

PARTEA ȘI ÎNTREGUL

Werner Karl Heisenberg s-a născut la Würzburg (Germania) în 1901. Tatăl său, August Heisenberg, era profesor de studii bizantine la universitatea din oraș. A studiat fizica la Göttingen, avându-l ca profesor pe Arnold Sommerfeld, iar întâlnirea cu Niels Bohr din 1922 avea să-i marcheze întreaga carieră științifică. În 1925 a creat mecanica matricială — o primă variantă a noii teorii cuantice. În 1927 a descoperit principiul de nedeterminare care îi poartă numele și care afirmă că există perechi de cantități (de pildă, poziția și impulsul unei particule) ce nu pot fi cunoscute simultan cu precizie arbitrar de mare. În cadrul școlii de la Copenhaga, alături de Bohr, a elaborat o interpretare a mecanicii cuantice devenită, în timp, cea mai cunoscută. Pentru contribuțiile sale la teoria cuantică a primit în 1932 Premiul Nobel. În anii '20 și '30 a colaborat cu Wolfgang Pauli și Paul Dirac la o primă variantă a electrodinamicii cuantice. La scurt timp după descoperirea experimentală a neutronului (1932), a propus modelul neutron-proton al nucleului atomic. Participarea sa, în timpul războiului, la programul nuclear nazist, în ciuda unor mărturii care atestă că Heisenberg l-a orientat către scopuri pașnice, a constituit obiectul unor controverse aprinse. După război, Werner Heisenberg a participat la renașterea intelectuală a Germaniei. A murit în 1976 la München.

WERNER HEISENBERG

PARTEA ȘI ÎNTREGUL

Discuții în jurul fizicii atomice

Traducere din germană de
MARIA ȚIȚEICA

Postfață de
MIRCEA FLONTA

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Soției mele

CUVÂNT ÎNAINTE

În ce privește, acum, cuvântările ce [...] au fost rostite, mie, deși am fost de față, mi-a fost cu neputință să rețin întocmai cele spuse. De aceea, l-am lăsat pe fiecare dintre vorbitori să se exprime în felul în care, potrivit presupunerii mele, ar fi fost cel mai potrivit în împrejurările date, urmând cât mai fidel mersul ideilor în cele ce s-au rostit cu adevărat.

Tucidide

Știința e făcută de oameni. Acest fapt evident în sine ajunge lesne să fie dat uitării și, readucându-l în memorie, ar putea contribui la micșorarea prăpastiei deseori invocate dintre cele două culturi, cea umanist-artistică și cea tehnico-științifică. Cartea de față prezintă dezvoltarea fizicii atomice în ultimii cincizeci de ani, așa cum a trăit-o autorul. Științele naturii se bazează pe experimente și își obțin rezultatele din discuțiile celor activi în domeniu, care dezbat împreună interpretarea experimentelor. Asemenea convorbiri formează principalul conținut al cărții. Prin ele trebuie să devină limpede că știința ia naștere în cursul discuțiilor dintre cei implicați. Dar este de la sine înțeles că, după mai multe decenii, convorbirile nu pot fi redată cuvânt cu cuvânt. Numai pasajele din scrisori, acolo unde sunt citate, sunt redată textual. În această carte nu e vorba propriu-zis nici de amintiri. De aceea autorul și-a permis deseori să rezume, să concentreze și să renunțe la exactitatea istorică; imaginea va fi astfel corectă doar în trăsăturile ei esențiale. De altfel, fizica atomică nu joacă întotdeauna rolul principal în aceste convorbiri. Deseori este vorba mai degrabă despre probleme umane, filozofice sau politice, iar autorul speră ca astfel să devină limpede cât de greu poate fi separată știința de aceste probleme mai cuprinzătoare.

Multe dintre persoanele implicate apar în text doar cu prenumele, fie pentru că ulterior nu s-au mai manifestat în viața publică, fie pentru că prin folosirea prenumelui

este redată mai bine relația lor cu autorul. De asemenea, în acest mod poate fi mai ușor evitată impresia că e vorba de o redare istorică fidelă, în toate amănunțele, a felurilor întâmplări. Tot din acest motiv s-a renunțat la creionarea unui portret mai precis al acestor personalități; într-o anumită măsură, ele pot fi recunoscute numai după felul lor de a vorbi. S-a acordat totuși o mare importanță redării corecte și vii a atmosferei în care au avut loc aceste convorbiri. Căci tocmai astfel, prin redarea atmosferei, devine limpede procesul creației științifice și tot datorită ei poate fi înțeles cel mai bine felul în care activitatea comună a unor oameni foarte diferiți poate conduce în cele din urmă la rezultate științifice de mare anvergură. Intenția autorului a fost să prezinte și celor nefamiliarizați cu fizica atomică modernă o impresie asupra curentelor de gândire care au însoțit istoria întemeierii acestei științe. Trebuie să ținem însă cont de faptul că în fundalul convorbirilor redată se află relații matematice foarte abstracte și dificile ce nu pot fi înțelese fără un studiu aprofundat.

