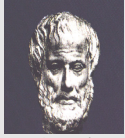
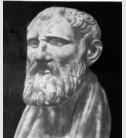






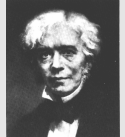

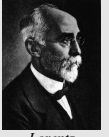








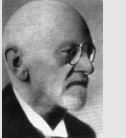




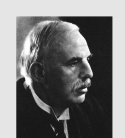

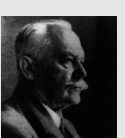





| | | | | | | |
|--|---|--|--|---|----------|---|
|  <i>Aristotel</i> |  <i>Zenon</i> |  <i>Cusanus</i> |  <i>Haüy</i> |  <i>Avogadro</i> | F |  <i>Thomson, 1902</i> |
|  <i>Poisson</i> |  <i>Boltzmann</i> |  <i>Faraday</i> |  <i>Maxwell</i> |  <i>Lorentz</i> | I |  <i>Rutherford, 1911</i> |
|  <i>Kirkhoff</i> |  <i>J.J.Thomson</i> |  <i>Roentgen</i> |  <i>Perrin</i> |  <i>Hulubei</i> | Z |  <i>Bohr, 1913</i> |
|  <i>Einstein</i> |  <i>Hilbert</i> |  <i>Millikan</i> |  <i>Compton</i> |  <i>Debye</i> | I |  <i>De Broglie, 1923</i> |
| A | T | O | M | I | C | Ă |
|  <i>Rutherford</i> |  <i>Schrodinger</i> |  <i>Sommerfeld</i> |  <i>de Broglie</i> |  <i>Heisenberg</i> | Ă |  <i>Born, 1927</i> |

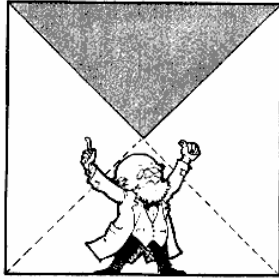
Mircea V. RUSU

UNIVERSITATEA BUCUREȘTI 1997

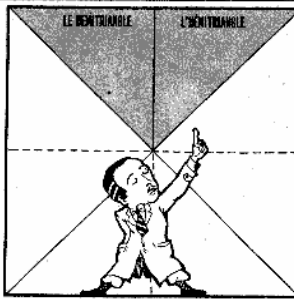
Scurtă istorie



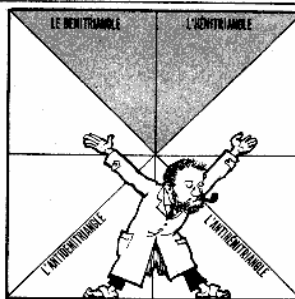
Aux temps préhistoriques, l'homme ignore totalement la nature réelle de l'univers carré qu'il habite.



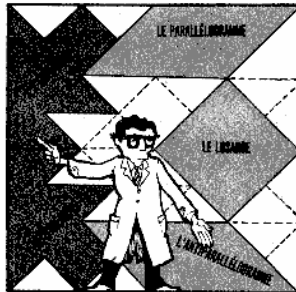
En 1900, les physiciens découvrent une division élémentaire de l'univers, le triangle, qu'ils tiennent pour le bloc fondamental de l'édifice.



1930 : les théoriciens découvrent la coupure du triangle en hémitriangle et demitriangle. Ils pensent avoir là les blocs fondamentaux dont est construit l'univers.



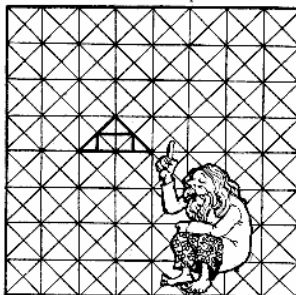
1950 : on trouve les images-miroir de l'hémitriangle et du demitriangle. Symétriques et donc inversés, ils reçoivent les noms d'antihémitriangle et antidemitriangle.



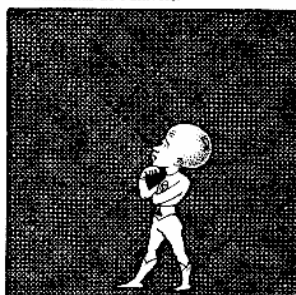
1960 : la conception astronomique de l'univers est obscurcie par de nouveaux éléments : le losange, l'ennéagone, l'antiparalélogramme et bien d'autres. La signification de ces découvertes est peu claire.



1970 : les théoriciens prévoient l'existence de l'hémidemisemitriangle, à partir duquel on peut construire toutes les configurations. Dans cette hypothèse, il s'agit là du bloc fondamental de l'univers.



1975 : la théorie était juste : l'hémidemisemitriangle est découvert. L'année suivante les physiciens trouvent qu'il peut être fendu.



2000 : les habitants du carré ignorent totalement la nature réelle de l'univers qu'ils habitent.

În timpurile preistorice: omul ignora complet natura reală a universului (pătrat) în care trăia.

În 1900: fizicienii descoperă că universul poate fi divizat în părți elementare de formă triunghiulară, denumite *triunghiuri*, pe care le consideră blocurile fundamentale (elementare) din care este construit întregul univers.

1930: teoreticienii au descoperit posibilitatea de a tăia triunghiul în două părți: *demitriunghiul* și *hemitriunghiul*. Ei considerau că acestea sunt blocurile fundamentale din care este construit universul.

1950: ei au descoperit existența imaginii în oglindă a *demitriunghiului* și a *hemitriunghiului*. Acestea erau simetrice dar inverse (antisimetrice) și au fost denumite *antidemitriunghi* și respectiv *antihemitriunghi*.

1960: concepțiile despre cosmos și univers au fost perturbate de descoperirea unor elemente noi cum ar fi: *rombul*, *eneagonul*, *antiparalelogramul* și multe altele. Semnificația acestora era neclară.

1970: teoreticienii prevăd existența *hemidemisemitriunghiului*; pe baza lui se pot construi toate configurațiile. În această ipoteză este vorba de blocul fundamental (elementar) al construcției universului.

1975: teoria s-a dovedit corectă: *hemidemisemitriunghiul* a fost descoperit. Anul următor fizicienii au constatat că el poate fi descompus (în părți "mai elementare").

2000: locuitorii acestui univers (pătrat) ignoră complet natura reală a universului în care trăiesc.

PREFAȚĂ

"Această stranie materie"
(Alfred Kastler)

Motto-ul acestei prefețe este chiar titlul unei bine cunoscute cărți scrisă de fizicianul Alfred Kastler¹, laureat al premiului Nobel pentru fizică (1966), și care scoate în evidență că pășind în domeniul submicroscopic, molecular - atomic, intrăm într-un "teritoriu" în care surprizele pot să apară la tot pasul. Surprizele se referă la faptul că fenomenele și legile pe care le vom găsi în acest domeniu vor fi uneori foarte diferite de cele pe care le cunoașem și pe care le studiază fizica clasică, macroscopică.

Originile fizicii, ca și ale tuturor științelor occidentului, se află în prima perioadă a filosofilor greci, secolul al VI-lea î.Ch., într-o cultură în care știința, filosofia și religia nu erau separate. O foarte succintă prezentare istorică care permite o fixare a perioadei discutate este dată mai jos:

| -4000 | ? | ? | ? | -2000 | ? | -1000 | ? | -500 | ? | ?-100 î.Ch. |
|------------|---------|--------------|--------------------------|------------|---|-----------|---|-------------------------------|--------|-------------|
| sumerienii | ? | babilonienii | | egiptenii | ? | | | grecii | | ? |
| | | ? | | piramidele | ? | papyrusul | | ?atomul | | ? |
| | pârghia | | | balanța | | clepsidra | | cele patru elemente: | ???,14 | |
| | troliul | | începuturile astronomiei | | | | | apa, focul, pământul și aerul | | |
| | | | | | | | | <i>Thales 625-545</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Pitagora 580-500</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Parmenide 540-480</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Democrit 460-370</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Platon 427-347</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Eudoxos 408-355</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Aristotel 384-322</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Euclid 365-290</i> | | |
| | | | | | | | | <i>Arhimede 287-212</i> | | |

Atomismul, ca idee filosofică, a apărut în antichitate. El a apărut în planuri diferite ale gândirii grecilor antici și anume:

a) ca o reducere a oricărei geneze sau diviziuni la un tip sau altul de amestec al unei materii indestructibile (Empedocle cca 490-cca 430, Anaxagoras 500-428),

b) toate senzațiile se reduc la contactul cu atomii aflați în mișcare eternă (Aristotel, Democrit),

c) atomismul numerelor, considerand că unitatea nu este un număr ci un fundament indivizibil (un principiu).

Dintr-un punct de vedere destul de general, atomismul grec este o filozofie regresivă, căci trece de la o "ființă" unică (definibilă doar tautologic: *ea este ceea ce este*; Parmenide) la multitudinea de atomi, atomii fiind numeric fără limită. Atomul este însă nenăscut și nepieritor, este perfect omogen și deci, indivizibil. Din punctul de vedere al lui Aristotel, atomii ca elemente ireductibile puteau fi mai mici sau mai mari și deci trebuiau să aibă și greutate. (Pentru a nu intra în detalii, trimitem cititorul la bibliografie²). O extrem de interesantă discuție privind aspectele legate de punctul c), atomismul numerelor, poate fi găsită în I.Toth³.

¹ Kastler, A., (1982) *Această stranie materie*. Ed. Politică, București.

² Lloyd, G. E. R., (1994) *Metode și probleme în știința Greciei antice*, Ed. Tehnică;

Pe de altă, parte există rațiuni suficiente de a înțelege necesitatea existenței atomilor cel puțin pe un plan ideatic. Fără a se putea spune că atomul, în concepția actuală, are o directă filiație cu conceptul antic, considerăm că o analiză mai atentă bazată pe unele exemple este deosebit de interesantă pentru înțelegerea evoluției conceptului modern de atom.

Anticii au intuit prezența unor structuri invizibile cu ochiul liber care asigură indefinit, nealterate, proprietățile specifice ale substanțelor. Ceea ce este uimitor pentru un om modern este însă faptul ca anticii au intuit, introdus și operat cu ajutorul conceptului de *atom* fără ca aparent să aibă vreun motiv plauzibil pentru introducerea conceptului și, de asemenea, nici o dovadă palpabilă a prezenței reale a atomilor și nici mijloace experimentale adecvate de a demonstra existența lor. Cu toate că atomismul zilelor noastre este profund deosebit de cel al antichității, meritul introducerii conceptului este al anticilor. Pe parcursul acestor lecții vom încerca să arătăm că anticii au avut totuși motive puternice pentru a introduce acest concept și chiar au avut motive "experimentale" pe care s-au bazat în acest scop. Considerăm ca oportună discutarea acestei probleme, căci de foarte multe ori, suntem convinși că epoca modernă este generatoarea (principală) a civilizației actuale, ceea ce este destul de inexact. Pentru a avea o perspectivă mai corectă a ceea ce este modern, și a cunoaște mai bine cece datorăm antichității și epocilor anterioare, o astfel de discuție este absolut necesară, chiar dacă ea va fi succintă.

