

PRIEŽASTINGUMO PRINCIPO FIZIKOJE KLAUSIMU

G. LECHEMAS

Siuolaikinėje fizikoje ypatingą aktualumą įgavo priežastingumo principo interpretavimo klausimas.

Ne kartą buvo mėginta paneigti realią šio principo reikšmę ir pakeisti jį funkciniu ryšiu. Pavyzdžiui, Machas ir jo šalininkai teigia, kad mokslas savo išvadose remiasi vien žmogaus pojūčiais, todėl, pasak jų, reikia atsisakyti priežastingumo principo ir pakeisti jį funkciniu ryšiu. Tokiu atveju fizika turi iširti atskirų reiškinių ryšius ir užfiksuoti juos matematinėmis lygtimis. Jeigu lygtys nustatytos, tai tuo pačiu pasiektas tyrimo tikslas. Antai plačiai yra žinomas faktas, kad aplink laidininką, kuriuo teka elektros srovė, atsiranda magnetinis laukas. Jeigu srovės stiprumas yra I , o lauko stiprumas — H , tai ryšį tarp jų teorija išreiškia lygtimi

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} I,$$

iš kurios tiesiaegio laidininko atveju gauname:

$$H = \frac{2I}{cR};$$

čia R — lauko taško atstumas nuo laidininko, c — pastovus dydis. Jeigu apsiribotume šiuo funkciniu ryšiu ir laikytume, kad tuo pasiektas tyrimo tikslas, tai galėtume prieiti išvadą, kad kiekviena laidumo srovė I gali sukelti magnetinį lauką H ir, atvirkščiai, kiekvienas magnetinis laukas H gali sužadinti laidumo srovę I . Tačiau pastarasis teiginys būtų klaidingas. Iš tikrųjų iš pagrindinių elektrodinamikos lygčių

$$\text{rot } \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{ir} \quad \text{rot } \vec{E} = - \frac{1}{c} \frac{\partial H}{\partial t}$$

galima padaryti išvadą, kad tarp elektros srovės ir magnetinio lauko tikrai egzistuoja ne funkcinis, bet priežastingas ryšys ta prasme, kad kiekviena laidumo bei poslinkio srovė visuomet sužadina magnetinį lauką, bet ne atvirkščiai. Tik kintamasis magnetinis laukas vakuume sužadina sūkurinį elektrinį lauką ir, jeigu jame yra uždaras laidininkas, tai tuo laidininku teka indukcinė elektros srovė; indukcijos elektrovaros jėga čia lygi kontūriniam integralui arba cirkuliacijai $\oint_L \vec{E} d\vec{l}$.

Vadinasi, laidumo bei poslinkio srovės yra toji priežastis, dėl kurios atsiranda magnetinis laukas. Tik kintamasis magnetinis laukas vakuume ar tam tikroje aplinkoje tegali būti priežastis atsirasti indukciniai elektros srovei laidininke kaip jo pasekmei.

Apsiriboti funkcinio ryšio nustatymu būtų tas pat, kaip kad paneigti galimybę išaiškinti, kas yra priežastis ir kas pasekmė.

Pakeitus priežastingumo principą funkcinio ryšiu, dviejų procesų priklausomybė vienas nuo kito liautųsi buvusi būtina ir kryptinga. Šiuo atveju priežastis ir pasekmė galėtų pasikeisti vietomis.

Vadinasi, fizikoje funkcinis ryšys, kuriam būdingas grįžtamumas, negali atstoti negrįžtamos priklausomybės tarp priežasties ir pasekmės.

Yra žinoma, kad tarp dviejų įvykių gali būti priežastingumo ryšys, jei teisinga nelygybė

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 < c^2(t_2 - t_1)^2.$$

Cia vienas įvykis atsirado vietoje, kurią apibūdina koordinatos x_1, y_1, z_1 laiko momentu t_1 , o antras — vietoje, kurios koordinatos x_2, y_2, z_2 laiko momentu t_2 , ir visi atskaitymai atlikti sistemoje S , kurios atžvilgiu minėti du įvykiai yra rimties būvyje.

