

Nicolae Sfetcu

FIZICA FENOMENOLOGICĂ
COMPENDIU

Volumul 1

MultiMedia Publishing

Nicolae Sfetcu

FIZICA FENOMENOLOGICĂ

COMPENDIU

Volumul 1

Ediția alb-negru

MultiMedia Publishing

Drobeta Turnu Severin, 2019

Copyright © 2019 Nicolae Sfetcu
Email: nicolae@sfetcu.com
Toate drepturile rezervate.

ISBN 978-606-033-189-6

MultiMedia Publishing
Drobeta Turnu Severin, 2019
Email: office@multimedia.com.ro
Tel. 0745 526 896

Nicio parte a acestei cărți nu poate fi reprodusă sau stocată într-un sistem electronic sau transmisă sub nicio formă sau prin orice mijloace electronice, mecanice, prin fotocopiere, prin înregistrare sau prin alte mijloace, fără permisiunea expresă scrisă a autorului.

Publicat de MultiMedia Publishing, Drobeta Turnu Severin, 2019, www.setthings.com/editura

Prima ediție

DECLINARE DE RESPONSABILITATE: Având în vedere posibilitatea existenței erorii umane sau modificării conceptelor științifice, nici autorul, nici editorul și nicio altă parte implicată în pregătirea sau publicarea lucrării curente nu pot garanta în totalitate că toate aspectele sunt corecte, complete sau actuale, și își declină orice responsabilitate pentru orice eroare ori omisiune sau pentru rezultatele obținute din folosirea informațiilor conținute de această lucrare.

Cu excepția cazurilor specificate în această carte, nici autorul sau editorul, nici alți autori, contribuabili sau alți reprezentanți nu vor fi răspunzători pentru daunele rezultate din sau în legătură cu utilizarea acestei cărți. Aceasta este o declinare cuprinzătoare a răspunderii care se aplică tuturor daunelor de orice fel, incluzând (fără limitare) compensatorii; daune directe, indirecte sau consecvente, inclusiv pentru terțe părți.

Înțelegeți că această carte nu intenționează să înlocuiască consultarea cu un profesionist educațional, juridic sau financiar licențiat. Înainte de a o utiliza în orice mod, vă recomandăm să consultați un profesionist licențiat pentru a vă asigura că faceți ceea ce este mai bine pentru dvs.

Această carte oferă conținut referitor la subiecte educaționale. Utilizarea ei implică acceptarea acestei declinări de responsabilitate.

Volumul 1:

1 Știința

- 1.1 Măsurători științifice
 - 1.1.1 Analiza dimensională
- 1.2 Matematica
- 1.3 Metode științifice
 - 1.3.1 Investigații științifice
 - 1.3.2 Elementele metodelor științifice idealizate
 - 1.3.3 Aspecte ale metodelor științifice
 - 1.3.4 Alte aspecte ale metodelor științifice
- 1.4 Teorii științifice
- 1.5 Atitudinea științifică
- 1.6 Filosofia științei
- 1.7 Știința și tehnologia
- 1.8 Știința și arta
- 1.9 Știința și religia
- 1.10 Pseudoștiința
- Metodologie științifică

2 Fizica

- Cercetarea în fizică
- Domenii de aplicare și obiective
- Ramuri ale fizicii
- 2.1 Filosofia fizicii
 - 2.1.1 Filosofia spațiului și timpului

3 Mecanica

- 3.1 Prima lege de mișcare a lui Newton - Inerția
 - 3.1.1 Aristotel despre mișcare
 - 3.1.2 Sistemul heliocentric
 - 3.1.3 Galileo și turnul înclinat
 - 3.1.4 Experimentele lui Galileo Galilei cu planul înclinat
 - 3.1.5 Prima lege de mișcare a lui Newton
 - 3.1.6 Forța netă
- 3.2 Mișcarea liniară
 - 3.2.1 Mișcarea este relativă (Invarianța galileeană)
 - 3.2.2 Dimensiuni
 - 3.2.3 Viteza
 - 3.2.3.1 Viteza instantanee
 - 3.2.3.2 Viteza medie
 - 3.2.4 Viteza vectorială
 - 3.2.4.1 Viteza vectorială variabilă
 - 3.2.5 Accelerația
 - 3.2.6 Căderea liberă
 - 3.2.6.1 Ecuațiile căderii libere
- 3.3 A doua lege a lui Newton
 - 3.3.1 Forța determină accelerația (Forța)
 - 3.3.2 Frecarea
 - 3.3.3 Masa și greutatea
 - 3.3.3.1 Masa se opune accelerației (Masa și inerția)
 - 3.3.4 A doua lege de mișcare a lui Newton
- 3.4 A treia lege de mișcare a lui Newton
 - 3.4.1 Forțe și interacțiuni

- 3.4.2 A treia lege de mișcare a lui Newton (Acțiunea și reacția)
- 3.4.3 Acțiunea și reacțiunea
- 3.4.4 Sumarul celor trei legi ale lui Newton (Legile mișcării ale lui Newton)
- 3.4.5 Statica
- 3.4.6 Dinamica
- 3.5 Impuls
 - 3.5.1 Impulsul newtonian
 - 3.5.2 Variația de impuls
 - 3.5.3 Conservarea impulsului
 - 3.5.4 Coliziuni
 - 3.5.4.1 Coliziunea inelastică
- 3.6 Energia
 - 3.6.1 Lucru mecanic
 - 3.6.2 Puterea
 - 3.6.3 Energia mecanică
 - 3.6.4 Energia potențială
 - 3.6.5 Energia cinetică
 - 3.6.6 Lucrul mecanic și energia - Principiul lucru mecanic-energie
 - 3.6.7 Conservarea energiei
 - 3.6.8 Mașini
 - 3.6.9 Eficiența conversiei energiei
 - 3.6.10 Surse de energie
- 3.7 Mișcarea de rotație
 - 3.7.1 Mișcarea circulară
 - 3.7.2 Inerția rotațională (Momentul de inerție)
 - 3.7.3 Cuplul (Momentul forței)
 - 3.7.4 Centrul de masă și centrul de greutate
 - 3.7.5 Echilibru mecanic - Stabilitatea
 - 3.7.6 Forța centripetă
 - 3.7.7 Forța centrifugă
 - 3.7.7.1 Forța centrifugă în cadru de referință în rotație
 - 3.7.8 Gravitația artificială
 - 3.7.9 Momentul unghiular
 - 3.7.9.1 Conservarea momentului unghiular
- 3.8 Gravitația
 - 3.8.1 Legea universală a gravitației
 - 3.8.1.1 Constanta gravitațională universală, G
 - 3.8.1.2 Legea inversului pătratului în gravitație
 - 3.8.1.3 Greutatea și imponderabilitatea
 - 3.8.2 Maree
 - 3.8.2.1 Mareele oceanelor
 - 3.8.2.2 Marea Pământului
 - 3.8.2.3 Marea atmosferei Pământului
 - 3.8.2.4 Mareele lunare
 - 3.8.3 Câmpul gravitațional
 - 3.8.3.1 Gravitația în interiorul unei planete (Teorema carcasei)
 - 3.8.3.2 Tesla și Teoria dinamică a gravitației
 - 3.8.3.3 Teoria gravitației lui Einstein
 - 3.8.3.4 Găuri negre
 - 3.8.3.5 Gravitația universală (Gravitația în Univers)
 - 3.8.3.4 Anti-gravitația
- 3.9 Mișcarea proiectilelor și sateliților (Balistica)
 - 3.9.1 Mișcarea proiectilelor

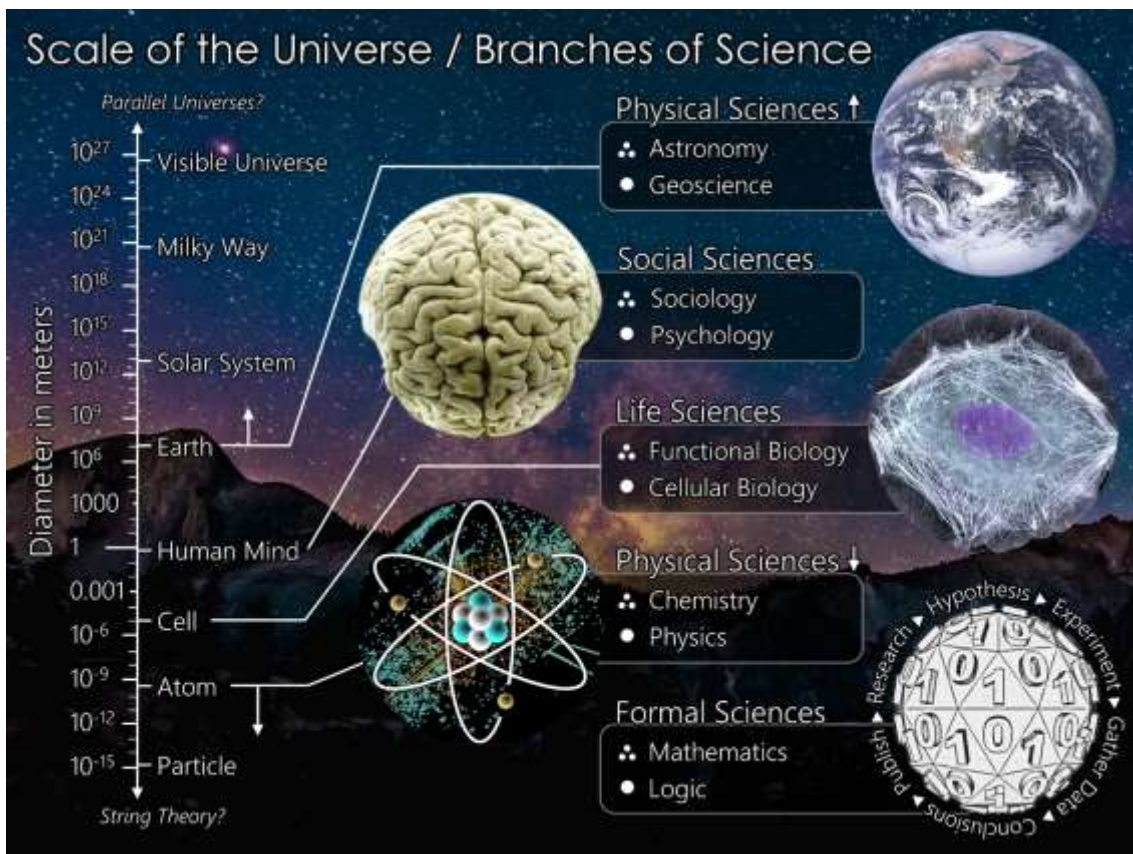
- 3.9.2 Proiectile lansate orizontal
- 3.9.3 Proiectile lansate sub un anumit unghi
- 3.9.4 Sateliți artificiali
- - Lansarea pe orbită
- 3.9.5 Orbite circulare ale sateliților
- 3.9.6 Orbite eliptice
- 3.9.7 Legile lui Kepler
- 3.9.8 Energia sateliților
- 3.9.9 Viteza de scăpare
- 4 Materia
- 4.1 Natura atomică a materiei
- 4.1.1 Ipoteze atomice
- 4.1.2 Proprietățile atomilor
- 4.1.3 Imagistica atomică
- 4.1.4 Structura atomului
- 4.1.5 Elemente (Elemente chimice)
- 4.1.6 Tabelul periodic al elementelor
- 4.1.7 Izotopi (Variații, ocurența, aplicații)
- 4.1.8 Compuși și amestecuri
- 4.1.9 Molecule
- 4.1.10 Antimateria
- 4.1.11 Materia întunecată
- 4.2 Solide
- 4.2.1 Micrograful lui Muller (Microscopia cu ioni în câmp)
- 4.2.2 Structura cristalelor
- 4.2.3 Densitatea solidelor
- 4.2.4 Elasticitatea
- 4.2.5 Tensiunea și comprimarea (Rezistența materialelor)
- 4.3 Lichide
- 4.3.1 Presiunea
- 4.3.1.1 Presiunea în lichid
- 4.3.2 Flotabilitatea
- 4.3.3 Principiul lui Arhimede
- 4.3.4 Forțe în cazurile scufundării și plutirii
- 4.3.5 Flotarea (Principiul flotării)
- 4.3.6 Principiul lui Pascal
- 4.3.7 Tensiunea superficială
- 4.3.8 Capilaritatea
- 4.4 Gaze
- 4.4.1 Atmosfera
- 4.4.1.1 Presiunea atmosferică
- 4.4.2 Barometru
- 4.4.3 Legea lui Boyle
- - Sistemul respirator uman
- 4.4.4 Flotabilitatea în aer (Aerostate)
- - Baloane
- 4.4.5 Principiul lui Bernoulli
- 4.4.6 Aplicații
- 4.4.7 Efectul Coandă
- 4.5 Plasma
- 4.5.1 Plasma în natură, artificială și aplicații
- 5 Căldura
- 5.1 Temperatura, căldura și expansiunea

- 5.1.1 Temperatura
- 5.1.1.1 Temperaturi negative
- 5.1.2 Căldura
- 5.1.3 Măsurarea căldurii (Măsurarea temperaturii)
- 5.1.4 Capacitatea calorică specifică (Capacitatea calorică)
- 5.1.5 Dilatarea termică
- 5.2 Transferul de căldură
- 5.2.1 Conducția termică
- 5.2.2 Convecția
- 5.2.3 Radiația termică
- 5.2.4 Emisia de energie radiantă (Emisivitatea)
- 5.2.5 Absorbția energiei radiante
- 5.2.6 Reflexia energiei radiante (Reflectanța)
- 5.2.7 Răcirea radiativă
- 5.2.8 Legea de răcire a lui Newton
- 5.2.9 Energia solară - Celule solare
- Celule fotovoltaice
- 5.2.10 Transferul termic
- Schimbătoare de căldură
- 5.3 Schimbări climatice
- 5.3.1 Cauze
- 5.3.2 Evidențe fizice
- 5.3.3 Efectul de seră
- 5.3.4 Încălzirea globală
- 5.3.5 Efecte observate și așteptate asupra mediului
- 5.3.6 Efectele asupra sistemelor sociale
- 5.4 Schimbarea de fază
- 5.4.1 Evaporarea
- 5.4.2 Condensarea
- 5.4.2.1 Ceața
- 5.4.2.2 Nori
- 5.4.3 Fierberea
- 5.4.4 Înghețarea/Solidificarea
- 5.4.5 Topirea
- 5.4.6 Energia și schimbările de fază (Căldura latentă)
- 5.5 Termodinamica
- 5.5.1 Concepte în termodinamică
- 5.5.2 Zero absolut
- Temperaturi negative
- 5.5.3 Energia internă
- 5.5.4 Prima lege a termodinamicii
- 5.5.5 Procese adiabatice
- 5.5.6 Meteorologia (Fizica norilor)
- 5.5.7 A doua lege a termodinamicii
- Principiul lui Carnot
- 5.5.8 Motoare termice
- 5.5.9 Tendința de la ordine la dezordine (Ordinea și dezordinea)
- 5.5.10 Entropia
- 6 Sunetul
- 6.1 Vibrații și unde
- 6.1.1 Pendul
- 6.1.2 Descrierea undelor
- 6.1.3 Mișcarea undelor (Unde mecanice)

- Polarizarea
- 6.1.4 Viteza undelor
- 6.1.5 Unde transversale
- Undele electromagnetice
- 6.1.6 Unde longitudinale
- Unde sonore
- Unde de presiune
- 6.1.7 Interferența undelor
- 6.1.8 Unde staționare
- 6.1.9 Efectul Doppler
- 6.1.10 Unde de șoc
- 6.2 Acustica
- 6.2.1 Cum se generează sunetele
- 6.2.2 Natura sunetului în aer
- 6.2.3 Media care transmite sunetele (Fizica sunetelor)
- 6.2.4 Viteza sunetului în aer (Viteza sunetului)
- 6.2.5 Reflexia sunetului - Ecoul
- 6.2.6 Refracția sunetului
- 6.2.7 Energia în undele sonore
- 6.2.8 Vibrații forțate - Oscilații
- 6.2.9 Rezonanța
- 6.2.10 Bătăi
- 6.3 Sunete muzicale
- 6.3.1 Înălțimea sunetelor
- 6.3.2 Intensitatea și volumul sunetelor
- 6.3.3 Calitatea sunetului
- 6.3.4 Instrumente muzicale
- 6.3.5 Analiza Fourier
- 6.3.6 Disc compact (CD)
- 7 Electricitate și magnetism
- 7.1 Electricitatea
- 7.1.1 Forțe electrice
- 7.1.2 Sarcini electrice
- 7.1.3 Conservarea sarcinii
- 7.1.4 Legea lui Coulomb
- 7.1.5 Conductori și izolatori (Rezistența electrică și conductanța electrică)
- 7.1.6 Semiconductori
- 7.1.7 Superconductori (Superconductivitatea)
- 7.1.8 Electricitatea statică
- 7.1.8.1 Încărcarea electrică prin frecare și contact
- Efectul triboelectric
- 7.1.8.2 Încărcarea electrică prin inducție
- 7.1.9 Polarizarea sarcinilor (Dielectrici)
- Condensatori
- 7.1.10 Câmpul electric
- 7.1.11 Ecranarea electromagnetică
- 7.1.12 Potențialul electric
- 7.1.13 Stocarea energiei electrice
- 7.1.14 Generator Van de Graaff
- 7.2 Curent electric
- 7.2.1 Circulația sarcinilor electrice
- 7.2.2 Curentul electric (Convenții)
- 7.2.3 Surse de tensiune

