

CUPRINS

INTRODUCERE	2
CAPITOLUL I Măsurarea timpului.....	3
CAPITOLUL II. Mecanica.....	5
CAPITOLUL III. Gravitația și acțiunea la distanță	10
CAPITOLUL IV. Optica.....	13
CAPITOLUL V. Electricitatea și magnetismul	16
CAPITOLUL VI. Sistemul de referință în fizică	24
CAPITOLUL VII. Fundamentele teoriei căldurii.....	28
CAPITOLUL VIII. Principiul conservării energiei	30
CAPITOLUL IX. Termodinamica	33
CAPITOLUL X. Fizica nucleară.....	35
CAPITOLUL XI. Fizica cristalelor	37
CAPITOLUL XII. Radiația termică	41
CONCLUZIE	43

INTRODUCERE

Istoria se poate scrie, respectând în totul adevărul, din puncte de vedere foarte diferite; orice punct de vedere din care istoriograful reușește să scoată ceva interesant sub aspect istoric este îndreptățit. Și istoria unei științe admite puncte de vedere diferite. Punctul nostru de vedere îmbrățișează apariția și transformările unor idei și cunoștințe importante pentru fizica actuală. După cum istoria politică se oprește în fața politicii curente, tot astfel istoria unei științe nu ne conduce pînă la probleme care încă nu pot fi considerate astăzi ca rezolvate.

În perioada modernă în conștiința tuturor a pătruns sistemul copernician, și astfel faimoasa dispută pentru recunoașterea lui și-a atins punctul culminant. În momentul cînd Giordano Bruno era condamnat să fie ars pe rug (1600), această dispută a jucat un anumit rol, cel puțin în culise, căci doctrina infinității spațiului și a pluralității luminilor, pe care sentința o enumera printre ereziile sale, era o extindere consecventă a sistemului copernician. Dar nici acea execuție, nici excomunicarea pronunțată de Inchiziție, în 1633, împotriva lui Galilei și împotriva copernicianilor, în genere, nu au avut eficiență durabilă, în cele din urmă, la începutul secolului al XIX-lea, excomunicarea a fost anulată, cu respectarea tuturor formelor.

CAPITOLUL I. Măsurarea timpului

Pentru orice știință care se ocupă de procese desfășurate în spațiu și în timp, măsurarea timpului constituie una dintre problemele cele mai importante.

Kant are în orice caz dreptate când prezintă timpul ca pe o formă a intuiției, inerentă rațiunii umane. Această intuiție este continuă. Un continuu însă nu-și poartă niciodată măsura între sine; prin urmare, pentru a măsura timpul, trebuie să-i stabilim un sistem de măsură. Am putea, de exemplu, să stabilim repere de timp în mod arbitrar, punând pe cineva să bată cu mîna în masă și numerotînd bătăile. Dacă menționăm apoi, pe lîngă eveniment, numărul reperului de timp care coincide cu el, am stabilit astfel o succesiune temporală de evenimente printr-un șir de numere.

Pasul hotărîtor care a dus la crearea ceasornicului, în înțelesul pe care i-l dăm astăzi, a fost făcut în 1657 de Christian Huzgens (1629-1695), același care și-a dat seama de natura inelului lui Saturn și pe care îl vom mai întîlni de multe ori în cele ce urmează. El a introdus principiul reacției – denumirea aceasta e luată de la o invenție din 1906 a lui E.A.Rubmer pentru producerea oscilațiilor electrice.

Tehnica a contribuit foarte mult la îmbunătățirea ceasornicelor. Condițiile de precizie, pe care le satisface astăzi orice ceas utilizabil, erau inaccesibile pe vremea lui Huzgens. Singurul progres mai important a fost realizat însă abia în 1929, prin ceasornicul cu cuarț, inventat de V.A.Marrison și îmbunătățit de A. Scheibe și U. Adelsberg. La acest ceasornic, oscilatorul este o lamă de cuarț, care execută aproximativ 100 000 de oscilații pe secundă și care, datorită proprietăților piezoelectrice ale cuarțului, realizează reacția pe cale electrică, cu ajutorul unei baterii. Mersul acestui ceasornic este constant în cazul optim, cu precizie de 1/1 000 secunde pe zi.

De asemenea, este o ipoteză că perioada de rotație a Pământului este adecvată pentru etalonarea ceasornicelor, cu alte cuvinte că viteza de rotație a Pământului este constantă într-o măsurare a timpului, stabilită prin alte ceasornice bune. Există două metode pentru a verifica această ipoteză. Timpul indicat în mod concordant de ceasornice cu cuarț bune pune în evidență oscilații ale perioadei de rotație, de ordinul miimilor de secundă. Însă compararea cu mișcările Lunii și planetelor interioare ne arată cu mult mai multă certitudine că, în ultimele două secole, timpul citit după rotația Pământului prezintă față de timpul necesar pentru a înțelege din punct de vedere fizic aceste mișcări, când un avans de 30 de secunde, când o întârziere de aceeași mărime. În conformitate cu scopul menționat mai sus, pentru măsurarea timpului va trebui să alegem ca fiind corect timpul stabilit de „ceasornicul planetar”.

În toate aceste considerații am făcut abstracție de faptul că locul unde se află orice ceasornic se mișcă împreună cu Pământul în jurul Soarelui și participă la rotația Pământului. Teoria relativității ne arată că aceasta impune, în principiu, o corecție, dar ne permite totodată să calculăm, că, în condițiile actualei precizii a măsurătorilor, corecția mai poate fi încă neglijată.

CAPITOLUL II. Mecanica

După cum se știe, teoria echilibrului – **statica** – își are rădăcinile încă în antichitatea îndepărtată. Importanța practică pe care pârghia, șurubul, scripetele, planul înclinat o prezintă pentru îndeplinirea muncilor fizice grele a fost cea care le-a trezit la viață.

Întemeierea teoriei propriu-zice a mișcării – **dinamica** – i se datorește lui Galileo Galilei (1564 – 1642). Iar dezvoltarea ei, lui Christian Huzgens, Isaac Newton (1643 – 1727) a adus-o pînă la un anumit grad de perfecțiune, din care cauză, în onoarea lui, o numim dinamică newtoniană.

Perioada în care a fost creată dinamica a durat un secol.

Accelerația. Rezultatul acestei mărețe realizări a spiritului omenesc este cuprins în două principii: produsul dintre masa unui punct material și accelerația lui este egal cu forța care acționează asupra lui (accelerația și forța sînt mărimi orientate, vectori, și principiul cere, între altele, ca amîndouă să aibă același sens). La aceasta se adaugă principiul acțiunii și al reacțiunii: forțele exercitate între două mase sînt egale ca mărime și de sens contrar.

Ce este accelerația a devenit limpede, în fond, însă pentru Galilei, atunci cînd a cercetat, cu mijloace matematice primitive, noțiunea de viteză variabilă. Newton, care dispunea de calculul infinitesimal, creat de el și de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 – 1716), a putut să-și ușureze această muncă. Accelerația este variația vitezei raportată de unitatea de timp, derivată vitezei în raport cu timpul și, deci, derivată a doua în raport cu timpul a razei vectoriale duse dintr-un punct inițial oarecare la punctul material. De îndată ce sîntem lămuriți asupra măsurării locului și a timpului, explicația noțiunilor de viteză și de accelerație reiese de la sine. Primul principiu dă, așadar, o ecuație diferențială de ordinul doi pentru locul unde se află punctul în funcție de timp; din

integrarea ei obținem traiectoria și viteza cu care este parcursă. Dacă nu acționează nici o forță, accelerația este nulă, mișcarea se produce rectiliniu și cu viteza constantă, așa cum prevede principiul inerției.

Une dintre cele mai importante cunoștințe dobândite de chimie, care se constituie ca știință în secolul al XVIII-lea, este că, și în reacțiile chimice, masa totală a substanțelor care participă la reacție rămâne constantă; Anotoine-Laurent Lavoisier este cel care și-a câștigat merite în acest domeniu. Mai târziu, în 1895 – 1906, Hans Landolt (1831 – 1910) a confirmat-o prin cântăriri extrem de precise. Astăzi însă considerăm constanța masei doar o aproximație, pe deplin suficientă pentru mecanică, pentru chimie și pentru multe alte domenii ale fizicii.

Noțiunea de forță era efectiv bine fundată experimental și, după cum se credea, în jurul ei nu mai era nici un mister. Dar secolele al XVII-lea și al XVIII-lea nu au fost nicidecum atât de consecvente. Însuși faptul că semnificația noțiunii de forță nu era pe deplin stabilită a provocat numeroase confuzii. Dat fiind că orice aplicare conștientă a unei forțe de către om este precedată de un act volițional, se căuta, dincolo de noțiunea fizică a forței, ceva mai profund, metafizic, o tendință inerentă corpurilor, de exemplu, în cazul gravitației, tendința lor de a se uni cu ceea ce este de aceeași natură cu ele. Pentru noi, astăzi, acest punct de vedere este greu de înțeles.

