

MOTIVÁCIA PLANCKOVHO ZÁUJMU O FYZIKU

IMRICH STARÍČEK, Bratislava

Ako Max Planck sám priznáva, základom jeho svetonázoru bola objektívna existencia racionálneho, harmonického vesmíru, v ktorom sú všetky jeho časti zjednotené jediným najvyšším zákonom. S tým súvisel aj jeho zmysel pre absolútne, ktoré je v pozadí všetkých prírodných javov, je nemenné a nezávisí od žiadnych fyzikálnych podmienok. Podporovali ho v tom svetonázorové postoje, s ktorými sa oboznámil už v domácom prostredí, ako aj prírodno-filozofické postoje spoločenských kruhov, v ktorých sa pohyboval.

Planck bol mnohostranne nadaný. Zaujímal sa najmä o dejiny, hudbu a matematiku. Na univerzitu šiel študovať do Mníchova k profesorovi experimentálnej fyziky Filipovi von Jollymu. Ten však odrádzal sedemnásťročného Plancka od štúdia fyziky, pretože sám pokladal fyziku za takmer uzavretú vedu, v ktorej sotva možno očakávať nejaké významnejšie objavy. Planckovi sa však zapáčili prednášky v matematickom seminári. Štúdium čistej matematiky ho nelákalo, pretože čistá matematika ničím neprispieva k riešeniu svetonázorových problémov. Svetonázor má svoje korene vo vede, v metafyzike, v náboženstve a v morálke, čo Plancka najviac lákalo. Preto sa definitívne rozhodol študovať fyziku, kde ho najviac zaujímali univerzálne platné zákony, lebo súdil, že z nich sa môže najviac poučiť o absolútne. K problému absolútna pristupoval z filozofického, a nie z teologického hľadiska.

Z tohto univerzalistického postoja sa Planck zaujímal najviac o fyzikov Rudolfa Clausia a Ernsta Macha. Z Clausiových prác sa dôkladnejšie oboznámil s prvým a druhým zákonom termodynamiky, teda so zachovaním energie a s jej disipáciou čiže s entropiou. Zvláštnu pozornosť venoval Kirchhoffovmu zákonu žiarenia z r. 1860, podľa ktorého pomer vyžarovania a absorpcie tepelnej energie nezávisí od fyzikálnych vlastností látok. Preto v žiarení videl tepelný proces, ktorý má univerzálny a absolútny charakter.

Vo svojej dizertácii sa Planck pokúšal o zjednotenie prvého a druhého zákona termodynamiky. Práca nevyvolala žiadnu odozvu. Planck spomína, že jeho učítelia dizertáciu vôbec nepochopili a že ju prijali iba preto, lebo ho poznali ako solídneho poslucháča fyzikálneho a matematického seminára. Prácu si nevšimli ani vynikajúce fyzikálne autority tej doby, ako boli Helmholtz, Kirchhoff a Clausius, ktorí sa vtedy zaoberali termodynamikou a fyzikálnou chémiou. Vo svojom habilitačnom spise z r. 1880 určil podmienky fyzikálnej a chemickej rovnováhy. Až neskôr sa ukázalo, že k tým istým výsledkom prišiel už pred ním americký fyzikálny chemik Josiah Gibbs.

Ako mníchovský súkromný docent čakal Planck na profesúru, ale mal len malú nádej, lebo teoretická fyzika vtedy ešte nebola uznávaná ako zvláštny odbor. Preto

uvítal ponuku pracovať na katedre mimoriadneho profesora teoretickej fyziky na univerzite v Kiele. Planck sám priznáva, že k tomu prispelo priateľstvo jeho otca s Gustavom Karstenom, profesorom fyziky v Kiele. Vyhovovalo to aj jeho ctižiadosti a túžbe po sebauplatnení. V Kiele pôsobil ako mimoriadny profesor od r. 1885 do r. 1889.