În fine, autorul a mai urmărit prin redarea convorbirilor și un alt scop. Fizica atomică modernă a repus în discuție probleme filozofice, etice și politice fundamentale, iar la această discuție ar trebui să participe un cerc cât mai larg de oameni. Cartea de față ar putea contribui și ea la punerea bazelor unei asemenea discuții.

1
PRIMA ÎNTÂLNIRE
CU TEORIA ATOMICĂ
(1919–1920)

Să fi fost în primăvara anului 1920. Deznodământul Primului Război Mondial adusese cu sine neliniște printre tinerii din țara noastră și îi pusese în mișcare. Frâiele scăpaseră din mâinile generației mai vârstnice, care era profund dezamăgită, iar tinerii se strângeau în grupuri, în comunități mai mici sau mai mari, pentru a-și găsi un drum al lor, nou, sau cel puțin o nouă busolă după care să se poată orienta, întrucât cea veche părea zdrobită. Iată-mă așadar într-o zi luminoasă de primăvară, la drum cu zece sau poate douăzeci de camarazi, cei mai mulți dintre ei mai tineri decât mine, și, dacă-mi amintesc bine, plimbarea ne purta prin zona deluroasă a țărmului de vest al lacului Starnberg, ce se zărea jos în stânga noastră, oferit privirilor noastre de câte o breșă în verdele luminos al fagilor, și părea că se întinde până la munții care se zăreau în depărtare. În mod ciudat, în acea drumeție s-a înfiripat prima convorbire despre lumea atomilor, care a însemnat atât de mult pentru dezvoltarea mea științifică ulterioară. Spre a lămuri cum era posibil să aibă loc asemenea discuții într-un grup de tineri veseli și lipsiți de griji, atât de receptivi la frumusețea naturii înflorite, trebuie poate reamintit că ocrotirea pe care școala și familia o oferea tinerilor pe timp de pace se pierduse în mare măsură prin tulburările anilor de după război, iar în rândul tinerilor se născuse, ținându-i într-un fel locul, o independență a opiniilor, o încredere în judecățile proprii, chiar și în domenii în care de fapt le lipsea priceperea.

La câțiva pași în fața mea mergea un băiat înalt și blond, ai cărui părinți mă rugaseră cândva să-i dau o mână de ajutor la teme școlare. Cu numai un an înainte, în vârstă de cincisprezece ani, participase la lupte de stradă, cărând lăzi cu muniție, în timp ce tatăl lui, în poziție de tragere în spatele fântânii Wittelsbach, lupta pentru Republica Sovietică München. Alții, printre care și eu, munciseră până cu doar doi ani în urmă ca argați în Bavaria Superioară. Astfel, vântul aspru al vieții nu ne mai era străin și nu ne era frică să ne formulăm propriile noastre gânduri chiar și despre cele mai dificile probleme.

Prilejul cu care s-a născut acea convorbire era faptul că mă pregăteam pentru examenul de bacalaureat, care avea loc în aceeași vară, și că discutam cu plăcere despre teme din științele naturii cu prietenul meu Kurt, care avea și el preocupări asemănătoare, dorind să devină inginer. Kurt provenea dintr-o familie protestantă de ofițeri, era un bun sportiv și prieten de nădejde. Cu un an în urmă, când orașul München era înconjurat de trupele guvernamentale, iar în familiile noastre se împărțise de mult ultima bucată de pâine, am întreprins odată, împreună cu fratele meu și cu el, un drum prin liniile de luptă, până la Garching, întorcându-ne acasă cu un rucsac plin cu de-ale gurii, pâine, unt și slănină. Asemenea întâmplări trăite împreună creează o bază solidă pentru o încredere necondiționată și o tonică înțelegere. Acum însă era vorba despre preocuparea comună legată de științele naturii. I-am povestit lui Kurt că în manualul de fizică găsisem un desen care mi s-a părut complet lipsit de sens. Era prezentat acel proces de bază al chimiei, în care două elemente de sine stătătoare se leagă printr-o legătură chimică într-o nouă entitate, de asemenea de sine stătătoare. De exemplu, din carbon și oxigen se poate forma dioxid de carbon. Manualul ne învăța că legăturile ce pot fi observate în legătură cu astfel de procese pot fi cel mai bine explicate dacă se presupune că cele mai mici părți ale unui element — atomii — și ale celuilalt element se leagă în mici grupuri