Unii voiau să adopte în acest scop impulsul produs de o forță într-un timp anumit, pe când ceilalți preferau ceea ce se numește astăzi energie cinetică și se chema înainte adesea forță vie. Newton nu a fost în stare să ia aici o atitudine clară. Deși d'Alembert (1717 – 1783) a calificat drept dispută verbală nesfârșită controversa să care s-a desfășurat în această chestiune, noțiunea de forță și-a mai păstrat pentru mulți o nuanță mistică, pînă în 1874, când Gustav Robert Kirchhoff (1824 -1887) a rostit în prima frază a prelegerilor de mecanică (Vorlesungen über Mechanik) cuvîntul izbăvitor:

„Mecanica este știința mișcării; menirea ei este de a descrie complet și în modul cel mai simplu mișcările ce se produc în natură”.

În intervalul de timp între Galilei și Newton mai avem și o altă linie de dezvoltare importantă. Evangelista Torricelli (1608 – 1647) a inventat barometul cu mercur în 1644, pornind de la un experiment al lui Galilei cu pompa aspiratoare.

Pentru mecanica solidelor, un contemporan al lui Pascal, Robert Hooke (1635 – 1703), a descoperit, în 1676, pe baza unor exemple simple, proporționalitatea între deformație și solicitare. Astfel, pe la 1700, au fost desăvârșite fundamentale fizice pe care s-a construit, în cei 150 de ani ce au urmat, edificiul măreț al mecanicii. Semnificativ pentru integritatea ei este că ace astă dezvoltare s-a datorat precumpănitor unor matematicieni.

Avem aici un exemplu tipic de influență a fizicii asupra dezvoltării generale a spiritului, deci și asupra dezvoltării politice.

Dintre acești matematicieni îi menționăm pe următorii: Daniel Bernoulli (1700 – 1782), Leonard Euler (1707 – 1783), care au studiat sisteme de mai multe puncte materiale, s-au ocupat de corpul rigid și de hidrodinamică; Jean Le Rond D Alembert, autorul principiului care înlocuiește ecuațiile de mișcare i care-i poartă numele; Joseph-Louis Lagrange (1736 – 1813), care a dat acestor ecuații diferențiale o formă deosebit de potrivită pentru cazuri mai complicate, și Pierre Simon de Laplace (1749 – 1827), a cărui Mecanică cerească (Mecanique celeste), în cinci volume, apărută pe la 1800, cuprinde mult mai mult decât promite titlul, și anume, între altele, o teorie a undelor în lichide și a capilarității. Prin ace asta, mecanica analitică își atinge apogeul. Mai trebuie amintiți Louis Poinsot (1777 – 1859), datorită căruia mecanica corpului rigid a căpătat formă definitivă, Gaspard-Gustave Coriolis (1792 – 1843), care a analizat, de exemplu, influența rotației Pământului asupra proceselor ce se desfășoară pe el, Augustin-Louis Cauchy

(1789 – 1859), care, în 1822, a dat formularea matematică cea mai generală a importantelor noțiuni de tensiune elastică și de deformație și care, folosind legea lui Hooke, a dat mecanicii corpurilor deformabile forma ei definitivă.

Cu cercetările lui Jean-Leon Poiseuille (1799 – 1869) despre vâscozitatea lichidelor și a gazelor (1846 – 1847) și cu lucrările despre mișcarea turbionară ale lui Helmholtz (1858), aceaastă epocă poate fi considerată în principiu încheiată, deși mai târziu, și până în zilele noastre, cercetători de seamă, ca lordul Rayleigh (1842 – 1919), Osborne Reynolds (1842 – 1912) și Ludwig Prandtl (1875 – 1953), au dezvoltat mai departe dinamica lichidelor și a gazelor, ținând seama de frecare, îndeosebi pentru nevoile construcției de hidro- și aeronave.

După cum a demonstrat, în 1906, Max Planck, teoria relativității, întemeiată în 1905 de A. Einstein (1879 – 1955), nu schimbă prea mult în dinamica punctului material. (Lucrarea fundamentală a lui Einstein este greșită în această privință). Este caracteristică intrarea în joc a unei constante universale, a cărei semnificație mecanică era necunoscută până atunci, anume viteza luminii în vid.

Mai importantă din punct de vedere principial este modificarea noțiunii de masă, pe care ne-o impune această teorie. După cum a demonstrat Einstein, în 1905, orice creștere a energiei interne trebuie să mărească masa, și anume cu o valoare care se obține împărțind energia, măsurată în unități mecanice, cu pătratul vitezei luminii. Dată fiind mărimea vitezei luminii ($3 \cdot 10^{10}$ cm/s), aceste modificări sînt neglijabile pentru toate procesele pe care le numim mecanice, electrice, termice. Chiar la cele mai intense reacții chimice, cu cele mai mari efecte termice, cântărirea nu poate pune în evidență variația masei totale a corpurilor care participă la reacție. În schimb, în fizica nucleară, această lege a inerției energiei are o importanță considerabilă.

O ramură a mecanicii care s-a dezvoltat însă cu totul independent,

mai alea la început, este acustică. Se știa din timpuri străvechi că sunetele pure - spre deosebire de zgomote – se bazează pe vibrații periodice ale izvorului sonor.

Ott V.Guericke a dovedit pe cale experimentală că, spre deosebire de lumină, sunetul nu se propagă în vid. Dependența vitezei sunetului de compresibilitatea și de densitatea aerului a fost calculată de Newton, în Principia, deși formula sa a început să concorde cu experiența abia în 1826, când Laplace a înlocuit compresibilitatea izotermă prin cea adiabetică. Perfecționarea matematică a mecanicii în secolul al XVIII-lea a folosit și acusticii.

De asemenea, propagarea sunetului în lichide a fost multă vreme pusă la îndoială din cauza pretinsei incompresibilități a acestora, deși Benjamin Franklin (1706 – 1790) făcuse, în 1762, observații directe în această privință. Abia în 1827, Jean-Daniel Colladon (1802 – 1892) și Jacob Franz Sturm (1805 – 1855) au adus o dovadă convingătoare determinând valoarea de $1,435 \cdot 10^5$ cm/s pentru viteza sunetului în lacul Geneva.

În cursul secolului al XIX-lea, acustică fizică s-a dizolvat tot mai mult în teoria undelor elastice. Din optică i s-au transmis ideile de interferență, difracție și împrăștiere prin obstacole.

Acustica s-a văzut în fața unor probleme tehnice dificile după ce, în 1861, Philipp Reis (1834 – 1874), și în 1875, Alexander Graham Bell (1847 – 1992) au inventat telefonul, iar în 1878 David Edwood Hughes (1831 – 1900) a perfecționat substanțial microfonul lui Reis; căci acum era vorba despre o cât mai mică perfectă redare a glasului omenesc și a sunetelor muzicale. Transmiterea sunetului prin unde electrice, un rod al războiului mondial din 1914 – 1918, a întărit și mai mult importanța acestei noi ramuri aplicative, care este „electroacustice”. Fonograful, construit în 1877 de Thomas Alva Edison (1847 – 1931) aparține aceluiași domeniu.

CAPITOLUL III. Gravitația și acțiunea la distanță

Cercetarea gravitației a fost strâns împletită cu apariția mecanicii. E drept, în toate timpurile, din antichitate și pînă în zilele noastre, spiritul omului a fost preocupat de gravitate și probabil că, în afară de atomistică, nu a existat nici un obiect al fizicii despre care să se fi făcut atîtea speculații ca despre cauzele acesteia.

Idea că gravitatea nu se limitează la vecinătatea Pămîntului, ci constituie o proprietate generală a materiei și acționează deci și între corpurile cerești, este iarăși destul de veche.

Dacă ne întrebăm de unde provine legea atracției universale, care poartă numele lui Newton (forța este proporțională cu cele două mase și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele), atunci trebuie să amintim următoarea triadă: Tycho Brahe (1546 - 1601), căruia îi datorăm, îndeosebi, serii de observații deosebit de precise și efectuate consecvent asupra pozițiilor planetelor.

Legea atracției universale mai conține un factor de proporționalitate, constanța gravitațională, care exprimă forța cu care se atrag două mase de câte 1 g, situate la distanța de 1 cm. Astronomia este în stare să compare masele diferitelor corpuri cerești, dar nu să obțină această constantă. Experimentul necesar pentru aceasta a fost realizat în 1798, de Henry Cavendish, cu ajutorul balanței de torsiune, pe care Coulomb o folosea încă în 1785 la măsurători electrice. Valoarea constantei este de $6,7 \cdot 10^{-8} \text{ g}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-2}$, masa Pămîntului, calculată pe această bază, este de $6,10^{27}$.

De asemenea, pornind de la legea atracției universale, Joseph-Louis Lagrange a definit potențialul (în 1777), al cărui gradient dă forța de atracție, că Pierre-Simon de Laplace a dedus, în 1782, pentru această funcție a coordonatelor ecuația cu derivate parțiale $\Delta \phi = 0$, care-I poartă numele și care a

fost apoi modificată în modul cunoscut, în 1812, de către Simeon-Denis Poisson (1781 – 1840) pentru interiorul substanței. Acestea au fost pregătiri importante în vederea teoriei potențialului din electrostatică. Ecuația diferențială a lui Laplace-Poisson este expresia generalizată a legii atracției universale a lui Newton. Ea rezultă din aceasta și duce înapoi la aceasta dacă aplicăm unor puncte materiale (sau unor sfere omogene).