Tam opäť vzrástol jeho záujem o svetonázorové problémy a o styčné body medzi ontológiou, absolútnom a fyzikou. To ho viedlo k obdivu k fyzikovi a filozofovi Ernstovi Machovi (1838-1916). Mach písal vtedy o jednote prírody a vedel svoje pozitivistické úvahy podávať pod rúškom vedy, čo Plancka nadchlo do tej miery, že na čas sa stal horlivým Machovým stúpencom.

Mach sa zaoberal aj gnozeológiou, teda problémom poznania. Odmietal metafyziku a kládol dôraz na empiriu. Východiskom poznania sú podľa neho iba zmyslové pocity. Okrem nich neexistuje žiadna realita. Veda je iba zbierka výpovedí o našich zmyslových pocitoch a teória, i matematická, nie je ničím iným ako ekonomickým vyjadrením týchto vzťahov. O vedeckom vyjadrení teda ekonómia myslenia o našich pocitoch, a nie skutočnosť, ktorá je prameňom našich poznatkov. Podľa neho tvrdenie, že zdrojom nášho poznania sú samé materiálne objekty, je iba ovocím našej fantázie. Na Macha mali vplyv najmä filozof Kant svojou úvahou o veci osebe, Berkeley svojím solipsizmom a psychologovia J. Herbart a G. Fechner. Empíriu odvodzoval od senzualizmu D. Huma.

Planck nebol ostrieľaným filozofom, a tak hneď nepostrehol, že Machov fyzikálny obraz sveta postráda to najdôležitejšie, čo hľadal. Planck hľadal absolútno, reálnu skutočnosť za našimi zmyslovými vnemami, čo Mach kategoricky odmietal. Keď si to Planck plne uvedomil, stal sa rozhodujúcim Machovým odporcom, ba možno povedať, že jedným z najrozhodnejších a najzásadovejších. Pre svoje stanovisko, podľa ktorého základom fyziky je objektívna realita, našiel neskôr oporu aj v Einsteinovej fyzike.

Planck neskôr vo svojej *Vedeckej autobiografii*, ktorú napísal krátko pred smrťou, opísal hlavný motív svojej vedeckej činnosti slovami: „To, čo ma priviedlo k vede a čo ma od mladosti nadchýňalo, nie je skutočnosť – ktorá nie je úplne samozrejماً –, že zákony nášho myslenia sú v súlade so zákonitosťami v postupnosti vnemov vonkajšieho sveta, a teda že človek môže tieto zákony poznávať čistým rozmyšľaním o týchto zákonitostiach, lebo podstatné je, že vonkajší svet je čosi od nás nezávislé, absolútne, s čím sme konfrontovaní, a hľadanie zákonov pre toto absolútno sa mi javilo ako najkrajší vedecký zámer v mojom živote“ (II, 167). S podobnou myšlienkou sa stretávame aj u Einsteina, keď tvrdí, že najväčším zázrakom, ktorý obdivuje, je pochopiteľnosť objektívneho sveta.

Za svojho pobytu v Kiele sa Planck zúčastnil súťaže vypísanej univerzitou v Göttingene štúdiu o zachovaní energie. Práca nebola vynikajúca, ale dostal druhú cenu. Prácu hodnotil göttingenský profesor Wilhelm Weber (1804-1891), ktorý mal ostrý spor s Hermannom von Helmholtzom (1821-1894), profesorom fyziky v Berlíne. V tomto spore sa Planck postavil na stranu Helmholtza. Preto nedostal prvú cenu, no na oplátku si získal priazeň Berlína.

V Berlíne zomrel v tom čase profesor Gustav Kirchhoff (1824-1887). Katedru fyziky ponúkli najprv Heinrichovi Hertzovi (1857-1894), ale ten dal prednosť pozva-

niu do Bonnu. Potom berlínska filozofická fakulta povolala za nástupcu Kichhoffa Plancka, ktorý sa stal v Berlíne reprezentantom teoretickej fyziky. Tým sa splnila aj Planckova ambiciózná túžba: dostal sa do styku so svetovou vedou, predovšetkým s Helmholtzom, ktorý poznal jeho predchádzajúce práce v Kiele. Onedlho sa Planck stal členom Pruskej akadémie vied.

