

DESIDERI FILOSOFICE ALE MECANICII CUANTICE. HEISENBERG

Dumitru GEORGESCU¹

dgeo_cnmv@yahoo.com

ABSTRACT. In this article we try to emphasize the importance of the openings of quantum mechanics philosophy regarding the classical interpretations of physics. We focus on the contribution of Werner Heisenberg, considered as one of the founding fathers of what is called the school of Copenhagen.

KEYWORDS: quantum mechanics philosophy, Heisenberg, Bohr, Copenhagen interpretation.

Introducere

Rar se întâmplă ca începutul convențional al unui secol să coincidă cu schimbări conceptuale majore într-un domeniu sau altul al cunoașterii umane. Faptul că mecanica cuantică și teoria relativității se nasc, practic, odată cu începutul secolului al XX-lea, poate fi, din acest punct de vedere, o întâmplare fericită. Dacă, inițial, conflictul evident cu vechile reprezentări ale fizicii clasice nu părea a acorda un credit pe termen lung noilor teorii, astăzi este unanim acceptat faptul că extensia acestora este universală, fiind asociate cu progresul fără precedent din ultimul veac². Problema interpretării a fost de la început o provocare majoră, deoarece, dincolo de coerența și consistența formală, respectiv relevanța pragmatică, aceste teorii, dar mai ales mecanica cuantică, nu asigurau o așezare comodă în lumea vechilor intuiții ale realității fizice. Einstein, pe de o parte, respectiv Bohr și Heisenberg, pe de altă parte, au fost gânditorii cei mai preocupați inițial de interpretarea formalismului abstract al mecanicii cuantice și acordarea acestuia cu ontologia. Chiar dacă au

¹ Doctor în fizică, Universitatea „Babeș-Bolyai”, membru al Filialei Cluj-Napoca a Comitetului Român de Istoria și Filosofia Științei și Tehnicii al Academiei Române.

² Roland Omnès, *Interpretarea mecanicii cuantice*, București, Editura Tehnică, 1999, p. 9.

fost propuse numeroase interpretări alternative³, faptul că și astăzi interpretarea standard a mecanicii cuantice este interpretarea Școlii de la Copenhaga, îi asigură acesteia un statut privilegiat în raport cu interpretările concurente. Cum Werner Heisenberg a fost unul dintre fizicienii cei mai legați de interpretarea de la Copenhaga, recursul la gândirea sa din perspectiva interpretării mecanicii cuantice ni se pare un demers potrivit pentru o mai bună clarificare a filosofiei acestuia.

Schimbări de paradigmă în fizică. Heisenberg și Școala de la Copenhaga

După anul 1962, în analiza mutațiilor profunde din câmpul semantic al științei a fost frecvent folosit termenul kuhnian de „paradigmă”, care poate fi înțeles ca „realizare științifică universal recunoscută, care, pentru o perioadă oferă probleme și soluții model unei comunități de practicieni”⁴.

În termeni kuhnieni, fiecare epocă și-a avut propriile paradigme, de la cea aristotelică, până la complicata paradigmă științifică actuală, fiecare fiind circumscrisă unei metafizici dominante care o face incomensurabilă și ireductibilă la ansamblul conceptual al paradigmei precedente. Perioadele de trecere de la o paradigmă la alta sunt caracterizate de o efervescentă spirituală deosebită, chiar de „convulsii” intelectuale. O astfel de schimbare se petrece la începutul secolului al XX-lea, când vechea știință galileo-newtoniană, după aproape 300 de ani de supremație, trebuie să cedeze locul noii științe care va avea în teoria relativității și mecanica cuantică modele exemplare. Dacă putem accepta că teoria relativității este, în esență, creația lui Albert Einstein, mecanica cuantică este o amplă construcție colectivă la a cărei arhitectură au contribuit decisiv N. Bohr, W. Heisenberg, E. Schrödinger, W. Pauli, A. Einstein, P. Jordan, M. Born, P. A. M. Dirac, L. de Broglie. Noua fizică, în special mecanica cuantică, va impune o regândire a vechilor concepte și categorii. Determinismul, cauzalitatea, spațiul, timpul, actualul, posibilul, identitatea etc., adică presuposițiile ontologice de bază ale fizicii trebuie resemnificate. Schimbări spectaculoase se petrec, însă,

³ Încă din perioada a doua a mecanicii cuantice (deceniul al treilea al secolului XX) Schrödinger și Louis de Broglie au propus propriile interpretări ale mecanicii cuantice. În anii 50 David Bohm s-a preocupat sistematic de interpretarea cu variabile ascunse, iar după 1964 inegalitățile lui Bell au generat ample discuții interpretative ale mecanicii cuantice.

