

TEORIA ATOMICĂ
ȘI DESCRIEREA NATURII

Niels Bohr s-a născut în 1885 la Copenhaga. După studii de fizică și susținerea doctoratului în Danemarca, în 1911 Bohr ajunge în Anglia, unde face cunoștință cu Ernest Rutherford și modelul atomic empiric al acestuia. Întors la Copenhaga, elaborează propriul său model atomic, în care rezultatele lui Rutherford sunt combinate cu noțiunea de cuantă de energie, introdusă de Max Planck – contribuție care reprezintă actul de naștere al așa-numitei teorii cuantice vechi și care îi va aduce, în 1922, Premiul Nobel pentru fizică. După eforturi îndelungate, în 1921 reușește să înființeze la Copenhaga Institutul de Fizică Teoretică, institut care a devenit imediat principalul centru de atracție al fizicienilor din întreaga lume și unde a fost elaborată o interpretare a mecanicii cuantice în vigoare și azi. În 1943, după ce Germania nazistă ocupase Danemarca, Bohr s-a refugiat în Suedia, iar apoi a participat, în America, la Proiectul Manhattan de construire a bombei atomice. A murit la Copenhaga în 1962.

Redactor: Vlad Zografi
Coperta: Ioana Nedelcu
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
DTP: Iuliana Constantinescu, Dan Dulgheru

Tipărit la Accent Print Suceava

Niels Bohr
*Atomic Theory and the Description of Nature. Four Essays
with an Introductory Survey*
© Cambridge University Press 1934

© HUMANITAS, 2013, pentru prezenta versiune românească

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

BOHR, NIELS

Teoria atomică și descrierea naturii: patru eseuri și un studiu introductiv /

Niels Bohr; trad.: Maria Țițeica. – București: Humanitas, 2013

ISBN 978-973-50-4215-8

I. Țițeica, Maria (trad.)

53

EDITURA HUMANITAS

Piața Presei Libere 1, 013701 București, România

tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51

www.humanitas.ro

Comenzi online: www.libhumanitas.ro

Comenzi prin e-mail: vanzari@libhumanitas.ro

Comenzi telefonice: 0372 743 382; 0723 684 194

[Prefața lui Niels Bohr la prima ediție]

Primele două articole din cele patru conținute în acest volum au apărut mai întâi în limba engleză în revista *Nature*, în 1925 și 1927, al treilea a apărut în germană, în 1929, în *Die Naturwissenschaften*, iar al patrulea în daneză, în 1929, în *Fysisk Tidsskrift*. Studiul introductiv a apărut inițial în variantă daneză în anuarul Universității din Copenhaga din 1929, împreună cu o traducere daneză a primelor trei articole, addenda fiind introdusă pentru prima dată în ediția germană a celor patru articole, publicată de Jul. Springer, la Berlin, în 1931. Le sunt recunoscător profesorului Rud Nielsen și domnului dr. Urquhart pentru ajutorul prețios pe care mi l-au dat la pregătirea traducerii în engleză, precum și conducerii editurii Cambridge University Press pentru interesul manifestat față de această carte și pentru amabilitatea de a accepta ca prezentul volum să fie urmat de un altul, conținând câteva eseuri ulterioare pe aceeași temă, în care perspectiva generală e adâncită.

N. Bohr
Copenhaga, februarie 1934

Prefața la ediția din 1961

Sunt recunoscător editurii Cambridge University Press pentru propunerea de a reedita această colecție de eseuri, care de ceva vreme nu se mai găsește în librării.

Articolele au fost scrise într-un moment în care programul de elaborare a unei tratări cuprinzătoare a problemelor atomice, pe baza descoperirii de către Planck a cuantei universale de acțiune, căpătase un fundament solid prin stabilirea unui formalism matematic adecvat.

După cum se știe, discuțiile privind aspectele epistemologice ale fizicii cuantice au continuat în anii următori, și încă nu s-a ajuns la un consens. În cursul acestor discuții, poziția pentru care pledează aceste articole a fost dezvoltată în continuare, și a fost introdusă o terminologie mai adecvată, care să exprime deosebirea radicală față de descrierea imagistică obișnuită și față de condițiile tradiționale pe care trebuie să le satisfacă explicațiile din fizică. O serie de articole din acea fază a discuțiilor a fost recent publicată sub titlul *Atomic Physics and Human Knowledge* [*Fizica atomică și cunoașterea umană*] (John Wiley and Sons, New York, 1958).

