

GNOZEOLOGICKÁ KRITIKA NOVÝCH TEÓRIÍ VO FYZIKE

VLADIMÍR FOK

Tento článok uverejnil časopis *La Pensée*, mai-juin 1960 ako základný príspevok do diskusie o principiálnych otázkach súčasnej fyziky, ktorú uvádza P. Laberenne pod názvom *Un grand débat scientifique (Veľká vedecká debata)*. Súčasne s týmto príspevkom je uverejnený v tom istom čísle aj článok Louis de Broglieho *L'interprétation de la mécanique ondulatoire (Interpretácia vlnovej mechaniky)*.

I. ÚVOD

V rokoch po objavení účinkového kvanta Maxom Planckom a po zavedení fotónov Einsteinom a najmä po objavení vlnových vlastností mikročastíc a po formulácii kvantovej mechaniky de Brogliem, Schrödingerom, Heisenbergom, Diracom a inými vedcami, urobila kvantová teória nesmierny pokrok a bola nespočetnekrát experimentálne potvrdená.

No o fyzikálnej alebo radšej gnozeologickej interpretácii kvantovej mechaniky sa až dodnes diskutuje.

Niels Bohr podal vo svojom memoári *Diskusia s Einsteinom o gnozeologických problémoch atómovej fyziky*, publikovanom pri príležitosti 70. narodenín Alberta Einsteina r. 1949¹ obdivuhodný výklad fyzikálnych faktov, ktoré dokazujú, že klasickú teóriu nemožno aplikovať na javy atomických rozmerov. Tento memoár obsahuje resumé Bohrovej diskusie s Einsteinom — diskusie, ktorá trvala viac rokov a v ktorej sa partneri nevedeli navzájom presvedčiť.

Na jar 1957 počas svojho pobytu v Kodani som mal vhodnú príležitosť diskutovať o týchto problémoch s Nielsom Bohrom osobne. Naše hľadiská sa veľmi zblížili. Bohr modifikoval niektoré svoje tézy, takže teraz sa mi zdá jeho interpretácia kvantovej mechaniky očistená od nánosov pozitivizmu a z realistického a materialistického hľadiska omnoho prijateľnejšia. V Bohrovom memoári pripravovanom r. 1958 pre *Survey of Philosophy of Mid-Century* a publikovanom v ruštine v januári 1959² možno nájsť formuláciu týchto pozmenených téz.

V tomto článku vysvetlím svoj názor na kvantovú mechaniku, ku ktorému som postupne došiel počas svojich výskumov a uvažovania o tomto predmete.

¹ Niels Bohr, *Discussions with Einstein on Epistemological Problems in Atomic Physics. The Library of Living Philosophers. Albert Einstein, Philosopher-Scientist*, 1949, 201.

² Niels Bohr, *Quantum Physics and Philosophy*, publikované v ruštine v časopise *Uspechi fizičeskich nauk*, zv. 67, str. 37, január 1959.

Ktoré fyzikálne skutočnosti je potrebné vysvetliť? Najprv koexistenciu korpuskulárnych vlastností s vlastnosťami vlnovými, vzťahujúcu sa na atomické objekty (napr. elektróny). Táto koexistencia sa nedá vysvetliť na klasickej základni. Čo znamená však „klasický“? Navrhujem nasledujúcu definíciu: opis javu považujem za klasický, ak neudáva presne prostriedky pozorovania, takže v tomto opise sa považuje *jav za niečo, čo sa odohráva nezávisle od prostriedkov pozorovania*.

V tejto definícii hovoríme o „prostriedkoch pozorovania“ a nie o „pozorovaní“ jednoducho preto, lebo som nemal na zreteli psychologickú stránku, ale fyzikálnu (nie vnímanie človekom, ale objektívne konštatovanie faktu).

Pozrime sa teraz, či takto definovaný klasický opis možno aplikovať na zväzok elektrónov, ktorý dopadá na clonu s dvoma otvormi. Nezáleží na tom, či uvažujeme o zväzku elektrónov, alebo či urobíme rad za sebou nasledujúcich pokusov s jedným elektrónom: interferenčný úkaz sa nezmení.