⁴ Thomas Kuhn, *Structura revoluțiilor științifice*, București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1976, p. 39.

în majoritatea domeniilor cunoașterii, de la matematică (unde criza se declanșase la începutul sec. al XIX-lea, prin problemele legate de geometriile neeuclidiene), până la artele plastice și filosofie, astfel încât un cadru cultural mai larg poate integra aceste schimbări pasajului dintre modernitate și postmodernitate⁵. Din multe puncte de vedere, constituirea noii paradigme științifice, care nu este doar epistemologică, ci și mentală, implicând un salt, nu o evoluție liniară, face ca această perioadă să fie asemănătoare celei în care s-a născut modernitatea, așa încât Abner Shimony, afirma: „În opinia mea, secolul al XX-lea este una dintre epocile de aur ale metafizicii, depășită probabil de sec. al IV-lea a. Ch. în inovații conceptuale, dar depășind probabil toate epocile precedente în controlul și precizia celei mai bune gândiri metafizice”⁶.

Fundamentul filosofic al fizicii clasice își are originea în curentele raționaliste și empiriste care au dominat scena filosofică europeană în secolele XVII–XVIII, până la marea sinteză criticistă a lui Kant. După ce Renașterea propusese să privim lumea ca pe un imens text pe care numai o hermeneutică adecvată îl putea descifra, Galilei, eludând o veche eroare de categorie aristotelică, a folosit limbajul matematicii în acest demers. Spre deosebire de ontologia scalară⁷ a Evului Mediu integrată scolasticii ce era încă predată în universitățile occidentale în secolul al XVII-lea, dualismul ontologic cartezian presupune o separare netă între *res cogitans* și *res extensa*, între eul cunoscător și obiectul cunoașterii; lumea exterioară este fragmentată și alcătuită dintr-o mulțime de obiecte și fenomene care, împreună, se constituie într-o imensă mașinărie, reductibilă la metafora „universului ceasornic”. Empiriștii și susținătorii filosofiei mecanice vor completa acest tablou propunând testarea inductivă a adevărului enunțurilor factuale, unii susținând, chiar, că nu sunt posibile achizițiile cognitive care să eludeze experiența. Timpul absolut și spațiul absolut ale lui Newton, deplin integrate mecanicii raționale prin lucrările lui d’Alembert, Euler sau Laplace din secolul al XVIII-lea, devin cadrele a priori ale sensibilității noastre la Kant, respectiv acei parametri care,

⁵ Solomon Marcus, „Arta modernă: repere neconvenționale”, *România literară*, anul 30, nr. 29, 23–29 iulie 1997, pp. 12–13.

⁶ Abner Shimony, „Search for a worldview which can accommodate our knowledge of microphysics”, în vol. *Philosophical consequences of quantum theory. Reflections on Bell’s Theorem*, Cushing, J. T., McMullin, E. (red.), University of Notre Dame Press, Notre Dame, Indiana, 1989, pp. 24–25.

⁷ Ontologia scalară corespunde metaforei scării lui Iacob, urcușul conducând la o creștere a consistenței ontologice prin apropierea de Ființă.

asociați unui sistem de referință, permit situarea spațio-temporală a unui eveniment fizic.

Pentru a înțelege amploarea reconstrucției conceptuale începută în primii ani ai secolului al XX-lea, vom porni de la faptul că semnificațiile conceptelor unei ontologii clasice relevante pentru științele naturii sunt următoarele⁸:

– *realitate* – există o lume iar realitatea obiectivă a acestei lumi este independentă de observator;

– *determinism* – evoluția unui sistem este predictibilă dacă se știu condițiile inițiale și ecuațiile de mișcare. În forma sa tare, acest tip de determinism este ilustrat de Laplace, prin determinismul mecanic absolut; indeterminismul este datorat fie observatorului (ignoranței acestuia), fie teoriei (incompletitudinii acesteia);

– *cauzalitate* – orice efect are o cauză specifică;

– *localitate* – orice acțiune, orice influență cauzală se face cu viteză finită care, conform primului postulat al teoriei relativității restrânse, nu poate depăși viteza luminii în vid, nefiind posibilă o acțiune instantanee la distanță;

– *separabilitate* – stările fizice ale sistemelor separate și suficient de îndepărtate spațial sunt independente.