de atomi, așa-numitele molecule. Astfel, molecula de dioxid de carbon ar consta dintr-un atom de carbon și doi atomi de oxigen. Spre ilustrare, în manual erau reprezentate grafic asemenea grupuri de atomi. Pentru a explica în continuare de ce tocmai un atom de carbon și doi atomi de oxigen formează o moleculă de dioxid de carbon, desenatorul reprezentase atomii cu cârlige și ochiuri, prin care se agățau unii de alții în moleculă. Lucrul îmi apărea complet lipsit de sens, căci cârligele și ochiurile sunt, așa cum mi se părea, formațiuni destul de arbitrare, cărora le putem da cele mai diferite forme, adaptate scopului tehnic urmărit. Atomii însă ar trebui să fie un rezultat al legilor naturii și să se lege în molecule datorită legilor naturii. Nu poate exista, credeam eu, nici un fel de arbitrar, deci nici forme atât de arbitrare cum sunt cârligele și ochiurile.

Kurt răspunse: „Dacă nu vrei să crezi în cârlige și ochiuri — și, de altfel, și mie mi se par cam suspecte —, atunci trebuie să știi, înainte de toate, ce experiențe l-au determinat pe desenator să le folosească în schița lui. Căci astăzi științele naturii pornesc de la experiențe și nu de la cine știe ce speculații filozofice, iar experiența trebuie acceptată, dacă a fost demnă de încredere, adică suficient de îngrijit efectuată. După câte știu, chimiștii au stabilit întâi că părțile componente elementare într-o legătură chimică se găsesc întotdeauna în anumite proporții bine definite. Asta e destul de ciudat. Căci chiar dacă crezi în existența atomilor, adică a părților celor mai mici caracteristice pentru un element chimic, forțele din natură, așa cum le cunoaștem, nu ar fi suficiente pentru a explica de ce un atom de carbon atrage întotdeauna numai doi atomi de oxigen și se poate lega cu ei. Dacă există o forță de atracție între cele două tipuri de atomi, atunci de ce nu pot fi legați uneori și trei atomi de oxigen?”

„Poate că atomii de carbon sau cei de oxigen au o asemenea formă încât o legare a trei atomi devine imposibilă chiar din motive de așezare spațială.”

„Dacă presupui acest lucru — și nu sună neplauzibil — atunci aproape că te întorci la cârligele și ochiurile din manual. Probabil că desenatorul a vrut să exprime chiar ce ai spus tu, fiindcă el nu poate cunoaște forma exactă a atomilor. A desenat cârlige și ochiuri pentru a arăta cât se poate de pregnant că există forme care duc la legarea a doi, dar nu a trei atomi de oxigen cu atomul de carbon.“

„Bine, deci cârligele și ochiurile sunt absurde. Tu spui însă că atomii au, pe baza legilor naturii care sunt responsabile și pentru existența lor, o formă anume, căreia i se datorează legăturile corecte. Însă noi doi nu cunoaștem până una alta această formă și, în mod evident, nici desenatorul figurii n-o cunoaște. Singurul lucru pe care credem că-l știm despre această formă este că ea trebuie să aibă grijă ca un atom de carbon să se poată lega de doi, dar nu de trei atomi de oxigen. În manual se spune că în acest scop chimiștii au inventat noțiunea de «valență chimică». Dar ar trebui întâi să stabilim dacă e numai un cuvânt sau deja o noțiune utilă.“

„Probabil că e totuși mai mult decât un simplu cuvânt, fiindcă cele patru valențe atribuite atomului de carbon — și din care fiecare pereche saturează cele două valențe ale fiecărui atom de oxigen — au de-a face cu forma tetraedrică a acestui atom. E nevoie de o cunoaștere empirică ceva mai precisă despre aceste forme decât aceea care ne e deocamdată accesibilă.“

