

# MAX PLANCK – FIZIČAR I VJERNIK

Ante Kusić

Max Planck (1858–1947), njemački fizičar, bio je profesor u Kielu i Berlinu. Radio je na proučavanju atoma i formuliranju termodinamičkih principa. Za istraživanja i uspjeh u radu dodijeljena mu je godine 1918. Nobelova nagrada za fiziku. Općenito se misli da su njegova dva najznačajnija doprinosa znanosti: spoznaje o važnosti entropije i otkriće najmanjeg kvanta djelovanja.

## 1. Što je kvant djelovanja i što je entropija?

Primijetili smo u praksi kako se boja električnog grijača mijenja postupno od crne do tamno-crvene pa do svjetlo-crvene, i da se temperatura povećava. To znači da postoji povezanost između boje i temperature. *Rayleigh* i *Jeans* našli su relaciju koja na neki način povezuje te dvije činjenice; pri tome su pošli od predodžbe *Maxwellove* teorije elektromagnetizma, tj. da svaki dio crnog tijela (tj. tijela koje je u sebe upilo sve zrake svjetlosti) zrači kontinuirane elektromagnetske valove. To je poznata formula zračenja crnoga tijela! Međutim, eksperimenti nisu u cijelosti potvrdili tu relaciju. *Planck* je taj teški problem razriješio neobičnom pretpostavkom da tijelo ne emitira zračenje kontinuirano, nego isključivo u obrocima. Postoji najmanji obrok energije koji tijelo zrači. To je tzv. najmanji kvant djelovanja, ili po *Plancku* elementarni kvant djelovanja. *Planck* je pronašao da on iznosi  $h = 6,56 \cdot 10^{-34}$  joula.sekunda.

Za entropiju? Vlak u gibanju ima mehaničku energiju. Pri kočenju vlak se može zaustaviti i pri tome zagrije tračnice, točkove i kočnice. Time se cijela mehanička energija pretvorila u unutrašnju energiju tračnica, kočnica i točkova. Obrnuti proces, pri kojemu bi se zagrijanost pretvorila u pokretanje vlaka, uz ohlađenje tračnica, kočnica i točkova, nije moguć u prirodi. Mjera energije koja ne može biti pretvorena u rad jest entropija (grčki *en-tropéo* = preobračam u). Tu činjenicu izriče II. zakon termodinamike.

## 2. Aplikacija Planckova otkrića kvanta

Planckovo otkriće elementarnog kvanta djelovanja imalo je odmah niz aplikacija na tumačenje brojnih pojava.

1905. *Einstein* tumači pojavu fotoefekta (= pojava, pri kojoj elektroni izlaze iz nekih tvari, npr. kovina, pod utjecajem povoljne radijacije, npr. radijacije svjetlosti, rentgenskih zraka, itd.), koristeći se činjenicom da je svjetlost struja čestica, tzv. fotonâ kvantizirane energije.

1906. *Einstein* tumači toplinski kapacitet tijela na osnovi pretpostavke da tijelo apsorbira samo obroke energije, od kojih je svaki strogo kvantiziran.

1913. *Niels Bohr*, koristeći ideju *Plancka*, pokazao je kako se može shvatiti spektar atoma te odatle naslutiti i struktura atoma.

1923. *Compton* je objasnio tzv. *Comptonov efekt* (= porast valne dužine rentgenskih zraka, kad se rentgenske zrake raspršavaju na atomima elementa male atomske težine; porast je posljedica sraza fotona ili " $h\nu$ " i elektrona, pri čemu se dio energije fotona prenosi na elektron, pa foton ima smanjenu energiju), uzimajući da je energija fotona kvantizirana.

Konačno, kao kruna svega, 1925/26. otkrivena je nova fizika, tzv. kvantna mehanika, čiji je prvi kamen temeljac postavio *Planck*. Kvantna mehanika opisuje atomske procese; to znači: sve pojave čije su osnove u bitnome određene atomskim procesima moraju uključivati *Planckov kvant djelovanja*. Nabrojimo neke: čitava fizika elementarnih čestica, atomska fizika, molekularna fizika, fizika čvrstoga stanja, astrofizika, itd. Nabrojimo i neka područja aplikacije: atomska energija, fuzija (= sjedinjenje nekoliko laganih atoma na vrlo visokim temperaturama, čime se oslobađa velika količina energije, kao npr. spajanje atoma vodika i lituma u hidrogenskoj bombi, laseri, maseri, suprafluidnost, supravodljivost, tumačenje razvoja svemira, razvoja zvijezda, kompjuterska tehnologija, visokotemperaturna vodljivost...).

