



crkva u svijetu

# PRINOSI

ZNANOST I ČUDO\*

(uz pogleda dvaju svjetonazora)

Dragoš Machiedo

Ovo izlaganje nema nakanu dokazivati one izvanredne događaje koje vjernici nazivaju čudom. Ono će samo pokušati istražiti da li je čudo objektivno, odnosno prirodoznanstveno — *pripustivo*. Zbog veće relevantnosti, mislim da je korisno kritički razmotriti to pitanje i kroz gledišta dvaju suprotnih stajališta: teističkoga i ateističkoga. To će nam omogućiti i jasniji pristup središnjoj temi, a, možda, i pomoći otkriti neke dodirne točke tih dvaju antagonističkih nazora.

Kao što je poznato, za teiste, i ne ulazeći u logičke analize, — čudesa su stvarnost i jedna od najizrazitijih potvrda egzistencije metafizičkoga. Za kršćane i više: ona su istina koja je sadržana u Objavi. Razumljivo je da, ako to stajalište podvrgnemo logičkoj analizi, mogu nastati određene dvoumice. Tako se na pr. vjernik koji zna da je Bog u stvaranju prirode samim tim uvjetovao one zakone koje svagda susrećemo može pitati: »Hoće li Bog, pa makar u izuzetnim slučajevima, ikada na neki način kompromitirati te zakone?« (Dakako, u ovakvoj dvoumici, vjernik će dati prednost metafizičkom Uzročniku o kojemu ovise prirodni zakoni).

Osim toga, javlja se ovdje i drugi problem, i to onaj koji bismo mogli nazvati *problemom slobode*. Mi živimo u svijetu u kojemu postoji i *sloboda* za zlo (govorimo sa stajališta vjernika — no ne i samo njega — koji

●  
\* Donosimo ovu raspravu kao prilog prirodoslovno-znanstvenoj obradi čuda, iako smo uvjereni da čudo u religioznom smislu nadilazi svako prirodoslovno-znanstveno tumačenje. (Uredništvo)

ne prihvaća determiniranost volje). To je, dakle, svijet u kojemu nema sigurnosti Boga, već samo (ako prihvaćamo): »sigurnost vjere«. Je li, dakle, u tome svijetu moguć takav kapitalan zahvat kojim se interferira u stroge zakone prirode, t. j. kojim se Bog neosporno (?) nameće, a da čovjek ostane slobodan?\*

I u jednom i u drugom slučaju to bi, ne ostavljajući poteškoća, bilo moguće samo tako ako bi u prirodnim zakonima postojao određeni »stupanj slobode« ili možda, bolje, ako bi u okviru prirodnih zakona postojala gotovo zakonita uvjetovanost određenog odstupanja od njihove neprekinute općenitosti. Baš u tom je pogledu zanimljivo vidjeti stajalište suvremene fizike.

U okviru ovih razmišljanja, da bismo mogli razgovjetno proslijediti, moramo, nedvosmisleno za bilo koje stajalište, reći na što izričito mislimo kada govorimo o čudu (da se ne bi pomislilo da možda govorimo o onome što se obično naziva zajedničkim imenom »parapsihološke pojave«). Dat ću dakle definiciju: »Čudo je izvanredni, objektivno provjereni pozitivni (radi dobra) događaj za kojega ne možemo dati nikakvo razumno objašnjenje u sadašnjosti, a niti ga možemo predvidjeti (bilo kakvim znanstvenim postupkom) u budućnosti.«\*\*

Pretpostavljam da je osnovano i vrijedno uz prednje istaknuti i ovo: čudom se *ne stvara* (iz ničega) novo; ono ima prvenstvenu svrhu primjerenog *uspostavljanja prvotnog* (prirodnog) *reda*, ili općenito i osobito: *realizaciju dobra*. Pri tome *nije* čak *ni neophodna potpuna vjera* (»Vjerujem, pomози mojoj nevjeri«, Marko 9, 24). Prihvaćajući ovdje izneseno o čudu, čudom se očito ne bi morao smatrati niti ne znam koji vrlo rijetki i vrlo čudnovati događaj koji bismo mogli barem pretpostaviti (teorijski, prema postavkama statističke vjerojatnosti).\*\* Ateističko stajalište — koje se želi uvijek oslanjati na znanost — u ovom pitanju gotovo redovno trpi od apriorizma (t. j. od znanstvene neistraženosti); i ono može biti izraženo (bez obzira i na moguće različitosti raznih varijanti ateističkih koncepcija) izjavom toliko slušanom, a inače poznatom i kod pozitivista: »Čudesa su stvari koje se nikada ne događaju...«<sup>1</sup>

\* Kristove riječi u priči o bogatašu i Lazaru: »da tko i od mrtvih ustane, neće vjerovati« (Luka 6, 31) — ukazuju, čini se, da nijedna pojava ni događaj u ovom svijetu ne mogu imati snage da onemoguće slobodu.

\*\* Ako se teolog ne slaže s ovom definicijom, on će vjerojatno biti u pravu. No, mislim da je moja definicija sukladna s onom u *Biblijskom leksikonu* (Zagreb, 1972, str. 61).

\*\*\* Pretpostavljajući da jednom pritisak (molekula) zraka — koji je inače iznad i ispod svakog tijela praktički izjednačen — postane neuravnotežen uslijed znatnije razlike impulsa molekula, J. Perrin je izračunao da bi se moglo dogoditi da se neka opeka u razini zemlje podigne »spontano« do ruke zidara na trećem katu zgrade tek nakon 10 na potenciju 10<sup>10</sup> god. To praktički znači nikada. No, kada bi se dogodilo da jednom opeka ipak izvrši takvo čudovišno gibanje, to ipak ne bi moralo biti još čudo, jer bi to moglo nastati po makar kako malo vjerojatnim, ali statist. ipak mogućim zakonima (u smislu definicije, nije uključena volja postignuća dobra).

<sup>1</sup> E. Renan, *Život Isusov*, str. IX, prijevod, Zgb. 1921. g.

Dakako, tome ne može dati ništa više snage ni pokušaj da se to zaodjene u znanstveno ruho izjavom: »... kako su nam fizičke i fiziološke znanosti dokazale da je svaka natprirodna vizija iluzija«<sup>2</sup> — ako to nije popraćeno Mora se, međutim, očekivati da takva tvrdnja kod ateista proizlazi iz njihova filozofskog vjerovanja: »Boga nema, zato nije moguća niti jedna pojava (događaj) izvan prirodnog reda«. A da Boga nema, lako je (prema ateistima) i empirijski dokazati: u epruveti tragovi Boga nisu nikad nađeni, a eto — sada ni u svemiru (na Mjeseću).

Međutim, te činjenice prihvaća, dakako, i svaki vjernik. Nesporazum postoji zbog toga što ateist (u biti uvijek materijalistički monist) prihvaća kao jedinu zbilju onu koju, na poslijetku, mogu otkriti samo osjetila (i njihova pomagala), dok vjernik ide dalje (dublje), t. j. on smatra da je kontingentna (i zato promjenljiva) materija moguća samo zato što ona pretpostavlja nekotingentni bitak; ono što je »nosi« i uvjetuje, što on naziva Duh.<sup>3</sup>

Da i stajalište vjernika nije sasvim bez znanstvene osnove, mogla bi pokazati jedna analogija iz fizičkog svijeta. Pozitivnoj akciji ekvivalentna je negativna akcija (reakcija). Ova istodobna druga po naravi je i veličini jednaka onoj prvoj (samo su uzajamno suprotne). U čemu je dakle razlika, ako je ima? Dakako, postoji razlika; samo ona nije kvantitativna, rekli bismo: nije materijalna. Akcija je *prvotna*, ali ne po vremenu (vrlo čudnovato!), već zato što »iza« nje stoji volja.\*

Može se zaključiti, da se dva izrazito suprotna stajališta u nazoru na svijet ne sukobljuju u području koje ne zalazi u transcendentno, ni u odnosu na onaj prirodnoznanstveni princip, koji klasična fizika smatra temeljnim: zakon kauzaliteta. Teist baš po prirodnim zakonima otkriva Zakonodavca, a po općem kauzalitetu — prvog Uzročnika.\*\* Poteškoće mogu nastati u pitanjima u vezi s čudom.

Ateist, dakako, u osnovi prihvaća vrlo naglašeno rezultate znanosti (prirodna je znanost po svome zadatku, metodama i sredstvima — materijalistička). Tako danas najznačajniji ateisti, dijalektički materijalisti, prihvaćaju decidirano kauzalitet.\*\*\* Sam F. Engels — u svome, u ovom području, najistaknutijem, na žalost, fragmentarnom radu — veli: »Ono-

<sup>2</sup> Nav. dj., str. 43.

iscrpnim i razložnim argumentima.

<sup>3</sup> V. na pr. G. K. Chesterton (u tumačenju sv. Tome), *Otac zapadne kulture*, str. 124, 125, Zgb. 1939. g., prijevod.

\* Dakako, ovdje netko može postaviti opasku, da, na pr., »iza« akcije (udara o zemlju) jabuke koja pada sa stabla — ne postoji nikakva volja. Na ovo moram reći da takva opaska izaziva dugu raspravu o kauzalitetu u cjelini, pa i po beskonačnom, zatvorenom (energetskom) lancu, možda i »svemirskom perpetuum mobile-u«, ili o prvom Uzročniku. Ja ću radije navesti druge, neosporne primjere akcije iza koje stoji volja: iskorak čovjeka, udarac bata po nakovnju.

\*\* Poznati stav. sv. Tome.

\*\*\* S osporavanjem kauzaliteta, mogli bi možda doći u pitanje: samostalnost svemira, nepostojanje »bezuzročnih« (zapravo metafizičkih) pojava, uvjetovanost povijesnih događaja (problem slobode — uvjetovane slobode) i sl.

me, koji poriče kauzalitet, svaki je prirodni zakon hipoteza.«<sup>4</sup> Pa ipak, baš dijalektički materijalizam, različito od postavki znanstvene, klasične fizike, — o čemu će biti još govora — uz kauzalitet usvaja i slučaj.<sup>5</sup> Prihvaćajući slučaj, kao događaj koji je izvan okvira kauzaliteta (kao i čudo), osnovano je razmotriti njegovo značenje s različitih stajališta. Slučaj je po definiciji: »... nepredvidljiv ili neodredljiv događaj koji se nije morao dogoditi (potcrtao D. M.) ili se mogao dogoditi i drugačije.«<sup>6</sup> Kao što se zna, vjernik ne priznaje slučaj, i to ne samo iz znanstvenih razloga. On, po svojoj koncepciji, događaj koji nije obuhvaćen sklopom kauzaliteta a ne predstavlja zahvat Božji (čudo) — svodi na pojam bez praktičkog realiteta, na t. zv. »slijepi slučaj«.