Ak sa obmedzíme na klasický opis, nemôžeme aplikovať na tento jav ani vlnový ani korpuskulárny obraz. Nebudeme môcť odpovedať ani na nasledujúcu otázku: prešiel elektrón jedným otvorom alebo obidvoma otvormi naraz? Prvá domnieka je v rozpore s faktom, že pre interferenčný jav majú obidva otvory rovnaký význam; a druhá domnieka je v rozpore so skutočnosťou, že prítomnosť elektrónu možno zistiť naraz len na jednom mieste.

Iný druh paradoxov sa objaví, keď sa pokúsime uvažovať o vlnovej funkcii ako o niečom analogickom s klasickým polom. Len čo sa zistí prítomnosť elektrónu na jednom mieste (stopa na fotografickej doske), pôvodná vlnová funkcia mizne okamžite a všade, kým klasické pole sa môže šíriť z jedného bodu k druhému len rýchlou nižšou, ako je rýchlosť svetla. Náhla zmena vlnovej funkcie sa nazýva niekedy redukciou vlnového balíka.

Práve predpoklad, že atomický objekt je vždy (rozumie sa, že nezávisle od možnosti ho zistiť) v niektorom vymedzenom kvantovom stave, známom alebo neznámom, vedie k ťažkostiam. Tento predpoklad (ktorý má rovnakú platnosť ako predpoklad, že atomický objekt je vždy opisovaný vlnovou funkciou) obsahuje paradox, o ktorom hovorí Bohr vo svojej odpovedi Einsteinovi, Podolskému a Rosenovi.³ Paradox spočíva v tom, že kvantový stav určitého systému mal by závisieť od pozorovaní, konaných na objektoch, ktoré už nepatria k systému.

III. IDEA BOHROVEJ KOMPLEMENTARITY

Uvedli sme niektoré paradoxy, ku ktorým nás vedie prílišná klasická interpretácia vlnového a aj korpuskulárneho obrazu atomických javov. Riešenie týchto problémov podal Bohr.

Aby sme sa vyhli týmto paradoxom, je nevyhnutné vziať do úvahy vonkajšie podmienky, v ktorých sa atomický objekt nachádza, a aj meracie prístroje. Toto všetko a celú túto procedúru merania treba opisovať klasickým spôsobom. Bohr hovorí: „However far the phenomena transcend the scope of classical physical explanation, the account of all evidence must be expressed in classical terms.“ Atomické javy už nemožno ďalej deliť: tieto javy disponujú vlastnosťou, ktorú možno nazvať nedeliteľnosťou alebo individualitou. Vskutku pre ďalšie delenie javu by bolo treba pozmeniť vonkajšie podmienky a meracie prístroje, avšak potom by sme už nemali ten istý jav. Pretože ato-

³ Niels Bohr, Phys. Rev., zv. 48, str. 606 (1935).

mický jav je nedeliteľný, nemôžeme získať presnejšie poznatky a vlastnostiach atomického objektu, ako keď ho skúmame v rozličných okolnostiach. Inými slovami, na opísanie vlastností atomického objektu treba, ako hovorí Bohr, uplatniť navzájom sa vylučujúce obrazy („a combined use of contrasting pictures“). Použitie navzájom sa vylučujúcich a protirečivých opisov sa riadi Heisenbergovými vzťahmi neurčitosti. Tieto vzťahy sú však jediným matematickým prostriedkom, ktorým Bohr disponuje pre interpretáciu kvantovej mechaniky.

Situáciu, charakterizovanú ako kombinované použitie navzájom sa vylučujúcich opisov, nazýva Bohr *komplementaritou* a Heisenbergove vzťahy sa nazývajú vzťahmi komplementarity.

