé výjimky z principu energie. Tímto způsobem by mohlo být odvráceno nebezpečí tepelné smrti hrozící ze strany druhého termodynamického zákona, jež učinilo mnohým fyzikům a filozofům tento zákon neatraktivní, aniž by se to muselo dotknout jeho všeobecné platnosti. Ale zdá se mi, že i bez tohoto umělého poučení nestojí ono nebezpečí už kvůli neomezenému rozměru světa přístupného našim pozorováním za jakékoliv obavy; nyní však vyčkává množství mnohem naléhavějších otázek svého vypracování.

IV.

Pokusil jsem se naznačit Vám v krátkosti základní linku, jež pravděpodobně poukáže na fyzikální obraz budoucnosti. Posoudíme-li nyní při zpětném pohledu proměny, jimiž prošel světoobraz v průběhu vývoje vědy a představíme-li si opět výše nalezené charakteristické znaky tohoto vývoje, pak je zapotřebí dodat, že budoucí obraz oproti pestrobarevnému původnímu obrazu, jenž pramenil z rozmanitých potřeb lidského života a ke kterému přispěla všechna specifická smyslová vnímání, je výrazně bledší a střízlivější, jeví se zbavený bezprostředních důkazů, a to je pro využití v exaktní vědě značná nevýhoda. K tomu nastává ještě závažná okolnost, že absolutní eliminace smyslových vnímání není možná, neboť nemůžeme

umlčet uznaný zdroj všech našich zkušeností, že tudíž nemůže být tedy řeč o přímém poznání absolutna.

Jaký pak je tedy nyní onen zvláštní moment, jenž přes všechny tyto zřejmé nevýhody takto výrazně upřednostňuje budoucí obraz fyziky, že se může prosadit proti všem dřívějším? – Není to nic jiného nežli jednota obrazu. Jednota vzhledem ke všem jednotlivým rysům obrazu, jednota vzhledem ke všem místům a časům, jednota vzhledem ke všem badatelům, všem národům, všem kulturám.

Jestliže se totiž nyní podíváme důkladněji, tak se přece starý systém fyziky vůbec nepodobal jednotnému obrazu, nýbrž mnohem pravděpodobněji sbírce obrazů; neboť pro každou třídu přírodních jevů existoval jeden zvláštní obraz. A tyto rozmanité obrazy nevisely vzájemně pohromadě; bylo možné odebrat jeden od druhého, aniž bychom poškodili ostatní. To v budoucím fyzikálním světoobrazu nebude možné. Žádný jeho jednotlivý rys nebude moci být jakožto nepodstatný vypuštěn, nýbrž je každý nepostradatelným základním kamenem celku a jako takový má určitý význam pro sledovanou přírodu a naopak se každému sledovatelnému fyzikálnímu jevu nalezne a musí se mu nalézt v obrazu přesně odpovídající místo. V tom tkví důležitý rozdíl oproti běžným obrazům, které sice potřebují odpovídat originálu v určitých rysech, určitě ale ne ve všech, - rozdíl, jenž, jak se domnívám, není ve fyzikálních kruzích mnohdy dostatečně zohledněn. Jestliže se přesto najdou v novější odborné literatuře příležitostně takové poznámky, muselo by se při uplatnění teorie elektronů či kinetické teorie plynů současně upamatovávat, že se domáhají toho dát pouze přibližný obraz skutečnosti. Kdyby byla tato poznámka vyložena přibližně tak, že by se nesmělo vyžadovat po všech důsledcích kinetické teorie plynů přizpůsobení zkušenostním faktům, pak by takové pojetí spočívalo na otřesném nedorozumění.

Když Rudolf Clausius uprostřed předešlého století vyvodil ze základních předpokladů teorie plynů, že se rychlosti molekul plynů při běžných teplotách měří po stovkách metrů za sekundu, byla mu předložena námitka, že dva plyny difundují jen velmi pomalu a že se teplotní výkyvy v plynech vyrovnávají stejně tak pomalu. Tady se Clausius v podpoře své hypotézy nespolehal příliš na to, že by měla představovat pouze přibližný obraz skutečnosti a že by se od ní nemělo příliš požadovat, nýbrž výpočty střední volné dráhy ukázal, že jím navržený obraz odpovídá též v obou známých učiněných rysech fyzikálním pozorováním. Neboť si byl velmi dobře vědom, že stanovením jednoho jediného rozporu by musela nová teorie plynu definitivně ztratit své místo ve fyzikálním světoobrazu; a totéž platí ještě dnes.

Právě na odůvodnění těchto vysokých požadavků kladených na fyzikální světoobraz spočívá očividně nyní získaná síla, jíž si světoobraz vynucuje konečné všeobecné uznání, nezávisle na dobré vůli jednotlivého výzkumníka, nezávisle na národnostech a na stoletích, absolutně nezávisle na lidském rodě. Poslední tvrzení se může zvláště na první pohled jevit velmi vágním, ne-li absurdním. Ale vzpomeneme-li např. na náš dřívější nahodilý závěr týkající se fyziky obyvatelů Marsu, pak by se muselo přinejmenším připustit, že údajné zobecnění je pouze jedním z těch, jež jsou denní praxí fyziky, když se vyvozují závěry z přímo pozorovaného, jež jakživ nemohou být ověřeny lidskými pozorováními, a že tedy rozhodně každý, jenž jim odejme smysl a průkaznost, se tím sám zříká fyzikálního způsobu myšlení.

Žádný fyzik ovšem nepochybuje o přípustnosti tvrzení, že bytost nadaná fyzikální inteligencí, jež vlastní specifický orgán pro ultrafialové paprsky, by tyto paprsky uznala analogickými s paprsky viditelnými, ačkoliv ještě nikdo neviděl ultrafialový paprsek ani žádnou takovou bytost, a žádný chemik nemá obavy, přisoudit sodíku vyskytujícímu se na Slunci ty samé chemické vlastnosti jako pozemskému sodíku, ačkoliv nemůže doufat, že by jednou mohl naplnit zkumavku solí ze slunečního sodíku.

S posledními výklady jsme již přikročili k zodpovězení těch otázek, jež jsem postavil na závěr v mých úvodních slovech: Je fyzikální světoobraz pouze více či méně svévolným výtvozem našeho ducha, anebo se cítíme být řízeni opačným pojetím, že zobrazuje reálné na nás zcela nezávislé přírodní procesy? Konkrétněji řečeno: Můžeme rozumně tvrdit, že princip zachování energie v přírodě platil, ještě než o tom mohl přemýšlet člověk, anebo že nebeská tělesa se budou pohybovat dle gravitačních zákonů i poté, kdy bude naše Země se všemi jejími obyvateli v troskách?

Jestliže na všechny tyto otázky s ohledem na doposud řečené odpovím ano, tak jsem si přitom dobře vědom, že tato odpověď se nachází v určitém protikladu ke směru přírodní filozofie, jež se těší pod vedením Ernsta Macha současně velké oblibě v přírodovědeckých kruzích. Pak neexistuje jiná realita, než ta vlastních vnímání a veškerá přírodní filozofie je především pouze ekonomické přizpůsobení našich myšlenek našim vněmům, k čemuž jsme hnáni bojem o existenci. Hranice mezi fyzickým a psychickým je pouze praktická a konvenční, vlastní a jediné prvky světa jsou vněmy.¹⁵⁶

Udržíme-li pohromadě poslední větu s tím, co jsme usoudili z našeho přehledu o skutečném průběhu vývoje fyziky, pak dospějeme nutně k podivnému závěru, že charakteristický znak tohoto vývoje nachází své vyjádření v pokračující eliminaci vlastních prvků světa z fyzikálního světoobrazu. Každý svědomitý fyzik by se proto musel stále důkladně snažit o vlastní světoobraz jakožto něco pojmově unikátního a přesně ho odlišit od všeho ostatního zcela jiného, a kdyby jednou jeho dva kolegové z oboru, jež by na sobě zcela nezávisle provedli týž fyzikální pokus, tvrdili, že přitom získali protichůdné výsledky, což se příležitostně děje, pak by se dopustil základní chyby, kdyby snad chtěl doplnit, že alespoň jeden z těch dvou musí

¹⁵⁶ Ernst Mach, Beiträge zur Analyse der Empfindungen. Jena 1886, s. 23, 142.

chybovat. Neboť ten protiklad by mohl být podmíněný též rozdílem vzájemných světoobrazů. – Nemyslím si ovšem, že by správný fyzik mohl ztroskotat na takových podivuhodných myšlenkových pochodech.

Mimoto bych rád dodal, že ze zkušenosti plynoucí enormní nepravděpodobnost se prakticky neodlišuje od principiální; ale to bych zde chtěl proto o to explicitněji vyjádřit, že kritiky, jež jsou vedeny z této strany proti atomistickým hypotézám a proti elektronové teorii, jsou neodůvodněné a neudržitelné. Skutečně bych chtěl doslova odporovat tvrzení, – a vím, že ne samostatně – : Atomy, jak málo víme o jejich bližších vlastnostech, jsou o nic více ani o nic méně reálné nežli nebeská tělesa nebo nežli nás obklopující zemské objekty; a když říkám: Atom vodíku váží $1,6 \times 10^{-24}$ g, pak v této větě není nižší stupeň poznání nežli v poznatku, že Měsíc váží 7×10^{25} g. Samozřejmě nemohu vodík položit ani na váhy ani ho vidět, ale Měsíc rovněž nemohu položit na váhy a co se týče jeho uzření, tak jak známo existují též neviditelná nebeská tělesa, jejichž hmotnost je měřena více či méně přesně; měřena byla dokonce hmotnost Neptunu, ještě dříve nežli na něj vůbec nějaký astronom zamířil dalekohled. Nicméně metoda fyzikálního měření, při které je upuštěno od jakéhokoliv poznatku spočívajícího na indukci, vůbec neexistuje; to platí i pro přímě vážení. Jediný pohled do špičkové laboratoře nám ukazuje souhrn zkušeností a abstrakcí, jež jsou obsaženy právě v takovém zdánlivě tak jednoduchém měření.

Zbývá nám se ještě zeptat, jak se stalo, že se Machova teorie poznání tak silně rozšířila mezi přírodními vědci. Nemýlím-li se, pak v podstatě znamená způsob reakce proti domyšlivým očekáváním, jež se navázaly před generací následkem objevení principu energie na speciální mechanické přírodní nazírání, jaké je možné nalézt například ve spisech Emila du Bois-Reymondse. Nechci říci, že tato očekávání neukázala nějaké vynikající výkony trvalé hodnoty – jmenuji pouze kinetickou teorii plynu – ale celkově vzato se ovšem ukázala jakožto přehnaná, dokonce fyzika zavedením statistiky do jejích úvah rezignovala zásadně na komplexní realizaci

mechaniky atomů. Filozofická porážka nevyhnutelného rozčarování byl Machův pozitivismus. Jej se týká zásluha, že tváří v tvář hrozící skepsi nalezl znovu jediný legitimní výchozí bod veškerého přírodního výzkumu ve smyslovém vnímání. Nicméně přestřelil cíl tím, že současně s mechanickým světoobrazem degradoval i fyzikální světoobraz vůbec.

Jsem tak pevně přesvědčen o tom, že kdyby byl Machův systému proveden opravdu důsledně, nemohl by být usvědčen z žádného vnitřního rozporu, stejně tak jistým se mi zdá, že jeho význam je v podstatě pouze formalistický, s nímž se podstata přírodní vědy vůbec nedotýká, a to proto, že je mu cizí nejdůležitější znak každého přírodovědeckého výzkumu: Požadavek konstantního světoobrazu nezávislého na změnách doby a lidu. Machův princip kontinuity nenabízí k tomuto účelu žádnou náhradu; kontinuita není konstanta.

Konstantní jednotný světoobraz je, jak jsem se právě pokusil ukázat, pevný cíl, jemuž se neustále přibližuje opravdová přírodověda ve všech jejích proměnách, a ve fyzice můžeme oprávněně tvrdit, že již náš současný světoobraz, ačkoliv se třpytí v nejrůznějších barvách vzhledem k individualitě výzkumníka, přesto obsahuje určité rysy, jež více není možné rozmazat žádnou revolucí, ani v přírodě, ani v lidském bytí. Tato konstanta, nezávislá na vší lidské, vůbec každé intelektuální individualitě, je nyní právě to, co nazýváme reálným. Nebo existuje například ještě dnes vážně braný fyzik, jenž pochybuje o realitě principu energie? Spíše naopak, uznání této reality činí předpoklad při vědecké vážnosti.

Ovšem, tomu, jak daleko je možné dojít v naději, již teď stanovit základní rysy světoobrazu budoucnosti, není možné stanovit žádná obecná pravidla. Zde je na místě největší opatrnost. Nicméně o tuto otázku se jedná teprve na druhém místě. K čemu se zde výhradně dospěje, je uznání takového stabilního cíle, i kdyby nikdy zcela nedostižného, a tímto cílem je – ne úplné přizpůsobení našich myšlenek našim vnímáním, nýbrž – celistvé

odloučení fyzikálního světoobrazu od individuality tvořícího ducha. Toto je trochu přesnější opis toho, co jsem výše pojmenoval emancipací od antropomorfních elementů, aby se vyloučilo nedorozumění, jako kdyby měl být celkově oddělen světoobraz od tvořícího ducha; neboť to by byl absurdní začátek.

Ke konci doplním ještě jeden argument, jenž možná udělá větší dojem než všechny dosavadní věcné úvahy na ty, jež jsou přese všechno náchylní stavět se k lidsko-ekonomickému hledisku jako k tomu ve skutečnosti rozhodujícímu. Když velcí mistři exaktního přírodního výzkumu předložili vědě jejich myšlenky: Když Nicolaus Copernicus odstranil Zemi z centra vesmíru, když Johannes Kepler formuloval po něm pojmenované zákony, když Isaak Newton objevil všeobecnou gravitaci, když Váš největší krajan Christian Huygens vypracoval svou vlnovou teorii světla, když Michael Faraday vytvořil základy elektrodynamiky - v této řadě by bylo možné ještě dlouho pokračovat – neboť ekonomická hlediska byla jistě ta poslední ze všech, jimiž se tito muži obrnili v jejich boji proti tradičním hodnotám a proti čnicím autoritám. Ne – byla to jejich skálopevná víra v realitu jejich světoobrazu, spočívající ať už na umělecké či náboženské bázi. Vzhledem k této jistě nepochybné skutečnosti není možní shodit ze stolu domněnku, že pokud by měl být opravdu jednou Machův princip ekonomie přesunut do středu teorie poznání, byly by narušeny myšlenkové chody takových vůdčích intelektuálů, let jejich fantazie paralyzován a tím by byl možná smrtelně zabrzděn pokrok vědy. Nebylo by tedy skutečně „ekonomické“ poskytnout principu ekonomie trochu skromnější místo? Ostatně již z této formulace otázky vyvodíte, že jsem přirozeně dalece vzdálen tomu, nechat ohled na ekonomii ve vyšším smyslu bez povšimnutí či ji dokonce chtít zapudit.

Ano, můžeme jít o krok dále. Oni muži vůbec nemluvili o svém světoobrazu, nýbrž mluvili o samotném světě či přírodě. Je nyní vůbec nějaký rozpoznatelný rozdíl mezi jejich „světem“ a naším „světoobrazem budoucnosti“? Samozřejmě není. Neboť že neexistuje metoda schopná

ověřit takový rozdíl, se stalo díky Immanuelu Kantovi společným majetkem všech myslitelů. Složený výraz „světoobraz“ se stal pouze jakýmsi běžným opatřením, aby byly od počátku vyloučené určité iluze. Můžeme ho tedy, jestliže se odhodláme uplatňovat pouze nutnou opatrnost a za slovem svět nehledat nic jiného nežli onen ideální obraz budoucnosti, nahradit též jiným jednoduchým slovem a dospět poté k jinému, více realistickému způsobu vyjádření, jež se nyní více či méně očividně doporučuje právě z ekonomického hlediska nežli v podstatě nanejvýš komplikovaný a celkově obtížně uvážený Machův pozitivismus a jenž je skutečně stále fyziky užíván, jestliže mluví jazykem jejich vědy. –

Mluvil jsem právě o iluzích. Byla by to nyní zcela určitě i z mé strany škaredá iluze, kdybych chtěl doufat, že jsem svými výklady celkově přesvědčil, že jsem byl i celkově srozumitelný; a budu se tedy mít též pečlivě na pozoru, abych se nestal jejich obětí. Jistě bude o těchto principiálních otázkách ještě mnohé uvažováno a napsáno; neboť je mnoho teoretiků a papír je trpělivý posluchač. A proto chceme tím jednoznačněji a bezvýhradněji tvrdit to, co musí každý vždy bez výjimky uznat a toho dbát: To je v první řadě svědomitost v sebekritice spojená s výdrží v boji za to, co bylo jednou uznáno správným, v druhé řadě upřímná ani spory neotřesitelná úcta k osobnosti vědeckých protivníků a ostatně klidná víra v sílu těch slov, která po dobu devatenáct set let jako poslední neklamné znamení učí oddělovat falešné proroky od těch pravdivých: Poznáte je podle jejich plodů!

3.2. Světoobraz nové fyziky

PŘEDMLUVA

Předložená práce uvádí obsah přednášky, již jsem přednesl 18. února t.r. ve fyzikálním institutu univerzity v Leiden na téma: „Dvacet let práce na fyzikálním světoobrazu“. Protože jsem musel v následujícím měsíci promluvit o témže tématu před trochu jiným druhem publika rovněž ve Vídni a v Praze,

získala přednáška později odpovídajíc různým poměrům modifikované podoby. Zpracoval jsem je zde do jedné verze, ačkoliv tím výklad přirozeně musel ztratit něco ze své jednotnosti. Nevzniká tím, doufám, žádná vážná újma, protože je nepravděpodobné, že by kontext přednesené myšlenky utrpěl, kdyby čtenář jednoduše přeskočil ta místa, jež mu dle jeho mínění připadají příliš odborná či příliš triviální.

Amorbach, duben 1929.

Autor

Mé velevážené dámy a pánové!

Tuto zimu je to již dvacet let, kdy jsem měl tu čest a radost promluvit zde v Leiden o jednotě fyzikálního světoobrazu. Přijal jsem tehdy pozvání, jež mi poslala přírodovědecká fakulta studentského sboru univerzity; podpořeno bylo působivě psaním mého kolegy Hendrika Antoona Lorentze, jenž mi připravil ve svém pohostinném domě přátelské přijetí a nechal mě přitom poprvé pocítit kouzlo jeho osobnosti. Moje tehdejší návštěva v Leiden se díky tomu stala jedním z největších zážitků mého života a naladila mě k vděčnému pocitu, jež od té doby věrně strážím jakožto neztratitelný poklad.

Když je mi díky neobyčejné laskavosti mých kolegů nyní opět dopřáno promluvit před Vámi o témže tématu, nemohu se ubránit hlubokému pocitu lítosti, jenž mě přepadá při vzpomínce na onen čas. V tomto kruhu chybí velectěný mistr, chybí Kammerlingh Onnes, chybí ještě mnozí další, již zde tehdy byli přítomni. Nicméně věda se nezastavuje s jednotlivými osobnostmi; i ten nejčinnější a nejúspěšnější vědec musí nakonec předat jím započatou práci mladším, aby pokračovali, a každý z nich má povinnost v rámci svých vlastních sil na tomto díle spolupracovat.

Tak bych se chtěl též dnes odvážit k pokusu zobrazit vývoj fyzikálního světoobrazu od oné doby, jsouce si též samozřejmě vědom, že moje

vyobrazení může uplatňovat ještě mnohem méně nároků na úplnost a zacelení nežli tehdy před dvaceti lety. Nicméně se mohu pravděpodobně do určité míry utěšovat myšlenkou, že se od té doby stal úkol nesrovnatelně složitějším. Neboť mezitím vytanuly problémy, jež zasahují hlouběji do našeho celého fyzikálního myšlení, než to kdy člověk vůbec považoval za možné. Proto se mi zdá nutné na počátku mých úvah v zájmu zřetelnosti začít více zešíroka, i vzhledem k riziku, že zbytečně předložím již dlouho známé, a proto později ovšem upustím od mnohých podrobností, jež by samy o sobě stály za příběh, neboť jinak bych musel požadovat příliš mnoho Vašeho času a pozornosti.

V každém případě Vám budu vděčen za kritické posouzení mých výkladů. Že i ta nejpřísnější věcná kritika může být spojena s opravdovou osobní laskavostí, nám dal zářný příklad přece sám Lorentz.

II

Výstavba fyzikální vědy se provádí na základě měření, a protože je každé měření spojeno se smyslovým vnímáním, jsou všechny fyzikální pojmy vyvozeny ze smyslového světa. Proto se v podstatě každý fyzikální zákon vztahuje k událostem smyslového světa. S ohledem na tuto skutečnost se mnozí přírodní badatelé a filozofové uchylují k pojetí, že fyzika má nakonec co dočinění pouze se smyslovým světem, a sice samozřejmě s lidským smyslovým světem, že tedy např. takzvaný „předmět“ není ve fyzikálním smyslu ničím jiným nežli komplexem různých druhů střeťávajících se smyslovým vjemů. Stále znovu je zapotřebí tvrdit, že takové pojetí nemůže být vyvráceno logickými důvody. Neboť sama logika není schopna kohokoliv vyvést z jeho vlastního smyslového světa; nemůže ho ani nutit přiznat vlastní existenci svým bližním.

Nicméně ve fyzice stejně jako v každé jiné vědě nereaguje pouze mysl, ale i rozum. Ne všechno, co nevykazuje žádný logický rozpor, je též rozumné. A rozum nám říká, že obrátíme-li se k takzvanému předmětu zády

a odejdeme, přece tam z něho něco zůstane; dále nám říká, že jednotlivý člověk, že my lidské bytosti všichni společně ve smyslovém světě, dokonce s celou naší planetou, znamenáme pouhé maličké nic v obrovské neuvěřitelně vznešené přírodě, jejíž zákony se neřídí dle toho, co se děje v malém lidském mozku, nýbrž existovaly, dříve než vůbec existoval život na Zemi a nadále existovat budou, i když se z ní jednou vytratí i ten poslední fyzik.

Kvůli takovýmto úvahám, nikoliv kvůli logickým závěrům, jsme nuceni vedle smyslového světa přijmout ještě další, reálný svět, jenž vede vlastní existenci nezávislou na lidech, svět, jenž ovšem nemůžeme vnímat nikdy přímo, nýbrž vždy pouze prostřednictvím smyslového světa, prostřednictvím určitých znamení, která nám zprostředkovává; stejně jako kdybychom mohli sledovat předmět, jenž nás zajímá, skrze brýle, jejichž optické vlastnosti jsou nám zcela neznámé.