Cjelina *Planckova* učenja o kvantima zove se *kvantna teorija*. *Planck* je počeo razvijati tu teoriju već 1900. zamijenivši *Leibnizovo* "natura non facit saltus (= priroda ne čini skokova)" obratnim učenjem da se svi procesi gibanja unutar prirode događaju "skokovito", ne kontinuirano nego diskontinuirano, naime: energija se može emitirati i apsorbirati samo u diskretnim (razdvojenim, zasebnim) količinama, u obrocima (= ne kontinuirano! - kako se to u klasičnoj mehanici mislilo) ili stručno - u *diskontinuiranim kvantima*, čija je energija "E" razmjerna frekvenciji zračenja, i to po formuli  $E = h\nu$  (ono " $h$ ", s već spomenutom njegovom vrijednosti  $/h = 6,56 \cdot 10^{-34}$  joula . sekunda/ zove se *Planckova konstanta* ili najmanji kvant djelovanja, a ono " $\nu$ ", /grč. slovo "ni"/ označava frekvenciju zračenja).

### 3. Nešto opširnije o entropiji

Entropija je također jedan od fundamentalnih zakona prirode, jer se odnosi na tijek procesa u cjelokupnom svijetu, u čitavoj prirodi. Kako smo i rekli, entropija označuje onaj dio energije koji u tijeku procesâ u prirodi postaje *neupotrebljiv*.

Fizika je, eto, utvrdila, da kod prelaženja jedne vrste energije u drugu vrstu postaje stanovit dio energije neupotrebljiv. Taj neupotrebljivi dio energije pretvorio se u *toplinu*, koja *neprekidno raste* u cjelini prirode, izravnavajući razlike među vrstama energije i smanjujući na taj način cjelinu gibanja u prirodi, ukoliko se to gibanje odvija na principu različnosti energija i njima izazvanih djelujućih sila. Nadalje, taj proces porasta izjednačujuće topline ima sklonost prema izravnavanju toplinskih razlika pa, prelazeći isključivo s toplijih na hladnija tijela, vodi k izjednačenju topline za sva tijela u svijetu, čineći nemogućim povratni ili reverzibilni proces, kojim bi se ta tijela povratila u svoje prvotno stanje energetske različnosti. Da se ispravno shvati misao, evo slike! Kad npr. kamen padne

s visine na metalnu ploču, metal se ugrije. Uzalud bismo međutim čekali da se ploča naglo ohladi i baci kamen natrag uvis. Spontano ohlađivanje metala i izbacivanje kamena ni u kojem slučaju se ne događa. Zbog entropije nemoguće je da se more najedanput ohladi i tako potjera lade velikom brzinom.

Princip entropije otkrio je *Carnot* 1842. god. Njegovu važnost za procese u prirodi razradio je dalje *Planck*. S obzirom na taj princip moguće je dakle da se mehanička energija pretvori u toplinu metala, ali nije moguće da se ijedno tijelo samo ohladi i ponovno izvršava svoj prijašnji rad. *Carnot* naglašava u svojoj raspravi *Reflexions sur la puissance motrice de feu* (Razmišljanja o pokretačkoj sili vatre) da parni stroj vrši samo takav rad da dio topline prelazi na hladniji rezervoar,<sup>1</sup> dok je obrnuti proces nemoguć.

Dalje slijedi ovo: Ako već različni stupnjevi entropije, stalno u porastu, teže konačnom izjednačenju topline u svemiru, tj. toplinskom ekvilibriju svemira, gdje onda ostaje još samo ireverzibilno (nepovratno) toplinsko stanje, bez mogućnosti povratka u različne procese u svijetu? To bi onda bila "toplinska smrt" svemira.