Dijalektički materijalist, usvajajući slučaj uz kauzalitet, ne želi ipak, kako to bez kompromisa navodi Engels, ni u najmanjoj mjeri umanjiti značenje i vrijednost ovom drugom. Dapače, za njega kauzalitet, kao univerzalna pojava koja proizlazi iz temeljnih prirodnih zakona, predstavlja sinonim za zakonomjernost, i redovito ga izražava (filozofskim) terminom *nužnost*. Tako M. Urošević, u publikaciji svojih predavanja u Političkoj školi CKSK Srbije, tumačeći navode učitelja marksizma, veli: »Pod nužnošću dijalektički materijalizam shvata *unutrašnje veze procesa* (kauzalitet; op. D. M.), *zakone* (sve potcrtao D. M.) koji vladaju u objektivnom svetu.«<sup>7</sup> Da ne bi bilo nikakve dvoumice o usvajanju i slučaja uz kauzalitet, istaknuti marksistički pisac M. M. Rozentel izrazito potcrtava da: »marksistička dijalektika pored nužnosti, priznaje i *objektivnu slučajnost*.«<sup>8</sup> Ovdje je, međutim, zanimljivo tumačenje dijalektičkih materijalista o kompatibilitetu tih dviju potpunih suprotnosti (I M. Urošević potvrđuje da: »Dijalektičar isto tako vidi jedinstvo između nužnosti i slučajnosti... iako su to u isto vreme vrlo izrazite suprotnosti.«<sup>9</sup>).

Teoretičari dijalektičkog materijalizma, u skladu s onim što smo naveli, nikada ne razmatraju slučaj izolirano, jer on, kao događaj, prema njima, ima relativno značenje. »Nužnost i slučajnost su... *relativni* pojmovi, *polarne* suprotnosti, polovi *jednog* dijalektičkog jedinstva«,<sup>10</sup> ističe veoma značajni prijeratni marksist dr. S. Marković. A M. M. Rozentel kaže da postoji čvrsta, »unutrašnja povezanost, dijalektičko uzajamno djelovanje nužnosti i slučajnosti.«<sup>11</sup>

U takvu tumačenju mislim da se nazire da pojam »slučaj« predstavlja određeno odstupanje, ograničenje od onog što se obično pod tim pojmom

<sup>4</sup> F. Engels, *Dijalektika prirode*, str. 193, Zgb. 1950, prijevod.

<sup>5</sup> Nav. dj., str. 171.

<sup>6</sup> Skupina znanstvenih suradnika, *Enciklop. leksik. zavoda*, str. 74, Zgb. 1964.

<sup>7</sup> M. Urošević: *Sušтина materijal. pogleda na svet*, str. 76, ćiril., Bgd. 1961.

<sup>8</sup> M. M. Rozentel: *Marksistički dijalekt.metod*, str. 103, prijev., Zgb. 1949.

<sup>9</sup> M. Urošević, nav. dj., str. 97.

<sup>10</sup> Dr. S. Marković s velikom znanstvenom sustavnosti i korektnosti razvija svoju kritiku t. zv. građanskog stajališta u odnosu na kauzalitet i pripadne implikacije u svome djelu: *Princip kauzaliteta i moderna fizika*, Bgd., 1935., str. 163.

<sup>11</sup> M. M. Rozentel, nav. dj., str. 103.

misli. Prema dijalektičkim materijalistima slučaj dobiva takav (poznati) smisao samo kada je jedan događaj doveden u vezu, dapače suprotstavljen »kauzalnom događaju«. U kakvom su odnosu nužnost (kauzalitet) i slučajnost tumači, na pr., dr. S. Marković: »Sa gledišta dijalektičkog materijalizma nužno je ono što u toku jednog konkretnog razvitka (stvari, pojave, procesa, akcije, događaja) potiče iz *immanentne* zakonitosti posmatranog fenomena. Slučajno je, naprotiv, ono što ne rezultuje iz immanentne zakonitosti odgovarajućeg razvitka, nego je toj zakonitosti *spoljašnje*.«<sup>12</sup>

Da bi to učinio relevantnijim, M. Urošević navodi slijedeći primjer: »Biljka niče iz semenke po zakonima nužnosti koji su sadržani u unutrašnjosti semenke. Ali može da zavlada suša, pa da semenska ne proklija, može semenska da bude smrvljena usled nekog pritiska, pa da biljka opet ne proklija. Suša i pritisak u ovim primerima predstavljaju slučajnost u odnosu na klijanje, tj. suša i pritisak mogli su da se dese, a mogli su i da se ne dese.«<sup>13</sup> No, da se ne bi došlo u sumnju da dijalektički mate-

rijalizam prihvaća nezakonimjerna slučaj (jer: »Nauka prestaje gdje se prekida nužna povezanost«<sup>14</sup>) — u istom učenju se navodi da i sam slučaj predstavlja kariku u vlastitom kauzalnom lancu. Jer iako je »nesumnjivo da slučaj postoji kao objektivna kategorija«, to ipak nije »u smislu bezuzročnosti ili indeterminizma«, veli dr S. Marković,<sup>15</sup> i to tumači: »Slu-

čaj se često . . . definiše i kao presek dva razna kauzalna lanca: kad neko ide ulicom pa mu crep sa krova ( . . . ) razbije glavu, to je slučaj, ( . . . ) ali to ne znači ni da je dotično lice 'slučajno' išlo tom ulicom, niti da je crep pao 'slučajno', jer je jedno i drugo imalo svojih određenih uzroka koji su pripadali raznim nizovima.«<sup>16</sup> »Dijalektičko-materijalističko stajalište u ovom važnom pitanju jest« (dakle): »Nesumnjivo je da je i slučajno (u posebnom toku; op. D. M.) isto tako kauzalno uslovljeno kao i nužno.«<sup>17</sup>

Iz toga možemo (u vezi s pojmom »slučaj«) zaključiti: za dijalektičke materijaliste »slučajnost nije samo subjektivna misaona kategorija, već ima i ontološki karakter te . . . u određenom realnom procesu 'slučajno' može« (čak) »početi novi kauzalni niz.«<sup>18</sup>

Iz dosadašnjih navoda mislim da nesumnjivo proizlazi, da za dijalektički materijalizam slučaj dobiva svoje (poznato) značenje samo kada događaj iz jednog kauzalnog niza utječe na drugi kauzalni niz. Vjerovatno po tome možemo zaključiti, da za dijalektičke materijaliste kauzalitet vrijedi samo u (beskrajnom) vertikalnom smislu, dok u horizontalnom ne. Čini se da je to ipak odstupanje bar od općeg kauzaliteta kako ga usvaja

<sup>12</sup> Dr. S. Marković, *Princip kauzaliteta i moderna fizika*, str. 162.

<sup>13</sup> M. Urošević, nav. dj., str. 76.

<sup>14</sup> F. Engels, nav. dj., str. 171.

<sup>15</sup> Dr. S. Marković, nav. dj., str. 160.

<sup>16</sup> Nav. dj., str. 161.

<sup>17</sup> Nav. dj., str. 162.

<sup>18</sup> Skupina znanstv. suradnika, *Encikloped. leksikograf. zavoda*, str. 75, Zgb. 1964.

klasična fizika. Ne znam da li je to i sasvim uskladio sa izvanredno zanimljivim postavkama o *općoj uzajamnosti*, koje naglašeno usvaja dijalektički materijalizam<sup>19</sup> (koja, izgleda, proizlazi iz temeljnog zakona o odnosu masa po Newtonu, odnosno o odnosu električnih naboja po Coulombu), jer bi bilo teško očekivati da bi uzajamnost, kao sveobuhvatna pojava, a koja vrijedi u punom smislu u vertikalnom području, trpjela (u smislu svog zakonomjernog značenja) određene modifikacije u horizontalnomu. Po definiciji slučaja, naime, — u horizontalnom smislu — uzajamnost bi mogla »biti i ne biti«.

Podvrgnu li se prednje glavne postavke, posebno značenje i uloga slučaja, ocjeni egzaktnih znanosti, posebno fizike u njezinoj klasičnoj koncepciji, onda je zaključak kako ga je izrazio Max Planck: »Fizika ne poznaje slučaja, u njegovu pravom značenju, i ne poznaje čuda, što je konačno ista stvar...<sup>20\*</sup> A istaknuti francuski matematičar E. Borel (sukladno Laplaceu i Poincareu) naziva slučaj drugim imenom našeg neznanja,<sup>21</sup> jer veli da je »čudesni slučaj praktički nemoguć«.<sup>22</sup> Borel, naime, smatra da neki događaj (na pr. u igri na sreću) predstavlja slučaj utoliko ukoliko nastaje bez našeg poznavanja njegovih zakonitih uzroka, ali odlučno otklanja bezuzročni slučaj. Određena koncepcijska liberalizacija u stajalištima fizikalne znanosti iz ovog područja, ipak je s vremenom uslijedila; preostaje da se vidi u kojem smislu i u kojoj mjeri.

Neophodno je potrebno podsjetiti se (primjereno sažeto) novijeg razvoja ove znanosti. U klasičnoj fizici (uvriježeni naziv za fiziku do početka XX. stoljeća), u kojoj su nadmoćno vladale Newtonove koncepcije, potkrijepljene njegovim proslavljenim zakonitim relacijama, kauzalitet je smatran općom, sveobuhvatnom zakonitošću, koja je zapravo univerzalizacija čvrstih prirodnih zakona. I u filozofiji je kauzalitet imao mjesto, doduše, apriorne postavke (t. zv. kategorije, I. Kant, *Kritika čistoga uma*).

Još u zadnjem dijelu tog razdoblja, Max Planck, iako suglasan s Kantom o nemogućnosti logičkog dokaza kauzaliteta, ističe njegovu nesum-

<sup>19</sup> Vidjeti na pr. F. Engels, nav. dj., str. 44, 182, 203; M. M. Rozentel, nav. dj., str. 84, 93, 97.

<sup>20</sup> M. Planck: *La conoscenza del mondo fisico*, str. 122, prijev., Torino, 1942. (Ova publikacija je zapravo skupina spisa spomen. autora, objavljenje kojih započinje 1908. g. a završava 1933. g. U njoj se može dakle pratiti određena nadgradnja u znanstvenom stajalištu Plancka, kako se je razvijala i znanstvena misao kojoj je i sam Planck dao kapitalni doprinos).

\* Ovdje smatram potrebnim napomenuti da tom izjavom Planck nikako ne želi odbaciti religiju. To se najbolje vidi iz njegove izjave na str. 137: »Znanost i religija nisu u suprotnosti, već su jedna drugoj potrebne da se nadopune u umu svakog čovjeka koji ozbiljno misli«; isto tako kada govori o čudu na 130. str. spom. djela, želi samo naglasiti da čudo i slučaj, stoga što su »izvankauzalni«, ne mogu biti prihvaćeni od stroge znanosti. No, nema sumnje, u ovim radovima Planck niti ne pokušava razraditi neku teističku apologetiku; to se najbolje vidi iz teksta na str. 292. i 293. Planck je tu prije svega i iznad svega znanstvenik.