- 7.2.4 Rezistența electrică (Rezistența electrică și conductanța)
- 7.2.5 Legea lui Ohm
- 7.2.6 Curent continuu și curent alternativ
- 7.2.7 Conversia de la curent alternativ la curent continuu (Redresoare)
- 7.2.8 Electroni într-un circuit electric
- 7.2.9 Puterea electrică
- Curent alternativ
- Câmpuri electromagnetice
- 7.2.10 Circuite electrice
- 7.2.10.1 Circuite serie
- 7.2.10.2 Circuite paralele
- 7.3 Magnetism
- 7.3.1 Forțe magnetice
- 7.3.2 Poli magnetici
- Polul geomagnetic
- Dipoli magnetici
- 7.3.3 Câmpuri magnetice
- 7.3.4 Domenii magnetice
- 7.3.5 Curenți electrici și câmpuri magnetice (Legea Biot–Savart și Legea lui Ampère)
- 7.3.6 Electromagneți
- 7.3.6.1 Electromagneți supraconductori
- 7.3.7 Forța Lorentz și forța Laplace
- 7.3.8 Forța asupra conductoarelor electrice în câmp magnetic (Forța Laplace)
- 7.3.9 Contoare electrice
- 7.3.10 Motoare electrice
- 7.3.11 Câmpul magnetic al Pământului
- 7.3.12 Radiații cosmice
- 7.4 Inducția electromagnetică
- 7.4.1 Electromagnetism
- 7.4.2 Inducția electromagnetică (Aplicații)
- 7.4.3 Legea lui Faraday (a inducției)
- 7.4.4 Generatoare de curent alternativ (Alternatoare)
- 7.4.5 Centrale electrice (Generarea electricității)
- 7.4.5.1 Hidrocentralele Porțile de Fier
- 7.4.6 Turbogeneratoare
- 7.4.7 Generatoare magnetohidrodinamice
- 7.4.8 Transformatoare
- 7.4.10 Transmisia energiei electrice
- 7.4.11 Câmpul electromagnetic

1 Știința



Scara universului mapată la ramurile științei și ierarhia științei.
https://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Scientific_Universe.png

Știința se poate referi la:

- investigarea sau studiul naturii prin observație și raționament;
- suma tuturor cunoștințelor acumulate în urma acestei cercetări, prin care se descrie natura, ordinea în natură și cauzele sale.

Matematica, studiile cantităților și ordinelor, sunt denumite deseori știință sau științe, însă rezultatele cercetării matematice, cunoscute ca teoreme, sunt obținute din derivații logice care presupun mai degrabă sisteme axiomatice decât o combinație între observație și raționament. Multe metode matematice au o utilitate fundamentală în științele empirice, ale căror fructe sunt ipotezele și teoriile.

Majoritatea oamenilor de știință consideră că investigația științifică este cea care corespunde metodei științifice, un proces al cărui scop este evaluarea cunoștințelor empirice. În sens mai larg, cuvântul știință deseori descrie orice domeniu de studiu sistematic sau cunoștințele căpătate în urma acestui studiu.

Domeniile științifice se clasifică în două mari dimensiuni:

- Experimentul, căutarea unei informații rapid disponibile, *versus* teorie, dezvoltare de modele care explică ceea ce se observă;
- Științele naturale, studiul naturii, *versus* științele sociale, studiul comportamentului uman și al societății.

Știința, în sens larg, a existat înainte de epoca modernă în multe civilizații istorice. Știința, în sensul său original, era un cuvânt mai degrabă pentru un tip de cunoaștere decât un cuvânt specializat pentru investigarea unor astfel de cunoștințe. În special, a fost tipul de cunoștințe pe care oamenii pot să o comunice și să o împărtășească. De exemplu, cunoștințele despre lucrurile naturale au fost adunate cu mult înainte de istoria înregistrată și au condus la dezvoltarea unei gândiri abstracte complexe. Acest lucru este demonstrat prin construirea de calendare complexe, tehnici de fabricare a plantelor otrăvitoare comestibile, lucrări publice la scară națională, cum ar fi cele care au exploatat lunca inundabilă a Yangtse cu rezervoare, baraje și diguri și clădiri precum piramidele. Dar nu s-a făcut o distincție conștientă între cunoașterea unor astfel de lucruri, care este valabilă în fiecare comunitate, și alte tipuri de cunoștințe comunale, cum ar fi mitologiile și sistemele juridice.

În știința modernă, este considerată ca o practică științifică bună să se urmărească principii precum obiectivitatea și reproductibilitatea, ceea ce înseamnă că metodologia improvizată sau interpretările bizare trebuie să fie reduse, cel puțin dacă omul de știință suspectează în mod legitim o schimbare de paradigmă. Se consideră avantajos să nu se abată prea mult de la metoda științifică, care, cu toate acestea, este aplicată mult mai riguros în, de ex., științele medicale decât în sociologie. Modul optim de a conduce știința modernă se află sub dezbatere constantă în filosofia științei. Termenul "știință" în terminologia anglo-saxonă se referă adesea la un tip formal specific de cercetare empirică, în timp ce alte concepte echivalente nu pot distinge la fel de clar între acest lucru și cercetarea academică raționalistă. Acceptarea influenței filozofiei continentale în știința modernă poate fi diferită între țări și între universitățile individuale. Progresele în domeniul științei moderne sunt folosite uneori pentru a dezvolta noi tehnologii, dar și pentru a examina limitele dezvoltării tehnologice.

Știința îi ajută pe oameni să afle mai mult despre viețile lor și contribuie la dezvoltarea societății.

1.1 Măsurători

Măsurarea este determinarea dimensiunii sau amplitudinii. Măsurarea nu este limitată la cantități fizice, se poate extinde și la cuantificarea a aproape oricărui lucru imaginabil, cum ar fi gradul de incertitudine, încrederea consumatorilor, sau rata de creștere în scăderea prețului căciulilor de copii. *"O măsurare este o comparație cu un standard."* (William Shockley)



Un instrument tipic de măsurare cu unități metrice și imperiale și două bancnote pentru comparație

În fizică și inginerie, măsurarea este procesul de comparare a cantităților fizice pentru obiectele și evenimentele din lumea reală. Obiectele și evenimentele standard stabilite sunt utilizate ca unități, iar rezultatele măsurătorilor implică cel puțin două numere pentru relația dintre elementul în studiu și unitatea de referință de măsurare, dintre care cel puțin un număr estimează incertitudinea statistică în măsurare. Instrumentele de măsurare sunt mijloacele prin care această măsurare se face.

Metrologia este studiul măsurărilor. Un metric este un standard de măsurare. Cuantificarea fenomenelor prin procesul de măsurare se bazează pe existența unei metrici explicite sau implicite, care este standardul la care măsurarea face referire. Dacă eu spun că sunt '5', indic o măsură fără referință la un standard aplicabil. Pot să spun că am 5 ani, 5 metri înălțime, sau sunt de 5 ori campion mondial la șah.

Măsurarea mărimilor fizice cu precizie este importantă în știință, inginerie și comerț. De exemplu, unitatea de lungime ar putea fi piciorul unei persoane cunoscute, iar lungimea unei bărci poate fi dată de câte ori piciorul persoanei s-ar potrivi cu lungimea bărcii.

Legi care să reglementeze măsurarea au fost inițial dezvoltate pentru a preveni fraudă. Unitățile de măsură sunt în prezent, în general, definite pe o bază științifică, și sunt stabilite prin tratate internaționale.

Istoria măsurătorilor este un subiect interesant în istoria științei și tehnologiei. Metrul a fost standardizat ca unitate de lungime după revoluția franceză, și de atunci a fost adoptat în timp de cele mai multe țări din lume. Statele Unite și Marea Britanie sunt în procesul de conversie la sistemul SI. Acest proces este cunoscut sub numele metricație.

Sisteme de măsurare principale: unități imperiale, sistemul internațional SI (cunoscut și sub numele de sistemul metric), și unitățile de măsură chineze.

Măsurarea raporturilor dintre mărimi fizice este un important subdomeniu al fizicii.

1.1.1 Analiza dimensională

Analiza dimensională este un instrument matematic de multe ori folosit în fizică, chimie și inginerie, pentru a simplifica o problemă prin reducerea numărului de variabile la cel mai mic număr de parametri "esențiali". Sisteme care au în comun acești parametri se numesc *similare* și nu trebuie să fie studiate separat.

Dimensiunea unei cantități fizice este tipul de unitate necesară pentru a o exprima. De exemplu, dimensiunea vitezei este distanța/timp, iar dimensiunea forței este distanța×masă/timp². În mecanică, fiecare dimensiune poate fi exprimată în termeni de distanță (pe care fizicienii o numesc adesea "lungime"), timp, și masă, sau, alternativ, în termeni de forță, lungime și masă. În funcție de problemă, poate fi avantajos să se aleagă un set sau alt set de unități fundamentale. Fiecare unitate este un produs de puteri (eventual fracționate) ale unităților fundamentale.

În forma cea mai primitivă, analiza dimensională este folosită pentru a verifica corectitudinea derivațiilor algebrice: în fiecare expresie cu sens fizic, numai cantitățile de aceeași dimensiune pot fi adăugate sau scăzute. Cele două părți ale oricărei ecuații trebuie să aibă aceleași dimensiuni. Mai mult decât atât, argumentele funcțiilor exponențiale, logaritmice și trigonometrice trebuie să fie numere adimensionale, care se realizează de multe ori prin înmulțirea unei anumite cantități fizice cu o constantă corespunzătoare a dimensiunii inverse.

Reducerea mai sus menționată de variabile utilizează teorema π Buckingham ca instrument central. Această teoremă descrie modul în care fiecare ecuație cu sens fizic implicând n variabile poate fi rescrisă echivalent ca o ecuație de parametri adimensionali $n-m$, unde m este numărul de unități fundamentale utilizate. Mai mult, și cel mai important, ea oferă o metodă de calcul pentru acești parametri adimensionali din variabilele menționate, chiar dacă forma ecuației este încă necunoscută.

Două sisteme pentru care acești parametri coincid se numesc *similare*; acestea sunt echivalente în sensul ecuației, și experimentatorul care vrea să stabilească forma ecuației poate alege pe cel mai convenabil.

Teorema π folosește algebra liniară: spațiul tuturor unităților fizice posibile poate fi văzut ca un spațiu vectorial peste numerele raționale, dacă reprezentăm o unitate ca setul de exponenți necesari pentru unitățile fundamentale (cu o putere de zero, în cazul în care unitatea fundamentală particulară nu este prezentă). Multiplicarea unităților fizice este apoi reprezentată de suma vectorială din spațiul vectorial. Algoritmul teoremei π este, în esență, o eliminare Gauss-Jordan efectuate în acest spațiu vectorial.

O aplicație tipică de analiză dimensională este în dinamica fluidelor. Dacă un fluid în mișcare întâlnește un obiect, el exercită o forță asupra obiectului, în conformitate cu o lege complicată (și nu complet înțeleasă). Variabilele implicate sunt: viteza, densitatea și vâscozitatea fluidului, dimensiunea corpului, și forța. Folosind algoritmul teoremei π , se pot reduce aceste cinci variabile la doi parametri adimensionali: coeficientul de

rezistență și numărul Reynolds. Legea originală este apoi redusă la o lege care implică numai aceste două numere. Pentru a determina empiric această lege, în loc de experimente pe corpuri uriașe cu fluide rapide (cum ar fi avioane de dimensiuni reale în vânturi tunelate), se poate experimenta la fel de bine pe modele mici cu fluide care curg lent, mai vâscoase, pentru că aceste două sisteme sunt similare.

1.2 Matematica



Euclid (cu un șubler în mână), matematician grec, secolul al III-lea î.e.n., așa cum l-a imaginat Raphael în acest detaliu din Școala din Atena

Matematica (din greaca μάθημα *máthēma*, "cunoaștere, studiu, învățare") este studiul unor subiecte precum cantitatea (numerele), structura, spațiul și schimbarea. Există multe opinii divergente printre matematicieni și filosofi cu privire la domeniul exact și definiția matematicii.

Matematicienii caută modele și le folosesc pentru a formula noi conjeturi. Matematicienii rezolvă adevărul sau falsitatea presupunerilor prin demonstrația matematică. Atunci când structurile matematice sunt modele bune ale fenomenelor reale, raționamentul matematic poate oferi informații sau predicții despre natură. Prin utilizarea abstractizării și a logicii, matematica s-a dezvoltat prin numărare, calculul, măsurare și studiul sistematic al formelor și mișcărilor obiectelor fizice. Matematica practică a fost o activitate umană încă din momentul în care au existat înregistrări scrise. Cercetarea necesară pentru a rezolva problemele matematice poate dura ani sau chiar secole de cercetare susținută.

Argumentele riguroase au apărut pentru prima oară în matematica greacă, mai ales în *Elementele* lui Euclid. De la lucrarea de pionierat a lui Giuseppe Peano (1858-1932), David Hilbert (1862-1943) și altele despre sistemele axiomatice la sfârșitul secolului al XIX-lea, a devenit un fapt obișnuit utilizarea matematicii pentru stabilirea adevărului prin deducerea riguroasă a axiomelor alese în mod corespunzător și definiții. Matematica s-a dezvoltat într-un ritm relativ lent până la Renaștere, când inovațiile matematice, interacționând cu noi descoperiri științifice, au condus la o creștere rapidă a ratei de descoperiri matematice care a continuat până în prezent.

Galileo Galilei (1564-1642) a spus: "Universul nu poate fi citit decât după ce am învățat limbajul și ne-am familiarizat cu caracterele în care este scris. Este scris în limbaj matematic, iar literele sunt triunghiuri, cercuri

și alte figuri geometrice, fără care înseamnă că este imposibil din punct de vedere omenesc să înțelegi un singur cuvânt. Fără acestea, ne putem rătăci într-un labirint întunecat". Carl Friedrich Gauss (1777-1855) s-a referit la matematică numind-o "Regina științelor". Benjamin Peirce (1809-1880) a numit matematica "știința care trage concluziile necesare". David Hilbert a spus despre matematică: "Nu vorbim aici de arbitraritate în niciun sens: matematica nu este ca un joc ale cărui sarcini sunt determinate de reguli stipulate arbitrar, ci este un sistem conceptual care posedă o necesitate internă care nu poate fi decât așa și în niciun caz altfel." Albert Einstein (1879-1955) a declarat că "întrucât legile matematicii se referă la realitate, ele nu sunt sigure; și, în măsura în care sunt sigure, nu se referă la realitate".

Matematica este esențială în multe domenii, inclusiv în științele naturii, inginerie, medicină, finanțe și științe sociale. Matematica aplicată a condus la discipline matematice complet noi, cum ar fi statisticile și teoria jocurilor. Matematicienii activează, de asemenea, în matematica pură sau matematica fără nicio aplicație ca scop. Nu există o linie clară separând matematica pură și aplicată, iar aplicațiile practice care au apărut sunt adesea descoperite din ceea ce a fost matematica pură.