Chiar dacă articolele mai vechi republicate aici conțin exprimări ce pot fi formulate acum într-o manieră mai precisă, cunoașterea discuțiilor din acea perioadă ar putea fi de folos pentru a înțelege pe deplin noua situație apărută în filozofia naturii ca urmare a dezvoltării moderne a fizicii.

Niels Bohr
Copenhaga, ianuarie 1961

Studiu introductiv (1929)

Sarcina științei este de a extinde domeniul experiențelor noastre și de a le ordona, iar această sarcină prezintă mai multe aspecte, indisolubil legate între ele. Numai prin experiență putem ajunge să cunoaștem acele legi care ne dau o perspectivă cuprinzătoare asupra diversității fenomenelor. De aceea, pe măsură ce cunoașterea noastră se extinde, trebuie să ne așteptăm mereu la modificări ale celor mai potrivite puncte de vedere pentru a ordona experiențele noastre. În acest context trebuie în primul rând să amintim că toate experiențele noastre noi apar, desigur, în cadrul perspectivelor și formelor de percepție cu care suntem deja obișnuiți. Importanța relativă acordată diferitelor aspecte ale cercetării științifice depinde de natura problemei studiate. În fizică, unde problema constă în coordonarea experiențelor noastre privind lumea exterioară, întrebările legate de natura formelor noastre de percepție vor fi în general mai puțin acute decât e cazul în psihologie, unde obiectul de studiu este propria noastră activitate mentală. Uneori însă, tocmai această „obiectivitate“ a observațiilor din fizică

subliniază cât se poate de pregnant caracterul subiectiv al oricărei experiențe. Istoria științei ne oferă în acest sens numeroase exemple. E suficient să menționăm marea importanță pe care a avut-o mereu cercetarea fenomenelor acustice și optice – intermediarele fizice ale simțurilor noastre – în dezvoltarea analizei psihologice. Putem de asemenea menționa ca exemplu rolul pe care descoperirea legilor mecanicii l-a jucat în dezvoltarea teoriei generale a cunoașterii. Această trăsătură fundamentală a științei a fost extrem de pregnantă în cele mai recente progrese ale fizicii. Marea extindere a experiențelor noastre din ultimii ani a scos la iveală insuficiența concepțiilor noastre mecanice simple, și, prin urmare, a zguduît temeliile interpretării obișnuite a observațiilor, punând astfel într-o lumină nouă vechi probleme filozofice. Acest lucru e adevărat nu numai în legătură cu revizuirea fundamentelor modului de descriere spațio-temporal, adusă de teoria relativității, ci și în legătură cu noua perspectivă asupra principiului cauzalității, generată de teoria cuantică.

Originea *teoriei relativității* e strâns legată de dezvoltarea conceptelor electromagnetismului, dezvoltare care, prin extinderea noțiunii de forță, a condus la o profundă transformare a ideilor pe care se bazează mecanica. Recunoașterea caracterului relativ al fenomenelor mișcării, a faptului că acestea depind de observator, jucase deja un rol esențial în dezvoltarea mecanicii clasice, unde fusese de mare ajutor la formularea legilor generale ale mecanicii. Acum, proble-

mele în discuție erau tratate aparent satisfăcător, atât din perspectiva fizicii, cât și din cea a filozofiei. Primul semn al crizei a fost adus de teoria electromagnetică, din care rezulta că viteza de propagare a tuturor acțiunilor forțelor e finită. Este adevărat că, pe baza teoriei electromagnetice, se putea adopta un mod de descriere cauzal, care menținea legile mecanice fundamentale de conservare a energiei și a impulsului, cu condiția de a atribui energie și impuls înseși câmpurilor de forțe. Totuși, eterul universal, atât de util în dezvoltarea teoriei electromagnetice, apărea ca un sistem de referință absolut pentru descrierea spațiu-timp. Caracterul nesatisfăcător, din perspectivă filozofică, al acestei idei a fost puternic subliniat de eșecul tuturor încercărilor de a demonstra mișcarea Pământului în raport cu acest ipotetic eter universal, iar situația nu s-a îmbunătățit prin recunoașterea faptului că eșecul tuturor acestor încercări era în perfect acord cu teoria electromagnetică. Einstein a fost acela care a descoperit limitările impuse de viteza finită de propagare a tuturor forțelor, inclusiv a celor radiative, asupra posibilităților de observare, și deci asupra folosirii noțiunilor spațio-temporale, ceea ce ne-a condus pentru prima dată la o atitudine lipsită de prejudecăți față de aceste noțiuni, atitudine ce și-a găsit expresia cea mai frapantă în recunoașterea relativității noțiunii de simultaneitate. După cum știm, adoptând această atitudine, Einstein a reușit să obțină noi relații semnificative și în afara domeniului strict de aplicare