O altă problemă, aparent banală, dar care este în fond deosebit de profundă și de modernă, este întrebarea: oare până unde atomul antichității corespunde ideii moderne de atom? Răspunsul la această întrebare nu este atât de simplu pe cât pare și iată de ce: atomul ca unitate constitutivă a substanțelor este conceput azi mult mai precis și mai complet decât acela imaginat în antichitate. Dar conceptul de atom al antichității se regăsește în știința și cultura contemporană mult mai des decât se pare. Ne putem referi în acest sens la conceptul de "atom" din lingvistică, din limbajele de programare, din informatică, dar el este găsit și în genetică sau în descrierea unor fenomene sociale, uneori sub altă denumire; practic în toate cazurile în care o structură, sau o formațiune își păstrează forma, caracterele sau funcțiile, într-o gamă largă de situații ce implică interacțiuni mai mult sau mai puțin intense vorbim de atomi. Din această cauză atomul "antichității" în chiar sensul lui inițial s-a păstrat până în zilele noastre.

Divizibilitatea materiei, discutată de antici, este astăzi mai mult ca ori când o problemă. Experimente recent efectuate au scos în evidență că ideea divizibilității particulelor fundamentale (respectiv a structurii lor) este mult mai complexă decât părea până nu de mult. Astfel încât revenim la punctul de plecare exprimat prin întrebarea anticilor: "până unde este divizibilă materia?" Ne dăm seama că întrebarea ce datează de mai multe mii de ani și pe care am crezut-o "îngopată" (datorită "cuceririlor științei moderne") nu are nici astăzi un răspuns adecvat.

Cursul de față de fizică atomică de față are ca scop familiarizarea cititorului cu fenomenele cuantice și cu experimentele care stau la baza fizicii moderne.

Din această cauză, ne vom axa pe fundamentarea conceptelor fizicii cuantice moderne pornind de la aspectele experimentale care le-au dat naștere. În același timp, vom căuta să descriem principalele tehnici și metode experimentale utilizate în fizica atomică, tehnici prezente în nenumărate dispozitive și tehnologii din viața noastră de toate zilele.

Omenirea, în preajma secolului al XXI-lea, a acumulat o imensă cantitate de cunoștințe și a dezvoltat o tehnică excepțională, care fără să ni se pară excepțională (deoarece ne-am obișnuit cu ea), ne-a schimbat viața. Aviația modernă, zborul cosmic, televiziunea și telecomunicațiile, calculatoarele și robotica, sistemele de reglare automată și facilitățile casnice s.a.m.d. nu sunt altceva decât aplicații ale unor fenomene fizice care, odată, au reprezentat descoperiri fundamentale și care la momentul respectiv au uimit lumea științifică.

³ Peters, F. E., (1967) *Termenii filosofiei grecești*. Ed. Humanitas;

Vlăduțescu, Gh., (1994) *O enciclopedie a filosofiei grecești*. vol. 1, Ed. Paideia, București.

³ Thot, I. (1969) "*Ahile*" *Paradoxele eleate în fenomenologia spiritului*. Ed. Științifică.

Poate niciodată nu a fost mai adevărată afirmația că viitorul este prezent peste tot fără să ne dăm seama. El se construiește continuu, fiecare din noi fiind implicat mai mult sau mai puțin în această construcție. Și cu toate că este greu de prevăzut, viitorul poate fi construit doar cunoscând bine trecutul și având la baza cultura necesara unei opțiuni clare. Valoarea cunoștințelor acumulate până acum este imensă. Cine vrea să meargă înainte are nevoie de cunoștințe solide privind bazele dezvoltării prezente.

Astfel, intențiile cursului sunt exprimabile prin următoarele puncte:

- a) - să dea o bază istorică și conceptuală evoluției ideii de atom;
- b) - să dea o bază experimentală pentru fundamentarea mecanicii cuantice moderne
- c) - să exploreze aplicațiile fenomenelor atomice, care au luat un avânt extraordinar în zilele noastre, reprezentând o adevărată renaștere a fizicii atomice atât pe plan științific, cât și pe cel aplicativ, tehnic (și domestic).

În acest scop, pe lângă aspecte fundamentale vor fi prezentate și aspecte particulare care creează deschideri. Pe cât a fost posibil, s-au dat grafice și tabele corecte (atât ca scară cât și ca valori) pentru a putea fi utilizate direct în calcule și exerciții.

Este evident că materialul prezentat nu este nici complet și nici extrem de aprofundat din motivele exprimate mai sus. De aceea, orice observații, care ar putea îmbunătăți pe viitor acest curs, sunt bine venite și autorul mulțumeste anticipat tuturor acelor care au avut răbdarea de a-l citi și de a semnala aceste observații.

București
ianuarie 1998

1. INTRODUCERE

Fizica atomică a fost și este baza înțelegerii *structurii materiei*. De la nivel atomic în sus construim agregate de atomi (molecule, corpuri solide și lichide) care se studiază în capitole speciale ca: fizica moleculei și chimie, fizică moleculară și căldură, fizica solidelor și fizica lichidelor. La o scară mai ridicată se studiază agregatele macroscopice ca planetele, stelele și galaxiile. La o scară mai mică decât cea atomică se studiază nucleul și particulele subnucleare, ca și interacțiunile fundamentale dintre ele.

Scara atomică este aceea care (poate istoric) a reprezentat breșa efectuată de inteligența umană pentru înțelegerea structurii materiei.

1.1 Istoric

Fizica atomică modernă își găsește rădăcinile în concepția filozofică atomistă a antichității. Prezența în istoria gândirii umane a atomismului este surprinzătoare deoarece începuturile gândirii științifice au aparținut oamenilor care au avut o intuiție directă, practică și care nu aveau la îndemână o metodologie de cercetare științifică a naturii ca ceea ce pe care o avem noi acum. Gânditorii antichității au încercat să explice și să dea o imagine coerentă fenomenelor direct accesibile simțurilor (și au creat teorii). Deoarece corpurile sunt percepute, în general, ca sisteme continue, postularea atomismului poate fi considerată o speculație genială. Atomismul a fost susținut pe baza unor experimente deosebit de ingenioase și a unor raționamente logice care atestă o capacitate extraordinară de observație și o știință a raționamentului demne de invidiat. Ca atare, nu este deloc inutilă discutarea, pe scurt, a acestor raționamente, din următoarele considerente:

Fizica atomică și cea cuantică, în general, au un caracter aparte, total deosebit de celelalte ramuri tradiționale ale fizicii, prin faptul că operează cu "obiecte" pe care nu le putem sesiza și mânui direct, acestea fiind invizibile și necercetabile direct prin intermediul simțurilor. Ca atare, multe dintre consecințele deduse din datele experimentale sau din teorie pot fi considerate ca speculații, uneori foarte ingenioase, alte ori foarte interesante și solide dar . . . rămân tot speculații. În sensul fizicii tradiționale, fenomenele care nu pot fi direct observate pot fi modelate, fără a avea certitudinea teoriilor construite.

Prin urmare, este necesară o atenție deosebită pentru a nu confunda "realitatea" aspectelor cercetate cu modelul elaborat pentru descrierea lui, de fapt, o situație comună oricărei modelări.

Discuțiile privind ideile atomiste ale anticilor sunt și astăzi în actualitate⁴.

⁴ Sambursky, S., (1959) *The Physics of Stoics* (London); (1961) "Atomism versus continuum theory in ancient Greece", *Scientia* **96**, 376-381.

² Kirk, G. S., (1961) "Sens and common-sense in the development of Greek philosophy", *Journal of Hellenic Studies* **81**, 105-117.

⁴ Popper, K. R., (1963) *Conjecture and Refutation* (London); (1992) *Quantum Theory and the Schism in Physics*, Routledge, London and New York.

Filosofii antichității (unii dintre ei) au ajuns la concluzia discontinuității materiei pornind de la raționamente de divizibilitate.

Întrebarea era următoarea: se poate diviza sau nu la infinit un obiect? Evident că întrebarea se referă la o divizare ipotetică, mentală. La prima vedere, răspunsul este afirmativ. În fond, ce anume ne-ar împiedica să disecăm un obiect în bucăți tot mai mici, mai fine, dacă am avea, în principiu, unealta respectivă? (Lipsa unelei este doar o piedică tehnologică și nicidecum una principială.) La această întrebare unii au răspuns pozitiv, “da, se poate” în lipsa unui argument solid care să demonstreze imposibilitatea procesului de divizare.

Alții, care s-au grupat de-a lungul timpului în școala atomistă, au răspuns negativ: “nu se poate” (realiza la infinit această divizare). Argumentele invocate de aceștia din urmă sunt deosebit de interesante. O descriere destul de completă a argumentelor poate fi găsită în cartea lui Lucrețiu , "Poemul naturii"⁵, din care vom extrage câteva astfel de raționamente:

150 Primul adevăr: *nimic nu se naște din nimic.*

Al doilea adevăr: *nimic nu se întoarce în nimic;*

.....

"Căci din nimic de s-ar face, o speță sau alta ar naște"

160 "Orșice lucru, și-atunci de prisos să mai fie semințe."

"Oamenii s-ar naște din mare, din țarină ar putea să răsără"

"Peștii solzoși, și din cer ar izbucni diferitele păsări."

.....

"Poamele n-ar mai rămâne deloc tot aceleași într-una"

"Ci s-ar schimba; orice pom ne-ar întinde tot felul de roade"

"Însă cum toate pe lume se fac din semințe-anumite"

"Fiece lucru se naște și iese la țărnul luminii,"

"Unde se-ntâmplă să-i fie substanța și primele-i corpuri;"

"Nu poate astfel să vină prin naștere totul din totul ,"

"Căci doar în orice lucru se află-nsușirei hotărâte."

.....

265 Elementele prime ale corpurilor există, deși sunt invizibile.

.....

Procedee de divizare:

.....

298 "Simți, mai departe, atâtea mirosuri ce vin de la lucruri"

.....

"Pânzele-ntinse pe țărnul de care se frânge talazul,"

"Vezi deci, natura lucrează cu corpuri ce văzului scapă,"

"Nu crede totuși că toate sunt înconjurate și pline"

"Doar de materie: vidul de-aseenea se află în lucruri."

.....

"Dacă aceasta n-ar fi, nici un corp n-ar putea să se miște: "

"Căci este însușirea materiei să se opună la treceri."

Existența părților indestructibile ale materiei, atomii:

.....

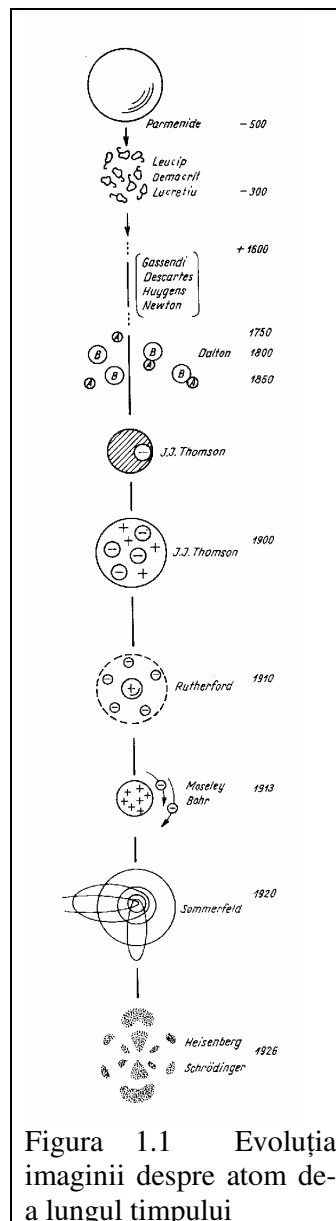


Figura 1.1 Evoluția imaginii despre atom de-a lungul timpului

⁵ Titus Lucretius Carus, "De rerum natura"; "Poemul naturii" traducere D.Murărațu, Ed. Minerva, București, 1981. (Cifrele reprezintă numărul versului din lucrarea citată.)