Sakysime, kad įvykis $P_1(x_1, y_1, z_1, t_1)$ buvo įvykio $P_2(x_2, y_2, z_2, t_2)$ priežastis. Kyla klausimas, ar galima surasti judančią tokiu vedamuoju greičiu v sistemos S atžvilgiu atskaitymo sistemą S' , kurioje abu įvykiai atsirastų vienu metu arba įvykis P_2 atsirastų anksčiau už įvykį P_1 . Sakysime, kad tokia sistema S' tikrai egzistuoja ir jos atžvilgiu tuos pačius du įvykius apibūdina taškai $P_1(x_1, y_1, z_1, t_1)$ ir $P_2(x_2, y_2, z_2, t_2)$. Pereiname nuo atskaitymo sistemos S į atskaitymo sistemą S' , naudodamiesi transformacijos formule

$$t'_2 - t'_1 = \frac{t_2 - t_1 - \frac{v}{c^2}(x_2 - x_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(norėdami apskaičiavimus suprastinti, tarėme, kad $y_2 = y_1$ ir $z_2 = z_1$). Jei sąveikos tarp įvykio-priežasties ir įvykio-pasekmės sklidimo greitis sistemoje S buvo u , tai $x_2 - x_1 = u(t_2 - t_1)$. Tuomet

$$t'_2 - t'_1 = \frac{(t_2 - t_1) \left(1 - \frac{uv}{c^2}\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Kadangi $u \leq c$ ir $v < c$, tai $t'_2 - t'_1 > 0$.

Vadinasi, du įvykiai, tarp kurių yra priežastingumo ryšys, negali atsirasti vienu metu ($t'_2 \neq t'_1$) ir jų nuoseklumas negali būti grįžtamas ($t'_2 - t'_1 < 0$). Šie teiginiai, savaime aišku, teisingi ir klasikiniu atveju, t. y. kai $v \ll c$.

Ir dabar Kopenhagos mokyklos fizikai neigia determinizmą ir stengiasi įrodyti, kad gamtoje viešpatuoja vien tik atsitiktinumas, o ne priežastingumo dėsnis.

Iš tikrųjų priežastingumo dėsnis, kaip jį suprantame klasikinėje fizikoje, t. y. kaip būtinumo ryšiai tarp reiškinių ir įvykių, mikrosistemoms galioja tik apytikriai. Pavyzdžiui, negalima vienu metu tiksliai nustatyti mikrodalelės vietos erdvėje ir jos impulso, bet galima nustatyti dalelės tam tikroje vietoje buvimo tikimybę ir tikimybę, kad jos greitis bus apibrėžto didumo.

Vadinasi, kvantinėje teorijoje priežastingumo dėsnis turi būti kitaip formuluojamas, būtent: jei yra žinoma tam tikro įvykio A tikimybė ir yra žinomas dėsnis, kuris sieja įvykį A su kitu įvykiu B , tai galima nustatyti ir antrojo įvykio tikimybę. Kvantinėje teorijoje priežastingumo dėsnis galioja taip pat, kaip ir klasikinėje fizikoje, bet dabar jo turinyje atsispindi tiek būtinumas, tiek ir atsitiktinumas.

Tačiau kai kurie fizikai (Heizenbergas, Boras, Kramersas ir kt.), nebūdami dialektinio materializmo šalininkai, atsitiktinumą traktuodavo kaip subjektyvią kategoriją ir todėl teigė, kad mikroprocesuose negalioja priežastingumo ryšiai, kad ten viešpataująs indeterminizmas. Pavyzdžiui, Boras, norėdamas paaiškinti neapibrėžtumų ryšį, iškėlė vadinamąjį papildomumo principą¹. Pasak jo, banginės ir korpuskulinės mikroobjektų savybės, kurios pasireiškia eksperimentuose skyriumi, neprieštarauja viena kitai, bet viena kitą papildo. Todėl korpuskulinės ir banginės mikrodalelių savybės negali būti nustatytos vienu metu tuo pačiu eksperimentu. Šios informacijos apie dalelės savybes nepilnumas, kurį išreiškia Heizenbergo neapibrėžtumų ryšys, verčia atsakyti nuo determinizmo ir ieškoti išsamesnių žinių apie mikrodalelę dviejuose vienas kitą papildančiuose eksperimentuose. Taip atsiranda Boro papildomumo principas. Su Boro teiginiu, kad banginių bei korpuskulinių savybių pasireiškimas priklauso nuo eksperimento pobūdžio ir įrengimo, reikia sutikti. Bet tai nereiškia, kad papildomumo principas verčia paneigti determinizmą mikroprocesuose, paneigti objektyvų statistinių dėsningumų pobūdį.