<sup>21</sup> E. Borel: *Slučaj*, str. 12, prijev., Zgb., 1920.

<sup>22</sup> E. Borel, nav. dj., str. 6.

njivu,<sup>23</sup> kako on veli, transcendentalnu\* realnost. On smatra da je kauzalitet tako fundamentalan i toliko objektivn da bi, i kada ne bi postojalo nikakvo percepirajuće biće, kauzalitet ostajao u biti same prirode.<sup>24</sup> Svaki čovjek se praktički s njime susreće i koristi ga dnevno.<sup>25</sup> Nezamisliva je bilo koja pojava bez nekog uzroka. Čak zakon kauzaliteta zahvaća netaknuti duh djeteta, stavljajući mu u usta neumorno pitanje: »Zašto?«<sup>26</sup> Još više, kauzalitet nužno znači neprekinuti uzajamni slijed događaja; to je »obvezna spona događaja i njihova slijeda u vremenu«.<sup>27</sup> To je bilo, uostalom, stajalište svih znanstvenika onoga vremena. Dapače, svi su smatrali uvijek sasvim osnovanom postavkom da se svako istraživanje prirode upravo poistovjetuje s otkrivanjem kauzalnih odnosa.<sup>28</sup>

Usvajanjem općeg kauzaliteta u fizici, uz korištenje poznatih zakonitih relacija iz mehanike (dinamike), značilo je da je, određivanjem samo bitnih podataka neke materijalne točke ili tijela (položaja i gibanja), bila za sva vremena determinirana njihova sudbina.\*\* Doslijedno poopćujući sve to, još je Laplace mogao izraziti svoju toliko poznatu misao o mogućnosti da bi jedan univerzalni um, koji bi u danom trenutku poznao sve sile u prirodi (sve impulse) i uzajamni položaj svih tijela, mogao u jednoj formuli obuhvatiti sva kretanja, te za njega ne bi bila neizvjesna budućnost i nepoznata prošlost materijalnog svijeta.

Uz opći kauzalitet, dakle, *svaki* budući (i prošli) događaj u svijetu — strogo je determiniran. Takva determiniranost u prirodi ne bi ostavljala mjesta (u smislu materijalnih znanosti) ni za kakve varijacije, odstupanja od (zakonito) predviđenih događaja, ni za kakav izvanredni događaj. To je bila situacija u prirodnim znanostima do početka našeg stoljeća. U zadnjem dijelu tog razdoblja osobito se razvilo proučavanje zakonitosti u okviru toplinskih pojava (uz one za elektricitet i elektromagnetizam). Konceptija korpuskularne strukture materije (atomi, molekule), poslije Avogadra, i u ovom području fizike dobiva sve veću afirmaciju i konfirmaciju. Već sama činjenica da zagrijana tijela povećavaju svoj obujam mogla je dati naslutiti da je to posljedica dinamičnog stanja njihovih osnovnih čestica (uz brže gibanje — više prostora. To povećanje obujma zagrijavanjem osobito je izrazito kod plinova, te posebno prikladno za proučavanje s obzirom na zanemarivu privlačnost njihovih

<sup>23</sup> M. Planck, nav. dj., str. 124 i 128.

\* Planck ne upotrebljava ovaj izraz u smislu njegova uobičajenog filozofskog značenja, već pod tim terminom misli na nezavisnu zbilju »vanjskog svijeta«.

<sup>24</sup> Nav. dj., str. 245. — Tu se vidi koliko je M. Planck daleko od bilo kakve idealističke koncepcije.

<sup>25</sup> Nav. dj., str. 100.

<sup>26</sup> Nav. dj., str. 270.

<sup>27</sup> Nav. dj., str. 103.

<sup>28</sup> B. Bavink: *La scienza naturale sulla via della religione*, str. 56, tal. prijevod, Torino, 1944. (Ograđujemo se, naravno, od eventualnih ideološko-političkih pogleda ovog inače istaknutog njemačkog teorij. fizičara; želimo ne samo koristiti njegovu objektivnu znanstvenu informiranost i jasnoću izlaganja, već u jednom području i konfrontirati njegove vlastite predmetne poglede s pogledima znanstvenika drukčijih ili suprotnih stajališta).

\*\* To je shvatljivo pri pretpostavci da je svaki događaj zakonito izražen, a da su svi događaji u kauzalnom slijedu.

molekula (atoma — kod jednoatomnih plinova).<sup>\*</sup> Tako je nastala kinetička teorija plinova. Pri zagrijavanju plina nastaje »uzbuđenje«, t. j. sve brže gibanje osnovnih čestica u svima smjerovima i brzinama.<sup>\*\*</sup> Te mnogobrojne čestice (npr. 25 trilijuna molekula u 1 cm<sup>3</sup> zraka pri normalnoj temperaturi i tlaku) velikim brzinama udaraju o stijenke posude u kojoj se plin nalazi (za navedeni slučaj 200.000 trilijuna udara u sekundi).<sup>29</sup> To se očituje kao trajni, kontinuirani tlak na stijenke.

Kinetička teorija je morala privesti i nauku o toplini u okvir mehanike i njezinih egzaktnih zakona, jer — poznavajući položaj i gibanje čestica koje tvore plin — moglo se doći do točnih rezultata i za tlak, temperaturu, gustoću energije i sl. No, zbog golega broja čestica (i njihovih stanja), što je uvijek u pitanju, nove postavke u odnosu na toplinu bile su nužno početak distanciranja od klasičnih egzaktnih zakona. Bilo je, naime, nemoguće odrediti položaje i dinamička stanja tog ogromnog broja čestica, pa je u ovom području bilo potrebno koristiti određene aproksimacije za računanje. Prethodno je trebalo pretpostaviti da se radi o potpuno homogenom plinu s česticama jednakih masa, slobodnih od bilo kakvih međusobnih sila. Čestice plina su inače u potpuno kaotičnom gibanju, zbog svih mogućih međusobnih sukoba i sudara sa stijenkama (*ta činjenica ipak uvjetuje i jednakopravnost u tretiranju*); ali da bi se mogla odrediti u ovakvom slučaju neka željena veličina (tlak, temperatura), valja uzeti i da se sve čestice giblju jednakom (prosječnom) brzinom, u tri međusobno okomita pravca (koordinatno), i da se pri tome jedna njihova polovica giba u jednom, a druga u suprotnom smjeru. Sve to, naime, omogućava korištenje poznatog statističkog postupka (račun vjerojatnosti), po kojemu se dobiveni (prosječni) rezultati praktički poklapaju s iskustvom (mjerenjem). Put kojim je ovdje fizika bila prinuđena ići u postavljanju relacija u termodinamici po sebi je — i po uvodnim uvjetima i po prihvaćenim pretpostavkama, a, prema tome, i uz načelni nedostatak strogo egzaktnih rezultata — postupak *vjerojatnih* ishoda (stanja). Time je, dakle, potpuna determiniranost bila kompromitirana. Ovaj ozbiljni ishod, makar i proizlazio iz jednostavne praktične nemogućnosti da se odrede početni položaj i podatak gibanja (brzina, impuls) tolikog broja čestica, rodio je već tada sumnju: Nisu li u biti i onih do tada najegzaktnijih (empirijski provjerenih) zakona, kao što je na pr. čak onaj temeljni zakon gravitacije,<sup>30</sup> samo statistički elementi, t. j. ne mora li se možda i čitav princip kauzaliteta (bar na način kako je do tada bio priznat) dovesti u pitanje? No M. Planck (u ime svih dosljednih kauzalista) to odlučno odbacuje. On je uvjeren da — iako se mora

u makrosvijetu koristiti statistička metoda — u mikrosvijetu vladaju isključivo strogi dinamički zakoni. Čak Planck tvrdi da je uvjet za uvođenje postupka vjerojatnosti u makrosvijetu — pretpostavljanje navedenih egzaktnih zakona u mikrofizici.<sup>31</sup>

\* Kod krutih tijela radi se o oscilacijama »vezanih« osnov. čestica oko srednjeg položaja.

\*\* Brzina čestica je mjera temperature plina.

<sup>29</sup> B. Bavink, nav. dj., str. 39.

<sup>30</sup> M. Planck, nav. dj., str. 171.

<sup>31</sup> M. Planck, nav. dj., str. 70 i 121.



Prije no što prosljedimo u ovom pregledu razvoja fizikalne znanosti i misli, mislimo da je ovdje posebno korisno zadržati se malo, općenito, na problemu vjerojatnosti te i vjerojatnih stanja u prirodi kao takvih, jer i statistički račun dobiva u znanosti sve veću primjenu, tako da se ipak čini da danas više nema sigurnosti da to neće uskoro biti i možda glavni (jedini?) put u znanstvenoj interpretaciji prirode.

Zanimljivo je da je već L. Boltzmann (još 1886. g., u okviru razmatranja II. zakona termodinamike i isticanja ireverzibilnih procesa) tumačio entropiju,\* u želji da umanjí značenje potpune jednosmjernosti ireverzibilnih procesa (koja je u suprotnosti s postavkama klasične mehanike, za koju vrijeme nema smjera, t. j. za koju je smisao prošlosti i budućnosti irelevantan) kao težnju prijelaza (kod prirodnih procesa) iz manje vjerojatnog u vjerojatnije stanje.\*\* Misleći na to M. Planck duhovito navodi da priroda »preferira« neko stanje pred drugim, odabirući redovno ono vjerojatnije.<sup>32</sup> Tako na pr. možemo reći da toplina *redovito* prelazi s tijela (posude) više temperature na tijelo niže temperature.\*\*\* No sam Planck potvrđuje da to ne mora isključivo i uvijek biti. On navodi da se u pojedinoj točki dodira takvih dvaju medija u nekom trenutku može dogoditi i obratno: prijelaz topline s hladnijeg na toplije tijelo,\*\*\*\* time i sam Planck naglašava da je i sam drugi zakon termodinamike sveden na princip vjerojatnosti.<sup>33</sup> Prema tome, iako je onaj prvi slučaj najvjerojatniji i praktički redovit, znanstveno nije isključen (pa ma kako malo bio vjerojatan) ni drugi\*\*\*\*\* (Borel na sličan način, s određenom mjerom humora, govori o mogućnosti da se voda na ugrijanoj peći smrzne).