Kdo tento myšlenkový proces nemůže následovat a vidí v zavedení principiálně nepoznatelného reálného světa nepřekonatelnou překážku, ten může vzpomenout to, že je něco zcela jiného, máme-li co dočinění se stabilní předloženou teorií, jejíž obsah je možné přesně analyzovat a přitom neustále zjišťovat, že k její formulaci plně vystačí pojmy smyslového světa, či stojí-li stále před úkolem fyzikální teorii teprve vytvořit z množství jednotlivých předložených měření. Historie fyziky nám na každé stránce ukazuje, že tento dalekosáhle obtížný úkol byl vždy vyřešen na základě postulování reálného světa, nezávislého na smyslech člověka, a není pravděpodobně proč pochybovat, že tomu tak bude i v budoucnu. –

K těmto oběma světům, smyslovému světu a reálnému světu, přibývá ještě třetí svět, jenž je od nich dobře rozlišitelný: Svět fyzikální vědy, neboli fyzikální světoobraz. Tento svět je pak, na rozdíl od každého z obou předchozích, vědomým výtvořem lidského ducha, sloužící určitému účelu a jako takový proměnitelný a podrobený určitému vývoji. Úkol fyzikálního světoobrazu lze formulovat dvojím způsobem, podle toho zda přichází do

souvislosti s reálným světem či smyslovým. V prvním případě spočívá úkol v tom, co možná nejuceleněji rozpoznat reálný svět, ve druhém případě v tom, smyslový svět co možná nejjednodušeji popsat. Bylo by marné chtít se rozhodnout mezi těmito dvěma pojetími. Každé z nich je samo o sobě vzato spíše jednostranné a neuspokojivé. Neboť na jedné straně není přímé poznání reálného světa vůbec možné a na druhé straně není možné v principu vůbec zodpovědět otázku, jaký popis z mnoha souvislých smyslových počitků je ten nejjednodušší. V průběhu vývoje fyziky se stalo více než jednou, že ze dvou různých popisů byl uznán později jednodušším ten, jež po nějakou dobu platil za komplikovanější.

Hlavní věcí zůstává, že obě jmenované formulace si v praktickém důsledku neprotiřečí, nýbrž se naštěstí naopak doplňují. Ta první pomáhá nejprve tápající fantazii badatele k plodným myšlenkám zcela nebytným pro jeho práci, ta druhá ho udržuje na jisté půdě skutečností. Této okolnosti též poté odpovídá, že jednotliví fyzikové, dle toho zda se více přiklánějí k metafyzickému či pozitivistické myšlenkovému směru, více přizpůsobují svou práci na fyzikálním světoobrazu první či druhé stránce.

Kromě metafyziků a pozitivistů existuje ale též ještě třetí skupina pracovníků na fyzikálním světoobrazu. Jsou charakterističtí tím, že se jejich hlavní zájem nezaměřuje ani na jejich vztahy k reálnu ani na ty k smyslovému světu, nýbrž spíše na vnitřní uzavřenost a logickou strukturu fyzikálního světoobrazu. To jsou vyznavači axiomatiky. I jejich činnost je užitečná a nezbytná. Ale i zde dřímá povážlivé nebezpečí jednostrannosti spočívající v tom, že fyzikální světoobraz pozbývá svého významu a zvrhne se bezobsažný formalismus. Neboť je-li ztracena souvislost se skutečností, pak se již fyzikální zákon neukazuje být vztahem mezi veličinami, jež jsou všechny měřeny nezávisle na sobě, nýbrž definicí, prostřednictvím které je jedna z těchto veličin vyvozena ze zbylých. Taková konverze je lákavá zvláště proto, neboť fyzikální veličina přece musí být mnohem exaktněji definovatelnou rovnicí nežli měřením; nicméně v principu představuje rezignaci na vlastní

význam veličiny, přičemž mnohem větší váhu má, že ponecháním jména se snadno zavdá příležitost k nejasnostem a nedorozuměním. –

Vidíme tedy, jak se současně pracuje na různých stránkách dle různých hledisek, na ztvárnění fyzikálního světoobrazu, stále s jedním cílem propojit zákonitě procesy smyslového světa navzájem a s těmi reálného světa. Rozumí se, že v různých etapách historického vývoje se dostával do popředí co chvíli jiný směr. V době, kdy fyzikální světoobraz vykazoval stabilnější charakter, jak tomu bylo v druhé polovině předchozího století, nabývá větší platnosti metafyzický směr, věří se, že uchopení reálného světa je relativně blízko; naproti tomu v jiných dobách nestálosti a nejistoty, jakou ji současně zažíváme, se dostává více do popředí pozitivismus, neboť svědomitý výzkumník je poté více náchylný odvolávat se na jediné stabilní východisko, tedy procesy ve smyslovém světě.

Přehlédneme-li tedy nyní rozmanité formy fyzikálního světoobrazu v jejich historickém sledu, jež se v průběhu času proměňují a navzájem se oddělují a hledáme-li charakteristické znaky změny, pak nám musí padnout do oka především dvě skutečnosti. Zprv je třeba konstatovat, že se při všech změnách světoobrazu celkově vzato nejedná o rytmické posuvy tam a zpět, nýbrž o ve zcela určitém směru více či méně stále vzhůru pokračující vývoj, jež je možné charakterizovat tím, že stále více obohacuje obsah našeho smyslového světa, prohlubují se jím stále více naše znalosti a naše vláda se tím stále více upevňuje. To nejmarkantněji ukazuje praktický vliv fyzikální vědy. Že dnes dohlédneme a doslechneme na mnohem větší vzdálenosti a že disponujeme mnohem významnějšími silami a rychlostmi než generace před námi, to nemůže popřít ani ten nejpřísnější skeptik, a stejně tak nemůže být pochyb, že tento pokrok znamená trvalý nárůst našich znalostí, které snad nebudou označeny ani později za bludnou cestu a nebudou znovu popřeny.

Zadruhé je ale nanejvýš pozoruhodné, že ačkoliv se podnět ke každému zlepšení a zjednodušení fyzikálního světoobrazu dodává stále novými druhy pozorování, tedy procesy ve smyslovém světě, přece se fyzikální světoobraz ve své struktuře vzdaluje stále více od smyslového světa, že čím dál tím více přichází o svůj názorný, původně zcela antropomorfně zabarvený charakter, že se z něho ve vzrůstající míře vyřazují smyslové počítky – stačí pomyslet na fyzikální optiku, ve které už o lidském oku vůbec není řeč – že se tím jeho existence ztrácí čím dál tím více v abstraktu, přičemž čistě formální matematické operace hrají stále významnější roli a kvalitativní rozdíly se čím dál tím více odvozují z kvantitativních rozdílů.

Jestliže se spojí tato druhá skutečnost s výše zmíněným neustálým zlepšováním fyzikálního světoobrazu vzhledem k jeho vývoji pro smyslový svět, tak dle mého mínění vyplyne pro tento nápadný a na první pohled přímo paradoxně působící jev pouze tento rozumný význam, že současně s tímto pokračujícím zlepšováním se pokračující odklon fyzikálního světoobrazu od smyslového světa neznamena nic jiného nežli pokračující přibližování se reálnému světu. O logickém zdůvodnění této myšlenky nemůže být nicméně řeč, neboť nemůže být zdůvodněna čistě rozumově ani existence reálného světa. Ale stejně tak není možné ji logickými důvody popřít. Rozhodnutí o tom je mnohem více věcí rozumného uspořádání světa a zůstává starou pravdou, že nejlepším uspořádáním světa je to, jež nese nejvíce ovoce. Fyzika by tvořila výjimku ze všech věd, kdyby se neprokázal též u ní zákon, že ty nejpodporovanější a nejcennější výsledky výzkumu je nutné vždy získat pouze na cestě k principiálně nedostižnému cíli poznání skutečné reality.

III

Jak se tedy fyzikální světoobraz proměnil v posledních dvaceti letech? Každý z nás ví, že mezitím vzniklá proměna patří k nejhlubším, jež se kdy v historii vývoje vědy odehrály a rovněž, že proces proměny ještě zcela

neskončil. Koneckonců se ale zdá, že již dnes chtějí vykrystalizovat z toku vývoje určité charakteristické formy struktury nového světoobrazu a jistě se vyplatí snaha zvážit jeho popsání, i kdyby jen podnítila vylepšení pokusu.

Postavíme-li vedle sebe starý a nový světoobraz, tak se především opět ukáže další významný krok směrem k převedení všech kvalitativních rozdílů na kvantitativní rozdíly. Zdá se tedy, že je zejména pestrá rozmanitost chemických jevů beze zbytku převáděna na numerické a prostorové vztahy. Dle dnešního pojetí existují pouze dva původní prvky: Pozitivní a negativní elektrická energie. Obě sestávají ze zcela stejných drobných částic se stejným odporujícím si nábojem: Pozitivní se jmenuje proton, negativní elektron. Každý elektricky neutrální chemický atom sestává z určitého počtu protonů, jež spolu navzájem souvisí a právě tolika elektronů, z nichž je část pevně navázána na protony, s nimiž dohromady tvoří jádro atomu, zatímco ty zbylé obíhají okolo jádra.

Tak vzniká nejmenší atom vodíku z jediného protonu jakožto jádra a jednoho elektronu, jenž se pohybuje okolo tohoto jádra a největší atom, uran, z 238 protonů a stejného počtu elektronů, z nichž se ale pouze 92 pohybuje okolo jádra, zatímco ty zbylé pevně sedí v jádru. Mezitím se nacházejí všechny ostatní prvky ve všech možných kombinacích. Chemická povaha prvku není určena celkovým počtem jeho protonů popř. elektronů, nýbrž počtem jeho pohyblivých elektronů, jež se označují jakožto atomové číslo prvku.

Nehledě na tento významný pokrok, jenž ale v podstatě zobrazuje pouze úspěšnou realizaci již sto let staré myšlenky, vzbuzují v dnešním světoobrazu pozornost dvě zcela nové myšlenky, kterými se liší od předchozího: Princip relativity a kvantový princip. Obě tyto myšlenky jsou v podstatě tím, co dává novému obrazu jeho charakteristický ráz oproti starému. Že vyplynuly ve vědě téměř současně, je v určitém smyslu zapotřebí vnímat jakožto náhodu. Neboť stejně tak jako po obsahové

stránce, taktéž co se týče celého jejich praktického dopadu na strukturu fyzikálního světobrazu, se chovají zcela odlišně.

Teorie relativity, jež se původně zdála, že chce způsobit zmatek v tradičních představách o prostoru a času, se nakonec skutečně ukázala jakožto završení a koruna výstavby klasické fyziky. – Abychom znázornili pozitivní obsah speciální teorie relativity, můžeme ho snad označit jakožto sloučení prostoru a času do jednotného pojmu. Ne jako by byly prostor a čas zcela analogické, ale zhruba tak, jako se spojuje reálné číslo s nějakým imaginárním do jednotného pojmu komplexního čísla. Vnímáno z tohoto hlediska znamená Einsteinovo dílo pro fyziku totéž, co v minulém století dokázal Gauss pro matematiku. A jestliže chceme ve srovnání ještě pokračovat, tak můžeme říci, že přechod od speciální teorie relativity k všeobecné teorii relativity ve fyzice znamená něco obdobného, jako je přechod v matematice od lineárních funkcí k obecné teorii funkce.

Pokulhává-li trochu i toto srovnání jako každé jiné, tak přesto poskytuje vhodnou představu o skutečnosti, že zavedení teorie relativity do fyzikálního světobrazu znamená jeden z nejdůležitějších kroků k jeho sjednocení a zdokonalení. To se odráží v závěrech, které vyvolala, především ve splynutí impulsu a energie, v redukci pojmu hmoty na pojem energie, v identifikaci setrvačné a važitelné hmoty, v převedení zákonů gravitace na Riemannovu geometrii.

Jak stručně a jasně znějí tato klíčová slova, tak nesmírně bohatý je jejich obsah. Jejich význam se šíří na všechny procesy malého i velkého charakteru, počínaje radioaktivními, vlny a tělísky vyzařujícími atomy až k pohybům miliony světelných let vzdálených nebeských těles.

O konečném završení teorie relativity ovšem dnes nemůže být ještě řeč. Mohou koneckonců nastat ještě překvapení, uvážíme-li, že problém propojení elektrodynamiky s mechanikou mezitím čeká ještě na dokončení. Stejně tak i kosmologické závěry z teorie relativity se nezdají být ještě zcela

vyjasněny už proto, že zde vše závisí na stále ještě otevřené otázce, zda hmota nacházející se ve vesmíru má či nemá konečnou prostorovou hustotu. Jakkoliv se ale jednou tyto otázky rozhodnou, v žádném případě se nezmění něco více na skutečnosti, že principem relativity dosáhla klasická teorie nejvyššího stupně svého završení a její fyzikální světoobraz zakusil též ve formálním ohledu nadmíru uspokojivé ucelení.

Tato okolnost stejně jako poukaz na předložená četná zobrazení teorie relativity, přizpůsobená čtenářům veškeré úrovně vzdělání bude, jak doufám, nazírána jako dostačující zdůvodnění proto, že již nadále nesetrvám v úvahách o nich.

IV

Do až doposud líčeného harmonického světoobrazu, jenž se zdá, že dostal svým úkolům bezmála ideálním způsobem, doráží nyní znenadání s novou oslepující září kvantová hypotéza. Jestliže se i zde opět pokusíme označit jedním slovem klíčový bod charakteristické myšlenky pro tuto hypotézu, pak ji můžeme objevit ve výskytu nových univerzálních konstant: Elementárního kvanta akce. Tato konstanta je novým tajemným poslem z reálného světa, jenž se při rozmanitých měřeních neustále vnucoval a nárokoval si stále urputněji vlastní místo, nicméně na druhé straně zato nepřilíh zapadal do rámce dosavadního fyzikálního světoobrazu, tudíž nakonec vyvolal roztříštění rámce, který je nyní považován za příliš těsný.

Byla doba, kdy se nezdál být mimo rámeček možností ani celý zánik klasické teorie; postupně se ovšem ukázalo, že pro každého, kdo věří v trvalý pokrok vědy, je samozřejmé, že se ani zde koneckonců nejedná o zkázu, nýbrž jistě o velmi hlubokou transformaci, a sice o zobecnění. Neboť předpokládá-li se kvantum akce jakožto nekonečně malé, tak přechází kvantová fyzika do klasické. Stejně tak pro obecný případ se ukazují základní kameny stavby klasické fyziky nejen neotřesitelnými, nýbrž získaly

připojením nově příchozích myšlenek dokonce na síle a uznání. Proto se doporučuje, abychom shrnuli nejprve tyto.

Zde je zapotřebí především jmenovat vlastní stavební kameny díla: Univerzální konstanty jako gravitační konstanta, rychlost světla, hmotnost a náboj elektronů a protonů, chtě nechtě ty nejzřejmější projevy reálného světa, jež přenášejí svůj význam beze změny do nového světoobrazu; dále velké principy zachování energie a impulsu, jež ačkoli po nějakou dobu vysadily vážné pochyby, se nicméně ve všech detailech vítězně ubránily, přičemž naproti tomu, jak si obzvláště zaslouží být zdůrazněno, bylo očividně zjevné, že nepředstavují v žádném případě pouhé definice, jak by rádi věřili mnozí zastánci axiomatiky. Tak i zákony termodynamiky, zvláště druhý termodynamický zákon, který by mohl získat zavedením absolutní hodnoty entropie dokonce přesnější znění než v klasické fyzice. Konečně princip relativity, který se též v nové krajině kvantové fyziky projevil jakožto spolehlivý a výmluvný vůdce.

Nyní jsme v pokušení se zeptat: Jestliže všechny tyto základy klasické fyziky zůstaly nedotčeny, co se pak vůbec změnilo v nové fyzice? Odpověď na to můžeme nalézt zcela jednoduše, podíváme-li se blíže na to, co znamená elementární kvantum akce. Znamená základní ekvivalenci energie a frekvence: $E = h\nu$. Tato ekvivalence je tím, čemu zcela nechápavě odporuje klasická teorie. Především již proto, neboť energie a frekvence mají jiné dimenze. Neboť energie je dynamická veličina, zatímco frekvence kinematická. Přesto tato okolnost není rozhodující; neboť jestliže se zdá, že je možné díky kvantovému postulátu bezprostředně propojit dynamiku s kinematikou tím, že jednotku energie a s ní jednotku hmoty převedeme na jednotku délky a času, tak se sám o obě nevytvoří žádný rozpor, nýbrž spíše doplnění a obohacení obsahu klasické teorie. Ale co je co je přímo rozporuplné a v důsledku toho absolutně neslučitelné s klasickou teorií, to ukazuje následující úvaha. Frekvence je lokální veličina, jež má určitý smysl pro jednotlivé místo, ať už se jedná o kmitání mechanické či o elektrické

nebo magnetické; je zapotřebí pozorovat pouze místo dostatečně dlouhý čas. Energie je ale aditivní veličina. Mluvit o energii na určitém místě nemá v klasické teorii žádný smysl; je spíše zapotřebí předem udat fyzikální strukturu, jejíž energii máme na mysli, stejně tak jako když musíme zadat referenční systém, abychom mohli mluvit o rychlosti v určitém smyslu. A protože je fyzikální struktura od počátku zcela libovolně volitelná, menší či větší, proto tkví v hodnotě energie stále určitá libovůle. Tato do určité míry libovolná energie se nyní musí rovnat lokální frekvenci! Rozpoznáváme propast, jež se rozevřela mezi těmito dvěma pojmy. A abychom tuto propast překlenuli, je zapotřebí klíčového kroku, kroku, jenž skutečně znamená rozkol s představami, jež klasická fyzika vnímala a používala jakožto samozřejmé.

Dosud patřilo k předpokladům každého kauzálního fyzikálního myšlení, že všechny procesy ve fyzikálním světě – čímž rozumím, jako vždy, fyzikální světoobraz, nikoliv reálný svět – je možné zobrazit jako složené z lokálních procesů probíhajících v různých jednotlivých nekonečně malých elementech prostoru a že každý jednotlivý z těchto elementárních procesů je v jeho zákonitém průběhu bez ohledu na všechny zbývající jednoznačně určen lokálními procesy v bezprostřední prostorové a časové blízkosti. Ilustrujme to na konkrétním, dostatečně obecném případě. Pozorovaná fyzikální struktura sestává ze systému materiálních bodů, jež se pohybují v konzervativním silovém poli s konstantní celkovou energií. Poté se, dle klasické fyziky, nachází každý jednotlivý bod v každém čase v určitém stavu; tzn., že má určitou polohu a určitou rychlost, a jeho rychlost je zcela přesně vypočitatelná z jeho počátečního stavu a z lokálních vlastností silového pole v místech prostoru, jimiž prochází v průběhu svého pohybu. Jestliže jsou známé, pak není zapotřebí o jiných vlastnostech pozorovaného systému bodů vědět vůbec nic.

V nové mechanice je to zcela jinak. Podle ní nestačí čistě lokální vztahy k formulaci pohybových zákonů, stejně jako například k porozumění

smyslu malby nestačí mikroskopický výzkum všech jích jednotlivých částí. Mnohem spíše se jen pak dosáhne použitelného popisu zákonitosti, je-li fyzikální struktura vzata jako celek. Dle toho se nachází v nové mechanice každý jednotlivý materiální bod systému v každém čase v určitém smyslu na všech místech celého, tomuto systému náležejícího prostoru současně, a ne pouze silovým polem, jež se okolo něj šíří, nikoli, nýbrž svou vlastní hmotou a svým vlastním nábojem.

Vidíme tedy: Nejde při tom o nic menšího nežli o popis materiálního bodu, nejelementárnějšího pojmu klasické mechaniky. Dosavadní centrální význam tohoto pojmu musí být v principu obětován; pouze ve zvláštních hraničních případech může přetrvat. Co je na místo zapotřebí dosadit v obecném případě, můžeme vyvodit z dalšího sledování již výše vyraženého myšlenkového pochodu.

Má-li mít kvantový postulát ekvivalence energie a frekvence jednoznačný, tzn. na referenčním systému nezávislý smysl, pak musí být dle principu relativity ekvivalentní též vektor hybnosti vlnovému vektoru, tzn., že absolutní suma hybnosti musí být ekvivalentní reciproční délce vlny, jejíž normála se překrývá se směrem hybnosti. Přitom není možné ale uvažovat vlnu v běžném trojrozměrném prostoru, nýbrž v takzvaném konfiguračním prostoru, jehož rozměry jsou dány počtem určitého stupně volnosti systému, a určení jeho rozměrů je stanoveno dvojí kinetickou energií či druhou mocninou celé hybnosti, což rovněž vychází z téhož. Ukazuje se proto, že je vlnová délka převedena na kinetickou energii, tzn. na rozdíl konstantní celkové energie a potenciální energie, jež je pochopena jakožto předem daná funkce místa.

Frekvence a vlnová délka společně násobí rychlost šíření či fázovou rychlost určité vlny v konfiguračním prostoru, takzvané materiální vlny, a substituce týkající se hodnoty ve vlnové rovnici známé z klasické mechaniky vede k lineární částicové diferenciální rovnici vypracované Schrödingerem,

jež poskytla dnešní kvantové mechanice názorný základ a zdá se, že v ní hraje touž roli jako v klasické mechanice Newtonovy, Lagrangovy či Hamiltonovy rovnice. Co ji od nich přísně odlišuje je především skutečnost, že v nich koordináty konfiguračních bodů nejsou funkcemi času, nýbrž nezávislé proměnné. Tomu odpovídajíc je pro určitý systém oproti většímu či menšímu počtu klasických pohybových rovnic, odpovídajících stupňům volnosti, pouze jediná kvantová rovnice. Zatímco konfigurační bod klasické teorie opisuje v průběhu času zcela určitou křivku, naplňuje konfigurační bod materiální vlny v každém čase celý nekonečný prostor, dokonce i taková místa prostoru, v nichž je potenciální energie větší nežli celková energie, takže by se dle klasické teorie kinetická energie stala i tam negativní a hybnost jen pomyslnou. Je to velmi podobné jako v případě takzvaného úplného odrazu světla, při které je světlo skutečně zcela odraženo pouze paprskovou optikou, neboť úhel lomu je jen pomyslným, zatímco dle vlnové optiky světlo proniká velmi dobře do druhého média, ačkoliv ne jako rovinná vlna.