575 "Sunt așadar elementele pline, puternice, simple,"
 "Și din unirea lor strânsă se poate-nchea o-ntocmire"
 "Care, puternică, ține loviturilor împotrivre."
 "Iar mai departe, chiar dacă n-ar fi un hotar pân-la care "
 "Să se desfacă în părți orice lucru, e totuși nevoie"
 "Ca elementele din el, înfruntând nesfârșitele timpuri,"
 "Chiar și acum să rămână ferite de orice primejdii;"
 "Însă de-ar fi înzestrate cu-o sfărâmicioasă natură"
 "Este de neînțeleș cum rămas-au o veșnică vreme,"
 "Când sunt supuse veac după veac la loviri fără număr."

590 "Și cum nimic nu se schimbă, ba totu-i atât de statornic"
 "Ca felurile păsări din neam în neam toate ne-arată"
 "Cum moștenesc pe-al lor trup anumite specifice pete,"
 "Însăși materia-ntreagă a lor e nevoie să aibă "
 "Corpuri ce-s neschimbătoare: căci dacă atomii ei înșiși"
 "Pot, biruiți, să-și prefacă natura într-un chip oarecare,"
 "Nu am mai ști ce-ar putea să răsară prin nașterea-n viață,"
 "Cât și ce nu: și de asemenea cum e-ngrădită puterea"
 "Oricărui lucru și unde i-i marginea neștrămutată."

600 "Apoi, fiindcă atomul își are o micime din urmă"
 "Fără puțință să fie atinsă și prinsă de simțuri,"
 "Ea negreșit că există lipsită de părți și că este-o"
 "Culme extremă: și n-a fost nicicând ca o singură parte"
 "Neatârnată, cum nici nu va fi de acuma-nainte,"
 "Este doar parte și-atât: ca întâia, în jurul ei strânse,"
 "Vin părțilele asemeni în mare mulțime-ndesată"
 "Ca să-mplinească-mpreună a atomului toată făptura."

Este extraordinar cât de subtil este surprinsă natura, prin fenomenele evocate și prin consecințele deduse din aceste observații.

Dacă atomul este unic și indestructibil, atunci toți atomii de aceeași specie vor fi identici. *Identitatea atomilor (particulelor)*, un concept fundamental al mecanicii cuantice, este astfel recunoscut în întreaga lui valoare. Identitatea atomilor este inclusă și în *indestructibilitatea* lor. Dacă atomul ar putea fi divizat, părțile componente nu ar mai semăna (nu ar fi identice) cu întregul. Dacă în schimb, părțile componente ar semăna (ar fi identice) cu întregul, atunci diversitatea lucrurilor observate ar fi rezultatul diversității de combinații. Experiența de toate zilele ne arată că acest lucru nu poate fi adevărat. Dacă evaporarea apei s-ar face prin descompunere (divizare) la nivel oricât de mic, atunci esența a ceea ce numim noi apă s-ar afla în combinarea acestor părți în care a fost descompusă prin vaporizare. Recompunerea părților (condensarea) se efectuează la întâmplare și deci nu mai avem siguranța ca prin condensare să se obțină tot apă: s-ar putea să se obțină de exemplu lapte sau vin sau un alt lichid (!). Evidența experimentală elimină această variantă. În consecință, pentru grecii antici adepți ai atomismului, singura soluție a problemei divizării fizice este cea a prezenței atomilor indestructibili.

Frumusețea și claritatea acestor argumente ne permite să spunem că atomismul antic, cu toate că a reprezentat, din punctul nostru de vedere, o speculație, are o argumentație logică și experimentală deosebită.

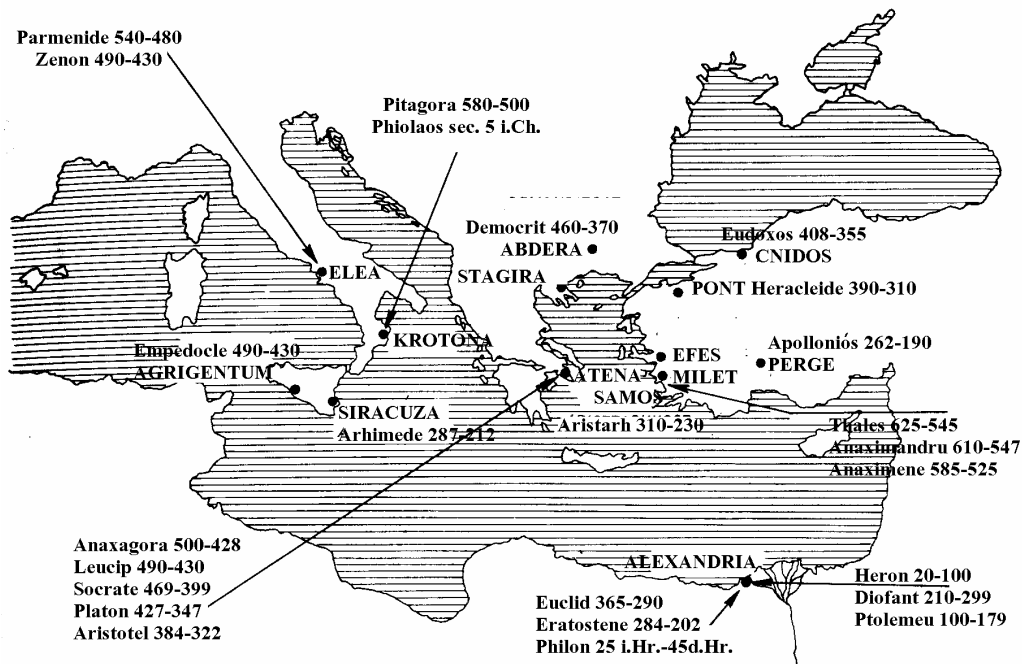


Figura 1.2 Bazinul mediteranean, locul de naștere al științei și culturii occidentale (d:ă imaginiăfizicaămeditera.pcx)

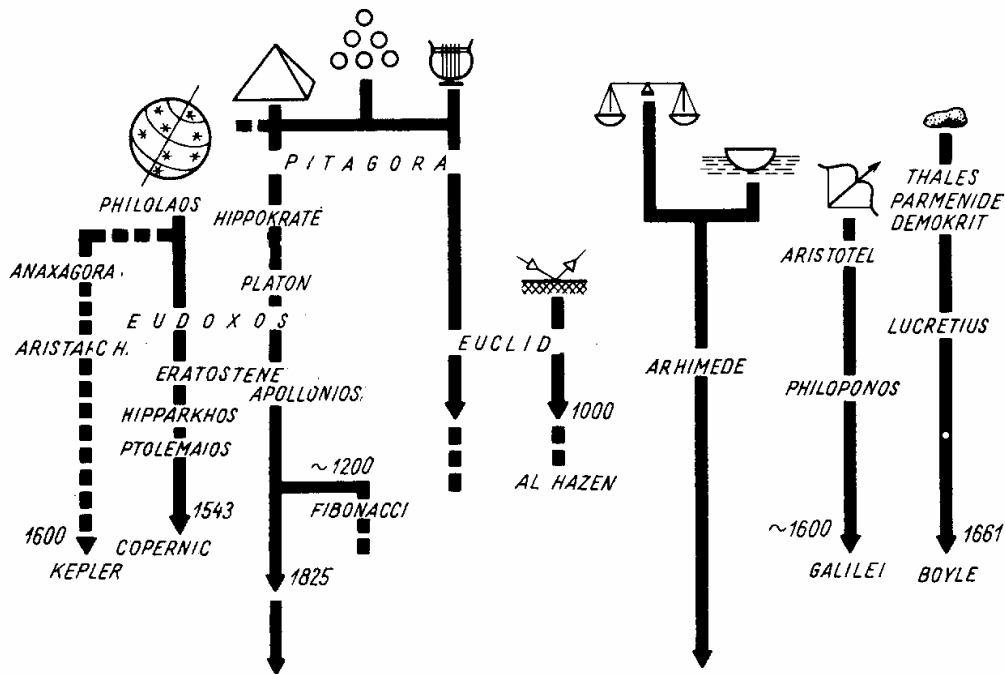


Figura 1.3 Principalele direcții dezvoltate în știință de antichitate

Acceptarea atomismului, ca descriere a structurii materiei, a fost plină de obstacole deoarece pentru o mare perioadă de timp argumentele în favoarea acestui model au fost de natură calitativă (ele au început să fie depășite relativ recent, pe scara istoriei, de către primii chimiști).

Neenumărați filosofi și cercetători ai naturii au optat pentru o imagine corpusculară a structurii materiei. Câțiva dintre aceștia au fost: Roger Bacon (1214-1292), René Descartes (1596-1650), Isaac Newton (1642-1727), Rudjer Boskovići (1711-1787), pentru a-i enumera

doar pe cei mai vestiți. Istoria fizicii ne furnizează o pleiadă de cercetători care au îmbrățișat teoria atomică, fiecare pe argumente mai mult sau mai puțin originale sau fundamentate.

Primele argumentele cantitative privind constituția atomică a materiei au provenit de la *chimiști*, care au studiat combinațiile substanțelor. Ei cunoșteau substanțele simple și pe cele compuse. Ei au descoperit legile de combinare ale acestor substanțe, indicând rapoartele cantitative de combinare a lor.

Teoria modernă a atomilor a început cu John Dalton (1766-1844), Antoine Lavoisier (1743-1794), Luis Gay-Lussac (1778-1850) ș.a.m.d.

În paralel cu lucrările chimiștilor, teoria atomică a fost susținută prin:

a) *teoria cinetico-moleculară*: Daniel Bernoulli (1700-1782), Amedeo Avogadro (1776-1856), Rudolf Clausius (1822-1888), Ludwig Boltzmann (1844-1906), Joseph Loschmidt (1821-1895), James Maxwell (1831-1879)

b) *studiul cristalelor*: Johannes Kepler (1571-1630), Niels Stensen (1638-1686), Jean-Baptiste Rome de l'Isle (1736-1790), Rene-Just Haüy (1743-1822), August Bravais (1811-1863), William Miller (1801-1880), Dawid Brewster (1781-1868), Pierre Curie (1859-1906) ș.a.m.d.

Sfârșitul secolului al XIX-lea a fost însă decisiv din acest punct de vedere. Descoperirea electronului și a celorlalte particule, iar apoi apariția primelor modele atomice au fundamentat atomismul contemporan.

Studii privind clasificarea și periodicitatea proprietăților chimice ale elementelor: J. Döbereiner (1829), S. Cannizzaro (1858), J. Newlands (1865). În 1869 se descoperă legea periodicității și se realizează tabloul periodic al elementelor în forma sa modernă (Dmitri Mendeleev, 1834 - 1907);

Existența atomilor poate fi susținută și prin:

-Fenomenul de *difuzie* a fluidelor impune ipoteza atomică (dizolvare, amestec)

-*Descărcările electrice în gaze* sugerează structura granulară a materiei deoarece și prin descărcări se pot obține particule, a căror masă și viteză se poate determina experimental;

-*Izomeria* și existența *stereoizomerilor* sunt, de asemenea, dovezi puternice în favoarea structurii granulare a materiei;

Încercări de estimare (determinare) a dimensiunii atomilor și moleculelor:

-Newton I.-din măsurători experimentale privind viteza sunetului în aer,

-Cauchy A-L.-din analiza dispersiei luminii în prismă,

-Lord Kelvin-din fenomene de capilaritate și fenomene electrice,

-din difracția radiațiilor X prin metoda lui Bragg.