Toate aceste premise ontologice ale științei moderne vor fi revizuite pentru a putea fi în acord cu interpretarea cadrului logico-formal al noilor teorii științifice, a căror relevanță predictivă și dimensiune pragmatică deveniseră incontestabile. Mai întâi, teoria relativității a determinat, printre altele, revizuirea conceptelor de spațiu și timp, a statutului de invariant acordat unor mărimi fizice, cum ar fi masa, nedepășind, însă, caracteristicile unei ontologii clasice în sens larg. Nu același lucru se mai poate afirma despre mecanica cuantică, ale carei implicații metafizice au condus la atitudini foarte diferite în rândul fizicienilor, de la pragmatism (Heisenberg), până la suspectarea acestei teorii de inconsistență formală (Einstein). Mai mult decât atât, deoarece același cadru formal este compatibil cu o multitudine de lecturi filosofice, s-a pus în discuție chiar conceptul de realitate fizică, concept subsumat celui de realitate obiectivă ce depinde de premisele ontologiei:

1. ceva există;
2. existența este totalizabilă;
3. totalitatea existenței este conceptibilă.

⁸ Cushing, James, „A background essay”, în vol. *Philosophical consequences of quantum theory. Reflections on Bell's Theorem*, Cushing, J. T., McMullin, E. (red.), University of Notre Dame Press, Notre Dame, Indiana, 1989, p. 10.

Desigur, formalismul matematic special în care noțiuni fizice de bază – ca stare, mărime fizică observabilă, energie etc. – își găseau corespondentul în obiecte matematice abstracte – ca vector în spațiul Hilbert, operator autoadjunct, hamiltonian etc. – a fost privit inițial cu suspiciune. O parte dintre semnele de întrebare a dispărut atunci când Schrödinger a arătat în 1926 că mecanica sa ondulatorie și mecanica matricială a lui Heisenberg sunt echivalente. Totuși, interpretarea probabilistă a termenului descriptiv central al teoriei, funcția de undă, pentru care M. Born a propus în 1927 să-i privim pătratul normei ca o densitate de probabilitate, a făcut stringente răspunsurile la două întrebări:

a. Există un izomorfism perfect între teoria cuantică și realitatea fizică (completitudine sau incompletitudine cuantică?),

b. Care sunt criteriile de completitudine pe care trebuie să le îndeplinească o teorie fizică (în particular mecanica cuantică) pentru a putea descrie fără rest realitatea designată?

De răspunsurile la aceste întrebări sunt legate principalele programe de interpretare ale mecanicii cuantice, între care se detașează *realismul ontologic* avându-l ca principal susținător pe Einstein și interpretarea *Școlii de la Copenhaga* cu Bohr, Heisenberg și Pauli în prim plan.

Einstein, încă intim legat de o metafizică clasică realistă, a dezvoltat un program ontologic în care subiectul poate, în principiu, să descrie realitatea în sine, realitate care există independent de subiectul cunoscător. Adevărul sau certitudinea sunt date de corespondența care există între limbaj și referentul acestuia, adevăr care este principal accesibil printr-o creștere a performanțelor instrumentelor de măsură, respectiv rafinarea continuă și diversificarea metodelor de cunoaștere, într-un demers de tip asimptotic (adevărul este asimptota la care se tinde în procesul nelimitat al cunoașterii). Neacceptând interpretarea probabilistă a termenului central al mecanicii cuantice, respectiv caracterul statistic al acestuia, el încearcă să arate că mecanica cuantică nu oferă decât o descriere incompletă a realității fizice, deschizând dezbaterea pe marginea teoriilor cu variabile ascunse.