Případ, že existují místa v konfiguračním prostoru, kde potenciální energie přesahuje celkovou energii, má přinejmenším rozhodující význam i pro kvantovou mechaniku. Neboť, jak ukazuje výpočet, v každém takovém případě konečná vlna neodpovídá každé libovolně zadané hodnotě energetických konstant, nýbrž pouze určitým zcela specifickým hodnotám, takzvaným vlastním hodnotám energie, jež se vypočítají z vlnových rovnic a v závislosti na povaze dané potenciální energie různě zanikají.

Z diskretních vlastních hodnot energie dle kvantového postulátu vyplývají určité diskretní vlastní hodnoty periody kmitání, stejně jako u napjaté struny na koncích pevně sevřené, jenomže u ní je kvantizace podmíněna vnější okolností, totiž délkou struny, zde naopak samotným kvantem množství obsaženém v diferenciální rovnici.

Každému specifickému kmitání odpovídá zvláštní vlnová funkce ψ jakožto řešení vlnové rovnice a všechny tyto různé specifické funkce tvoří prvky k popisu nějakého procesu pohybu dle vlnové mechaniky.

Výsledek je následující: Zatímco klasická fyzika předpokládala prostorový rozklad pozorované fyzikální struktury na její nejmenší části, a proto převedla pohyby libovolných materiálních těles na pohyby jejich jednotlivých bodů, předpokládaných jakožto neměnné materiální body, tzn. na korpuskulární mechaniku, kvantová mechanika rozložila každý proces pohybu v jednotlivé periodické materiální vlny, jež odpovídají specifickým kmitáním a specifickým funkcím týkajících se struktur, a vede proto k vlnové mechanice. Proto je dle klasické mechaniky nejjednodušší pohyb jednotlivého materiálního bodu, dle kvantové mechaniky jednoduše periodické vlny, a jak je chápán dle té první nejobecnější pohyb tělesa jakožto celek pohybů jeho jednotlivých bodů, tak tento pohyb spočívá dle té druhé v součinnosti všech možných způsobů periodických materiálních vln. Tuto rozmanitost přístupů je možné znázornit například na kmitání napjaté struny. Na jedné straně je totiž možné vnímat jakožto prvky pohybu pohyby jednotlivých bodů struny. Každá materiální částička struny se pohybuje, nezávisle na všech ostatních, dle určení na ni působící, místním zakřivením struny podmíněné síly. Rovněž je ale možné jiným způsobem chápat jako prvky procesu pohybu ono základní kmitání a vrchní kmitání struny, z nichž každé se vztahuje k celé struně a jejichž součinnost představuje právě nejobecnější způsob pohybu struny.

Z vlnové mechaniky též bezprostředně vyplývá pochopení pro jednu dosud záhadnou vyskytující se okolnost. Dle neobyčejně plodné teorie Nielse Bohra se elektrony atomu pohybují kolem jádra dle zcela podobných zákonů jako planety okolo Slunce. Přitom vstupuje na místo gravitační síly přitažlivost protichůdných nábojů jádra a elektronů. Podivuhodný rozdíl spočívá ale v tom, že elektrony mohou vždy kroužit po zcela určitých

diskrétně se od sebe lišících drahách, zatímco u planet se ukazuje, že od počátku neupřednostňují žádnou jednotlivou dráhu před nějakou jinou.

Tato na počátku nepochopitelná okolnost nachází díky vlnové teorii elektronů velmi názorné vysvětlení. Navrací-li se totiž elektronová trajektorie zpátky do sebe, pak je jasné, že musí obsáhnout vždy stejný počet vlnových délek, stejně jako délka uzavřeného kruhového řetězce, jež sestává ze samých stejně dlouhých článků, se může rovnat vždy pouze celému počtu délek článků. Podle toho se podobá oběh elektronů okolo atomového jádra méně pohybu planet okolo Slunce, nežli rotaci všestranně symetrického prstenu v sobě samém, a proto prsten jako celek zaujme stále touž polohu v prostoru a nemá žádný fyzikální smysl mluvit o okamžitém umístění elektronu.

Nejsou-li ale nyní elementy procesu pohybu materiální body, nýbrž materiální vlny, pak se musíme ptát, jak poté postupuje vlnová mechanika, pokud je zapotřebí popsat pohyb jednotlivého materiálního bodu, jenž zaujme v určitý čas určitou polohu? Abychom se mohli zabývat touto otázkou, jejímž zodpovězením bude odhalen do očí bijící rozpor obou proti sobě stojících teorií, představíme nejprve fyzikální význam vlnové funkce ψ jednoduše periodické materiální vlny. Ta se nechá odvodit z úvahy, že energie materiální vlny má dvojí význam. Neboť tím, že označuje periodu kmitání materiální vlny, se jistě neztratil její původní význam, jenž je jí dán principem zachování energie. Jestliže má ale princip energie platit rovněž pro vlnovou mechaniku, pak musí být možné znázornění energie materiální vlny nejen frekvencí, nýbrž i integrálem rozšířeným po celém konfiguračním prostoru vlny.

Nyní skutečně vyplyne násobením vlnové rovnice s ψ a následující integrací v celém prostoru konfigurace určitý výraz pro energii, jež je možné nejzřetelněji interpretovat následovně.

O sledovaném systému materiálních bodů uvažujeme v mnoha exemplářích a každý exemplář v jiné konfiguraci, získáme tudíž mnoho bodů v konfiguračním prostoru. Neboť konfiguračním bodům nacházejícím se v onom nekonečně malém prostorovém elementu připisujeme energii, jež se aditivně skládá z místí potenciální energie předem dané hodnoty a druhého členu, jenž je úměrný druhé mocnině místního gradientu ψ a již můžeme vyložit jakožto kinetickou energii. Jestliže poté prostorové rozložení hustoty konfiguračních bodů na jakémkoliv místě stavíme na roveň mocnině absolutní hodnoty ψ , již můžeme přikládat libovolnou velikost, neboť v ψ je přeci konstantní faktor věcí libovůle, tak průměrná energie všech konfiguračních bodů představuje energii materiální vlny. Poté nemá absolutní hodnota vlnové amplitudy žádný fyzikální význam. Považujeme-li ψ tak normalizované, že mocnina absolutní hodnoty ψ integrovaná konfiguračním prostorem dá hodnotu 1, můžeme poté tuto mocninu též stručně označit jakožto pravděpodobnost proto, že se materiální systém bodů nachází na příslušném místě konfiguračního prostoru, a našli jsme tak názorný výraz pro hledaný fyzikální význam vlnové funkce ψ .

Při všech těchto úvahách jsme předpokládali určitou vlastní funkci ψ a jí odpovídající jednoduchou periodickou vlnu. Stejně zákony můžeme ale rovněž vyslovit pro obecný případ superpozice vln s různými periodami. Pak je vlnová funkce ψ algebraickým součtem periodických vlastních funkcí násobených určitými konstantami amplitudy a mocnina absolutní hodnoty ψ opět označuje pravděpodobnost pro odpovídající polohu konfiguračních bodů.

V obecném případě již samozřejmě není možné mluvit o jediné určité periodě kmitání materiálních vln, ale pravděpodobně samozřejmě i nadále o určité energii tak, že zde kvantová rovnice $E = h\nu$ ztrácí svůj původní smysl a vede pouze k definici průměrné frekvence. Přitom se vyplatí si povšimnout, že u superpozice libovolně velkého počtu různých vlastních vln s téměř totožnou frekvencí je vlnová funkce výsledných vln sice součtem

jednotlivých vlnových funkcí, její energie nicméně v žádném případě nevzrůstá odpovídajíc počtu součtových členů, nýbrž zachovává svou původní průměrnou hodnotu. – Jako je definována průměrná frekvence energií skupiny vlastních vln, tak je definována průměrná vlnová délka hybností skupiny.

Amplitudy a fáze jednotlivých specifických vln jsou od počátku libovolně volitelné. Tím se nicméně vyčerpává rozmanitost mechanických procesů znázornitelných vlnovou mechanikou. Tato okolnost je důležitá, věnujeme-li se nyní výše nadhozené otázce mechanického vlnového popisu pohybu jednotlivého určitého materiálního bodu. Okamžitě se totiž ukazuje, že takový popis není v exaktním smyslu vůbec možný. Neboť ať už mluvíme o poloze materiálního bodu, nebo, obecně řečeno, abychom definovali polohu určitého bodu v konfiguračním prostoru, existuje ve vlnové mechanice pouze jeden prostředek, abychom superponovali skupinu specifických vln struktury tak, že se jejich vlnové funkce všude v konfiguračním prostoru vzájemně interferencí vymažou a pouze v dotyčném bodě zesílí. Pak by se totiž pravděpodobnost všech zbylých konfiguračních bodů rovnala nule, pouze pro vyznačený bod by se rovnala jedné. Abychom tento jeden bod důkladně zdůraznili, potřebovali bychom ale nekonečně malé vlnové délky, tedy nekonečně velké impulzy. Je tedy zapotřebí, abychom mohli dosáhnout i jen vzdáleně využitelného výsledku, namísto ostře vymezeného konfiguračního bodu postulovat konečnou, i kdyby malou oblast konfiguračního prostoru, takzvaný vlnový balík, čímž je již vyjádřeno, že určení polohy konfiguračního bodu dle vlnové teorie je vždy svázáno s jistou neurčitostí.

Chceme-li nicméně nyní dále připsat sledovanému materiálnímu systému bodů mimo určité konfigurace ještě též určitou hodnotu impulzu, tak smíme použít ke znázornění dle kvantového postulátu v podstatě jedinou vlnu zcela určité vlnové délky a popis je opět nemožný. Je-li ale ponechána jistá neurčitost též ve veličině impulzu, pak je možné požadovaného cíle za

určitých okolností využitím vln v úzkém frekvenčním rozsahu alespoň s určitým přiblížením dosáhnout.

Stejně jako polohu lze i hybnost materiálního bodového systému dle mechaniky vln definovat vždy jen s jistou neurčitostí, a sice existuje mezi těmito dvěma způsoby neurčitosti jistý vztah, jenž vyplývá z jednoduché úvahy, že použitelné vlny, mají-li se interferencí navzájem mimo malou konfigurační oblast vymazat, musí vykazovat na protilehlých okrajích oblasti přes jejich malé frekvenční rozdíly již patrné procesuální rozdíly. Dosadíme-li namísto procesuálního rozdílu dle kvantového požadavku rozdíl hybnosti, pak z toho vyplývá zákon formulovaný Heisenbergem, že součin neurčitosti polohy a neurčitosti hybnosti je přinejmenším o řádové velikosti kvanta akce. Čím přesněji je určena poloha konfiguračního bodu, tím nepřesnější je hodnota hybnosti, a opačně. Oba způsoby neurčitosti tedy v určitém smyslu vykazují komplementární chování, jemuž je tím ale nastaveno omezení, že dle vlnové mechaniky je možné hybnost za určitých okolností určit zcela přesně, zatímco poloha konfiguračního bodu zůstává stále neurčitá uvnitř konečné oblasti.

Tento Heisenbergův vztah nejistot je nyní pro klasickou mechaniku něco zcela neslýchaného. Že v každém z měření ulpívá neurčitost, je sice odedávna známo; vždy se nicméně předpokládalo, že určitým vytříbením měřicích metod se může přesnost neomezeně zvýšit. Nyní má být uloženo přesnosti měření principiální omezení a to nejzvláštnější na tom je, že toto omezení se nevztahuje na jednotlivé veličiny - délku nebo rychlost, - nýbrž na jejich kombinaci. Každá veličina může být v principu vzato měřena libovolně přesně, ale stále na úkor přesnosti jiných.

Jak podivně toto tvrzení zní, tak zřejmě je potvrzováno různými skutečnostmi. Jeden příklad: Nejpřímější a nejpřesnější měření polohy materiálního bodu probíhá cestou optiky, buďto pouhým okem či obrýleným, či fotografickým sejmutím. K tomu je zapotřebí bod osvítit. Poté

je tím jasnější zobrazení, měření je tedy tím přesnější, čím kratší světelné vlny se užijí. Potud lze přesnost v libovolné míře zvyšovat. Má to ale i svou opačnou stránku: měření rychlosti. U větších mas je možné ponechat vliv světla na osvětlený objekt bez povšimnutí. Jinak tomu ale je, pokud je za objekt zvolena masa velmi malá, například jednotlivý elektron. Neboť každý světelný paprsek, s nímž se elektron setká a jímž je reflektován, jím znatelně otřese, a sice tím silněji, čím je světelná vlna kratší. Proto sice roste s krátkostí světelné vlny ostrost určení místa, ale v odpovídajícím poměru i neostrost určení rychlosti. A právě tak tomu je v podobných případech.

Ve světle tohoto pohledu je klasická mechanika, jež vychází z neměnných, přesně měřených tělísek pohybujících se určitou rychlostí, pouze ideální hraniční případ. Totéž se uskutečňuje, jestliže má pozorovaná struktura relativně velkou energii. Poté totiž budou diskrétní specifické hodnoty energie ležet blízko sebe, relativně úzká oblast energie bude obsahovat značně vysoké vlnové frekvence popř. krátké vlnové délky, a jejich superpozicí bude možné relativně ostře ohraničit v konfiguračním prostoru malý vlnový balík s určitou hybností. Poté vlnová mechanika přechází do korpuskulární mechaniky, Schrödingerova diferenční rovnice se stává klasickou Hamilton-Jacobiho diferenční rovnicí a vlnový balík se v konfiguračním prostoru rozšíří dle týchž zákonů, které řídí pohyb systému materiálních bodů dle klasické mechaniky. To nicméně obvykle trvá pouze určitý čas. Neboť jednotlivé materiální vlny neinterferují vždy stejným způsobem, tak se bude vlnový balík rychleji nebo pomaleji roztékat, poloha odpovídajícího konfiguračního bodu bude stále nepřesnější, a nakonec zůstane jakožto přesně definovaná veličina pouze vlnová funkce ψ .

Souhlasí ale všechny tyto závěry též se zkušeností? Zkouška této otázky může být provedena kvůli nepatrnosti kvanta akce pouze v rámci atomové fyziky a vyžaduje proto stále jemnější nástroje. Předběžně je možné pouze říci, že doposud ještě není známá žádná skutečnost, jež by

zavdala příčinu k zásadní pochybnosti o fyzikálním významu všech těchto závěrů.

Tak se poté rovněž po vypracování vlnové rovnice započal doslova bouřlivý vývoj a další utváření teorie. Není možné připomenout v rámci této přednášky všechna rozšiřování a uplatnění, která v posledních létech zakusila. Z těch prvních zde chci zmínit pouze zavedení takzvaného spinu protonů a elektronů, dále relativistickou formulaci kvantové mechaniky a z těch druhých uplatnění na molekulární problémy zpracování takzvaného problému více těles, tzn. uplatnění na strukturu vícero či mnoha zcela stejných hmotných bodů, přičemž se zde vyskytují zvláště otázky statistického rázu, jež se vztahují k počtu všech možných stavů v uzavřené struktuře dané energie a jež jsou též významné pro výpočet entropie struktury.

Nakonec si musím rovněž odeprít vejít speciálně do fyziky světelných kvant, jež v určitém smyslu zakusila přímo protichůdný vývoj než fyzika hmotných bodů. Neboť v této oblasti původně vládla, v klasické fyzice, Maxwellova teorie elektromagnetických vln, a teprve později se ukázalo, že není možné obejít se bez přijetí diskrétních světelných částic, že tedy elektromagnetické vlny, stejně jako vlny materiální, mají být interpretovány jakožto vlny pravděpodobnostní.

Neexistuje ovšem žádný působivější důkaz pro skutečnost, že čistá vlnová teorie je schopna uspokojit požadavky nové fyziky právě tak málo jako čistá korpuskulární teorie. Obě teorie spíše představují extrémní hraniční případy. Zatímco v klasické mechanice je sice určující korpuskulární teorie věrná konfiguraci struktury, nicméně při určení specifických hodnot energie a hybnosti selhává, opačně je sice schopna zobrazit pro klasickou elektrodynamiku charakteristickou vlnovou teorii energii a hybnost, nicméně pojmu lokalizace světelných částic neobvykle protiřečí. Obecný případ představuje mezioblast, v které přísluší oběma teoriím prakticky

rovnocenná role a jíž se můžeme buďto z jedné či druhé strany prozatím stále pouze po malých krůčcích přibližovat. Zde čekají ještě mnohé temné otázky na své vyjasnění a zbývá vyčkat, které z mnohým navržených metod nabízejících se jejímu vyřešení budou nejlépe dovedeny k cíli: Matriční výpočet vymyšlený původně Heisenbergem, Bornem a Jordanem, či vlnová teorie sestavená de Brogliem a Schrödingerem, anebo Diracem zavedená matematika q -čísel.

V

Pokusíme-li se získat z předchozích líčení shrnující výsledek a s ním přehled o charakteristických znacích nového světoobrazu, pak bude náš první dojem jistě ještě velmi neuspokojivý. Především musí zarážet, že ve vlnové mechanice, jež se staví do zřetelného kontrastu ke klasické mechanice, se od začátku užívá pojmů, jež jsou bez dalšího jednoduše převzaty z klasické korpuskulární teorie, takto pojem koordinát a hybností materiálního bodu stejně jako kinetické a potenciální energie systému bodů; zatímco se ukazuje, že není vůbec možné určit současně přesně polohu a hybnost bodu. Přesto jsou tyto pojmy pro vlnovou mechaniku naprosto nutné; neboť bez nich by nebylo možné definovat konfigurační prostor a jeho rozměry.

Zdá se, že další obtíž pro pochopení vlnové teorie vězí v tom, že materiální vlny jistě nemají týž druh názornosti jako například akustické či elektromagnetické, protože přirozeně neprobíhají běžným prostorem, nýbrž konfiguračním a protože je perioda kmitání závislá na volbě fyzikální struktury, jíž náleží. Čím rozsáhlejší se předpokládá struktura, tím více mizí její energie a s ní frekvence kmitání.

Takové úvahy není jistě možné brát na lehkou váhu. Prozatím se přesto nechají uchlácholit, jestliže zaprvé obsah nové teorie nevykazuje žádné vnitřní rozpory a zadruhé prokáže ve svých aplikacích jednoznačné a významné výsledky pro měření. Ačkoliv o tom, zda a do jaké míry je tento

požadavek u kvantové mechaniky naplněn, se současně myšlenky ještě poněkud rozcházejí. Budiž mi proto dovoleno věnovat se tomuto fundamentálnímu bodu ještě o něco blíže.

Často bývá se zvláštním důrazem poukazováno na to, že kvantová fyzika má co do činění pouze s principiálně pozorovatelnými veličinami a pouze s fyzikálně smysluplnými otázkami. To je jistě výstižné, nicméně není možné od počátku přičítat především kvantové teorii zvláštní přednost před ostatními teoriemi. Neboť rozhodnutí, zdali je fyzikální veličina v zásadě pozorovatelná, či zda má určitá otázka fyzikální smysl, není nikdy možné získat a priori, nýbrž vždy teprve z hlediska nějaké teorie. Rozdíl mezi teoriemi spočívá právě v tom, že dle jedné teorie je určitá veličina v principu pozorovatelná a určitá otázka fyzikálně smysluplná, dle druhé nikoliv. Takto je absolutní rychlost Země dle Fresnel-Lorentzovy teorie klidného světelného éteru v principu pozorovatelná, zatímco dle teorie relativity nikoliv, anebo je v principu pozorovatelné absolutní zrychlení tělesa dle Newtonovy mechaniky, zatímco dle relativistické mechaniky nikoliv. Rovněž problém konstrukce perpetua mobile byl před zavedením principu zachování energie fyzikálně smysluplný, později ale nikoliv. Rozhodnutí mezi těmito dvěma rozpory nespočívá v podstatě teorie jako takové, nýbrž ve zkušenosti. Proto nestačí k charakterizování přesily kvantové mechaniky proti klasické mechanice říci, že od počátku počítá pouze s principiálně pozorovatelnými veličinami – to činí klasická mechanika v jejím smyslu rovněž – nýbrž je zapotřebí označit speciální veličiny, jež dle ní principiálně jsou, popřípadě nejsou pozorovatelné a poté uvést důkaz, že se tím shoduje zkušenost.

Tento důkaz byl nyní vskutku proveden, např. co se týče výše zmíněného Heisenbergova vztahu neurčitosti, pokud se to zatím zdá možným, a může být považován za zdůvodnění priority vlnové mechaniky.

Přes tyto zjevné úspěchy vzbuzuje nicméně tento princip neurčitosti charakteristický pro kvantovou fyziku v dalších kruzích zjevně pochyby,

neboť jím definované veličiny, s nimiž se neustále počítá, byly stanoveny v určitém smyslu jako principiálně nepřesné. A jak jsme viděli výše, se nesnáž značně stupňuje ještě tím, že, byl do interpretace kvantových mechanických rovnic zaveden pojem pravděpodobnosti. Neboť tím se zdá požadavek přísné kauzality opuštěn ve prospěch jistého indeterminismu. Existují skutečně současní renomovaní fyzikové, jež jsou vzhledem k tlaku okolností nakloněni obětovat ve fyzikálním světoobrazě princip přísné kauzality.

Pokud by se měl takový krok ukázat jako skutečně nevyhnutelný, pak by byl cíl fyzikálního výzkumu značně posunut zpět a přijali bychom tak nevýhodu, jejíž význam nemůže být dostatečně odhadnut. Neboť dle mého mínění je zapotřebí, máme-li vůbec nějakou volbu, za všech okolností upřednostnit determinismus před indeterminismem jednoduše z důvodu, že určitá odpověď na otázku je vždy cennější nežli neurčitá.

Jak dalece vidím, není nicméně v současné době k dispozici žádný důvod vykonat tento akt rezignace. Neboť stále zůstává otevřená možnost vidět příčinu nemožnosti dodat určitou odpověď nikoliv v povaze teorie, nýbrž v povaze položené otázky. Na fyzikálně nedostatečně formulovanou odpověď nemůže dát určitou odpověď ani ta nejdokonalejší fyzikální teorie. To je již v rámci klasické statistiky všeobecně známá a široce diskutovaná pravda. Jsou-li například známy u dvou v rovině narážejících elastických koulí jak rychlosti koulí před srážkou, tak zákony nárazu ve všech detailech, přesto není možné stanovit rychlost po srážce. K dispozici jsou skutečně pro výpočet čtyř neznámých momentů rychlosti obou koulí po srážce pouze tři rovnice zákona zachování energie a obou momentů hybnosti. Nicméně neříkáme, že před procesem srážky neexistuje žádná kauzalita, nýbrž říkáme, že k úplné determinaci chybí důležitá data.

Abychom nyní mohli aplikovat tuto úvahu rovněž na existující problémy kvantové fyziky, musíme nyní ke konci opět obrátit pozornost k myšlenkovým pochodům diskutovaným v úvodu.