Što bi nakon toga slijedilo, mi ne znamo, kao što ne znamo ni to što je bilo prije "velikog praska", kad je po fizikalnim saznanjima nastao ovaj naš "današnji" svijet, koji se još uvijek širi, tj. nalazi u stanju difuzije nakon "velikog praska". U odnosu na to pitanje upozorava naš poznati fizičar dr. *Ivan Supek* na "Braunovo gibanje", gdje mikroskopski vidljive čestice, same po sebi, iz čista mira prelaze u gibanje. U vezi s tim govori prof. *Supek*: "Braunovo gibanje pokazuje granice principa entropije",<sup>2</sup> ali odmah dodaje i primjedbu da "praktički, princip entropije vrijedi i dalje"<sup>3</sup> te nastavlja: "Princip entropije...kao konačno stanje svemira proriče izjednačenje temperaturā, toplotnu smrt. Za sada još postoje u prirodi dovoljno velike razlike u temperaturama, i te razlike omogućuju život".<sup>4</sup> Uza sve to, smatra prof. *Supek* da "toplotna smrt ne predstavlja takvu opasnost, kako su to termodinamičari u prvi mah mislili".<sup>5</sup>

## PLANCK KAO VJERNIK

Uz naznačenu veličinu *Plancka* kao prirodoslovca-fizičara i učenjaka, ovdje želimo istaknuti također *Planckovu* veličinu kao dosljednog vjernika-kršćanina.

Po svom pogledu na svijet i život, *Planck* je, među ostalima brojnim prirodoslovcima našega doba, i duboki vjernik. Kao vjernik i fizičar, *Planck* smatra da se vjera i znanost međusobno dopunjuju: znanost ispituje pojave u svijetu, vjera govori o Svemogućem intelektu, koji je planirao te pojave i odredio zakonitosti njihova evolutivnog nastupanja. Za *Plancka* su pojave u prirodi, sa svima svojim zakonitostima, *proizvod Duha*, kao što su to i za suvremene prirodoslovce koje ću ovdje navesti.

<sup>1</sup> Usp. I. *Supek*, *Princip kauzalnosti*, Zagreb 1960, str. 35.

<sup>2</sup> *Supek*, nav. dj. str. 41.

<sup>3</sup> Isto.

<sup>4</sup> Isto.

<sup>5</sup> *Supek*, nav. dj. str. 41-42.

Engleski astronom, matematičar i fizičar *Sir James Jeans* (1877–1946), jedan od prvih popularizatora suvremenih teorija relativnosti i kvanta, ističe da se cjelokupna neživa priroda očituje istraživaču kao proizvod Duha: samo matematikom mogu se izraziti prirodni zakoni, a matematika je, na jedan ili drugi način, uvijek proizvod Duha, Uma. Priroda je Božja misao. *Jeans* stoga govori: "Suvremeno znanstveno gledanje sili nas...da mislimo na Stvoritelja, koji djeluje izvan prostora i vremena..., upravo kao što se i umjetnik nalazi izvan svojega platna. 'Non in tempore, sed cum tempore, finit Deus mundum'..." (= Bog nije stvorio svijet u vremenu, nego skupa s vremenom).<sup>6</sup> Naš poznati fizičar *Hondl* vidi u samoj strukturi atoma "ničim nevezanu uzročnost Duha, koja je u pozadini svega mehaničkoga zbivanja".<sup>7</sup> Slično tome govori i engleski liječnik *Aleksander Fleming* (1881–1955), koji je, skupa s učenjacima *Chainom* i *Florejem*, otkrio penicilin i njegovo djelovanje u liječenju zaraznih bolesti. Dobio je Nobelovu nagradu godine 1945. U svojoj studiji o odnosu moderne znanosti i religije, on govori: "Svemir se danas našim očima ne ukazuje kao tvar, već kao misao. No svaka misao pretpostavlja jednog mislioca. Dokazi do kojih smo došli putem fizike potvrđuju, da je fizički Univerzum imao svoje podrijetlo u Stvaralačkom činu".<sup>8</sup> Engleski astronom i fizičar *Sir Arthur Eddington* (1882–1944), koji je odredio masu, temperaturu i konstituciju brojnih zvijezda, u svojoj knjizi "*The Natur of the Physical World*" (Narav fizikalnog svijeta) ističe kako je naturalizam (= tumačenje prirode tom istom prirodnom) bankrotirao, i kako je supernaturalizam (= tumačenje prirode pomoću nekog Natprirodnog bića) "daleko najplauzibilnije tumačenje velike zagonetke" postojanja svijeta.<sup>9</sup>