1961 m. gegužės mėnesį Nilsas Boras aplankė Tarybų Sąjungą. Savo pranešimuose jis palietė kai kuriuos pažinimo teorijos klausimus. Tarp kitko, jis sustojo ties papildomumo principu ir, kaip atrodo, naujaip jį interpretavo; tai žymiai skiriasi nuo jo ankstesnių indeterministinių tendencijų kvantinės fizikos srityje. Jo išvadas galima trumpai taip suformuluoti²: analizuojant fizikinio eksperimento procesą, reikia atsižvelgti į sąveiką tarp vartojamo prietaiso ir matuojamojo objekto. Klasikinėje mechanikoje sąveika gali būti tiek sumažinta, kad neturėtų esminės įtakos matuojamam reiškiniui. Tačiau atominėje fizikoje ši sąveika yra nemaža ir gali žymiai paveikti matavimo rezultatą. Ir nors atominių reiškinių stabilumas įgalina atlikti daugiakarčius eksperimentus, tačiau eksperimentų rezultatai nebus vienodi. Tai reiškia, kad atominė fizika savo esme yra statistinio pobūdžio. Be to, dėl minėtos sąveikos tas pats procesas gali skirtinguose eksperimentuose parodyti skirtingus savo aspektus, nesiderinančius vienas su kitu. Šį tariamą prieštaravimą galima paaiškinti skirtingomis eksperimento sąlygomis. Tokie rezultatai papildys vienas kitą.

Taip atominėje fizikoje atsirado nauja situacija, kuri išplėtė mūsų pažinimo galimumo ribas. Papildomumo terminas kaip tik ir atskleidžia šios naujos situacijos turinį. Vadinasi, statistinis atominės fizikos pobūdis ir jai būdingas papildomumo principas griežtai skiria ją nuo klasikinei fizikai būdingo vienareikšmiškumo.

Nors prietaiso vaidmuo atominėje fizikoje yra svarbus ir esminis veiksnys, tačiau prietaisas nepriklauso nuo subjekto-stebėtojo ir todėl matavimo procesas yra objektyvus reiškinys. Tuo Nilsas Boras pabrėžė objektyvų paties pažinimo proceso pobūdį.

Ta aplinkybė, kad kvantinėje teorijoje priežastingumas yra susijęs su tikimybe, nereiškia, kad priežastingumo dėsnis įgavo subjektyvią prasmę.

¹ Зг. Нильс Бор и развитие физики, М., 1958.

² Зг. «Вопросы философии», 1961, № 8, стр. 156—160.

Tam tikro įvykio tikimybė yra palankių įvykiui atvejų visumos n_i ir galinių atvejų visumos n santykio riba, kai $n \rightarrow \infty$, t. y. $W_i = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n_i}{n}$.

Toks yra statistinis tikimybės apibrėžimas, ir jis atspindi objektyvų tikimybės turinį, nustatantį galimybės pavirtimo tikrove matą.

Kvantinės fizikos statistiniai dėsniniai yra tiek pat objektyvūs, kaip ir klasikinės fizikos dinaminiai dėsniniai. Tai patvirtina toji aplinkybė, kad kiekviena kvantinė statistika iš esmės priklauso nuo fizinės mikroobjektų prigimties. Iš tikrųjų, kvantinės statistikos uždavinys — nustatyti iš visų galimų mikroobjekto būvių tam tikro būvio tikimybę. Tačiau mikrodalelėms galioja Fermio—Dirako arba Bozės—Einšteino pasiskirstymo dėsniai, ir vienos ar kitos statistikos parinkimas priklauso nuo to, ar mikrodalelė atitinka Paulio principą, ar jo neatitinka.

Vadinasi, nustatant statistinę mikroobjekto būvio tikimybę, reikia atsižvelgti į jo fizinę prigimtį, kas ir suteikia kvantinės fizikos statistiniams dėsniniams objektyvų pobūdį.

Tad perėjimas nuo klasikinio priežastingumo dėsnio prie jo kvantinio turinio nereiškia determinizmo pašalinimo iš fizikos. Šis perėjimas dėsninai išplaukia iš tos aplinkybės, kad elementarinės dalelės turi korpuskulinę ir banginę prigimtį ir kad tos pačios rūšies dalelės viena nuo kitos niekuo nesiskiria.

Norint nustatyti, ar įvykis A gali būti įvykio B priežastis, reikia tikrai žinoti, kad jis įvyko anksčiau už B . Tačiau pagal reliatyvumo teoriją ne visuomet galima vienareikšmiai nustatyti, kuris iš dviejų įvykių atsitiko anksčiau.