Ako se malo zadržimo na ovome što smo iznijeli, moramo zaključiti da princip vjerojatnosti, a s njime i statistički postupak, nije nikako samo jedna potrebna, praktička matematička tehnika. Vjerojatnost u pojavi i računu oslanja se i na konkretnoj fizičkoj činjenici (praktički pojedinačna, a teorijski i globalno moguća odstupanja od onog što smatramo redovitim). A da se radi baš o takvoj činjenici dokazuje, na pr., nepravilno gibanje mikročestica u nekom fluidu (t. zv. Brownovo gibanje), te raspršenje svjetla i kada prolazi kroz (globalno) homogeni plin. Zato se, možda, može reći da se radi o nekim pravim *zakonima* nove vrste: zakonima vjerojatnosti. Podsjetimo se samo koji su temeljni uvjeti za usvajanje principa vjerojatnosti i pripadnog računskog postupka; to su: pojava velikih brojeva (mnogobrojni slučajevi) i uvodna postavka »općeg kaosa«.<sup>34</sup> Ilustrirajmo zahtjev velikih brojeva često navedenim primjerom

\* Fizikalni pojam, veličina prirasta koji predstavlja mjeru ireverzibiliteta nekog toplinskog procesa (prema M. Plancku, nav. dj., str. 23).

\*\*  $S = k \log W$  (S je entropija, k Boltzmannova konstanta, W numerički izraz vjerojatnosti ili »jedinica vjerojatnosti«).

<sup>32</sup> M. Planck, nav. dj., str. 29.

\*\*\* U skladu s drugim zakonom termodinamike.

\*\*\*\* Planck misli na trenutno stanje na pr. dviju susjednih molekula (u interakciji) kod kojih neka — u tijelu više energije — ne mora biti brža.

<sup>33</sup> M. Planck, nav. dj., str. 31.

\*\*\*\*\* Prisjetimo se izračunatog Perrinova primjera s opekom (v. str. 343).

<sup>34</sup> M. Planck navodi L. Boltzmannu, nav. dj., str. 31. i 71.

kocke. Pri velikom (i što većem) broju bacanja pravilne kocke bit će sve više slučajeva jednakomjerne pojave svih šest brojeva stranica. Kocka nema pamćenja, pa ipak, uz što veći broj bacanja, sve bliži smo redovitom ponavljanju *svih šest brojeva stranica*. Iako B. Bavink opravdano pita: »A zašto bi moralo biti obrnuto?«<sup>35</sup> Čim se radi o redovitom (uvjetovanom) događaju, mi u tome možemo vidjeti jednu zakonitost. Što se tiče (uvjetnog uvodnog stanja) potpunog nereda, iskustvo nam pokazuje da on redovito daje (kako je po statističkom postupku i izračunato) sasvim skladnu rezultatnu pojavu.<sup>36</sup> Kako, dakle, izbjegnuti misao da kaos krije (i sadrži) uvjete za jedan budući red?<sup>37</sup> Pri ovome je, međutim, i po samom principu vjerojatnosti, uključeno i »zakonito« *ne očekivati* u prirodi apsolutnu sigurnost za određenu pojavu.

Kao zaključak ovog razdoblja fizike, t. j. njezina klasičnog razdoblja, donosimo Planckov navod: »Iz srednjih (statističkih; op. D. M.) vrijednosti proizlaze neka empirijska pravila koja dopuštaju predviđanje razvoja budućih pojava, ali ne s potpunom sigurnosti već s određenom *vjerojatnosti* koja graniči sa sigurnosti, ali ne u svakoj pojedinosti već u njihovu srednjem toku.«<sup>38</sup>

Veliki nastavak dubljeg upoznavanja prirodnih pojava i odnosa, pa i napora za što istinitiju interpretaciju same materije, započinje s XX. stoljećem. U tom se razdoblju rađaju neka sasvim nova, fundamentalna otkrića. Čini se nevjerovatnim da je upravo onaj Planck, koji je s toliko upornosti branio nepovredivost klasičnih principa predvođenih kauzalitetom, postavio temeljni kamen za sasvim nova, suprotna i revolucionarna shvaćanja. Koncem prošlog stoljeća radilo se na tome da se postavi opće vrijedni zakon (relacija) za gustoću isijane energije (u ovisnosti od temperature) iz t. zv. potpuno crnog tijela.\* Formule u tu svrhu postavljene (Wien, te Rayleigh-Jeans) zadovoljavale su samo za neka frekventna područja. M. Planck, pretpostavljajući da se pri emisiji toplinske energije radi također o harmoničkim oscilatorima određene vrste (ovdje titraju osnovne čestice koje emitiraju elektromagnetske valove), sretno združuje spomenute relacije i postavlja svoju,\*\* koja je zadovoljavala u cjelosti za sva područja. On izvodi taj izraz polazeći od odnosa između entropije (zapravo kvadrata entropije) i energije; međutim, uza sve iskustvene potvrde njegove relacije, Planck nije zadovoljan, jer smatra da formula dobiva puno značenje samo ako joj se može dati smisljena, fizička interpretacija (t. j. ako se i uključenim konstantama dade jasan fizički smi-

<sup>35</sup> B. Bavink, nav. dj., str. 59.

<sup>36</sup> U vezi s tim S. Schrödinger je jednom izjavio, da bi (tako) iz čistog slučaja mogla proizaći neka prividna zakonitost (Navod iz B. Bavink, nav. dj., str. 43).

<sup>37</sup> W. Heisenberg, *Fizika i metafizika*, prijev., Beograd, 1972, str. 321.

<sup>38</sup> M. Planck, nav. dj., str. 61.

\* G. Kirchhoff je još 1882. g. ustanovio da pri toplinskoj iradijaciji postoji jedna univerzalna funkcija ovisna samo o temperaturi i frekvenciji iradijacije, bez obzira na vrstu ugrijana tijela. Zato su proučavanja polazila pretpostavljajući najpovoljnije tijelo, tj. takvo koje bi moglo apsorbirati i isijati energiju svih frekvencija, a to bi moglo biti samo potpuno crno tijelo. (Realizira ga posuda sa začađenim unutarnjim stijenkama).

\*\* M. Planck, o. c. s. 82:  $U = bc/c^3/T - 1$ ; U je isij. gust. energ., T aps. temp., a b i c su konstante.

sao). To je postigao slijedeći Boltzmannovu koncepciju o izražavanju entropije vjerojatnošću; i »poslije više tjedana rada, najintenzivnijeg u svome životu, tama se je rasplinula i u daljini započne se pojavljivati neočekivano svjetlo«. <sup>39</sup> To je prosvjetljenje predstavljalo zaprepašćujući zaključak (koji se oslanjao na postavci o jedinicama ili »stanicama« vjerojatnosti\*), da umjesto kontinuirane emisije energije po osnovnim harmoničkim oscilatorima, kako bi to moralo biti po klasičnim postavkama, ona nastaje samo u točno određenim kvantima (osnovnim količinama, jedinicama) koji su razmjerni frekvenciji ( $\nu$ ) isijane energije ( $h\nu$ )\*\* odnosno u cijelom višekratniku jednog takvog osnovnog kvanta:  $E = nh\nu$ . Konstanta razmjera ( $h$ ), za koju proizlazi dimenzija *djelovanja*\*\*\*, pojavljuje se tako kao jedna od temeljnih prirodnih konstanti — i nazvana je *kvant djelovanja* (danas češće poznata kao Planckova konstanta, veličine:  $h = 6,625 \cdot 10^{-27}$  erg. sec).

To otkriće koje je bilo upravo suprotno dotadašnjem znanstvenom uvjerenju o kontinuiranoj emisiji energije čitava raspona frekvencija (što je u sebi ipak neodrživo, jer bi uključivalo i mogućnost emisije energije beskrajnje frekvencije), rušilo je i jednu pradavnu postavku (aristotelovskog porijekla) o »prirodi koja ne čini skokove«. Tako da sam Planck dolazi u sumnju da možda priroda i ne čini drugo nego skokove.<sup>40</sup> U okviru ovog razmatranja, B. Bavink zaključuje, kako izgleda, da je naš svijet vrlo sličan kinematografu, kako je, u određenom smislu, pretpostavljao još R. Bošković prije više od 300 godina<sup>41</sup> (jer iako se u kinematografu izmjenjuje par desetaka trenutno fiksnih sličica u sekundi — kao što biva u neusporedivo manjim vremenskim razlomcima i s kvantnom emisijom energije — nama to izgleda kontinuirani proces). Međutim, takav uzbudljivi ishod Planckovih istraživanja potresao je i sama Plancka. On zaključuje da, ako doista izvod (njegova) zakona iradijacije počiva na realnoj fizičkoj osnovi, i kvant djelovanja mora imati temeljno značenje u fizici, tada je to najava nečeg nečuvenog, što bi stubokom mijenjalo postojeću fizikalnu misao, koja je osnovana od vremena (Newtonova i Leibnitzova) otkrića infinitezimalnog računa, na hipotezi o kontinuiranosti svih kauzalnih odnosa.<sup>42</sup> Kao da je sam Planck gotovo neugodno iznenađen svojim otkrićem kad zaključuje o njegovim nedoglednim posljedicama, pa čak i za klasični princip općeg kauzaliteta. No sve daljnje provjere potvrdile su Planckovo otkriće; dapače i više, bilo je neizbježno da se čitava znanstvena nadgradnja buduće fizike, t. j. i sva velika daljnja otkrića u teorijskoj fizici, pa čak i najznačajnija istraživanja u području atomskih jezgri, koristi ishodom kvantne hipoteze. Vidjeti ćemo dalje zamašaj novih postavki.

<sup>39</sup> M. Planck, nav. dj., str. 82.

\* To svakako izražava i potpuno statičko značenje i ove (Planckove) rel.

\*\* Uz konstante navedene Planckove formule, čiji izvod ne spada u okvir ovog razmatranja, obuhvaćena je navedena P. konstanta.

\*\*\* U mehanici se još iz vremena Laplacea produkt energije i vremena naziva djelovanje.

<sup>40</sup> M. Planck, nav. dj., str. 50.

<sup>41</sup> B. Bavink, nav. dj., str. 68.

<sup>42</sup> M. Planck, nav. dj., str. 87.

Jedna osobita pojava u vezi sa svjetlom, t. zv. foto-efekt (otkriven još 1887. g. od Hertza), po kojemu mlaz svjetla koji obasjava površine nekih tvari izaziva izbacivanje, emisiju elektrona iz tih površina, nakon Plancka dobiva jednu smjelu, ali sasvim suvislu interpretaciju. A. Einstein (1905.) smatra da je jedino adekvatno tumačenje ovoj pojavi, da svjetlo sadrži određene osnovne nosioce svjetlosne energije, svjetlosne kvante (poslije nazvane: fotoni), koji u koincidenciji s elektronima iz materijala izazivaju njihovo izbacivanje, prenoseći na njih svoju energiju, koja odgovara poznatom Planckovu energetsom kvantu ( $E_f = h\nu$ )\*. Einsteinovo tumačenje dobilo je naknadno i dopunsku potvrdu u t. zv. Comptonovu efektu (promjena energije, odnosno frekvencije elmg. kvanta u susretu s mlazom elektrona); a to je bio i značajan novi prilog izgradnji i afirmaciji kvantne teorije.