Je-li skutečně pravda, že struktura fyzikálního světoobrazu se ve svých probíhajících změnách stále více straní smyslového světa a v odpovídající míře se přibližuje reálnému principiálně nepochybnému světu, je tak samozřejmé, že světoobraz musí být ve vzrůstající míře zbavován všech antropomorfních elementů. Je tedy zcela vyloučeno přijímat do fyzikálního světoobrazu pojmy, jež nějak souvisí s uměním lidské měřicí techniky. To se nicméně neděje u Heisenbergova vztahu neurčitosti. Neboť ta snadno vyplývá z úvahy, že elementy nového světoobrazu nejsou hmotná tělíska, nýbrž jednoduché periodické materiální vlny odpovídající dané fyzikální struktuře, vzhledem k matematickému zákonu, že není možné definovat určitý bod prostřednictvím superpozice jednoduše periodických vln určité délky. S měřením nemá tento zákon nic do činění. Co se týče materiálních vln, jsou jednoznačně určeny matematickým problémem krajní hodnoty odpovídající vyloženému případu. O indeterminismu zde přitom není řeč.

Jiná otázka je ta o vztazích materiálních vln k smyslovému světu, jenž nám nejprve zprostředkovává seznámení s fyzikálními procesy. Neboť bychom se nemohli o navenek zcela uzavřené struktuře vůbec nikdy nic dozvědět.

Na první pohled se zdá, že tato otázka naprosto nezapadá do oblasti fyziky, neboť částečně zasahuje do fyziologie a dokonce do psychologie. Zatím z této námitky nevyplývá žádná zásadní obtíž. Neboť si lze snadno představit výměnu lidských smyslových orgánů za vhodně konstruované fyzikální měřicí přístroje, seberegistrující přístroje jako např. fotosenzitivní deska, již zachycují stopy pocházející z okolí a dodávají tím zprávu o okolních procesech. Zahrneme-li takové měřicí přístroje do zobrazené fyzikální struktury, přičemž zamezíme všem ostatním vlivům, tak dostaneme navenek uzavřenou fyzikální strukturu, o které se můžeme cosi dozvědět měřením, samozřejmě pouze za zohlednění struktury měřicích přístrojů a zpětných účinků, jež mají možná vliv na procesy, které mají být měřeny.

Kdybychom nyní měli měřicí přístroj, jenž reaguje na jednoduché periodické materiální vlny stejně jako například akustický rezonátor na zvukovou vlnu, pak bychom mohli materiální vlny jednotlivě měřit a analyzovat tím celý vlnový proces. To ovšem nyní není tento případ, nýbrž údaje měřicích přístrojů, např. zčernání fotografického disku, nedovolují žádný jednoznačný závěr zkoumaného procesu ve všech podrobnostech. Proto ale nesmíme přesto tvrdit, že jsou zákony materiálních vln indeterminovány.

Bezprostřední zdůvodnění pro přijetí indeterminismu je možné hledat v okolnosti, že dle vlnové mechaniky nejsou procesy v navenek uzavřeném systému materiálních bodů v žádném případě determinovány počátečním stavem systému, tzn. počáteční konfigurací a počátečním impulsem, dokonce nejsou determinovány ani přibližně; neboť vlnový balík, jenž odpovídá počátečnímu stavu, se časem rozteče a rozpustí se v jednotlivé pravděpodobnostní vlny.

Nicméně bližší zkoumání nás učí, že je zde determinismus vyvolán pouze způsobem položení otázky. Ta je vybrána z korpuskulární mechaniky, v které skutečně počáteční stav jednoznačně navždy specifikuje proces; nehodí se nicméně do vlnové mechaniky už proto, neboť k ní kvůli neurčité relaci přilne principiální nepřesnost konečné hodnoty.

Ve srovnání s tím je též v klasické mechanice již od Leibnize znám jiný problém, jenž tam rovněž vede k určité odpovědi. Proces je totiž též poté zcela determinován, a sice navždy, není-li mimo konfiguraci v určitém časovém bodě dána hybnost, nýbrž konfigurace téhož systému v jiném časovém bodě. K výpočtu procesu poté slouží variační princip, princip nejmenší akce. Takto jsou v dříve uvedeném příkladu rovinného elastického nárazu dvou koulí při dané počáteční poloze a konečné poloze koulí a daného mezičasu zcela určeny třemi rovnicemi zachování tři neznámé, totiž obě místní koordináty a časový bod srážky.

Tato pozměněná formulace problému je v protikladu k předchozí bezprostředně přenositelná též na vlnovou mechaniku. Jak jsme viděli, není ovšem možné nikdy zcela přesně definovat rovněž určitou konfiguraci prostřednictvím vlnové teorie, je nicméně možné nejistotu přesto principiálně v libovolném omezení stlačit a tím proces determinovat na jakýkoliv libovolný stupeň přesnosti. A co se týče roztékání vlnových balíků, to stejně tak v žádném případě není důkaz pro indeterminismus. Vlnový balík se totiž stejně tak dobře může též slévat. Znaménko času hraje ovšem ve vlnové teorii stejně tak malou roli jako v korpuskulární teorii. Každý proces pohybu může proběhnout rovněž v přesně opačném směru.

Samozřejmě existuje v uvedené formulaci problému určitý vlnový balík, všeobecně řečeno, pouze v obou vybraných časových bodech. V mezičase, jakož i dřívějších či pozdějších časech, budou se jednotlivé elementární vlny chovat odděleně. Ale ať už je v této chvíli označíme jakožto materiální vlny či pravděpodobnostní vlny, v každém případě budou zcela determinovány. Takto se vysvětluje zdánlivě paradoxní tvrzení, že přecházeli fyzikální struktura zcela určitým procesem z určité konfigurace během určitého času do jiné určité konfigurace, nemá obecně otázka konfigurace v mezičase fyzikální smysl; stejně tak jako dle tohoto pojetí nemá rovněž smysl ptát se po dráze světelné částice, jež emituje z bodového světelného zdroje a bylo absorbováno na místě pozorovací zástěny.

Je ovšem zapotřebí zdůraznit, že při tomto způsobu pozorování je smysl determinismu mírně odlišný, nežli bylo dříve v klasické fyzice běžné. Neboť tam byla determinována konfigurace, zatímco zde v kvantové fyzice to jsou materiální vlny, jež jsou determinovány. Tento rozdíl je proto významný, neboť konfigurace souvisí se smyslovým světem mnohem bezprostředněji nežli materiální vlny. Potud se zdají vztahy fyzikálního světoobrazu k smyslovému světu v nové fyzice značně uvolněny.

To je určitě nevýhoda; ale je zapotřebí ji vzít v úvahu, abychom zachovali determinismus světoobrazu. Nadto se zdá tento krok být zcela ve směru již opakovaně jakožto charakteristicky zdůrazněného rysu ve skutečném vývoji vědy, že struktura fyzikálního světoobrazu se během svého postupného zdokonalování vzdaluje s přibývajícím mírou od smyslového světa a osvojuje si stále abstraktnější formy. Ano, z hlediska principu relativity se zdá, že je takové pojetí dokonce přímo přikázáno; neboť dle tohoto principu nemá čas žádné přednostní postavení před prostorem, tak nutně následuje, že vyžaduje-li se ke kauzálnímu popisu fyzikálního procesu úvaha konečné oblasti prostoru, stejně tak je zapotřebí vzít k tomu v úvahu rovněž konečný časový interval.

Nicméně možná je zde navržené položení problému ještě též příliš jednostranné, antropomorfně zabarvené, než aby mohlo být použito k uspokojivé výstavbě nového fyzikálního světoobrazu a je zapotřebí hledat nějaké jiné. V každém případě jsou zde ještě mnohé zašmodrchané problémy k vyřešení a mnohá temná místa k projasnění. –

Vzhledem k této charakteristicky obtížné situaci, do které se současně dostal teoreticko-fyzikální výzkum, určitě není možné snadno odvrátit pocit pochyby, zda se teorie se svými radikálními inovacemi opravdu nachází na správné cestě. Rozhodnutí této fatální otázky souvisí výhradně s tím, zda během neustále pokračující další práce na fyzikálním světoobrazu zůstane dostatečně zachován jeho nutný kontakt se smyslovým světem. Bez tohoto kontaktu by nebyl byt nejdokonaleji zformovaný světoobraz ničím jiným nežli mýdlovou bublinou, jež při první srážce s větrem může prasknout.

Naštěstí můžeme být po této stránce zcela klidní alespoň dnes. Ano, bez nadsázky můžeme tvrdit, že v historii fyziky teorie ještě nikdy nešla tak úzce ruku v ruce se zkušeností jako současně. Experimentální zkušenosti jsou přesně těmi, které otřásly klasickou teorií a přivedly ji k pádu. Každá nová myšlenka, každý nový krok, byly předem testovanému výzkumu

prostřednictvím výsledků měření navrženy, anebo dokonce vnuceny. Jako na prahu teorie relativity stál Michelsonův optický interferenční pokus, tak stáli na prahu kvantové teorie Lummerova a Pringsheimova měření, Rubensova a Kurlbaumova u spektrálního přenosu energie, Lenardova u fotoelektrického jevu, Franckova a Hertzova u srážky elektronů. Trvalo by příliš dlouho, kdybych zde měl vzpomenout všechny z četných výsledků pokusů částečně zcela překvapivých, které vytlačovaly teorii stále více z klasické pozice a vykazaly ji do zcela určitých kolejí.

Můžeme si pouze přát a doufat, aby v této jednomyslné spolupráci, na které se v poklidném soupeření podílejí všechny země světa, nikdy nenastal zvrát. Neboť v ustavičné interakci mezi experimentálním a teoretickým výzkumem, jež je vždy současně motorem i kontrolou, bude vždy spočívat ta nejjistější a jediná záruka pro zdárný pokrok fyzikální vědy.

Kam nás jednou dovede? Již v mých úvodních slovech jsem měl příležitost zdůraznit, že dvojí cíl výzkumu - na jedné straně dokonalé ovládnutí smyslového světa a na druhé straně plné poznání reálného světa - zůstane skutečně v principu nedosažitelné. Ale nebylo by nic nesmyslnějšího, nežli využít této příležitosti a nechat se odradit. Vždyť máme již příliš mnoho zřejmých úspěchů praktického i teoretického druhu - úspěchy, jež se denně množí. A možná máme dokonce všechny důvody vnímat nekonečnost tohoto vytrvalého boje o dlaň kynoucí z nepřístupné výšky jakožto zvláštní požehnání pro zkoumajícího lidského ducha. Neboť ona se stará ustavičně o to, aby mu zůstaly zachovány oba jeho nejušlechtlejší stimuly a neustále byl podněcován novými: Zanícenost a hluboká úcta.

3.3. Pojem kauzality ve fyzice

Ten, kdo se pokouší najít v rámci současně panujícího sporu o významu a platnosti kauzálního zákona v moderní fyzice rozuzlení

protichůdných myšlenek, ten musí přirozeně začít se zjištěním, že všechno přichází teprve s pochopením smyslu, v kterém je slovo kauzalita užíváno. Od počátku spočívá soulad v tom, že mluvíme-li o kauzálním vztahu mezi dvěma následujícími událostmi, rozumí se tím určitý zákonitý řetězec obou událostí, přičemž událost první se označuje jakožto příčina a druhá jakožto následek. Otázka nicméně zní: „ V čem spočívá tento zvláštní způsob zřetězení? Existuje nějaké neklamné znamení proto, že ta která určitá událost vyskytující se v přírodě je kauzálně podmíněna nějakou jinou?“

Z četných, doposud provedených zkoumání vyplývá, že se jasné odpovědi na toto všeobecně nejvíce blížíme, uvádíme-li ji ve vztah s možností provádět platné předpovědi do budoucna. Ve skutečnosti neexistuje pro důkaz, že jakékoliv dvě události kauzálně souvisí, žádný bezesporný prostředek, jenž by byl s to ukázat, že objevení jednoho průběhu musí být vždy již předem vyvoditelné z objevení se průběhu druhého. To věděl už onen zemědělec, který ad aculos demonstroval nevěřícím sedlákům kauzální vztah mezi umělým hnojivem a plodností půdy tím, že na svém poli jetele díky silnému hnojivu zformoval určitý úzký pruh do písmen a ukázala se tak následující věta v zřetelně čitelném písmu z jetele: „Tento pruh je hnojen sádrou.“

Chci tedy, jakožto výchozí bod pro všechny další úvahy, používat následující jednoduchý zákon užívaný i mimo oblast fyziky: Událost je tehdy kauzálně podmíněna, může-li být s jistotou předpovězena. Tím má být samozřejmě řečeno pouze to, že možnost provést výstižnou předpověď pro budoucnost tvoří neomylné kritérium pro pravidlo kauzálního vztahu, nikoliv, že se mu rovná. Vzpomenu jen známý příklad, že je přeci možné předpovědět po dni příchod noci, že nicméně proto není ten den příčinou noci.

Často se ale také děje opačně, že přijmeme kauzální vztah jako existující i v případech, kdy není o možnosti nějaké vhodné předpovědi vůbec

řeč. Zamysleme se jen na předpovědi počasí. Nespolehlivost proroků počasí se stala příslovečnou, avšak pravděpodobně neexistuje žádný vzdělaný meteorolog, který by nevnímal procesy v atmosféře jakožto kauzálně determinované. Vidíme tedy: Abychom přišli na správnou stopu existence kauzálních pojmů, musíme jít ještě o něco hlouběji.

V případě předpovědi počasí je nasnadě myšlenka, že její nespolehlivost je podmíněna pouze velikostí a komplikovaností daných objektů, tedy atmosférou. Vyberme nějakou její malou část, přibližně jeden litr vzduchu, abychom byli schopni snáze vyřknout vhodné předpovědi o jeho chování vůči vnějším vlivům jako je komprese, oteplení, zvlhčení atd. Známe určité fyzikální zákony, které nám pomáhají více či méně jistě specifikovat předem výsledky odpovídajících měření jako zvýšení tlaku, stoupaní teploty, kondenzace atd.

Podíváme-li se nyní ale ještě o něco blíže, dostaneme se tak brzy k velmi pozoruhodnému zjištění. Dokonce, i když zvolíme vztahy ještě jednodušeji a použijeme-li ještě jemnější měřicí přístroje, přece se nikdy nepodaří získat měřený výsledek s absolutní přesností, tedy předpovědět ho ve všech desetinných místech shodně s měřeným číslem. Vždy zůstane určitý zbytek nejistoty v protikladu k výpočtům čistě matematického rázu, jako je druhá odmocnina ze dvou či Ludolfovo číslo π , jež může být přesně specifikováno na libovolný počet desetinných míst. A co platí o mechanických a termických procesech, platí i ve všech oblastech fyziky, rovněž i pro elektrické a optické procesy.

Jsme tedy po všech dosavadních zkušenostech s to uznat následující tezi jakožto danou definitivní skutečnost: V žádném jednotlivém případě není možné přesně předpovědět fyzikální událost.

Vzmemme-li v úvahu dohromady tuto skutečnost s dříve zajištěnou tezí jakožto výchozím bodem, že událost je poté kauzálně podmíněna, mohli být s jistotou předpovězena, stojíme tak před neodvratným dilematem.

Budťo lpíme na znění vřchozí teze, pak v přirodě neexistuje ani jeden přítad, u kterého se musí předpokládat kauzální vztah, anebo podřídíme vřchozí tezi určité modifikaci, již nastavíme tak, že se vytvoří místo pro předpoklad přísne kauzality.

V současné době existuje řada fyziků a filozofů, kteří se rozhodli pro první alternativu, přičemž já je chci nazývat indeterministy. Dle nich neexistuje v přirodě absolutně žádná opravdová kauzalita, tedy žádná přísna zákonitost. Ta je předstírána pouze vyskytujícími se určitými pravidly, ačkoliv často se velmi blížícími přesnosti, nicméně přesto nikdy přesně platícími. Při bližším posouzení shledá indetermista podstatu statistického rázu na každém fyzikálním zákonu, stejně tak na gravitaci, rovněž na elektrické zemské přitažlivosti, jež jsou pro ně společně pravděpodobnostními zákony, které se odkazují pouze k průměrným hodnotám z četných pozorování podobného druhu a pro jednotlivá měření mají pouze přibližnou platnost.

Dobrý příklad pro takový statistický zákon je závislost tlaku plynu na hustotě plynu a teplotě. Tlak plynu je způsoben ustavičnými nárazy nesmírně četných molekul plynu poletujících zmateně velkými rychlostmi nepravidelně do všech směrů proti stěnám kontejneru. Souhrnný výpočet celého silového působení vykonaného nárazem dává jako výsledek, že tlak na stěnu kontejneru je téměř proporcionální hustotě plynu stejně jako střednímu kvadrátu rychlosti molekuly, v uspokojivé shodě s měřeními, pokud je teplota nahlížena jakožto míra rychlosti molekuly.

Přímé potvrzení této teorie tlaku plynu poskytne zkoumání časových kolísání tlaku, která se objevují poté, vezmeme-li v úvahu tlak na velmi malou část stěny kontejneru. Takové flukтуаční jevy, způsobené nepravidelnými nárazy molekul, jsou pozorovány všude, kde rychle se pohybující molekuly přicházejí do styku se snadno pohyblivými tělesy. Projevují se též v takzvaném *Brownově* pohybu molekul stejně jako ve skutečnosti, že velmi

citlivá váha nikdy nesetrvává úplně v klidu, nýbrž ustavičně vykonává malé nepravidelné výkyvy okolo své rovnovážné polohy.

Stejným způsobem jako zákony plynu vtahují indeterministé každý další druh fyzikální zákonitosti v poslední řadě k náhodě. V přírodě pro ně vládne výlučně statistika a jejich cílem je vystavět fyziku na počítání s pravděpodobnostmi.

Fyzikální věda se skutečně vyvíjela až dosud na protichůdných základech. Zvolila si tu *druhou* z obou zmíněných alternativ, což znamená, že modifikovala výchozí bod, tedy že událost je poté kauzálně podmíněna, může-li být kauzálně předpovězena, aby mohla zákon kauzality udržet v plné síle. To se děje tím způsobem, že slovo „událost“ se užije v o něco pozměněném smyslu. Jakožto událost nevnímá teoretická fyzika jednotlivý opravdový průběh měření, jenž obsahuje vždy též náhodné a nepodstatné elementy, nýbrž určitý pouze pomyslný průběh. Namísto smyslového světa, který je nám dán skrze naše smyslové orgány popřípadě skrze zostřené smyslové orgány díky působícím měřicím přístrojům, je ustanoven svět jiný: Fyzikální světoobraz, který představuje do určitého stupně libovolnou myšlenkovou konstrukci uzpůsobenou k účelu úniku nejistotě, jež tkví v každém jednotlivém měření, a umožnění zřetelných pojmových vztahů.

V důsledku toho vlastní každá měřitelná veličina, každá délka, každý časový interval, každá míra, každý náboj dvojitý význam, dle kterého jsou nahlíženy jakožto bezprostředně dané skrze měření, anebo jsou vnímány jako přenesené na fyzikální světoobraz. V prvním významu je ona veličina stále pouze nejasně definována, a tudíž není nikdy znázorněna plně určeným číslem. Ve fyzikálním světoobrazu ale představuje určitý matematický symbol, s kterým je možné pracovat dle zcela určitých přesných pravidel. To platí pro výšku věže stejně tak jako pro dobu oscilace kyvadla, či pro jas žárovky. Zřejmý a důsledný rozdíl mezi veličinami smyslového světa a stejně pojmenovanými veličinami světoobrazu je pro ujasnění pojmů naprosto

nezbytný, neboť bez něho se v diskuzi bude mezi těmito otázkami stále pendlovat.

V žádném případě to není tak, jak je často slýcháno, že by fyzikální světoobraz obsahoval či mohl obsahovat pouze přímo pozorovatelné veličiny. Naopak, přímo pozorovatelné veličiny se ve světoobrazu vůbec neobjevují, nýbrž pouhé symboly. Ano, světoobraz obsahuje rovněž i stavební kameny, které pro smyslový svět mají pouze nepřímý anebo též vůbec žádný význam, jako jsou éterické vlny, částečné oscilace, referenční systémy atd. Takové stavební kameny působí nejprve jako zátěž, ale jsou přijaty kvůli své rozhodující výhodě, jež nabízí zavedení světoobrazu a která spočívá v tom, že umožňují zavést přísný determinismus.

Zajisté však světoobraz zůstává stále pouze pomocným výrazem. Nakonec dospějeme samozřejmě k událostem smyslového světa a jim se co možná nejvíce blížícím předpovědím. To probíhá nyní v klasické teorii následovně. Nejprve se převede objekt odebraný ze smyslového světa na systém hmotných bodů symbolizovaných jakýmkoliv měřeným stavem, tj. na světoobraz. Tím se získá určitý fyzikální útvar v určitém počátečním stavu. Stejně tak se nahradí vlivy působící na předmět v průběhu následujícího času z vnějšku odpovídajícími symboly v rámci světoobrazu. To nám dává na útvar působící vnější síly, popřípadě okrajové podmínky. Skrze tato data je poté chování útvaru navždy jednoznačně určeno a může být spočítáno z diferenciálních rovnic teorie s absolutní přesností. Tak vyplynou souřadnice a akce všech hmotných bodů útvaru jakožto zcela určité funkce času. Kdybychom nyní v nějakém pozdějším čase znovu vrátili ony pro světoobraz použité symboly do smyslového světa, získali bychom jako výsledek sloučení nějaké pozdější události smyslového světa s nějakou dřívější a mohli bychom ji využít k přibližné předpovědi pozdější události.

Souhrnně můžeme říci. Zatímco ve smyslovém světě je předpověď události vždy zatížena určitou nejistotou, ve fyzikálním světoobrazu

probíhají všechny události dle určitých daných zákonů a jsou kauzálně přísně determinovány. Tím se zavedením fyzikálního světoobrazu – a v tom spočívá jeho význam – redukuje nejistota předpovědi události smyslového světa na nejistotu přenesení události ze smyslového světa do světoobrazu, stejně tak jako znovu-přenesení ze světoobrazu do smyslového světa.