Tam tikra sąveika tarp dviejų procesų galima tik tuo atveju, jei erdvinis atstumas tarp jų l ir laiko intervalas tarp jų t atitinka nelygybę $\frac{l}{t} < c$; čia c yra šviesos ir bet kurių kitų mums žinomų energijos formų perdavimo vakuume greitis. Tačiau ši nelygybė gali būti ir nepatenkinta, jei, pavyzdžiui, l yra labai stambus dydis, palyginus su t . Toks atvejis gali būti būdingas dviem reiškiniams, įvykusiems vienas nuo kito labai tolimuose kosminiuose objektuose.

Kaip pavyzdį nurodysime žvaigždę „Erelia Nova“ ir Žemę. Apie 600-uosius mūsų eros metus ši žvaigždė nepaprastai sužibėjo. Jos šviesumas per 2—3 dienas padidėjo apie 60 tūkst. kartų. Bet šį staigų jos šviesumo padidėjimą pamatėme tik 1918 m. birželio 8 dieną. Mat, dėl didelio jos nuotolio šviesos spinduliai pasiekė Žemę tik po 1300 metų.

Jei koks nors įvykis Žemėje, pavyzdžiui, anomalijos radiobangų sklidime įvyko kelias dienas po 1918 m. birželio 8 dienos, tai minėtos žvaigždės sužibimas negalėjo būti tų anomalijų priežastimi, nepaisant to, kad tos anomalijos pasireiškė po žvaigždės sužibimo.

Iš to, kas pasakyta, kyla, kad mikropasaulyje dėsningos gali būti tik statistinės reiškinų savybės ir kad atsitiktinumas yra ne mažiau objektyvus, kaip ir priežastingumas. Tai matyti iš to, kad priežastingumo ryšiai ne visuomet užtikrina vienareikšmius rezultatus, kad iš įvairių priežasčių gali sekti tas pats rezultatas, kad, apskritai imant, neegzistuoja vienareikšmių priežastingumo ryšių, kuriais remiantis iš esamos situacijos būtų galima absoliučiai tiksliai numatyti ateitį.

Tačiau iš to negalima daryti indeterministinių išvadų, o galima tik ta išvada, kad visi daiktai, reiškiniai ir įvykiai tam tikru būdu ir iki tam tikro laipsnio yra tarp savęs susiję.

Įdomu būtų pasėkti šiuolaikinio indeterminizmo šaltinį. Kaip žinoma, visų pirma buvo nustatyti Niutono dėsniai, kurie apibūdino kūnų judė-

jimą. Vėliau Maksvelas nustatė savo lygčių sistemą laukams. Niutono ir Maksvelo lygtys kartu sudarė tvirtą pagrindą priežastingumo principui.

Tačiau eterio problema ir juodo kūno spinduliavimo energijos pasiskirstymo problema galiausiai sukėlė revoliucinius pakitimus fizikoje. Buvo nustatytas energijos atomizmas ir atrastos materijos banginės savybės, kurias apibūdina ryšiai $p = \frac{h}{\lambda}$ ir $E = h\nu$.

Taikydamas šias lygtis elektronui potencialiniame lauke, E. Šredingeris nustatė de Broilio bangų judėjimo lygtį

$$\Delta\Psi + \frac{8\pi^2m}{h^2} (E - U)\Psi = 0.$$

Bornas iškėlė mintį, kad bangos intensyvumas $|\Psi|^2$ išreiškia tankį tikimybės, jog elektronas, kaip lokalizuota erdvėje dalelė, atsidsurs tam tikroje vietoje.

Vadinasi, iš mikrodalelių korpuskulinių ir banginių savybių išplaukė statistinis de Broilio bangų traktavimas ir statistinis pagrindinių atominės fizikos dėsnių pobūdis.

Dėl tos pačios priežasties atsirado vadinamasis Heizenbergo indeterminizmas. Iš tikrųjų dėl šviesos korpuskulinės prigimties gaunamas elektrono impulso nukrypimas nuo jo tikros reikšmės, o dėl šviesos banginės prigimties — elektrono padėties neapibrėžtumas. Iš to išplaukia Heizenbergo neapibrėžtumų ryšys $\Delta p \cdot \Delta x \cong h$.

Šis Heizenbergo neapibrėžtumų ryšys apribojo tikslumą, kuriuo galima apibūdinti mikroobjektų elgesį.

Nėt ir dabar daugelis mokslininkų yra tos nuomonės, jog neapibrėžtumų ryšys yra absoliutus ta prasme, kad fizikos prasiveržimas į elementaraus ilgio sritį ($\leq 10^{-13}$ cm) ne tik turi jį patvirtinti, bet, anot Heizenbergo, pačios erdvės ir paties laiko savybės nustos savo apibrėžtumo³.