Planckovo presídlenie z Kielu do Berlína malo vplyv aj na rozšírenie Planckovej vedeckej korešpondencie. Planck spomína napríklad na rozsiahlu korešpondenciu s Wilhelmom Ostwaldom (1853-1932) z Lipska, ktorá mala polemický charakter. Ostwald rozoznával tri druhy energie: lineárnu – napríklad gravitačnú, povrchovú – napríklad u kvapalín – a priestorovú – napríklad objemovú. Planck popieral Ostwaldov pojem objemovej energie. Napríklad u ideálneho plynu energia nie je funkciou objemu, ale teploty.

Energetici na čele s Ostwaldom prirovnávali spontánny prechod tepla z telesa teplejšieho na chladnejšie k poklesu závažia z väčšej výšky do menšej. Planck toto prirovnanie odmietol, pretože zastieralo podstatný rozdiel medzi oboma prechodmi, ktorým je nevratnosť prechodu tepla. Preto aj vo veľmi ostrom spore Ostwalda s Ludwigom Boltzmannom (1844-1906) stál na strane Boltzmannu. Boltzmannu však Planckove argumenty neuspokojovali, pretože Planck vtedy odmietal jeho atomistiku a pokladal princíp rastu entropie za deterministický, teda absolútne platný, zatiaľ čo Boltzmann hovoril iba o jeho pravdepodobnej platnosti podľa štatistického zákona. Keď však neskôr Planck vystúpil s atomistickou argumentáciou pri zákone rozloženia energie tepelného žiarenia, Boltzmann tento Planckov postup uvítal.

Uvedené polemiky okolo entropie a druhej vety termodynamiky zaujímali Plancka iba okrajovo. Viacej ho lákali zákony, ktoré mali charakterizovať absolútne, ako bol Kirchhoffov zákon tepelného žiarenia. Tento záujem sa ešte vystupňoval po Lummerových (1860-1925) a Pringsheimových presných meraniach v Ríšskom fyzikálno-technickom ústave a po objave posuvného zákona tepelného žiarenia Wilhelmom Wienom (1864-1928) roku 1893. Keď H. Rubens a F. Kurlbaum tieto merania ešte upresnili, mal Planck poruke presný experimentálny materiál, s ktorým sa mohol pustiť do seriózneho teoretického zdôvodnenia nameraných údajov.

Tomuto problému sa Planck venoval veľmi intenzívne v rokoch 1894-1900. V tých rokoch predložil Akadémii päť štúdií o nezvratnom charaktere tepelného žiarenia, v ktorých sa postupne približoval k definitívnemu výsledku. Planck o tom napísal doslovne: „Toto takzvané normálne rozloženie energie predstavuje čosi absolútne a nakoľko problém absolútna som vždy pokladal za tú najnádhornejšiu výskumnú úlohu, venoval som sa mu veľmi intenzívne“ ([1], 170).

Planck skúmal výmenu energie medzi atómovými oscilátormi v stene dutiny absolútne čierneho telesa (t. j. telesa s veľmi malým otvorom, ktorým z dutiny vychádzalo tepelné žiarenie) a elektromagnetickým poľom v dutine. K prvému vážnejšiemu výsledku došiel v marci r. 1900, keď sa mu podarilo odvodiť vzorec pre intenzitu žiarenia, ktorý súhlasil s meraniami Wiena, ale ten vyhovoval iba pre krátke vlnové dĺžky žiarenia. Krátko potom, 19. októbra, predložil Berlínskej kráľovskej spoločnosti nový vzorec, ktorý vyhovoval aj pre veľké vlnové dĺžky. Vzorec vyhovoval experimentálnym údajom, ale jeho teoretické zdôvodnenie neuspokojovalo. Až ko-

nečne 14. decembra 1900 po úmornom úsilí predložil Planck definitívne zdôvodnenie závislosti tepelného žiarenia od teploty, platné pre všetky vlnové dĺžky, ktoré je dnes známe ako Planckov zákon žiarenia. Tento dátum pokladáme za deň vzniku kvantovej teórie.