Međutim, to je otkriće značilo i novi, temeljni obrat u tada — poslije tolike vehementnosti i borbe — prevladaloj koncepciji o valnoj naravi svjetla. Poznato je da u svoje vrijeme Huygensova valna hipoteza svjetla (g. 1690.) nije tako dugo mogla prodrijeti, jer je bila potisnuta korpuskularnom teorijom iza koje je stajao Newtonov auktoritet. Samo vrlo sustavni i neosporni radovi Fresnela (do 1827. g.) i Younga, čvrsto oslonjeni na pojavi difrakcije i interferencije, koji nisu mogli biti nikako drugačije tumačeni nego valnom naravi svjetla, dali su (činilo se) osigurano pravo ovima. J. C. Maxwell (1873. g.), otkrićem elektromagnetskih valova, u okvir kojih spada neosporno i svjetlo, dao je definitivnu potvrdu valnoj koncepciji. Sad, nenadno, otkrivena korpuskularna struktura svjetla (pa ma kakvo tumačenje davali tim »korpuskulama«) još jednom je mogla dovesti sve u pitanje. No, suviše čvrste eksperimentalne provjere obiju postavki nužno su vodile do (nečuvenog) kompromisnog zaključka: svjetlo (kao i svi elmg. valovi) ima dualnu narav. Manifestira se i kao val i kao čestica. Postavke M. Plancka, međutim, nisu se mogle ni na tome zaustaviti. Suviše su zadirale u esencijalna pitanja materije, u prirodu same prirode a da bi i samo proučavanje konstitucije materije moglo ostati netaknuto. Niels Bohr, koji je učinio toliko napora da Rutherfordovu (modificiranom Thomsonovu) planetnom modelu atoma dade (znanstveno) prihvatljivu teorijsku potporu, do tada je nailazio na nepremostive poteškoće. Po postavkama klasične mehanike negativni elektron koji kruži oko pozitivne jezgre, trajno privlačen istom, morao bi, kontinuiranim isijavanjem energije, nužno pasti u tu jezgru, što se eto ne događa. Planckovo otkriće, međutim, daje sada Bohru novu, izvanrednu ideju i u tom području, te objavljuje (1913. g.) tako smionu hipotezu: elektroni mogu kružiti samo u nekim, određenim (kvantiziranim) stazama oko jezgre, na kojim stazama nema emisije energije; samo pri prijelazu elektrona s jedne više (n) na nižu (s) stazu uslijedi emisija odgovarajućeg energetsog kvanta. Količina te emitirane (u skladu s afirmiranim Maxwellovim postavkama, elektromagnetske) energije odgovara razlici energetske razine odgovarajućih

\* Ako koristimo relativist. izraz za energiju ( $E = mc^2$ ), koju je teoriju Einstein također u tom razdoblju razradio, uz već poznati odnos iz optike (u valnoj teoriji) između frekvencije ( $\nu$ ), duljine vala ( $\lambda$ ) i brzine svjetla u vakumu ( $c$ ), tj.:  $\lambda = c/\nu$ , a po izjednačenju kvantist. i relativist. izraza za energiju, može se čak izvesti i izraz za masu fotona ( $m = h\nu/c^2$ ).

elektronskih staza, a ova je ekvivalentna navedenom energetskom kvantu ( $E_n - E_s = h\nu$ ). I ovo se doista poklapa s iskustvom, jer, na pr., ni svjetlosni spektar nije kontinuirana varijacija boja, već razgraničena (kvantizirana) skala. I, eto, prije spomenuta Einsteinova interpretacija svjetla (zračenja) i novi, temeljni Bohrovi postulati u odnosu na atome predstavljaju nadopunske znanstvene postavke u povezanim područjima (materija-energija), osnovane na epohalnom Planckovu otkriću kvanta. Dogodio se nešto fundamentalno novo; klasična mehanika nije mogla zadržati opću vrijednost. Za mikrofiziku trebalo je osnovati novu (prilagođenu), t. zv. *kvantnu mehaniku* (Heisenberg, Jordan, Born).

Nova otkrića potakla su znanstvenu misao na proširene zaključke. U vezi one čudnovate dualne manifestacije svjetla, L. de Broglie dolazi na daljnju, analognu ideju: ako zračenje, svjetlo — koji su u određenoj (makar i ne dovoljno protumačenoj, ali nerazrješivoj) vezi s materijom — imaju dualnu narav, zašto i sama materija ne bi posjedovala takvu složenu karakteristiku?<sup>43</sup> Zato on postavlja i valnu teoriju materije. Koristeći se relativističkim izrazom za energiju i prije navedenim odnosom za duljinu vala kod zračenja, de Broglie izvodi izraz za duljinu valova materije:  $\lambda = h/mv$  (pri čemu, kao što je poznato:  $mv = p$ , predstavlja impuls materijalne čestice) — ili, kako on to veli, duljinu čestici (prvenstveno elektronu; op. D. M.) »pridružena vala.«<sup>44</sup> Za tu de Broglievu hipotezu Davisson i Germer nalaze eksperimentalnu potvrdu u otkriću (1927. g.) da se, kad katodne zrake (mlaz elektrona) prolaze kristalnom rešetkom, očituju iste ogibne (difrakcione) i interferentne pojave kakve su karakteristične za sve vrste valova.

Razvijajući de Broglieeve izvode, E. Schrödinger razrađuje daljnju matematičku obradu valne teorije materije. On smatra da je najzgodnije da pođe od opće valne relacije. Uvodeći osnovne de Broglieeve izraze, on uspostavlja konačnu relaciju za valove materije (za jednu česticu), a nezavisnu o vremenu (t. zv. amplitudna relacija), t. j. za ustaljene uvjete. Time je udaren temelj t. zv. valne mehanike, koja je, uostalom, usmjerena primjena opće kvantne mehanike.\*

Potvrda nove, valne mehanike očituje se njezinom primjenom pri posebnim uvjetima materijalne čestice u gibanju, osobito (i što je posebno zanimljivo) pri kruženju elektrona oko atomske jezgre. Val koji prati kružeći elektron može biti samo ravni, stojni val kakav je onaj pri titranju napete žice. Elektron može kružiti, t. j. vršiti zatvorenu stazu u ovom slučaju, samo ako na pripadnoj stazi ima cijeli broj ( $n$ ) de Broglieevih valnih dužina (t. j. uz:  $2\pi r = n\lambda$ ). To je u cjelosti sukladno s pripadnim Bohrovim postulatom o diskretnim kvantnim stazama. (Uvrštenjem odgovarajućih vrijednosti za impuls u relaciji za kinetičku energiju kružećeg elektrona, dobivaju se diskretne vrijednosti energije, kako je to po kvantnoj teoriji predviđeno). Tu je dakle i tumačenje zašto mogu postojati samo neke stabilne staze.

<sup>43</sup> L. de Broglie, *Materia e luce*, tal. prijevod, Milano, 1940, str. 163.

<sup>44</sup> Nav. dj., str. 164.

\* Matemat. interpretaciju za valnu narav materije izradio je i drugim postupkom, t. zv. mehanikom matrica (vidi: kvantna mehanika) W. Heisenberg.

Na ovom stupnju, međutim, bilo je zanimljivo, dapače i znanstveno osnovano pokušati dati shvatljivo tumačenje za dualnu pojavnost materije. E. Schrödinger je, nastavljajući razmišljanje o rasprostiranju valova materije po općim valnim postavkama (i u optici), i uz uključenu česticu u gibanju u sklop tih valova, smatrao prikladnim zaključiti, u skladu s klasičnom mehanikom, da se takva čestica, praćena (ili nošena?) valovima materije, giba po zruci s t. zv. brzinom grupe (prema Rayleighu). Bilo je, naime, smisljeno pretpostaviti da je de Brogliev »pridruženi val« zapravo rezultat mnogih ravnih materijalnih valova ne sasvim jednake ali vrlo bliske frekvencije, tako da se u jednom vrlo ograničenom području izrazito potpomažu (pozitivno superponiraju), a dalje od toga praktički poništavaju.\* Sada je Schrödinger pretpostavio da taj sami valni maksimum izražava predmetnu česticu kao neki »valni paket« (Schrödinger: »Wellenpaket«).

Ta interpretacija, koliko god bila dosjetljiva, nailazila je na nepremostive poteškoće. Kako bi se, na pr., mogla sačuvati bilo koja koncepcija o čestici, ako bi podvrgavanjem takvog »paketa valova« difrakciji (na pr. primjenom nekog kristala) ovaj bio potpuno raspršen? Pa i sam daljnji, dosljedni pokušaj Schrödingera da valnu funkciju (inače skalarnu\*\* veličinu  $\psi$ , zapravo njezin kvadrat) interpretira kao gustoću naboja (za elektron) — pri čemu bi elektron u atomu predstavljao »električni oblak« različita intenziteta, kako bi to odgovaralo promjenama spomenute valne funkcije — suočavao se je u inkompatibilitetu s inače točno lociranim stazama elektrona. I posebno, kako shvatiti i razriješiti odnose više istonabojnih »električnih oblaka« (slojeva elektrona) u atomu?\*\*\*

Osim toga, možda nije dosta ni zapaženo, da samo tumačenje materijalnih čestica kao paketa valova, po sebi ipak ne znači drugo do svodenje čitave prirode, materije — ne više na »nešto« što ima dualnu narav, već na čisto valnu bit. O kakvim bi se valovima pri tome radilo, nakon »smrti« etera?

Sam de Broglie ističe nedostatke Schrödingerovih pretpostavki, pa smatra razboritijim ostati na realnoj, izvodnoj postavci, da uz konkretnu (t. j. diskretnu i diferentnu) česticu postoji njezin pridruženi val (bez obzira kako će on sam biti tumačen). No, ne računajući na poteškoće u tumačenju bitnog značenja novih »komponenata« materije, sigurno je da one po sebi nisu mogle taknuti vrijednost ili korektnost relacija valne mehanike. Zato je bilo razborito proslijediti u ovoj nauci, stvorivši, u potrebnoj mjeri, suvisle no prakticističke zaključke.

Nakon nekih razmatranja Bohra i Heisenberga da, ne zalazeći u složene (možda i maštovite) postavke, treba ostati pri dopuštenom zaključku da navedeni analitički izvodi u svakom slučaju znače barem simbolički pri-

\* Treba imati na umu Fourierovu analitičku razradu monohromatskih, ravnih valova.

\*\* Za razliku od uobičajenog vektorskog izražavanja polja i njihovih promjena.

\*\*\* Čak u analitičkom (matemat.) izvodu, u kojemu se u valnoj relaciji za jednu česticu ističu tri dimenzije, t. j. sve se događa u našem običnom prostoru; za više čestica Schrödinger nužno izvodi više (dakle nerealnih) dimenzija.

kaz ong (nečeg) što se odvija u nekom području prostora,<sup>45</sup> M. Born nastavlja sukladnim zaključkom. On navodi da valnu funkciju ( $\psi$ ) treba tumačiti kao »gustoću vjerojatnosti«. To znači da ta veličina izražava vjerojatnost da se čestica nalazi na određenom mjestu u prostoru — upravo, najvjerojatnije, na maksimumu gustoće.

