

7. Leino V., Airaksinen R., Viluksela M., Vähäkangas K. Toxicity of colloidal silver products and their marketing claims in Finland. In: *Toxicol Rep.* 2020, Dec, 26;8:106-113. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.12.021. PMID: 33437653; PMCID: PMC7786010. In: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7786010/> (accesat: 14.08.2023).
8. Gruenwald J. The supplement markets in the US and Europe. In: *Neutraceuticals World*, 2000, Jul.-Aug., pp.36–37.
9. Radimer K., Bindewald B., Hughes J., Ervin B., Swanson, C., Picciano M.F. Dietary supplement use by US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2000. In: *Am. J. Epidemiol.*, 2004; nr. 160(4), pp.339-349.
10. Gorban G., Florescu N. Suplimente alimentare. Ghid. Ediția 1. București, 2013.
11. Proiect de lege privind protectia animalelor. În: https://www.ipn.md/ro/proiect-de-lege-privind-protectia-animalelor-7967_1096603.html (accesat: 14.08.2023).

IMPLICAȚIILE FILOSOFICE ALE INCERTITUDINII DIN MECANICA CUANTICĂ

Ecaterina Lozovanu, dr. în filos., conf. univ.

Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, R. Moldova

ecaterina.lozovanu@ssu.utm.md

THE PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS OF UNCERTAINTY IN QUANTUM MECHANICS

Around September 1927, the philosopher Ray Monk argued that the physical world had changed. Indeed, for hundreds of years nature could be clearly separated from the human beings who studied it, and its parts had a location, an identity, obeyed the same laws, and behaved predictably. In the first quarter of the 20th century, the quantum caused some physicists to question these assumptions. The emergence of the uncertainty principle, published by Heisenberg was discussed by N. Bohr and opened a debate that would last a lifetime between Bohr and Einstein. Between these two scientists, a hypothesis is advanced: between the Newtonian world and the quantum world, no connections can be found. This was an obvious proof that nature was a

much stranger place than thought, and the phrase with deep philosophical repercussions, which we propose to analyze, comes down not to the question of „what do I not know?”, but rather to „what can I not know?”

Fizicienii și filosofii înaintase dezbateri referitor la noua imagine a naturii predicționată de principiul incertitudinii. În același timp, cultura populară începuse să descopere și să exploreze implicațiile principiului incertitudinii apărut în 1927. Până la acel moment se discuta puțin despre fizica cuantică în cultura populară. Ziarele și revistele o tratau ca pe un subiect prea complicat pentru a fi explicat. Nici chiar filosofii care sunt interesați de evoluțiile științei ce modifică concepția asupra lumii nu văzuseră fizica cuantică ca pe ceva ce ar fi prezentat un interes special sau necesitatea de a înainta probleme filosofice de importanță majoră.

Imediat după 1927 principiul incertitudinii devenise cea mai cunoscută noțiune generată de fizica cuantică. Motivul pentru care principiul incertitudinii a devenit un subiect atât de discutat la atât de puțin timp după descoperirea sa se datorează unui eveniment în care a fost implicat fizicianul și astronomul britanic A. Eddington. El era cunoscut ca un important comunicator și conciliator care încerca deseori să împace grupări de fizicieni aflați în conflict. Spre exemplu, după Primul Război Mondial a susținut cauza savanților germani, incluzându-l și pe Einstein care erau deschis respinși de fizicienii englezi. În 1926 Eddington a început să susțină o serie de prelegeri despre religie, știință și filosofie în care se hotărâse să reflecte despre „rezultatul filosofic al marilor schimbări ale gândirii științifice care s-au produs recent” [1]. Anterior, cu un an mai înainte, Heisenberg elaborase mecanica matricială, iar Schrodinger își publicase lucrările referitor la mecanica undelor.