Marcus du Sautoy a numit matematica "Regina științei ... principala forță motrice a descoperirii științifice". În originalul latin *Regina Scientiarum*, precum și în limba germană *Königin der Wissenschaften*, cuvântul corespunzător științei înseamnă un "câmp de cunoaștere", și acesta a fost și sensul original al "științei"; matematica este în acest sens un câmp de cunoaștere. Specializarea care limitează semnificația "științei" la științe naturale urmărește creșterea științei baconice, care contrastează "știința naturală" cu scholasticismul, metoda aristotelică de a cerceta pornind de la primele principii. Rolul experimentării și observării empirice este neglijabil în matematică, în comparație cu științele naturale, cum ar fi biologia, chimia sau fizica.

Mulți filozofi consideră că matematica nu este falsificabilă experimental, și deci nu este o știință conform definiției lui Karl Popper. Cu toate acestea, în anii 1930 teoriile incompletății lui Gödel au convins mulți matematicieni că matematica nu poate fi redusă la logică pură, iar Karl Popper a concluzionat că "cele mai multe teorii matematice sunt, ca și cele ale fizicii și biologiei, ipotetico-deductive: matematica pură se dovedește, mai aproape de științele naturii ale căror ipoteze sunt presupuneri, decât se părea chiar recent". Alți gânditori, în special Imre Lakatos, au aplicat o versiune a falsificării matematicii în sine.

O perspectivă alternativă este că anumite domenii științifice (cum ar fi fizica teoretică) sunt matematică cu axiome destinată să corespundă realității. Matematica are multe în comun cu multe domenii ale științelor fizice, în special explorarea consecințelor logice ale ipotezelor. Intuiția și experimentarea joacă, de asemenea, un rol în formularea de presupuneri atât în matematică, cât și în (alte) științe. Matematica experimentală continuă să crească în importanță în cadrul matematicii, iar calculul și simularea joacă un rol tot mai important atât în științe, cât și în matematică.

Opiniile matematicienilor în această chestiune sunt variate. Mulți matematicieni afirmă că a numi zona lor o știință înseamnă a subestima importanța aspectului său estetic și a istoriei sale în cele șapte arte liberale tradiționale; alții consideră că ignorarea legăturii sale cu științele înseamnă a ignora faptul că interfața dintre matematică și aplicațiile sale în știință și inginerie a determinat multă dezvoltarea matematicii. O modalitate în care această diferență de perspectivă joacă un rol este în dezbaterile filosofice cu privire la faptul că matematica este creată (ca în artă) sau descoperită (ca în știință). Este comun să vedem universitățile împărțite în secțiuni care includ o diviziune a științei și matematicii, indicând faptul că domeniile sunt văzute ca fiind aliate, dar nu coincid. În practică, matematicienii sunt în mod tipic grupați cu oameni de știință la nivel brut, dar separați la nivele mai fine. Aceasta este una dintre numeroasele aspecte considerate în filosofia matematicii.

1.3 Metode științifice

Metoda științifică se referă de obicei la o serie sau o colecție de procese care sunt considerate caracteristice pentru investigarea științifică și dobândirea unor cunoștințe științifice noi.

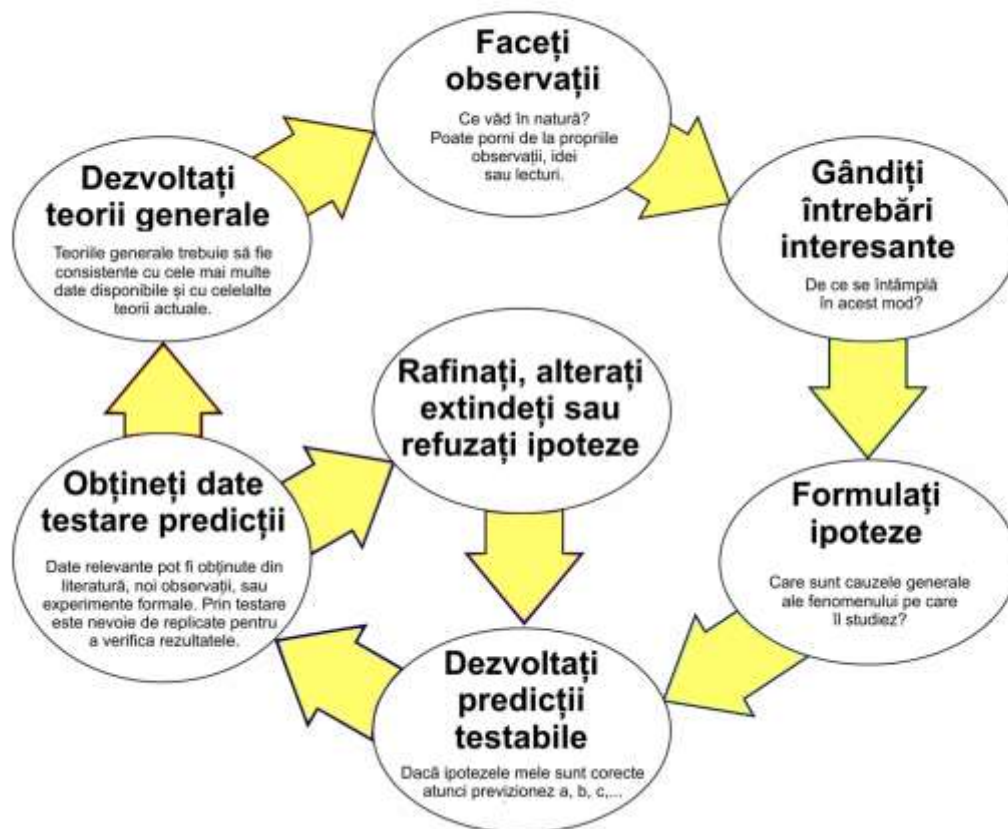
Filozofii, istoricii și sociologii au găsit mai multe moduri de a descrie procesul științific. Deseori, atunci când cineva descrie modul în care crede că se face știința, descrie modul în care EL crede că știința poate fi făcută cel mai bine sau cel mai fiabil. Ca rezultat, discuțiile despre metodele științifice sunt adesea partizane. Într-adevăr, există probabil tot atâtea metode de a face știință ca și metodiști.

Enunțarea unei metode științifice de către Roger Bacon în secolul al treisprezecelea descria un ciclu repetabil de observații, ipoteze, experimente, și necesitatea unor verificări independente. Acest punct de vedere, inspirat el însuși dintr-o tradiție alchimică arabă neaprobă de către autoritatea ecleziastică creștină, a condus pe Francis Bacon (în 1620, cu Noul Organon) la stabilirea unor metode de identificare a cauzalității

dintre fenomene. După aceste contribuții, speculațiile nefondate și argumentele analogice au început să fie înlocuite de alte metode de investigare, coerente și logice.

Se obișnuiește să se considere că oamenii de știință operează efectiv și permanent cu o singură metodă, unică. Majoritatea istoricilor, filozofilor și sociologilor consideră această perspectivă ca naivă, și consideră progresul actual al științei ca fiind mai complicat și într-un fel aleatoriu. Cursul actual al progresului științific este inseparabil de politica și cultura științei. Un singur proces formal nu poate fi suficient nici să explice și nici să prescrie progresul științific.

Metodă de testare a procesului în curs



Metoda științifică sub forma unui proces ciclic sau iterativ

Întrebarea despre cât de bine funcționează știința și cât este de importantă dincolo de comunitatea academică. În sistemul judiciar și în dezbaterile politice, de exemplu, o abatere a studiului de la *practica științifică acceptată* este motiv să fie respins și considerat drept o “fraudă științifică”. Indiferent dacă este sau nu strict formulată, știința reprezintă un standard de competență și fiabilitate, iar acest lucru se datorează, cel puțin în parte, modului în care lucrează oamenii de știință.

1.3.1 Investigații științifice

Cercetarea științifică urmărește în general să obțină cunoștințe sub forma unor explicații testabile pe care oamenii de știință le pot folosi pentru a prezice rezultatele experimentelor viitoare. Acest lucru permite oamenilor de știință să dobândească o mai bună înțelegere a subiectului studiat și mai târziu să utilizeze această înțelegere pentru a interveni în mecanismele cauzale (de exemplu pentru a vindeca boala). Cu cât o explicație este mai bună în a face previziuni, cu atât este mai utilă frecvent, și cu atât mai probabil va continua să explice mai multe seturi de observații decât alternativele sale. Cele mai de succes explicații - cele care explică și fac predicții exacte într-o gamă largă de circumstanțe - sunt deseori numite teorii științifice.

Cele mai multe rezultate experimentale nu produc schimbări majore în înțelegerea umană; îmbunătățirile în înțelegerea științifică teoretică rezultă în mod obișnuit dintr-un proces gradual de dezvoltare în timp, uneori în

diferite domenii ale științei. Modelele științifice variază în măsura în care au fost testate experimental și în funcție de cât timp, și de acceptarea lor în comunitatea științifică. În general, explicațiile devin acceptate în timp, pe măsură ce dovezile se acumulează pe un anumit subiect, iar explicația în cauză se dovedește mai puternică decât alternativele sale în a explica observațiile. Deseori, cercetătorii reformulează ulterioare explicațiile în timp sau combină explicațiile pentru a produce noi explicații.

Tow vede metoda științifică în termenii unui algoritm evolutiv aplicat științei și tehnologiei.

Proprietățile cercetării științifice

Cunoștințele științifice sunt strâns legate de constatările empirice și pot rămâne subiectul falsificării în cazul în care se constată o nouă observație experimentală incompatibilă cu aceasta. Adică, nicio teorie nu poate fi considerată definitivă, deoarece ar putea fi descoperite noi dovezi contradictorii. Dacă se găsesc astfel de dovezi, se poate propune o nouă teorie, sau (mai frecvent) se constată că modificările teoriei anterioare sunt suficiente pentru a explica noile dovezi. Puterea unei teorii poate fi argumentată prin raportarea la cât timp a persistat fără alterarea majoră a principiilor sale fundamentale.

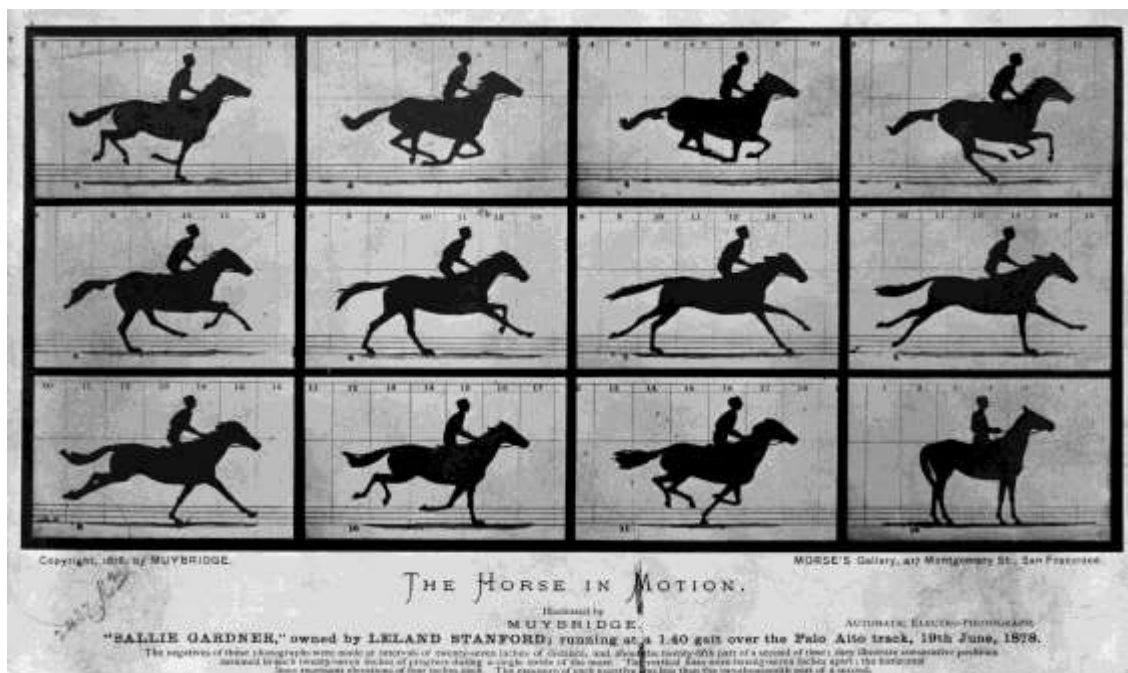
Teoriile pot ajunge, de asemenea, să fie subsumate de alte teorii. De exemplu, legile lui Newton au explicat aproape perfect mii de ani de observațiile științifice ale planetelor. Totuși, aceste legi au fost apoi considerate a fi cazuri speciale ale unei teorii mai generale (relativitatea), care explică atât excepțiile (inexplicabile anterior) față de legile lui Newton, cât și alte observații previzionate și explicate, cum ar fi deformarea luminii prin gravitate. Astfel, în anumite cazuri, observațiile științifice independente, necondiționate, pot fi legate între ele, unificate prin principiile de creștere a puterii explicative.

Din moment ce noile teorii ar putea fi mai cuprinzătoare decât cele precedente și astfel ar fi capabile să explice mai mult, teoriile ulterioare ar putea să îndeplinească un standard mai înalt prin explicarea unui corp mai larg de observații decât precedentele lor. De exemplu, teoria evoluției explică diversitatea vieții pe Pământ, modul în care speciile se adaptează la mediul lor și multe alte modele observate în lumea naturală; cea mai recentă modificare majoră a fost unificarea cu genetica pentru a forma sinteza evoluționistă modernă. În modificările ulterioare, a subsumat aspecte ale multor alte domenii, cum ar fi biochimia și biologia moleculară.

Credințe și prejudecăți



Mișcarea în galop falsificată, vezi imaginea alăturată



Fotografiile lui Muybridge ale Calului în mișcare, 1878, au fost folosite pentru a răspunde la întrebarea dacă toate cele patru picioare ale unui cal în galop sunt vreodată pe pământ în același timp, ceea ce demonstrează o utilizare a fotografiei ca inst

Metodologia științifică deseori direcționează ipotezele să fie testate în condiții controlate, ori de câte ori este posibil. Acest lucru este posibil în anumite domenii, cum ar fi în științele biologice, și mai dificil în alte domenii, cum ar fi astronomia. Practica controlului experimental și a reproductibilității poate avea ca efect diminuarea efectelor potențial dăunătoare ale circumstanței și, într-o anumită măsură, a părtinirii personale. De exemplu, credințele preexistente pot modifica interpretarea rezultatelor, ca și în părtinirea confirmării; aceasta este o euristică ce face ca o persoană cu o anumită credință să vadă lucrurile în sensul consolidării credinței lor, chiar dacă un alt observator ar putea să nu fie de acord (cu alte cuvinte, oamenii tind să observe ceea ce așteaptă să observe).

Un exemplu istoric este convingerea că picioarele unui cal în galop sunt trec prin toate fazele din momentul în care niciunul dintre picioarele calului nu atinge pământul, până la punctul în care această imagine este inclusă în picturi de susținătorii săi.

Cu toate acestea, primele imagini cu cadre ale galopului unui cal făcute de către Eadweard Muybridge au arătat că acest lucru este fals. O altă importanță prejudecată umană este preferința pentru declarații noi, surprinzătoare, care poate duce la o căutare a dovezilor în care noul este considerat adevărat. Spre deosebire de acest standard în metoda științifică, credințele slab confirmate pot fi crezute și se poate acționa printr-o euristică mai puțin riguroasă, uneori profitând de eroarea narativă care, atunci când este construită narațiunea, elementele sale devin mai ușor de crezut. Uneori, elementele sunt asumate *a priori*, sau conțin un alt defect logic sau metodologic în procesul care le-a produs în final.

Logica argumentării științifice

Așteptările generate de o idee științifică și observațiile reale relevante pentru aceste așteptări formează argumentul științific. Acesta seamănă puțin cu argumentul într-o instanță de judecată - o descriere logică a ceea ce gândim și de ce gândim așa. Un argument științific utilizează dovezi pentru a stabili dacă o idee științifică este exactă sau inexactă. De exemplu, ideea că boala la mamele noi poate fi cauzată de mâinile murdare ale medicilor generează speranța că ratele de boală ar trebui să scadă atunci când medicii își spală mâinile înainte de a se prezenta la naștere. Când acest test a fost efectiv realizat în anii 1800, rezultatele au corespuns așteptărilor, rezultând un argument științific puternic în sprijinul ideii spălării mâinilor.