IV. ZAHŔNUJE KOMPLEMENTARITA VŠETKY CHARAKTERISTICKÉ ČRTY KVANTOVEJ MECHANIKY?

Bohrova komplementarita sa vzťahuje na rozdielne klasické opisy atomického javu a použitie tohto pojmu je ozať jediným prostriedkom, ako sa vyhnúť rozporu medzi týmito rozdielnymi opismi (aspoň, ak obmedzíme klasickú interpretáciu javu na niečo, čo sa odohráva samo od seba, nezávisle od prostriedkov pozorovania).

Avšak nie je vôbec nevyhnutné obmedzovať sa na klasické opisy javu a „kombinované použitie navzájom sa vylučujúcich opisov“, použitie, vymedzené Heisenbergovými vzťahmi. V skutočnosti tieto vzťahy nezahrňujú celú kvantovú mechaniku: vyjadrujú len medzi klasického opisu a nehovoria nič o prostriedkoch, ktorými disponuje kvantový opis.

Matematické pojmy, používané v kvantovej mechanike a fyzikálne pojmy s nimi súvisiace sú prirodzene pre diskusiu z gnozeologického hľadiska problému nevyhnutné. V tomto bode nesúhlasím celkom s Bohrom, ktorý narába s matematickým formalizmom kvantovej mechaniky ako s niečím čisto symbolickým. Je pravda, o tom nepochybujeme, že matematická teória operuje vždy symbolmi, no v teoretickej fyzike tieto symboly zodpovedajú presne vymedzeným fyzikálnym pojmom, v kvantovej teórii rovnako ako v klasickej. V klasickej teórii ide o fyzikálne veličiny samotné a v kvantovej teórii sú to predovšetkým pravdepodobnosti. Je dôležité presne vymedziť o aké pravdepodobnosti ide. Ide o pravdepodobnosti faktov, ktoré sa dajú zisťovať v klasickej terminológii, najmä výsledky merania fyzikálnej veličiny. Tieto pravdepodobnosti majú určité hodnoty v presne vymedzených experimentálnych podmienkach.

*Pojem pravdepodobnosti faktu virtuálne možného*⁴ je primárnym pojmom, ktorý utvára bázu kvantového opisu fyzikálnych javov. Každá racionálna interpretácia kvantovej mechaniky musí byť založená na tejto základni.

Treba pripomenúť, že pojem pravdepodobnosti sa nezhoduje s pojmom štatistickým. Pojem pravdepodobnosti možno veľmi dobre aplikovať na individuálny predmet a izolovaný prípad a numerickú hodnotu pravdepodobnosti možno často vypočítať a priori aj v klasickej teórii. Napr. pri hre s kockami vyplýva hodnota 1/6 pravdepodobnosti výskytu určitej strany so symetrie. Štatistika, to znamená štúdium rozvrhnutia rozličných prípadov, ktoré sa v pokusoch často opakujú, slúži len na verifikáciu vytvorených hypotéz o pravdepodobnosti.

⁴ Výraz *virtuálne možné* je ekvivalentný výrazu *potenciálne možné*, ktorý Fok používa v ruskom texte. Pozri napr. stať *Ob interpretácii kvantovej mechaniki*. Usp. fiz. nauk, zv. LXII, 1957, č. 4 alebo v zborníku *Filosofskije voprosy sovremennoj fiziki*, Moskva 1959, resp. český preklad *O interpretaci kvantové mechaniky* v časopise *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie* 1958, č. 4 (pozn. prekladateľa).

Teda teória pravdepodobnosti je niečo iné ako štatistika. V štatistickej teórii majú pravdepodobnosti sekundárny význam; vystupujú iba ako nedostatok úplnejšieho poznania stavu skúmaného systému. Naproti tomu v pravdepodobnostnej teórii pravdepodobnosti sa považujú za niečo primárne.

Základné poňatie kvantového stavu atomického systému možno definovať len na základe pojmu pravdepodobnosti faktov virtuálne možných, v ich rozličných fyzikálnych podmienkach (ktoré zodpovedajú „navzájom sa vylučujúcim opisom javu“).