Legea atracției universale a pus bazele astronomiei teoretice, a cărei sarcină principală este de a calcula perturbațiile orbitelor planetare, cauzate de atracția dintre planete; această problemă îi mai preocupă și astăzi pe astronomi și pe matematicieni.

Teoria relativității generalizate (1913 și următorii) a lui Einstein a explicat aceasta, în 1916, drept o consecință a curburii spațiului și a micșorării vitezei luminii, care, potrivit acestei teorii, sînt determinate de orice câmp gravitic, dar devin manifeste doar în apropierea unui corp atît de masiv ca Soarele. Cele 42” care rezultă cu regurozitate din masa Soarelui, din constanta gravitațională și din distanța Mercur-Soare constituie unul dintre cele trei fapte empirice care sprijină această teorie genială, dar însă nu pe deplin confirmată.

Legea newtoniană a atracției universale afirmă, dacă o luăm literal, o acțiune la distanță nemijlocită. Din totdeauna s-au ridicat obiecții împotriva posibilității unei astfel de acțiuni, chiar și pe vremea lui Newton; și nici el nu nega această dificultate.

Sub imensa impresie produsă de descoperirea lui Newton, idea acțiunii la distanță s-a extins și asupra altor domenii ale fizicii. La aceasta a contribuit, desigur, și faptul că din ea s-a putut deduce simpla și eleganta teorie matematică a potențialului. Pe cînd în mecanica corpurilor deformabile se lucra exclusive cu acțiuni din aproape în aproape, primele teorii ale fenomenelor electrice și magnetice s-au întemeiat pe acțiunea la distanță.

O dovadă amuzantă a prestigiului covârșitor pe care și l-au câștigat ideile newtoniene stă în faptul că știința secolului al XVIII-lea a relegat meteoriții în domeniul fabulei, deși existau în acest sens mărturii, începând din cea mai îndepărtată antichitate. Pentru epigonii lui Newton. Căderea haotică a unor pietre și mase feroase “din cer” părea de neconciliat cu ordinea cosmică dezvăluită de magistrul lor. Abia în 1794, Ernst Friedrich Chladni a folosit experiența sa de jurist pentru a compara critic între ele numeroasele mărturii și a dedus din buna concordanță a unor informații total independente realitatea celor observate. Când apoi, în 1803, un mare roi meteoritic a căzut în apropierea de Laigle (departamentul Orne, Franța) și Jean-Baptiste Biot (1774 – 1862) a putut să-l cerceteze, Academia din Paris s-a văzut nevoită să renunțe la punctual ei de vedere negative. Într-adevăr, între cer și Pământ existau mult mai multe lucruri decât putuse să-și închipuie înțelepciunea școlilor.

CAPTOLUL IV. Optica

Optica este cu foarte puțin mai tânără decât mecanica, noțiunea de rază este străveche.

Oamenii ca William Rowan Hamilton și Carl Friedrich Gauss (1777-1855) și-au adus contribuția ; cu toată munca și ingeniozitatea lor, optica geometrică nu a ajuns într-o stare încă încheiată. Limitele valabilității sunt impuse de natura ondulatorie a luminii ; ele se manifestă la microscop în faptul că, după cum au stabilit în 1874 Ernst Abbe (1840 – 1905) și Hermann V.Helmboltz, acesta nu este în stare să dea, în lumină vizibilă, imaginea a două puncte situate la distanță mai mică de 10^{+5} cm.

Pentru optica mai veche, explicarea culorilor a constituit o deosebită dificultate. Dovada, făcută în 1672, că lumina colorată este de natură mai simplă decât cea albă a fost a doua mare realizare a lui Isaac Newton, nimic nu ilustrează mai bine însemnătatea acestei descoperiri decât protestul pasionat al lui Goethe (1791 – 1972 și 1810), care se referă, în ultimă instanță, la faptul că ochiul, spre deosebire de ureche, nu analizează armonic oscilațiile care-l excită, ci percepe lumina albă ca ceva unitar.

O problemă discutată în secolul al XVII-lea a fost existența unei viteze finite de propagare a luminii, Descartes o nega, Galilei o susținea, - amândoi fără justificare empirică. Mijloacele de atunci nu erau suficiente pentru un experiment decisiv.

În teoria luminii au jucat un rol hotărâtor descoperirea interferenței, a difracției și a polarizării. Primele observații din acest domeniu se datoresc lui Francesco Maria Grimaldi (1816 – 1663) care, într-o lucrare apărută postum, în 1665, descrie amănunțit difracția produsă de o bară și o rețea, aceste observații au rămas fără influență asupra dezvoltării științei, chiar și după ce au fost repetate de Newton.

O teorie ondulatorie a fost întrevăzută cu timiditate încă de Grimaldi și, cu mai multă hotărâre, de Robert Hooke. Însă aceasta datează, propriu-zis, abia din 1678, când Christian Huygens a prezentat Academiei din Paris lucrarea sa *Traite de la Lumiere* (Tratat despre lumină, tipărit în 1690).

Spre deosebire de mecanică, în teoria luminii domnește, în secolul al XVIII-lea, o relativă stagnare. Apoi a început însă epoca “eroică” a teoriei ondulatorii, care a durat din 1800 până de la 1835; progresul a avut loc îndeosebi în Anglia și în Franța. În 1801, Thomas Young (1773 – 1829) a introdus ideea interferenței și a aplicat-o, în modul cunoscut, inelelor lui Newton. El a fost primul care a obținut o determinare cantitativă, deși aproximativă, a lungimilor de undă ale luminii. Tot el a stabilit deosebirea dintre raze coerente, provenite din același izvor luminos, și raze incoerente.

A ajuns un fapt stabilit că lumina este o mișcare ondulatorie transversală. Aparatele și experimentele de interferență se acumulau cu timpul, pe măsură ce progresa tehnica experimentală, și contribuiau, la rândul lor, la mărirea preciziei măsurătorilor. Macedonia Melloni (1797 – 1854) a arătat, pe la 1834, că radiația infraroșie se comportă exact ca lumina în experimentele de reflexivitate-refracție și de absorbție, iar în 1846, Carl Hermann Knoblauch (1820-1895) a stabilit, prin experimente de interferență, de difracție și de polarizare, că ea se deosebește de lumină numai prin lungimea ei de undă mai mare. În 1856, Johann Heinrich Jacob Muller (1809 – 1875) a aplicat noua artă a fotografiei la radiația ultravioletă, a cărei lungimea de undă este mai mică.

De regulă, lumina este generată prin procese de oscilație în atomi sau în molecule, sau, cum este cazul radiației termice a metalelor, prin mișcarea termică a electronilor de conducibilitate. Mișcări neîmpiedicate ale electronilor sau ale altor purtători de sarcină nu produc radiație, cu excepția cazurilor în care viteza lor este superioară vitezei luminii. Desigur, potrivit

concepției noastre actuale, bazată îndeosebi pe teoria relativității, o asemenea viteză este imposibilă în vid. Însă în cazul mișcării electronilor sau a protonilor prin substanță, aceasta este posibil, deoarece aici viteza luminii este considerabil mai mică. În cazul acesta, purtătorul de sarcină este însoțit de o undă frontală, asemănătoare cu unda de șoc sonoră fotografiată de Mach și de alții, care însoțește proiectilele cu viteză supersonică. Aceasta este explicația dată de I. Tamm și I. Franck, în 1937, unei observații făcute de P.A. Cerenkov în 1934 (radiația Cerenkov). Ea s-a verificat pe cale experimentală în lucrările lui H. Wzckoff și J. Henderson pentru electroni (1943) și în alte ale lui R.L. Mather pentru protoni (1951).

CAPITOLUL V. Electricitatea și magnetismul

Teoria electricității și a magnetismului este mult mai tânără decât mecanica și optica. Din antichitate nu ne-au rămas decât cuvântul magnet și observații elementare asupra chihlimbarului frecat.

Din această apocă datează o seamă de importante observații calitative. Deosebirea dintre conductoare de electricitate și izolatoare a fost stabilită, în 1731, de Stephen Gray (1670 – 1736), iar în 1759, Franz Ulrich Theodor Apinus (1724 – 1802) a precizat că există, în această privință trepte intermediare de tot felul. Amândoi au observat primele fenomene de influență a unor corpuri încărcate asupra unor conductoare izolate.

Noțiunea de “cantitatea de electricitate” pare să fi constituit un bun comun al secolului al XVII-lea, fiind pusă în legătură, de la început – fără o justificare propriu-zisă – cu idea increabilității și a indestructibilității.

În privința magnetismului, secolul al XVIII-lea dă, de fapt, numai o singură descoperire – iarăși prematură, și deaceia, ineficientă – aceea a diamagnetismului, la care Anton Brugmans (1732 – 1789) a ajuns în 1778, constatând că bismutul este respins de un magnet.