Šios idėjos iš dalies atsispindi Heizenbergo mėginimuose nustatyti apibendrintą materijos lygtį, iš kurios išplauktų pagrindiniai elementariųjų dalelių parametrai (masių spektras, krūviai, lygiškumas ir kt.). Ypač įsidėmėtina ta aplinkybė, kad visi Heizenbergo panaudoti metodai (indetermininė metrika, neigiamos tikimybės ir kt.) neatitinka priežastingumo principo⁴.

Susidarė tokia situacija, kad kvantinės fizikos uždavinys esąs apskaičiuoti įvairių galimų būvių tikimybės pasiskirstymus. Pasiskirstymai gaunami iš tam tikros apibendrintos fizinės ir matematinės schemos, pagrįstos Šredingerio lygtimi. Jos pagrindinis bruožas — apribojimas tikslumo, kuriuo gali būti apibūdintos pagrindinės materijos savybės.

Prieš tokią indeterministinę kvantinės teorijos interpretaciją pasisakė tokie įžymūs fizikai, kaip A. Einšteinas, M. Plankas, M. Laue, D. Blochincevas ir kt.

Aštriai ją sukritikavo ir D. Bomas. Jis atsisakė laikyti Heizenbergo neapibrėžtumų ryšį absoliučiu ir galutiniu, nes jokia teorija niekuomet negali būti laikoma užbaigta. Pasak jo, kvantinė teorija yra tik apytikrė ir galioja atitinkamoje srityje ($\sim 10^{-11}$ cm), tuo tarpu kai labai mažoms sritims ($\sim 10^{-13}$ cm) ji netinka.

Bomas iškėlė savo kvantinės teorijos interpretaciją, kurios pagrindiniai bruožai tokie: kiekviena fizinė elementarinė dalelė užima tokią mažą erdvės sritį, palyginus su atomu, kad ji gali būti traktuojama kaip matematinis taškas. Dalelė visuomet yra surišta su banga, be kurios jos nega-

³ Žr. В. Гейзенберг, Физические свойства квантовой теории, Л.—М., 1932; Д. Бом, Причинность и случайность в современной физике, М., 1959, стр. 128.

⁴ Žr. «Атомная энергия», 1959, т. 6, вып. 6, стр. 656.

lima atskleisti. Minėtoji banga yra tam tikro lauko svyravimas. Šis vadina-
masis Ψ -laukas aprašomas Šredingerio lygtimi. Skirtumas yra tiktai tas,
kad Bomo interpretacijoje banginė Ψ -funkcija išreiškia realų lauką, pa-
našų į gravitacinį bei elektromagnetinį laukus, su jo būdingomis savybė-
mis. Vadinas, Ψ -funkcija nėra tik matematinis simbolis, kuriuo naudo-
jamasi, apskaičiuojant tikimybes. Sąveika tarp Ψ -lauko ir dalelės pasi-
reiškia tuo, kad dalelė turi atsiderėti srityje, kurioje Ψ -lauko intensyvumas
yra maksimalus, o pačių Ψ -reikšmių svyravimas sąlygoja netvarkingas
fliktuacijas aplink vidurkį, kuris patenkina Šredingerio lygtį. Dėl tos
priežasties ir pačios dalelės nuolat nukrypsta nuo Ψ -lauko maksimalinio
intensyvumo srities. Galutinai gaunamas vidutinis statistinio ansamblio
pasiskirstymas, t. y. Borno pasiskirstymo tikimybė $W = |\Psi|^2$ ⁵.

Pagal Bomo interpretaciją dalelė ir banga nesudaro dviejų priešybių
vienybės, bet yra dvi skirtingos, viena kitą veikiančios realybės. Čia iš
dalies glūdi Bomo interpretacijos ydingumas, nors jo pasisakymas prieš
Kopenhagos mokyklos indeterminizmo tendencijas dabartinėje fizikoje yra
teigiamas reiškiny.