Idee științifică + Așteptări + Observații = Argument științific

Deși elementele unui argument științific (ideea științifică, așteptările generate de idee și observațiile relevante) sunt întotdeauna legate în același mod logic, în ceea ce privește procesul științei, acele elemente pot

fi asamblate în ordine diferită. Uneori ideea vine mai întâi și apoi oamenii de știință merg să caute observațiile care o confirmă. Alteori, observațiile sunt primele și sugerează o idee anume. Uneori ideea și observațiile sunt deja acolo, iar cineva ulterior își dă seama că cele două ar putea fi legate între ele.

Testarea ideilor cu dovezi poate părea simplă și de bun simț - și, la bază, așa este! - dar există câteva subtilități ale procesului:

* *Ideile pot fi testate în mai multe moduri.* Unele teste sunt relativ simple (de exemplu, prinderea a 1000 musculițe și numărarea celor care au ochii roșii), dar unele necesită mult timp (de ex., așteptarea următoarei apariții a Cometei lui Halley), efort (de exemplu, sortarea minuțioasă a mii de microfosile) și/sau dezvoltarea unor instrumente specializate (cum ar fi un accelerator de particule).

* *Dovezile se pot reflecta pe idei în multe moduri diferite.*

* *Există multiple seturi de dovezi și multe criterii care trebuie luate în considerare la evaluarea unei idei.*

* *Toate testele implică elaborarea unor ipoteze.*

În ciuda acestor detalii, este important să ne amintim că, în cele din urmă, ipotezele și teoriile trăiesc și mor indiferent dacă funcționează sau nu - cu alte cuvinte, dacă sunt utile în explicarea datelor, generarea de așteptări, furnizarea de explicații satisfăcătoare, inspirarea întrebărilor de cercetare, răspunderea la întrebări, și rezolvarea problemelor. Știința filtrează prin multe idei și construiește pe baza celor care *funcționează*.

1.3.2 Elementele metodelor științifice idealizate

Elementele esențiale ale metodei științifice sunt descrise în mod tradițional după cum urmează:

* *Observarea:* Observări sau citirea despre un fenomen.

* *Ipoteza:* Îți pui întrebări în legătură cu observațiile tale, și inventezi o ipoteză, o “presupunere”, care ar putea explica fenomenul sau un set de fapte pe care le-ai observat.

* *Testul*

* * *Predicția:* Folosești consecințele logice ale ipotezei pentru a prezice observațiile unui nou fenomen sau rezultatele unor noi măsurători.

* * *Experimentul:* Efectuezi experimente pentru a testa acuratețea acestor previziuni.

* *Concluzii:* Accepți sau infirmi ipoteza

* * *Evaluarea:* Cauți alte posibile explicații ale rezultatului până când se poate demonstra că predicția ta a fost într-adevăr explicația, de încredere.

* * *Formulezi noi ipoteze*

Aceste activități nu descriu toate cercetările oamenilor de știință. Această metodă simplificată este folosită pentru învățare, deoarece aceasta descrie modul în care oamenii de știință consideră de multe ori să acționeze.

Acest proces idealizat este adesea interpretat greșit ca fiind aplicabil oamenilor de știință individuali, mai degrabă decât ca un demers științific considerat ca un întreg. Știința este o activitate socială, și teoria sau afirmația unui om de știință nu poate fi acceptată decât dacă a fost publicată, inter pares, criticată și, în cele din urmă, acceptată de către comunitatea științifică.

1.3.3 Aspecte ale metodelor științifice

Observația

Metodele științifice încep cu observația. Observația impune de multe ori măsurări atente. Aceasta necesită, de asemenea, stabilirea unor definiții operaționale ale măsurătorilor și alte concepte relevante. Definițiile nu sunt ipoteze științifice, acestea nu pot fi “falsificate”, ele sunt întotdeauna adevărate sau tautologii. Definițiile condensează o serie de idei într-un singur cuvânt sau o frază. Acestea fiind spuse, o definiție a unui observator ar putea diferi semnificativ de conceptele obișnuite pentru un termen, și totuși să fie corecte. O astfel de definiție, cu toate acestea, riscă mult să fie înțeleasă greșit. Aceste definiții sunt funcționale prin aceea că pot fi diferite în contextul unei ipoteze, și pot fi rafinate atunci când ipoteza este rafinată.

De exemplu, termenul “zi” este util în viața obișnuită și semnificația sa poate varia în funcție de context

(ne putem referi la o perioadă de 24 ore sau la timpul dintre răsăritul și apusul soarelui). Nu trebuie să-l definim cu precizie pentru a-l folosi. În multe științe “ziua” este exact 86.400 secunde atomice. În studierea mișcării Pământului, putem folosi două definiții operaționale distincte: o zi solară este timpul dintre două observații succesive ale soarelui în aceeași poziție pe cer, iar o zi siderală este intervalul de timp dintre două observații succesive a unei anumite stele pe cer în aceeași poziție. Lungimea acestor două tipuri de zi diferă cu aproximativ patru minute.

Mici diferențe între definițiile operaționale sunt adesea importante, deoarece acestea sunt necesare pentru a face experimentele suficient de precise pentru a distinge fenomenele fine care stau la baza acestora. Un exemplu în acest sens se referă la alegerea segmentării corespunzătoare în analiza statistică a datelor. Distincții în definițiile operaționale pot reflecta, de asemenea, diferențe conceptuale importante: de exemplu, masa și greutatea sunt considerate ca fiind concepte destul de diferite în domeniul științei, dar distincția este deseori ignorată în viața de zi cu zi.

Ipoteza

Pentru a explica observarea, oamenii de știință folosesc tot ce pot (creativitatea lor, idei din alte domenii, sau chiar ghicitul sistematic, sau orice alte metode disponibile), pentru a veni cu posibile explicații pentru fenomenul în studiu.

În secolul XX Karl Popper a introdus ideea că o ipoteză trebuie să poată fi falsificabilă. Adică, trebuie să se poată demonstra că aceasta este greșită. Paul Feyerabend a argumentat împotriva acestei poziții, oferind exemple de teorii științifice nefalsificabile care au avut totuși un rol vital în progresul înțelegerii științifice.

Desigur, este imposibil pentru omul de știință să fie imparțial, luând în considerare toate probele cunoscute, și nu doar dovezi care sprijină ipoteza în curs de dezvoltare. Dar prin prezentarea teoriilor lor pentru evaluarea inter pares, oamenii de știință pot face cel puțin mult mai probabil ca ipotezele formate să fie relevante și utile, sau cel puțin să facă pe alții să fie de acord cu ea.

În cazurile extrem de rare în care nu pot fi găsite motive mai bune pentru a discrimina între ipoteze rivale, tendința oamenilor de știință este de a urma întotdeauna îndeaproape principiul briciului lui Occam: se alege cea mai simplă explicație pentru toate dovezile disponibile, indiferent de cum este ales să fie definit termenul “simplă” (cea care implică cele mai puține etape, sau care combină cel mai mic număr de fapte științifice, sau care are cele mai puține cuvinte pentru a o exprima, sau este cea mai ușor de înțeles, sau este cea mai previzibilă, sau pur și simplu pare a fi cea mai uzuală, sau ideea de sens normal a unei persoane de valoare medie) pentru judecarea modelelor oamenilor de știință.

Predicția

O ipoteză trebuie să facă predicții specifice; aceste previziuni pot fi testate prin măsurători concrete pentru a sprijini sau respinge ipoteza. De exemplu, Relativitatea generală a lui Albert Einstein face câteva predicții specifice cu privire la structura de spațiu-timp, cum ar fi predicția curbei de lumină într-un câmp gravitațional puternic, și că raza curbei depinde într-un mod precis pe puterea câmpului gravitațional. Observațiile făcute în timpul unei eclipse solare din 1919 a sprijinit ipoteza față de alte ipoteze posibile, care au prezis rezultate diferite (mai târziu, experimentele au confirmat chiar mai mult această ipoteză).

Raționamentul deductiv este modul în care predicțiile sunt utilizate pentru a testa o ipoteză.

Verificarea

Probabil cel mai important aspect al raționamentului științific este verificarea. Rezultatele experimentelor trebuie să fie verificate. Verificarea este procesul de determinare dacă ipoteza este în acord cu dovezile empirice, și dacă aceasta va continua să fie în acord cu un corp mai general extins de dovezi.

În mod ideal, experimentele efectuate ar trebui să fie descrise în totalitate, astfel încât oricine să le poată reproduce, și mulți oameni de știință ar trebui să verifice independent fiecare ipoteză. Rezultatele care pot fi obținute din experimentele efectuate de către mai mulți oameni de știință sunt denumite reproductibile și sunt date de greutatea mult mai mare în evaluarea ipotezelor decât rezultatele non-reproductibile.

Oamenii de știință trebuie să proiecteze cu atenție experimentele. De exemplu, în cazul în care măsurătorile sunt dificil de făcut, sau sunt supuse unui observator subiectiv, trebuie să fie atenți pentru a evita denaturarea rezultatelor de dorințele experimentatorului. Când experimentele se fac pe sisteme complexe, trebuie atenție pentru a izola efectul testat de alte cauze posibile ale efectul scontat (aceasta rezultă într-un experiment controlat). La testarea unui medicament, de exemplu, este important să se testeze atent, astfel ca

efectul presupus al medicamentului să fie produs numai de medicament în sine, și nu prin efectul placebo sau de întâmplare. Medicii procedează astfel cu ajutorul a ceea ce se numește un studiu dublu-orb: două grupuri de pacienți sunt comparate, dintre care unul primește medicamentul, și unul primește un placebo. Niciun pacient din fiecare grup nu știe dacă acestea sunt sau nu medicamente reale, chiar și medicii sau alte categorii de personal care interacționează cu pacienții nu știu dacă pacientului i se administrează medicamentul de testat sau un medicament fals (de multe ori pastile de zahăr), astfel încât cunoștințele lor nu pot influența pacienții în niciun fel.

Evaluarea

Falsificaționismul susține că orice ipoteză, indiferent de cât de respectată este, trebuie să fie eliminată odată ce aceasta este contrazisă de noi dovezi de încredere. Aceasta este, desigur, o simplificare, deoarece oamenii de știință individuali țin în mod inevitabil la teoria lor de suflet mult timp după ce au fost găsite dovezi contrare. Acest lucru nu este întotdeauna un lucru rău. Orice teorie poate fi făcută să corespundă faptelor, pur și simplu prin câteva ajustări – numite “ipoteza auxiliară” – în așa fel încât să se pună în corespondență cu observațiile acceptate. Alegerea momentului când se respinge o teorie și este acceptată o alta este în mod inevitabil la latitudinea savantului individual, mai degrabă decât o regulă metodică.

Prin urmare, toate cunoștințele științifice sunt întotdeauna într-o stare dinamică, întrucât în orice moment dovezi noi ar putea apărea, care să contrazică ipoteze mai vechi. Un exemplu clasic este explicația luminii. Paradigma particulei lui Isaac Newton a fost răsturnat de teoria undei de lumină, care a explicat difracția, și care a fost considerată a fi de necontestat pentru multe decade. Paradigma undei, la rândul său a fost respinsă prin descoperirea efectului fotoelectric. Teoria actuală susține că fotonii (“particulele” de lumină) sunt atât unde cât și particule, au fost efectuate experimente care demonstrează că lumina are ambele tipuri de proprietăți.

Experimentele care resping o ipoteză ar trebui să fie efectuate de către mai mulți oameni de știință pentru a se proteja împotriva subiectivismului, greșelilor, neînțelegerii, și fraudei. Revistele științifice folosesc un proces de peer review, în care oamenii de știință prezintă rezultatele lor unui grup de oameni de știință colegi (care pot sau nu pot să știe identitatea autorului) pentru evaluare. Oamenii de știință sunt pe bună dreptate suspicioși asupra rezultatelor care nu trec prin acest proces, de exemplu experimentele de fuziune la rece ale lui Fleischmann și Pons nu au fost niciodată revizuite de experți și au fost anunțate direct în presă, înainte ca orice alt om de știință să fi încercat să reproducă rezultatele sau să evalueze eforturile lor. Ele nu au fost reproduse în altă parte încă, iar comunicatul de presă a fost considerat, de către cei mai mulți fizicieni nucleari, ca fiind foarte probabil greșit.

1.3.4 Alte aspecte ale metodelor științifice

Nu există instrucțiuni definitive pentru producerea de noi ipoteze. Istoria științei este plină de povești cu oameni de știință care au avut un moment de inspirație sau o bănuială, pe care apoi le-au motivat căutând dovezi care să susțină sau să infirme ideea lor. Michael Polanyi a făcut din această creativitate piesa centrală a metodologiei sale.

Anecdota cu mărul care cade pe capul lui Isaac Newton inspirându-i teoria sa privind greutatea, este un exemplu foarte popular (nu există dovezi că mărul a căzut pe capul lui, tot Newton a spus a fost că ideile i-au fost inspirate “de căderea unui măr.”). Povestea lui Kekule despre inspirația pentru ipoteza lui privind structurii de inelară a benzenului (în timp ce visa șerpi care își mușcau propriile cozi) este mai bine atestată.

Oamenii de știință tind să caute teorii “elegante” sau “frumoase”. În sensul pe care îl acordă ei acestor cuvinte, “eleganța” (sau “frumusețea”) se referă la capacitatea unei teorii de a explica perfect toate faptele cunoscute cât mai simplu posibil, sau într- un mod compatibil cu briciul lui Occam.

Modelul lui Ptolemeu al universului a sugerat că Pământul este centrul unui univers curat, perfect, și toate mișcărilor într-un asemenea univers trebuie să fie circulare. Modelul a explicat mișcarea retrogradă aparentă a planetelor, prin introducerea epiciclorilor. Modelul Nicolaus Copernicus a plasat Soarele în centrul mișcării planetelor, dar, de asemenea, presupune că planetele se mișcă în cercuri perfecte. De asemenea, el a constatat că este necesar să se folosească epiciclorile, și a fost la fel de complex dar mai puțin precis decât modelul heliocentric. Ameliorarea în acuratețea modelului depinde nu numai de dezvoltarea matematică a orbitelor eliptice, dar și de o schimbare conceptuală în modul în care mișcarea a fost înțeleasă. Tycho Brahe a făcut observații exacte fără precedent, dar nu a respins modelul geocentric. A fost nevoie de Kepler peste 20 de ani

pentru a formula ecuații care explică observațiile lui Tycho Brahe în termeni heliocentriți.

Sistemul lumii al lui Isaac Newton a unificat legile lui Kepler și studiile de accelerație mecanică ale lui Galileo, care au re-integrat știința modernă într-un model al lumii comprehensibil.

Aderarea perseverentă la o anumită metoda poate fi contraproductivă.

Istoria este plină de exemple de teorii exacte ignorate de către ceilalți oameni de știință, și de teorii inexacte propagate în mod nejustificat.

Adezea, teoria mai puțin exactă ajunge în cele din urmă să fie acceptată.

Dar asta este o altă poveste...

2 Fizica



Această imagine poate arăta orice lucru. Ar putea fi un jacuzzi într-un rezervor de apă sau poate un colaj de vopsea și margele strălucitoare făcute create artistic. Fără a cunoaște dimensiunea obiectului în unități pe care le recunoaștem cu toții, cum ar fi metri sau inci, este dificil să știm la ce privim. De fapt, această imagine prezintă galaxia Volburei (și galaxia însoțitoare), care are aproximativ 60.000 de ani lumină în diametru (aproximativ 6×10^{17} km diametru)
(credit: S. Beckwith (STScI) Hubble Heritage Team, (STScI / AURA), ESA, NASA)

După cum se observă în figură, imaginea de deschidere a capitolului este a Galaxiei Volburei. Galaxiile sunt la fel de imense cum sunt atomii de mici, totuși aceleași legi ale fizicii le descriu pe ambele, împreună cu restul naturii - o indicație a unității fundamentale din univers. Legile fizicii sunt surprinzător de puține, implicând o simplitate care stă la baza complexității aparente a naturii. În acest text, vei afla despre legile fizicii. Galaxiile și atomii pot părea departe de viața de zi cu zi, dar pe măsură ce începeți să explorați acest subiect larg, puteți constata că fizica joacă un rol mult mai important în viața ta decât credeai înainte, indiferent de obiectivele tale de viață sau de alegerea carierei.