U krug spomenutih i drugih prirodoslovaca našeg vremena spada *Max Planck*. *Max Planck* je duboki vjernik-kršćanin. Životna sudbina tog velikog prirodoslovca-fizičara nije bila laka. Godine 1916. poginuo je u ratu kod Verduna njegov sin *Karl*. U II. svjetskom ratu izgorjela mu je kuća, pri čemu je bila uništena njemu osobito draga i desetljećima skupljena biblioteka. Početkom 1945. bio je ubijen njegov sin *Erwin*, kao žrtva nacionalsocijalizma. Kad je *Plancku* njegov prijatelj *A. Berthelot* izrazio sućut u povodu nasilne smrti njegova sina, odgovorio mu je *Planck* pismom od 28. ožujka 1945. ovako: "Vi se u mene puno pouzdate, kad izričete mišljenje, kako ja u sebi posjedujem snagu da ne podlegnem boli... I ja ozbiljno nastojim da tu snagu dobijem. U tome dolazi mi u pomoć okolnost da kao milost s neba promatram to što mi je od djetinjstva u srcu duboko ukorijenjena čvrsta, ničim nepomućena, vjera u svemogućega i beskrajno dobroga Boga. Dakako, njegovi putovi nisu naši putovi! Ali, povjerenje u Njega pomaže nam proći i kroz najteža iskušenja".<sup>10</sup> U svojoj zbirci rasprava, s naslovom *Putovi ka fizikalnoj spoznaji*, *Planck*, govoreći o bitnosti religije, ističe ovo: "Religija je povezanost čovjeka s Bogom", i to kao s jednom "Nadzemaljskom silom, koja upravlja čovječjim životom... Staviti sebe u suglasnost s tom silom i prema njoj sačuvati odanost – stalna je težnja i najviši cilj čovjeka vjernika. Naime: samo tako može se

<sup>6</sup> Usp. *Janžeković, Nova pot*, 1958, 1-3, str. 24.

<sup>7</sup> Usp. *A. Gahs, Religija i magija*, Zagreb 1946, str. 199.

<sup>8</sup> Isto.

<sup>9</sup> Isto.

<sup>10</sup> *Muschalek, Gottbekenntnisse moderner Naturforscher*, Morus-Verlag, Berlin, 4. Auflage 1944, str. 81-82.

on, vjernik, osjećati u životu zaštićenim pred životnim opasnostima što ga ugrožavaju... te tada participira na unutarnjem zadovoljstvu duše, koje zadovoljstvo može biti zajamčeno samo po čvrstoj povezanosti s Bogom i po bezuvjetnom vjerničkom povjerenju u Božju svemogućnost i spremnost za pomoć..."<sup>11</sup> Kad govori o spoznaji Boga u religiji i prirodoslovnoj znanosti, Planck ističe ovo: "Za vjernika, Bog je ono nešto što je primarno dano: iz Njegove svemoćne volje izvire cjelokupni život i svako zbivanje u tjelesnom i duhovnom svijetu... Protivno tome, za prirodoslovca, ono primarno dano jest sami sadržaj njegovih osjetilnih organa i mjerenja, koja su iz toga izvedena. Polazeći od toga, prirodoslovac nastoji zatim, na putu induktivnog traženja, po mogućnosti približiti se Bogu i njegovu svjetskom poretku... Tako Bog za religiju stoji na početku, a za znanost na kraju svakog mišljenja. Jednoj označava On sami Temelj, a drugoj krunu izgradnje svakog svjetonazornog razmišljanja."<sup>12</sup>