Încercări de determinare a numărului de molecule care se găsesc într-un volum:

-Smoluchowski,

-Avogadro A. (1811).

Principiului lui Lavoisier "*nimic nu se pierde și nimic nu se câștigă, totul se transformă*" poate fi considerat una dintre primele legi de conservare care se aplică atomilor și moleculelor; în același timp, prezența electronilor (particule de electricitate) în nenumărate fenomene fizice indică, în virtutea aceluiaș principiu general, prezența lor în atom;

O scurtă schiță istorică poate completa această descriere prin punctarea unor momente semnificative:

Leucip, Democrit, Epicur (sec.V î. Ch.)- creatori ai atomismului;
Lucrețiu scrie *De rerum natura* (cele patru elemente: foc, pământ, aer, apă; concepție care a persistat cam 2000 de ani; Figura 1.4)

Boyle R. și Mariotte E.(1662), studii asupra dependenței presiunii gazelor de volumul ocupat;

Newton I. (1666): arată experimental că lumina albă este compusă din componente elementare, culori fundamentale, care nu mai pot fi descompuse la rândul lor; arată că o concepție corpusculară a luminii poate explica, în cadrul mecanicii, propagarea în linie dreaptă a luminii;

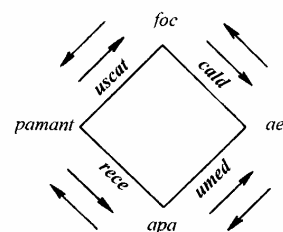


Figura 1.4 Cele patru elemente în corelație

Bernoulli Daniel (1738) atrage atenția că legea lui Boyle și Mariotte, după care presiunea unui gaz variază invers proporțional cu volumul, se poate explica simplu dacă se admite că gazul este format din particule în mișcare rectilinie;

Hauy R. J. (1784) descoperă *legea indicilor raționali* după care parametrii suprafețelor cristaline sunt multipli ai unor unități fundamentale; dă astfel un spijin important ipotezei structurii granulare a substanței;

Proust W. (1801), dă *legea proporțiilor definite*,

Charles; J.A.C., (1802), studii asupra gazelor; descoperă *legea volumelor*

Gay-Lussac L. J. (1808), publică *legea proporțiilor*

Dalton J. (1808), *legea proporțiilor multiple*, lege fundamentală a chimiei, nu poate fi explicată dacă nu se admite existența atomilor; conform acestei ipoteze moleculele diferiților compuși chimici trebuie să conțină un număr întreg de atomi dintr-un element; atomul este cea mai mică cantitate de materie ponderabilă dintr-o substanță determinată, care poate intra în reacție, care se poate combina cu una sau cu mai multe altele, în mod regulat și definit; atomii nu pot fi creați și nici nu pot fi distruși. Încercare de a determina masele relative ale atomilor

Proust W.(1815), emite *ipoteza constituției materiei din hidrogen*, constituent universal al materiei: masele atomice sunt aproximativ multipli ai masei atomice a hidrogenului (pentru el atomii reprezentau agregate mai mult sau mai puțin complicate de atomi de hidrogen);

Avogadro A. (1811) determinări de mase relative și a numărului de molecule;

Brown R. (1827) descoperă că *mișcarea dezordonată a particulelor* de dimensiuni microscopice suspendate într-un lichid este o imagine amplificată a agitației moleculelor dintr-un lichid, fiind o probă palpabilă a existenței moleculelor;

Faraday M. (1833 -1834), propune ipoteza particulelor discrete de electricitate, ipoteză care permite înțelegerea fenomenului de electroliză; introduce noțiunea de *ion* (anion și cation);

(1838) observă luminescența descărcărilor electrice în aer rarefiat

Bravais A. (1842) recunoaște toată importanța acestei legi și sugerează aranjamentul de rețea tridimensională regulată formată din atomi, a unui cristal;

1850 Bravais deduce cele 14 tipuri de rețele punctuale denumite azi *rețele Bravais*;

Geissler H. (1858) inventează pompa de vid cu mercur;

Plücker J. (1858) observă dispariția luminescenței descărcării la presiuni foarte scăzute; descoperă *radiațiile catodice*;

La **Congresul internațional de chimie** de la Kalsruhe (1860), concepția atomo-moleculară se impune definitiv (Cannizarro Stanislao, 1826 - 1910); se stabilește că:

atomii: formează un număr restrâns de specii, fiecare specie corespunzând unui *element chimic*;
molecula: corespunde unei reuniri de atomi;
corp pur: corp constituit din molecule identice;
corp compus sau amestec: corp alcătuit din molecule diferite.

| | |
|----------------------------------|---|
| Hittorf J. W. (1866) | arată că mișcarea ionilor în soluție se face cu viteze diferite, deci că există <i>ioni diferiți</i> ; (1869) așezând obiecte solide în tubul de descărcare a observat umbra acestor obiecte pe pereții tubului de descărcare; devierea radiațiilor catodice în câmp magnetic; |
| Goldstein E. (1871) | observă că radiațiile catodice sunt emise perpendicular față de suprafața unui catod și că proprietățile lor sunt independente de natura catodului; |
| Crookes W. (1879) | construește tubul care îi poartă numele cu scopul de a studia radiațiile catodice; observă umbrele și stabilește proprietățile acestor radiații |
| Stefan J. (1879) | dă <i>legea radiației corpului negru</i> |
| Edison T. A. (1883) | descoperă efectul Edison, adică <i>emisia termoelectronică</i> ; |
| Balmer J. J. (1885) | stabilește <i>formula seriilor spectrale</i> ale hidrogenului; |
| Goldstein E. (1886) | descoperă <i>radiațiile canal</i> ; |
| Arrhenius S. A. (1887) | dă teoria <i>disociației electrolitice</i> ; |
| Hertz H. (1887) | măsoară viteza de propagare a radiațiilor catodice (r.c.); descoperă efectul fotoelectric (ca și Halwach W.-1888) |
| Lenard P. E. A. (1887) | studiază propagarea în aer și la trecerea prin foite metalice a r.c.; |
| Stoney G. J. (1890) | propune denumirea de <i>electron</i> pentru purtătorul de sarcină; |
| Elster J. și Geitel H. F. (1893) | inventează celula fotoelectrică; |
| Röntgen W. C. (1895) | descoperă <i>radiațiile X</i> ; |
| Bequerel A. H. (1896) | descoperă <i>radioactivitatea</i> ; |
| Kaufmann (1897) | măsoară <i>e/m</i> pentru radiațiile catodice; |
| Thomson J. J. (1897-1898) | măsoară <i>e/m</i> , pentru <i>radiațiile catodice</i> ; |
| Braun K. F. (1897) | inventează oscilograful catodic; |
| Elster J. și Geitel H. F. (1899) | dau legea cantitativă a dezintegrării radioactive; |
| Planck M. (1900) | introduce conceptul de <i>cuantă de energie</i> ; |
| Thomson J. J. (1903) | concepe primul model atomic modern: “cozonacul cu stafide”; |
| Einstein A. (1905) | propune <i>teoria relativității restrânse</i> ; (1905) teoria efectului fotoelectric, bazat pe noțiunea de <i>cuantă</i> ; |
| Millikan R. A. (1906) | măsoară sarcina electrică a electronului; |
| Rydberg J. R. și Ritz W. (1908) | formulează <i>principiul de combinație</i> ; |
| Einstein A. (1908) | pune bazele cuantice ale <i>fotochimiei</i> ; |
| Rutherford E. (1909) | identifică particulele alfa cu atomii de heliu dublu ionizați; |
| Rutherford E. (1911) | elaborează <i>modelul planetar al atomului</i> ; |
| Debye P. (1911) | elaborează teoria cuantică a <i>căldurii specifice</i> a solidelor; |
| Laue M. von (1912) | efectuează experimente de difracție a radiațiilor X pe cristale; demonstrează corectitudinea ideii lui Bravais; |

| | |
|---------------------------------|---|
| Bohr N. (1911-1912) | elaborează <i>modelul atomic cuantificat</i> ; |
| Bragg W. (1913) | efectuează experimente de difracție a radiațiilor X pe cristale; |
| Moseley H.G. (1913) | legea dependenței frecvenței radiațiilor X de numărul atomic Z; |
| Franck J. și Hertz G. L.(1913) | realizează experimentul care demonstrează existența <i>nivelelor de energie</i> în atomi; |
| Compton H. A. (1922) | descoperă <i>efectul</i> care îi poartă numele; |
| de Broglie L. (1924) | propune ipoteza undei asociate; <i>dualismul undă-corpusul</i> ; |
| Goudsmit S.,Uhlenbeck G. (1925) | introduc noțiunea de <i>spin</i> ; |
| Heisenberg W. (1925) | realizează <i>mecanica cuantică matricială</i> ; |
| Pauli W. (1925) | stabilește <i>principiul de excluziune</i> ; |
| Schrödinger E. (1926) | stabilește ecuația undelor; <i>mecanica ondulatorie</i> ; |
| Dirac P. A. (1927) | stabilește <i>teoria cuantică a radiației</i> electromagnetice; |
| Heitler W., London F. (1927) | explică cuantic <i>legătura covalentă</i> a moleculei de hidrogen; |
| Dirac P. A. M. (1930) | prevede teoretic existența <i>pozitronului</i> (și în general a antiparticulelor). |

Revenind la aspectele istorice, ne putem întreba dacă, într-adevăr, noțiunea de atom indestructibil al antichității mai are sens în prezent. Într-adevăr, pentru cercetătorii secolului al XX-lea atomii sunt disecabili. Dar, atomul, în sensul general în care antichitatea l-a formulat, rămâne valabil. Mai exact, indestructibilitatea atomilor este corectă la nivel de proprietăți ale substanțelor simple, de la care încolo proprietățile chimice nu se mai păstrează.

Mai mult, "atomul" ca păstrător ultim al proprietăților (caracteristicilor) unui corp, poate să semnifice și ideea de *particulă elementară*, care permite transmiterea "ereditară" (în sens biologic) a proprietăților unui corp. În prezent, orice entitate care în decursul unor procese (până la o limită), rămâne nemodificată, poate fi denumită atom (de exemplu în limbajele de programare). Ideea de atom, în acest sens, a fost lărgită și este prezentă în cadrul unora dintre teoriile fizicii. În funcție de energia pusă la dispoziție într-o interacție, anumite entități (atomi, particule) rămân nemodificate, depășirea unui prag energetic de interacție conduce la alte structuri, în care pot fi găsite alte entități "indestructibile" și procesul se repetă până la atingerea unui alt prag ș.a.m.d. La fel sunt conceptele de cuasiparticulă sau cel de "rezonanță", în fizica solidului, respectiv în fizica particulelor elementare. Din nou, se pune atunci problema limitei inferioare pentru care acest proces poate să fie împuns. Dificultățile devin, din nou, prezente dacă ne referim la cazul particulelor descoperite relativ recent. Dar, despre aceste probleme se discută în fizica particulelor elementare, sensul grupajului de benzi desenate de la începutul cărții fiind această evoluție a problemei de "divizibilitate".