V. PRAVDEPODOBNOŠŤ VIRTUÁLNE MOŽNÉHO, ZÁKLADNÝ POJEM KVANTOVEJ MECHANIKY

Súhlasíme s Bohrom v tom, že vlastnosti atomických objektov sa prejavujú v interakciách s prístrojmi a ich pôsobenie môžeme opísať klasickým spôsobom (pozri citát v § III). Nás však zaujímajú atomické objekty a nie prístroje. Musíme preto v rámci možnosti robiť abstrakcie, ktoré charakterizujú samotné atomické objekty. V tomto ohľade musíme brať do úvahy nielen ukončené pokusy (ako to robí Bohr), ale aj pokusy v mysli prerušené, ktorých posledný stupeň zostáva neurčitý a môžeme ho upraviť podľa svojej vôle.

Hoci Bohr je ďaleko od toho, aby zavádzal pojem prerušeného pokusu, predsa v jeho memoári z r. 1949 nájdeme viaceré príklady takýchto pokusov.

Skúmame napr. clonu s dvoma štrbinami alebo otvormi. Ak ju uvedieme do pohybu v jej rovine (mohli by sme ju zavesiť tak, aby mohla konať harmonickú osciláciu), môžeme po prechode elektrónu merať presne impulz, prenesený elektrónom na clonu alebo polohu clony v momente prechodu elektrónu. Prvé pozorovanie nám umožňuje zistiť, ktorou štrbinou elektrón prešiel (ak prenesený impulz smeruje nahor, elektrón prešiel hornou štrbinou a obrátene, ak smeruje dolu). Takto však poloha clony v momente prechodu zostáva neurčená a nedostaneme nijaké kmity, zodpovedajúce nehybnej clone. Keď si vyberieme prípady, v ktorých impulz smeruje hore (v ktorých elektrón prešiel hornou štrbinou), na fotografickej doske budeme mať obraz, ktorý zodpovedá jednej štrbine, ktorej poloha je trošku nepresná. Pri druhom pozorovaní (to, pri ktorom meriame polohu clony) nemôžeme presne zistiť, cez ktorú štrbinu elektrón prešiel, ale môžeme urobiť výber prípadov, v ktorých clona zaujíma určitú polohu. Rozloženie stôp, ktoré zodpovedajú týmto prípadom, bude teda také, ako by bola clona upevnená v tejto polohe: budeme mať interferenčné kmity ako s nehybnou clonou.

Zakiaľ sme sa ešte nerozhodli medzi dvoma druhmi pozorovania, ocitáme sa v situácii, ktorú sme nazvali „v mysli prerušeným pokusom“ a ktorá má pre interpretáciu kvantovej mechaniky celkom zvláštny význam.

Zrejma obťažnosť zistiť interakciu dvoch telies s tak rozdielnymi masami ako v prípade clony a elektrónu neuberá vôbec na hodnotu predchádzajúceho dôvodu. Záleží na tom, aby sme mohli na uvedený systém aplikovať zákon o zachovaní impulzu a energie. Je však známe, že tento zákon možno na systém atomických rozmerov skutočne aplikovať.

Pokusy, ktoré slúžia na potvrdenie Heisenbergovho vzťahu pre energiu a čas, vedú ku komplikovanejším situáciám. Taká je napr. situácia analyzovaná Bohrom v jeho diskusii s Einsteinom, ktorý si dal za úlohu zmerať energiu fotónu, vychyľujúceho sa v určitom okamihu z rovnováhy.