Za Plancka, nadalje, nema nikakva proturječja između religije i prirodoslovnih znanosti. O tome on ovako govori: "Kamogod i kolikogod možemo pogledati, između vjere i prirodoslovlja ne nalazimo nigdje protuslovlja, ali zato upravo u odlučnim točkama nalazimo potpuno podudaranje. Religija i prirodoslovlje se ne isključuju..., nego se međusobno dopunjuju i uvjetuju... Upravo najveći prirodoslovci svih vremena, ljudi poput Keplera, Newtona, Leibniza, bili su prožeti dubokom religioznošću. U početku naše kulturne epohe bili su njegovatelji prirodoslovlja i čuvari religije vezani dapače personalnim jedinstvom... Znanstveni istraživački rad se odvijao u srednjem vijeku, načelno, u monaškim ćelijama..."<sup>13</sup> U predavanju o temi *Zakon uzročnosti i sloboda volje*, održanom u Pruskoj akademiji znanosti, Planck govori o usrećujućoj predanosti Bogu, navodeći riječi sv. Pavla: "Onima koji Boga ljube, svaka stvar mora služiti za nešto još bolje! Onog kome uspije da se podigne do takva pogleda na život, treba vrednovati kao doista sretna čovjeka. Naime, kao što on trajno ostaje pristupačan za sve dobro i lijepo što ga svaki dan i sat može susresti, tako on sačinjava sebe može istovremeno unaprijed smatrati zaštićenim protiv svake nezgode, koja mu u ovom nestalnom životu još može biti dodijeljena."<sup>14</sup> U tome istom predavanju, na temu o međusobnoj upućenosti znanosti na religiju i obratno, Planck ističe: "Znanost i religija, istinski, ne stoje ni u kakvoj proturječnosti, nego su one, za svakog ozbiljno razmišljajućeg čovjeka, potrebne jedna drugoj kao dopuna. Sigurno nije tek slučajno, da su upravo najveći mislioci svih vremena istovremeno bili također duboko prožeti religioznošću, premda oni to svoje *najsvetije nisu rado javno iznosili*. Tek iz zajedničkog djelovanja snagâ njihova uma i volje uspijeva filozofiji njezin najzreliji i najskuplji plod: etika. Naime, znanost također pronalazi etičke vrednote, ona nas prije svega uči *istinoljubivosti i strahopoštovanju* (podcrtao A.K.). Istinoljubivost u nepopustljivom nagonu za napretkom prema sve točnijoj spoznaji svijeta koji nas okružuje; strahopoštovanje kod razmišljanja i zadržanog pogleda prema onom vječno Nedokučivom, prema tajni Božanskoga u vlastitim grudima".<sup>15</sup>

<sup>11</sup> Isto.

<sup>12</sup> Isto.

<sup>13</sup> Muschalek, nav. dj. str. 82-84.

<sup>14</sup> Isto.

<sup>15</sup> Muschalek, nav. dj. str. 84.

Način spajanja znanstveno utvrđivane zakonitosti u prirodi i religioznog priznavanja Zakonodavca otkriva nam Planckov tekst iz knjige *Religion und Wissenschaft* (Religija i znanost), koji ovdje iznosim u vlastitom prijevodu. Tekst donosim u cijelosti iz zbornika prilogâ suvremenih prirodoslovaca o pitanju odnosa znanosti i vjere. Zbornik je sastavio *Wolfgang Derrert*, a nosi naslov *Die Natur das Wunder Gottes* (Priroda, Božje čudo). Evo prijevoda Planckova priloga!

### ČUDO ZAKONITOSTI U PRIRODI

*Max Planck*

Fizikalna znanost zahtijeva priznavanje stvarnog i od nas neovisnog svijeta, koji mi doduše nikada ne možemo direktno spoznati, nego ga samo zamjećivati kroz naočale naših čulnih osjeta i mjerenja što ih ti osjeti posreduju.

Ako tu postavku dalje slijedimo, naš način promatranja svijeta dobiva drugi oblik. Sami subjekt promatranja, opažajuće Ja, povlači se iz središnje točke mišljenja te biva upućen na neko posve skromno mjesto. Zaista, kako bijedno maleni, kako nemoćni mi ljudi moramo izaći pred samima sobom, kad pomislimo, da Zemlja, na kojoj živimo u ovom gotovo nelznmjernom Svemiru, predstavlja samo sićušno zrnce prašine, upravo ništa; te kako neobičnim, s druge strane, mora nam se učiniti to što smo mi – sićušna stvorenja na tako sitnom Planetu, sposobni točno spoznati – pomoću svog mišljenja ako ne bitnost, ali ipak postojanje i veličinu elementarnih građevnih čestica čitavog velikog Svijeta.