Klasická teorie se o tuto nejistotu příliš nestarala, svou hlavní pozornost cílila na uskutečnění kauzálního způsobu pozorování procesů ve světoobrazu, a přitom dosáhla největších úspěchů. Zejména se jí též podařilo nalézt výše zmíněným nepravidelným kolísavým procesům, jež odpovídají Brownově molekulárnímu pohybu, uspokojujivý význam na základě přijetí přísné kauzality. Pro indeterministy zde neexistuje žádný skutečný problém. Neboť ti hledají náhodnost za každým pravidlem, tak je pro ně statistická zákonitost bezprostředně uspokojující. Proto se spokojí též s domněnkou, že srážka dvou jednotlivých molekul, stejně jako náraz molekuly na stěnu kontejneru, nastává pouze dle statistických zákonů. Pro tuto domněnku existuje právě tak málo pádný důvod, jakože sotva můžeme vyvodit ze skutečnosti, že v nějakém nabitém vodiči nashromáždíme na povrchu elektrony, závěr, že stejně tak náboj jednotlivého elektronu je usazen na jeho povrchu. Na druhé straně deterministé, kteří naopak hledají za každou nepravidelností pravidlo, došli k úloze vystavět teorii zákonů plynu na předpokladu, že srážka dvou jednotlivých molekul je přísně kauzálně podmíněna. Vyřešení tohoto úkolu ztvárňuje životní dílo *Ludwiga Boltzmann*a a představuje jedno z nejkrásnějších úspěchů teoretického bádání. Neboť vede nejen k tvrzení potvrzenému měřením, že průměrná energie kolísání okolo rovnovážné polohy je úměrná absolutní teplotě, nýbrž dovoluje rovněž vypočítat z měření těchto kolísání, např. při vysoce citlivé torzní váze, absolutní číslo a hmotnost molekuly s pozoruhodnou přesností.

Po takových a dalších velkých úspěších se zdá odůvodněnou naděje, že úkol světoobrazu klasické fyziky je v podstatě oprávněn a že nejistoty, jež přetrvávají při přenosu do smyslového světa a ze smyslového světa, by při

postupném zdokonalování měřicích metod stále více ztrácely na významu. Tato naděje byla zničena jednou ranou s příchodem elementárního kvanta akce, a sice navždy. Heisenbergem objevený a formulovaný a pro kvantovou fyziku charakteristický vztah neurčitosti uvádí, že ze dvou kanonicky konjugovaných veličin, jako je poloha a hybnost, či čas a energie, může být libovolně přísně měřena pouze jedna veličina a to tím způsobem, že se stupněm určitosti měření jedné veličiny narůstá úměrně neurčitost druhé. Jestliže je tedy veličina určena absolutně přesně, zůstává druhá veličina absolutně nepřesná.

Rozumí se, že dle tohoto stanovení je principiálně nemožné přenést současné hodnoty souřadnic a hybností hmotných bodů, jež jsou středem pozornosti světoobrazu klasické fyziky, s libovolnou přesností do smyslového světa. Tím roste potíž zavedení přísné kauzality, která dovedla některé indeterministy již k tomu, označit zákon kauzality ve fyzice s konečnou platností za vyvrácený. Mezitím při bližším pozorování vyplývá závěr, jenž spočívá v záměně světoobrazu se smyslovým světem, jakožto přinejmenším předčasný. Neboť mnohem blíže je jiné východisko z této potíže, totiž východisko, které již v podobných případech často prokázalo vynikající služby a které spočívá v domněnce, že otázka po současných hodnotách souřadnic a hybností materiálních bodů nemá v principu žádný fyzikální smysl. Nemožnost poskytnout na nesmyslnou otázku odpověď nesmí ale samozřejmě přitížit zákonu kauzality jako takovému, nýbrž pouze předpokladům, jež vedly ke stanovení oné otázky, tedy v tomto případě k předpokládané struktuře fyzikálního světoobrazu. A protože klasický světoobraz selhal, je třeba jej nahradit jiným.

To se nyní skutečně děje. Nový světoobraz kvantové fyziky vznikl právě z potřeby umožnit též zavedení přísného determinismu kvanta akce. K tomuto účelu se musel dosavadní původní stavební kámen světoobrazu - hmotný bod, zbavit svého základního charakteru. Byl rozpuštěn v systému materiálních vln. Tyto materiální vlny tvoří prvky světoobrazu. Hmotný bod

ve svém původním významu se nyní objevuje pouze jakožto zvláštní hraniční případ, jakožto nekonečně úzký vlnový balík, jehož hybnost při určité poloze bodu je plně neurčitá, a odpovídá *Heisenbergově* vztahu neurčitosti. Jestliže se ponechá poloze hmotného bodu určitý prostor, získá se též hybnost přibližně určitelné hodnoty. A poté přibližně platí pro polohu a hybnost zákony klasické mechaniky.

Všeobecně se zákony materiálních vln zásadně liší od zákonů klasické mechaniky hmotných bodů. Důležitá je ale okolnost, že pro látkové vlny charakteristická funkce – vlnová funkce či pravděpodobnostní funkce – jméno zde nehraje žádnou roli – je plně determinována počátečními podmínkami a okrajovými podmínkami pro všechna místa a časy, dle zcela určitých výpočetních pravidel. Totiž, že se užívá Schrödingerových operátorů či Heisenbergových matic či Diracových q -čísel.

Vidíme tedy: Ve světoobrazu kvantové fyziky vládne determinismus stejně tak přísně jako ve světoobrazu klasické fyziky, jen užívané symboly jsou zde jiné a pracuje se s jinými početními pravidly. Tomu odpovídající je v kvantové fyzice, stejně tak jako dříve v klasické fyzice, nejistota předpovědi události smyslového světa redukována na nejistotu spojitosti mezi světoobrazem a smyslovým světem, tj. na nejistotu přenesení symbolů světoobrazu do smyslového světa a opačně. Že je tato dvojitá nejistota vzata v úvahu, je nejpůsobivějším důkazem pro důležitost úkolu udržet determinismus především v rámci smyslového světa.

Ukazuje se ale již při zběžném zkoumání, jak dalece se vzdálil v kvantové fyzice světoobraz od smyslového a o kolik je v kvantové fyzice obtížnější přenést událost ze světoobrazu do smyslového světa či naopak, nežli tomu bylo v minulosti v klasické fyzice. Tam byl význam každého symbolu snadno srozumitelný. Polohu, rychlost, hybnost či energii hmotného bodu bylo možné více či méně přesně určit měřeními a nebyl žádný zjevný důvod, proč by se nemělo předpokládat, že pokulhávající

nejistotu bude možné v rámci jakýchkoliv libovolných omezení následnými upřesněními měřicích metod snížit. Naproti tomu neposkytuje vlnová funkce kvantové mechaniky nejprve vůbec žádné vedení bezprostřední interpretaci pro smyslový svět už proto, že se nevztahuje k žádnému obvyklému prostoru, nýbrž k prostoru konfiguračnímu, jenž má tolik rozměrů, jako existuje souřadnic v dané fyzikální struktuře. Načež – a to je to závažné – neposkytuje vlnová funkce hodnoty souřadnic jako funkce času, nýbrž pouze pravděpodobnost proto, že souřadnice mají k nějakému určitému předem danému času nějaké předem určené hodnoty.

Tato okolnost se stala pro indeterministy opět příležitostí k útoku na zákon kauzality. A tentokrát se zdá, že útok slibuje skutečně pozitivní výsledek, neboť ze všech měření je možné odvodit pro vlnovou funkci vždy pouze statistický význam. Mezitím se i tentokrát nabízí pro zastánce přísné kauzality totéž zachraňující východisko jako dříve, totiž domněnka, že otázka po významu určitého symbolu kvantového fyzikálního světoobrazu, např. materiální vlny, nemá žádný smysl, pokud není současně též dáno, v jakém stavu se nachází speciální měřicí přístroj, jenž je využíván k přenesení symbolu do smyslového světa. Mluvíme proto rovněž o kauzálním účinku použitého měřicího přístroje a chceme tím vyjádřit, že tato nepřesnost je alespoň částečně podmíněna tím, že množství měřené veličiny závisí určitým legitimním způsobem na způsobu jejího měření.

S touto pomocnou domněnkou se nyní celá otázka stáčí do slepé koleje, jejíž další průběh leží v nedohlednu. Neboť teď mohou indeterministé oprávněně položit otázku, zdali pak má představa kauzálního dopadu měřicího přístroje na měřený průběh vůbec nějaký racionální význam. Neboť každý takový pokus přímo prověřit kauzální vliv by přeci vyžadoval nějakých měření a s každým novým měřením se vkrade nový kauzální vpád, tedy nová nejistota do problému.

A přeci věc není touto námitkou odbyta. Neboť mimo přímých zkušebních metod existují, jak ví každý experimentální fyzik, ještě též nepřímé a ty v mnohých případech prokázaly dobré služby tam, kde první metody zklamaly. Především se ale musím ohradit vůči současně široko velmi rozšířené, pravda, velmi srozumitelně znějící myšlence, že fyzikální otázka si zaslouží být prozkoumána teprve tehdy, jestliže se od počátku stanoví, že připouští určitou odpověď. Následovali-li by fyzikové vždy tento předpis, nikdy by nebyl přijat k měření slavný *Michelsonův* a *Morleyův* experiment tzv. absolutní rychlosti země, a neměli bychom pravděpodobně ještě dnes k dispozici teorii relativity. Pokud by se nyní ukázalo zabývání se s dnes značně obecnou otázkou, jež je uznána jakožto nesmyslná, jako tou po absolutní rychlosti Země, jakožto nadmíru plodné pro vědu, o kolik více se pak musí vyplatit věnovat se dále problému, o jehož hlubokém významu činy ještě v žádném případě nerozhodly, a který dokázal obohatit výzkum jako žádný jiný.

Jakým způsobem se má ale rozhodnout? Patrně nezbyde nic jiného, než aby se ze dvou proti sobě stojících stanovisek nejprve svobodně vybralo nějaké určité za vlastní a nyní se zkoumalo, zda se z něho podaří dojít k cennému či nepoužitelnému výsledku. Potud je potřeba jedině vítat, že fyzikové, kteří této věci věnují více zájmu, se dělí do dvou táborů, z nichž jeden se kloní k determinismu a druhý k indeterminismu. Jak dalece vidím, jsou ti druzí aktuálně ve většině, přičemž je obtížné to určit a snadno se to může v průběhu času změnit. Mezitím je stále ještě prostor pro třetí stranu, jež v určitém smyslu přijímá smířlivé stanovisko tím, že určitým pojmům, jako je elektrická přitažlivost, připisují bezprostřední význam a přísnou zákonitost a naproti tomu jiným pojmům, jako je materiální vlna, připisují pouze statistický význam pro smyslový svět. Avšak toto pojetí se zdá kvůli svému nedostatku jednotnosti od počátku pravděpodobně nepřiliš uspokojivé. Proto bych od něj rád odhlédl a ještě trochu objasnil pouze ona dvě plně důsledná stanoviska.

Indeterminista se cítí díky zjištění, že vlnová funkce kvantové fyziky je pouze pravděpodobnostní veličinou, ve své touze po poznání uspokojen a nemá žádnou další otázku, kterou by položil. Naopak se mu zdá jakožto nevyřešený určitý přírodní zákon, jako je *Coulombův* zákon elektrické přitažlivosti. Neboť on se nemůže spokojit s *Coulombovým* výrazem pro sílu popř. pro potenciál, nýbrž musí hledat výjimky a může být teprve poté uspokojen, když se mu podaří určit míru pravděpodobnosti, která spočívá v tom, že se elektrická síla *Coulombovy* hodnoty odchýlí o libovolně předem dané množství.

Determinista přemýšlí ve všech těchto bodech právě naopak. *Coulombově* zákonu přisuzuje uspokojivý charakter s plnou platností. Naopak vlnovou funkci akceptuje jako pravděpodobnostní veličinu pouze potud, jestliže podhlédneme do měřicího přístroje, jímž je vlna analyzována a pátrá po přísných zákonitých vztazích mezi vlastnostmi vlnové funkce a procesy v měřicím přístroji. K tomuto účelu musí samozřejmě učinit objektem výzkumu především měřicí přístroj, stejně tak jako vlnovou funkci. Musí tedy nejen celé uspořádání pokusu, jenž slouží k vytvoření materiální vlny, třeba baterii vysokého napětí, žhavý drát, radioaktivní preparát, nýbrž také měřicí přístroj, tedy fotografickou desku, ionizační komoru, špičkový počítač, spolu s procesy, jež se v něm odehrávají, přenést do fyzikálního světoobrazu a musí se všemi těmito objekty zacházet jako s jediným obrazcem, jako s uzavřeným celkem. Ne, že by tím byl problém vyřešen. Naopak se tím stal ještě komplikovanější. Neboť protože celá struktura nesmí být rozdělena ani vystavena vnějším vlivům, pokud nemá být ztracena její osobitost, proto není možná absolutně žádná přímá zkouška. Pravděpodobně ale asi bude možné vystavět určité nové hypotézy a vzhledem k vnitřním procesům zkoumat jejich pozdější důsledky. Zda se opravdu vydat po této cestě, ukáže pouze budoucnost. Prozatím není jasně vidět, která cesta bude úspěšná. Tolik lze po výše řečeném považovat za zjištěné, že elementárním kvantem akce je určena objektivní hranice, kterou

nepřekročí účinnost měřicích přístrojů, jež jsou nám k dispozici, a že se proto požadovaný pokrok díky této hranici objeví ještě zřetelněji nežli dříve.

*

Tímto bychom vlastně byli u konce našich úvah, jež nám ukázaly, že provedení přísně kauzálního přístupu – slovo „kauzální“ je vždy užíváno ve výše zmíněném pozměněném smyslu – není též z hlediska moderní fyziky v žádném případě vyloučeno, i když jeho potřeba není prokázána ani na počátku ani posléze. Přičemž se zde rovněž přesvědčeným deterministům vnucuje myšlenka, jež brání nahlížet na zde uvedený význam kauzality jakožto plně uspokojivý. Neboť i kdyby se podařilo kauzální pojem popsáním způsobem ještě více rozvinout, přece ulpívá v jeho pojetí zde použitým závažný nedostatek. Je potřeba se totiž zamyslet, že vztah takto hluboce zakořeněného významu, jež zobrazuje kauzální řetězec mezi dvěma následnými událostmi, je ze své podstaty nezávislý na lidské mysli, která o něm uvažuje. Místo toho jsme od počátku nejen napojili pojem kauzality na lidský intelekt, totiž na schopnost předpovědět událost, nýbrž jsme též mohli vynutit provedení deterministického přístupu jen tím, že jsme na místo bezprostředně daného smyslového světa dosadili fyzikální světoobraz, tedy výtvar lidské fantazie provizorního a proměnlivého charakteru. To jsou antropomorfismy, jež stěží náleží základnímu fyzikálnímu pojmu. Vystává zde otázka, zda neexistuje způsob propůjčit tím kauzálnímu pojmu hlubší význam, jenž by ho zbavil jeho antropomorfního charakteru, jak dalece je to možné a osvobodil ho od zavedení lidského artefaktu, jež představuje fyzikální světoobraz. Ovšemže budeme muset trvat na naší výchozí tezi, že událost je teprve poté kauzálně podmíněna, může-li být s jistotou předpovězena, neboť jinak bychom ztratili jedinou pevnou půdu pod nohama. A stejně tak se musíme cítit být vázáni druhé tezi, že v žádném případě není možné událost přesně předpovědět. Z toho dále vyplývá, že pokud vůbec můžeme mluvit o kauzalitě v přírodě, musíme na první tezi uplatnit nějaké modifikace. Potud zůstane tedy vše jako doposud. Nicméně

způsob modifikace, jež jsme provedli výše, může být nahrazen nějakým zcela jiným.

Co jsme tam změnili, byl objekt předpovědi: událost. Nevztáhli jsme totiž události k bezprostředně danému smyslovému světu, nýbrž k uměle fingovanému světoobrazu, a získali jsme tím možnost přesně determinovat skutečnosti. Namísto objektu můžeme ale též modifikovat i subjekt předpovědi, tedy předpovídajícího ducha. Neboť ke každé předpovědi patří někdo, kdo předpověď činí. Budeme tedy dále naši pozornost směřovat pouze k předpovídajícímu subjektu, zatímco jakožto objekt předpovědi vezmeme vždy bezprostředně dané události smyslového světa za zřeknutí se zavádění umělého světoobrazu.

Především je jasně vidět, že jistota předpovědi závisí ve velké míře na individualitě předpovídajícího. Abychom navázali na předpověď počasí, je velký rozdíl, zda zítřejší počasí předpovídá někdo nekvalifikovaný, kdo neví nic o dnes převládajícím tlaku vzduchu, směru větru či teplotě vzduchu, nebo praktický zemědělec, jenž si všímá všech těchto dat a mimoto disponuje bohatými zkušenostmi, anebo konečně vědecky vyškolený meteorolog, jenž má mimo lokálních dat k dispozici četné předpovědní mapy z blízka i daleka s přesnými záznamy. S každým v této řadě za sebou následujícím prorokem se nejistota předpovědi stále více zmenšuje. Je každopádně třeba přijmout zřejmou myšlenku, že ideální duch, jenž prohlédne všechny fyzikální děje dneška na všech místech i v tom nejmenším, by mohl být schopen předpovědět zítřejší počasí ve všech podrobnostech se vsí jistotou a že totéž platí pro každou další předpověď fyzikálních událostí.

Takováto domněnka znamená extrapolaci, která není zdůvodněna logickými závěry, ale také není apriori k odmítnutí a proto nesmí být posuzována dle svého pravdivostního obsahu, nýbrž dle svého hodnotového obsahu. Ve světle tohoto pojetí se zdá skutečně nemožné i v jednom jediném případě přesně předpovědět událost, stejně tak jako z pozice klasického

fyzika, tak i kvantového, následkem okolnosti, že člověk samotný se svými smyslovými orgány a měřicími přístroji je součástí přírody, jejímž zákonům je podroben a z čehož se bohužel nemůže vymanit, zatímco ono napojení na ideálního ducha neexistuje.

Abychom mohli důsledně provést takové pozorování, musíme samozřejmě vzít v úvahu závažnou podmínku: Musíme se střežit pokusu uzpůsobit ideálního ducha k objektu vědecké kritiky tak, že ho uvážíme jako sobě rovného a namíříme k němu otázku, jak si obstaral znalosti, jež mu umožňují přesně předpovídat budoucí události. Tak by se mohlo zvědavému tazateli lehce stát, že mu zazní odpověď: „Přirovnáváš se k duchu, jemuž rozumíš, nikoliv mě.“ A když tedy onen povoláný zůstane neoblomný a představu ideálního ducha vysvětlí už nikoliv jakožto nelogickou, ale nesmyslnou, pak je zapotřebí namítnout, že ne všechny věty, jež se vyhýbají logickému zdůvodnění, jsou vědecky bezcenné a že svým krátkozrakým formalismem zaslepí právě ten pramen, na kterém zaseli své výzkumné nutkání muži jako *Galilei*, *Kepler*, *Newton* a mnozí další fyzici. Pro všechny tyto muže byla oddanost vědě vědomou či nevědomou záležitostí víry, neochvějně víry v racionální světový řád.

Samozřejmě není možné tuto víru nikomu vnutit, stejně tak jako nemůže být přikázána pravda či zakázán omyl. Ale samotná jednoduchá skutečnost, že jsme alespoň do určité míry schopni podřídit racionální přirozené procesy našim myšlenkám a řídit se naší vůlí, by musela zůstat plně nesrozumitelnou hádankou, jestliže by nebylo možné tušit alespoň určitou harmonii, jež spočívá mezi vnějším světem a lidským duchem. Je pouze otázkou druhotného významu, do jaké míry je zapotřebí rozšiřovat rozsah této harmonie.

Konečně tedy můžeme říci: Kauzální zákon není ani správný ani chybný, je to spíše heuristický princip a ukazatel, a sice podle mě nejcennější ukazatel, který vlastníme, pro navigaci v pestré změti událostí a pro ukázání

směru, jímž musí pokračovat vědecký výzkum, aby dosáhl plodných výsledků. Stejně jako zabavuje kauzální zákon okamžitě už rostoucí duši dítěte a pokládá mu do úst neúnavnou otázku „proč?“, tak celým životem doprovází badatele a předkládá mu ustavičně nové problémy. Neboť věda neznamena poklidný odpočinek v rámci získaných poznatků, nýbrž neúnavnou práci a neustále pokračující rozvoj.

3.4. Fyzika v boji o světonázor

Mé velevážené dámy a pánové!

Co má dočinění fyzika s bojem o světonázor? Takto má zřejmě mnohý z vás tendenci se tázat, přemýšlí-li o smyslu tématu, ke kterému bych dnes rád poskytl příspěvek. Fyzika se přece zabývá pouze objekty a procesy neživé přírody, zatímco po světonázoru je zapotřebí žádat, existuje-li nějaký uspokojivý, aby zahrnul celé fyzické i duševní žití a zaujal stanovisko zejména ke všem duchovním otázkám až po nejvyšší problémy etiky.

Na první pohled se může zdát jako pravděpodobné, že tato námitka při bližším přezkoumání neobstojí. Nejprve je třeba říci, že neživá příroda rovněž patří ke světu, že tedy světonázor, jenž uplatňuje nárok na obecnou působnost, musí zohledňovat též zákony neživé přírody a že je trvale nepřijatelný, jestliže se s nimi dostane do konfliktu. Nemusím zde poukazovat na zástup náboženských dogmat, jimž fyzikální věda zasadila smrtelnou ránu.

Nicméně s takovým negativním, rozvracejícím účinkem se v žádném případě nevyčerpává vliv fyziky na světonázor. Naopak, mnohem silněji přispívá k pozitivní výstavbě. Nejprve po formální stránce. Je všeobecně známo, že se metody fyzikální vědy díky své exaktnosti ukázaly jakožto neobyčejně plodné, a tím se staly určitým způsobem příkladnými rovněž pro humanitní vědy. Poté ale též po obsahové stránce. Tak jako každá věda přirozeně vychází ze života, tak skutečně nikdy není možné oddělit též fyziku od výzkumníků, kteří se jí zabývají a nakonec je přece každý výzkumník rovněž osobnost se všemi svými intelektuálními a etickými vlastnostmi. Z tohoto důvodu bude světonázor výzkumníka stále spolurozhodující působit na směr jeho vědecké práce, a je samozřejmé, že rovněž opačně výsledky jeho výzkumu nemohou zůstat neovlivněné jeho světonázorem. Toto dopodrobna rozvést v rámci fyziky vnímám jako hlavní úkol mých dnešních výkladů. Doufám tedy, že od Vás získám, pokud ne okamžitě

schválení, pak alespoň ne přímo nesouhlas, tvrdím-li, že rovněž fyzika v boji o světonázor může poskytnout zbraň, a sice zbraň velmi ostrou.