Najvýznamnejšou okolnosťou je tu možnosť riadenia experimentu úplne rozdielnymi spôsobmi. Každý spôsob umožňuje zistiť (pri opakovaní pokusu) rozvrhnutie pravdepodobností pre určitú fyzikálnu veličinu, alebo presnejšie verifikovať teoretické rozlo-

ženie týchto pravdepodobností. Podľa kvantovej mechaniky sa tieto rozdelenia vyjadrujú takrečeno parametricky jedinou vlnovou funkciou. Táto funkcia je rovnaká pre všetky fyzikálne veličiny, ktoré možno merať vychádzajúc z daného počiatočného stavu, t. j. pre všetky modifikácie virtuálne možné v poslednom štádiu pokusu. To znamená, že pri zavedení pojmu *kvantového stavu* systému určeného jeho vlnovou funkciou možno *abstrahovať od posledného štádia pokusu*. To znamená, že pojem kvantového stavu systému sa vzťahuje na to, čo je virtuálne možné a nie na to, čo je ukončené. Vlnová funkcia poskytuje prostriedok k výpočtu pravdepodobnosti ostatných faktov virtuálne možných z faktov daných.

Z tohto hľadiska pochopíme, že uvedenie novej ukončenej udalosti spôsobuje náhlu zmenu vlnovej funkcie. Táto zmena zodpovedá premene známych veličín v probléme pravdepodobností, to je však už záležitosť logická a nie fyzikálna. Všetky paradoxy, ako je redukcia vlnového balíka a paradox dvoch systémov na jednu spoločnú vlnovú funkciu (ktorý skúmal Einstein, Podolský a Rosen) automaticky miznú, ak prijmeme hľadisko, podľa ktorého sa vlnová funkcia vzťahuje na niečo, čo je virtuálne možné.

Toto hľadisko prirodzene nemá v sebe nič subjektívne ani vtedy, keď definujeme predmet atómovej fyziky ako štúdium medzi človekom (ideálny experimentátor) a atómovým systémom. Podľa nás ideálny experimentátor i atómový systém prináležia k vonkajšiemu a objektívnemu svetu. Ideálneho experimentátora môže nahradiť merací prístroj (ideálny registrátor), schopný zisťovať a zaregistrovať fakty v klasickej význame. Pretože fakty sú objektívne a zákony, na základe ktorých sa vypočítavajú pravdepodobnosti tiež, teória, operujúca faktami a pravdepodobnosťami, ktoré z toho vyplývajú, vo svojom súhrne je úplne objektívna.

Okolnosť, že v kvantovej mechanike je nevyhnutné brať do úvahy merací prístroj súčasne s atómovým objektom, naznačuje, že abstrakcie, pomocou ktorých sa dostávame ku charakteristike vlastností atómových objektov, musia sa robiť delikátnejším spôsobom ako v klasickej mechanike, kde bolo možné úplne ignorovať prostriedky výskumu. Táto nevyhnutnosť však vôbec neznamená, že by tieto abstrakcie neboli možné, alebo že by sme sa mali vzdať objektivity opisu atómových objektov. Základné tézy realistickej filozofie (presnejšie dialektického materializmu) zostávajú nedotknuté a treba spresniť len výrazy sekundárneho významu. Toto pojmové zdokonalenie vyplýva ostatne zo základných téz dialektického materializmu.

VI. VÝVOJ BOHROVÝCH IDEÍ

Niels Bohr pokračuje v práci na zdokonaľovaní svojich téz o kvantovej mechanike. Po našich diskusiách z r. 1957, o ktorých som hovoril na začiatku, pripravil Bohr memoár (citovaný v poznámke 2), ktorý sa mi zdá veľmi významný vzhľadom na snahu zbaviť sa všetkého, čo by sa mohlo vysvetľovať ako pozitivizmus.

Vo svojich predchádzajúcich memoároch používal Bohr často termín „nekontrolovateľná interakcia“. Tento termín používal, keď hovoril o vzťahu medzi meracím prístrojom a atómovým objektom a keď vysvetľoval pôvod Heisenbergových vzťahov neurčitosti. Použitie tohto termínu v snahe vysvetliť vzťahy neurčitosti pri pojmovom zotrvaní v klasickej oblasti malo úlohu, ktorá sa nám zdá nereálna. Totiž každá interakcia, skúmaná ako fyzikálny jav, je kontrolovateľná, takže termín „nekontrolovateľná interakcia“ obsahuje vnútorné protirečenie. V skutočnosti nejde o interakciu fyzikálnu, ale o rýdze logický vzťah medzi klasickým opisom prístroja a kvantovým (pravdepodobnostným) opisom atómového objektu. Zdá sa, že Bohr vo svojom memoári z r. 1958

prijíma naše hľadisko, pretože už nepoužíva termín „nekontrolovateľná interakcia“ a zameriava sa na logickú stránku vzťahu medzi prístrojom a objektom.