K uvedenému výsledku prišiel Planck za predpokladu, že výmena žiarivej energie medzi oscilátormi a elektromagnetickým poľom v dutine neprebícha spojitě, ale v diskretných dávkach energie, nazývaných kvanty. Hovoríme tu o kvantoch energie. Tento predpoklad je však nezlučiteľný s teóriou elektromagnetického poľa, teda s klasickou fyzikou. Na jeho použitie vo výpočte bolo potrebné zaviesť novú univerzálnu fyzikálnu konštantu, Planckovu konštantu $h = 6,835 \cdot 10^{-27}$ erg.sec, ktorá má rozmer účinku a ktorú nazývame elementárne kvantum účinku. Planck sa po niekoľko ďalších rokov, prakticky do r. 1911, pokúšal zdôvodniť zavedenie tejto konštanty pomocou klasickej fyziky, ale potom sa definitívne vzdal. Bol si vedomý toho, že ide o konštantu nezávislú od každej látky, ktorá si zachová svoju hodnotu v každom čase, v každej kultúre, ba aj pre prípadné mimozemské civilizácie. Aj svoj zákon žiarenia pokladal za absolútny a objektívne platný. Planck si bol dobre vedomý nového pohľadu na svet, ktorý vyvolal svojím objavom, pohľadu, ktorý prekonal fyziku Galileiho a Newtona. Zavedenie kvanta energie do fyziky znamenalo prevrat nielen vo fyzike, ale malo veľké dôsledky pre filozofiu a svetonázor.

Pri odvodzovaní svojho zákona zaviedol Planck hypotézu prirodzeného žiarenia, ktorá mala byť obdobou Boltzmannovej molekulárnej neusporiadanosti v kinetickej teórii plynov. Vtedy si Planck plne uvedomil genialitu Boltzmannu, ktorého Machove útoky proti atómovej teórii dohnali r. 1906 k samovražde. Tieto okolnosti zvýšili Planckovu averziu voči Machovi a jeho pozitivistickej filozofii.

Planckova teória mikrosвета bola veľmi podnetná pri objavovaní ďalších zákonitostí mikrosвета. R. 1905 prišiel Albert Einstein (1879-1930) s teóriou kvantovania elektromagnetického žiarenia vo forme fotónov, v r. 1913 prišiel Niels Bohr (1885-1962) s modelom atómu, v ktorom boli kvantované dráhy elektrónov, v r. 1925 zasa Wolfgang Pauli (1900-1918) s vylučovacím princípom, ktorý umožnil systematiku atómov. Systematický základ kvantovej teórie poskytli v r. 1925 Werner Heisenberg svojou maticovou mechanikou a Erwin Schrödinger (1887-1961) svojou vlnovou mechanikou. O stanovisku Plancka k jednotlivým etapám vývoja kvantovej teórie máme však pomerne málo správ. Najmä preto, že v r. 1944 bol zbombardovaný jeho dom, v ktorom mal uloženú bohatú knižnicu. Tam zhorel aj jeho archív s jeho korešpondenciou a osobnými zápiskami. Túto informačnú medzeru čiastočne zaplňuje nedávno založený Archív pre dejiny kvantovej fyziky pri Kalifornskej univerzite v Berkley. Tento archív obsahuje kompletný katalóg všetkých primárnych prameňov kvantovej teórie, takže môžeme povedať, že kvantová fyzika je dnes najlepšie zdokumentovaná fyzikálnou teóriou. Plné využívanie tohto katalógu je iba v začiatkoch. Planckov životopis na základe materiálov v ňom uložených spracoval L. Heilbron pod názvom *Rozorvané svedomie* (francúzsky preklad: *Une conscience déchirée*); vyšiel pôvodne v angličtine v Berlíne v r. 1988. J. L. Heilbron si zvlášť všima vzájomné vzťahy vedy a politiky v Planckových záujmoch. Tie sa zvlášť vyhrčili po nástupe Hitlera k moci v Nemecku. V rámci nacistického protizhidského

táženia začali niektorí nemeckí fyzici, medzi nimi Johannes Stark (1874-1957) a Philipp Lenard (1862-1947), bratislavský rodák, obaja laureáti Nobelovej ceny, proklamovať „nemeckú fyziku“. Heilbronov životopis sa venuje viacej politickým otázkam ako podrobným rozborom jednotlivých etáp vývoja kvantovej teórie.