„Unii fizicieni, între care mă număr și eu, nu pot să creadă că trebuie să abandonăm, efectiv și pentru totdeauna, ideea reprezentării directe a realității fizice în spațiu și timp; sau că trebuie să acceptăm punctul de vedere după care evenimentele din natură sunt analoge unui joc de noroc. Orice om e liber să aleagă în ce sens să-și orienteze

*străduințele; de asemenea, orice om se poate mângâia cu vorba lui Lessing că mai de preț este căutarea adevărului decât stăpânirea lui*⁹.

Einstein nu a renunțat niciodată la programul realist de înțelegere a noii fizici a cărui semantică exhaustivă conducea inevitabil la incompletitudinea mecanicii cuantice. De aceea, în încercarea pe care a făcut-o la mijlocul anilor '30 împreună cu Nathan Rosen și Boris Podolsky de a demonstra incompletitudinea mecanicii cuantice, el formulează un set de criterii metateoretice necesare și suficiente în orice demers de verificare a consistenței formale a unei teorii^{10, 11}:

1) *„Criteriul de completitudine (condiție necesară): o teorie fizică satisface condiția logică de completitudine dacă orice element al realității fizice are corespondent în teorie.*

2) *Criteriul de realitate (condiție suficientă): dacă, fără a perturba în vreun fel un sistem fizic putem prezice cu certitudine valoarea unei mărimi fizice, atunci există un element al realității fizice corespunzător mărimii considerate.*

3) *Supoziția localizării: dacă în orice moment al măsurării două sisteme nu interacționează, nu se poate produce nicio modificare reală a unui sistem ca urmare a acțiunii exercitate asupra celuilalt sistem.*

4) *Supoziția validității: predicțiile statistice ale mecanicii cuantice sunt confirmate de experiență*”.

Experimentul mental cunoscut sub numele de experimentul EPR sau paradoxul EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) din anul 1935, propus pentru a arăta incompletitudinea mecanicii cuantice prin existența reală a parametrilor ascunși are la bază aceste principii metateoretice.

Pentru Niels Bohr, reprezentantul cel mai important al programului epistemologic al complementarității formulat explicit după anul 1927 în urma unor discuții privind fundamentele mecanicii cuantice avute la Copenhaga cu Schrödinger și Heisenberg, fizica nu mai este descrierea univocă a realității în sine care să conducă la o cunoaștere speculară echivalentă academismului sau naturalismului din pictură, ci este o teorie a *condițiilor cunoașterii* care trebuie să confere un anumit statut ontologic posibilului. Numai o ontologie modală pare a fi compatibilă cu postulatul al V-lea al mecanicii cuantice sau postulatul proiecției stării. Cu ocazia Congresului Internațional de Fizică de la Como, Italia, din septembrie 1927,

⁹ Albert Einstein, *Cum văd eu lumea. Teoria relativității pe înțelesul tuturor*, București, Editura Humanitas, 1998, pp. 145–146.

¹⁰ Ilie Pârvu, *Arhitectura existenței*, vol. I, București, Editura Humanitas, 1990, p. 257.

¹¹ Mioara Deac, *Mecanica cuantică – între magia vizualizabilului și buclele cibernetice*, București, 1995, pp. 57–58.

organizat pentru comemorarea centenarului morții lui Volta, N. Bohr expune principiul complementarității, conform căruia nu este posibilă descrierea exhaustivă a realității fizice printr-un unic limbaj, o unică reprezentare. În opinia lui Bohr, mecanica cuantică, prin dualismul undă-corpusul, reunește reprezentări contradictorii, dar complementare, ale lumii empirice. Disjunctia cartesiană clasică între observator și lume este depășită de Bohr printr-o viziune holistă în care nu mai poate fi neglijată interacțiunea din cadrul procesului de măsurare.