Cunoștințele depre electricitate s-au constituie ca știință abia prin enunțarea legii lui Coulomb, după care forța dintre două sarcini este invers proporțională cu pătratul distanței lor. Această lege are o istorie curioasă. Începutul l-au constituit unele conjecture legate de legea newtoniană a atracției universale. Dar abia în 1767, Priestley a putut stabili, cu toată claritatea, că constatarea făcută de el și de alții, cum ar fi Henry Cavendish, ca sarcina unui conductor este distribuită în întregime pe suprafața lui, pe când interiorul rămîne neafectat de vreo acțiune electrică, este o dovadă strigentă pentru această lege. Dar această constatare nu a fost luată în seamă.

Progresul determinat de legea lui Coulomb se vede din extinderea teoriei potențialului, dezvoltată întâi pentru gravitație, pe care o datorăm lui Simeon denis Poisson. De fapt, echivalentă cu această lege, și cu cunoștința experimentală că potențialul conductoarelor este constant, stăpânim întreaga electrostatică, atîta timp cît la fenomene nu participă și dielectrici.

Der la Gauss ne-a rămas definiția cantității de electricitate de baza legii lui Coulomb. Unitate a cantității de electricitate este, astfel, acea cantitate care respinge cu forța de 1 dyn o cantitatea egală, așezată la o distanță de 1 cm. Gauss a realizat prima măsurare absolută a momentului magnetic al unui magnet de oțel și a intensității cîmpului magnetic terestru. Teoria matematică a acestui cîmp, dată de Gauss, constituie continuarea directă și încheierea operei lui W. Gilbert. El întemeiază cu această teorie primul system consistent de măsură pentru electricitate și magnetism.

Eletroliza, în care vedem astăzi cauza apariției curentului galvanic, a fost descrisă în 1797, încă înainte a pilei voltaice , de Alexander v. Humboldt (1769 – 1859), - cunoscut , de altfel , numai în științele descriptive ale naturii, unde și-a cîștigat merite foarte mari, - pe baza unui circuit cu un electrod de zinc și unul de argint, între care se afla un strat de apă, genialul, dar fantezistul Johann Wilhelm Ritter a dezvoltat, în 1799, această descoperire, separînd, de exemplu, cuprul metallic din soluții de sulfat de cupru. El a descoperit, în 1798, coincidența dintre șirul lui Volta și seria de afinități chimice a elementelor față de oxygen.

Descoperirea lui Volta a inițiat însă și alte dezvoltări.

În 1811, de exemplu, cu ajutorul unei baterii compusă din 2000 de elemente, Davy a realizat arcul voltaic, care a fost folosit ca sursă de lumină electrică pînă cînd becul cu incandescentă, inventat în 1879 de Thomas Alva Edison, l-a scos treptat din circulație.

Mai corectă era presupunerea că o descărcare electrică ar putea să devieze acul magnetic, pornind de la această presupunere, Hans Christian Orsted (1777 -1851) descoperă, în 1820, devierea acului magnetic de către un current electric și stabilește apoi acțiunea orientativă corespunzătoare și stabilește apoi acțiunea orientativă corespunzătoare a unui magnet asupra unui current mobil.

Aceste efecte magnetice ale curenților au furnizat o unitate de măsură pentru intensitatea curentului. Georg Simon Ohm a folosit aceasta, în 1826, pentru ca, delimitând clar noțiunile de forță electromotoare, cădere de tensiune și intensitate a curentului, să deducă legea care-i poartă numele.

În 1847, G.R.Kirchhof a putut să resolve, pe această bază, problema derivațiilor de current, prin regulile care-i poartă numele.

Electrodinamica și-a găsit o aplicație care a schimbat fața lumii în telegraf, căruia Gauss și Wilhelm Weber (1804 – 1891) i-au dat, în 1833, forma care utilizează numai o singură linie.

După 1822 intervine o pauză în dezvoltarea electromagnetismului, deși nu fusese lămurită decât una din cele două laturi ale acestui grup de fenomene. Înfășurând două bobine de sîrmă pe un inel de fier, Faraday a descoperit, în 1831, că acțiuni magnetice a curenților îi corespunde o reacție exercitată asupra curenților.

Electrodinamica permite stabilirea unui al doilea sistem de unități de măsură, independent de legea lui Coulomb, de exemplu, putem defini ca unitate de intensitate curentul care circulă în două conductoare liniare lungi și paralele, situate la distanță de 1 cm, când acestea se atrag sau se resping cu o forță de 2 dyn pe unitatea de lungime.

Unitățile electrice folosite actualmente în tehnică – amperul, voltul, ohmul etc. – au fost stabilite în 1881 la un congres internațional de la Paris, pe baza sistemului de unități electromagnetice. Din cauza unei lipsa de

perspectivă asupra dezvoltării tehnicii, au existat atunci temeri de a adopta chiar unitatea electromagnetică de current, deoarece părea prea mare pentru practică; de aceea, amperul a fost definit ca $1/10$ din această valoare.

Descoperirile electrodinamicii au pus în fața teoriei probleme care, spre deosebire de cele precedente, nu mai puteau fi rezolvate doar cu ajutorul unor forțe centrale dependente numai de distanță, exercitate între puncte materiale. Ampere și Franz Ernst Neumann, dar îndeosebi Wilhelm Weber, s-au ocupat de aceste probleme. Admițând că forța dintre două sarcini depinde nu numai de distanță, ci și de viteză și de accelerație, precum și că curenții ar fi sarcini în mișcare, legea fundamentală a lui Weber (1846) a înbrățșat forțele electrostatice și cele electrodinamice, inclusive inducția pentru circuite închise, adică tot ce se știa atunci despre electricitate.

Îndrumarea spre înțelegerea corectă a fenomenelor electrice și magnetice o datorăm lui Michael Faraday. El a descoperit, în 1837, influența dielectricului asupra proceselor electrostatice, iar în 1846 și în anii următori, extinderea generală a proprietăților diamagnetice asupra tuturor substanțelor, față de care paramagnetismul apare ca o excepție.

Maxwell dă, într-o primă scriere din 1855 – 1856, matematica referitoare la noțiunea liniilor de forță, introdusă de Faraday. Analizând în special mersul liniilor de forță magnetice în vecinătatea unui current electric, el ajunge la cunoscuta ecuație diferențială vectorială, aplicabilă numai câmpurilor staționare, potrivit căreia fiecare linie de current formează un vârtej al câmpului magnetic.

Transmiterea forței prin câmpul electromagnetic Maxwell o atribuie tensiunilor care-I poartă numele și care, de deplin analoge cu tensiunile elastice analizate de Cauchy, se deosebesc de acestea numai prin faptul că nu sunt legate de deformații ale substanței, ci, fiind determinate numai de câmp, își pot avea sediul chiar în vid, unde nu există nici o substanță.

Cu aceasta, fundamentele fizice ale actualei teorii ale electricității erau complete. E drept, abia în 1890, Heinrich Hertz dă legii inducției a lui Faraday forma unei ecuații diferențiale, în care ea apare ca un analog al sus-amintitei relații diferențiale maxwelliene, și astfel sistemul ecuațiilor lui Maxwell, în care vedem – împreună cu Hertz – esența teoriei maxwelliene, capătă acea formă simetrică de-a dreptul estetică care, dat fiind conținutul ei fizic atât de cuprinzător, ne apare aproape ca o revelație.

Cu toată coerența ei și deși era în deplină concordanță cu experiența, teoria lui Maxwell a fost admisă numai treptat de fizicieni. Ideile ei erau prea neobișnuite, chiar savanți de talia unui Helmholtz sau Boltzmann au trebuit să se străduiască ani de-a rândul până au înțeles-o. În 1879, Academia din Berlin a propus un premiu pentru dovada experimentală a influenței dielectricilor asupra inducției magnetice, în 1887, H. Hertz a rezolvat problema, cu ajutorul unor oscilații rapide.

La fel cum după Newton a urmat o epocă de constituire matematică a mecanicii, tot astfel a început, după Maxwell, prelucrarea matematică a teoriei maxwelliene. Pentru reprezentarea câmpurilor magnetice turbionare din jurul curenților staționari se introdusese, însă în perioada precedentă, potențialul vectorial. În 1898, Alfred-Marie Lienard, și Emil Wiechert, în 1900, au adăugat și potențialului scalar al electrostaticii potențialele de retardare, în care viteza de propagare finită a acțiunilor electromagnetice își găsește expresia cea mai pregnantă.

Astfel, pe la începutul secolului al XX-lea. Teoria electricității și a magnetismului părea destul de încheiată, mai ales, după ce, cu puțin înainte, atomistica intrdusese ordine și claritate în confuzia fenomenelor care se produc la descărcările în gaze rarefiate. Și totuși, în domeniul ei cel mai propriu, în conductibilitate, a apărut un fenomen nou și surprinzător. Însă din 1835, din măsurătorile lui Heinrich Friedrich Emil Lenz, se știa că rezistența

metalelor scade atunci cînd sînt răcite, iar heike Kamerlingh-Onnes (1853 – 1926) a măsurat această scădere pînă sub 10°K , în 1908. cînmnd a reușit să producă astfel de temperaturi prin lichefierea heliului.