Začněme s úvahou obecného charakteru. Každému vědeckému způsobu pozorování je předpokladem zavedení určitého pořádku do bohatosti látky, jíž se má zabývat. Neboť pouze uspořádávající a porovnávající činnosti je možné získat přehled o přítomném a neustále se hromadícím materiálu, jenž je nutný k formulaci vyskytujících se problémů a dalšímu pozorování. Pořádek ale potřebuje rozdělení a potud stojí na začátku každé vědy úkol rozdělit celou existující látku dle určitého hlediska. Ale dle jakého hlediska? To není pouze první krok, jak ukázaly četné zkušenosti, nýbrž velmi často doslova rozhodující krok na cestě, jíž míří vývoj celé vědy.

Zde je nyní velmi důležité zjištění, že v žádném případě, v žádné bytí jediné vědě, neexistuje nějaké jasné od počátku určující hledisko, dle kterého může být nalezeno konečné rozdělení vhodné pro všechny případy, že tedy v této souvislosti není možné mluvit o nevyhnutelné nezávislé výstavbě vědy, vyplývající z principu věci samotné a prosté každého libovolného předpokladu. Především o této okolnosti musíme mít jasno. Je proto principiálně důležitá, neboť z ní jasně vyplývá, že hned na počátku každého vědeckého poznatku musí být rovněž rozhodnuto o hledisku pozorování, k jehož stanovení nestačí věcné úvahy, nýbrž musí být předloženy hodnotící soudy.

Vezměme jednoduchý případ z nejbohatší a nejexaktnější ze všech věd, matematiky. Pojednává o říši numerických veličin. Abychom získali přehled o všech číslech, je asi nejbližše uspořádat ji v závislosti na jejich velikostech. Pak si stojí dvě čísla tím blíže, čím méně se liší ve velikosti. Chci nyní zmínit dvě čísla, jež jsou si ve velikosti téměř zcela rovna. První číslo je druhá odmocnina ze 2, druhé číslo je dvanácticiferný desetinný zlomek 1,41421356237. První číslo je pouze o několik biliontin větší nežli druhé.

Proto může být s oběma čísly u všech numerických výpočtů ve fyzice stejně jako v astronomii nakládáno zcela identicky. Jakmile se ale řada čísel neuspořádá dle jejich velikosti, nýbrž dle jejich původu, objeví se mezi nimi obrovský rozdíl. Neboť desetinný zlomek je racionální číslo, je možné jej vyjádřit vztahem dvou celých čísel, zatímco druhá odmocnina je iracionální a nemá onu vlastnost.

Stojí si nyní obě zmíněná čísla blízko, anebo nestojí? Spor o takto položenou otázku by měl přibližně stejný smysl jako hádka mezi dvěma osobami, jež stojí naproti sobě, o otázku, která strana je pravá a která je levá.

Tento jednoduchý případ jsem uvedl proto, neboť jsem přesvědčen, že značný počet vědeckých kontroverzí, a právě takových, jež byla zpochybněna se zvláštní čílostí, v principu směřují k tomu, že oba protivníci, často aniž by to bylo vysloveno, při uspořádání svých myšlenkových procesů od počátku užívají rozdílný princip klasifikace a že každý způsob rozdělení ulpívá v určité dávce libovůle a tím určité jednostrannosti.

Ještě silněji nežli v matematice se projevuje význam volby principu organizace v každé přírodní vědě. Pomysleme jen na systematickou botaniku. Již v zájmu nezbytného názvosloví je nutná klasifikace všech rostlin dle druhů, rodů, rodin atd. a podle volby principu klasifikace vplynuly různé systémy, jež se v průběhu vývoje botanické vědy příležitostně krutě probjovaly, z nichž nicméně žádný není posuzován jakožto samostatně legitimní, neboť každý připouští určitou jednostrannost. Neboť též dnes obecně užívaný přirozený systém rostlin, ačkoliv má nad všemi dřívějšími umělými systémy velikou převahu, není ve všech částech jednoznačně určený a konečný, nýbrž do určité míry podléhá jistým výkyvům, jež odpovídají rozličnému postavení rozhodujících výzkumníků k otázce nejvhodnějšího principu klasifikace.

Nejnápadněji a nejvýznamněji se nicméně ukazuje z jedné strany nutnost, z druhé strany libovůle uspořádávajícího posouzení u humanitních

věd, především u historie. Historii je možné třídit podélně či příčně, je možné ji rozdělit dle politických, etnografických, lingvistických, sociálních, hospodářských hledisek, stále jsme nuceni zachovávat hraniční linie a uvádět rozdíly, jež se ukázaly při přesnějším pozorování jakožto měnlivé a nedostačující, neboť bohužel neexistuje žádný způsob klasifikace, při kterém není nic příbuzného odděleno, nic souvisejícího odtrženo. Tak v sobě každá věda nese již ve své výstavbě libovolný a proto také pomíjivý rys, a to se nikdy nezmění, neboť to spočívá v povaze věci.

Obrátíme-li se nyní speciálně k fyzice, tak leží rovněž zde na začátku vědeckého výzkumu úkol roztřídit zkoumané procesy do různých skupin. Neboť původ všech fyzikálních zkušeností nyní spočívá v našem smyslovém vnímání, tak se jakožto první princip klasifikace nabízelo rozdělení dle jednotlivých lidských smyslových orgánů a fyzikální věda byla rozdělena na mechaniku, akustiku, optiku, teplo, s nimiž se nakládalo jako s izolovanými oblastmi. Nicméně v průběhu času se ukázalo, že mezi jednotlivými částmi různých oblastí existují vnitřní vztahy a že se sestavení přesných fyzikálních zákonů povede mnohem lépe, odhlédne-li se nejprve od smyslových orgánů a zaměří se pozornost v první řadě na procesy mimo smyslové orgány, zachází-li se např. se zvukovými vlnami vycházejícími ze znějícího tělesa zcela nezávisle na uchu, se světelnými paprsky vycházejícími ze zářících těles nezávisle na oku. To vede k jiné klasifikaci fyziky, při které zakusí jednotlivé oblasti přeskupení, v kterém smyslové orgány ustupují zcela do pozadí. Tak nyní byly tepelné paprsky, jaké jsou přibližně vysílány rozpálenými kachlovými kameny, zcela vyjmuty z termodynamiky a přiřazeny optice, aby se s nimi zacházelo zcela stejným způsobem jako se světelnými paprsky. Zajisté tkví v takovém přeskupení, jež zcela ignoruje smyslové vnímání, něco jednostranného a násilného. Smyslově založené člověku *Goethemu* by to bylo ohavností. Neboť v jeho pohledu neustále mířeném na celek pevně trvá na prvenství bezprostředního vnímání a nemohl by proto nikdy svolit k odloučení zrakového orgánu od světelného zdroje.

Nebylo by-li oko sluneční podstaty,
jak bychom potom mohli spatřit slunce?

A přece by byl býval pravděpodobně jistě rád nechal dopadat Goethe o století později příjemný svit žárovky na svůj psací stůl, ačkoliv její výroba se zdařila právě na bázi fyzikální teorie, jím tak vroucně potírané.

Že by byla právě této úspěšné teorii během jejího vytrvalého rozpracování po uběhnutí několika desetiletí zkázou namítaná jednostrannost, nemohl ovšem ve své době dopředu tušit ani Goethe, ani jeho větší vědecký protivník Newton. Nechci ovšem předbíhat a obrátím se zpět k líčení dalšího průběhu vývoje fyzikální vědy.

Po vyloučení specifických smyslových vněmů z klíčových pojmů fyziky přirozeně následovalo vypuzení smyslových orgánů vhodnými měřicími přístroji. Oko ustoupilo fotografické desce, ucho oscilující membráně, kůže vnímající teplo termometru. Zavedení seberegistrujících aparátů se dělo do větší míry nezávisle na subjektivních chybových zdrojích. Ale podstatný rys nastíněného vývoje nespočíval v použití nových měřicích přístrojů, jejichž citlivost a přesnost se stále více zvyšovala. Podstatný byl spíše předpoklad, jež byl všeobecně učiněn základem teorie, že měření poskytuje bezprostřední informaci o existenci fyzikálního procesu, k čemuž též nutně přísluší, že procesy probíhají nezávisle na přístrojích, jimiž jsou měřeny. Poté je zapotřebí u každého fyzikálního měření rozlišit mezi objektivním či reálným procesem, jenž se odehrává zcela samostatně, a měřicím procesem, jenž je oním procesem vyvolán a podává o něm zprávu. Fyzikální věda má co do činění s reálnými procesy. Jejím cílem je pokrytí zákonitostí, dle jejichž diktu tyto procesy probíhají.

Oprávněnost této otázky se ukázala v nesmírně bohatých plodech, jež mohla sklidit klasická fyzika na cestě, již jí ukázalo toto pojetí, a která se viditelně odrazila jak v praktickém životě prostřednictvím přijetí techniky,

tak rovněž v sousedních vědách všech směrů, tudíž si mohu právem odříci její podrobné vylíčení.

Povzbuzen takovými úspěchy, krácel výzkum jednou určeným směrem dle principu divide et impera vytrvale dále. Po odštěpení reálných procesů od měřicích přístrojů následovalo štěpení těles v molekuly, štěpení molekul v atomy, štěpení atomů v jádra a elektrony. A paralelně s tím šlo dělení prostoru a času v nekonečně malé intervaly. Všude se hledala a nacházela vláda přísných zákonitostí, jež přijímaly tím jednodušší formy, čím dále se pronikalo v dělení a zdálo se, že nic neodporuje očekávání, že se jednou podaří zcela vyvodit zákony fyzikálního makrokosmu z časoprostorových diferenciálních rovnic, jež platí pro mikrokosmos. Tyto diferenciální rovnice poté poskytovaly pro jakýkoliv stav přírody zvolený jakožto výchozí bod nastávající stavové změny a z nich prostřednictvím integrace stavy pro všechny budoucí časy rovněž obsáhlý, jakoby svou harmonií uspokojující obraz fyzikálního světového dění.

O co nápadnějším a trýznivějším muselo být pocíťováno, když se na počátku tohoto století během stále pokračujícího zlepšování a množení měřicích metod ukázalo, nejprve v oblasti tepelného záření, poté u světelného záření a v elektronové mechanice, že popsané klasické teorii je vsazena nepřekročitelná objektivně definovatelná překážka. Příklad to pomůže objasnit. Stav pohybujícího se elektronu, jak jej musí, jakožto známý, předpokládat klasická fyzika pro výpočet jeho pohybu, zahrnuje polohu a rychlost elektronu. Nyní se ukázalo, že každá metoda přesného měření polohy elektronu vylučuje přesné měření rychlosti, a sice nepřesnost měření rychlosti roste přímo odpovídajíc přesnosti měření polohy a opačně dle zcela určitého specifického zákona podmíněného velikostí elementárního kvanta akce. Je-li absolutně přesně známa poloha elektronu, je jeho rychlost zcela neurčitá, a opačně.

Rozumí se, že v této situaci ztrácí diferenciální rovnice klasické fyziky svůj základní význam a že úkol zcela odhalit zákonitost reálných fyzikálních procesů musí být zatím pokládán za neřešitelný. Samozřejmě z toho není možné vyvodit závěr, že vůbec neexistuje zákonitost, nýbrž se nezdá přesouvat na nedostatečnou formulaci problému a tomu odpovídajícímu nevhodnému položení otázky. V čem ale tkví spáchaná chyba? A jak je možné ji napravit?

Nejprve je třeba zdůraznit, že není možné hovořit o zhroucení teoretické fyziky v tom smyslu, že se nyní vše dosavadní pokládá za nesprávné a odhodí se stranou. Na to je množství úspěchů dosažených klasickou fyzikou příliš tíživé. Nejedná se pouze o novostavbu, nýbrž o výstavbu a rozšíření teorie, a sice speciálně pro mikrofyziku, neboť v oblasti makrofyziky, tzn. pro větší tělesa a větší časoprostory, musí klasická fyzika zachovat vždy svou platnost. Chybu tedy není možné zjevně hledat v podkladu teorie, nýbrž nejprve jen v tom, že v předpokladech, jež byly použity ke stavbě teorie, se nutně nachází jeden, jenž nese vinu na neúspěchu a jehož odstraněním by byl zachován prostor pro rozšíření.

Proveřme nyní předloženou situaci. Pro teoretickou fyziku je základem přijetí existence reálných procesů, nezávislých na smyslovém vnímání. Toto přijetí musí zůstat zachováno za všech okolností; rovněž pozitivisticky naladěni fyzikové je užívají. Neboť trvají-li též na prvenství smyslových vnímání jakožto jediné báze fyziky, tak jsou ovšem nuceni uvěřit, aby unikli pošetilému solipsismu, že existují rovněž individuální šalby a halucinace, a mohou je vyloučit pouze požadavkem, aby byla fyzikální pozorování vždy reprodukovatelná. V důsledku toho je ale zjevné, co od počátku vůbec není samozřejmé, že funkcionální vztahy mezi smyslovými vněmy obsahují určité součásti, jež nejsou závislé na osobnosti pozorovatele, stejně jako na místě a čase pozorování, a právě tyto vztahy jsou tím, co označujeme reálným na fyzikálním ději a co se pokoušíme pochopit co do zákonné podmíněnosti.

Jak jsme viděli, k přijetí existence reálných dějů nicméně nyní připojila klasická fyzika další předpoklad, že porozumění zákonitostem reálných dějů je možné zcela získat cestou pokračujícího prostorového a časového dělení až k nekonečně malému. To je předpoklad, jež při bližší úvaze obsahuje silné omezení. Vede například k závěru, že zákony reálného děje je možné zcela pochopit, oddělíme-li jej od děje, jehož prostřednictvím je měřen. Nyní je nasnadě provést následující úvahu: Proces měření přináší informaci o reálném procesu pouze tehdy, když s ním nějak kauzálně souvisí a souvisí-li s ním kauzálně, bude ho obvykle více či méně rovněž ovlivňovat a určitým způsobem rušit, čímž bude výsledek měření zkreslen. Tento rušivý element a jím podmíněná chyba bude tím významnější, čím přesnější a citlivější je kauzální spojitost, jež svazuje reálný objekt s měřicím nástrojem, rušení je možné snížit, uvolní-li se kauzální spojitost, nebo, jak můžeme říci, zvětší-li se kauzální distance mezi objektem a měřicím nástrojem. Zcela se rušivému elementu vyvarovat není nikdy možné; neboť vezme-li se kauzální distance nekonečně velká, tzn. oddělí-li se zcela objekt od měřícího nástroje, nedozvíme se o reálném procesu vůbec nic.

Neboť nyní měření jednotlivých atomů a elektronů vyžaduje právě nanejvýš přesné a citlivé metody, vyžaduje tedy těsnou kauzální distanci, rozumí se tak, že přesné určení polohy elektronu je spojeno s relativně silným zásahem do jeho stavu pohybu a právě tak naopak, že přesné měření rychlosti elektronu vyžaduje relativně dlouhý čas. V prvním případě je narušena rychlost elektronu, v druhém případě se rozmazává poloha elektronu v prostoru. To poskytuje kauzální vysvětlení pro výše zmíněnou relaci neurčitosti.

Ačkoliv se zdá tato úvaha tak jasná, přesto ještě nemůže narazit na vlastní jádro našeho problému. Neboť okolnost, že průběh fyzikálního děje je narušován měřicím nástrojem, je dobře známa rovněž v klasické fyzice a od počátku by neexistoval vůbec žádný důvod, proč by se při pokračujícím vylepšování měřicích metod nemělo jednou podařit spočítat předem rovněž

míru narušení u elektronů. Abychom přišli na důvod selhání klasické fyziky v oblasti mikrokosmu, je tedy nutné se pohroužit ještě o něco hlouběji.

Důležitý krok vpřed v této otázce přineslo stanovení kvantové či vlnové mechaniky, z jejichž rovnic je možné dle přesných pravidel vypočítat pozorovatelné atomární děje zcela v souladu se zkušeností. Kvantová mechanika ovšem neposkytuje polohu jednotlivého elektronu v určitý čas jako klasická mechanika, nýbrž poskytuje pouze pravděpodobnost toho, že se elektron v určitý čas nachází v nějaké libovolně předpokládané poloze, nebo, jak je možné též říci, poskytuje pro veliké množství elektronů počet těch, jež se v určitý čas nacházejí v nějaké poloze.

To je zákon pouze statistického charakteru. Jeho znamenité potvrzení všemi předloženými měřeními na jedné straně a skutečnost relace neurčitosti na straně druhé podnítily řadu fyziků považovat statistickou zákonitost jakožto jedinou a konečnou bázi všech zákonných vztahů, především na poli atomové fyziky a otázku kauzality jednotlivých procesů prohlásit za fyzikálně nesmyslnou.

Zde nyní narážíme na bod, jehož bližší projednávání je zvláště důležité, neboť přivádí hluboko do klíčové otázky úlohy a výkonů fyziky. Pokládá-li se za úkol fyzikální vědy odhalení zákonitých vztahů mezi reálnými procesy v přírodě, tak kauzalita patří k podstatě fyziky a její zásadní eliminace musí být vnímána alespoň jakožto silně pochybná.

Především je zapotřebí si všimnout, že platnost statistických zákonitostí se velmi dobře snáší s vládou přísné kauzality. Již klasická fyzika toho obsahuje četné doklady. Vysvětluje-li se např. tlak plynu na obklopující nádobu nepravidelným nárazem četných molekul plynu, jež létají sem a tam do všech směrů, nestojí s tím poté v rozporu, že náraz jednotlivé molekuly proti stěně či proti jiné molekule nastává dle zcela určitého zákona a tím je kauzálně determinován. Nyní je možné namítat, že přísná kauzalita procesu může být teprve poté pokládána za nevyvratitelně dokázanou, jsme-li

schopni přesně předpovědět průběh procesu, aby ale nikdo nemohl kontrolovat pohyb jednotlivých narážejících molekul. Naproti tomu je zapotřebí odvětit, že skutečná přesná předpověď procesu v přírodě není možná ani v jediném případě a že proto nikdy nemůže být řeč o bezprostřední exaktní experimentální zkoušce platnosti kauzálního zákona. I v každém tak přesném měření se ukazují nevyhnutelné chyby v pozorování. Proto se ale přece vztahuje jak výsledek měření, tak každá jednotlivá chyba v pozorování k zvláštním kauzálním podmínkám. Přihlížíme-li na mořském břehu hře pěnivého vlnobití, nebrání nám nic v přesvědčení, že každá jednotlivá vodní bublinka vyplývá ve svém pohybu z přísně kauzálních zákonů, ačkoliv nemůžeme pomýšlet, že bychom dopodrobna sledovali jejího vzniku a rozplynutí se, natožpak je předpověděli.

Nyní však přichází na scénu relace neurčitosti. Dokud platila klasická fyzika, bylo možno doufat, že nevyhnutelné chyby v pozorování budou moci být příslušnou precizací přesnosti měření vždy dál a dál redukovány. Tato naděje byla objevením elementárního kvanta akce zmařena. Neboť kvantum akce stanovuje určitou objektivní hranici pro dosažitelnou přesnost a v rámci tohoto omezení již není kauzalita, nýbrž pouze nejistota a náhoda.

Odpověď na tuto námitku jsme již nachystali. Důvod pro nepřesnost měření v atomové fyzice nemusí vést v selhání kauzality, nýbrž může rovněž spočívat v chybě při vytváření pojmů a na ně navazujících otázek.

Právě vzájemné působení mezi měřícím procesem a reálným procesem je skutečně tím, jež nám kauzálně objasnilo alespoň do určité míry vztah nepřesnosti. Poté můžeme podrobně pozorovat pohyb elektronu právě tak málo, jako bychom asi mohli vidět barevný obraz, jehož rozměry jsou ještě menší nežli vlnová délka jeho barvy.

Ovšem: Myšlenku, že časem se přesto jednou podaří snížit v neomezené míře nejistotu fyzikálních měření zlepšením měřících nástrojů, musíme odmítnout jakožto nesmyslnou. Nicméně právě existence takové

objektivní hranice, jak je znázorněna elementárním kvantem akce, musí být vyhodnocena jakožto znamení pro vládu určité zákonitosti nového druhu, jež ovšem bezpochyby nemůže vyplývat ze statistiky. A stejně jako kvantum akce představuje rovněž každá další elementární konstanta absolutně danou reálnou veličinu, jako např. náboj či hmotnost elektronu a jeví se mi zcela podivné, chceme-li těmto univerzálním konstantám přikládat jistou principiální nepřesnost, jak by důsledně museli činit odpůrci každé kauzality.

Že je měřením v atomární fyzice vytyčena principiální hranice přesnosti, je srozumitelné rovněž díky úvaze, že i samotné měřicí přístroje sestávají z atomů a že přesnost každého měřicího nástroje nalézá svou přesnost v citlivosti, na niž reaguje. S mostovou váhou není možné měřit přesně na miligramy.

Máme-li však k dispozici pouze mostní váhu a chybí-li jakákoliv naděje opatřit si přesnější váhu? Není poté záhodnější principiálně rezignovat na pokus přesnějších vážení a otázku jednotlivých miligramů prohlásit za nesmyslnou, nežli pátrat po úloze, jež nemůže být přímými měřeními vyřešena? Kdo takto hovoří, ten podceňuje význam teorie. Neboť teorie nás odvádí určitým od počátku nepřehlédnutelným způsobem mimo přímá měření, prostřednictvím takzvaných myšlenkových experimentů, jež nás dalekosáhle činí nezávislími na nedostacích skutečných nástrojů.

Nic není nesmyslnějšího, nežli tvrzení, že myšlenkový experiment má význam pouze do té míry, je-li ho možné vždy zrealizovat měřením. Bylo-li by tomu tak, neexistoval by například žádný exaktní geometrický důkaz. Neboť každá čára, již je možné nakreslit na papír, není ve skutečnosti přímka, nýbrž více či méně úzký pruh a každá tečka je ve skutečnosti větší či menší flek. Přesto nepochybujeme o striktní průkaznosti geometrických konstrukcí.

S myšlenkovým experimentem se duch výzkumníka vypíná nad svět skutečných měřidel, dopomáhá mu k tvorbě hypotéz a k formulaci otázek, jejichž zkouška skutečnými experimenty mu otevírá vhled do nových

zákonných souvislostí, rovněž do takových souvislostí, jež jsou přímému měření nepřístupné. Myšlenkový experiment není vázán na žádnou hranici přesnosti, neboť myšlenky jsou citlivější nežli atomy a elektrony a rovněž zde přitom zaniká nebezpečí kauzálního ovlivnění měřeného děje měřicím nástrojem. Jediná podmínka, na niž závisí úspěšně provedení myšlenkového experimentu, je předpoklad platnosti konzistentních zákonných vztahů mezi sledovanými ději. Neboť co nepředpokládáme jakožto existující, to nelze doufat, že nalezneme.