Fizica este știința naturii în sensul cel mai larg. Fizica este dedicată înțelegerii tuturor fenomenelor naturale. În fizică, încercăm să înțelegem fenomenele fizice la toate nivelurile - de la lumea particulelor

subatomice la întregul univers. În ciuda dimensiunilor subiectului, diversele subdomenii ale fizicii împărtășesc un nucleu comun. Aceeași pregătire de bază în fizică vă va pregăti să lucrați în orice domeniu al fizicii și domeniile conexe ale științei și ingineriei. În această secțiune, investigăm domeniul fizicii; scări de lungime, masă și timp în care legile fizicii s-au dovedit a fi aplicabile; și procesul prin care funcționează știința în general și fizica în special.

Aruncați încă o privire la imaginea de deschidere a capitolului. Galaxia Volburei conține miliarde de stele individuale, precum și nori uriași de gaz și praf. Galaxia însoțitoare este de asemenea vizibilă la dreapta. Această pereche de galaxii se întinde pe o distanță de peste un miliard de miliarde de kilometri ($2,25 \times 10^{21}$ km) de la galaxia noastră (numită *Calea Laptelui*, sau *Cale Lactee*). Stelele și planetele care alcătuiesc Galaxia Volburei pot părea a fi cele mai îndepărtate lucruri de viața de zi cu zi a majorității oamenilor, dar Volbura este un punct de plecare pentru a vă gândi la forțele care țin împreună universul. Forțele care fac ca galaxia Volburei să acționeze așa cum se întâmplă sunt considerate a fi aceleași forțe cu care ne confruntăm aici pe Pământ, dacă intenționăm să trimitem o rachetă în spațiu sau pur și simplu intenționăm să ridicăm zidurile pentru o nouă casă. Graviția care face ca stelele din Galaxia Volburei să se rotească este considerată a fi aceeași cu ceea ce face ca apa să curgă peste barajele hidroelectrice de aici pe Pământ. Când privești în sus stelele, realizezi că forțele sunt la fel ca cele de aici de pe Pământ. Printr-un studiu al fizicii, putem obține o înțelegere mai bună a interconectării a tot ceea ce putem vedea și cunoaște în acest univers.

Gândiți-vă acum la toate dispozitivele tehnologice pe care le utilizați în mod obișnuit. Computerele, smartphone-urile, sistemele globale de poziționare (GPS), playerele MP3 și radioul prin satelit sunt câteva. Apoi, gândiți-vă la cele mai interesante tehnologii moderne pe care le-ați auzit la știri, cum ar fi trenurile care levitează deasupra pistelor, "mantalele de invizibilitate" care îndoie lumina în jurul lor și roboții microscopici care luptă împotriva celulelor canceroase în corpul nostru. Toate aceste progrese inovatoare, obișnuite sau de necrezut, se bazează pe principiile fizicii. Pe lângă faptul că joacă un rol semnificativ în tehnologie, profesioniștii precum ingineri, piloți, medici, terapeuți fizici, electricieni și programatori de calculatoare aplică concepte de fizică în munca lor zilnică. De exemplu, un pilot trebuie să înțeleagă modul în care forțele vântului afectează o cale de zbor; un terapeut fizic trebuie să înțeleagă cum acționează mușchii din corpul corpului când se mișcă și se îndoie. După cum vei învăța în acest text, principiile fizicii propun noi tehnologii interesante și aceste principii se aplică într-o gamă largă de domenii.



Apple iPhone este un smartphone comun cu o funcție GPS. Fizica descrie modul în care curentul curge prin circuitele acestui dispozitiv. Inginerii își folosesc cunoștințele de fizică pentru a construi un iPhone cu caracteristici de care consumatorii se vor bucura. O caracteristică specifică a unui iPhone este funcția GPS. Un GPS utilizează ecuații de fizică pentru a determina timpul de deplasare între două locații pe o hartă (credit: Jane Whitney)

Caracterul fundamental al naturii face studiul științei în general, și în special al fizicii, să fie interesant și plăcut. De exemplu, ce au în comun o pungă de chips-uri și o baterie de mașină? Ambele conțin energie care poate fi transformată în alte forme. Legea conservării energiei (care spune că energia își poate schimba forma, dar nu se pierde niciodată) leagă împreună subiecte cum ar fi calorii alimentare, baterii, căldură, lumină și arcuri de ceas. Înțelegerea acestei legi facilitează învățarea diverselor forme pe care energia le ia și modul în care acestea se raportează una la cealaltă. Subiectele aparent necorelate sunt legate prin legi fizice aplicabile în general, permițând o înțelegere dincolo de memorarea faptelor ca atare.

Știința constă din teorii și legi care sunt adevărurile generale ale naturii, precum și corpul cunoștințelor pe care le cuprind. Oamenii de știință încearcă continuu să extindă acest corp de cunoștințe și să perfecționeze expresia legilor care îl descriu. Fizica este preocupată de descrierea interacțiunilor dintre energie, materie, spațiu și timp pentru a descoperi mecanismele fundamentale care stau la baza fiecărui fenomen. Această preocupare pentru descrierea fenomenelor de bază în natură definește în esență domeniul fizicii.

Fizica își propune să înțeleagă lumea din jurul nostru la nivelul cel mai de bază. Aceasta subliniază utilizarea unui număr redus de legi cantitative pentru a face acest lucru, care pot fi utile și în alte domenii care impulsionează limitele de performanță ale tehnologiilor existente. Luați în considerare un smartphone. Fizica descrie modul în care energia electrică interacționează cu diferitele circuite din interiorul dispozitivului. Aceste cunoștințe îi ajută pe ingineri să selecteze materialele și schemele corespunzătoare atunci când construiesc un smartphone. Cunoașterea fizicii care stă la baza acestor dispozitive este necesară pentru micșorarea dimensiunilor acestora sau creșterea vitezei lor de procesare. Sau, gândiți-vă la un GPS. Fizica descrie relația dintre viteza unui obiect, distanța pe care se deplasează și timpul necesar deplasării pe acea distanță. Când utilizați un GPS într-un vehicul, acesta se bazează pe ecuațiile fizicii pentru a determina timpul de deplasare de la o locație la alta.

Cunoașterea fizicii este utilă atât în situațiile de zi cu zi, cât și în profesiile non-științifice. Vă poate ajuta să înțelegeți cum funcționează cuptoarele cu microunde, de ce nu ar trebui să fie introduse metalele în ele și de ce ar putea afecta stimulatoarele cardiace. Fizica vă permite să înțelegeți pericolele legate de radiații și să evaluați aceste pericole rațional și mai ușor. Fizica explică, de asemenea, motivul pentru care un radiator negru de mașină ajută la eliminarea căldurii într-un motor, și explică de ce un acoperiș alb ajută la menținerea răorii în interiorul unei case. În mod similar, funcționarea sistemului de aprindere al unei mașini, precum și transmiterea semnalelor electrice în întregul sistem nervos al organismului, sunt mult mai ușor de înțeles când vă gândiți la ele în termenii fizicii de bază.

Fizica este un element cheie al multor discipline importante și contribuie direct la altele. Chimia, de exemplu, deoarece se ocupă de interacțiunile atomilor și moleculelor, are legături strânse cu fizica atomică și moleculară. Majoritatea ramurilor de inginerie se ocupă cu proiectarea de noi tehnologii, procese sau structuri în limitele impuse de legile fizicii. În arhitectură, fizica se află în centrul stabilității structurale și este implicată în acustică, încălzirea, iluminarea și răcirea clădirilor. Geologia se bazează în mare măsură pe fizică, de ex. pentru datarea radioactivă a rocilor, analiza cutremurelor și transferul de căldură din interiorul Pământului. Unele discipline, cum ar fi biofizica și geofizica, sunt hibrizi între fizică și alte discipline.

Fizica are multe aplicații în științele biologice. La nivel microscopic, ajută la descrierea proprietăților celulelor și a mediilor lor. La nivel macroscopic, explică lucrul mecanic, căldura și puterea asociată cu corpul uman și diferitele sale sisteme de organe. Fizica este implicată în diagnosticarea medicală, cum ar fi radiografiile, imagistica prin rezonanță magnetică și măsurătorile fluxului sanguin cu ultrasunete. Terapia medicală uneori implică direct fizica; de exemplu, radioterapia cancerului utilizează radiații ionizante. Fizica explică de asemenea fenomenele senzoriale, cum ar fi modul în care instrumentele muzicale fac sunetul, modul în care ochiul detectează culoarea și modul în care laserele transmit informații.

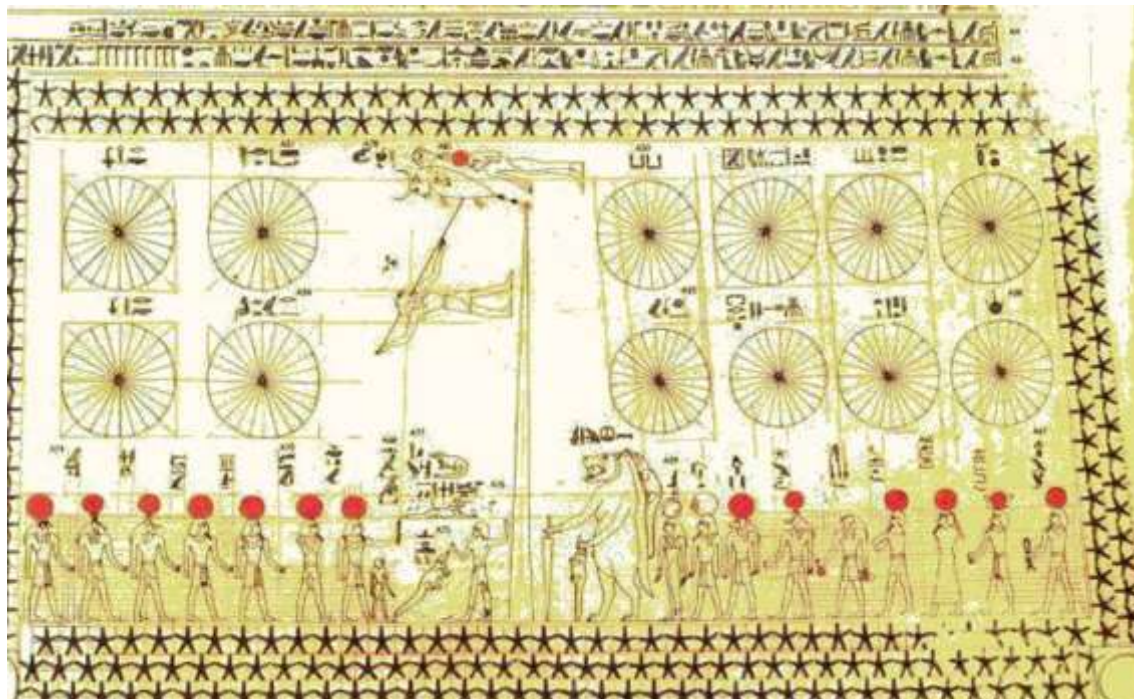
Nu este necesar să studiem în mod oficial toate aplicațiile fizicii. Ceea ce este cel mai util este cunoașterea legilor de bază ale fizicii și dezvoltarea abilităților în metodele analitice de aplicare a acestora. De asemenea, studiul fizicii poate îmbunătăți abilitățile de rezolvare a problemelor. Mai mult, fizica păstrează cele mai importante aspecte ale științei, deci este folosită de toate științele, iar studiul fizicii face mai ușor de înțeles și alte științe.

Istorie

Astronomia antică

Încă din antichitate, oamenii au încercat să înțeleagă comportamentul materiei: de ce obiectele nesprîjinite cad la pământ, de ce materiale diferite au proprietăți diferite, ș.a.m.d. De asemenea, erau un mister caracteristicile universului, precum forma Pământului și comportamentul obiectelor cerești, precum Soarele și Luna. Au

fost propuse mai multe teorii, cele mai multe dintre ele dovedindu-se a fi greșite. Aceste teorii au fost în mare măsură formulate în termeni filosofici, și niciodată nu au fost verificate prin încercări experimentale sistematice. Au fost excepții și există și în prezent anacronisme: de exemplu, gânditorul grec Arhimede a exprimat în mai multe lucrări descrieri corecte cantitative ale mecanicii și hidrostatiei.



Astronomia egipteană veche este evidentă în monumente precum plafonul mormântului lui Senemut din timpul dinastiei a optsprezecea din Egipt, <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Senemut-Grab.JPG>

Astronomia este cea mai veche dintre științele naturii. Cele mai vechi civilizații care datează dincolo de 3000 î.e.n., cum ar fi sumerienii, vechii egipteni și civilizația din Valea Indusului, toate aveau o cunoaștere predictivă și o înțelegere de bază a mișcărilor Soarelui, Lunii și stelelor. Stelele și planetele erau adesea o țintă a închinării, considerată a reprezenta zeii lor. În timp ce explicațiile pentru aceste fenomene erau deseori neștiințifice și lipsite de dovezi, aceste observații timpurii au pus bazele astronomiei ulterioare.

Potrivit lui Asger Aaboe, originea astronomiei occidentale poate fi găsită în Mesopotamia, și toate eforturile occidentale în științele exacte sunt descendente din astronomia babiloniană târzie. Egiptenii astronomi au lăsat monumente care arată cunoașterea constelațiilor și a mișcărilor corpurilor celeste, în timp ce poetul grec Homer a scris despre diferite obiecte celeste în Iliada și Odiseea; mai târziu astronomii greci au furnizat nume, care sunt încă folosite astăzi, pentru majoritatea constelațiilor vizibile din emisfera nordică.

Filosofia naturală

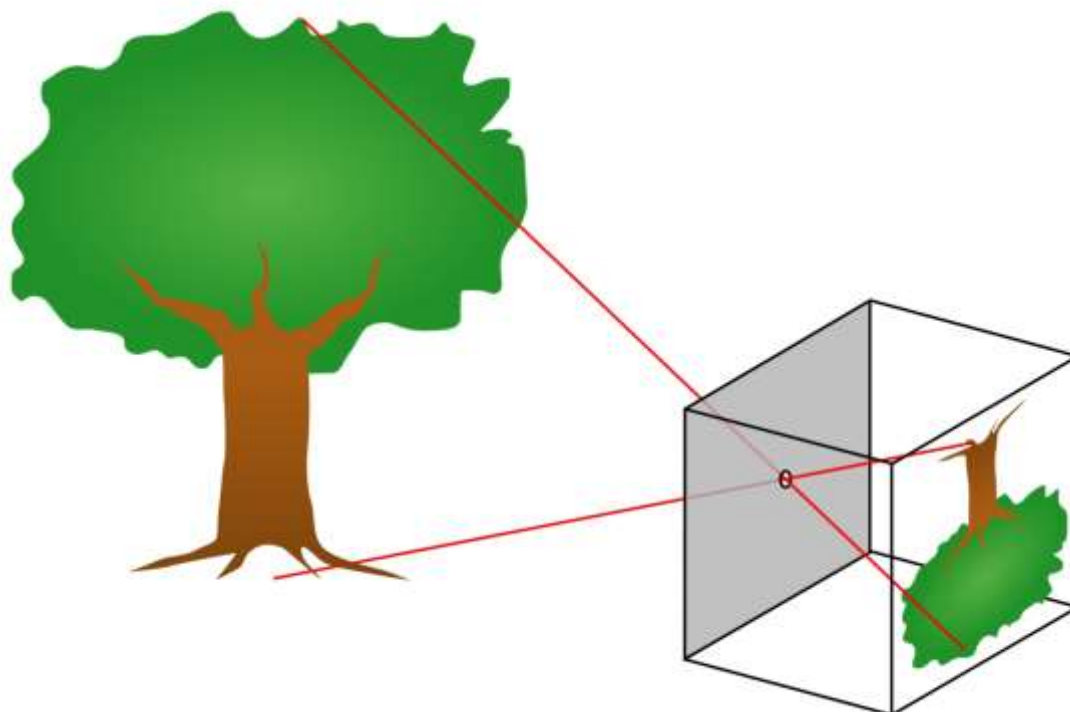
Filosofia naturală își are originea în Grecia în timpul perioadei arhaice (650 î.e.n. - 480 î.e.n.), când filosofii pre-socratici, precum Thales, au respins explicațiile non-naturaliste ale fenomenelor naturale și au proclamat că fiecare eveniment are o cauză naturală. Ei au propus idei verificate prin rațiune și observație și multe din ipotezele lor s-au dovedit a fi de succes prin experimente, de exemplu, atomismul a fost găsit corect la aproximativ 2000 de ani după ce a fost propus de Leucippus și elevul său Democritus.