În textele lecțiilor publicate ulterior, Eddington înaintează o explicație a principiului incertitudinii susținând că, „ O particulă poate avea poziție sau poate avea viteză, dar nu le poate avea pe amândouă cu precizie [2]. El a descris minuțios, că măsurarea unei proprietăți însemna că cealaltă devine imprecisă. Nu este o întâmplare, ci „un complot ca să vă împiedice să vedeți ceva ce nu există, și anume locația unui electron într-un atom”[3]. O asociere între poziția exactă și momentul cinetic nu poate fi niciodată descoperită., deoarece nu există așa ceva în natură. Principiul incertitudinii presupune că este nevoie de o „nouă epistemologie”. Toate acestea reflectă faptul că lumea fizică „este o lume contemplată din interior, supravegheată de instrumente care sunt parte a ei și supuse legilor ei”[4]. Teoria cuantică ne dezvăluie că

știința a fost orientată spre un „fals ideal al unei descrieri complete a lumii”.

Acest fapt are două implicații filosofice remarcabile, după Eddington. Prima este legată de liberul arbitru. Lumea newtoniană rezolvase acest conflict în favoarea determinismului: ființele umane sunt total determinate de forțe și de mișcări, ca orice altceva din Univers. Descoperirea incertitudinii a zguduit această idee și a făcut loc unor idei religioase tradiționale. A doua implicație era aceea că lumea științifică este doar o parte a lumii. Accentuând limitele cunoașterii științifice, Eddington susține, că mecanica cuantică implică validitatea altor tipuri de cunoaștere, inclusiv misticismul.

Unii oameni de știință au fost de acord cu ideile lui Eddington, în timp ce alții l-au dezaprobat considerând că joacă din nou rolul de conciliator, propunând posibilitatea unei armonii profunde între știință și religie. Fizicianul de la Harvard, Persy W. Bridgman, nu a putut ignora scrierile lui Eddington. Acea chestie a lui Eddington cu „realitatea-este-peste-tot, care poate fi atinsă și simțită” l-a aruncat pe Bridgman și pe alți fizicieni, într-o criză cognitivă și morală pentru care nu se simțeau pregătiți nici din punct de vedere intelectual, nici emoțional.

În legătură cu aceasta Bridgman i-a scris unui prieten, că dacă principiul lui Heisenberg se va dovedi corect, aceasta va însemna „cea mai mare revoluție din perspectivă mentală, cel puțin de la Newton încoace, mai mare decât revoluția provocată de Einstein”[5]. Structura lumii s-a dezintegrat până la nesemnificativ, la scară din ce în ce mai mică, iar atunci când cultura populară va afla despre aceasta, reflecta Bridgman, rezultatul va fi dezastruos. Adepții liberului arbitru, atei susținători ai „întâmplării pure”, adepții vitalismului în biologie vor revendica victoria. Cartea lui Eddington „Natura lumii fizice” părea să întruchipeze un crunt coșmar – acela că mecanica cuantică dovedea existența lui Dumnezeu și demonstra adevărul experiențelor mistice și al noilor tipuri de realitate. Unii fizicieni ai timpului au declarat, că epoca lui Newton se apropie de sfârșit și că descoperirile științifice recente pregătesc o revoluție și mai mare, referitor la întreaga viziune despre lume, decât revoluția produsă de descoperirea gravitației universale de către Newton. Principiul incertitudinii se considera că este mai bogat în posibilitățile unor mari schimbări în perspectiva mentală decât se poate cuprinde și exprima în cuvinte. Imposibilitatea de a măsura cu exactitate poziția și momentul cinetic al unui electron înseamnă că electronii nu au poziție și moment cinetic. Așadar, proprietățile fizice ale electronului nu îi sunt inerente în mod absolut, ci implică, de asemenea, opțiunea observatorului.