Scoala de la Copenhaga a impus interpretarea standard a mecanicii cuanticii, interpretare statistică conform căreia măsurarea unei mărimi fizice nu conduce, în general, la obținerea unei valori exacte a mărimii respective, ci la probabilitatea obținerii acelei valori din spectrul operatorului asociat mărimii. Opțiunea pentru o interpretare ontologică a caracterului statistic și nu pentru una epistemologică a făcut ca adepții acestei orientări să renunțe la căutarea unor „parametri fini” sau „parametri ascunși” care să fie responsabili de aspectele indeterminate, statistice. Pentru ei, mecanica cuantică este o teorie completă, însă fundamental diferită de teoriile anterioare pentru că lumea cuantică este o lume aparte, imposibil de înțeles dacă rămânem în cadrul restrâns al conceptelor clasice. Ca o paranteză, recursul la existența unor parametri ascunși a putut fi invocat pentru prima dată în cazul mișcării browniene care, deși descoperită încă din anul 1827 de către naturalistul englez R. Brown, nu a putut fi înțeleasă calitativ satisfăcător decât în anul 1877 de către P. Carbonnelle și explicată cantitativ de Einstein (1905) și Smoluchowski (1906) pe baza teoriei atomiste și a fizicii statistice.

La Copenhaga, între anii 1924–1925, ca asistent al lui Bohr, Heisenberg a formulat o variantă a mecanicii cuantice numită mecanica matricială, teorie foarte abstractă, contraintuitivă despre lumea microparticulelor. El a avut în vedere la constituirea mecanicii matriciale un principiu logico-metodologic de factură operațională, conform căruia nu are sens să introducem în fizică decât mărimi fizice ce pot fi măsurate prin experiențe reale sau conceptual posibile. În felul acesta este asigurată concordanța între practica experimentală și semnificația conceptelor utilizate. E. Schrödinger a demonstrat în 1926 echivalența acestuia cu mecanica ondulatorie, teoria formulată de el în aceeași perioadă și care se bucura de o primire mult mai favorabilă din partea fizicienilor din vechea generație, datorită caracterului ei intuitiv manifest și acordului cu reprezentările clasice. Tot la Copenhaga, în februarie 1927, după lungi discuții cu Bohr asupra

fundamentelor mecanicii cuantice, Heisenberg va reuși să descopere relațiile de nedeterminare și să formuleze principiul corespunzător, unul dintre principiile fundamentale nu numai ale mecanicii cuantice, ci ale întregii cunoașteri științifice:

Valoarea produsului nedeterminărilor care apar la măsurarea „simultană” a două variabile canonic conjugate are ordinul de mărime al constantei lui Planck.

Descoperit în urma unui celebru experiment mental, principiul de nedeterminare trasează o limită principială procesului de măsurare, limită ce nu este legată de performanțele instrumentelor de măsură, astfel încât optimismul epistemologic clasic caracterizat printr-o încredere nelimitată în puterea omului de interogare a naturii nu-și mai găsește justificare. De asemenea, el ne oferă un criteriu pentru disjunția între sisteme clasice și sisteme cuantice și, prin extrapolare, un nivel clasic, respectiv unul cuantic ale realității fizice. Nivelul clasic este nivelul accesibil direct simțurilor noastre. Nivelul cuantic cuprinde particulele elementare, atomii, moleculele, fiind considerat, de regulă, nivelul ce corespunde fenomenelor ce se petrec la scară foarte mică. În realitate, acest criteriu este incorect, deoarece efecte cuantice se pot observa și la distanțe foarte mari. Nivelul cuantic presupune diferențe foarte mici de energie, astfel încât, criteriul adecvat este cel al relevanței constantei de acțiune. O altă consecință foarte importantă a principiului lui Heisenberg este aceea că noțiunea de traiectorie în accepțiune clasică nu mai are sens. Cum traiectoria unei particule se obține integrând ecuația de mișcare cu condițiile inițiale date, în cazul microparticulelor acest lucru nu poate fi făcut, deoarece condițiile inițiale (poziție și impuls) nu pot fi bine determinate. De aceea, legea cauzalității în sens clasic nu mai este valabilă în domeniul cuantic, ceea ce impune abandonarea idealului determinismului laplacean și înlocuirea sa cu determinismul statistic. Pentru a înțelege acest nou tip de determinism, vom face apel la unul dintre postulatele mecanicii cuantice, anume postulatul de evoluție a stării:

Pentru orice sistem cuantic există o observabilă numită energie căreia i se asociază un operator autoadjunct numit hamiltonian care determină evoluția stării după legea locală

$$i\hbar \partial|\psi\rangle/\partial t = \hat{H} |\psi\rangle$$

Această lege locală, care nu este altceva decât ecuația lui Schrödinger pentru evoluția sistemelor cuantice, fiind o ecuație

diferențială de ordinul I ne sugerează existența unui determinism dinamic, astfel încât, cunoscând funcția de undă la momentul t putem determina univoc funcția de undă la momentul $t + \delta t$. În realitate, această interpretare este incorectă, deoarece funcția de undă, mai precis pătratul normei sale, ne furnizează probabilitatea de a găsi sistemul într-o anumită stare; de aici determinismul statistic.