Myšlenkový experiment je zajisté abstrakce. Nicméně tato abstrakce je pro fyzika, a sice jak pro experimentátora, tak pro teoretika, stejně nezbytná jako to, že existuje reálný vnější svět. Neboť stejně jako u procesu, jenž sledujeme v přírodě, musíme předpokládat něco, co probíhá na nás nezávisle, musíme na druhé straně prahnout po tom, abychom se co možná nejvíce osvobodili od nedostatků našich smyslů a našich měřicích metod a abychom z vyššího hlediska prohlédli podrobnosti děje. Obě tyto abstrakce si do jisté míry vzájemně protiřečí. Reálnému vnějšímu světu jako objektu stojí naproti jeho pozorující ideální duch jakožto subjekt. Oba není možné logicky odvodit a není proto též možné vést ad absurdum ty, jež je odmítnou. Nicméně to, že při vývoji fyzikální vědy hrají oba rozhodující roli, je nyní najednou skutečnost, již dosvědčuje každý list historie. Právě velké osobnosti a průkopníci fyziky, Kepler, Newton, Leibniz, Faraday, byli svou vírou přiměni na jedné straně ke skutečnosti vnějšího světa a na straně druhé k uplatnění vyššího rozumu v něm či o něm.

Nikdy by se nemělo zapomínat, že všechny tvůrčí fyzikální myšlenky mají svůj původ v těchto dvou zdrojích, z počátku ovšem převážně ve více či méně provizorní konstrukci podmíněné osobitostí fantazie jednotlivého výzkumníka, poté postupně uspořádané ve zřetelnějších a samostatnějších formách. Zajisté bylo ve fyzice neustále produkováno rovněž množství klamných myšlenkových pochodů, na něž byla vynaložena mnohá nepotřebná práce. Nicméně na druhé straně se ovšem rovněž ukázal mnohý

problém jakožto nanejvýš závažný, jež nejprve přísní kritici odmítali jakožto bezvýznamný. Ještě před 50 lety považovali všichni pozitivisticky smýšlející fyzikové otázku určení váhy jednotlivého atomu za fyzikálně nesmyslnou, za zdánlivý problém, neboť je vědeckému zkoumání nepřístupný. Dnes je možné stanovit váhu atomu na desetitisícinu jeho hodnoty, ačkoliv naše nejlepší váhy jsou k přímému měření stejně tak nevhodné, jako mostní váhy k měření miligramů. Proto je zapotřebí mít se na pozoru při pojímání problému, jehož řešení se nejprve neukazuje žádná schůdná cesta, jakožto problému zdánlivého. Právě nyní neexistuje žádné kritérium, abychom a priori rozhodli, zda je předložený problém fyzikálně nesmyslný či nikoliv. To je bod, jež pozitivisté různorodě přehlížejí. Jediná možnost, jak se může podařit správné ohodnocení problému, spočívá v posouzení dopadů, k nimž vede. Nyní též vzhledem k fundamentálnímu významu, jež představuje předpoklad přísně vládnoucí zákonitosti pro fyzikální vědu, nesmíme otázku její použitelnosti v atomové fyzice ukvapeně posuzovat za nesmyslnou, nýbrž budeme muset především vyzkoušet všechno, abychom přišli na stopu problému zákonitosti v této oblasti.

V čem tedy jen nyní spočívá hlubší příčina pro charakteristické selhání klasické fyziky v otázce kauzality, nemůže-li pro to poskytnout dostatečný důvod ani narušení, jež utrpí fyzikální proces kvůli nástroji, jež je zapotřebí k jeho měření, ani chybějící přesnost měřicích nástrojů? Zřejmě nezbyvá nic jiného, nežli vsutku nasnadě ležící radikální domněnka, že elementární pojmy klasické fyziky v atomové fyzice již nepostačují.

Klasická fyzika je opravdu vystavěna na předpokladu, že fyzikální zákonitost se naplno projevuje v nekonečně malém. Neboť dle ní je průběh fyzikálního dění na jakémkoliv místě světa zcela určen stavem v příslušném místě a v jeho bezprostředním okolí. V souladu s tím mají veškeré fyzikální stavové veličiny: poloha, rychlost, elektrické a magnetické silové pole atd. čistě lokální charakter a mezi nimi platící zákony jsou zcela znázorněny časoprostorovými diferenciálními rovnicemi mezi těmito veličinami. S tím

nicméně zřejmě v atomové fyzice nevystačíme; výše zmíněné pojmy musí být doplněny, popř. zevšeobecněny. Ale jakým směrem? Zdá se mi, že určitý náznak spočívá ve stále jasnějším a nedávno objeveném poznatku, že samotné časoprostorové diferenciální rovnice, rovněž ty vlnové mechaniky, ještě nevyčerpaly celý obsah zákonitosti platné pro děje ve fyzikální struktuře, nýbrž že k tomu vždy ještě patří rovněž zohlednění okrajových podmínek sledované struktury. Okraj je nicméně vždy konečné rozlohy, jeho bezprostřední odehrávání se v kauzální souvislosti znamená tedy nový element kauzálního pozorování, klasické fyzice neznámý.

Zda a jak dalece se jednou na této cestě postoupí, nás musí poučit budoucí výzkum. Jak tomu jen může být a jaké výsledky později jednou vyjdou najevo. Jedno je možné každopádně tvrdit s jistotou: O naprostém pochopení reálného světa se bude moci jednou mluvit stejně tak málo, jako o povstání lidské inteligence do sféry ideálního ducha. To jsou a zůstanou pouze abstrakce, jež pojmově leží mimo skutečnost. Nic ovšem nebrání domněnce, že se trvale a neomezeně můžeme přibližovat nedosažitelnému cíli, a sloužit tomuto úkolu a neustále pokračovat směrem jednou uznaném jakožto nadějném, je právě smysl neustále aktivní vědecké práce, vždy znovu se napravující a zlepšující. Že se skutečně jedná o pokrok, a nejen o bezcílný pohyb sem a tam, se dokazuje tím, že z každého nově získaného stupně poznání můžeme mít přehled o všech předchozích stupních, zatímco pohled na stupně ležící před námi je ještě zahalen, podobně jako má turista mířící k novým vrcholům shora přehled o již zdolaných vrcholcích a již získaný přehled zužitkuje pro další výstup. Uspokojení a štěstí výzkumníka nespočívá v pokoji toho, co vlastní, nýbrž v ustavičném rozmnožování poznatků.

Dámy a pánové! Doposud jsme hovořili pouze o fyzice. Ale jistě budete mít dojem, že vyřčené si nárokuje obecnější smysl, daleko přes hranice fyzikální vědy. Neboť vědy, přírodní a humanitní, není možné v této chvíli v žádném bodě najednou od sebe jasně oddělit, nýbrž vytvářejí jednotnou pevně spletenou tkaninu. Uchopí-li se z ní pouhý cíp, šíří se

napjatost neodvratně do všech směrů a celek se začne pohybovat. Stejně tak je to rovněž s otázkou kauzality. V rámci fyziky by nemělo smysl předpokládat vládu přísné, nezlomné kauzality, neplatilo-li by totéž rovněž v biologii a psychologii. -

Jak je to ale nyní se svobodnou vůlí, jejíž prvenství je však prostřednictvím našeho vědomí, tedy díky nejpřímějšímu možnému existujícímu pramenu poznání, se vší jistotou autentické? Je rovněž lidská vůle vázána kauzálně či nikoliv? Takto postavená otázka, jak jsem se již výše opakovaně pokoušel vyložit, je vzorovým příkladem pro druh problémů, jež jsme výše označili za zdánlivé problémy, které totiž přísně vzato nemají žádný určitý smysl. V předloženém případě spočívá zdánlivá potíž v pouze nepřesné formulaci otázky. Skutečný stav věci je možné v krátkosti vyslovit následujícím způsobem. Z hlediska ideálního vše prohlédnuvšího ducha je lidská vůle, stejně jako všechno živé a duchovní bytí, kauzálně zcela vázáno. Naproti tomu z hlediska vlastního já není vlastní vůle mířící do budoucnosti kauzálně vázána, a sice proto, neboť samotné poznání vlastní vůle vždy opět ovlivňuje vůli, tudíž zde není možné mluvit o konečném poznatku pevné kauzální souvislosti. Proto je možné stručně říci: Objektivně, posuzováno zvenčí je vůle kauzálně vázána, subjektivně, posuzováno zevnitř je vůle svobodná. Obě tyto věty si vzájemně protiřečí právě tak málo, jako obě vzájemně protichůdná tvrzení o pravé a levé straně, o nichž byla řeč dříve. Kdo s tím nechce souhlasit, ten přehlíží či zapomíná, že vlastní chtění není nikdy vlastnímu poznání bezezbytku pokorné, nýbrž si naproti tomu stále ponechává poslední slovo.

Zůstaneme tedy u toho, že musíme v principu rezignovat na pokus předem stanovit motivy našich vlastních volných jednání pouze na základě kauzálního zákona, tedy na cestě čistě vědeckého poznatku, a tím je řečeno, že žádný rozum a žádná věda nedostačuje podat odpověď na nejdůležitější ze všech otázek, jež na nás doléhají všude v osobním životě, na otázku: Jak mám jednat?

A proto věda absolutně nepřichází do úvahy tam, kde přicházejí do hry etické problémy? Jednoduchá úvaha ukazuje, že toto není vůbec pravda. Skutečně jsme hned z počátku viděli, že již při první výstavbě každé vědy, u otázky vhodného rozčlenění na znalostní soudy a hodnotové soudy se ukazuje neřešitelná vzájemná souvislost, a že není možné vědu nikdy zcela oddělit od osobnosti výzkumníka, jenž se jí zabývá. A právě tato novější fyzika nám dala vodítko, jenž ukazuje ještě zřetelněji týmž směrem. Naučila nás, že nezjistíme charakter struktury, rozkládáme-li ji stále na její jednotlivé součásti a poté každou součást studujeme jednotlivě, neboť při takové metodě se často ztrácí důležité vlastnosti struktury. Musíme navíc stále pozorovat rovněž celek a dbát na souvislost jednotlivých částí.

Nejinak je tomu s obsahem duchovního života. Vědu, náboženství, umění není možné nikdy od sebe zcela oddělit. Celek je stále ještě něčím jiným nežli součtem jednotlivých částí. Totéž konečně platí rovněž při uplatnění na celé lidstvo. Bylo by úsměvnou naivitou, chtěli-li bychom zkusit získat studiem, i kdyby velkého počtu jednotlivých lidí, jeden pojem svérázu jejich pospolitosti. Neboť každý jednotlivec přísluší nejprve společenství, své rodině, svému příbuzenstvu a svému lidu, společenství, do něžž se musí začlenit a podřídit se mu a z něžž se nikdy nemůže nechat beztrestně odloučit. Proto každá věda, stejně jako každé umění a každé náboženství vzešlo z národní půdy. Že se na to po nějaký čas mohlo zapomenout, se na našem lidu dostatečně hořce podepsalo.

Inu, to je všechno dobře známé, můžete říci, abychom to nicméně pochopili, nevyžaduje to odbočku přes fyziku. Ne, zcela určitě nikoliv. Na tomto místě mi jde rovněž pouze o zjištění, že fyzikální věda zde nezaujímá žádné zvláštní postavení, nýbrž ústí do téhož výsledku a téhož nazírání jako každá jiná věda, tak odlišná mohou být rovněž východiska. Vlastní sílu svého postavení nicméně nyní ukazuje fyzika při dalším rozvedení našich myšlenkových pochodů. Neboť u ní se vyskytuje nejjasněji a nejjednoznačněji tendence rozšiřovat se a zvětšovat se na základě svého

speciálního původu do všech směrů, podobně jako má strom zdravého růstu ambice stoupat svou korunou stále více do oblak a své větve rozpínat so všech stran, zatímco jeho kořeny zůstávají ovšem pevně v zemi. Věda, jež není schopna či nemá vůli působit na své vlastní lidi, není hodna svého jména. Neboť že přírodní zákony jsou tytéž ve všech zemích světa, nemůže nikdo popřít. Proto nepotřebuje fyzika teprve bojovat o svůj mezinárodní význam, jako např. historie, u které se dokonce pochybovalo, zda má vůbec smysl hovořit o ideálním cíli objektivní historiografie. A jako věda, tak se povyšuje nad jednotlivý lid rovněž etika. Jak by byl jinak možný civilizovaný provoz mezi příslušníky rozličných národů? Rovněž v této oblasti je postavení fyziky silné a rozhodující. Její vědecká bezespornost bezprostředně zahrnuje etický požadavek upřímnosti a poctivosti, jež má taktéž platnost navždy a pro všechny kulturní národy a proto si smí nárokovat pozici první a nejvznešenější cnosti. Nemyslím si, že říkám příliš, tvrdím-li, že provinění se proti tomuto morálnímu přikázání se v žádné jiné vědě neodhalí a nepranýřuje ostřeji než právě ve fyzice.

V tom zarážejícím kontrastu stojí bezohledná a pohodlná benevolence, s kterou jsou tyto hříchy v běžném životě přijímány. Zde nemám na mysli takzvané konvenční lži. Ty jsou v podstatě neškodné a do určité míry chtě nechtě nepostradatelné. Nicméně konvenční lží není nikdo podveden, neboť je právě konvenční. Nemravnost začíná teprve tam, kde je úmysl podvést adresáta a vštípit mu nesprávné představy. Zde jsou v první řadě povoláni neúprosně očišťovat a jmenovitě jít sami dobrým příkladem v čele ti, již musí působit v zodpovědných pozicích.

Od pravdomlupnosti je neoddělitelná spravedlnost, jež neznamena nic jiného, nežli nesporné a praktické provedení morálního posouzení úvah a konání. Jak neúprosně a důsledně působí přírodní zákony ve velkém nejinak než v malém, tak vyžaduje i společné žití lidí stejné právo pro všechny, pro vysoké i malé, vznešené i nízké. Běda společenství, v němž je otřesen pocit právní jistoty, hraje-li při právních sporech roli ohled na

postavení a původ, ví-li bezbranný, že již není shora chráněn před vpádem mocnějšího souseda, jsou-li zjevná překrucování pravdy zastírána jalovými prospěchářskými důvody. Pro právní jistotu má právě prostý člověk citlivé vnímání. Velký král Fridrich neučinil nic lidovějšího, nežli báchorku o Mlynáři ze Sanssouci. V takovém smýšlení Prusko a Německo vzrůstalo. Kéž by se našemu lidu nikdy neztratilo! Každý, kdo miluje svou vlast, má svatou povinnost spolupracovat na jejím zachování a prohlubování.

Ovšem, jedno nám musí být jasné od počátku. Kýženého efektu, konečně uspokojivého stavu nebude a nemůže být nikdy zcela dosaženo. Neboť i ten nejlepší a nejzralejší etický světový názor nás nedovede až k cíli ideální dokonalosti, může nám pouze ukázat směr, kterým je zapotřebí cíl hledat. Kdo toho nedbá, může se snadno dostat do nebezpečí, buďto propadnout sklíčenosti, anebo jinak vůbec pochybovat o hodnotě etiky a tím, právě když chce být vůči sobě zcela upřímný, být dokonce hnán, aby na ni útočil. Tomu příkladem jsou mnozí filozofové etiky. Je to zcela stejně v etice jako ve vědě. Nejdůležitější není trvalé vlastnictví, nýbrž to důležité je ustavičný boj mířený k ideálnímu cíli, denní obnova života spojená se stále znovu počínajícím zápasem o zlepšení a zdokonalování.

Musíme se přesto nakonec ptát, není-li taková ustavičná, v principu beznadějná lopota nanejvýš neuspokojivá? Copak má vůbec nazírání na svět ještě nějaký smysl, nepoukážou-li ti, jež se mu obětují, někde v životě alespoň na jeden pevný bod, jenž poskytuje bezprostřední a trvalou oporu v ustavičném zoufalství a nepokoji jejich bytí?

Chceme se cítit blažení, že tato otázka připouští velmi dobrou souhlasnou odpověď. Skutečně, existuje pevný bod, jisté vlastnictví, jež v každém okamžiku každý, i ten nejmenší, může nazývat jeho vlastním, nepomíjivým pokladem, jenž myslícímu a vnímajícímu člověku poskytuje nejvyšší štěstí, vnitřní pokoj a spočívá v něm proto nepomíjející hodnota: Čisté smýšlení a dobrá vůle. Obě dávají záchrannou kotvu v životních

bouřích, jsou prvním předpokladem pro upřímné, uspokojivé jednání a současně nejúčinnější prostředek proti mukám výčitek svědomí. Jako stojí na počátku každé opravdové vědecké činnosti, tak představují neklamné kritérium pro mravní hodnotu každého člověka.

Jen toho, kdo se vždy usilovně snaží,

můžeme spasit.

4. Závěr

Max Planck patřil a pravděpodobně vždy patřit bude mezi nejvýznamnější fyziky vůbec. Byť jeho prvotní orientace směřovala spíše humanitním směrem, kdy se na gymnáziu projevil Planckův talent hudební či filologický, přesto se nakonec rozhodl ke studiu matematiky a přírodních věd. Zdálo se, že fyzika dosáhla svého vrcholu, přesto se Planck nenechal odradit a ve vyšším ročníku přestoupil ke studiu experimentální fyziky, neboť obor fyziky teoretické nebyl tehdy ještě vyučován. Nakolik bylo toto jeho rozhodnutí řízeno náhodou, vlastní vůlí, Bohem či bylo od počátku determinováno, na to Planck nikdy neodpověděl, alespoň ne svým posluchačům či čtenářům. Jisté je to, že rozhodnutí to bylo správné. Planck přispěl významnou měrou k velkolepému převratu celé fyziky, díky čemuž se proměnilo i celé nazírání na tehdejší svět a otázky týkající se kauzality, determinismu, svobodné vůle či Boha tak nabyly na vší vážnosti. Byť by se mohlo zdát, že všechny tyto otázky mohly být z pozice přírodního vědce, fyzika Maxe Plancka, neproblematicky nazírány, bylo tomu přesně naopak. Planck k výše zmíněným tématům přistupoval s neobyčejnou důležitostí a věnoval jim v rámci svých úvah a přemítání mnoho prostoru. Lze tedy Maxe Plancka na základě těchto jeho filozofických rozjímání právem řadit mezi filozofické myslitele?

Věřím, že na základě předložené práce, nezbude než souhlasit, že Plancka lze vnímat nejen jako geniálního exaktního vědce, ale též niterně přemýšlivého filozofa, jenž vládne touhou své myšlenky předat okolí a neváhá tak velké množství své energie věnovat právě přednáškám, jež zcela jistě do oblasti filozofie spadají. Kdo by však toužil Plancka zařadit mezi představitele jakéhokoliv filozofického „ismu“, ať už idealismu, realismu, racionalismu či například v Planckově době převládajícímu pozitivismu, bude pravděpodobně zklamán. Planckovo filozofické uvažování nevykazuje žádné společné znaky, na jejichž základě by bylo možné dovolit si zařadit jej do určité filozofické přihrádky. Planck totiž většinu svých filozofických úvah věnoval tématům, jež přirozeně souvisela nejen s jeho vědeckým bádáním, ale i celým životem. Adekvátním způsobem se pak pokouší sdělovat svým čtenářům a posluchačům své myšlenky na základě mnohých příkladů, jež vycházely z života běžného člověka.

Ačkoliv právě v době počátků Planckových bádání, tj. na počátku 20. stol., si pozitivistické hnutí získává mezi vědci stále více přívrženců, Planck se k nim neřadí a naopak se vůči pozitivismu vymezuje a téměř všemi jeho pozdějšími filosofickými statěmi velmi často prolíná jeho více či méně výrazná kritika pozitivistického smýšlení. Dělo se tak především proto, že se Planck věnoval nejen otázkám spadajícím do exaktní oblasti fyziky, ale jeho zájmu neunikla ani oblast metafyziky, etiky či náboženství. V souladu s jím zastávanými klíčovými stanovisky se nutně opakovaně dostával do sporů se zastánci pozitivismu, neboť už podstata jeho mnohých východisek se pohybuje v nebezpečných vodách metafyziky, jež je pro pozitivisty už od základů absolutně nepřijatelná. Pokud bychom tedy Plancka chtěli někam řadit, pak mezi kritiky pozitivismu. Nicméně i on sám prošel jistým vývojem, což přiznává v roce 1940, kdy píše: „Sám jsem se ještě před 50 lety počítal

k přesvědčeným pozitivistům, toto období někdy zakusí každý kriticky způsobilý vědec a setrvá v něm kratší či delší čas.“¹⁵⁷

Zajímavé je (nicméně pro přívržence pozitivismu zcela příznačné), že v počátcích Planckových bádání lze nalézt i jeho odmítání ještě celé filozofie, kdy například ve svém „Prinzip der Erhaltung der Energie“ v roce 1908 kritizuje myšlenky Roberta Mayera¹⁵⁸ v tom smyslu, že téměř celé zdůvodnění jeho učení je postaveno na metafyzice, a tím současně na extrémně slabých základech a není tak možné Mayerovým badáním přiznat jakoukoliv důkaznou hodnotu. Přesto mu současně ale později přiznává neobyčejně praktický význam, jestliže jeho učení usnadňuje celkový přehled o zmíněném principu.¹⁵⁹ Pravděpodobně i v těchto jeho nejednoznačných postojích můžeme nalézt zárodky Planckových pozdějších úvah, kdy pro pochopení fyziky později v podstatě vyžaduje přijetí metafyziky. Současně pak v „Prinzip der Erhaltung der Energie“ též varuje před každým „úzkoprse zakořeněným empirismem“,¹⁶⁰ zatímco o stránku později už vede boj proti „metafyzickým důkazům“.¹⁶¹ V mnoha Planckových dílech se tak na různých místech setkáváme s jeho dvojnárodními postoji, kdy se ve svých vědeckých počátcích s pozitivistickými postoji spíše ztotožňuje a teprve později se jim čím dál více vzdaluje. Již zcela konkrétní rysy jeho kritiky pozitivismu lze nalézt v jeho „Die Einheit des physikalischen Weltbildes“, již Planck přednesl v prosinci 1908. Zde se v podstatě poprvé systematicky věnuje vyložení jeho pohledu na svět fyziky. V této jeho přednášce nalezneme většinou kritiku

¹⁵⁷ PLANCK, Max. Naturwissenschaften und reale Außenwelt. In: *Naturwissenschaften*, 28, 1940, č. 50, s. 779.

¹⁵⁸ Německý fyzik (1814–1878), jeden ze zakladatelů termodynamiky.

¹⁵⁹ PLANCK, Max. *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig: B. G. Teubner, 1913, s. 27.

¹⁶⁰ PLANCK, Max. *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig: B. G. Teubner, 1913, s. 149.