Ne bismo željeli napraviti sada interpolaciju koja bi nas ponešto udaljila od tijeka naše ovdje postavljene glavne teme, ali mi se čini da je, pošto smo došli do ovog stupnja u slijedu razvoja prirodnoznastvene slike svijeta, ipak korisno ponovno se malo zadržati na jednom, čini se, sigurnom zaključku: suvremena fizika bitno odstupa od tako čvrstih (i tako zornih) predodžbi klasične fizike. Elementi materije dobivaju stanovitu neodređenost u svojoj biti (dualni aspekt) i značenju; naša se zorna slika svijeta koleba u svojim temeljima. Nije čudo da su i istaknuti ljudi znanosti potreseni i uzbuđeni, posebno oni koji su pri tome skloni određenoj idealističkoj koncepciji, te stvaraju često i pre nagljene, ekstremne zaključke.

Tako B. Bavink pita: »Što je dakle ostalo od one tako realne, tvrde, neposredne, tromе materije?«<sup>46</sup> — iako i sam poslije priznaje da ni jedan fizičar ne može poreći da, konačno, ipak postoji nešto što ističe naš svijet pred ničim.<sup>47</sup> Čak čuveni J. Jeans, u trenutku odgovarajućeg raspoloženja piše da svemir počinje sve više sličiti velikoj misli negoli velikom stroju.<sup>48</sup> Ali i poslije, iako tvrdi da čestice sigurno zadržavaju svoje materijalno značenje (ne davajući ipak nikakva tumačenja što sada misli pod materijom) još uvijek prihvaća vrlo dvosmisleni naziv za valove materije: »valovi znanja«,<sup>49</sup> što u najboljem slučaju daje jednu matematičku interpretaciju našem svijetu. A svestrani znanstvenik (veliki astronom) i filozof prirode A. Eddington, pod dojmom novih znanstvenih potresa, čak izjavljuje, da se suvremena fizika usmjeruje na jednu spiritualističku soluciju.<sup>50</sup> (Sve vrlo blisko platonovskim i berkleyevskim idealist. koncepcijama). No, sačuvavši ravnotežu i uz navedene ekstremne, možda i impulzivne izjave tako velikih umova, koji su mogli dobiti doista objektivni poticaj za takve zaključke ne samo zbog raskoraka između stare slike svijeta i nove, već i zbog, u ovom pogledu, nezavršenih znanstvenih zaključaka — opravdano je da kao antitezu navedemo i jednu općenitu formulaciju koju dijalektički materijalisti — s Lenjinom — nesumnjivo prihvaćaju: »jedino svojstvo materije za čije je priznavanje vezan filozofski materijalizam jest svojstvo, da bude objektivna realnost, (...) ono što iščezava nije materija nego samo granica do koje smo je do sada poznavali.«<sup>51</sup> Mi doista ne znamo kojim se (logičkim) načinom može pobiti ovo drugo i dati prednost onom prvom. Mi, međutim, imamo (i povijesno-iskustvenih) razloga vjerovati da ta konačna (za ovo kritično razdoblje u fizici) znanstvena koncepcija svijeta, kakvo god bilo konačno tumače-

<sup>45</sup> L. de Broglie, nav. dj., str. 169.

<sup>46</sup> B. Bavink, nav. dj., str. 54.

<sup>47</sup> Nav. dj., str. 55.

<sup>48</sup> B. Bavink, nav. dj., str. 74.

<sup>49</sup> J. Jeans: *Fizika kroz vekove*, prijev. (ćiril.), Beograd, 1952, str. 133.

<sup>50</sup> B. Bavink, nav. dj., str. 73.

<sup>51</sup> Iz V. I. Lenjin: *Materijalizam i empiriokriticizam* (Moskva, 1909. g.), citat: Skupina autora: *Encikloped. leksikograf. zavoda*, Zgb., 1959, str. 554.

nje novih otkrića u fizici; ni u kojem slučaju neće moći biti takva da ospori egzistenciju vanjskog svijeta. Teist, uostalom, ne može odustati od uvjerenja da je vanjski (materijalni) svijet: određeni realitet različan od svijesti umnog bića (i u tom smislu realan), jer bi inače zanijekao stvaranje.

Poslije ovog određenog odstupanja od početnog razvojnog razlaganja koje se odnosi na naslovljenu temu, preostaje nam navesti kakav konačan, izvodno-analitički zaključak daje sama znanost na temelju valne (kvantne) mehanike. Taj zaključak, naime, jest i odgovor na ovo naše istraživanje.

Ostajući na dokazanoj činjenici o dualnoj pojavnosti materije, bilo je doslijedno i nužno odrediti (uz ove nove spoznaje) temeljne podatke koji karakteriziraju jedan (komponentni) aspekt pojavne materije bez obzira kako ga tumačili, t. j. česticu: njezin položaj i impuls. Ovi podaci (temeljni u klasičnoj fizici) moraju, naime, općenito označavati veličine potrebne za kvantitativno izražavanje nekog prirodnog zakona, t. j., konačno, za toliko (po klasičnoj fizici i filozofiji) potrebnu potvrdu kauzaliteta (t. j. i determinizma). No tako se nije dogodilo. A je li bilo osnovano očekivati da će to uslijediti, kada se zna da je usvojeno da se materija manifestira drugačije nego se do tada smatralo, t. j. da materiju uz česticu konjugirano izražava i tako »fluidni« val — tako da je i klasična mehanika morala biti zamijenjena kvantnom?

Želeći odrediti položaj i brzinu čestice u gibanju uz njezin pridruženi val, preostaje nam da je slijedimo u području maksimuma vala materije. Pretpostavimo najprije najjednostavniji slučaj, da je čestici pridružen samo jedan, jednostavni, monohromatski val (naziv iz optike); uz takav je val *brzina* materijalne čestice lako određiva (oslanja se na podacima tog vala). No takav val ima potpuno neodređenu rasprostranjenost — i svuda istu amplitudu. To u stvari znači da položaj pripadne čestice u prostoru može biti bilo gdje, t. j. njezin je *položaj potpuno neodređen*.\*

Razmotrimo sada drugi granični slučaj, t. j. da se radi o valu koji je izražen samo u najmanjem području, t. j. da je njegova amplituda izvan tog područja praktički nula, kako bi mogla biti locirana pripadna čestica. No u tom slučaju (sukladno odgovarajućoj matem. analizi) ne može biti više govora o jedinom ravnom valu već o t. zv. moduliranom valu, koji je izražen superpozicijom mnogobrojnih valova s vrlo malo odstupajućim frekvencijama. Ali to znači da čestica, uz takvu pretpostavku, može imati *bilo koju od brzina* uvjetovanih valovima-komponentama. Ovdje je, dakle, neodređenost *položaja* čestice svedena na najmanju mjeru, ali nastaje potpuna *neodređenost* njezine *brzine* (t. j. i *impulsa*).

Usljed dualne pojavnosti materije, dakle, određenost položaja čestice ne dopušta određenost gibanja (impulsa) — i obratno. To, konačno, znači da

\* Molim posvetiti pažnju, da se ovdje ne radi o praktičnom pokušaju određivanja položaja ili brzine čestice pomoću bilo kakvih instrumenata, već o misaonom ishodu (koji navodi na pr. i L. de Broglie u navedenom djelu) rezultata novotkrivenih činjenica, t. j. o načelnoj postavci koja se sama reljefno ističe.



je moguće svesti neodređenost položaja čestice ( $\Delta x$ )\* samo do takve donje granice pri kojoj se postizava najniža neodređenost impulsa ( $\Delta p$ ). Ili konkretnije, umnožak ovih veličina može predstavljati u najboljem slučaju samo jednu najmanju nepremostivu i nepromjenjivu (konstantnu) graničnu vrijednost ( $\Delta x : \Delta p \geq \text{const.}$ ), tj. taj umnožak može biti samo veći ( $>$ ), ako nije jednak, od te najmanje konstante. Ovaj je zaključak kvantitativno (zakonito) izveo 1925. g. iz temeljnih relacija valne mehanike W. Heisenberg, dobivši na taj način i vrijednost granične konstante neodređenosti, a koja upravo predstavlja Planckovu konstantu, t. j.:  $\Delta x \cdot \Delta p \geq h$ . To je znameniti *Heisenbergov princip neodređenosti*.

Sasvim je izlišno isticati koliko je uzbuđenja (i odgovarajući rasprava) izazvao ovaj znanstveni rezultat, i ne samo kod fizičara već i kod filozofa, pa čak i, možda, neko (nekako zlrado) zadovoljstvo predstavnika onih znanstvenih disciplina koje se ne oslanjaju pretežno na infinitezimalnom računu i njegovim izvodima, ocjenjujući da je t. zv. egzaktnoj znanosti došao kraj. U svakom slučaju, i »deterministima« i »indeterministima« je bljesnulo da se dogodilo nešto kapitalno, i to: da je nepovredivost velikog sveobuhvatnog principa kauzaliteta kompromitirana. No, citirati na pr. trijumfalističke izjave indeterminista ne bi imalo mnogo vrijednosti. Smatramo, međutim, objektivno opravdanim navesti glavne kritičke opaske uvjerenih kauzalista (u koje treba nesumnjivo ubrojiti i dijalektičke materijaliste), pa bila njihova (svijesna ili manje svijesna) pobuda manje prirodoznanstvena a više filozofsko-ideološka.

Možda ćemo najjednostavnije istaknuti glavne opaske na antikauzalistički zaključak principa neodređenosti — kroz kritičke navode dra S. Markovića u spominjanom djelu (s kojima je, čini se, barem uglavnom, suglasna većina dijalektičkih materijalista; istina, nešto manje izrazito sami teor. fizičari-marksisti).\*\* One su slijedeće: a) smatrajući Heisenberga pozitivistom, Marković tvrdi da se, prema tome, ne radi (kod principa neodređenosti) o zakonu koji propisuje priroda (t. j. koji bi bio objektivno u njoj, op. D. M.), već o zakonu koji mi »propisujemo prirodi,<sup>52</sup>

\*  $\Delta x$  u ovom slučaju ima jedinstveno značenje: veličina neodređenosti položaja čestice (ovdje po apscisi), i, poslije, analogno za impuls.

\*\* Sovjetski pisci fizike S. Friš i A. Timotejeva — u: *Kurs opšte fizike*, str. 92/I, prijev. (ćiril.), Bgd., 1969. g. — makar ne propuštaju kritizirati »idealistic interpretaciju niza buržujskih fizičara« (u struč.-znanstven. djelu vjerojatno neprimjereno), — ipak objektivno naglašavaju »opšti karakter« relacije neodređenosti u kvant. mehanici — i tvrde da ona »daje granice primjenljivosti predstava klasične mehanike«, i čak navode da se je u klasičnoj fizici mogla smatrati potpuna određivost (položaja i brzine) zbog male vrijednosti  $h$  u makrofizici, radi čega je i elektron *smatran* (potcrtao D. M.) česticom. Dakle i makrs. pisci fizike te razine ne propuštaju navesti fundamentalne promjene u koncepciji biti materije, zbog koje proizlazi princip neodređenosti, a ne obratno.