Po obdržaní Nobelovej ceny za fyziku r. 1918 sa Planck stal najreprezentatívnejšou fyzikálnou osobnosťou v Nemecku. Planck bol profesorom berlínskej univerzity, stálym sekretárom matematických a fyzikálnych vied Akadémie, rektorom univerzity, predsedom Nemeckej fyzikálnej spoločnosti. Zúčastňoval sa prakticky na všetkých grémiách, na ktorých sa rozhodovalo o fyzike, a uplatňoval v nich svoj vplyv ako najväčšejšia osobnosť. V jeho rozhodnutiach sa však neraz uplatňoval aj jeho kompromisný charakter, ktorý však vždy neosobne sledoval optimálne podmienky rozvoja nemeckej fyziky na svetovej úrovni s ostatnými štátmi.

Na politickej scéne sa Planck objavil po prvý raz v októbri 1914, keď na naliehanie svojich kolegov podpísal výzvu popredných nemeckých vedcov „Apel-93“, v ktorej ospravedlňoval pred svetovou verejnosťou vstup Nemecka do prvej svetovej vojny. No ku koncu vojny, keď sa videlo, že Nemci vojnu prehrávajú, už tlmil vlastnecký zápal svojich kolegov a hneď po vojne sa snažil o zapojenie Nemecka do medzinárodného výskumu.

Nacistickí extrémisti v hnutí Nemecká fyzika si vzali medzi prvými na mušku Alberta Einsteina a jeho „židovskú vedu“, ako nazývali teóriu relativity. Chceli sa zmocniť aj Akadémie, ale Planck sa tomu vehementne bránil. Odolával aj nacizmu, ale len umiernené, lebo bol osobne presvedčený, že také barbarské besnenie pri uplatňovaní moci nemôže mať dlhé trvanie a skôr či neskôr musí padnúť. Na univerzite zabránil Ottovi Hahnovi (1879-1968) uverejniť petíciu tridsiatich profesorov v prospech ich židovských kolegov, lebo tá by sa chápala ako provokácia, po ktorej by museli prísť represálie proti univerzite.

V máji 1933 hovoril Planck osobne s Hitlerom, ktorého presvedčoval o tom, že emigrácia židovských vedcov poškodí medzinárodnú prestíž nemeckej vedy. Po tomto rozhovore ubezpečoval Heisenberga, že židovskí vedci môžu spokojne v Nemecku zostať. Krátko potom však vlastnoručne podpísal dekrét, ktorým prepúšťal Einsteina z Akadémie. Stark napadol aj Heisenberga a nazval ho bielym židom, ktorý má v sebe ducha Einsteina. Planck odolal aj nátlaku Starka, aby sa vzdal profesúry, a tým nepriamo oslabil aj Starkovu politickú pozíciu.

Sekretárom Akadémie zostal Planck až do roku 1938, do osemdesiateho roku svojho života. Prinútili ho k tomu študentské demonštrácie pod zámienkou, že pestuje nenázornú fyziku.

Planck však nerezignoval. Venoval sa prednáškovej činnosti pre širšiu verejnosť. Prednášal v rôznych mestách o svojom svetonázore, za ktorým sa skrývali kozmopolitické názory skryte zamerané proti nacizmu. Ešte v r. 1943 prednášal v klube nacistických dôstojníkov o Einsteinovi, ako o poprednom svetovom vedcovi.

Ku koncu života stíhalo Plancka nešťastie za nešťastím. V r. 1944 bol zničený bombardovaním jeho dom v Grünewalde a vo februári 1945 bol popravený jeho syn Erwin, obvinený z účasti na spiknutí proti Hitlerovi. Planck, ukrytý v horách so svojou manželkou, sa dočkal víťazstva Spojencov. Zasadil sa ihneď za Laueho,

Hahna a Heisenberga, aby im bola zverená starostlivosť o obnovu vedeckých inštitúcií. Zomrel v roku 1947 ako osemdesiatdeväťročný, zoslabnutý telesne aj psychicky.