V predchádzajúcich Bohrových prácach je pojem „komplementarity“ stavaný proti pojmu „kauzalita“. Bohr hovorieval, že kauzalita nemá už miesto v kvantovej fyzike. Toto tvrdenie nemá však presný zmysel. Aby sme ho spresnili, je potrebné najprv určiť, čo rozumieme pod kauzalitou. Tento termín sa používa v dvoch alebo troch rozdielnych významoch. Pokúsime sa presne vymedziť príslušné pojmy.

Termín *kauzalita* mohli by sme ponechať pre vzťah medzi príčinou a účinkom. Téma, že príčina predchádza účinku, je nepochybná a môžeme ju často aplikovať, najmä v kvantovej teórii. Táto téma sa viaže na definíciu minulosti a budúcnosti — definíciu, ktorá je presne vyjadrená v relativistickej teórii priestoru — času. Niet pochybnosti o tom, že pojem kauzalitý (vo význame, v ktorom ho práve precizujeme) v kvantovej fyzike možno aplikovať.

Termín *kauzalita* sa používa aj vo význame, ktorý by sme mohli presne formulovať ako *matematický determinizmus*. V teórii matematickej fyziky matematický determinizmus má miesto, ak rovnice teórie pripúšťajú jediné riešenie Cauchyho problému. Pre systém diferenciálnych rovníc (ako sú Newtonove a Maxwellove) to znamená, že počiatočné hodnoty a medzné podmienky postačujú na jednoznačné riešenie problému.

A nakoniec označuje sa niekedy názvom *kauzalita* poňatie, ktoré by sme mohli označiť ako *laplaceovský determinizmus*. Rozumieme pod tým hľadisko, podľa ktorého by bolo v zásade možné zdokonaľiť výskumy v takej miere, že by umožňovali absolútne presné predpovede budúcich udalostí a celé budúce správanie sa skúmaného systému.

V klasickej mechanike sa obidva pojmy determinizmu nerozlišujú — aspoň vtedy, ak prijíame predpoklad, že matematické rovnice teórie poskytujú presný a úplný opis javu. V nebeskej mechanike, ovládanej Newtonovými zákonmi, bola najdokonalejšie realizovaná situácia, ktorá zodpovedá Laplaceovmu determinizmu. Tento druh determinizmu možno tiež považovať za idealizáciu faktického stavu v nebeskej mechanike.

Veci sa však majú inakšie v kvantovej mechanike, ktorá nepripúšťa laplaceovský determinizmus. Vskutku, nech presnosť zistenia faktov je akákoľvek, predpovede môžu byť len pravdepodobné. Aj keď fakty, ktoré slúžia za počiatočné veličiny a podmienky, za ktorých sa odohráva jav, sú dokonale známe, pre budúce udalosti dosiahneme len pravdepodobnosti. V kvantovej mechanike, kde je potrebné odlišovať možné od uskutočneného, vzťahuje sa matematický determinizmus len na Schrödingerovu rovnicu, t. j. na pravdepodobnosti a nie na realizované fakty. Od laplaceovského determinizmu sa teda líši.

Ak rozumieme determinizmom len laplaceovský determinizmus, možno povedať, že v kvantovej mechanike niet determinizmu, no kauzalita zostáva v platnosti. Toto hľadisko prijíma Bohr vo svojom memoári z r. 1958, kde rozlišuje medzi kauzalitou a determinizmom a stavia proti komplementarite len determinizmus a nie kauzalitu.