Fizica în lumea islamică medievală

Învățătura islamică a moștenit fizica aristoteliană de la greci și în timpul erei aurii islamice a dezvoltat-o mai departe, în special punând accentul pe observație și raționament *a priori*, dezvoltând forme timpurii ale metodei științifice.

Cele mai notabile inovații au fost în domeniul opticii și al viziunii, care a venit din lucrările multor oameni de știință precum Ibn Sahl, Al-Kindi, Ibn al-Haytham, Al-Farisi și Avicenna. Cea mai notabilă lucrare a fost *Cartea opticii* (cunoscută și sub numele de *Kitāb al-Manāẓir*), scrisă de Ibn al-Haytham, în care nu numai că a fost primul care a respins ideea antică grecească despre viziune, dar și a venit cu o nouă teorie. În cartea sa, el a fost primul care a studiat fenomenul camerei obscure (versiunea veche de o mie de ani a aparatului foto cu

orificiu) și a studiat și felul în care funcționează ochiul. Folosind disecțiile și cunoștințele cercetătorilor anteriori, a reușit să explice cum intră lumina în ochi. El a afirmat că raza de lumină este focalizată, dar explicația reală a modului în care lumina este proiectată în spatele ochiului trebuia să aștepte până în anul 1604. Cartea sa *Tratatul asupra luminii* a explicat funcționarea primei camerei obscure, cu sute de ani înainte de dezvoltarea modernă a fotografiei.



Modul de bază în care funcționează o cameră cu orificiu

Cartea opticii (Kitāb al-Manāẓir), în șapte volume, a influențat foarte mult gândirea în mai multe discipline din teoria percepției vizuale asupra naturii perspectivei în arta medievală, atât în Est cât și în Occident, pentru mai mult de 600 de ani. Mulți cercetători europeni și colegi polimați, de la Robert Grosseteste și Leonardo da Vinci până la René Descartes, Johannes Kepler și Isaac Newton, îi sunt datori. Într-adevăr, influența *Opticii* lui Ibn al-Haytham se situează la același nivel cu cartea lui Newton cu același titlu, publicată 700 de ani mai târziu.

Traducerea *Cărții opticii* a avut un impact enorm asupra Europei. Din aceasta, mai târziu, cercetătorii europeni au reușit să construiască dispozitive care să le reproducă pe cele pe care le-a construit Ibn al-Haytham și să înțeleagă modul în care funcționează lumina. Din aceasta au fost dezvoltate lucruri importante precum ochelarii, lupa, telescoapele și camerele de luat vederi.

Fizica clasică

Fizica a devenit o știință separată atunci când europenii moderni timpurii au folosit metode experimentale și cantitative pentru a descoperi ceea ce sunt considerate acum legile fizicii.

În 1687, Newton a publicat *Principia Mathematica*, detaliind două teorii fizice cuprinzătoare și de succes: legile mișcării ale lui Newton, care au stat la baza mecanicii clasice, precum și Legea lui Newton a gravitației, care descrie forța fundamentală a gravitației. Ambele teorii au fost verificate experimental. Mecanica clasică a fost extinsă de Lagrange, Hamilton, și alții, care au promovat noi formulări, principii, și rezultate. Legea gravitației a dus la dezvoltarea astrofizicii, care descrie fenomenele astronomice folosind teoriile fizice.

Progresele majore în această perioadă includ înlocuirea modelului geocentric al sistemului solar cu modelul copernican heliocentric, legile care guvernează mișcarea



Sir Isaac Newton (1643-1727), ale cărui legi de mișcare și gravitație universală sunt repere majore în fizica clasică

corpurilor planetare determinate de Johannes Kepler între 1609 și 1619, lucrări de pionierat asupra telescoapelor și astronomiei observaționale de către Galileo Galilei în secolele 16 și 17, și descoperirea și unificarea de Isaac Newton a legilor mișcării și gravitației universale care vor ajunge să-i poarte numele.

În sec. XVI, Galileo a folosit pentru prima dată experimente pentru a valida teoriile fizice, metoda științifică principală de confirmare în prezent a ipotezelor. Galileo a formulat și testat cu succes o serie de afirmații în dinamică, în special Legea inerției.

Newton a dezvoltat, de asemenea, calculul, studiul matematic al schimbării, care a oferit noi metode matematice pentru rezolvarea problemelor fizice.

Începând cu secolul XVIII, s-a dezvoltat termodinamica prin contribuțiile lui Boyle, Young, și mulți alții. În 1733, Bernoulli a folosit argumente statistice în mecanica clasică pentru a obține rezultate în termodinamică, inițiind dezvoltarea mecanicii statistice. În 1798, Thompson a demonstrat conversia lucrului mecanic în căldură, iar în 1847 Joule a publicat legea de conservare a energiei, sub formă de căldură și de energie mecanică.

Electricitatea și magnetismul au fost studiate de către Faraday, Ohm, și alții. În 1855, Maxwell a unificat cele două fenomene într-o singură teorie a electromagnetismului, descrisă de ecuațiile lui Maxwell. O predicție a acestei teorii a fost faptul că lumina este o undă electromagnetică.

În 1895, Roentgen a descoperit razele X, care s-au dovedit a fi radiații electromagnetice de înaltă frecvență. Radioactivitatea a fost descoperită în anul 1896 de către Henri Becquerel, și studiată apoi de Pierre Curie și Marie Curie, printre alții. Aceasta a stat la baza fizicii nucleare.

În 1897, Thomson a descoperit electronul, particulă elementară care transportă curent electric în circuitele electrice. În 1904 el a propus primul model al atomului, cunoscut sub numele de modelul “budincă de prune” (existența atomului a fost propusă încă din 1808 de către Dalton.).

Descoperirea noilor legi în domeniul termodinamicii, chimiei și electromagneticii a rezultat din eforturile mai mari de cercetare în timpul Revoluției Industriale, pe măsură ce nevoile de energie au crescut. Legile care cuprind fizica clasică rămân foarte frecvent utilizate pentru obiecte la scala obișnuită care călătoresc la viteze nerelativiste, deoarece acestea oferă o aproximare foarte bună în astfel de situații, iar teoriile cum ar fi mecanica cuantică și teoria relativității se simplifică la echivalentele lor clasice la astfel de scale. Cu toate acestea, inexactitățile din mecanica clasică pentru obiecte foarte mici și viteze foarte mari au dus la dezvoltarea fizicii moderne în secolul XX.

Fizica modernă

Fizica modernă a început în secolul XX cu lucrarea lui Max Planck în teoria cuantică și teoria relativității a lui Albert Einstein. Ambele teorii au apărut din cauza unor inexactități în mecanica clasică în anumite situații. Mecanica clasică a prezis o viteză variabilă a luminii, care nu a putut fi rezolvată cu viteza constantă prevăzută de ecuațiile lui Maxwell de electromagnetism; această discrepanță a fost corectată de teoria relativității speciale a lui Einstein, care a înlocuit mecanica clasică pentru corpurile în mișcare rapidă și a permis o viteză constantă a luminii.

În 1905, Einstein a formulat teoria relativității speciale, unificând spațiul și timpul într-o singură entitate, spațiu-timp. Relativitatea prevede o transformare diferită între sistemele de referință, față de mecanica clasică. Aceasta a necesitat dezvoltarea mecanicii relativiste, ca un înlocuitor pentru mecanica clasică. În intervalul vitezelor (relative) mici, cele două teorii obțin aceleași rezultate. În 1915, Einstein a extins teoria relativității restrânse pentru a explica gravitația cu ajutorul teoriei generale a relativității, care înlocuiește legea lui Newton a gravitației. În intervalul maselor și energiilor mici, cele două teorii obțin aceleași rezultate.

În 1911, Rutherford a dedus, din experimente de împrăștiere, existența unui nucleu atomic compact, cu elementele constitutive încărcate pozitiv denumite protoni. Neutronii, componentele neutre nucleare, au fost descoperiți în 1932 de către Chadwick.

Radiația corpului negru a reprezentat o altă problemă pentru fizica clasică, care a fost corectată atunci când Planck a propus ca excitația oscilatoarelor materiale să fie posibilă numai în pași discreți proporțional cu frecvența lor; aceasta, împreună cu efectul fotoelectric și o teorie completă care prezice nivelele de energie discrete ale orbitalilor electronici, a condus la teoria mecanicii cuantice prevalând față de fizica clasică pentru scări foarte mici.



Albert Einstein (1879-1955), a cărui lucrare privind efectul fotoelectric și teoria relativității au condus la o revoluție în fizica secolului al XX-lea

Începând din 1900, Planck, Einstein, Bohr, și alții, au dezvoltat teorii cuantice pentru a explica diverse rezultate anormale experimentale, prin introducerea unor nivele distincte de energie. În 1925 Heisenberg, și în 1926 Schroedinger și Dirac, au formulat mecanica cuantică, care a explicat teoriile cuantice precedente. În mecanica cuantică, rezultatele măsurătorilor fizice sunt în mod inerent probabilistice. Teoria descrie calculul acestor probabilități. Cu ajutorul ei se descrie cu succes comportamentul materiei pentru dimensiuni mici, subatomice.

Mecanica cuantică va fi pionierată de Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger și Paul Dirac. De la această lucrare timpurie, și lucrări în domenii conexe, a fost derivat modelul standard al fizicii particulelor.

Mecanica cuantică a furnizat, de asemenea, instrumentele teoretice pentru dezvoltarea fizicii materiei condensate, care studiază comportamentul fizic al solidelor și lichidelor, inclusiv fenomene precum structura cristalelor, semiconductivitatea, și supraconductibilitatea. Unul din pionierii în fizica materiei condensate a fost Bloch, care a dezvoltat o descriere cuantică a comportamentului electronilor în structurile de cristal, în 1928.

În timpul celui de al doilea război mondial, cercetarea a fost focalizată de către fiecare parte pe fizica nucleară, în scopul obținerii bombei nucleare. Echipa germană, condusă de Heisenberg, nu a obținut rezultatele sperate. În schimb, Proiectul Manhattan al Aliaților și-a atins scopul. În America, o echipă condusă de Fermi, a obținut prima reacție nucleară în lanț inițiată de om, în 1942, iar în 1945 a fost detonată prima armă nucleară din lume, în Trinity, în apropiere de Alamogordo, New Mexico.

Teoria câmpurilor cuantice a fost formulată în scopul de a extinde mecanica cuantică pentru a fi în concordanță cu teoria relativității restrânse. Forma sa actuală a fost obținută spre finele anilor 1940, prin lucrările lui Feynman, Schwinger, Tomonaga, și Dyson. Ei au formulat teoria electrodinamicii cuantice, care descrie interacțiunea electromagnetică.

Teoria câmpurilor cuantice oferă cadrul pentru fizica modernă a particulelor, care studiază forțele fundamentale și particulele elementare. În 1954, Yang și Mills au dezvoltat o clasă de teorii gauge, care a oferit cadrul pentru Modelul Standard. Modelul Standard, care a fost finalizată în 1970, descrie cu succes aproape toate particulele elementare observate până în prezent.

Ca urmare a descoperirii unei particule cu proprietăți coerente cu bosonul Higgs de la CERN în 2012, toate particulele fundamentale prezise de modelul standard și niciuna în plus, par să existe; totuși, fizica dincolo de modelul standard, cu teorii precum supersimetria, este o zonă activă de cercetare. Anumite domenii din matematică sunt importante în acest domeniu, cum ar fi studiul probabilităților și al grupurilor.

Fizica și filosofia

Prin multiple conexiuni, fizica provine din filosofia greacă antică. De la prima încercare a lui Thales de a caracteriza materia, până la deducția că materia ar trebui să se reducă la o stare invariantă, astronomia lui Ptolemeu despre un firmament cristalin, și cartea lui Aristotel, *Fizica* (o carte timpurie despre fizică, prin care a încercat să analizeze și să definească mișcarea din un punct de vedere filosofic), diferiți filosofi din Grecia antică au avansat propriile lor teorii ale naturii. Fizica a fost cunoscută sub numele de filosofie naturală până la sfârșitul secolului XVIII.

Începând cu secolul XIX, fizica a fost considerată ca o disciplină distinctă de filosofie și alte științe. Fizica, la fel ca celelalte științe, se bazează pe filosofia științei pentru a da o descriere corespunzătoare metodei științifice. Metoda științifică are un raționament *a priori*, precum și un raționament *a posteriori*, și utilizează inferența Bayesiană pentru a măsura validitatea unei anumite teorii.

Dezvoltarea fizicii a răspuns la multe întrebări filosofice timpurii, dar a ridicat, de asemenea, noi întrebări. Studiul aspectelor filosofice apărute în jurul fizicii, filosofia fizicii, implică aspecte cum ar fi natura spațiului și timpului, determinismul, și perspectivele metafizice, cum ar fi empirismul, naturalismul și realismul.

Mulți fizicieni au scris despre implicațiile filosofice ale muncii lor, de exemplu Laplace, care a militat pentru determinismul cauzal, și Erwin Schrödinger, care a scris despre mecanica cuantică. Fizicianul matematic Roger Penrose a fost numit platonist de Stephen Hawking, un punct de vedere pe care Penrose îl discută în cartea sa, *The Road to Reality*. Hawking se referă la el însuși ca un "reducționist necenzurat", și comentează punctele de vedere ale lui Penrose.



Max Planck (1858-1947), inițiatorul teoriei mecanicii cuantice

Teorii de bază în fizică

Deși fizica se ocupă cu o mare varietate de sisteme, anumite teorii sunt utilizate de către toți fizicienii. Fiecare dintre aceste teorii a fost testată experimental de mai multe ori și s-a constatat o corectă aproximare a naturii (într-un anumit domeniu de valabilitate). De exemplu, teoria mecanicii clasice descrie cu precizie mișcarea obiectelor, cu condiția ca acestea să fie mult mai mari decât atomii și să se deplaseze cu mult mai puțin decât viteza luminii. Aceste teorii continuă să fie domenii de cercetare activă, și un aspect remarcabil al mecanicii clasice, cunoscut sub numele de haos, a fost descoperit în secolul 20, la trei secole după formularea inițială a mecanicii clasice de Isaac Newton (1642-1727).

Aceste teorii centrale sunt instrumente importante pentru cercetare în subiecte mai specializate, și orice fizician, indiferent de specializarea lui, este de așteptat să le cunoască. Acestea includ mecanica clasică, mecanica cuantică, termodinamica și mecanica statistică, electromagnetismul, și relativitatea specială.

Fizica clasică

Fizica clasică include ramurile și subiectele care au fost recunoscute și bine dezvoltate înainte de secolul XX - mecanica clasică, acustica, optica, termodinamica, și electromagnetismul tradițional.

Mecanica clasică se referă la corpuri acționate de către forțe și corpuri în mișcare, și poate fi împărțită în statica (studiul forțelor care acționează asupra unui corp sau unor corpuri care nu sunt supuse la o accelerare), cinematica (studiu mișcării fără a ține seama de cauzele sale), și dinamica (studiul mișcării și forțelor care le afectează). Mecanica poate fi, de asemenea, împărțită în mecanica solidului și mecanica fluidelor (cunoscute împreună ca mecanica mediilor continue), aceasta din urmă incluzând subdomenii precum hidrostatica, hidrodinamica, aerodinamica, și pneumatica.

Acustica este studiul modului în care este produs, controlat, transmis și recepționat sunetul. Ramurile importante moderne ale acusticii includ ultrasunetele, studiul undelor sonore de foarte înaltă frecvență dincolo de raza auzului uman, bioacustica (fizica chemărilor și auzului animalelor), și electroacustica, manipularea undelor sonore folosind electronica.

Optica, studiul luminii, se ocupă nu numai cu lumina vizibilă, dar, de asemenea, cu radiații infraroșii și ultraviolete, care prezintă toate fenomenele luminii vizibile cu excepția vizibilității, de exemplu reflecția, refracția, interferența, difracția, dispersia, și polarizarea luminii.