Ako typický príklad Planckovho názoru na svet môžeme uviesť jeho prednášku z 9. decembra 1908 v Leydene. Pod titulom *O jednote fyzikálneho obrazu sveta* ([1], 175) vyslovil Planck potrebu fyzikálneho svetonázoru pri vedeckej práci fyzika. Prednáška sa konala v dobe, keď jeden z najslávnejších fyzikov tých čias, Hendrich Lorentz (1853-1928), zakladateľ elektrónovej teórie, potvrdil platnosť odvodenia Planckovho zákona žiarenia, o ktorom sa stále viedli medzinárodné spory.

Prednáška bola rozdelená na štyri časti. Planck si v nej položil otázku: Aká predstava sveta je pre fyziku najvhodnejšia? Odpoveď na túto otázku vyslovil na základe posúdenia minulosti a budúcnosti fyziky, čím zdôvodnil, že palmu víťazstva si zaslúži tá predstava sveta, v ktorej všetky procesy, sily a prírodné činiteľa odrážajú jeden základný, všeobecne platný univerzálny zákon. Svet, ktorý veda predpokladá, má byť jediný, jednotný a má objektívne existovať.

V tejto prednáške Planck ukázal, že fyzika vždy robí veľký pokrok vpred, keď sa v nej spoja dve alebo viaceré časti. Ukázal, že hoci je fyzik závislý od rozmanitých zmyslov, má postupne ignorovať antropomorfné alebo zmyslové zvláštnosti tepla, zvuku, hmatových vlastností a pracovať na všeobecnej mechanike založenej na pojme energie. Pre budúcnosť dúfal v možnosť zjednotenia mechaniky a elektrodynamiky alebo, ako sa vyjadroval, matérie a éteru pomocou energie.

V druhej časti svojej prednášky Planck zdôraznil objektívny charakter oboch zákonov o energii, zákona o energii a zákona o entropii, ktoré sú nezávislé od zmyslových vnemov. Fyzika budúcnosti sa má skladať z dvoch častí: jedna by pojednávala o vratných, druhá o nevratných procesoch. Zatiaľ čo sa pôvodne nevratnosť tepelného žiarenia vykladala ako záľuba prírody v zmysle Boltzmannovej teórie, Planck zdôrazňoval, že ide o skutočný zákon.

V tretej časti svojej prednášky Planck dôvodil, že nakoľko je tento zákon reálny, musí byť objektívny a kauzálny. Pritom ukázal, že ani kauzalitu, ani objektivitu Boltzmann vo svojej kinetickej teórii založenej na štatistickej metóde nepredpokladal. Planck vytýkal Boltzmannovi, že procesy vo vesmíre môžu prebiehať aj späť, teda opačným spôsobom, pretože podľa pravdepodobnostného opisu je to možné. Planck namietal, že toto tvrdenie Boltzmannovej teórie nie je vedecky zmysluplné, lebo neplatí pre vesmír ako celok.

V poslednej časti uvedenej prednášky Planck položil proti sebe jednotu a objektivitu obrazu sveta, ako to vyžadujú fyzici, a nesúvislé dielčie fyzikálne obrazy, ktoré sa vytvárali v menej pokročilých štádiách vývoja fyziky. Návrat k týmto predchádzajúcim štádiám videl Planck v Machovom programe vedy. Keby Mach nebol taký populárny, Planck by ignoroval Machovo tvrdenie, že vedecký obraz sveta je iba „ekonomické prispôsobenie“ našich ideí našim pocitom, ku ktorému nás vedie boj o našu existenciu. Machove myšlienky boli v súlade s názormi biológa Charlesa Darwina (1809-1882) a filozofa Herberta Spencera (1820-1903), ktorí boli vtedy v móde a prispievali k Machovej popularite.