Još mnogo značajnije je stajalište uglednih sovj. znanstvenika L. D. Landaua i E. M. Lifšica u njihovoj *Kvantnoj mehanici*, str. 2 i 3 (izd. Moskva, 1962., naš prijev. Bgd., 1966. g.) gdje ističu objektivnost interakcije »objekta« i »pribora« (sinonimi za elemente materije uzeti iz postupka mjerenja, — zbog čega su izričito kritizirani od prevodilaca dr ing D. Ivanovića, jer su, naprotiv, trebali istaknuti nezavisnost *samog* objekta), iz čega, po kvantnoj mehanici slijedi i ograničenost određivosti nekih fizičkih veličina.

b) H. relacija je idealistička, jer H. u cijeloj svojoj atomskoj teoriji (vjerovatno dr. Marković misli na primijenjenu mehaniku matrica) neće da uvodi položaje i brzine elektrona, već računa sa frekvencijama i intenzitetima spektralnih linija, *budući da se dađu* (dobro) *mjeriti*<sup>53</sup> (potcrtao D. M.); c) naučni zakoni su samo približne, nepotpune, više ili manje vjerne slike prirodnih zakona;<sup>54</sup> d) H. relacija, kao *samo* (potcrtao D. M.) empirijska konstatacija, putem koje se formulira odnos između određenih veličina kako se prigodom pokusa manifestiraju, znači samo konstataciju nemogućnosti da se *na dananšnjem* stupnju (potcrtao D. M.) tehnike istodobno izmjere dvije konjugirane veličine u pitanju (položaj i brzina).<sup>55</sup>

Postoji još jedna, čisto prirodoznanstvena opaska u ovom smislu, koja govori o pripustivosti određenosti valne funkcije ( $\psi$ ) i nakon Heisenbergova principa, koju rado navode fizičari—»kauzalisti«, osobito materijalisti, — pa i u nas — ali o tome ćemo govoriti u okviru stajališta M. Plancka, poslije.\*

Prije nego što iznesemo stajališta velikih, u načelu vrlo objektivnih umova u ovom pitanju, mislimo da neće biti bez osnove ustvrditi, da prije navedene glavne kritičke opaske dijalektičkih materijalista,\*\* u smislu zahtjeva t. zv. egzaktnosti, ne mogu imati relevantnu težinu, zato što su pretežno filozofske (odnosno samo logičke).\*\*\* Pokušajmo to razložiti.

Prva gornja opaska, koja polazi od apriorne i sasvim filozofske ocjene, ne može očekivati odgovor koji bi se oslanjao na egzaktnosti. Druga, koja odbacuje novi (H.) princip, jer je idealistički (također filozofski termin), budući da se oslanja na empirijske rezultate, neodrživa je sa stajališta znanstvene fizike, jer se kao znanstveno otkriće može prihvatiti samo ono što se može iskustveno provjeriti. Ako pak nekom takvom otkriću prethodi korektna teorijska obrada, osobito matem.-analitička (što je upravo slučaj kod principa neodređenosti), svaka je daljnja oporba — neznanstvena. Ako su znanstveni zakoni, kako se to tvrdi u slijedećoj opasci, samo pri-

<sup>53</sup> Dr. S. Marković, nav. dj., str. 155. (drugi navod u petitu).

<sup>54</sup> Nav. dj., str. 156.

<sup>55</sup> Dr. S. Marković, nav. dj., str. 156.

\* Učinjeni su i ozbiljni znanstveni pokušaji za dopunsku nadgradnju u novoj fizici, kako bi se ublažili i kapitalni ishodi kvantne mehanike, među kojima se ističe (za sad samo spekulativni) rad engl. fizičara D. Bohma: *Causality and chance in modern physics* (London, 1957, naš prijev., Bgd., 1972). Tu je pokušana introdukcija t. zv. sub-kvantnomehantičkih razina (i takva svijeta?), kod kojih bi i kauzalitet mogao naći reafirmaciju. Ne zalazeći dublje i ne iznoseći kritike na ovo (od kojih neke usporedno, objektivno iznosi i sam pisac), možemo samo ustvrditi da kroz dosadašnjih 16 proteklih godina ni sam ugledni pisac nije se više osvrnuo čak ni na dopunske pokušaje drugih na ovu temu.

\*\* Možda i ne sasvim osnovano generaliziram, smatrajući stajalište većine dijalekt. materijalista sukladnim sa stajalištem dra Markovića, ali to činim, jer sam i u novije vrijeme čitao izjave nekih mladih fizičara-marksista, koje se poklapaju sa spomenutim stajalištem.

\*\*\* Prikladno je, u općenitoj potvrdi ovog, navesti vrlo jasnu, ali i korektnu izjavu prevodioca nav. djela D. Bohma, dra Đ. Živanovića u njegovu predgovoru tom djelu: »Negiranje natprirodnog, ateizam, u osnovi je fundamentalni metafizički izbor koji nije određen neposrednim iskustvom, niti trenutnim stavom nauke.« (Dr. Đ. Živanović ovo iznosi vjerujući da je, ako se pođe od tog kriterija, moguće osnovati takve znanstvene teorije koje će potpunije izražavati bit prirode nego one koje predstavljaju novu fiziku).

bližno vjerne slike prirodnih zakona, ne dolazimo li u opasnost da postavimo pod znak pitanja sva naša do sada najjegzaktnija otkrića? Pa čak i svaku mogućnost našeg praktičnog djelovanja koje se temelji na znanstvenim zakonima? — Nije li to, sada, što bi htjela opaska, novi princip »spoznajne neodređenosti«? Ne uvodimo li ovdje (da mi sad budemo filozofi) elemente jednog »polusigurnog« agnosticizma? — Nad posljednju opasku o *privremenoj* nemogućnosti naših mjernih pomagala da nam usporedno točno odrede i položaj i brzinu (te impuls) materijalne čestice, — koristit ćemo se odgovorom što ga je sličnim kritičarima uputio sam Heisenberg (s kojim se redom slažu svi današnji istaknuti fizičari, bez obzira na ideološka stajališta).

Pogledajmo sada kako se Heisenbergov izvod, koji je zasnovan na Planckovu otkriću kvanta, dojmio samoga Plancka. — Onaj Planck (Nobelova nagrada za fiziku 1918. — kojemu iskreno priznanje do »kamena smutnje« Heisenberga odaje i sam dr S. Marković, smatrajući ga čak znanstvenim materijalistom)<sup>56</sup> koji je *zakon* kauzaliteta smatrao »mesom i kostima« cijele prirodne znanosti, dapače stupom nosiocem egzaktnih znanosti, sada u svojoj znanstvenoj korektnosti izjavljuje: »Suvremeni nas je razvoj fizike poučio (...) da je *nemoguće* (potcrtao D. M.), u dosadašnjoj upotrebi klasične formulacije, dati opću vrijednost zakonu kauzaliteta, jer je on *definitivno propao* (potcrtao D. M.) u svojoj primjeni u svijetu atoma.«<sup>57</sup> Ne možemo se ipak zaustaviti samo na ovoj Planckovoj izjavi, jer već sama formulacija »u primjeni u svijetu atoma« daje nekako naslutiti da u Plancka tinja negdje u podsvijesti nada da će se moći spasiti, »in extremis«, njemu tako dragi zakon kauzaliteta. U nastavku istog poglavlja,<sup>58</sup> suprotstavljajući dvije suprotne premise: »Jedan je događaj kauzalno determiniran kad može biti sigurno predviđen« i »Ni na koji način nije moguće predvidjeti sigurno neki fizikalni događaj« (nesumnjivi ishod H. principa) — u svojem pokušaju da ih pomiri, da bi na neki način bile prihvatljive obje, Planck, prema našem skromnom mišljenju, razrađuje i za se sama više potresnu negoli uvjerljivu dijalektiku. On ističe razliku između fezikalne slike svijeta (svijeta matem. simbola) i stvarnog, osjetilnog svijeta, zbog čega pri prijelazu s jednoga na drugi nastaju neka odstupanja (praktički numeričke razlike), t. j. u nekom smislu neodređenost. (Možda je i to dalo poticaja dru Markoviću da istakne nešto različiti zaključak o dvjema vrstama fizičkih zakona). No ni u razvijanju tih misli Planck ne može ne potvrditi da je i u objektivnom svijetu nada za njegovu (kauzalnu) eksplikaciju s pomoću *budućeg* (usavršenog) *mjernog postupka* »potpuno i *zauvijek* uništena nakon pojave elementarnog kvanta djelovanja«<sup>59</sup> (potcrtao D. M.)

Subsumirajući sve te zadnje (u nekom smislu ne sasvim sukladne) spekulacije, Planck, i sam nedovoljno zadovoljan, pokušava uvesti barem jed-

•

<sup>56</sup> Dr S. Marković, nav. dj., str. 37, 50. i 53.

<sup>57</sup> M. Planck, nav. dj., str. 243. (Prisjetimo se odlučnog Planckova stajališta u vrijeme otkrića statističkog obilježja termodinamičkih zakona, kada je s potpunim uvjerenjem tvrdio da je to moguće: *pretpostavljajući egzaktne dinamičke zakone* u mikrofizici; nav. dj., str. 70).

<sup>58</sup> Nav. dj., str. 243. do 270. (poglavlje *Kauzalitet u prirodi*).

<sup>59</sup> M. Planck, nav. dj., str. 243.

nu (čini se ne baš adekvatnu) kompezaciju, napominjući da jedno ipak treba ustvrditi: da je — ne odričući činjenicu da su zakoni valne mehanike fundamentalno različiti od zakona klasične mehanike u odnosu na materijalnu točku — bitno (ipak, op. D. M.) da je karakteristična veličina materijalnih valova, »valna funkcija  $\psi$ «, determinirana potpuno za sva mjesta i sva vremena, prema početnim uvjetima i prilikama okoline, dobro definiranim računima (bilo da se služimo Schrödingerovim operatorima, Heisenbergovim matricama ili  $q$ -brojevima Diraca).<sup>60</sup> Baš tu okolnost rado navode suvremeni fizičari-kauzalisti i materijalisti. Slaba utjeha, jer, za sada, ta toliko tajnovita (gotovo metafizička) valna funkcija, zna se, nije nikako isto što i materijalna čestica, već upravo izraz njezine valne pojavnosti, t. j. prvenstveno njezine »suprotne« bitnosti. Uostalom, čemu to kada se zna (Plack priznaje)<sup>61</sup> da je ta valna funkcija po sebi »veličina vjerojatnosti«. To dobro osjeća Planck pa se konačno (ovdje sigurno ne iz religioznih pobuda, već nemiran za spas kauzaliteta) utječe mogućnosti postojanja idealnog duha za kojega je sve determinirano. On ovako razmišlja: ako usvajamo postojanje nezavisne (i bez nas) materije, zašto ne bismo mogli prihvatiti i takav idealni duh? To je Planckovo stajalište podvrgnuto (oštroj) kritici dra Markovića<sup>62</sup> i drugih dijalektičkih materijalista. Ja osobno mislim da ono nije moralo izazvati osobito uznemirenje kod ateista, jer, što se toga tiče, ono ne ide za uvođenjem ni onog antropomorfnog Laplaceova sveobuhvatnog uma, a kamoli pravoga Boga. Planckov »idealni duh« jest »duh kauzaliteta«.