Acest principiu, susținea Bridgman, „guvernează, probabil, fiecare tip de acțiune cunoscut între diferite părți ale universului nostru fizic”[6]. Acest fapt se considera a fi supărător, deoarece submina ideile omului despre cauză și efect. Ori de câte ori sunt efectuate observații la nivel atomic sau electronic, se descoperă lucruri care acționează într-un mod pentru care nu pot fi determinate nici o cauză și pentru care conceptul de cauză nu are nici un înțeles. Motivul nu e acela că viitorul nu poate fi determinat în termenii unei descrieri complete a prezentului, ci acela că, prin natura lucrurilor, prezentul nu poate fi descris complet. Unii fizicieni au tras concluzia că lumea este guvernată de întâmplare, iar dacă ducem paradoxul cu un pas mai departe, atunci implicațiile sunt uimitoare: „fizicianul este adus la capătul domeniului său, o limită este pusă curiozității lui... Lumea nu mai este o lume a rațiunii, care poate fi înțeleasă de către intelectul uman, ci, pe măsură ce pătrundem în ea mai adânc, însăși legea cauzei și a efectului, despre care am crezut că ar fi o formulă pe care l-am putea forța chiar pe Dumnezeu să o accepte, încetează să mai aibă sens”[6].

Drept rezultat, implicațiile mecanicii cuantice au fost văzute în moduri diferite. Unii fizicieni predispuși să recunoască adevărul în orice, au considerat că mecanica cuantică indică un sens mai larg decât cel tradițional, iar cei mai reticenți în a se aventura dincolo de ceea ce se știa, au susținut că mecanica cuantică indică un sens mai îngust al realității, iar implicațiile acesteia sunt supărătoare. Fiecare din ei era în posesia unei părți din adevăr.

Chiar, dacă, principiul incertitudinii este un principiu tehnic al fizicii, ce se aplică doar în cazul unor situații de măsurătoare, acelea care implică variabile conjugate, cu toate acestea, el a reușit să aibă implicații dincolo de știință, iar cele mai răspândite și mai importante care i-au fost atribuite s-au referit la emanciparea artelor, a științelor umaniste și existența lui Dumnezeu. Unii intelectuali cu greutate au susținut că, principiul incertitudinii pare să confirme o imagine în privința caracterului întâmplător al lumii, lipsa de control și chiar iraționalismul. Alții au crezut că imposibilitatea de a determina poziția, are o semnificație mult mai profundă pentru probleme sociale presante. Gânditorii religioși, profitând de expunerea lui Eddington, au insistat asupra liberului arbitru care a fost eliberat de tirania determinismului susținut de fizica newtoniană.

Stabilirea prin principiul incertitudinii a unor limite ale măsurării și ale cunoașterii a părut o emancipare pentru mulți gânditori religioși și mulți profesioniști ai artelor și ai științelor umaniste. Mesajul principiului pă-

rea să fie că, știința nu are o perspectivă privilegiată asupra adevărului și trebuie de recunoscut că pot fi tipuri de cunoaștere valabile, chiar dacă nu sunt și nu pot fi accesibile prin metode științifice. Filosoful german Martin Heidegger considera astfel de afirmații absurde și chiar periculoase. După părerea lui, artele și științele umaniste nu au nevoie de apărare specială. El scria, „Faptul că astăzi, cu toată seriozitatea, discernem în rezultatele și în perspectiva fizicii atomice posibilități de a demonstra libertatea umană și de a stabili o nouă teorie a valorilor, este un semn al atracției dăunătoare pe care ideile tehnologice o exercită asupra înțelegerii de sine a omului și o neînțelegere totală a naturii libertății” [7].

Unii au mers și mai departe, pretinzând că principiul incertitudinii are implicații cu privire la existența lui Dumnezeu. Printre acestea se numără Arthur Compton care considera că principiul implica posibilitatea ca mintea să acționeze asupra materiei și prin aceasta i se atribuia un nou rol gândirii umane în Univers. El susținea că, mecanica cuantică indică „existența unei ființe supreme care dirijează Universul.....cred că însăși existența lumii uimitoare a atomilor indică o creație cu un scop, ideea că există un Dumnezeu și un scop inteligent în toate” [8]. Scriitorii religioși erau extaziați și subliniau că noua teorie a universului plasează un scop inteligent în spatele naturii, iar noua epistemologie a lui Eddington este o confirmare a faptului „că nici o contradicție nu poate fi permisă între știință și religie”.