Ali, ono čudesno ide još dalje! Nesumnjivi je rezultat fizikalnog istraživanja, da elementarne građevne čestice zgrade svijeta ne leže bezvezno jedna pokraj druge u pojedinačnim grupama, nego da su one spojene, kao cjelina, jedna s drugom, prema stanovitom jedinstvenom planu, ili, drugim riječima, *da u svim procesima u prirodi* gospodari neka sveopća zakonitost, koju mi spoznajemo do određenog stupnja.

Želim ovdje najprije spomenuti osobito jedan primjer: princip održanja energije. U prirodi postoje različite vrste energija: energija gibanja, gravitacija, toplinska energija, električna energija, magnetizam. Sve energije zajedno sačinjavaju energetska zaliha svijeta. Ta zaliha energije posjeduje, dalje, nepromjenljivu veličinu: ona se ne može ni povećavati ni smanjivati nikakvim procesom u prirodi; sve promjene koje stvarno nastaju sastoje se samo u međusobnim pretvorbama energije.. Ako se npr. zbog trenja izgubi energija gibanja, nastaje ekvivalentna količina toplinske energije.

Taj princip energije gospodari u svim područjima fizike, i to kako prema klasičnoj tako i prema kvantnoj teoriji. Doduše, češće se pokušavalo dovesti u sumnju njegovu točnu vrijednost za procese u pojedinačnom atomu, te (se pokušavalo) priznati mu za te atomske procese samo stanovit statistički karakter. Međutim, točna kontrola, u svakom do sada o tome istraživanom slučaju, pokazala je da svaki pokušaj ostaje bezuspješan, te da ne postoji nikakav povod da se principu zanijeće rang savršeno egzaktnog prirodnog zakona.

Sada, često s pozitivistički usmjerene strane, čujemo opet kritičko protivljenje: tako točnoj vrijednosti principa nikako se ne treba čuditi;

radije, zagonetka se sasvim jednostavno objašnjava okolnošću da je, u konačnici, sami čovjek taj koji prirodi propisuje njezine zakone. I kod takve tvrdnje, neki se pozivaju dapače na autoritet Emanuela Kanta.

Činjenica da prirodni zakoni nisu izmišljeni od ljudi, nego da je njihovo priznavanje nametnuto ljudima izvana, ipak je sada potpuno jasno. Gledajući samu stvar ispočetka, mogli bismo prirodne zakone kao 1 vrijednosti univerzalnih konstantâ<sup>16</sup> zamisliti i posve drugačije negoli što one to faktično jesu. Ali, što se tiče pozivanja na Kanta, ovdje postoji krupan nesporazum. Naime, Kant nije učio da čovjek jednostavno propisuje prirodi njezine zakone, nego je on učio da čovjek pri formuliranju prirodnih zakona dodaje nešto od svoga vlastitog. Kako bi se inače moglo zamisliti da se Kant, prema njegovim vlastitim riječima, nije osjetio potaknutim na neko dublje strahopoštovanje ničim više nego pogledom na zvjezdano nebo? Dakako, pozitivisti je strano takvo strahopoštovanje. Za njega zvijezde nisu ništa drugo nego optički skupovi osjeta; po njegovu mišljenju, sve je ostalo samo koristan, ali u temeljima samovoljan i oskudan dodatak.

Ali, mi želimo ostaviti po strani pozitivizam te slijediti dalje naš misaoni tok. Princip energije nije, dakako, jedini prirodni zakon, nego je on samo jedan među ostalima. On doduše vrijedi u svakom pojedinačnom slučaju, ali još dugo on neće biti dovoljan, da bi se unaprijed moglo izračunati tijek nekog prirodnog procesa u svima njegovim pojedinostima, jer on, princip (održanja) energije, ostavlja otvorenim još beskonačno mnoge mogućnosti.

Ima, međutim, jedan drugi, mnogo obuhvatniji zakon, koji posjeduje vlastitost da na smisaono pitanje, koje se tiče bilo kojeg tijeka nekog prirodnog procesa, jednoznačno odgovori; a taj zakon, koliko možemo vidjeti, isto kao princip (održanja) energije, ima i po najnovijoj fizici točnu vrijednost. Međutim, to što sada moramo gledati kao najveće čudo, jest činjenica, da najprikladnija formulacija tog zakona, kod svakog tko nije pristran, razbuđuje dojam kao da prirodom *upravlja neka intelektualna Volja koja je svjesna cilja* [podcrtao, A. K.].