1.2 Atomismul modern. Numărul lui Avogadro

Alchimiștii și ulterior chimiștii au fost conduși prin experimentele lor la o concepție atomistă. În căutarea "pietrei filosofale", a "principiilor prime", a "transmutației" ei au ajuns să cunoască proprietățile substanțelor, efectul focului, a apei și a altor agenți asupra lor. În acest fel, au aflat că substanțele pot fi descompuse sau pot fi combinate și au introdus noțiunile de *substanță simplă (element)* și *substanță compusă* și *amestec* de substanțe. Primele două enumerate se consideră a fi *substanțe pure*. Nici un procedeu fizic sau chimic nu permite descompunerea substanțelor simple, a elementelor, care au fost catalogate ca specii chimice bine definite. Astfel a început epoca modernă a descoperirii elementelor chimice (A. L. Lavoisier, H. Cavendish, J. Priestley, J. J. Berzelius etc).

Cercetarea cantitativă a diferitelor substanțe a fost făcută cu ajutorul unui aparat matematic extrem de simplu, dar eficient, pus la punct încă din antichitate, : *raportul*. S-a constatat că descompunerea substanțelor compuse în substanțe simple se realizează astfel încât proporțiile componentelor se păstrează, indiferent de modul în care s-a efectuat această descompunere; descompunerea se dovedește a fi univocă. De exemplu, se arată experimental că 100 părți (în greutate) de clorură de amoniu se descompun în 26,1 părți azot, 7,5 părți hidrogen și 66,4 părți clor. Un alt exemplu este cel al carbonului care ars în oxigen ne va da un corp pur (dioxidul de carbon) în proporție de 3 grame de carbon pentru 8 grame de oxigen ș.a.m.d. Concluzia poate fi exprimată astfel: *proporția în care se combină două substanțe simple nu poate varia în mod continuu*.

J. Dalton a observat existența unor serii de proporții la unele combinații chimice. Legea proporțiilor multiple exprimă acest fapt: *dacă două corpuri simple se combină în proporții diferite atunci rapoartele (maselor) acestora sunt, în general, în același raport ca două numere întregi simple*.

Ipoteza atomică a lui Dalton se bazează pe aceste observații. Calculele se fac astfel ușor dacă alegem ca unitate de masă (prin convenție), masa unui tip de substanță simplă oarecare, de exemplu, oxigenul. Pe aceste baze s-au putut inventa și formulele chimice pe care noi le utilizăm astăzi.

Pasul următor este acela de a ști câți atomi de fiecare fel se află într-o moleculă și de a cunoaște numărul lor într-un volum sau masă dată; pentru aceasta a fost necesară stabilirea legilor gazelor:

a) *la presiune constantă, densitatea gazelor este proporțională cu temperatura (legea lui Gay-Lussac - 1802)*.

b) *la temperatură constantă, densitatea gazelor depinde direct proporțional de presiune (legea lui Boyle și Mariotte - 1810)*.

De aici rezultă că numărul de molecule ale diferitelor gaze ce se pot afla în același volum dat sunt în rapoarte simple. Ipoteza lui A. Avogadro (1811) a venit imediat:

c) *volum egale de gaze diferite, la aceeași temperatură și presiune, conțin un număr egal de molecule*.

Pe baza acestei ipoteze și a legii lui Gay-Lussac se pot obține direct rapoartele maselor atomilor. *Molecula-gram (molul)* și *atomul-gram* sunt mărimi derivate din aceste considerente. Un mol de gaz, în condiții normale de temperatură și presiune, ocupă un volum de 22,41 litri. Numărul de atomi (molecule) dintr-un mol este dat de *numărul lui Avogadro*, $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ atomi/mol. Distanța clară dintre noțiunea de *atom* și cea de *moleculă* a fost făcută abia în 1858 de către S. Cannizzaro.

Să vedem acum cum se poate determina masa moleculară relativă pornind de la legea lui Avogadro. Densitatea unui gaz se determină măsurând masa unității de volum. Deoarece diferite gaze au același număr de molecule în volume egale, și cum masa gazului este dată de suma maselor atomilor (moleculelor) constituenți, rezultă că densitatea gazului este direct proporțională cu masa unei molecule. Rezultă că masele relative ale atomilor sunt în același raport cu densitățile diferitelor gaze luate la aceeași presiune și temperatură.

Notând cu μ masa molară iar cu ρ densitatea gazului (raportată la un volum de 1 litru) luată la temperatura de 0°C și presiunea de o atmosferă rezultă că:

LEGILE GAZELOR:

Legea lui Boyle și a lui Mariotte:

Presiunea (p) a unei mase de gaz este invers proporțională cu volumul (V):

$$pV = p_0V_0 = \text{const.}$$

Legea lui Gay-Lussac:

Presiune unui gaz variază proporțional cu temperatura:

a) încălzirea gazului sub volum constant:

$$p = p_0(1 + \beta \Delta t)$$

β - coeficient de creștere a presiunii pentru un grad variație de temperatură;

t - temperatura exprimată în $^\circ\text{C}$; Δt - variația de temperatură;

Legea lui Charles:

Volumul unui gaz variază proporțional cu temperatura:

b) încălzirea gazului la presiune constantă:

$$V = V_0(1 + \alpha \Delta t)$$

α - coeficient de creștere a volumului;

S-a găsit că

$$\alpha = \beta = 1/273,16 = 0,0036608$$

Din cele două legi se poate arăta că produsul pV crește proporțional cu temperatura

Legea generală a gazelor:

$$pV = \nu RT$$

ν - numărul de moli de gaz

R - constanta generală a gazelor

$T = (273,16 + t)$, temperatura absolută măsurată în K;

Legea amestecurilor de gaz (Dalton):

Amestecand două sau mai multe gaze la presiune constantă, volumul amestecului este egal cu suma volumelor parțiale:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

Amestecand gazele la presiune constantă, presiunea totală a amestecului este egală cu suma presiunilor parțiale:

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$$

Legea lui Avogadro:

Două volume de gaz, luate la aceeași presiune și temperatură, conțin același număr de molecule;

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{26} \text{ molecule/kmol}$$

$$V_m = 22,412 \text{ litri}$$

N_A - numărul lui Avogadro,

V_m - volumul molar

$$\mu = 22,413 \cdot \rho$$

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Pe baza acestor raționamente s-au construit tabelele de mase atomice (relative) care au permis ulterior clasificarea elementelor, alcătuirea tabloului periodic și descoperirea elementelor noi, rar sau de loc întâlnite în natură (elemente "artificiale"), pe baza predicțiilor privind asemănarea proprietăților lor cu ale elementele chimice din aceeași grupă. Studii privind clasificarea și periodicitatea proprietăților chimice ale elementelor au fost efectuate de către J. Döbereiner (1829), S. Cannizzaro (1858), L. Mayer (1864) și J. Newlands (1865). În 1869 D. Mendeleev (1834 - 1907) realizează tabloul periodic al elementelor, practic sub forma cunoscută în prezent, exprimând dependența proprietăților elementelor chimice de masa lor atomică, și scoțând în evidență periodicitatea acestor proprietăți (legea periodicității). Mendeleev a considerat periodicitatea ca factor principal în această clasificare, astfel încât în acele locuri din tablou în care periodicitatea proprietăților chimice cerea o inversare față de ordinea crescătoare a maselor elementelor chimice, el a realizat inversarea respectivă. Descoperirea ulterioară a elementelor, cum ar fi galiul (1875), scandiul (1879) și a germaniului (1886), pe baza previziunilor date de tabloul periodic, a confirmat încă o dată valoarea acestui tip de clasificare. Se introduce, în acest fel, un număr care exprimă poziția elementului în tabloul periodic, un număr de ordine care se numește *număr atomic* (Z) și care împreună cu masa (greutatea) atomică, sau *numărul de masă* (A), caracterizează elementul chimic dat.

În 1816, când în tabelul de mase atomice erau destul de puține elemente chimice și cu valori destul de imprecise, W. Prout a emis ipoteza că ar fi posibil ca toate elementele să fie constituite din atomi de hidrogen, deoarece valorile experimentale ale elementelor cunoscute erau destul de bine reprezentate prin multiplii ai masei atomului de hidrogen. El sugerează, astfel, că ar fi posibil ca elementul *protyl* al anticilor să fie, de fapt, atomul de hidrogen. Într-adevăr, o simplă examinare a tabelului 1 de valori ale maselor atomice relevă că cel puțin jumătate din numărul de atomi au mase apropiate de numere întregi (1 fiind masa atomului de hidrogen – date numerice din 1932).

În figura 1.2 se prezintă dependența de numărul de masă (A) a masei atomice (M) și a diferenței valorii masei față de numărul întreg cel mai apropiat ($M-A$), pentru primele 21 de elemente chimice. Liniaritatea (aproximativă) care se poate observa stă la baza ipotezei lui W. Prout.

Numărul mare de cazuri exclude o simplă întâmplare și deci trebuie să ascundă o semnificație mai adâncă. Intuiția lui Prout a fost corectă și fenomenul observat de el este acum explicat pe baza conceptului de *izotopie* și a cunoașterii constituției nucleare.

Un alt punct esențial în fundamentarea teoriei moderne a atomilor a fost estimarea dimensiunii atomilor. Primele estimări de distanțe atomice au fost făcute de către T. Young și s-au bazat pe considerente de *coeziune* și pe ideea că în fază lichidă, moleculele trebuie să fie

practic în contact. Valoarea estimată de Young pentru dimensiunea moleculelor este destul de exactă dacă luăm în considerare momentul în care ele au fost făcute. După ce teoria cinetico-moleculară a fost propusă și dezvoltată au fost utilizate în acest scop și alte metode.

Tabelul 1.1 Diferența dintre masa chimică relativă și numărul de masă A (număr întreg)

| Z | | M | M-A | Z | | M | M-A | Z | | M | M-A |
|---|----------------------|-------|-------|----|-----------|--------|-------|----|-----------|--------|--------|
| 1 | H | 1,008 | 0,008 | 6 | C | 12 | 0,0 | 11 | Na | 22,997 | -0,003 |
| 2 | H e | 4,002 | 0,002 | 7 | N | 14,008 | 0,008 | 12 | Mg | 24,82 | -0,18 |
| 3 | Li | 6,94 | -0,06 | 8 | O | 16,0 | 0,0 | 13 | Al | 26,97 | -0,03 |
| 4 | Be | 9,02 | 0,02 | 9 | F | 19 | 0,0 | 14 | Si | 28,06 | 0,06 |
| 5 | B | 10,82 | -0,18 | 10 | Ne | 20,18 | 0,18 | 15 | P | 31,02 | 0,02 |

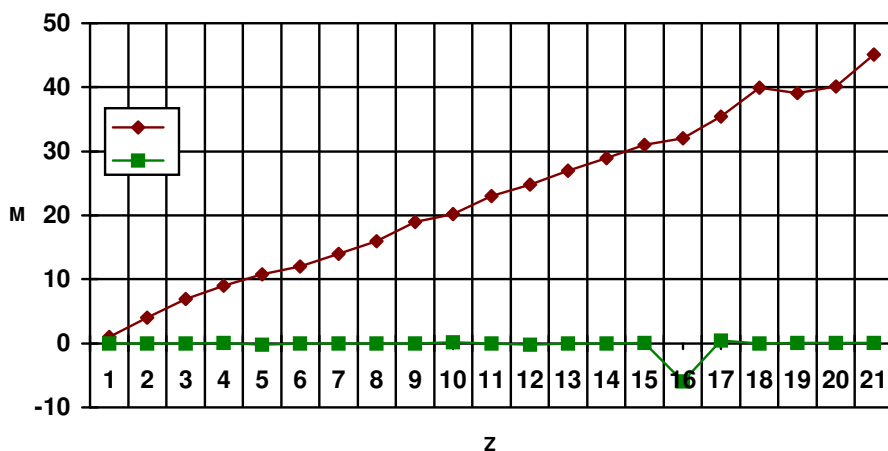


Figura 1.5 Dependența masei chimice de numărul atomic Z

O estimare destul de bună a dimensiunii atomilor se poate face presupunând că într-un mediu lichid atomii formează structuri compacte, atom lângă atom. De exemplu, 18 grame de apă (un mol) ocupă un volum de aproximativ 18 cm^3 și conține $6 \cdot 10^{23}$ molecule. Considerând moleculele ca fiind sferice, se poate calcula volumul ocupat de o moleculă, de unde rezultă o rază aproximativă de $1,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ pentru o moleculă, o valoare destul de bună față de aproximația făcută.