În acest moment interveni în discuție Robert, care până acum mersese tăcut lângă noi, însă evident ascultase ce vorbiserăm. Robert avea o față îngustă dar puternică, încadrată de păr foarte întunecat și des, și care, la prima impresie, părea ușor închisă. Numai rareori lua parte la pălăvrăgeala superficială care de obicei întovărășea asemenea plimbări; dar seara în cort, când se citea cu glas tare, sau înainte de mese, când se recita câte o poezie, lui ne adresam noi toți, fiindcă nici unul nu se pricepea mai bine la literatura germană, ba chiar și la textele filozofice. Când recita poezii, totul se petrecea fără patos, fără vreun

lux oratoric, și totuși conținutul poeziei îl atingea până și pe cel mai prozaic dintre noi. Felul cum vorbea, liniștea concentrată cu care se exprima, ne obligau la atenție, iar cuvintele lui aveau parcă mai multă greutate decât ale celorlalți. De asemenea, noi toți știam că timpul liber și-l ocupa cu lecturi filozofice. Robert era nemulțumit de discuția noastră.

„Voi, credincioși ai științelor naturii“, spuse el, „apelați întotdeauna atât de ușor la experiență și credeți că astfel țineți cu siguranță adevărul în mână. Dar dacă ne gândim la ceea ce se întâmplă în mod real în experiență, modul vostru de a privi lucrurile mi se pare foarte vulnerabil. Ce spuneți vine totuși din gândurile voastre, numai la ele aveți acces direct; dar gândurile nu sunt lucruri. Noi nu putem percepe lucrurile în mod direct, ci trebuie întâi să le transformăm în reprezentări, iar în cele din urmă să formăm din ele noțiuni. Ceea ce năvălește spre noi din exterior prin percepția senzorială este un amestec destul de dezordonat de impresii foarte diferite, care nu au direct formele și calitățile pe care le percepem apoi. De pildă, când privim un pătrat pe o foaie de hârtie, nici pe retina ochiului nostru, nici în celulele nervoase ale creierului nu va exista ceva în formă de pătrat. Mai degrabă noi trebuie să ordonăm inconștient percepțiile senzoriale printr-o reprezentare și, într-un anume sens, să transformăm totalitatea lor într-o imagine coerentă, «cu sens». Doar odată cu această transformare, cu această ordonare de impresii disparate, «percepem» ceva, ajungem la ceva inteligibil. De aceea ar trebui întâi examinat de unde vin imaginile pentru reprezentările noastre, cum le prindem în noțiuni și în ce relație se află ele cu lucrurile, înainte de a putea face judecăți atât de sigure despre experiențe. Căci reprezentările sunt evident anterioare experienței, ele sunt premisa experienței.“

„Dar reprezentările, pe care tu vrei să le separi atât de net de obiectul percepțiilor, nu provin ele însele din experiență? Poate că nu atât de direct pe cât am vrea să

credem cu naivitate, ci indirect, bunăoară prin repetări acumulate ale unor grupuri asemănătoare de impresii senzoriale sau prin relațiile dintre percepțiile diferitelor simțuri.”

„Asta nu mi se pare deloc sigur, nici măcar nu mi se pare prea clar. Deunăzi am studiat niște texte ale filozofului Malebranche și m-a frapat un pasaj în care e vorba tocmai despre această problemă. Malebranche diferențiază, în linii mari, trei moduri de formare a reprezentărilor. Unul este cel pe care tocmai l-ai pomenit: obiectele creează în mod direct, prin percepția senzorială, reprezentările în sufletul omenesc. Malebranche respinge acest mod de a privi lucrurile, deoarece impresiile senzoriale sunt calitativ diferite atât de lucruri, cât și de reprezentările cu care sunt asociate. Al doilea: sufletul omenesc posedă de la bun început reprezentările sau cel puțin are capacitatea să formeze el însuși aceste reprezentări. În cazul acesta, percepțiile senzoriale vor reactiva doar reprezentările deja existente sau vor stimula formarea acestora. Al treilea mod — și pentru acesta se decide Malebranche: sufletul omenesc participă la rațiunea divină. El este legat de Dumnezeu și de aceea de la Dumnezeu îi vin atât imaginația, cât și imaginile și ideile cu care poate ordona și organiza în noțiuni impresiile senzoriale.”