Teigiamas reiškiny yra taip pat Bomo pažiuros į priežastį tų sun-
kumų — jis juos vadina krize, — kuriuos pergyvena mikrorėiškinių fizika.
Taikant kvantinę teoriją elementarinių dalelių elektrodinamikai, susidu-
riama su vidiniais prieštaravimais. Pavyzdžiui, apskaičiuojant paties elekt-
rono energiją, gaunama neturinti prasmės begalinė vertė dėl teorijos
taikymo ribų išplėtimo labai mažiems atstumams, nes kvantinė teorija trak-
tuoja elektronus kaip geometrinis taškus, neturinčius jokio tūrio. Priemo-
nės, kuriomis teorija mėgina nugalėti sunkumus, neretai yra dirbtinės,
sugalvotos vien tam, kad būtų galima šias teorijas suderinti su neginči-
jamais faktais. Tuo tarpu eksperimentai, kuriuose panaudojami aukš-
tos energijos protonai, neutronai ir kt. dalelės, leidžia taip stipriai suža-
dinti elementarines daleles, kad pradeda ryškėti jų struktūra, kurios deta-
lių didumai yra maždaug 10^{-12} — 10^{-15} cm. Iš to išplaukia išvada, kad tarp
elementarinių dalelių struktūros problemos ir jų masių, krūvių ir kitų fi-
zinių dydžių begalinių verčių problemos turi būti tam tikras ryšys. Tai
reiškia, kad būsima elementarinių dalelių teorijai teks turėti reikalą
ne su geometriniais taškais, bet su struktūriniais objektais, ir begalinių
verčių problema savaime išnyks, nekuriant jokių dirbtinai sugalvotų ma-
tematinių schemų ⁶.

Mums atrodo, kad šaltinio tų sunkumų, su kuriais atominė fizika su-
sidūrė anksčiau ir dar dabar susiduria, reikia ieškoti tame, kad Kopen-
hagos mokyklos ir visa eilė kitų fizikų stengiasi spręsti mikropasaulio
problemas, vadovaudamiesi pirmiausia grynai abstrakčiais matematikos
metodais. Vadinas, fizikos tyrimo darbai beveik visuomet suvedami į ma-
tematinių schemų nagrinėjimą ir į matematinę fizinių reiškinių aprašymą,
nesiremiant priežastingumo principu.

Matematinių metodų vaidmuo gamtos pažihime buvo ir tebėra di-
džiulis. Pabrėždamas pažinimo proceso sudėtingumą, V. Leninas tarp kitų
to proceso bruožų nurodė ir abstraktaus mąstymo reikšmę ⁷. Tačiau ma-
tematinio mąstymo, kaip ir loginio mąstymo, pagrindas yra praktika.
V. Leninas rašė, kad „žmogaus praktika, pasikartodama milijardus kar-
tų, įsitvirtina žmogaus sąmonėje logikos figūromis“ ⁸.

Todėl loginio mąstymo išvadas reikia nuolat tikrinti praktikoje. Bet
praktika, be to, turi ir didelę teorinę reikšmę, nes ragina mokslininkus

⁵ Žr. D. Boma, cit. veik., p. 156—166.

⁶ Žr. ten pat, p. 181—182.

⁷ Žr. V. I. Leninas, Raštai, t. 38, p. 157.

⁸ Ten pat, p. 201.

panaudoti visai naujus tyrimo metodus. Tačiau tiek matematiniai tyrimo metodai, tiek ir praktikos kriterijus turi tik reliatyvią reikšmę pažinimo procese, nes betarpiškas vienos ar kitos teorijos patvirtinimas praktikoje dar negali įrodyti jos absoliutaus teisingumo. Pavyzdžiui, A. Zomerfeldas (Sommerfeld), vystydamas Boro teoriją, patenkinamai paaiškino įvairius reiškinius, vykstančius vandenilio atome. Tačiau jo teorija jau negalėjo paaiškinti helio atome vykstančių reiškinų, nes jo smulkiosios struktūros teorija buvo iš esmės klaidinga. Zomerfeldas savo darbe padarė dvi klaidas, kurios vandenilio atveju kompensavo viena kitą — jis neatsižvelgė į banginį atominių procesų pobūdį ir į elektronų sukinių; helio atveju šios klaidos nesikompensuoja. Vadinasi, Zomerfeldo teorija pasirodė ne tik ribota, bet ir klaidinga⁹. Tik kvantinė mechanika atskleidė senosios kvantinės teorijos klaidų priežastis ir tuo parodė, kokiu būdu atskirais atvejais net klaidingos teorijos gali būti patvirtintos praktika. Praktikos kriterijus, pasak V. Lenino, „negali pagal pačią dalyko esmę pilnutinai patvirtinti arba paneigti kurį nors žmogiškąjį vaizdinį“¹⁰. Iš tikrųjų mažųjų greičių atveju praktika vienodai patvirtina Niutono dinamikos lygtis ir specialiosios reliatyvumo teorijos formules. Tik tuo atveju, kai greitis yra palyginamas bei artimas šviesos greičiui, praktikos kriterijus patvirtina reliatyvumo teorijos pranašumą.