Cercetătorii de mai tîrziu au adăugat la lista supraconductoarelor mai multe metale pure, precum și o seamă de aliaje și de compuși chimici. W.J. de Haas și colaboratorii au observat apot că pragul unui fir supraconductor pare să depindă de direcția cîmpului magnetic în raport cu axa firului. Explicația a fost dată în 1932, de M.v.Laue “Dacă introducem un supraconductor într-un cîmp magnetic uniform, atunci acesta este deformat, pentru că liniile de forță ocolesc supraconductorul, după cum conchisese din teoria lui Maxwell încă Gabriel Lippmann (1845 – 1921).

Totuși, supraconductorul nu este un conductor în sensul teoriei lui Maxwell, care s-ar deosebi de ceilalți numai prin conductivitatea sa infinit mare, căci atunci un cîmp magnetic pătruns în supraconductor desupra punctului critic ar trebui “să înghețe” în interiorul lui la scăderea temperaturii. În 1933 însă, măsurătorile lui W. Meissner și ale lui R. Ochsenfeld au arătat că, în acest caz, campul magnetic este dezlocuit, nu este nici o deosebire dacă întîi răcim sub punctual critic și excităm apoi campul magnetic, sau invers. Acest efect Meissner impune o completare a teoriei maxwelliwnw, pe baze cu totul noi.

Relația dintre cîmpul electromagnetic și sarcinile lui a fost supusă unor fluctuații interesante în concepția fizicienilor. După cum Newton și urmașii săi consideraseră gravitația drept un efect a cărui cauză sînt masele, tot astfel, la început, fiecare fizician credea că forțele electrice sînt determinate de sarcini.

Legăturile dintre teoria electricității și mecanică sînt, de asemenea, interesante. După cum am arătat, pe la 1862, Maxwell a încercat să-și formeze o imagine mecanică a cîmpului magnetic, mai tîrziu, pe măsură ce teoria sa

cîștigă tot mai jultă recunoaștere, mulți au căutat să construiască, pe o cale rațională, o mecanică a eterului, ca fundament al acestei teorii.

De la 1880 a apărut, încetul cu încetul, idea inversă, de a reduce mecanica la electrodinamică. Faptul că un purtător de sarcină mobil antrenează cu sine campul său magnetic și că acesta comportă un impuls a sugerat, în mod firesc, idea unei mase inerte electromagnetice. Și unii au încercat să conceapă orice masă ca masă electromagnetică. În 1902, de exemplu, aceasta și-a găsit formularea matematică în teoria lui Max Abraham (1875 – 1922) pentru impulsul electronului în mișcare, considerat ca o sferă încărcată, calculele au dus la o expresie a masei care depinde de viteză și forma lui Abraham a făcut mult timp concurență celei relativiste.

Chiar dacă dinamica relativistă este cu totul independentă de orice reprezentare asupra naturii forțelor, deci independentă și de electrodinamică, aceasta a jucat totuși un rol hotărîtor în crearea dinamicii relativiste.

Unele cercetări mai recente asupra magnetismului depășesc domeniul electrodinamicii pure. În timp ce teoria maxwelliană consideră magnetizarea proporțională cu intensitatea cîmpului magnetic (în concordanță cu experiența, la corpuri diamagnetice și slab paramagnetice), la corpurile care au magnetismul a fost descoperit inițial – fierul, nicelul și cobaltul, precum și la anumite aliaje – magnetizarea lor, o dată cu creșterea intensității cîmpului, o valoare de saturație mult superioară magnetizărilor realizabile cu alte substanțe.

Interpretarea teoretică a comportării diferite a substanțelor dia- și paramagnetice a fost dată, în 1905, de Paul Langevin. În timp ce diamagnetismul este determinat de inducția produsă de campul magnetic asupra electronilor în moleculă, paramagnetismul este generat de magneți elementary cu moment constant și rotație liberă, campul are tendința de a-l ordona, în opoziție cu dezordinea termică.

După cum a arătat P. Debye, în 1912, teoria magnetismului a lui Langevin poate fi extinsă fără dificultate la variația în funcție de temperatură a susceptibilității electrice a unor lichide și gaze în care moleculele au un moment electric constant, ea scade, de asemenea, invers proporțional cu temperatura absolută.

CAPITOLUL VI. Sistemul de referință în fizică

Problema la care se referă titlul de mai sus poate fi urmărită pînă la antichitatea greacă. Ea are trei perioade: cea **geometrică**, pînă în secolul al XVII-lea, cea **dinamică**, care, începînd cu victoria teoriei ondulatorii a luminii (aproximativ 1800) a cuprins întreaga fizică, și perioada **teoriei relativității** a lui Einstein, care începe în 1905.

Problema sistemului de referință era rezolvată practice, nu însă în principiu.

Newton, care a intuit importanța acestei întrebări, a găsit soluția, admițînd că ar exista un timp “absolute” și în spațiu “absolute” și că acesta ar fi cel ce stabilește sistemul de referință corect. Împreună cu Ludwig Lange (1863 – 1936) va trebui să recunoaștem că aceste două noțiuni nu sînt tocmai ușor de conceput și chiar întrucîtva “fantosmatice”, asemenea unor strigoi, ele se mai arată și astăzi în mintea unora.

Abia în 1886 a fost găsit cuvîntul eliberator, și anume în scrierea lui Lange “Evoluția istorică a noțiunii de mișcare”. El spune: fizica își definește sistemul de referință după scopul pe care acesta urmează să-l satisfacă, adică după același punct de vedere care stă și la baza măsurării timpului.

Definițiile lui Lange exclude multe alte sisteme de referință imaginabile, de exemplu orice sistem care se rotește cu viteză constantă față de cel astronomic. Cum a menționat încă Newton, într-un astfel de sistem un corp în repaus este supus aparent unei forțe centrifuge, despre care ecuațiile de mișcare nu ne spun nimic și care nu este, în fapt, decît o altă expresie pentru tendința spre mișcarea rectilinie în raport cu un sistem inerțial.

Pe baza dinamicii putem deduce dintr-un sistem inerțial și altele. Toate sistemele de referință sînt echivalente cu primul, dacă au în raport cu acesta o viteză de translație constantă. Acest lucru îl știa bine și Newton, de

asemenea, încă Galilei a arătat, apărînd doctrina coperniciană împotriva unor obiecții mecanice populare, că într-o încăpere închisă din interiorul unei corabii ce se mișcă nu putem constata această mișcare prin nici un experiment mecanic.

Vechea idee a adivității vitezei luminii cu viteza corpurilor și-a găsit sprijin și în altă parte, de exemplu, în 1842, cînd Christian Doppler (1803 – 1853) a tras din teoria ondulatorie concluzia că apropierea izvorului luminos de observator mărește numărul de oscilații observate, iar creșterea distanței îl micșorează.

Și totuși, el a avut dreptate într-o anumită măsură, deoarece astronomia a oferit primul cîmp pentru valorificarea principiului său. În 1860, Ernst Mach (1838 – 1916) a aformat limpede că liniile de absorbție din spectrele stelare trebuie să prezinte efectul Doppler, dar că, în afară de acestea, există linii de absorbție de origine terestră, care nu prezintă acest efect. Se pare că, în această privință, prima observație i-a reușit, în 1868, lui William Huggins (1824 – 1910).

Oricît ar fi de importante aberația și efectul Doppler, ele nu ne dau răspuns la întrebarea dacă există mai multe sisteme de referință justificate din punctul de vedere al opticii, după cum arată un examen mai amănunțit, aceste efecte nici nu depind de viteza izvorului luminos și a observatorului față de un sistem de referință, ci numai – cel puțin, în primă aproximație – de viteza lor relativă. În schimb, existența unui sistem de referință preferențial ar fi dovedită dacă o observație ar pune în evidență o influență a vitezei comune tuturor corpurilor implicate.

Încercările au fost numeroase, după ce Jacques Babinet (1794 – 1872) a căutat, în 1839, să stabilească o influență exercitată de mișcarea Pămîntului asupra fenomenelor de interferență. Toate au dat rezultate negative. Cele mai multe dintre aceste experimente operau cu efecte de

ordinul întâi și nu mai puteau fi folosite pentru a decide în problema sistemului de referință, când, în 1895, H.A.Lorentz a demonstrat, pe baza teoriei electronice, că nu pot exista astfel de influențe optice sau chiar electromagnetice de ordinul întâi.

Teoria relativității restrânse a apărut sub influența experimentului lui Michelson și a altora asemănătoare, cu aceasta a început o nouă epocă pentru problema sistemului de referință. Teoria postulează ca legea naturii, existența unei infinități de sisteme inerțiale, care se mișcă prin translație cu viteze constante unele față de altele și care sînt echivalente între ele pentru ansamblul tuturor proceselor din natură.

În fond, încă într-o lucrare din 1887, Woldemar Voigt (1850 – 1919) a stabilit că această transformare duce de la un sistem de referință justificat din punct de vedere optic la un altul tot atît de justificat. Pe la 1900, Henri Poincaré a comentat aceasta prin ingenioase experimente mintale. Iar în 1904, ideea aceasta a fost demonstrată de H.A. Lorentz care, incluzînd și electrodinamica, a dat și o mecanică modificată relativist.