Posebним primjerom htio bih to objasniti. Kao što je poznato, svjetlosna zraka koja u kosom pravcu naiđe na površinu nekog providnog tijela, npr. na površinu vode, biva pri nastupanju u to tijelo otklonjena od svoga pravca. Razlog za taj otklon jest okolnost da se svjetlost u vodi sporije širi nego u zraku. Takav otklon ili lom svijetla događa se, dakle, i u atmosferskom zraku, jer u dubljim, gušćim slojevima zraka svjetlosti se širi sporije nego u višim slojevima. Ako, dakle, zraka svjetlosti s neke svjetleće zvijezde dospije u oko promatrača, onda će njezina putanja, ako zvijezda ne stoji baš okomito u zenitu, zbog različnih lomljenja u raznim

<sup>16</sup> Pod izrazom "*univerzalne konstante*" shvaća se one najmanje, mjerenjima postignute brojeve, koji izražavaju masu i električni naboj elementarnih dijelova atoma (elektrona, pozitrona, protona, neutrona, itd.). Izraz "konstanta" (lat. constans = postojan) označava veličinu koja ima uvijek istu vrijednost u odnosu na neku promjenu; ta veličina je "konstanta" te promjene. Tako je npr. konstanta brzine svjetlosti  $(2,997925 \pm 0,000003) \cdot 10^8$  m/sek; masa protona  $1,6726 \cdot 10^{-27}$  kg; masa neutrona  $1,6749 \cdot 10^{-27}$  kg; masa elektrona  $9,1095 \cdot 10^{-31}$  kg. Planckova konstanta "h" =  $6,56 \cdot 10^{-34}$  joula/sekunda.

slojevima zraka, pokazati stanovito više ili manje komplicirano zakrivljenje. To pak zakrivljenje biva potpuno određeno jednostavnim slijedećim zakonom: na svim putanjama što vode sa zvijezde u oko promatrača, svjetlost koristi baš one putanje kod čijeg prevaljivanja, uzevši u obzir različite brzine širenja u različitim slojevima zraka, ona, svjetlost, treba najkraće vrijeme. Fotoni, koji tvore zraku svjetlosti, *ponašaju se, dakle, kao razumna bića. Među svim mogućim krivuljama, koje im se nude, oni, fotoni, uvijek biraju onu krivulju koja ih najbrže vodi do cilja* [podertao, A. K.].

Taj princip je prikladan za veličajnu generalizaciju. Prema svemu što znamo o zakonima procesâ u ma kojoj fizikalnoj tvorevini, mi možemo karakterizirati tijek svakog procesa u svim pojedinostima postavkom da među svim zamislivim procesima, koje u određenom vremenu tu tvorevinu prevode iz jednog određenog stanja u neko drugo određeno stanje, zbiljski proces biva onaj za koji, preko tog vremena protegnuti integral izvjesne veličine, tzv. Lagrangeove funkcije, posjeduje najmanju vrijednost. Znade li se dakle izričaj Lagrangeove funkcije, može se tijek zbiljskog procesa u potpunosti navesti.

Doista nije ništa čudno da je otkriće toga zakona, tzv. principa najmanjeg djelovanja – prema kojemu je kasnije dobio svoje ime i elementarni kvant djelovanja – stavilo u očito oduševljenje svog začetnika Leibniza, kao naskoro i njegova nasljednika Maupertuisa, jer su ti istraživači vjerovali da su u tome pronašli opipljivi znak da (svijetom) upravlja jedan viši Um, koji svemoćno gospodari prirodom.

U stvari, preko principa djelovanja biva u pojam uzročnosti uvedena jedna posve nova misao: onome Causa efficiens, tvornome uzroku koji djeluje iz sadašnjosti u budućnost te omogućava da se kasnija stanja pojave kao uvjetovana ranijim stanjima, pridružuje se Causa finalis, svršni uzrok koji, obratno, uzima kao pretpostavku budućnost, naime neki određeni cilj prema kojemu se teži, te se iz toga izvodi tok procesâ koji vode prema tom cilju.