Matematikos istorija rodo, kad tikroji matematikos jėga glūdi nenutrūkstamame ryšyje su gamtos mokslais ir technika. Tik paviršutinė matematikos atradimų ir jų istorijos analizė gali sukelti įspūdį, kad matematiniai tyrimai įstengia atstoti priežastingumo principą.

Kada fizika vis daugiau ir daugiau pradėjo tyrinėti smulkiąsias materijos daleles, matematinių tyrimo metodų vaidmuo smarkiai išaugo, nes abstraktus matematinis tyrimo objektas sutapo su realiu fiziniu tyrimo objektu. Šis matematikos vaidmens padidėjimas naujojoje fizikoje turėjo ne tik teigiamų, bet ir neigiamų pasekmių. V. Leninas rašė: „Stambus gamtos mokslo pasisekimas, priartėjimas prie tokių vientisinių ir paprastų materijos elementų, kurių judėjimo dėsniai duodasi matematiškai apdorojami, yra priežastis to, kad matematikai užmiršta materiją. „Materija išnyksta“, pasilieka vienos lygtys“¹¹. Kadangi idealistų tarpe įsigalėjo nuomonė, kad matematika neturi jokio materialaus pagrindo, tai fizikos matematizacija nuvedė į jos dematerializaciją. Matematikos pirmavimas fizikoje praskynė kelią į kitus suklydimus. Pavyzdžiui, N. Boras, Kromersas ir Gleteris darė prielaidą, kad mikropasaulyje energija galinti išnykti arba atsirasti iš nieko. Tačiau atsiradusi energija turi makroskopiniu mastu kompensuoti išnykusiąją, nes priešingu atveju gali susidaryti iliuzija, kad energijos išsilaikymo dėsnis nustojo galios¹². Visos ką tik minėtos idealistinės supozicijos rėmėsi tuo gnoseologiniu pagrindu, kad pripažinti realybe galima visa, kas neprieštarauja matematinėms lygtims arba yra suderinta su jomis. Kad tokia nuomonė yra klaidinga, aiškėja iš pagrindinio termodinamikos principo: kuo daugiau sistemoje yra dalelių, tuo daugiau joje gali būti vidinių pakitimų, kurie nepaliečia jos kaip visumos. Pavyzdžiui, dujų molekulės nenutrūkstamai keičiasi greičiais, tuo tarpu termodinaminė pusiausvyra dujose išlieka. Jau iš to matyti, kad bet kokia lygtis, aprašanti tam tikrą stacionarinį makroskopinį būvį, suteikia mikrodalelėms didelę veikimo laisvę. Kai kurie idealistai kalba apie elektrono valios laisvę, neigia priežastingumo ryšį mikropasaulyje ir tvirtina, kad šie teiginiai neprieštarauja Šredingerio lygčiai. Bet Šredingerio lygtis ap-

⁹ Зг. П. Г. Бергман, Введение в теорию относительности, М., 1947, стр. 191.

¹⁰ V. I. Leninas, Raštai, t. 14, p. 128.

¹¹ Ten pat, p. 289.

¹² Зг. Сб. «Философские вопросы современной физики», М., 1952, стр. 103.

rašo ne atskirą dalelę, o ištisą statistinį ansamblį, ir šios lygties pagrindu galima spręsti tik apie tas mikrodalelių savybes, kurios yra bendros visam ansamblui (pavyzdžiui, energetiniai lygiai ir kt.).

Nėra vieningos matematinės lygties, pilnai ir tiksliai aprašančios reiškinius, būdingus įvairių lygių objektams, pavyzdžiui, kosminio masto objektams ir atomo branduoliams. Kvantinė mechanika kaip tik įrodė kokybinį mikroprocesų savitumą, kuris griežtai juos skiria nuo makroprocesų. Jeigu Šredingerio lygtis aprašo statistinio ansamblio lygio reiškinius, tai aišku, kad jos negalima taikyti atskiriems elektronams, nes atskirų elektronų lygis yra kitoks, ir jų kitimai tam tikrose ribose gali būti traktuojami kaip kiekybiniai kitimai statistinio ansamblio atžvilgiu, nepaliečiantieji sistemos kaip visumos.

Kaip tik dėl to, kad tam tikrose ribose kiekybiniai mikrodalelių kitimai nekeičia makrobūvio kokybės, galima tose pačiose ribose mikrodalelėms priskirti laisvai parinktas savybes ir kitimus, neprieštaraujant makrobūvio lygčiai. Taip bus galima daryti tol, kol neatsiras tikslesnės mikrodalelių teorijos, negu dabartinė.