Machovu popularitu medzi fyzikmi videl Planck v tom, že v tej dobe zlyhávali mechanické modely éteru a atómu a Mach videl východisko z tejto krízy v návrate

k zmyslovým údajom. Tento Machov senzualizmus viedol nakoniec k subjektivismu, smeroval teda proti pokroku vedy, lebo odmietal realitu. Napokon, ako možno porovnávať subjektívne pocity jednotlivých fyzikov? Planck trval aj na realite atómov, ktorú Mach popieral, pretože atómy nie sú zmyslami vnímateľné.

Uvedená Planckova prednáška *O fyzikálnom obraze sveta* patrí k najvýraznejším prejavom Planckovho svetonázoru. Poskytovala mnoho podnetov na zamyslenie nielen pre súčasníkov, ale aj pre budúce generácie. Záver prednášky možno zhrnúť do jedinej vety: Východiskom fyzikálneho poznania musí byť priznanie sa k objektívnej realite sveta, a niè subjektívna analýza zmyslových pocitov.

Planckova propagácia fyzikálneho obrazu sveta, ktorej sa Planck venoval najmä v posledných rokoch svojho života, sa netýkala iba kritiky Machovho senzualizmu, ale aj iných filozofických problémov. Napríklad kauzality, ktorá je mysliteľná iba vtedy, ak uznáme objektívnu realitu sveta. V spore medzi indeterminizmom, ktorý zavádzal do fyziky náhodu, a kauzálnym determinizmom stál Planck rozhodne na stanovisku determinizmu, a to aj v oblasti mikrofyzikálnych javov. Tam, kde fyzikálna teória predpokladá náhodnosť a počíta s pravdepodobnosťami jednotlivých javov, treba za týmito pravdepodobnosťami hľadať objektívny deterministický základ, deterministické zákony.

Planckov determinizmus však nie je v rozpore so slobodnou vôľou človeka, v súlade s náboženskou tradíciou, v ktorej bol vychovávaný. Svedčí o tom aj jeho prednáška *O podstate slobodnej vôle*, ktorá vyšla v Lipsku r. 1955. Tento Planckov postoj je v súlade aj s vtedy bežnou filozofiou Kanta, ktorého udivovali dve veci: „hviezdna obloha nadomnou a mravný zákon v nás“, teda determinizmus v prírode a sloboda v mravnom konaní.

Nakoniec sa kvôli úplnosti zmienime aj o vzťahu Plancka k náboženstvu, o ktorom sa podrobne rozpisuje vo svojej *Vedeckej autobiografii* z r. 1945. Okrem celého radu drobných pripomienok k náboženstvu sa Planck zaoberal otázkou náboženstva systematicky vo svojej prednáške *Náboženstvo a prírodné vedy*, ktorú predniesol v máji r. 1937 a ktorá bola zo všetkých Planckových prednášok najviac rozšírená. V tejto prednáške, ktorú predniesol za nacistickej éry, zaujal odmietavé stanovisko k nacistickej ideológii. Podľa Plancka „človek potrebuje prírodné vedy pre poznanie, ale náboženstvo pre konanie“. Planck bol príkladom nábožensky založeného prírodovedca. V mladosti zaujímal k náboženstvu konzervatívny a zdržanlivý postoj, najmä pod vplyvom filozofie Spinozu. V staršom veku, najmä po strate domova a syna, sa výrazne hlási k osobnému Bohu, od ktorého sa cítil viac závislý ako od zákonov fyzikálneho absolútna, ktorému sa ako vedec venoval horlivo po celý život.

Planck častejšie spomína, že veda a vedec potrebujú vieru. Tak v interview, ktoré poskytol J. Murphymu, uverejnenom v r. 1932, povedal: „Veda tiež vyžaduje veriaceho ducha. Každý, kto sa seriózne angažoval vo vedeckej práci, konštatuje, že nad vstupom do chrámu vedy je napísané: Musíte mať vieru. Je to vlastnosť, ktorú vedec nemôže postrádať“ ([1], 399).

LITERATÚRA

[1] JAKI, S. L.: *The Road of Science and the Ways to God*. Edinburgh, Scottish Academic Press 1980.