Dok ostajemo ograničeni na područje fizike, te obadvije vrste načina promatranja samo su različne matematičke forme za jedno i isto stvarno stanje, i bilo bi nužno postaviti pitanje, koji od ta dva načina dolazi bliže istini. Samo o praktičnim odmjerivanjima ovisi to, da li će se koristiti jedan ili drugi. Glavna prednost principa najmanjeg djelovanja jest to da za njegovo formuliranje nije potreban nikakav posebni sustav odnosâ (kein Bezugssystem).

Sada se ipak, po nama, radi o općenitijim pitanjima. Mi ovdje želimo samo utvrditi, da je *teorijsko-fizikalno istraživanje* u svome povijesnom razvoju upadno vodilo takovoj formulaciji fizikalne uzročnosti, da ta formulacija posjeduje izričito teleološki, *svršishodni karakter*, a da time nije, kao nešto sadržajno novo ili sasvim proturiječno, uneseno u specifičnost (Art) prirodne zakonitosti. Radi se, mnogo više, samo o jednom, prema formi različnom, stvarno ipak savršeno ravnopravnom načinu promatranja. Slično kao u fizici smjelo se dogoditi i u biologiji, gdje je razlikovanje dvaju načina promatranja poprimilo svakako bitno oštrije forme.

Sažimljući, u svakom slučaju smijemo reći, da, prema svemu što egzaktna prirodoslovna znanost uči, u cjelokupnom području prirode u kojoj mi ljudi igramo na našem malom Planetu tek sličnu ulogu –

*gospodari određena zakonitost* [podcrtao, A. K.], koja je *neovisna* o postojanju nekoga mislećeg bića čovječje naravi (einer denkenden Menschheit), ali koja (zakonitost) ipak, ukoliko uopće može biti shvaćena našim razumom, dopušta stanovitu formulaciju koja odgovara izvjesnom svrshodnom ponašanju. Ta zakonitost predočava, dakle, stanovit inteligentan red u svijetu, kojem su redu priroda i čovječanstvo podređeni, ali čija vlastita bitnost za nas jest i ostaje neprepoznatljiva, jer mi o tom redu primamo obavijesti samo pomoću naših specifičnih čulnih osjeta, koje nikada ne možemo savršeno iskopčati. Ali, činjenično bogati uspjesi prirodoslovnog istraživanja daju nam pravo na zaključak, da se neprekidnim nastavljajem rada ipak stalno barem približavamo nedostizivim ciljevima, te da sebe jačamo nadom u stalno napredujuće *produbljivanje naših uvida u vladanje Svemoćnog Uma koji upravlja prirodom*<sup>17</sup> [podcrtao, A. K.].

## MAX PLANCK - PHYSIKER UND GLÄUBIGER

### Zusammenfassung

Max Planck (1858-1947) in Kiel geboren, promovierte im Alter von 21 Jahren und wurde mit 27 Jahren Professor für theoretische Physik. Bald danach leitete er das Institut für die theoretische Physik an der Universität Berlin, erhielt den Nobelpreis für Physik und wurde einer der bekannten Entropieforscher.

Als Begründer der Quantentheorie hat sich Planck auch der Behandlung von ethischen und religiösen Problemen zugewandt. Er spricht in tiefster Erfurcht über Dasein und Wesen Gottes, über die Bedeutung von Religion und Christentum. Die ganze Natur bleibt für ihn ein "Wunder der Naturgesetzlichkeit". Nach Planck "steht Gott für die Religion am Anfang, für die Wissenschaft am Ende aller Denkens". In seinen Vorträgen und Schriften steht das Problem der Kausalität und Willensfreiheit sowie das Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft deutlich im Vordergrund. Er ist überzeugt, daß es keinen Widerspruch zwischen Religion und Naturwissenschaft gibt. Ganz im Gegenteil: "Die beiden Wege (. . .) gehen einander parallel und sie treffen sich in der fernen Unendlichkeit an dem nämlicher Ziel."

<sup>17</sup> Usp. W. Dennert, *Die Natur das Wunder Gottes*, Athenäum - Verlag, Bonn 1957. str. 42-46. Iz djela: Max Planck, *Religion und Wissenschaft*, Joh. Ambrosius Barth, Leipzig 1938.