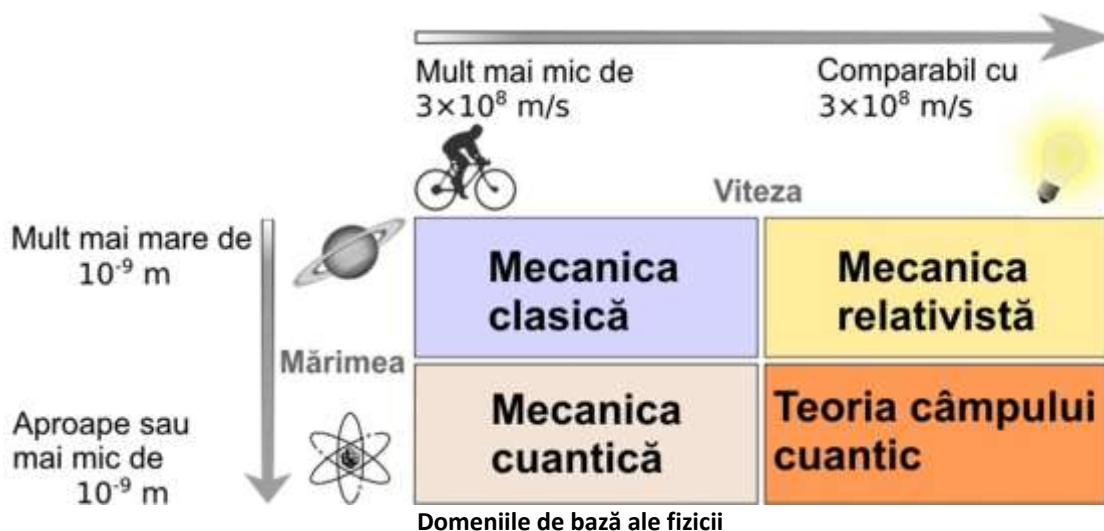
Căldura este o formă de energie, energia internă posedată de către particulele din care substanța este compusă. Termodinamica se ocupă cu relațiile dintre căldură și alte forme de energie.

Electricitatea și magnetismul au fost studiate ca o singură ramură a fizicii. Legătura intimă dintre ele a fost descoperită la începutul secolului XIX. Un curent electric generează un câmp magnetic și un câmp magnetic variabil induce un curent electric. Electrostatica se ocupă cu sarcini electrice în repaus, electrodinamica cu sarcini în mișcare, și magnetostatica cu poli magnetici în repaus.

Fizica modernă

Fizica clasică se ocupă, în general, cu materia și energia la scară normală de observație, în timp ce o mare parte a fizicii moderne se ocupă de comportamentul materiei și energiei în condiții extreme sau pe o scară foarte mare sau foarte mică. De exemplu, pentru fizica atomică și nucleară contează scara cea mai mică la care elementele chimice pot fi identificate. Fizica particulelor elementare are o scară chiar mai mică, deoarece se referă la unitățile de bază ale materiei; această ramură a fizicii este, de asemenea, cunoscută sub numele de fizica energiilor înalte, din cauza energiilor extrem de ridicate necesare pentru a produce mai multe tipuri de particule, în acceleratoare de particule mari. La această scară, de obicei, noțiunile obișnuite de spațiu, timp, materie și energie nu mai sunt valabile.

Cele două teorii principale ale fizicii moderne prezintă o imagine diferită a conceptelor de spațiu, timp, și materie, față de fizica clasică. Teoria cuantică studiază natura mai degrabă discretă decât continuă a multor fenomene la nivel atomic și subatomic, și aspectele complementare ale particulelor și undelor în descrierea unor astfel de fenomene. Teoria relativității studiază descrierea fenomenelor care au loc într-un cadru de referință, care este în mișcare față de un observator. Teoria specială a relativității studiază mișcarea relativ uniformă în linie dreaptă, iar teoria generală a relativității mișcarea accelerată și legătura sa cu gravitația. Atât teoria cuantică cât și teoria relativității își găsesc aplicații în toate domeniile fizicii moderne.

Diferența între fizica clasică și fizica modernă

În timp ce fizica are ca scop descoperirea legilor universale, teoriile sale se află în domenii explicitate de aplicabilitate. În linii mari, legile fizicii clasice descriu cu acuratețe sisteme a căror scară principală a dimensiunilor este mai mare decât scara atomică, și ale căror mișcări sunt mult mai lente decât viteza luminii. În afara acestui domeniu, observațiile nu se potrivesc cu previziunile. Albert Einstein a contribuit la cadrul relativității speciale, care a înlocuit noțiunea de timp absolut și spațiu cu cea de spațiu-timp, și a permis o descriere precisă a sistemelor ale căror componente au viteze apropiate de viteza luminii. Max Planck, Erwin Schrödinger, și alții, au introdus mecanica cuantică, o noțiune probabilistică pentru particule și interacțiuni care a permis o descriere exactă la scară atomică și subatomică. Mai târziu, teoria câmpului cuantic a unificat mecanica cuantică și teoria relativității restrânse. Relativitatea generală a permis un spațiu-timp dinamic, curbat, cu care sistemele extrem de masive și structura universului pe scară largă pot fi bine descrise. Relativitatea generală nu a fost încă unificată cu alte descrieri fundamentale; mai multe teorii candidate ale gravitației cuantice sunt în curs de dezvoltate.

Cercetarea în fizică*Metode științifice*

Fizicienii folosesc metoda științifică pentru a testa validitatea unei teorii fizice, folosind o abordare metodică de comparare a implicațiilor teoriei în cauză cu concluziile asociate desprinse din experimente și observații efectuate pentru a o testa. Experimentele și observațiile sunt colectate și comparate cu predicțiile și ipotezele făcute de teorie, ajutând astfel la stabilirea sau la validitatea/invaliditatea teoriei.

O lege științifică este o declarație verbală sau matematică concisă a unui raport care exprimă un principiu fundamental al unei teorii, cum ar fi legea lui Newton a gravitației universale.

Teorie și experiment

Teoreticienii încearcă să dezvolte modele matematice care sunt de acord cu experimentele existente și prezic cu succes viitorul rezultatelor experimentale, în timp ce experimentatorii concep și efectuează experimente pentru a testa predicțiile teoretice și a explora noi fenomene. Deși teoria și experimentul sunt dezvoltate separat, ele sunt puternic dependente reciproc. Progresul în fizică apare frecvent când experimentatorii fac o descoperire pe care teoriile existente nu o pot explica, sau când noi teoriile generează predicții testabile experimentale, care inspira noi experimente.

Fizicienii care lucrează la interacțiunea dintre teorie și experiment sunt numiți fenomenologi. Fenomenologii se uită la fenomenele complexe observate în experiment și încearcă să le lege de teoria fundamentală.

Fizica teoretică s-a inspirat istoric din filosofie. Electromagnetismul a fost unificat în acest fel. Dincolo de universul cunoscut, domeniul fizicii teoretice se ocupă de asemenea și cu problemele ipotetice, cum ar fi universuri paralele, multivers, și dimensiuni mai multe. Teoreticienii invocă aceste idei în speranța de a rezolva problemele specifice cu teoriile existente. Apoi ei explorează consecințele acestor idei și în ideea de a

face predicții testabile.

Fizica experimentală se extinde prin, și este extinsă de, inginerie și tehnologie. Fizicienii experimentali implicați în cercetarea fundamentală proiectează și efectuează experimente cu echipamente, cum ar fi acceleratoarele de particule și lasere, în timp ce cei implicați în cercetarea aplicată de multe ori lucrează în tehnologii din industriile în curs de dezvoltare, cum ar fi imagistica prin rezonanță magnetică și tranzistori. Feynman a remarcat că experimentatorii caută zone care nu sunt bine explorate de teoreticieni.

Domenii de aplicare și obiective

Fizica acoperă o gamă largă de fenomene, de la particule elementare (cum ar fi cuarcii, neutrinii, și electronii), la cele mai mari superclustere de galaxii. Aceste fenomene includ obiectele cele mai de bază care compun toate celelalte lucruri. Prin urmare, fizica este uneori numită "știința fundamentală". Fizică are ca scop descrierea diferitelor fenomene care apar în natură în termeni de fenomene simple. Astfel, fizica are ca scop atât conectarea aspectelor observabile pentru om cu cauzele primordiale, cât și apoi conectarea acestor cauze împreună.

De exemplu, în China antică s-a observat că anumite roci (magnetita) sunt atrase între ele printr-o forță invizibilă. Acest efect a fost mai târziu numit magnetism, și a fost prima dată studiat riguros în secolul XVII. Ceva mai devreme decât chinezii, grecii antici cunoșteau alte obiecte, cum ar fi chihlimbarul, care, atunci când este frecat cu o blană, provoacă o atracție invizibilă similară între cele două corpuri. Acest fenomen a fost, de asemenea, prima dată studiat riguros în secolul XVII, și a ajuns să fie numit energie electrică. Astfel, fizica a ajuns să înțeleagă două observații despre natură în termenii unor cauze primordiale (electricitatea și magnetismul). Cu toate acestea, eforturi suplimentare în secolul XIX au arătat că aceste două forțe sunt doar două aspecte diferite ale unei singure forțe, electromagnetismul. Acest proces de "unificare" a forțelor continuă și astăzi, și electromagnetismul și forța nucleară slabă sunt acum considerate a fi două aspecte ale interacțiunii electrolabe. Fizica speră să găsească un sistem final (Teoria finală) pentru a afla de ce este natura așa cum este.

Domenii de cercetare

Cercetarea contemporană în fizică poate fi în general împărțită în fizica materiei condensate, fizica atomică, moleculară și optica, fizica particulelor, astrofizica, geofizica și biofizica. Unele departamente de fizică sprijină, de asemenea, cercetări în domeniul educației fizice.

Din secolul 20, câmpurile individuale ale fizicii au devenit din ce în ce mai specialitate, iar astăzi cei mai mulți fizicieni lucrează într-un singur domeniu întreaga lor carieră. "Universalști", cum ar fi Albert Einstein (1879-1955) și Lev Landau (1908-1968), care au lucrat în mai multe domenii ale fizicii, sunt acum foarte rari.

Cele mai importante domenii ale fizicii, împreună cu subdomeniile lor și teoriile pe care le folosesc, sunt prezentate în tabelul de mai jos.

- * **Domeniu**
- * * **Subdomenii**
- * * **Teorii majore**
- * * **Concepte**
- * **Astrofizica**
- * * Astronomie, astrometrie, cosmologie, fizica gravitației, astrofizica de înaltă energie, astrofizica planetară, fizica plasmei, fizica solară, fizica spațiului, astrofizica stelară
- * * Big Bang, inflația cosmică, relativitatea generală, legea lui Newton a gravitației universale, modelul Lambda-CDM al magnetohidrodinamicii
- * * Gaură neagră, radiația cosmică de fond, șir cosmic, cosmos, energie întunecată, materia întunecată, galaxie, gravitație, radiație gravitațională, singularitate gravitațională, planetă, sistem solar, stele, supernova, univers
- * **Fizica atomică, moleculară și optica**
- * * Fizica atomică, fizica moleculară, astrofizica atomică și moleculară, fizica chimică, optica, fotonica
- * * Optica cuantică, chimie cuantică, știința informației cuantice
- * * Foton, atom, molecula, difracție, radiație electromagnetică, laser, polarizare (unde), linie spectrală, efect Casimir
- * **Fizica particulelor**
- * * Fizica nucleară, astrofizica nucleară, astrofizica particulelor, fenomenologia fizicii particulelor

* * Modelul Standard, teoria câmpului cuantic, electrodinamica cuantică, cromodinamica cuantică, teoria electroslabă, teoria câmpului efectiv, teoria câmpului de rețea, teorie gauge de rețea, teoria gauge, supersimetria, teoria marii unificări, teoria corzilor, teoria M

* * Forță fundamentală (gravitațională, electromagnetică, slabă, puternică), particulă elementară, spin, antimaterie, rupere spontană de simetrie, oscilație neutrino, mecanism Seesaw, Brane, coarda, gravitație cuantică, teoria finală, energie de vacuum

* **Fizica materiei condensate**

* * Fizica corpului solid, fizica presiunilor înalte, fizica temperaturilor joase, fizica suprafețelor, fizica nanometrică și mezosopică, fizica polimerilor

* * Teoria BCS, unda Bloch, teoria funcțională a densității, gaz Fermi, lichid Fermi, teoria multi-corp, mecanica statistică

* * Faze (gaz, lichid, solid), condensat Bose-Einstein, conducție electrică, fonon, magnetism, auto-organizare, semiconductor, supraconductor, superfluid, spin

* **Fizica aplicată**

* * Fizica acceleratoarelor, acustică, agrofizică, biofizică, fizica chimică, fizica comunicării, econofizica, fizica ingineriei, dinamica fluidelor, geofizica, fizica laserilor, fizica materialelor, fizica medicală, nanotehnologie, optica, optoelectronica, fotonica, fotovoltaica, chimia fizică, fizica computațională, fizica plasmei, dispozitive stare solidă, chimie cuantică, electronica cuantică, știința informațiilor cuantice, dinamica vehiculelor

Direcții de dezvoltare

În fizica materiei condensate, cea mai mare problemă teoretică nerezolvată este explicația pentru superconductivitatea la temperaturi ridicate. Eforturile deosebite, în mare parte experimentale, sunt concentrate pe spintronică și calculatoare cuantice.

În fizica particulelor, au început să apară primele dovezi experimentale pentru fizica de dincolo de Modelul Standard. Cele mai importante sunt indiciile că neutrinii au masă diferită de zero. Aceste rezultate experimentale par să fi rezolvat problemele de lungă durată ale neutrinoilor solari în fizica solară. Fizica neutrinoilor masivi este în prezent un domeniu de cercetare teoretic și experimental activ.

Încercări teoretice de a unifica mecanica cuantică și relativitatea generală într-o singură teorie a gravitației cuantice, un program în curs de peste o jumătate de secol, nu a dat încă roade. Liderii actuali sunt teoria M și gravitația cuantică în buclă.

Multe fenomene astronomice nu au fost încă explicate, inclusiv existența unor radiații cosmice cu energii ultra-înalte, și vitezele anormale de rotație ale galaxiilor. Au fost propuse teorii pentru a rezolva aceste probleme, inclusiv relativitatea specială dublă, dinamica newtoniană modificată, și existența materiei întunecate. În plus, previziunile cosmologice din ultimele decenii au fost contrazise de dovezile recente că expansiunea universului se accelerează.

Direcții actuale de cercetare

Cercetarea în fizică progresează continuu pe un număr mare de fronturi.

În *fizica materiei condensate*, o problemă importantă teoretică nerezolvată este aceea a supraconductibilității la temperaturi ridicate. Multe experimente ale materiei condensate sunt efectuate cu scopul de a fabrica calculatoare spintronice și cuantice funcționale.

În *fizica particulelor*, primele dovezi experimentale pentru fizică dincolo de Modelul Standard au început să apară. Cea mai importantă dintre acestea sunt observațiile că neutrinii au masă diferită de zero. Aceste rezultate experimentale par să fi rezolvat problema de lungă durată pentru neutrino solar, și fizica neutrinoilor masivi rămâne un domeniu de cercetare teoretică și experimentală activ. Acceleratoarele de particule au început să lucreze la scale de energie de ordinul TeV, în care experimenterii speră să găsească dovezi mai profunde pentru bosonul Higgs și particule supersimetrice.

Încercările teoretice de a unifica mecanica cuantică și teoria relativității generale într-o singură *teorie a gravitației cuantice*, un program continuu de peste o jumătate de secol, nu au fost încă încununate de succes în mod decisiv. Actualii candidați detașați sunt teoria M, teoria corzilor și gravitației cuantică în buclă.

Multe *fenomene astronomice și cosmologice* nu au fost încă explicate în mod satisfăcător, inclusiv existența razelor cosmice de energie ultra-înaltă, asimetria baryon, accelerarea universului și vitezele de rotație anormale ale galaxiilor.

Deși s-au făcut multe progrese în domeniile energiei înalte, cuantică, și fizica astronomică, multe

fenomene de zi cu zi care implică complexitate, haos, sau turbulență, sunt încă slab înțelese. Probleme complexe care par că ar putea fi rezolvate de către o aplicație inteligentă de dinamică și mecanică rămân nerezolvate. Exemple includ formarea de pile de nisip, noduri în apa care se scurge, forma picăturilor de apă, mecanismele catastrofelor în cazul tensiunilor de suprafață, și auto-sortarea în sisteme eterogene amestecate.

Aceste fenomene complexe s-au bucurat de o atenție tot mai mare din 1970 pentru mai multe motive, inclusiv disponibilitatea metodelor matematice moderne și a calculatoarelor, ceea ce a permis sistemelor complexe să fie modelate în noi modalități. Fizica complexă a devenit parte a cercetării din ce în ce mai interdisciplinare, așa cum este exemplificat prin studiul turbulenței în aerodinamică și observarea formării modelelor în sistemele biologice. În 1932, Horace Lamb a spus:

"Eu sunt un om bătrân acum, și atunci când voi muri și mă voi duce la cer, există două probleme la care sper să aflu rezolvarea. Una dintre ele este electrodinamica cuantică, iar cealaltă este mișcarea turbulentă a fluidelor. Și despre ultima sunt destul de optimist."