W. Heisenberg, pronalazač principa neodređenosti (Nobelova nagrada za fiziku 1932. g.), zaključuje: »Pošto svi eksperimenti podliježu zakonima Mehanike kvanta, Mehanikom kvanta je definitivno utvrđena nevažnost (obezvrijeđenost, op. D. M.) zakona kauzaliteta.«<sup>63</sup> Što se tiče one opaske koju mu upućuju deterministi, da će egzaktna (istodobna) mjerenja budućnosti demantirati taj njegov zaključak, Heisenberg iznosi nemogućnost toga: »jer je nemoguće opažajni postupak koji bi bio kadar istodobno točno navesti položaj i brzinu čestice; kakav god bio uređaj koji bi nam omogućio da odredimo položaj čestice, neizostavno će istodobno izazvati alteraciju njezine brzine; i to više, što je točnije određen položaj; i obratno.«<sup>64</sup>

Uza sve svoje ni potpuno ni sasvim određeno vlastito stajalište s obzirom na ovu stvar — kao da je to od drugotnog značaja — E. Schrödinger (Nobelova nagrada za fiziku 1933. g.) ipak izjavljuje: »Čim se je saznalo da su ove (fizičke) zakonitosti gotovo sve, a možda i zaista sve, statističke prirode, one ne pružaju više *nikakav* (potc. D. M.) racionalni argument da se ostane pri determinizmu.«<sup>65</sup>

U sklopu tog općeg mnijenja, N. Bohr (Nobelova nagrada za fiziku 1922. g.) tumači jasno i konkretno razloge neodređenosti (indeterminizma) u

<sup>60</sup> Nav. dj., str. 258.

<sup>61</sup> Nav. dj., str. 270.

<sup>62</sup> Dr S. Marković, nav. dj., str. 52.

<sup>63</sup> Nav. dj., str. 52. — Ali Heisenberg (još živući od velikih osnivača nove fizike) i u svojoj najnovijoj spomenutoj znanstvenoj autobiografiji *Fizika i metafizika* ostaje u cijelosti pri svojim znanstvenim i općim gnoseološkim zaključcima.

<sup>64</sup> L. de Broigle, nav. dj., str. 235.

prirodi tvrdnjom da postoje »dva komplementna lica prirode: prostorno vremenska lokalizacija (zbog čega, i relativistički, — polžaj, op. D. M.) i dinamička specifikacija za energiju i količinu gibanja« (impuls, op. D. M.).<sup>66</sup> To je već isticanje dviju, istina komplementarnih, ali različitih realnosti naše prirode, koje po sebi isključuju bilo kakvu mogućnost principa strogog (klasičnog) kauzaliteta. Ta se dva različita aspekta prirode ne mogu ostvariti jedan drugim, već samo konjugirano; odatle proistječu i već navedene posljedice. Zato i Bohr zaključuje da »ne možemo više govoriti o rigoroznom determinizmu u prirodi.«<sup>67</sup> — Nije li stari Zenon, smatran ekscentričnim od klasičnih kauzalista, imao neslućenu intuiciju onoga što nova fizika otkriva, kad se zamislio nad činjenicom da strelica u letu — koja se mora u svakome trenutku naći u sasvim određenom položaju prostora — vrši neko gibanje, prelazi put. Kako bi se to gibanje, pitao se Zenon, moglo izraziti nizom nepokretnosti?

L. de Broglie ilustrira Bohrovo stajalište tumačenjem kao da se (u vezi s prirodom) radi o dva plana: u jednom su uneseni neki dijelovi slike, u drugom ostali. Gledamo li tu sliku ne sasvim preciznom optičkom spravom, fiksirajući područje između planova, dobit ćemo zadovoljavajuće jasnu sliku, kao da je unesena u samo jedan plan. Primjenjujući, međutim, egzaktn instrument, neće nikada biti moguće dobiti dovoljno jasnu sliku; možemo samo izoštriti dijelove na prvom ili na drugom planu; otkrit ćemo, dakle, da nacrt nije izveden na istom planu.<sup>68</sup>

U biti ne bi se tu radilo o nekom formalnom razlogu, niti o nekoj tehničkoj nesavršenosti mjernih sprava; princip neodređenosti proizlazi iz (novospoznate) dualne pojavnosti materije. Prema tome ni kriza kauzaliteta ne može imati formalni razlog, već je izostajanje nepovredivosti kauzaliteta u prirodi same prirode. Zato je konačno i L. de Broglie (Nobelova nagrada za fiziku 1929. g.), osnivač valne teorije, nakon svestrane razrade ovoga problema ustvrdio da »su strogi klasični zakoni mehanike neizbježno zamijenjeni relacijama valne mehanike, koje dopuštaju samo neke zaključke vjerojatnosti«, jer u »svim fizičkim fenomenima ostaje uvijek neki fragment neodređenosti«. Stoga »se može slikovito reći (...) da u zidini determinizma postoji pukotina, a mjera za njezinu veličinu jest Planckova konstanta«<sup>69</sup> (sve potertao D. M.).

Kao što se iz ovoga vidi, ne radi se ovdje samo o stajalištima »mnogih fizičara iz ove oblasti«, kako to još danas otvoreno i kritički pišu neki (i istaknuti) dijalektički materijalisti, nego o stajalištu *vrhunskih fizičara, osnivača nove fizike*.

Što nam preostaje zaključiti? Ne može biti dvoumice. Između bilo koje filozofske spekulacije i potvrđenih zaključaka najeminentnijih predstav-

<sup>65</sup> Dr S. Marković, nav. dj., str. 74.

<sup>66</sup> L. de Broglie, nav. dj. str. 170.

<sup>67</sup> Nav. dj., str. 172.

<sup>68</sup> L. de Broglie, nav. dj., str. 171.

<sup>69</sup> Nav. dj., str. 236—237. — Treba spomenuti da je slično Plancku i L. de Broglie ozbiljno zabrinut da nove postavke ne bi dovele do nekog »znanstvenog dogmatizma«, koji bi mogao omesti razvoj znanosti. Još 1927. g. u jednoj raspravi pokušava on dati neke usporedne, kauzalističke interpretacije valne mehanike (tzv. »teorija dvostrukog rješenja«). To, međutim, nisu prihvatili znanstvenici iz ove oblasti.

nika prirodne znanosti — možemo izabrati samo stajalište t. zv. egzaktnosti. Čak i kad ne bismo prihvaćali ovu ili onu »nezornu« interpretaciju fizičkoga svijeta, nismo u stanju osporiti (kvantitativnu) korektnost relacija valne (i kvantne) mehanike i zakonite dosljednosti koje iz njih proizlaze.

Sintezni izričaj analitičke razrade suvremene fizike (kvantne mehanike) jest: princip nenodređenosti. To praktički znači da je s klasičnim, ekskluzivnim kauzalitetom doista kraj, jer je kao takav bio pogrešan, budući da je pojavna priroda različita od one kakvu si je klasična fizika predstavljala. To zapravo znači da je otkrivena jedna nova znanstvena istina (da je ne nazovemo zakonom), koja govori da nema<sup>70</sup> strogih, apsolutnih zakona (u klasičnom smislu), jer se ishod ne može bezuvjetno odrediti, predvidjeti; u načelu, on može biti različit. To, prema novim interpretacijama, znači da u prirodnim zakonima postoji, pa ma kako mali (a kakvo značenje u takvu temeljnom znanstveno-spoznajnom »prevratu« ima navod: mali, veliki?) »stupanj slobode«. Postoje samo zakonitosti vjerojatnosti. I ne radi se, dakako, samo o interpretaciji u mikrosvijetu, već se to prenosi i na makrosvijet (što smo, proučavajući primjene statističkih postavki u termodinamici, primjereno naslućivali).<sup>71</sup> To, naravno, ne znači da je u našem svijetu kauzalitet izgubio i svoj praktični smisao; i to, možda, ne zato (ili samo zato) što je previše mala »Planckova pukotina« —  $h$  za redovno (makro) djelovanje, već (i) zato što je on nužni sadržaj našega načina mišljenja i djelovanja. Smatramo također da sve ovo što smo rekli ne može značiti da je sada slobodno doći do obratnog zaključka: da su moguće i bezuzročne pojave.

Usvajajući konsekvencije koje nam pružaju novija istraživanja fizike, mislimo da je presmiono teretiti nekoga za neosnovanu usmjerenost ako ustvrdi (što je, kako nam se čini, izvan sumnje) da ova naša priroda sama po sebi obuhvaća mogućnost i *metafizičkog zahvata* ili, ako je to nekome draže, i mogućnost slučaja. (Preostaje, dakako, da se ovome drugom dade dovoljno adekvatna filozofska ili, sada, čak prirodoznanstvena (?) interpretacija).

Bez obzira na bilo koji, pa i ovakav znanstveni ishod i prednji mogući zaključak, potrebno je, međutim, i ovdje istaknuti da vjera po sebi ne ovisi o prirodoznanstvenim rezultatima, da se ne temelji na potvrdama materijalne znanosti; ona je, u stvari, transcendirna.

<sup>70</sup> De Broglieev navod iz nav. dj. dra S. Markovića, str. 63.

<sup>71</sup> To W. Heisenberg izričito potvrđuje u nav. dj., str. 154—155, izjavom američkom fizičaru, u kojoj kaže da je »dualizam« svojstvo cijele materije i zračenja, i za »molekule benzola« i za »kamenje«.

Želio bih, u punoj iskrenosti, da oni dijalektički materijalisti koji su mi, eventualno, ukazali pažnju i strpljivo dočitali ove retke — ne shvate (u onome što se njih tiče) ove moje retke drugačije negoli su zamišljeni: tj. kao jedna od mogućnosti zajedničkoga susreta u tako delikatnom području, koje se obično naziva »znanstveni nazor na svijet«. (Ovdje se posebno prisjećam onog živog i drugarskog susretanja i rasprava s marksistima iz moje mladosti, i s osobitom toplinom onih mojih kolega, koji su — vođeni svojim idealima — napustili naš vedri, iako često gladni, studij u Pragu te otišli u Španjolsku, odakle se mnogi nisu više ni vratili).