În acest fel, se încheie o etapă importantă pentru teoria modernă a atomismului deoarece atomii pot fi "numărați", măsurați și deci pot fi tratați cantitativ ca "obiecte" reale, de sine stătătoare și nu ca o speculație filosofică.

Adevărul este că atomismul modern și-a făcut cu greu drum. Acceptarea atomismului ca o teorie serioasă, care cu tot caracterul ei speculativ poate fi corectă, a divizat mult timp lumea chimiștilor și a fizicienilor. Spre exemplu marele chimist M.Berthelot nu a acceptat teoria atomică, iar marele fizician E. Mach nu a văzut în teoria atomică decât o speculație matematică. Din această cauză, teoria modernă atomică poate să nu fie găsită chiar în unele tratate din anii 1920 - 1925, după cum se poate vedea în figurile date în continuare. Dar, dezvoltarea unei teorii cuantice coerente (mecanica cuantică) va determina o explozie a teoriilor și a descoperirilor din domeniul microscopic.

Câteva din ecurile dar și din cercetările în domeniul fizicii atomice făcute de către fizicienii și chimiștii români sunt exemplificate în continuare.



Figura 1.6 Coperta și pagina în care definesc termenii de atom și de moleculă din cursul profesorului Emanoil Bacaloglu (1888)

Cursul de fizică al profesorului Bacaloglu ținut la Facultatea de fizică din București în anul 1870 și publicat în 1888 conține referiri la teoria atomilor (pagina 7).

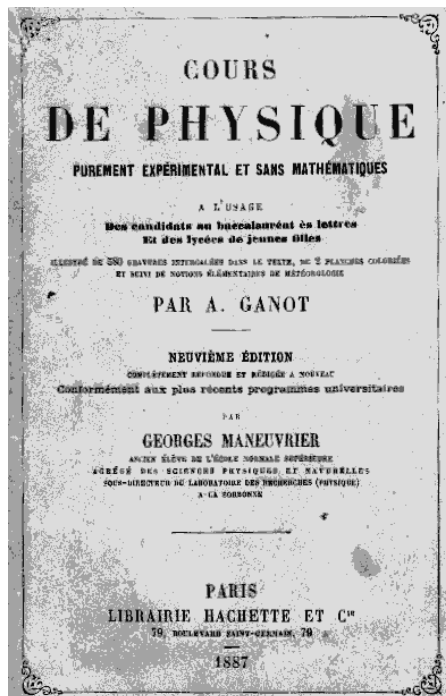


Figura 1.7 Cursul de fizică al profesorului A. Ganot, publicat la Paris în 1887

INTRODUCTIUNE 7

feru etc. Adhesiunea face de se lipescu doua foi de hartia, doua table de sticla, asiediate una pe alta. Adhesiunea intre doua solide se pote areta între alte si cu duo table de sticla bine lucrate, numite planuri de Magdeburg, pe cari aplicandu-le una pe alta, nu le potemu desparti de catu intrebuintiandu ua potero mare. Adhesiunea intre solide si licide, precum si cohesiunea licidelor, se pote vedea, cand radicamu ua tabla de sticla de pe unu licidu; atunci acesta se redica urmandu sticla.

Divisibilitatea este asemenea ua proprietate generala a materii, de multe ori ensa neperfectiunea instrumentelor nostre mecanice ne impede ca de trece cu divisibilitatea corpurilor peste ore cari limite. Cand cu ua picatura a unei tincturi coloramu unu vasu plinu cu apa de exemplu, atunci divisibilitatea este multu mai mare decatu aceea la care potemu ajunge prin medii mecanice.

Dupe aceste proprietati generale ale materii si pe basa de diferite consideratiuni chimice, fisicii au fostu condusi sa admita co corpurile suntu formate din particele mici, numite atome, departate intre ele cu distantie mici (pori) si tinute în starea acesta prin actiunea poterilor moleculare. Aceste atome se numescu enca si molecule, cu tote co prin molecule intielegemu mai specialu ua grupa de atome. Aceste atome ni le inchipuimu nedivisibile, adico co la diferite scambari, combinari chimice ale corpurilor ele remanu nescambate si numai distantiile lor se potu modifica.

44 MATIÈRE, MOUVEMENT ET FORCES.

jourd'hui, on serait arrêté à une limite infranchissable, l'atome¹, qu'on peut concevoir comme un volume de figure déterminée, impénétrable, incompressible, indilatable, indéformable.

16. Molécules. — D'après cette définition de l'atome, on ne saurait lui attribuer aucun des éléments de la sensation que nous procure la présence des corps. Ceux-ci ne sont pas constitués par les atomes eux-mêmes, mais par certaines agglomérations d'atomes, qu'on appelle molécules.

Les molécules seules sont quelque chose de semblable aux corps, elles en partagent les propriétés, et elles n'en diffèrent que par les dimensions. Par les rapports de position qu'elles ont entre elles, les molécules déterminent ce que nous appelons le volume et la forme des corps, tandis que les rapports de position qu'ont entre eux les atomes dont elles sont formés différencient ces mêmes corps au point de vue de la substance, au point de vue des propriétés chimiques.

D'ailleurs la molécule pas plus que l'atome n'est perceptible à nos sens ou à nos instruments de mesure².

17. Pores moléculaires. — On doit admettre que les corps les plus durs, les plus tenaces, les plus compacts ne sont pas formés de matière absolument continue; car, si cette continuité existait, il serait impossible d'expliquer un grand nombre de faits qui semblent en contradiction avec l'impénétrabilité de la matière. Comment le même corps pourrait-il se contracter ou se dilater par la variation de pression ou de température? Comment les sels pourraient-ils se dissoudre dans l'eau, le mercure s'insinuer dans la masse de certains métaux? Comment ces dissolutions, ces mélanges pourraient-ils s'opérer sans augmentation apparente du volume total, et même parfois avec une contraction apparente (54 volumes d'alcool et 50 volumes d'eau ne donnent que 100 volumes de mélange)? Il faut donc admettre que les molécules ne sont pas justaposées dans les corps, mais qu'elles sont séparées, entre elles par des intervalles appréciables, susceptibles d'augmenter ou de diminuer sous l'influence de causes extérieures.

Ce sont ces intervalles qu'on a appelés pores moléculaires. Ils sont du même ordre de petitesse que les molécules elles-mêmes,

1. Le mot atome vient du grec ἄτομος (atomois) et signifie « qui ne peut être divisé » (de ἀ-privatif et τομή (tomé), le coupe).

2. Un grand nombre de faits ont amené plusieurs physiciens à des évaluations suffisamment concordantes du diamètre moyen des molécules. On admet qu'il est compris entre 1 millième et 1 dix-millième de micron. Et comme nos plus puissants microscopes nous font apercevoir au plus le quart de micron, il faudrait que le diamètre des molécules fût de 250 fois à 2500 fois plus grand pour devenir visible au microscope.

Cursul de fizică al profesorului Ganot, publicat la Paris în 1887 conține de asemenea referiri extrem de succinte la ideea de atom.

Un alt exemplu al reluctanței cu care este privită teoria atomică se poate vedea în figura 1.8 Într-un tratat de chimie din 1925 de la Universitatea din Paris, constituția atomică a substanțelor este doar amintită, dar nu se fac referiri la vreun element de structură atomică, cu toate că modelul Bohr a fost dat încă din 1912.

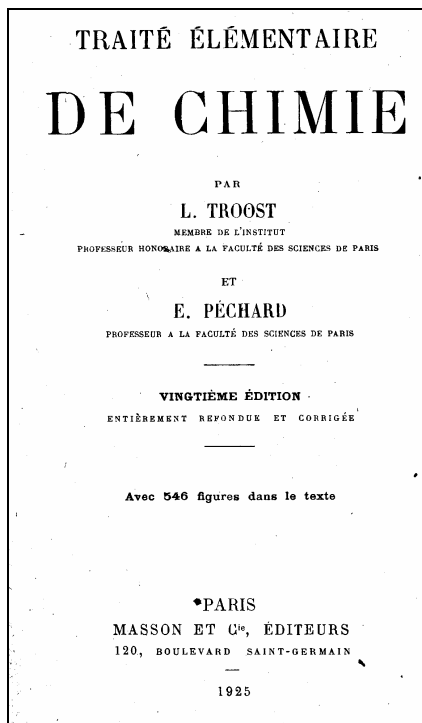


Figura 1.8 Tratatul de chimie din 1925 L.Troost și E.Pechard

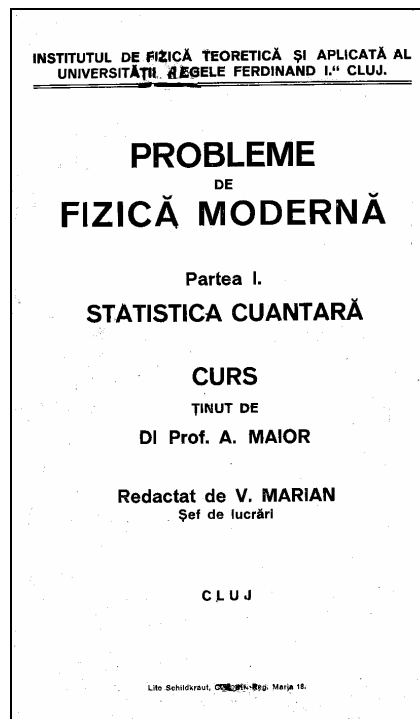


Figura 1.9 Cursul de Statistică cuantară, A.Maior, Universitatea din Cluj (1933)

Noilor teorii explodează. Deja în 1933 profesorul V. Maior predă la Universitatea din Cluj cursul de *Statistică cuantară*, iar profesorul Horia Hulubei publică încă din 1932 lucrări care devin clasice în domeniul fizicii atomice.