a teoriei electromagnetice, iar prin teoria relativității generale, unde efectele gravitaționale nu mai ocupă o poziție aparte în cadrul fenomenelor fizice, el a reușit să se apropie într-o măsură surprinzătoare de unitatea descrierii naturii, ceea ce reprezintă idealul fizicii clasice.

Teoria cuantică își are originea în dezvoltarea concepțiilor atomice care, de-a lungul secolului trecut, au oferit un câmp de aplicații fertil pentru teoriile mecanicii și electromagnetismului. La începutul secolului XX însă, aplicarea acestor teorii la problemele atomice a scos la iveală o limitare neobservată până atunci, care și-a găsit expresia în descoperirea de către Planck a așa-numitei cuante de acțiune*, care aduce în procesele atomice individuale un element de discontinuitate străin principiilor fundamentale ale fizicii clasice, conform cărora toate acțiunile pot varia în mod continuu. Cuanta de acțiune a devenit în măsură tot mai mare indispensabilă în ordonarea cunoașterii experimentale privind proprietățile atomilor. În același timp însă, am

* Acțiunea este o mărime ce depinde de evoluția unui sistem fizic, dimensiunea ei fiind produsul dintre dimensiunea energiei și cea a timpului. Cuanta de acțiune, la care se referă Bohr, este constanta lui Planck, notată cu h , a cărei valoare este $6,63 \times 10^{-34}$ jouli \times secundă. Valorile pe care le poate lua acțiunea nu pot fi decât multipli întregi ale acestei cuante, prin urmare acțiunea nu poate varia continuu – ceea ce Bohr numește „indivizibilitatea cuantei de acțiune“. Datorită valorii extrem de mici a constantei lui Planck, la scară macroscopică nu se observă discontinuitatea valorilor pe care le ia acțiunea. La scară atomică însă, efectele constantei lui Planck sunt cruciale. (*N. ed.*)

fost pas cu pas obligaţi să depăşim descrierea cauzală a comportamentului atomilor individuali în spaţiu şi timp, şi să luăm în considerare faptul că natura alege liber între diferite posibilităţi, cărora nu li se pot aplica decât consideraţii probabilistice. Încercările de a formula legi generale pentru aceste posibilităţi şi probabilităţi, printr-o limitare adecvată a conceptelor din teoriile clasice, au condus recent, după o serie de etape de dezvoltare, la crearea unei mecanici cuantice raţionale, cu ajutorul căreia putem descrie o gamă foarte largă de experienţe şi care poate fi privită din toate punctele de vedere ca o generalizare a teoriilor fizicii clasice. Mai mult, am ajuns treptat la o înţelegere completă a legăturii intime dintre renunţarea la cauzalitate în descrierea cuantică şi limitarea în privinţa posibilităţii de a distinge între fenomene şi observarea lor, determinată de indivizibilitatea cuantei de acţiune. Recunoaşterea acestei situaţii implică o modificare esenţială în atitudinea noastră faţă de principiul cauzalităţii şi faţă de noţiunea de observaţie.

În ciuda numeroaselor diferenţe, există o profundă asemănare de ordin intern între problemele cu care ne confruntă teoria relativităţii şi cele întâlnite în teoria cuantică. În ambele cazuri avem de-a face cu legi fizice aflate în afara domeniului experienţei noastre cotidiene şi care pun probleme formelor noastre obișnuite de percepţie. Astfel, descoperim că aceste forme de percepţie sunt *idealizări* a căror adecvare la procesul de ordonare a impresiilor noastre senzoriale

Cuprins

<i>[Prefața lui Niels Bohr la prima ediție]</i>	5
<i>Prefața la ediția din 1961</i>	7
Studiu introductiv	9
I. Teoria atomică și mecanica	35
II. Postulatul cuantic și dezvoltarea recentă a teoriei atomice	70
III. Cuanta de acțiune și descrierea naturii	116
IV. Teoria atomică și principiile care stau la baza descrierii naturii	128