Unele dintre ideile filosofice ale lui Heisenberg arată cât de „stranie” este lumea cuantică. Fiind preocupat de dimensiunile ontologice ale teoriei pe care el însuși a moștit-o, Heisenberg a supus atenției conceptul de *realitate potențială* în încercarea de a crea o viziune coerentă asupra naturii compatibilă cu mecanica cuantică. Ideea fundamentală este că lumea cuantică este o lume a posibilităților neactualizate pe care procesul de măsurare, care este un proces de selecție, îi proiectează în lumea actualilor, devenind electroni, protoni, neutroni etc. Evident că o astfel de ontologie este compatibilă cu existența a cel puțin două nivele ale realității: *realitatea potențială* și *realitatea actuală*^{12, 13}.

În dezacord cu o viziune realistă de tip einsteinian, Heisenberg consideră că imposibilitatea obținerii unei imagini a realității în sine este legată de faptul că funcția de undă, ca termen descriptiv central, nu ne oferă decât informații despre tendințele de a fi, eventual, tendințele cele mai probabile. De aceea, posibilitățile neactualizate ce țin de nivelul profund al realității potențiale trebuie să aibă un contur ontologic diferit de cel al obiectelor actuale. Influența aristotelică recunoscută de Heisenberg ne poate ajuta să înțelegem mai bine dimensiunea ontologică a posibilului:

„Formulele matematice nu vor mai descrie evenimentele obiective, ci probabilitățile producerii acestor evenimente. Nu fenomenul însuși, ci probabilitatea lui – «potenția», dacă dorim să folosim acest concept al filosofiei lui Aristotel este supusă legilor stricte ale naturii”¹⁴.

Diferența ontologică între „posibilitate” și „realitate” este determinată de acțiunea formei care este entelehia sau principiul activ, ceea ce, la nivel cuantic, se traduce printr-o proiecție nedeterministă din lumea posibilităților neactualizate în lumea spațio-temporală actuală. Principiul superpoziției face ca posibilul să fie nivelul ontologic al

¹² Ilie Pârnu, *op. cit.*, p. 293.

¹³ Dacă dihotomia clasic-cuantic era evidentă încă din perioada reflecțiilor filosofice ale lui Heisenberg, dezvoltările din ultima perioadă din domeniul nanoștiințelor relevă faptul că există un nivel sau o zonă de trecere între cele două, unde există efecte specifice, cum ar fi efectul de confinare fononică.

¹⁴ Werner Heisenberg, *Pași peste granițe*, București, Editura Politică, 1977, pp. 22–23.

stărilor cuantice coexistente. Ca reacție la filosofia scolastică și sub influența noii științe pe cale de constituire, începând cu secolul al XVII-lea metafizicile modale au fost criticate și înlocuite de modernitatea care a eliminat nivelele Ființei, propunând o filosofie centrată pe obiect în care criteriul individuației și determinismul ocupă poziții privilegiate. Deoarece posibilia neactualizați nu respectă criteriul clasic al individuației (cărui în plan logic îi corespunde principiul identității), criticii ontologiei lui Heisenberg s-au concentrat asupra acestui punct. Heisenberg își susține propria concepție și cu argumente din fizica particulelor elementare, unde elementaritatea și sensul devenirii trebuie gândite altfel decât în fizica clasică, mai aproape de acțiunea formelor platonice. Astfel, din relațiile de dezintegrare:

$$\begin{aligned} n &\rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu} \\ p &\rightarrow n + e^{+} + \nu \end{aligned}$$

nu deducem că protonul, electronul și antineutrino sunt componentele elementare ale neutronului, respectiv că neutronul, pozitronul și neutrino sunt componentele elementare ale protonului. De aceea, trebuie revizuite relațiile parte-întreg, unu-multiplu și chiar principiul individuației, respectiv identității. Aceste probleme apar și în fizica statistică cuantică unde clasificarea particulelor elementare în bosoni și fermioni trimite la același principiu al identității. Dacă posibilul este un concept ontologic valid care induce o structură modală lumii, el este suma virtualităților în deplin acord cu principiul superpoziției care determină matricea generatoare a oricărui lucru¹⁵. Postulatul proiecției arată că experimentele selectează indeterminist căi de trecere între mulțimea potențialităților lumii cuantice și realitatea actuală.