¹⁶¹ PLANCK, Max. *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig: B. G. Teubner, 1913, s. 150.

spíše nepřímou, kdy se prostřednictvím svých myšlenek pozitivistickým myšlenkám vzdaluje či jim přímo odporuje.

Pokud bychom se tedy pokusili vymezit jednotlivá zlomová období Planckova filozofického vývoje, mohli bychom jej rozčlenit na následující: 1) V období do roku 1908 byl Planck např. v rámci své kritiky vůči Machovi, jednomu z průkopníků pozitivismu, ještě velmi zdrženlivý a teprve si zřejmě utvářel své vlastní filozofické stanovisko.¹⁶² 2) Období mezi 1908–1920 je charakteristické pro prohloubení Planckových vlastních filozofických myšlenek. Roku 1908 Planckem přednesená výše zmíněná „Die Einheit des physikalischen Weltbildes“ představuje důležitý milník v Planckově vývoji. On sám tuto svou první podrobnou filozofickou přednášku později označuje za programovou pro jeho celý pozdější vývoj a koncepci.¹⁶³ 3) V období 1920–1937 Planck přednáší většinu jeho zásadních filozofických přednášek. Jedná se o: „Kausalgesetz und Willensfreiheit“, 1923 (Kauzalita a svobodná vůle); „Das Weltbild der neuen Physik“, 1929 (Světobraz nové fyziky); „Positivismus und reale Aussenwelt“, 1930 (Positivismus a reálný vnější svět), „Der Kausalbegriff in der Physik“, 1932 (Pojem kauzality ve fyzice); „Die Physik im Kampf um die Weltanschauung“, 1935 (Fyzika v boji o světonázor); „Vom Wesen der Willensfreiheit“ 1936 (O bytí svobodné vůle). Právě v tomto období se Planck zaměřuje na kritiku moderního pozitivismu. 4) V období od roku 1937 se Planck zaměřuje v rámci svých filozofických přednášek kromě pokračující kritiky pozitivismu i na otázky týkající se náboženství a etiky. Do tohoto období spadají jeho klíčové následující filozofické statě: „Religion a Naturwissenschaft“, 1937 (Náboženství a přírodní věda); „Determinismus oder Indeterminismus?“ 1938 (Determinismus anebo indeterminismus?); „Sinn und Grenzen der exakten

¹⁶² VOGEL, Heinrich. Zum philosophischen Werken Max Plancks, Berlin: Akademie Verlag, 1961, s. 113.

¹⁶³ Úvodní slovo k 9. Vydání „Wege zur physikalischen Erkenntnis“.

Wissenschaft“ 1941 (Smysl a hranice exaktní vědy); „Scheinprobleme der Wissenschaft“ 1946 (Zdánlivé problémy vědy).

Jedním z klíčových prostředků, zkrze něž Planck utíkal do sféry filozofie, byl jím definovaný svět existující mimo náš reálný svět, metafyzický vnější svět, resp. fyzikální světoobraz. Planckova vědecká výstavba tak zahrnovala v podstatě tři světy, jež jsou představovány 1) reálným světem 2) smyslovým světem, k němuž se většinou vztahují fyzikální zákony a 3) fyzikální světoobrazem, jenž stojí mezi smyslovým světem a reálným světem. Co se týče smyslového světa, ten reprezentuje oblast vnímání a měření, tedy pozorování. V této oblasti nachází nejvíce prostoru samotná fyzika, jež zde nachází materiál, který později zpracovává. Reálný svět představuje svět našeho reálného bytí. V rámci fyzikální vědy jej tak zastupuje zákonitost, přírodní konstanty, silová pole apod. Tento svět není ve své podstatě podle Plancka proveditelný, přičemž realizovat jej můžeme za pomoci třetího světa, tedy onoho fyzikálního světoobrazu.

Fyzikální světoobraz byl pro Plancka naprosto zásadní, neboť právě díky němu se může věda vyvíjet. Velikým úkolem samotné fyziky bylo tedy tento svět poznávat. Neboť je to právě fyzikální světoobraz, ve kterém je vždy a za všech podmínek platná kauzalita. Fyzikální světoobraz je vědomým, logickým bezesporným výtvozem lidského ducha, je to systém pojmů a vět vytvořený v souladu zákonitostí reálného světa. Fyzikální světoobraz nahrazuje podle Plancka pouze přesně pozorované veličiny smyslového světa jasně definovanými symboly. Jsou zde nejdůležitější objekty, jež vyvolávají vnímání skrze smysly, přičemž na místo pestré subjektivní rozmanitosti vstupuje na scénu objektivní řád, jenž se dále vyvíjí odpovídaje výzkumné práci.

Platnost kauzality ve fyzice nebyla nikdy popírána, dokud se v roce 1927 neobjevil Werner Heisenberg se svým slavným principem neurčitosti, jenž specifikuje jisté teoretické hranice naší schopnosti provádět vědecká

měření. Podle principu neurčitosti nám ani sebelepší zdokonalení měřicího přístroje nedovolí získat přesné výsledky konjugovaných veličin. Bylo tak skutečně zcela paradoxní, že právě Planck, jeden z tvůrců kvantové teorie, se zasloužil o takový vývoj, který zpochybnil zákon kauzality a jenž ho nakonec nutil neustále ochraňovat její platnost vůči novějším fyzikálním snahám. Nutno říci, že Planck tak činil neobyčejně neoblomně a zjevně tak ani na chvíli neuvažoval nad tím, že by kauzalita neměla platit. Podle Plancka tak kauzalita platila nejen ve fyzice, astronomii, biologii, ale dokonce i v humanitních vědách. Zde si Planck poradil určitým skokem do oblasti metafyziky, když kauzalitu označil za transcendentní, tj. zcela nezávislou na charakteru badatele, díky čemuž si dokázala svůj význam navždy, i přes úplnou nepřítomnost subjektu, jenž ji poznává. Platná tak kauzalita zůstává vzhledem ke své transcendenci jako charakterové vlastnosti vždy, zatímco realizovatelná je pouze v případě, je-li nahlížena okem nějakého mikroskopického pozorovatele, tj. někoho, kdo je schopen ji díky detailnějším znalostem či vyšší inteligenci (Planck mluví o božském oku) prohlédnout.

Poradit si Planck umně dokázal i s konkrétním pojmem svobodné vůle, tedy s otázkou zda může svobodná vůle vůbec nalézt prostor uprostřed všeopanující kauzality. Šalamounsky tak řeší otázku, zda je lidská vůle svobodná či kauzálně determinována, tvrzením, že ona otázka je postavena na logicky nepřípustné disjunkci, tj. ani jedna možnost nevylučuje druhou. Lidská vůle je tak podle Plancka kauzálně determinována opět za předpokladu existence výše zmíněného mikroskopického pozorovatele, tj. někoho, kdo je schopen na základě znalostí či inteligence lidskou vůli, resp. motivy člověka k jeho veškerému jednání, prohlédnout na základě podrobnějších znalostí či vyšší inteligence. Lidská vůle je a musí být svobodná z pohledu člověka sebe sama, tj. kauzalitu je možné uplatnit na veškeré procesy skrze svou inteligenci do té míry, dokud není ovlivněna ona sama tímto uplatněním – ne tedy na vlastní myšlenky a jednání, ať už současné či budoucí.

Co se týče Planckova postoje k náboženství, tedy otázkou, jíž byl pravděpodobně pokoušen celým životem, i tady volí relativně bezkonfliktní cestu, když se v podstatě neustále snaží nacházet možnost vzájemného klidného soužití vědy vedle náboženství. Podle Plancka je náboženství vazba člověka na Boha, zakládající se na uctivé pokoře před nadpozemskou silou, které je život člověka podroben a která má blaho i žal člověka ve své moci. Nejvyšší cíl zbožného člověka vidí Planck uvést sebe sama v soulad s touto nadpozemskou silou a pevně se jí držet. Podle něj však ve většině oblastí, tj. např. v oblastech etiky či přírodních zákonů, spolu věda s náboženstvím nemají co dočinění. Věda a náboženství se shodují v otázce existence a podstaty nad světem vládnoucí moci. Existuje tedy rozumné uspořádání světa, jež je na lidech nezávislé, přičemž podstata tohoto uspořádání světa není nikdy přímo poznatelná a může tedy být jen nepřímo uchopena, popřípadě předvídána. Planck tvrdí, že zbožnému člověku je primárně dán Bůh a z něho vychází vše ostatní včetně uspořádání dle přírodních zákonů. Naopak přírodovědci je primárně dán obsah smyslových vnímání a z něho odvozená měření. Odtud se pokouší přiblížit dle možností k bohu a jeho uspořádání světa.

Podle Plancka tedy pro zbožného člověka stojí Bůh na začátku a pro přírodovědce na konci, a zatímco vědu potřebuje člověk k poznání, náboženství k jednání. Věda a náboženství se tak vzájemně doplňují. Věda tedy může pátrat po tom, co je, a ne po tom, co by mělo být a mimo její doménu zůstává hodnota soudů všeho druhu zachována. Náboženství, na straně druhé, se zabývá pouze hodnocením lidského myšlení a jednání, protože nemůže oprávněně hovořit o skutečnosti a vztahy mezi fakty.

Ze všeho výše popsaného tak jasně vyplývá, že Planck se dokázal vyrovnat s mnohými východisky či mnohdy velmi těžkými a složitými situacemi, před které byl bez přípravy předhozen a jež ho provázely životem. Zde totiž zřejmě nelze nezmínit Planckův soukromý život, jenž někomu může připadat na jednoho člověka až příliš nespravedlivý. Max Planck přežil čtyři

ze svých pěti dětí, první manželku, prošel oběma světovými válkami, kdy během té druhé nuceně přihlížel nespravedlivému osudu svých nejbližších kolegů z rasových důvodů a v úplném závěru přišel i o svůj domov. Přesto se po boku své druhé manželky dožil téměř devadesáti let, přičemž ještě v posledních měsících svého života přednášel. Planck všechny překážky, jež mu byly do života vhozeny, ustál se vztyčenou hlavou a nenechal se svést z cesty, jež mu byla připravena. Pravděpodobně mu byla velmi nápomocna právě víra, víra v Boha i víra v bezchybné fungování fyzikálního systému, jakkoliv se někomu toto spojení může zdát neslučitelné. Byť byl Planck exaktním vědcem, navíc naprosto výjimečným, jenž se v rámci svého oboru, fyziky, zasloužil o obrovský převrat, přesto neváhal nejen překračovat do sféry filozofie, ale dokonce potřebu filozofie zahrnul do svojí představy vědecké výstavby, jež by bez Planckova fyzikálního „světoobrazu“ nebyla celistvá.

5. Anotace v anglickém jazyce

Max Planck's Philosophical Reflections during the Transition from Classical to Modern Physics

The aim of this doctoral thesis is to present one of the most famous physicists of the modern age, Max Planck, primarily as a philosopher. A philosopher whose point of view was considerably influenced by classical physics and who was therefore forced, within the framework of newly discovered principles, to cope with a completely new view of the world. A philosopher whose opinions were confronted with the philosophical ideas of logical positivism, a philosophical view which gained increasingly more significance in Planck's time.

Another objective is to portray Planck as a physicist as well as a man who, due to historical turns of events during his life, had to go through both the world wars. A physicist who, during these world disasters, typified the

scientific elite and was therefore obliged to adopt a stand even within the framework of his official main role. A man who experienced the worst of possible personal tragedies: gradually losing his first wife and four of his five children. A man whose unshakeable faith in God perhaps never let him surrender to his horrifying destiny.

Considering the above, the first part of the work, in the chapter called “Planck’s Life’s Milestones and Philosophical Stimuli”, deals with Planck’s lifetime in the context of great historical as well as personal changes. Furthermore, the thesis analyzes his perception of causality and determinism. Within the framework of his objections to positivism, the thesis presents Planck’s “physical world view”. The work also clarifies Planck’s distinctive relationship to religion and provides an analysis of Planck’s opinion on free will.

The second part of the work is a translation of the following four of Planck’s papers from the German original into the Czech language:

- Die Einheit des physikalischen Weltbildes
- Das Weltbild der neuen Physik
- Der Kausalbegriff in der Physik
- Die Physik im Kampf um die Weltanschauung

The overall objective is to provide the Czech professional public with an insight into Planck’s philosophical ideas. These four papers were carefully selected for the translation, primarily with regard to the current complete absence of Czech translations of Planck’s philosophical papers. The key topics of these papers remain rather on the boundary between physics and philosophy, as their focus is, at least in certain sections, primarily physical. These first Czech translations of Planck’s philosophical-physical papers are intended to serve those already familiar with Planck’s primary role, namely

Planck as a physicist, as a kind of “pons asinorum”, which might be helpful in characterizing Planck in his “new” role, i.e. in the role of a philosopher or, at least, a philosophizing physicist.

6. Anotace v německém jazyce

Die philosophischen Reflexions von Max Planck in der Zeit der Umwandlung der klasischen und der modernen Physik

Ziel dieser Dissertation ist einen der bisher bedeutendsten Physiker der Neuzeit – Max Planck – vor allem als Philosophen vorzustellen. Einen Philosophen, dessen Standpunkt stark durch die klassische Physik beeinflusst wurde und der so, im Zuge der neu entdeckten Gesetze, gezwungen war mit einer völlig neuen Weltanschauung zurechtzukommen. Einen Philosophen, dessen Einstellung mit den philosophischen Ideen des logischen Positivismus konfrontiert wurde, einer Strömung, die in Plancks Zeit immer mehr Bedeutung erlangte.

Das Ziel ist jedoch gleichermaßen Planck als Physiker, Philosophen und Menschen darzustellen, der aufgrund historischer Umstürze in seiner Zeit gezwungen war zwei Weltkriege zu überstehen. Einen Physiker, der während dieser Tragödien weltweiter Tragweite die absolute wissenschaftliche Spitze repräsentierte und der deshalb gezwungen war auch im Rahmen seiner offiziellen Führungsposition einen Standpunkt einzunehmen. Einen Menschen, der auch die allerschlimmsten menschlichen Tragödien erlebte, dem nacheinander seiner erste Frau und vier von fünf Kindern starben. Einen Menschen, den wahrscheinlich sein unerschütterlicher Glaube an Gott niemals gestattete sich diesem schrecklichen Schicksal zu ergeben.

Der erste Teil der Arbeit befasst sich im Rahmen des Kapitels „Die Meilensteine in Plancks Leben und philosophische Stimuli“ mit Plancks Leben im Kontext historischer und persönlicher Wendepunkte. Weiterhin

wird seine Wahrnehmung von Kausalität und Determinismus analysiert. Im Rahmen seiner Einwände gegenüber dem Positivismus wird Plancks „Physikalisches Weltbild“ vorgestellt. Die Arbeit verdeutlicht darüber hinaus auch Plancks eigensinnige Beziehung zur Religion. Es wird auch Plancks Einstellung gegenüber dem freien Willen analysiert.

Der zweite Teil der Arbeit ist eine Übersetzung der folgenden vier Vorlesungen von Planck aus dem Original in deutscher Sprache in die tschechische Sprache:

- Die Einheit des physikalischen Weltbildes
- Das Weltbild der neuen Physik
- Der Kausalbegriff in der Physik
- Die Physik im Kampf um die Weltanschauung

Es ist das Ziel Plancks philosophische Ideen der tschechischen Fachöffentlichkeit näherzubringen. Gerade diese vier Vorlesungen wurden sorgfältig für die Übersetzung ausgewählt, vor allem vor dem Hintergrund der momentanen absoluten Abwesenheit tschechischer Übersetzungen von Plancks philosophischen Vorlesungen. Ihre Schlüsselthemen liegen so eher auf der Grenzlinie von Physik und Philosophie, wenn ihre Bedeutung zumindest in bestimmten Teilen eher physikalisch ist. Diese ersten tschechischen Übersetzungen seiner philosophisch-physikalischen Vorlesungen bieten Kennern Plancks primärer Rolle, also Planck als Physiker, eine Brücke, die vielleicht bei der Näherbringung Plancks in seiner „neuen“ Rolle, in der Rolle des Philosophen oder zumindest des philosophierenden Physikers, hilft.

7. Seznam literatury

BOHR, Niels. *Collected Works Volume 6, Foundations of Quantum Physics I (1926–1932)* J. Kalckar (ed.), Amsterdam: Elsevier, 1985.

BORN, Max. Max Karl Ernst Ludwig Planck. 1858-1947. In: *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, Vol. 6, No. 17, 1948.

DINKLER, Erich. Max Planck und die Religion: Hans-Joachim Iwand zum 60. Geburtstag. *Zeitschrift für Theologie und Kirche*, 56. Jahrg., H. 2, Mohr Siebeck GmbH & Co. KG 1959.

EINSTEIN, Albert. *Aus meinen späten Jahren*. Zürich: Bücergilde Gutenberg, 1952

EINSTEIN, Albert. *My credo*.

Dostupné:http://www.einsteinwebsite.de/z_biography/credo.html

EINSTEIN, Albert. Personal God Concept Causes Science-Religion Conflict, *The Science News-Letter*, Vol. 38, 12, 1940.

EVERLING, Friedrich, GÜNTHER, Adolf. *Der Kaiser. Wie er war – wie er ist*. Berlin: Traditions-Verlag Kolk, 1934.

FAJKUS, Břetislav. *Filosofie a metodologie vědy*, Praha: Academia, 2005.

HARTMANN, Hans. Gehört Max Planck in die Geschichte der Philosophie? In: *Zeitschrift für philosophische Forschung*, Bd. 13, H. 1, 1959.

HARTMANN, Hans. *Max Planck als Mensch und Denker*. Berlin: Verlag Siegismund, 1948.

HEISENBERG, W. *Physics and Beyond. Encounters and Conversations*. New-york: Harper and Row. 1971.

HERNECK, Friedlich. Max Planck (k 10. Výročí smrti). In: *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, vol. 3., 1958.

HINTSCHES, Eugen, HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Vorträge und Ausstellung zum 50. Todestag*. München: Max Planck Gesellschaft, 1997.

HOFFMANN, Dieter, STANGE, Thomas. Das zu wissen wäre mir von hohem Werte" - Über das Schicksal der Bibliothek von Max Planck. *Physikalische Blätter* 53. Nr. 10, 1997.

HOFFMANN, Dieter. *Max Planck. Die Entstehung der Physik*. München: Beck Verlag, 2008.

HOLTON, Gerard. *Věda a antivěda*, přel. O. Jeníček, Praha: Academia, 1999.

ISSACSON, W. *Einstein. His Life and Universe*, New-york: Simon&Schuster, 2007.

JAMMER, M. *Einstein und Religion. Physics und Theology*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. 1999.

KEIL, Geert. *Willensfreiheit*. Walter de Gruyter, Berlin. 2013.

- LAPLACE, Pierre-Simon. *Théorie Analytique des Probabilités*. Vol. I. = Introduction. *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris: Jacques Gabay 1995.
- MEISSNER, Walter. Max Planck. The Man and His Work. In: *Science, New Serie*, Vol. 113, No. 2926. 1951.
- NAGEL, Thomass. „What Is It Like to Be a Bat?“ In: *The Philosophical Review*, Vol. 83, 1974, No. 4, s. 435 – 450
- NEWTON-SMITH, W. H., *The Rationality of Science*. Taylor & Francis e-Library, 2003.
- PLANCK, Max. *Kausalgesetz und Willensfreiheit*. Berlin: Julius Springer, 1923
- PLANCK, Max. Ansprache in der Gesamtsitzung vom 14. November 1918. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften*, 1918.
- PLANCK, Max. *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig: B. G. Teubner, 1913.
- PLANCK, Max. *Das Weltbild der neuen Physik*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1929.
- PLANCK, Max. *Der Kausalbegriff in der Physik*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953.
- PLANCK, Max. *Determinismus oder Indeterminismus?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953.
- PLANCK, Max. *Die Einheit des physikalischen Weltbildes*, Leipzig: Verlag von S. Hirzel, 1909.
- PLANCK, Max. *Die Physik im Kampf um die Weltanschauung*, Leipzig: Die Johann Ambrosius Barth, 1945.
- PLANCK, Max. Mein Besuch bei Adolf Hitler. *Physikalische Blätter*, Volume 3, Issue 5, 1947.
- PLANCK, Max. Naturwissenschaften und reale Außenwelt. In: *Naturwissenschaften*, 28, 1940, č. 50.
- PLANCK, Max. *Positivismus und reale Aussenwelt*, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., 1931.
- PLANCK, Max. *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1958.
- PLANCK, Max. *Scheinprobleme der Wissenschaft*, Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1953.
- PLANCK, Max. *Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag 1955
- PLANCK, Max. *Vom relativen zum Absoluten. Gastvorlesung, gehalten an der Univrstät München am 1. Dezember 1924*. Leipzig: S. Hirzel., 1925.

- PLANCK, Max. *Vorträge und Erinnerungen*. Stuttgart: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1949.
- PLANCK, Max. *Wege zur physikalischen Erkenntnis*. Leipzig: S. Hirzel 1933.
- PLANCK, Max. *Wissenschaftliche Selbstbiographie*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1955.
- PUCHNER, G. ET AL. *Naturwissenschaft und Philosophie: zum 100. Geburtstag von Max Planck*. Leipzig / Jena: Urania Verlag 1959.
- RAIDL, Aleš. Chaos a předpověď počasí. In: NOSEK, Jiří. (eds.), *Chaos, věda a filosofie*. Praha: Filosofia 1999.
- SCHLICK, Moritz. Kausalita v bežnom živote a v súčasnej vede. In: MIHINA, František, SEDOVÁ, Tatiana, ZOUHAR, Marián (eds.), *Malá antológia filozofie 20. storočia. Zv. 3, Logický pozitivizmus*. Bratislava: Iris, 2006.
- SCHRÖDINGER, Erwin. Antrittsrede des Hrn. Schrödinger. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. Naturwissenschaften 17, 9, 1929.
- SCHRÖDINGER, Erwin. *Co je život? Duch a hmota. K mému životu*, Brno: Vutium, 2006.
- SCHRÖDINGER, Erwin. Indeterminism and Free Will, In: *Nature* 138, 1936. 13–14. 1936.
- SCHRÖDINGER, Erwin. *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft Milieubedingt?* Leipzig: Johann Ambrosius Barth Verlag, 1932.
- VEREIN ERNST MACH. *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis*. Wien: Ernst Mach Artur Wolf Verlag, 1929.
- VOGEL, Heinrich. *Zum philosophischen Wirken Max Planks*, Berlin: Akademie Verlag, 1961.
- WILLIAMS, Hermann. Einstein and the Poet: In *Search of the Cosmic Man*, Branden press, 1983.