Aišku, kad tokia lygtis, kaip Šredingerio ir kt., dažnai būna teisinga laisvai parinktiems pakitimams, tame tarpe ir neatitinkantiems realybės.

Fizikos istorija patvirtino, kad hipotezės apie reiškinius, vykstančius be priežasties, visuomet stabdė mokslo vystymąsi ir atvirkščiai — priežastingumo pripažinimą visuomet patvirtindavo mokslo ir technikos laimėjimai.

Formaliai panaudotas gamtos reiškiniams tyrinėti matematinis aparatas, neatsižvelgiant į materialinių procesų specifiką, nukreipia mokslininkus į klaidingą kelią: visų pirma — iš fizikinių reiškinų interpretavimo šalinamas materialistinis turinys. Tai reiškia, kad visuose materialiniuose procesuose mokslininkai pirmoje eilėje mato matematinius dydžius ir jų santykius, neatkreipdami pakankamo dėmesio į kokybinę proceso pusę. Tai gali vesti į pitagorizmą, kai išnykstanti materija ir liekančios tik lygtys. Be to, materialiam pasauliui priskiriamos realiai neegzistuojančios savybės tuo pretekstu, kad jos neprieštarauja matematiškai pagrįstai lygčiai.

Norint suprasti matematikos vaidmenį fizikoje, negalima išleisti iš akių to fakto, kad matematika ne tik nėra visapaprėpantis mokslas, bet ji pasižymi ir tam tikru vienašališkumu, nes kiekvienas reiškinys turi kiekybinį apibrėžtumą, kuris pilnai neišreiškia jo prigimties.

Todėl neteisingai elgiasi tie fizikai-teoretikai, kurie nori viską suvesti į matematiką, kaip kad XVIII a. racionalistai viską suvedavo į protą. V. Leninas teigiamai įvertino Hegelio pasisakymą, „kad kuo turiningesnės apibrėžtumu, o kartu ir santykiškai darosi mintys, tuo, iš vienos pusės, painesnis, o iš kitos — savavališkesnis ir beprasmiškesnis darosi jų išreiškimas tokiomis formomis, kaip skaičiai“¹³.

Matematika nustato procesų savitarpio ryšius. Tačiau spręsti šių ryšių būtinumo klausimą nėra matematikos kompetencija. Todėl grynas matematinis reiškinų aprašymas gali būti indeterministinis, t. y. matematika turi savo dispozicijoje visą eilę metodų, kuriais ji gali nustatyti ryšius tarp įvairių dydžių grupių nepriklausomai nuo to, ar jie yra priežastingai susiję, ar ne. Todėl, apsiribojant vien matematikos metodais, dažnai atmetamas priežastingumo principas, panaudojant papildomus parametrus ir įvairias prielaidas.

Matematiniai metodai tik tuomet gali būti galingas gamtos pažinimo įrankis, kai, tyrinėdami gamtos reiškinius, fizikai ima pagrindu priežastingumo principo universalumą.

¹³ V. I. Leninas, Raštai, t. 38, p. 103.

Matematiniai tyrimo metodai yra labai svarbus ir vertingas reiškinys dabartinėje fizikoje. Naudojantis jais, gaunami labai vaisingi rezultatai. Tačiau jie negali pretenduoti į kažkokį ypatingą vaidmenį. Kaip ir kiekvienas abstraktus metodas, jie turi padėti pažinti materialų pasaulį. Kiekvienas mėginimas iškelti matematiką virš realybės neišvengiamai turi atvesti į idealizmą.

Vilniaus Valstybinis
pedagoginis institutas
Filosofijos katedra

Įteikta
1962 m. gruodžio mėn.

К ВОПРОСУ О ПРИНЦИПЕ ПРИЧИННОСТИ В ФИЗИКЕ

Г. ЛЕХЕМАС

Резюме

В работе рассматривается вопрос об интерпретации принципа причинности в современной физике.

Во вступлении широко излагаются попытки заменить принцип причинности функциональной связью и индетерминизмом. После этого освещается вопрос о причинных связях в микропроцессах, о статистических закономерностях, в которых проявляются причинность и случайность, исследуются также источники современного индетерминизма в физике.

В заключении говорится о роли математики в современной физике. Автор высказывает мнение, что чрезмерная математизация современной физики приводит к дематериализации самой физики и к устранению всеобщей причинной обусловленности явлений мира.