O consecință a transformării Lorentz ne arată că un ceasornic în mișcare merge mai încet decît dacă ar fi în repaus. Ca „ceasornic” putem lua oscilațiile periodice din interiorul atomului, care produc lumina liniilor spectrale. Ce-i drept, acest efect este mic, de ordinul doi, și deci greu de pus în evidență.

Teoria relativității restrânse, despre care a fost vorba, constituie încheierea unei dezvoltări care a durat un secol. Tocmai de aceea, ea nu a mai pus cercetării experimentale probleme noi. Experimentele apărute ulterior nu erau decît îmbunătățiri ale altora mai vechi.

Cu toate succesele ei nepieritoare, teoria relativității restrânse prezintă două lacune principiale. Ea cuprinde, întâi, ca întreaga știință a naturii care provine de la Copernic, un continuu spațiu-timp fizic real, adică exercitînd

acțiuni – „universul”, - care determină inerția tuturor corpurilor, fără să sufere însă o acțiune inversă din partea acestora, și totuși, găsim totdeauna în natură câte o reacțiune la orice acțiune. În al doilea rând, ea concepe fiecare proces de mișcare ca pe o luptă între inerție și forțele care acționează asupra corpului. Aceasta este valabil și pentru gravitate.

Newton s-a ocupat în „Principia” cu problema dacă rotația unui corp este o mișcare absolută sau – cum susținea îndeosebi Ernst Mach (1836 – 1916) în secolul al XIX-lea – o mișcare relativă în raport cu celelalte corpuri, adică în raport cu totalitatea stelelor fixe, dar, oare turtirea Pământului sau curbarea suprafeței apei într-o căldare rotitoare ar dispărea, dacă am putea antrena în rotație sistemul stelelor fixe? Răspunsul teoriei relativității generale este (H. Weyl, 1924): toate părțile unui corp liber și care nu se rotește au linii de univers geodezice, pe când la un corp în rotație au geodezice numai punctele situate pe axa de rotație.

Menționăm, în încheiere, că teoria relativității generalizate nu o înlătură câtuși de puțin pe cea restrânsă, ci dimpotrivă, arată cu rigurozitate justificarea ei pentru domenii spațio-temporale mărginite, care sînt însă, în praxi, atît de mari, încît mărginirea lor nu joacă nici un rol pentru cele mai multe probleme de fizică.

CAPITOLUL VII. Fundamentele teoriei căldurii

Deosebirea dintre corpuri mai calde și mai reci și egalizarea care se produce la contactul unor corpuri diferite de calde sînt cunoscute încă de experiența preștiințifică.

Recunoașterea cantității de căldură și a temperaturii ca noțiuni distincte se datorește lui Joseph Black (1728 – 1799), care a efectuat astfel, imediat după 1760, al doilea pas mare în teoria căldurii.

Cele două cantități de căldură cu ajutorul cărora definim temperatura sînt, după cum arată experiența, întotdeauna mărimi pozitive. Ca atare, nu există temperaturi absolute negative, această scară are un punct de zero absolut.

Deoarece, potrivit experienței, la egalizarea temperaturilor un corp capătă o cantitate de căldură tot atît de mare ca și cea pe care o cedează celălalt, cantitatea de căldură era considerată de Black și de contemporanii săi drept o substanță indestructibilă și increabilă. Nici la mașina cu vapori, dezvoltată cam în 1770 de James Watt (1736 – 1819), astfel încît a devenit un factor economic revoluționar, nimeni nu și-a dat seama, la început, că o parte din căldura transmisă cazanului cu abur se transformă în lucru mecanic, adică dispare ca atare. Această eroare a fost de vină că geniala intuiție a lui Sadi Carnot (1796 – 1832), după care randamentul mașinilor cu vapori este legat printr-o lege universală de trecerea căldurii de la o temperatură mai înaltă la una mai joasă, nu a dat inițial roade.

Cele mai vechi mijloace pentru scăderea temperaturii erau amestecurile frigorifice și răcirea produsă de lichide volatile. Din 1830, cînd un mecanic parizian, Thilorier, a descoperit faza solidă a dioxidului de carbon (CO_2), se puteau obține temperaturi pînă la 173°K . M. Faraday a lichefiat, cu ajutorul lui, toate gazele cunoscute atunci, cu excepția oxigenului,

a azotului și a hidrogenului.

Pe baza noțiunilor de temperatură și cantitate de căldură indestructibilă, Jean-Baptiste Biot a fundat, în 1804, teoria matematică a propagării căldurii, căreia Jean-Baptiste-Joseph Fourier (1768 – 1830) i-a dat forma definitivă, în 1807 și în 1811. metodele create în acest scop fac parte din mijloacele ajutătoare clasice ale fizicii matematice. Aceasta este valabil, în proâimul rând, pentru reprezentarea unor funcții arbitrare prin serii integrale de funcții trigonometrice.

Opera lui Fourier este un exemplu tipic pentru un progres fundamental în matematică, determinat de cerințele fizicii.

CAPITOLUL VIII. Principiul conservării energiei

Sub aspect istoric, principiul conservării energiei provine din mecanică.

Primul care a pus în legătură căldura cu lucrul mecanic a fost Sadi Carnot, a cărui operă însă a eșuat din cauza erorii de a considera cantitatea de căldură drept o substanță invariabilă sub aspect cantitativ. Abia în 1878, când principiul energiei era de mult recunoscut, a apărut o lucrare postumă a lui Carnot, care murise de tânăr, unde acest punct de vedere era părăsit și unde se dădea, fără deducție, un echivalent mecanic al căldurii, destul de corect chiar. Aceasta nu a mai influențat însă mersul istoriei.

Se știa dintr-o străveche experiență că, în cazul frecării, temperatura corpurilor frecare crește, teoria substanțială a căldurii a încercat, prin tot felul de ipoteze despre frecare, să se împace cu aceasta.

În 1799, Humpry Davy a demonstrat același lucru, frecînd, în mașina pneumatică, două bucăți de metal între ele cu ajutorul unui mecanism de ceasornic.

Diferiți cercetători au făcut încercări în această direcție, fiecare în felul său.

Primul a fost Julius Robert v.Mayer (1814 – 1878), un medic care, „potrivit întregii orientări a spiritului său, prefera să generalizeze folozofic, decît să construiască empiric, bucată cu bucată”.

În 1843, Ludwig August Colding (1815 – 1888) ajunge, prin experimente de frecare, aproape la aceeași valoare, motivarea pe care o dă el legii generale a conservării ni se pare încă mai fantezistă decît aceea a lui Mayer. O a doua publicație a acestuia ia în considerare acum și procese electrice și biologice, o a treia, din 1848, întreabă de cauza căldurii solare, explică arderea meteorilor prin pierderi din energia lor cinetică în atmosferă și

aplică legea de conservare la flux și reflux.

În al doilea rând, trebuie citat James Prescott Joule care, în 1843, a făcut o cercetare (apărută abia în 1846) despre efectele termice și chimice ale curentului electric. El a stabilit prin măsurători egalitatea cantității de căldură care se dezvoltă în circuitul exterior al unui element galvanic și care a primit ulterior, pe drept cuvânt, numele său, cu efectul termic al reacției chimice din elementul galvanic, dacă ea are loc fără producere de curent și că această căldură descrește dacă curentul efectuează un lucru mecanic. Curînd după aceea, în 1845, Joule a publicat măsurători ale echivalentului mecanic al căldurii, în cadrul cărora el transformase lucrul mecanic în căldură, parte direct, parte electric, parte prin comprimarea unor gaze.

Însă cel al cărui spirit universal s-a dovedit capabil să cuprindă întreaga importanță universală a principiului a fost Hermann v. Helmholtz.

În 1845, a rectificat, într-o scurtă publicație, o eroare a celebrului chimist Justus v. Liebig (1803 – 1873), arătînd că nu putem echivala, pur și simplu, căldura de ardere a substanțelor nutritive în corpul unui animal cu căldura de ardere a elementelor chimice din care acestea se compun, concomitent cu aceasta, dă o scurtă privire de ansamblu asupra consecințelor principiului pentru diversele domenii ale fizicii.

Considerații lui Helmholtz din 1847 nu au fost întâmpinate imediat de un acord unanim, contemporanii săi mai vîrstnici se temeau că în ele ar ascunsă o reînviere a fantasticului din filozofiahegeliană a naturii, pe care fuseseră nevoiți s-a combată atîta timp. Numai matematicianul Gustav Jakob Jacobi, care și-a cîștigat atîtea merite în domeniul mecanicii, a recunoscut în aceste considerații continuarea legitimă a ideilor matematicienilor francezi din secolul al XVIII-lea, care perfecționează mecanica.

Noțiunea de energie a pătruns și în tehnică, se apreciază orice mașină după bilanțul ei energetic, după gradul în care energia care îi este comunicată

trece în forma de energie dorită. Astăzi, această noțiune face parte din inventarul spiritual al oricărui om cult.

Teoria energiei nu a fost cîtuși de puțin încheiată prin recunoașterea principiului conservării, ci, dimpotrivă, a generat pînă în prezent dezvoltări mereu noi.