Acum era rândul lui Kurt să fie nemulțumit: „Voi, filozofii, sunteți imediat mână în mână cu teologia. Și când lucrurile devin problematice, îl lăsați să apară pe Marele Necunoscut, care pasămite rezolvă toate problemele de la sine. Dar pe mine asta nu mă mulțumește. Dacă tot ai ridicat această problemă, vreau să știu cum a ajuns sufletul omenesc la reprezentările amintite; și anume, în lumea asta, nu în cea de apoi. Căci sufletul și reprezentările există totuși în această lume. Dacă nu vrei să recunoști că reprezentările provin pur și simplu din experiență, atunci trebuie să explici cum pot fi ele date de la bun început sufletului omenesc. Să fie oare ele, sau cel puțin capacitatea de a crea reprezentări — prin care chiar și copiii cunosc lumea —, înnăscute? Dacă asta pretinzi,

atunci este destul de plauzibilă ideea că reprezentările se întemeiază pe experiența generațiilor anterioare, iar pentru mine nu e atât de important dacă e vorba de experiența noastră actuală sau de cea a generațiilor trecute.”

„Nu”, replică Robert, „nu asta voiam să spun. Căci pe de o parte este extrem de îndoielnic dacă cele învățate, adică rezultatul experienței, chiar se pot moșteni. Pe de altă parte, ceea ce are în vedere Malebranche se poate exprima și fără teologie, iar atunci se potrivește în științele voastre ale naturii de astăzi. Am să încerc. Malebranche ar putea bunăoară spune: aceleași tendințe ordonatoare care sunt responsabile pentru ordinea vizibilă a lumii, pentru legile naturii, pentru apariția elementelor chimice și a proprietăților lor, pentru formarea cristalelor, nașterea vieții și tot restul, sunt active și în formarea sufletului omenesc și în interiorul lui. Ele permit reprezentărilor să corespundă lucrurilor și duc la posibilitatea structurării noțiunilor. Ele sunt responsabile pentru acele structuri existente cu adevărat, care par să se despartă în ceva obiectiv — lucrul — și ceva subiectiv — reprezentarea — doar atunci când le privim din punctul nostru omenesc de vedere, când ele sunt fixate în gânduri. Această teză a lui Malebranche are în comun cu concepția voastră asupra științelor naturii, conform căreia orice reprezentare se întemeiază pe experiență, faptul că această capacitate de a forma reprezentări putea lua naștere în istoria evoluției prin relația organismelor cu lumea exterioară. Malebranche insistă însă în același timp asupra faptului că e vorba de conexiuni care nu pot fi explicate pur și simplu printr-un lanț de evenimente elementare ce se desfășoară cauzal. Deci că, în acest caz — de pildă la formarea cristalelor sau a ființelor vii —, structurile superioare ce apar au caracteristici morfologice care nu pot fi suficient de bine descrise de perechea de noțiuni «cauză și efect». Întrebarea dacă experiența a fost sau nu înaintea reprezentării nu este deci mai rațională decât vechea și bine cunoscuta întrebare dacă găina a fost înaintea oului sau invers.

CUPRINS

| | |
|---|-----|
| <i>Cuvânt înainte</i> | 7 |
| 1. Prima întâlnire cu teoria atomică (1919–1920) | 9 |
| 2. Hotărârea de a studia fizica (1920) | 27 |
| 3. Conceptul de „înțelegere” în fizica modernă (1920–1922) | 43 |
| 4. Învățăminte despre politică și istorie (1922–1924) | 63 |
| 5. Mecanica cuantică și o discuție cu Einstein (1925–1926) | 81 |
| 6. Plecarea către lumea nouă (1926–1927) | 97 |
| 7. Prime discuții despre relația științelor naturii cu religia (1927) | 112 |
| 8. Fizica atomică și gândirea pragmatică (1929) | 126 |
| 9. Discuții despre relația dintre biologie, fizică și chimie (1930–1932) | 139 |
| 10. Mecanică cuantică și filozofie kantiană (1930–1932) | 157 |
| 11. Discuții despre limbaj (1933) | 168 |
| 12. Revoluție și viață universitară (1933) | 188 |
| 13. Discuții despre posibilitățile tehnicii atomice și despre particulele elementare (1935–1937) | 206 |
| 14. Acțiunea individuală în miezul catastrofei politice (1937–1941) | 219 |
| 15. Drumul către noul început (1941–1945) | 237 |

| | |
|---|-----|
| 16. Despre responsabilitatea cercetătorului (1945–1950) | 254 |
| 17. Pozitivism, metafizică și religie (1952) | 271 |
| 18. Dezbateri în politică și știință (1956–1957) | 287 |
| 19. Teoria unitară a câmpului (1957–1958) | 302 |
| 20. Particule elementare și filozofie platoniciană (1961–1965) | 310 |
| <i>Apologia lui Heisenberg</i> | |
| Postfață de Mircea Flonta | 323 |