Trvali sme na objektívite pravdepodobnostného opisu. V tomto bode sa Bohr s nami úplne zhoduje. Vo svojom memoári z r. 1958 hovorí výslovne (a viackrát), že kvantový opis je úplne objektívny, že nemá nič subjektívneho, pretože nepoužíva nikdy pojem individuálneho pozorovateľa.

Sme teda oprávnení konštatovať, že diferencie, ktoré by sa mohli medzi Bohrovým a naším postojom vyskytnúť, sú celkom sekundárnej povahy, pretože sa zhodujeme v základnej otázke o realite a objektívite vonkajšieho sveta, prírodných zákonov a faktov, prostredníctvom ktorých sa tieto zákony prejavujú.

VII. POZNÁMKA K POKUSOM O TZV. DETERMINISTICKÚ INTERPRETÁCIU KVANTOVEJ MECHANIKY

Gnozeologická interpretácia kvantovej mechaniky, ktorá je založená na princípoch už formulovaných, úplne súhlasí s realistickým hľadiskom vo filozofii a nemá nič spoločné s pozitivizmom. Z tohto dôvodu je pre mňa ťažké pochopiť motívy, ktoré údajne nútia určitých vedcov z de Broglieho školy vzdať sa logicky bezchybnej konštrukcie pravdepodobnostnej a objektívnej interpretácie a hľadať iné riešenia.

Argumenty týchto autorov možno stručne vyjadriť nasledovne. Pokúšajú sa interpretovať pravdepodobnostnú teóriu ako teóriu štatistickú, t. j. nájsť deterministický mechanizmus subatomický a subelektronický, taký, aby štatistika aplikovaná na hypotetické pohyby tohto mechanizmu dávala v priemere tie isté výsledky ako štatistika, založená na kvantových pravdepodobnostiach. Inými slovami, títo autori sa snažia skonštruovať pre subatomickú oblasť kinetickú teóriu, ktorá by bola schopná napodobniť kvantovú mechaniku.

Proti tomu máme nasledovné námietky:

1. Aj keď pripustíme, že formulovaný cieľ je uskutočniteľný (o čom pochybujeme), nahradenie teórie jednoduchšej, jasnej a založenej na priamo pozorovateľných fyzikálnych faktoch teóriou veľmi komplikovanou, čisto špekulatívnou a bez priameho vzťahu k fyzikálnym faktom, by bolo neprijateľné alebo miernejšie povedané, málo vyhovujúce z logického hľadiska.

2. Každá atomická teória musí dať jasnú odpoveď na otázku: sú Heisenbergove vzťahy platné alebo nie? Teória, ktorá zodpovedá túto otázku kladne, je v podstate totožná alebo ekvivalentná s kvantovou mechanikou a všetky komplikácie, ktoré by mohla priniesť, sú celkom neužitočné. Na druhej strane, negatívna odpoveď zahrňuje v sebe bezprostredne všetky paradoxy, o ktorých sme hovorili na začiatku tohto článku. Ostatne, ak pochybujeme o platnosti Heisenbergových vzťahov, musíme tieto pochybnosti opierať o pokusy, ktoré sú možné len teoreticky (to práve robil v diskusii s Bohrom Einstein, pravda, bez úspechu). Domnievame sa tiež, že negácia platnosti Heisenbergových vzťahov vedie k negácii de Broglieho vln.

Hlboká príčina, pre ktorú skončili bezvýsledne všetky snahy nahradiť kvantovú teóriu, ktorá je pravdepodobnostná, teóriou deterministickou, zdá sa nám jasná: spočíva v rozdiely medzi uskutočneným a virtuálne možným, ktorý je taký významný v živote a nie menej vo fyzike. Tento rozdiel, ignorovaný všetkými mechanistickými teóriami 19. stor., nemožno už viac ignorovať v atómovej fyzike — ani v súčasnej kvantovej mechanike, ani v budúcom vývine tejto teórie.

Z francúzštiny (*Critique épistémologique de théories récentes*, La Pensée mai-juin 1960) preložil J. Pauko.