Mecanica cuantică, așa cum o vedea Heisenberg, unul dintre creatorii ei, este o teorie închisă¹⁶, adică un ansamblu conceptual coerent și necontradictoriu cu valabilitate nelimitată, dar al cărui domeniu de valabilitate se poate modifica, în funcție evoluția cunoașterii. Din acest punct de vedere, cunoașterea este cumulativă și

¹⁵ Ilie Pârvu, *op. cit.*, pp. 294–296.

¹⁶ Werner Heisenberg, „Conceptul de „teorie închisă”, în științele moderne ale naturii”, în Ilie Pârvu, (red.), *Istoria științei și reconstrucția ei conceptuală*, București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1981, pp. 41–46.

extensivă, fiecare teorie închisă fiind o piesă cu geometrie variabilă a puzzle-ului format de cunoașterea științifică¹⁷.

Reprezentanții Școlii de la Copenhaga¹⁸, chiar dacă nu au avut o viziune unitară asupra realității fizice⁸, susținând pragmatismul interpretării mecanicii cuantice, ne-au avertizat că fizica trebuie să se limiteze la a răspunde cum este natura, acceptând astfel că este imposibil accesul la *Ding-an-Sich*, la lumea în sine a realităților.

Bibliografie

- [1] Cushing, J., „A background essay”, în vol. *Philosophical consequences of quantum theory. Reflections on Bell's Theorem*, Cushing, J. T., McMullin, E. (red.), University of Notre Dame Press, Notre Dame, Indiana, 1989.
- [2] Deac, M., *Mecanica cuantică-între magia vizualizabilului și bucle cibernetice*, București, 1995.
- [3] Einstein, A., *Cum văd eu lumea. Teoria relativității pe înțelesul tuturor*, Editura Humanitas, București, 1998.
- [4] Flonta, M., „Emergența principiului corespondenței și problematica relației dintre teorii fizice fundamentale”, în luncu Lucica, Constantin Grecu (eds.), *Logică și ontologie*, Editura Trei, București, 1999.
- [5] Heisenberg, W., *Partea și întregul*, Editura Humanitas, București, 2008.
- [6] Heisenberg, W., *Pași peste granițe*, Editura Politică, București, 1977.
- [7] Heisenberg, W., „Conceptul de «teorie închisă»”, în științele moderne ale naturii”, în Pârvu, Ilie (red.), *Istoria științei și reconstrucția ei conceptuală*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1981.
- [8] Kuhn, Th., *Structura revoluțiilor științifice*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1976.
- [9] Marcus, S., „Arta modernă: repere neconvenționale”, *România literară*, anul 30, nr. 29, 23–29 iulie 1997.
- [10] Omnès, R. *Interpretarea mecanicii cuantice*, Editura Tehnică, București, 1999.
- [11] Pais, A., *Niels Bohr. Omul și epoca, în fizică, politică și filosofie*, Editura Tehnică, București, 2000.
- [12] Pârvu, I., *Arhitectura existenței*, vol. I, Editura Humanitas, București, 1990.
- [13] Shimony, Ab., „Search for a worldview which can accommodate our knowledge of microphysics”, în vol. *Philosophical consequences of quantum theory*, Cushing, J. T. (red.), University of Notre Dame Press, 1989.
- [14] Stapp, H., *Rațiune, materie și mecanică cuantică*, Editura Tehnică, 1998.

¹⁷ Mircea, Flonta, „Emergența principiului corespondenței și problematica relației dintre teorii fizice fundamentale”, în luncu Lucica, Constantin Grecu (eds.), *Logică și ontologie*, București, Editura Trei, 1999, pp. 273–307.

¹⁸ Henry Stapp, *Rațiune, materie și mecanică cuantică*, Editura Tehnică, 1998, pp. 75–76.