Conform mecanicii newtoniene există o energie cinetică ca atare, ea se alătură aditiv oricărei alte forme de energie, ca urmare a mișcării. În teoria relativității, această formă de energie dispare, în schimb, pentru energia de orice formă, mișcarea produce o creștere dată de un factor ce depinde de viteză.

Dacă facem abstracțier de marea și de energia lor, atunci, pînă de curînd, orice energie cunoscută de Pămînt provine, în ultimă instanță, de la radiația solară. Chiar din această cauză, problema originii energiei pe care Soarele și stelele o radiază continuu a devenit de strigentă actualitate o dată cu recunoașterea conservării energiei.

Astăzi, omenirea este în stare, chiar dacă deocamdată numai într-o măsură mică, să folosească direct transmutațiile nucleare ca izvor de energie, fără să mai aștepte ca ele să ne fie oferite prin radiația solară.

CAPITOLUL IX. Termodinamica

Termodinamica clasică, numită în trecut teoria mecanică a căldurii, se bazează pe trei principii. Cel dintâi este principiul conservării energiei, și, ca atare, măsurabilă mecanic. Tot conținutul lui este cuprins în enunțul imposibilității unui perpetuum mobile.

Principiul al doilea arată că un perpetuum mobile de speța II este o imposibilitate din punctul de vedere al legilor naturii, adică nu poate exista o mașină periodică, care să aibă ca singur efect transformarea căldurii în lucru mecanic.

Faptul că există două funcții caracteristice cu totul independente una de cealaltă, cum sînt energia și entropia, permite analizei matematice să tragă multe concluzii cu privire la comportarea termică a corpurilor. Și mai importantă s-a dovedit consecința că orice echilibru într-un sistem izolat trebuie să corespundă unui maxim al entropiei. De îndată ce cunoaștem funcția de entropie pentru diferite corpuri, putem trage concluzii, pe această bază, despre echilibrul dintre ele.

Definițiile energiei și entropiei erau inițial incomplete, deoarece ambele funcții de țare puteau fi calculate numai pornind de la o stare inițială aleasă arbitrar. Principiul inerției energiei împlinește prima lacună. Pentru entropie, completarea o furnizează principiul al treilea, formulat printr-o intuiție genială, în 1906 de Walter Nernst.

O consecință a acestui principiu este, de exemplu, dispariția în apropiere de zero absolut a căldurii specifice și a coeficientului de dilatare. În primul rînd, este importantă posibilitatea, bazată pe acest principiu, de a prevedea teoretic, în toate amănuntele, echilibrul chimic, numai din măsurători termice, anume din măsurarea căldurilor specifice.

Cu aceasta am conturat domeniul termodinamicii clasice. Limitele ei sînt determinate de procesele esențialmente ireversibile, foarte depărtate de echilibru, deoarece principiul al doilea nu ne dă pentru acestea o ecuație, ci numai o inegalitate.

În termodinamica clasică ea poate fi evitată, dacă vrem, și anume, pentru fiecare caz particular putem imagina un proces ciclic potrivit, repetînd astfel de fiecare dată considerațiile generale care ne duc la noțiunea de entropie. În schimb, ea este indispensabilă pentru metodele termodinamicii statistice. Și la descoperirea legii radiației a lui Planck, această noțiune a jucat un rol important, putem spune chiar hotărîtor.

CAPITOLUL X. Fizica nucleară

Cu greu am putea găsi ceva să fi contribuit atât la schimbarea concepției noastre despre atom, ca radioactivitatea. Ea a fost descoperită de către Henri Becquerel (1852 – 1908), în februarie 1896, în cercetări legate de razele rontgen, descoperite la începutul lui ianuarie 1896.

Printre savanții atrași de noul domeniu se aflau și soții Pierre Curie (1859 – 1906) și Marie Curie (1867 – 1934). Ei au cercetat sistematic, sub aspectul proprietăților radioactive, toate elementele chimice cunoscute (tot de la ei provine și denumirea) și au descoperit radioactivitatea la toriu (de altfel, în același timp cu Gerhard C. Schmidt) și de milioane de ori mai intens la două elemente noi, poloniul și radiul

Îndeosebi, Otto Hahn a completat lista acestora, de exemplu descoperind radiotoriul (1904) și mezotoriul I și II (1907) și protactiniul, împreună cu Lise Meitner , în 1917. Procedee întrucâtva diferite s-au dovedit necesare numai pentru gazele radioactive , emanțiile, dintre care Rutherford a descoperit-o pe cea dintâi, în 1900, anume emanația toriului, stabilit totodată că e un gaz.

Același mare cercetător a distins, încă din 1897, pe baza puterii lor de pătrundere, două feluri de radiații radioactive, razele „a” care sunt absorbite mai ușor , și razele „b”, mai pătrunzătoare.

A fost demonstrat formarea elementului heliu din alte elemente. În același timp s-a constatat treptat că un corp radioactiv emite, cu mici excepții, ori numai raze „a”, ori numai raze „b” ; radiația „y”, nedeviabilă, descoperită de Paul Villard în 1900, poate să apară împreună cu razele „a” ca și razele „b”.

S-a demonstrat că radiația „y” nu are de-a face direct cu transmutația elementelor . Ea apare numai atunci când se formează, cu această ocazie, un

nucleu excitat în sensul teoriei cuantelor , care trece apoi în starea fundamentală, emițînd o cuantă „ γ ”. Dovadă experimentală că radiația „ γ ” apare numai după transmutație a fost dată, în 1926, de către Lise Meitner.

În 1905 s-a înregistrat un progres de importanță uriașă, cînd E. V. Schweidler a dat interpretarea legii empirice a dezintegrării : probabilitatea de dezintegrare este independentă de timp pentru fiecare atom și, firește, cu atît mai mare cu cît este mai mic timpul de dezintegrare. Fizica se lovea aici pentru prima dată de un proces care nu se lăsa explicat cauzal.

Importanța teoriei lui Schweidler constă în faptul că, ulterior, fizica a avut de-a face cu multe alte procese atomice pentru care ea poate foarte bine să indice o probabilitate, fără a fi însă capabilă de a stabili cauzal momentul producerii lor. Considerațiile lui Schweidler pot fi extinse asupra tuturor acestor procese.

În secolele XVIII-XIX și parțial în secolul nostru, chimiștii au reușit, cu ajutorul analizei chimice, să descopere și să obțină în stare pură majoritatea celor 92 de elemente chimice pentru care există loc în sistemul periodic de atunci. Reacțiile nucleare au permis să se creeze specii de atomi artificiali care să umple puținele lacune rămase.

În această perioadă au fost descoperite mai multe radioactive, ce au timpuri de înjumătățire foarte scurte în comparație cu vîrsta Rămîntului, de aceea este firesc să nu le mai găsim în natură.

CAPITOLUL XI. Fizica cristalelor

Știința care studiază cristalele aparține exclusiv epocii moderne. Ce-i drept, formele regulate ale anumitor diamante, ca și fețele plane ale altor cristale trebuie să fi fost de mult remarcate, dar probabil că din cauza varietății aparent neregulate a mărimii și a formei lor nu au fost stabilite legi.

A fost într-adevăr o realizare că, în 1669, Niels Stensen (Nicolaus Steno, 1638 – 1686), cercetînd cristalul de stîncă (cuarț) – de la care denumirea de „cristal” a fost extinsă treptat și asupra altor solide cu forme naturale regulate – și alte cîteva cristale, a descoperit că între fețele lor, oricare ar fi forma lor concretă, apar întotdeauna aceleași unghiuri; cu un ascuțit spirit de observație, el a mai constatat că creșterea cristalelor se produce prin depuneri de substanță din mediul înconjurător, și nu într-un mod analog cu creșterea plantelor, din interior spre exterior, cum se credea cîteodată.

Abia în 1772 apare din nou o lucrare importantă, consacrată formelor cristaline, în care Jean-Baptiste Rome de l Isle (1736 – 1790) extinde legea constantei unghiurilor dintre fețe asupra unei serii de alte cristale. Unghiule, adică pozițiile relative ale fețelor sunt caracteristica propriu-zisă a oricărui tip de cristal, pe cînd mărimea fețelor este determinată, în mare măsură, de diverse circumstanțe întîmplătoare, care intervin în cursul creșterii cristalului.

Aceasta este legea pe baza căreia s-a dezvoltat cristalografia geometrică, în minuțioase lucrări izolate, și nu fără multe rătăcirii. După lucrările epocale ale lui Christian Samuel Weiss (1780 – 1856), cercetările elevului său Franz Ernst Neumann (primul mare fizician care se ocupă și de cristale), după cercetările lui Friedrich Mohs (1773 – 1839) și ale lui Karl Friedrich Naumann (1797 – 1873), în sfîrșit, în 1839, William Hallows Miller (1801 – 1880) ajunge să enunțe „legea de raționalitate” – recunoscută înainte și de Weiss și de Neumann – într-o formă în care poziția fiecărei fețe a

cristalului este caracterizată prin trei numere întregi, nu prea mari – „indicii” ei – dacă se cunosc dinainte trei axe ale cristalului și lungimea fiecăreia dintre ele. Cercetătorii de mai sus au încercat să dea și o clasificare pe sisteme a cristalelor. Însă o sistematică completă, adică demonstrația deometrică, pe baza legii de raționalitate, că există 32 de clase de cristale și nu mai multe, a putut fi obținută abia spre sfârșitul acestei perioade (1830), de către Johann Friedrich Christian Hessel (1796 – 1872).