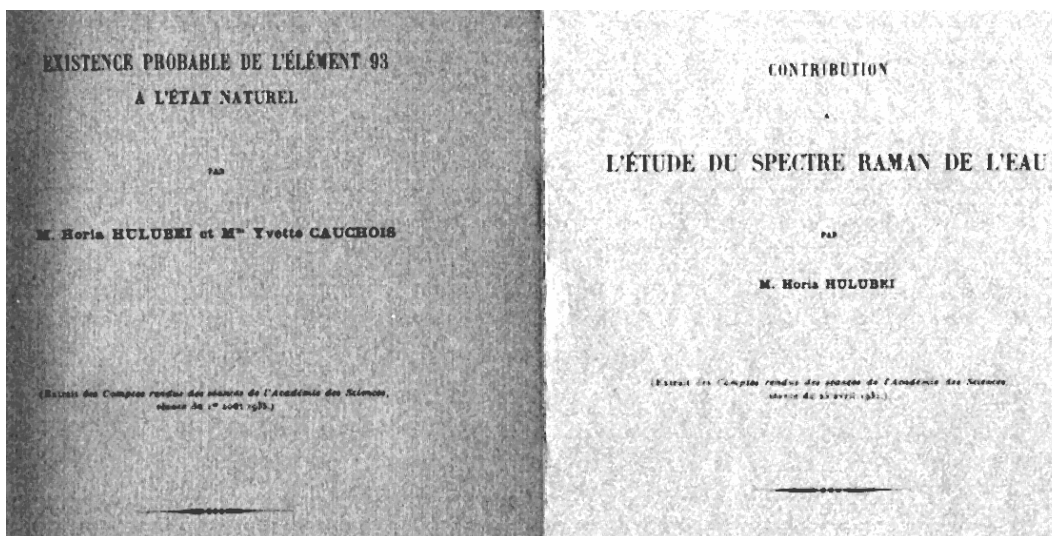


Figura 1.10 Două din copertile lucrărilor profesorului H. Hulubei

În 1936 apare una din cărțile importante, careta Atomii de Jean Perrin, care însumează cunoștințele la aceea epocă asupra atomului, expuse simplu (figura 1.11). În 1940 apare cartea profesorului Eugen Angelescu din București, în care teoria atomică este utilizată sistematic în explicarea fenomenelor chimice (figura 1.12)

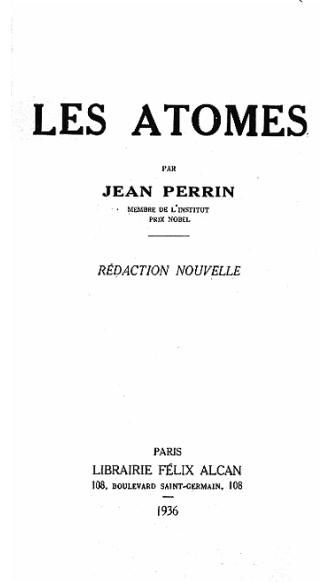


Figura 1.11 Coperta cărții lui Jean Perrin

Figura 1.12 Coperta cărții lui Eugen Angelescu

Încă din 1940 profesorul Gh. Manu publică în limba română prima carte de *fizică nucleară* (Fig. 1.2.7), iar cursurile profesorului H.Hulubei asupra *Structurii materiei* sunt tipărite sub forma litografică la Universitatea din București (Fig. 1.2.8).

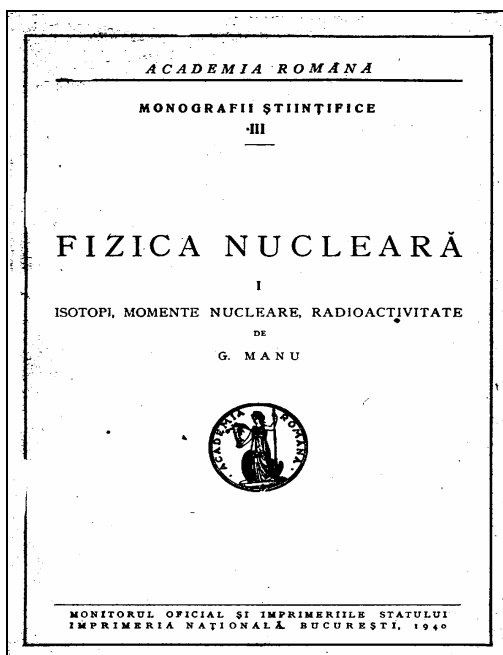


Figura 1.13 Coperta cărții lui G. Manu

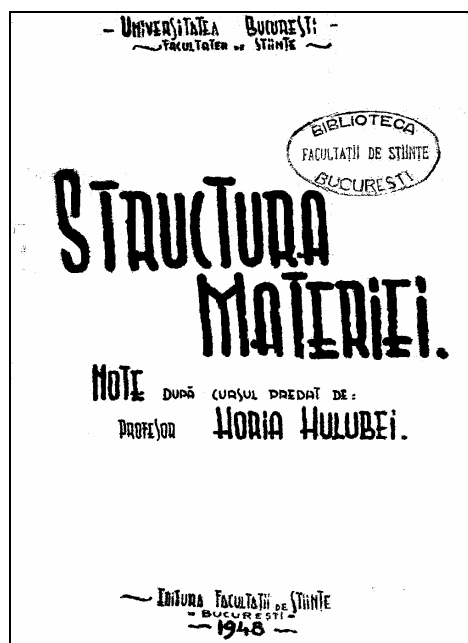


Figura 1.14 Coperta cursului lui H.Hulubei

Câteva pagini din acest curs sunt prezentate mai jos. Ele prezintă descrierea și experimente legate de efectul Compton multiplu și de asemenea un fragment din teoria modelului atomic Bohr-Sommerfeld.

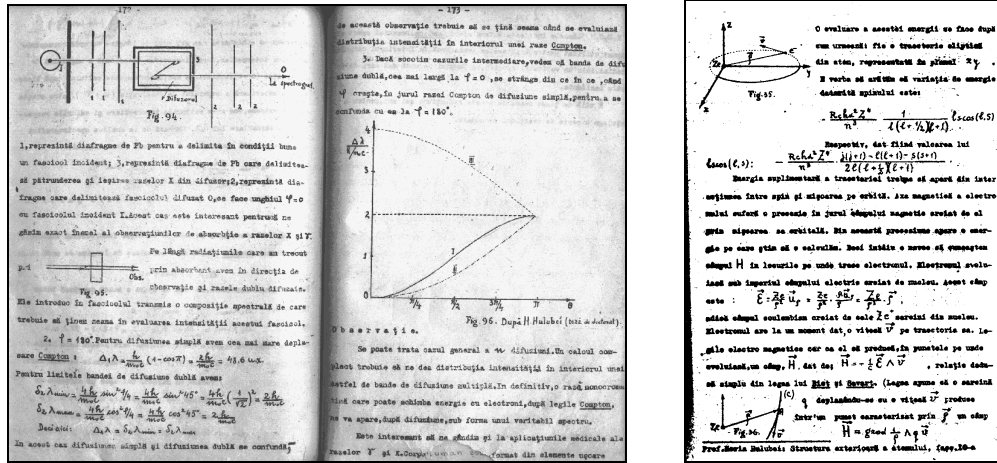


Figura 1.15 Câteva pagini lirografiate ale cursului de Fizică atomică a profesorului Horia Hulubei (1948), Universitatea din București.

Profesorul Horia Hulubei a lucrat la Paris împreună cu marii creatori ai fizicii atomice moderne, unde și-a luat și doctoratul. Profesorul Hulubei a fost și Rector al Universității din București, Șef de catedră la Catedra de Structura Materiei a Facultății de Științe de la Universitatea din București și este întemeietorul Institutului de Fizică Atomică din București.

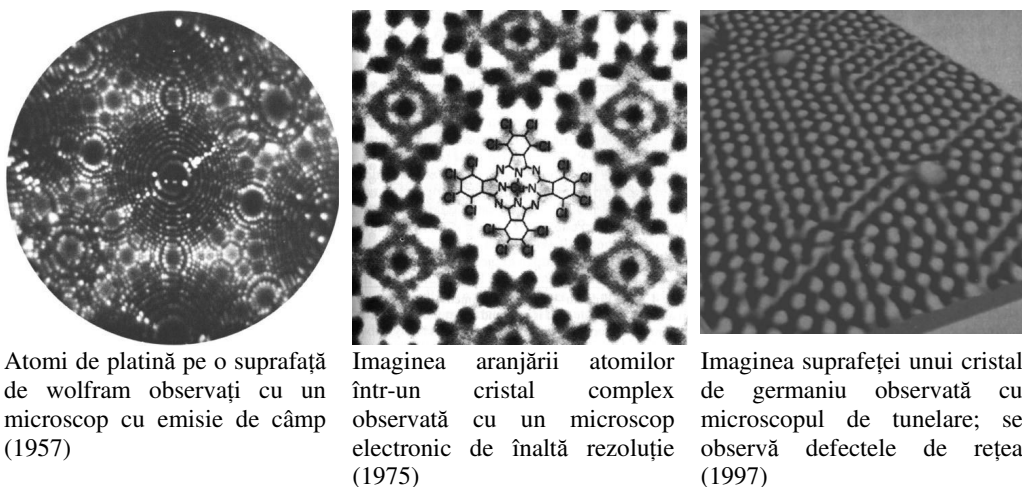
1.3 Atomismul, prezent și viitor

În linii mari, acestea au fost etapele pe care atomismul le-a parcurs în cursul lungii sale istorii. Dar abia de acum se pune problema înțelegerii atomului, ca un sistem compus, ce are o constituție, o structură și proprietăți care depind de această structură. Înțelegerea că atomul nu este, de fapt, indestructibil și, prin urmare, că are o structură și o compoziție ce trebuie descifrată a venit mai târziu.

Atomul în concepția modernă, atât ca parte constitutivă a materie cât și ca sistem, trebuie să aibă o serie de proprietăți pe care experimentele le scot în evidență. Astfel, fizicienii și chimiștii au încercat, cu grade diferite de succes, să "costruiască" modele atomice care să poată explica:

- stabilitatea în timp,
- neutralitatea electrică,
- emisia radiației (lumină, radiații X),
- structura discretă sau continuă a spectrele luminoase (și a radiațiilor X),
- caracteristicile interacțiilor atomilor cu alți atomi sau particule.

Trebuie să înțelegem însă că imposibilitatea observației directe a atomului reduce această încercarea la o "construcție", mai mult sau mai puțin corectă, specifică oricărei modelări, și că "imaginile geometrice" privind atomul sunt evident doar reprezentări figurative. Un model oricât de bun ar fi el, va avea doar o valabilitate limitată și va avea rolul de a stimula intuiția. El, la rândul lui, va permite găsirea unor variante mai perfecționate, dar întotdeauna limitate. Dezvoltarea metodelor experimentale a permis totuși să fim siguri că ideea de atom are o bază. În figura următoare se dau câteva imagini în acest sens.



Atomi de platină pe o suprafață de wolfram observați cu un microscop cu emisie de câmp (1957)

Imaginea aranjării atomilor într-un cristal complex observată cu un microscop electronic de înaltă rezoluție (1975)

Imaginea suprafeței unui cristal de germaniu observată cu microscopul de tunelare; se observă defectele de rețea (1997)

Fig. 1.3.1 Imagini ale aranjării atomilor obținute cu diferite tipuri de microscopie.