Alții au fost oripilați de ceea ce au considerat că ar fi o acaparare a mecanicii cuantice de către autoritățile religioase. Se susținea că Heisenberg nu a introdus incertitudinea în lumea omenească, nici omenirea nu a avut nevoie de principiul lui ca să o vadă în viața umană. Principiul a dezvăluit, însă, că mai multe presupuneri newtoniene despre realitate erau incorecte. Într-o oarecare măsură, impactul teoriei cuantice asupra artiștilor, scriitorilor, filosofilor a fost că i-a ajutat să se elibereze de concepte greșite de inspirație newtoniană. Filosoful W.Barett de la New York University susținea că principiul a arătat că există limite esențiale ale abilităților noastre de a ști și de a prezice stări fizice. Această descoperire marchează sfârșitul unui vechi vis al fizicienilor care, motivați de o prejudecată profund rațională, au crezut că realitatea trebuie să fie predictibilă întru totul. Filosoful sloven S. Zizek s-a străduit mult pentru a extrage implicațiile filosofice ale principiului incertitudinii și susține că, incertitudinea este înscrisă în lucru însuși, astfel încât, însăși esența unui electron este de a se manifesta, fie ca particulă, fie ca undă, dar niciodată ca ambele în același timp. Zizek

consideră că această „înșelătorie ontologică” deschide calea unor ”pseudo-existențe încețoșate de potențialități pure”.

Totuși, din punct de vedere științific, principiul incertitudinii a fost o genială descoperire. Acesta explica multe, inclusiv originea întâmplărilor în teoria cuantică. Nu există nici o incertitudine în ceea ce privește evoluția în timp a unui pachet de unde. Acesta se întinde deoarece există în acel pachet o incertitudine între poziție și moment cinetic, prin urmare, o gamă de momente cinetice, prin urmare, o gamă de viteze, prin urmare o întindere. Cu toate acestea, pachetul în sine este total definit și se propagă în timp fără incertitudine. Întâmplarea apare nu din cauza undei în sine, ci pentru că aceasta descrie doar probabilitatea de a vedea o particulă. Dacă nu ar fi incertitudine, nu ar fi întâmplare.

Privind retrospectiv subliniem că, principiul incertitudinii nu se aplică tuturor proprietăților din microlume: masa și sarcina electrică, de exemplu, au valori perfect definibile și exacte. Se aplică numai anumitor perechi de variabile, denumite variabile conjugate; se spune că o formulă matematică exactă guvernează limita incertitudinii valorilor lor. Cu toate acestea Heisenberg știa că miza era mai mare decât fizica atomică, principiul incertitudinii avea repercusiuni asupra naturii realității înseși. Incertitudinea din principiu nu este doar epistemologică, ținând de ceea ce știm despre natură, ci și ontologică, ținând de natura însăși.

Referințe bibliografice

1. Monk Ray. O viață în interiorul Centrului. 2015, p.142.
2. Eddington Arthur. Natura lumii fizice. Reproducere electronică, 2022, p.220.
3. Eddington Arthur, Natura lumii fizice. Reproducere electronică, 2022, p.229.
4. Eddington Arthur. Natura lumii fizice. Reproducere electronică, 2022, p.350
5. Bridgman Percy Williams. Viziunea nouă a științei. București: Editura Litera, 2012, p.132.
6. Bridgman Percy Williams. Viziunea nouă a științei. București: Editura Litera, 2012, p.141.
7. Heidegger Martin. Întrebarea privitor la tehnică. București: Editura Humanitas, 1976, p.112.
8. Compton Arthur. The Human Meaning of Science. In: The New York Times, 1948, 25 mai, p.27.