La început aceste cercetări cu au exercitat influența asupra fizicii, pentru că nici un fel de fenomene fizice nu impuneau adoptarea ipotezei rețelelor spațiale. Printre puținii fizicieni care se ocupau, în genere, de studiul cristalelor, unii susțineau concepția opusă, anume că în cristale, ca și în orice altă materie, centrele de greutate ale moleculelor ar fi distribuite fără nici o regulă și că abia așezarea paralelă a unor direcții privilegiate ale moleculelor creează anizotropia. Nici în mineralogie nu s-a vorbit mult despre această ipoteză. Numai Paul v. Groth (1843 – 1927) a menținut tradiția lui Sohncke, în cursurile sale de la Munchen. Victoria acestei ipoteze a fost câștigată în 1912, prin experimentele lui W. Friedrich și ale lui Paul Knipping (1883 – 1935) care, potrivit ipotezei enunțate de M.v. Laue, au dovedit interferența razelor rontgen trecute prin rețeaua cristalină.

Această teorie permite compararea lungimii de undă cu cele trei perioade ale rețelei spațiale. Dat fiind că acestea din urmă puteau fi indicate inițial numai ca ordin de mărime, determinarea absolută a lungimii de undă era imposibilă. Dificultatea consta în structura atomară necunoscută, nu se știa câți atomi anume conține fiecare celulă a rețelei spațiale.

Măsurarea lungimilor de undă a dat naștere spectroscopiei cu raze rontgen. Radiațiile caracteristice K, L, M,... ale elementelor chimice, pe care în 1908 C. G. Barkla și C. A. Sadler le-au distins după gradul diferit în care sînt absorbite, au fost rezolvate, începînd din 1913, întîi în lucrările celor doi

Bragg și ale lui H. G. J. Moseley, în serii de linii spectrale nete, ale căror lungimi de undă prezintă dependențe simple față de locul elementelor în sistemul periodic, oricare ar fi compusul chimic din care face parte.

Razele rontgen au mai scos în evidență și răspîndirea stării cristaline. Ce-i drept, numai arareori este vorba despre cristale mari, bine formate, mult mai frecvent avem de-a face cu structuri „microcristaline” din cristaliți microscopici sau și mai mici, dispuși aleatoriu.

Teoria inițială a interferențelor în rețeaua spațială este, o aproximațiune, ce-i drept aproape totdeauna suficientă pentru raze rontgen și neutroni, dar adeseori insuficientă pentru electroni. Completarea ei pînă la o teorie mai precisă, „dinamică”, a fost realizată, pentru razerontgen, în forme diferite de C. G. Darwin (1914) și de P. P. Ewald (1917), care a reușit, cu ajutorul ei, să explice abaterile măsurărilor de precizie ale lui W. Stenstrom (1919) față de vechea teorie. Teoria dinamică și-a căpătat forma probabil definitivă în 1931, datorită lui M. V. Laue, iar legarea ei de mecanica ondulatorie a fost efectuată de M. Kohler în 1935.

Spre deosebire de teoria mai veche, teoria dinamică descrie și undele din interiorul cristalului, ea a explicat în mod simplu, după W. H. Zachariasen și M. V. Laue, descoperirea de către G. Borrmann a absorbției anormal de mici a razelor rontgen în caz de interferență (1941), permițînd lui M. V. Laue, în 1952, să stabilească legile drumului optic pentru acest caz, ulterior confirmate în mod strălucit de G. Borrmann și colaboratorii săi.

Teoria inițială era incompletă și pentru că făcea cu totul abstracție de mișcarea termică a atomilor, deși aceasta, comparată cu cele trei perioade ale rețelei spațiale, nu este de loc neglijabilă, la temperatura camerei sau la temperaturi mai mari. În 1914, P. Debye a arătat că mișcarea termică nu influențează poziția și claritatea maximelor de interferență, dar că le micșorează intensitatea. Această teorie a suferit de atunci mai multe

transformări. În anii 1926 – 1933, W. L. Bragg și colaboratorii săi au confirmat-o prin lungi serii de măsurători.

CAPITOLUL XII. Radiația termică

Teoria radiației termice este una dintre ramurile cele mai tinere ale fizicii. Noțiunea a fost stabilită de chimistul Karl Wilhelm Scheele (1742 – 1786), primele experimente au fost făcute de Marcus-Auguste Pictet (1752 – 1825), iar Pierre Prevost (1751 – 1839) a tras din ele concluzia, în 1791, că fiecare corp radiază independent de mediul înconjurător.

Deschizătoarea de drumuri a fost descoperire lui Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887), că în fiecare cavitate înconjurată de corpuri având aceeași temperatură se produce o radiație universală, numită radiația corpului negru, care depinde numai de temperatură și nicidecum de natura pereților, și că emisia radiantă a fiecărui corp poate fi redusă ca intensitate la aceasta dacă i cunoaștem absorbția și indicele de refracție (1859).

Importanța acestei descoperiri nu o bănuia încă nimeni pe atunci, de altfel, o observare a radiației într-o cavitate închisă părea și imposibilă pînă în 1895, cînd Otto Lummer (1860 – 1925) și Wilhelm Wien) au avut ideea de a privi în cavitate printr-o mică deschidere practică în perete, care nu influența esențial starea radiației.

Al doilea pas în cercetarea razelor termice a fost realizat în 1884, de Ludwig Eduard Boltzmann. Trăgînd concluzia, pe baza teoriei electromagnetice a luminii, că radiația corpului negru exercită o presiune asupra pereților, egală cu o treime din energia ei în unitatea e volum.

Aceasta a fost demonstrat și precizat într-un rezultat din 1879 al lui Josef Stefan (1835 - 1893), obținut pe baza de măsurători ale unor fizicieni ; a fost , totodată , și un triumf al teoriei electromagnetice a luminii. H. A. Lorentz, făcînd necrologul lui Boltzmann, a calificat această mică lucrare drept o perlă a fizicii teoretice, a cărei îndrăzneală bine chibzuită stă în extinderea noțiunilor termodinamice de presiune și temperatură (deci implicit

și a celei de entropie) asupra radiației corpului negru.

Lui Planck i-au folosit cei 20 de ani de activitate în domeniul termodinamicii și înțelegerea clară a semnificației entropiei , de care, în buna parte, lumea încă nu-și dădea seama pe atunci.

Cînd octombrie 1900, Planck a aflat despre măsurătorile noi, efectuate de Ferdinand Kurlbaum (1857 – 1927) și Heinrich Rubens (1865 – 1922) și care confirmă această din urmă lege pentru unde lungi , el a stabilit între aceste două dependențe o formulă de interpolare, din care a reieșit direct de radiație care-i poartă numele și care conține formulele mai vechi drept cazuri limită.

Ca produs secundar, termodinamica radiației a furnizat o confirmare surprinzătoare a principiului lui Boltzmann. Două sisteme parțiale, despărțite spațial, sînt în genere statistic independente, așa încît probabilitățile lor se înmulțesc între ele dacă vrem să calculăm probabilitate întregului sistem. Potrivit principiului de care de ocupăm, înmulțirii probabilităților îi corespunde compunerea aditivă a entropiei totale din entropiile celor două sisteme parțiale, care se presupun în general în termodinamică clasică, de cele mai multe ori tacit. Efectuînd astfel calculul în cazul a două raze coerente care apar dintr-o rază prin reflexie și refracție, constatăm că entropia lor totală este mai mare decît aceea a razei inițiale.

Contradicția se rezolvă dacă renunțăm la aditivitatea entropiei. Și aceasta este în adevăr necesar, în virtutea principiului lui Boltzmann, căci una dintre cele două raze este determinată în toate amănuntele oscilației ei de cealaltă, ea nu este independentă statistic de cealaltă. Această singură excepție de la principiul aditivității entropiei ar fi de neînțeles fără principiul lui Boltzmann.

CONCLUZIE

După cum istoria popoarelor și a statelor menționează numai evenimentele mai importante și pe oamenii care au avut oarecare însemnătate în desfășurarea lor, tot astfel istoria unei științe poate să se oprească numai la unele momente culminante ale cercetării și să amintească numai pe cei care au participat la ele. Rămân astfel în umbră mii de oameni care, începând cu secolul al XVII-lea, i s-au consacrat, de cele mai multe ori, din pură pasiune, căzându-se câteodată chiar jertfă. Munca lor însă nu a fost câtuși de puțin zadarnică sau inutilă. Numai datorită colaborării modeste a celor mulți s-a putut realiza imensitatea de observații și de calcule necesare și asigura continuitatea progresului, numai multiplicitatea de interese și de talente a împiedicat ca cercetarea să se limiteze exclusiv doar la câteva direcții, opera lor a constituit și constituie premisa indispensabilă pentru posibilitatea unor realizări proeminente sau chiar geniale. Fizica este, cel puțin de la sfârșitul secolului al XVII-lea, o creație colectivă. Și aceasta constituie, de asemenea, un fapt istoric.