Strădaniile de a alcătui un model atomic pornesc destul de târziu, dar ele se bazează pe succesiunea de descoperiri, teorii și experimente care s-au derulat încă din antichitate pe două căi distincte și care la un moment dat au mers convergent spre stabilirea primelor modele atomice moderne. Aceste două direcții privesc fenomenele electrice (și magnetice) pe de o parte și a celor luminoase pe de altă parte. S-au finalizat prin descoperirea a două tipuri de "atomi": atomul de "electricitate" - *electronul* și atomul de "lumină" - *fotonul*. Cu ajutorul acestor două particule s-au putut "construi" primele modele atomice moderne. Principalele tipuri de modele dezvoltate în decursul timpului pot fi grupate astfel:

- a) modele conceptuale, "atomi", principii (antichitate),
- b) modele fenomenologice, funcționale, mecanice sau fluidice,
- c) modele structurale, explicative, geometrice,
- d) modele matematice, teoretice.

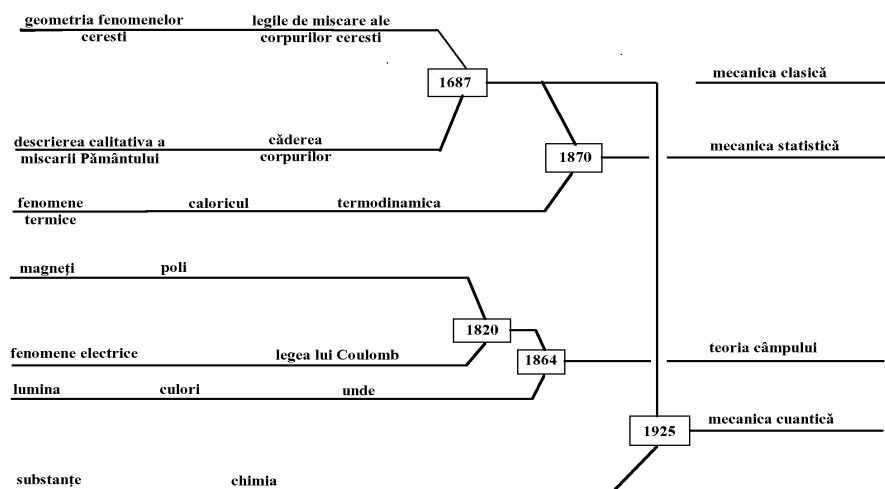


Fig. 1.3.2 Marile unificări care au conturat fizica modernă

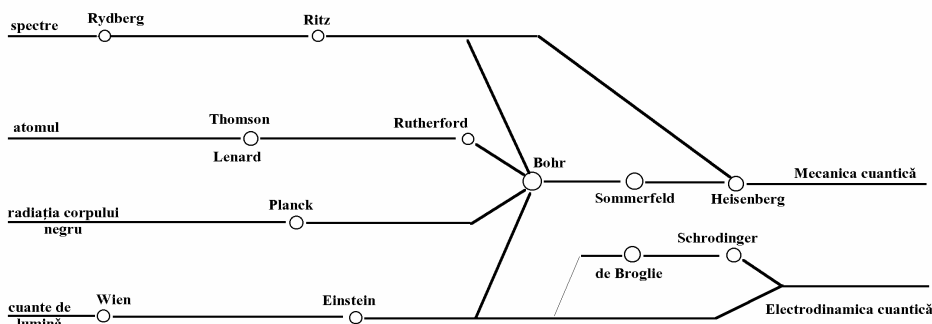
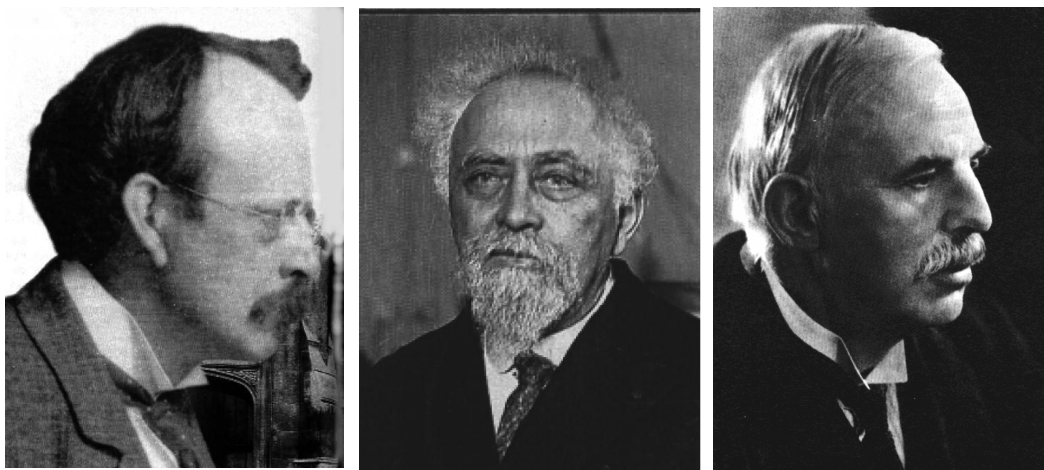


Fig. 1.3.3 Principalele etape ale formării fizicii cuantice moderne

O foarte succintă schiță istorică de evoluție a modelelor atomice precuantice poate fi următoarea:

- datele experimentale și fenomenele, cum ar fi electrizarea, ionizarea, termo-emisia electronului, fotoemisia, piroelectricitate etc, indică prezența electronului în atom;
- descoperirea în 1895 a radioactivității (H. Bequerel) și a radiațiilor X (K. Röntgen) indică, odată în plus, complexitatea atomului;
- apar primele modele atomice "preclasice": J.J. Thomson (1898, 1904, modelul "cozonacului cu stafide"), J. Perrin (1901 - sistem planetar în miniatură), H. Nagaoka (1903 - model atomic asemănător planetei Saturn), P. Lenard (1903 - model de "dinamide");
- experimente de ciocnire cu atomii pun în evidență neomogenitatea structurii interne a atomului (P. Lenard - 1903; E. Rutherford 1906 - "difuzia" particulelor alfa), H. Geiger și E. Marsden (1909 - studiu detaliat al împrăstierii particulelor alfa) ;
- în 1910 F. Soddy, arată existența izotopilor și la elemente stabile
- în 1910 se impune modelul planetar al lui E. Rutherford. El a propus verificarea experimentală a modelului apelând la bombardarea cu particule alfa; particula bombardantă era asemuită cu o cometă în mișcare, partea centrală a atomului va fi ulterior denumită *nucleu atomic*;

- la începutul anului 1911 E. Rutherford încă mai credea că nucleul este încărcat cu sarcină negativă; model experimental făcut de Rutherford: un magnet liniar, puternic, cu polul nord în sus (nucleul) este plasat ferm; o particulă alfa este reprezentată printr-un alt magnet atârnat de tavan cu ajutorul unui fir (gen pendul) cu polul nord în jos; experimental se observă mișcarea "electronului" în "câmpul electric" al "nucleului" și "devierea" traiectoriei lui;



Sir Joseph J. Thomson
1856 - 1940

Jean-Baptiste Perrin
1870 - 1942

Ernest Rutherford
1871 - 1937

Fig. 1.3.4 Fizicienii care au sugerat primele modele atomice moderne

- în mai 1911 Rutherford acceptă prezența unui nucleu pozitiv ca centru de forță și consideră că electronii negativi se învârtesc în jurul lui. Particula bombardantă nu poate fi asemuită cu o cometă (nu este atrasă, ci respinsă de nucleu!); el presupune că electronii se mișcă în jurul nucleului fără frecare (la fel ca planetele sistemului solar); model experimental făcut de Rutherford poate fi restructurat. Atârnat de tavan se află un "electron"; experimental se observă mișcarea "electronului" în "câmpul electric" al "nucleului". Dar teoria clasică a electronilor prezice emisia unei radiații electromagnetice de către electronul în mișcarea lui în jurul nucleului (electron accelerat). Pierderea de energie care rezultă este echivalentă cu acțiunea unei forțe de frecare care conduce la "căderea" electronului pe nucleu și distrugerii sistemului nucleu-electron (în imaginea lui de sistem planetar). Modelul astfel conceput nu are stabilitatea pe care o prezintă atomii;

- între 1912 și 1913, Niels Bohr (fizician danez) imaginează modelul cuantificat și salvează stabilitatea modelului planetar;

- în 1913, Van den Broeck stabilește că numărul de sarcini pozitive din nucleu este egal cu numărul de electroni ai atomului neutru; acesta este la rândul lui egal cu numărul de ordine al atomului (neutru) din tabloul periodic (*număr atomic - Z*);

Verificări ale modelului lui Bohr:

- J. J. Thomson, studiază împrăștierea radiațiilor X pe substanțe și găsește proporționalitatea cu numărul de electroni ai atomului (*Z*);

- H.G. J. Moseley (1913-1914) studiază spectrele de emisie a radiațiilor X de către elemente; verifică numărul de ordine din tabloul periodic și validează inversiunile existente;

- J. Franck, G. Hertz, confirmă modelul Bohr prin experimente de excitare a nivelelor atomilor;

- J. Chadwick (1920), J. Perrin (1922), P. Auger (1924), utilizează împrăștierea radiațiilor alfa în scopul verificării pozițiilor atomilor în tabloul periodic.



Niels Bohr
1885 - 1962



Henry G. J. Moseley
1887 - 1915



Sir James Chadwick
1891 - 1974

Fig. 1.3.5 Fizicienii care au contribuit la făurirea primului model atomic, cuantic.

Atomul, așa cum ni-l imaginăm azi, are o structură extrem de "rarefiată", a cărei masă este concentrată într-o regiune foarte mică a ei (cam cu cinci ordine de mărime mai mică ca dimensiunea atomului, care este de ordinul a 10^{-10} m) denumită *nucleu*. Nucleul este încărcat cu sarcină electrică pozitivă iar în jurul lui se află electroni într-un număr egal cu cel al sarcinii pozitive a nucleului, ceea ce îi asigură neutralitatea electrică. Sistemul se dovedește a fi extrem de stabil în condiții normale și are caracteristici determinate experimental cu precizie și care pot fi calculate cu ajutorul mecanicii cuantice.

Dezvoltarea ulterioară a fizicii cuantice se va face continuu astfel încât se vor naște teorii tot mai exacte și mai capabile să descrie fenomenele la această scară. Mecanica cuantică și electrodinamica cuantică permit calcularea celor mai complexe fenomene cuantice iar teoriile de câmp și a particulelor elementare capătă o dezvoltare extraordinară.

Paralel există eforturi pentru a înțelege fenomenele cuantice pe o bază mai generală, iar experimentele cu caracter fundamental sunt tot mai numeroase și mai interesante. Filosofia mecanicii cuantice este și ea în continuă dezvoltare.



Louis-Victor de Broglie
1892 - 1987



Erwin Schrodinger
1887 - 1961



Werner Heisenberg
1901 - 1976

Fig. 1.3.6 Fizicienii care au contribuit la dezvoltarea mecanicii cuantice moderne

Nu se mai vorbește azi de un atom indestructibil, ci doar de unul stabil în anumite limite. Atomul are astfel o structură formată din particule fundamentale, care la rândul lor au o structură. Cât de departe poate să meargă această divizare a particulelor constitutive este greu de spus, deoarece fizica particulelor elementare a ajuns la o etapă în care imaginea pe care ne-am făcut-o sau chiar și teoriile cele mai abstracte din prezent nu au posibilitatea de a da vre-un răspuns definitiv. Viitorul va fi probabil plin de surprize în acest domeniu.