-Horace Lamb, *Annual Reviews in Fluid Mechanics*

Mecanica clasică descrie mișcarea obiectelor macroscopice, de la proiectile la piese de mașinărie, precum și obiecte astronomice, cum ar fi nave spațiale, planete, stele și galaxii. Pe lângă aceasta, există mai multe specializări în cadrul mecanicii clasice care se ocupă de solide, lichide și gaze, și alte sub-teme specifice. Mecanica clasică prevede rezultate extrem de precise, atâta timp cât domeniul de studiu se limitează la obiecte mari și vitezele implicate nu se apropie de viteza luminii. Când obiectele tratate devin suficient de mici, este necesar să se introducă alt sub-domeniu major al mecanicii, *mecanica cuantică*, care împacă legile macroscopice ale fizicii cu natura atomică a materiei, și se ocupă de dualitatea undă-particulă a atomilor și moleculelor. Atunci când nu se aplică niciunul din subdomeniile mecanicii, precum fenomenele la nivel cuantic cu mai multe grade de libertate, se aplică *teoria câmpului cuantic*. Teoria câmpului cuantic se aplică la distanțe mici și viteze mari cu mai multe grade de libertate, precum și în cazul schimbării numărului de particule pe parcursul interacțiunilor. În cazul gradelor mari de libertate la nivel macroscopic, intervine *mecanica statistică*. Mecanica statistică explorează numărul mare de particule și interacțiunile lor ca un întreg în viața de zi cu zi. Mecanica statistică este utilizată în principal în termodinamică. În cazul obiectelor cu viteza apropiindu-se de viteza luminii, mecanica clasică este suplimentată de *teoria relativității restrânse*. *Relativitatea generală* unifică teoria relativității restrânse cu legea lui Newton a gravitației universale, permițând fizicienilor să se ocupe de gravitație la un nivel mai profund.

Termenul de *mecanica clasică* a fost inventat în secolul al 20-lea pentru a descrie sistemul de fizică început de Isaac Newton și mulți adepți contemporani ai filosofiei naturale din secolul al 17-lea, bazându-se pe teoriile astronomice anterioare ale lui Johannes Kepler, care, la rândul lor, s-au bazat pe observațiile precise ale lui Tycho Brahe și studiile de mișcare a proiectilului terestru ale lui Galileo. Deoarece aceste aspecte ale fizicii s-au dezvoltat cu mult înainte de apariția fizicii cuantice și a relativității, unele surse exclud teoria relativității a lui Einstein din această categorie. Cu toate acestea, mai multe surse moderne includ mecanica relativistă care, în opinia lor, reprezintă mecanica clasică în forma sa cea mai dezvoltată și mai precisă.

Etapă inițială în dezvoltarea mecanicii clasice este adesea menționată ca mecanica newtoniană, și este asociată cu conceptele fizice folosite de și metodele matematice inventate de Newton însuși, în paralel cu Leibniz și alți fizicieni. Mai târziu, s-au dezvoltat metode mai abstracte și mai generale, ceea ce a dus la reformulări ale mecanicii clasice, cunoscute sub numele de *mecanica Lagrange* și *mecanica hamiltoniană*. Aceste progrese au fost în mare parte realizate în secolele 18 și 19, și se extind în mod substanțial dincolo de activitatea lui Newton, în special prin utilizarea *mecanicii analitice*. În cele din urmă, matematica dezvoltată pentru aceste domenii ale mecanicii clasice a fost esențială pentru crearea mecanicii cuantice.

Cu toate acestea, mecanica clasică este încă foarte utilă, pentru că (i) este mult mai simplu și mai ușor de aplicat decât celelalte teorii, și (ii) are o gamă foarte mare de valabilitate. Mecanica clasică poate fi folosită pentru a descrie mișcarea obiectelor de dimensiuni umane, multe obiecte astronomice (cum ar fi planetele și galaxiile, și chiar anumite obiecte microscopice (cum ar fi moleculele organice.)

Istoria

Grecii, și Aristotel în special, au fost primii care au considerat că există principii abstracte care guvernează natura.

Unul dintre primii oameni de știință care au sugerat legi abstracte a fost Galileo Galilei, care a efectuat, de asemenea, celebrul experiment de cădere a două bile diferite din turnul din Pisa (teoria și practica a arătat că ambele au lovit pământul în același timp).

Sir Isaac Newton a fost primul care a propus cele trei legi de mișcare (legea inerției, a doua lege menționată mai sus, și legea acțiunii și reacțiunii), și a demonstrat că aceste legi guvernează atât obiecte de zi cu zi cât și obiecte cerești.

Newton a dezvoltat, de asemenea, algoritmul necesar pentru a efectua calculele matematice implicate în mecanica clasică.

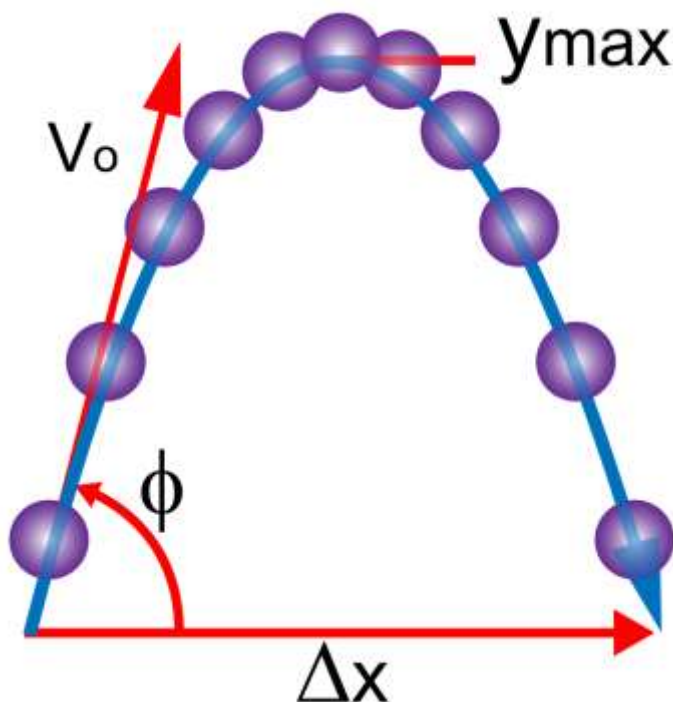
După Newton domeniul a devenit mai matematizat și mai abstract.

Concepte de bază

Pentru simplificare, de multe ori se modelează obiectele din lumea reală sub formă de particule punctiforme, obiecte cu dimensiuni neglijabile. Mișcarea unei particule punctuale este caracterizată de un număr mic de parametri: poziția sa, masa, și forțele aplicate acesteia.

În realitate, obiectele pe care mecanica clasică le poate descrie au întotdeauna o dimensiune diferită de zero. (Fizica particulelor *foarte* mici, cum ar fi electronul, este descrisă mai precis de mecanica cuantică). Obiectele cu dimensiuni diferite de zero au un comportament mult mai complicat decât particulele

punctiforme ipotetice, din cauza gradelor suplimentare de libertate: o minge de baseball se poate roti în timp ce se deplasează, de exemplu. Cu toate acestea, rezultatele pentru particule punctiforme pot fi folosite pentru a studia astfel de obiecte prin tratarea lor ca obiecte compozite, alcătuite dintr-un număr mare de particule punctuale care interacționează. Centrul de masă al unui obiect compus se comportă ca o particulă punctuală.



Analiza mișcării proiectilului este o parte a mecanicii clasice.
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Tir_parab%C3%B2lic.svg

Mecanica clasică folosește noțiuni de bun-simț despre modul în care materia și forțele există și interacționează. Se presupune că materia și energia au atribute definite, care pot fi cunoscute, cum ar fi poziția și viteza unui obiect. De asemenea, se presupune că obiectele pot fi influențate în mod direct numai de mediul lor imediat, cunoscut sub numele de principiul localității. În mecanica cuantică, un obiect poate avea nedeterminată fie poziția fie viteza acestuia.

Poziția și derivatele sale

Sistemul internațional de unități derivate "mecanic" (respectiv, care nu este electromagnetic sau termic) cu kg, m și s: poziția (m), poziția unghiulară/unghi (fără unități (radian)), viteza ($m \cdot s^{-1}$), viteza unghiulară (s^{-1}), accelerația ($m \cdot s^{-2}$), accelerația unghiulară (s^{-2}), jerk ($m \cdot s^{-3}$), "jerk unghiular" (s^{-3}), energia specifică ($m^2 \cdot s^{-2}$), debitul dozei absorbite ($m^2 \cdot s^{-3}$), momentul de inerție ($kg \cdot m^2$), impulsul ($kg \cdot m \cdot s^{-1}$), momentul cinetic ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$), forța ($kg \cdot m \cdot s^{-2}$), cuplul ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$), energia ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$), puterea ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$), presiunea și densitatea de energie ($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$), tensiunea superficială ($kg \cdot s^{-2}$), constanta elastică ($kg \cdot s^{-2}$), iradianța și fluxul de energie ($kg \cdot s^{-3}$), vâscozitatea cinematică ($m^2 \cdot s^{-1}$), vâscozitatea dinamică ($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$), densitatea (densitatea masei) ($kg \cdot m^{-3}$), densitatea (densitatea greutateii) ($kg \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}$), densitatea numerică (m^{-3}), acțiunea ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$).

Poziția unei particule punctuale este definită în raport cu un punct de referință fix arbitrar, O , în spațiu, de obicei însoțit de un sistem de coordonate, cu punctul de referință situat în originea sistemului de coordonate. Acesta este definit ca vectorul \mathbf{r} de la O la particulă. În general, particula punctuală nu este nevoie să fie fixă în raport cu O , deci \mathbf{r} este o funcție de t , timpul scurs de la un moment inițial arbitrar. În pre-teoria relativității lui Einstein (cunoscută sub numele de teoria relativității galileiene), timpul este considerat un absolut, adică, intervalul de timp între orice pereche dată de evenimente este același pentru toți observatorii. În plus față de considerarea timpului absolut, mecanica clasică se bazează pe geometria euclidiană pentru structura spațiului.

Viteza vectorială și scalară

Viteza, sau rata de schimbare a poziției în timp, este definit ca derivata poziției în raport cu timpul:

$$\mathbf{v} = d\mathbf{r}/dt.$$

În mecanica clasică, vitezele sunt direct aditive și substructive. De exemplu, în cazul în care o mașină care merge spre est cu 60 km/h trece de o altă mașină care merge spre est cu 50 km/h, atunci din perspectiva mașinii mai lente mașina mai rapidă se deplasează spre est cu 60-50=10 km/h. În același timp, din punctul de vedere al mașinii mai rapide, mașina mai lentă se deplasează cu 10 km/h spre vest. Vitezele sunt direct aditive sub formă de cantități vectoriale; acestea trebuie să fie tratate cu ajutorul analizei vectoriale.

Accelerația

Accelerația, sau rata de schimbare a vitezei, este derivata vitezei în raport cu timpul (derivata a doua a poziției în raport cu timpul):

$$\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt = d^2\mathbf{r}/dt^2$$

Accelerația reprezintă schimbarea vitezei de-a lungul timpului: fie a mărimii fie a direcției vitezei, sau ambele. Dacă numai mărimea v a vitezei scade, acest lucru este uneori menționat ca *decelerație*, dar în general orice schimbare a vitezei cu timpul, inclusiv decelerația, este denumită simplu accelerație.

Cadre de referință

Întrucât poziția, viteza și accelerația unei particule pot fi referențiate pentru orice observator în orice stare de mișcare, mecanica clasică presupune existența unei familii speciale de cadre de referință față de care legile mecanice ale naturii iau o formă relativ simplă. Aceste cadre de referință speciale sunt numite cadre inerțiale. Un cadru inerțial este astfel încât atunci când un obiect fără interacțiuni de forță (o situație idealizată) este văzut din el, pare să fie în repaus sau într-o stare de mișcare uniformă în linie dreaptă. Aceasta este definiția fundamentală a unui sistem inerțial. Ele sunt caracterizate prin cerința ca toate forțele care se aplică legilor fizice ale observatorului au originea în surse identificabile (sarcini electrice, corpuri gravitaționale, etc.) Un cadru de referință non-inerțial este accelerat în raport cu unul inerțial, și într-un cadru non-inerțial o particulă este supusă accelerației de către forțe fictive care intră în ecuațiile de mișcare exclusiv ca rezultat al mișcării sale accelerate, și care nu provin din surse identificabile. Aceste forțe fictive sunt în plus față de forțele reale recunoscute într-un cadru inerțial. Un concept cheie al cadrelor inerțiale este metoda de identificare a acestora. Pentru scopuri practice, cadrele de referință care sunt neaccelerate față de stelele îndepărtate (puncte extrem de îndepărtate) sunt considerate ca fiind aproximări bune de cadre inerțiale.

Să luăm în considerare două cadre de referință S și S' . Pentru observatorii din fiecare dintre cadrele de referință un eveniment are coordonate spațio-temporale (x, y, z, t) în cadrul S și (x', y', z', t') în cadrul S' . Presupunând că timpul se măsoară la fel în toate cadrele de referință, și dacă impunem $x = x'$, la $t = 0$, atunci relația dintre coordonatele spațiu-timp ale aceluiași eveniment observat din cadrele de referință S' și S , care se deplasează cu o viteză relativă u în direcția x , este:

$$\begin{aligned}x' &= x - u \cdot t \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= t.\end{aligned}$$

Acest set de formule definește o transformare de grup cunoscută sub numele de *transformarea galileeană*. Acest grup este un caz de limitare a grupului Poincaré utilizat în teoria relativității restrânse. Cazul de limitare se aplică atunci când viteza u este foarte mică în comparație cu c , viteza luminii.

Transformările au următoarele consecințe:

* $\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{u}$ (viteza \mathbf{v}' a unei particule din perspectiva lui S' este mai mică cu \mathbf{u} decât viteza \mathbf{v} a acesteia din perspectiva lui S)

* $\mathbf{a}' = \mathbf{a}$ (accelerația unei particule este aceeași în orice sistem de referință inerțial)

* $\mathbf{F}' = \mathbf{F}$ (forța asupra unei particule este aceeași în orice sistem de referință inerțial)

* viteza luminii nu este o constantă în mecanica clasică, și nici poziția specială pentru viteza luminii din mecanica relativistă nu are un corespondent în mecanica clasică.

Pentru unele probleme, este convenabil să se utilizeze coordonate (cadre de referință) rotative. Astfel se poate păstra fie o mapare a unui sistem inerțial convenabil, fie să se introducă în plus o forță centrifugă fictivă și o forță Coriolis.

Dincolo de legile lui Newton

Mecanica clasică include, de asemenea, descrieri ale mișcărilor complexe ale obiectelor non-punctiforme extinse. Legile lui Euler oferă extensii pentru legile lui Newton în acest domeniu. Conceptele de moment cinetic se bazează pe aceleași calcule folosite pentru a descrie mișcarea unidimensională. Ecuația rachetei extinde noțiunea de rata de schimbare a impulsului unui obiect de a include efectele unui obiect care "pierde masă".

Există două formulări alternative importante ale mecanicii clasice: *mecanică lagrangeană* și *mecanică hamiltoniană*. Acestea, și alte formulări moderne, de obicei elimină conceptul de "forță" referindu-se în schimb la alte mărimi fizice, cum ar fi energia, viteza și impulsul, pentru a descrie sistemele mecanice în coordonate generalizate.

Expresiile de mai sus pentru impuls și energie cinetică sunt valabile doar atunci când nu există nicio contribuție semnificativă electromagnetică. În electromagnetism, a doua lege a lui Newton pentru cabluri purtătoare de curent nu mai este valabilă dacă se include contribuția câmpului electromagnetic la impulsul sistemului așa cum este exprimată de vectorul Poynting împărțit la c^2 , unde c este viteza luminii în spațiu liber.

4 Materia



Apa în două stări: lichidă (inclusiv norii, care sunt exemple de aerosoli) și solidă (gheață).

O perspectivă contemporană asupra materiei ia în considerare toate entitățile științifice observabile. În principiu, definiția materiei se limitează la astfel de entități explorate de fizică.

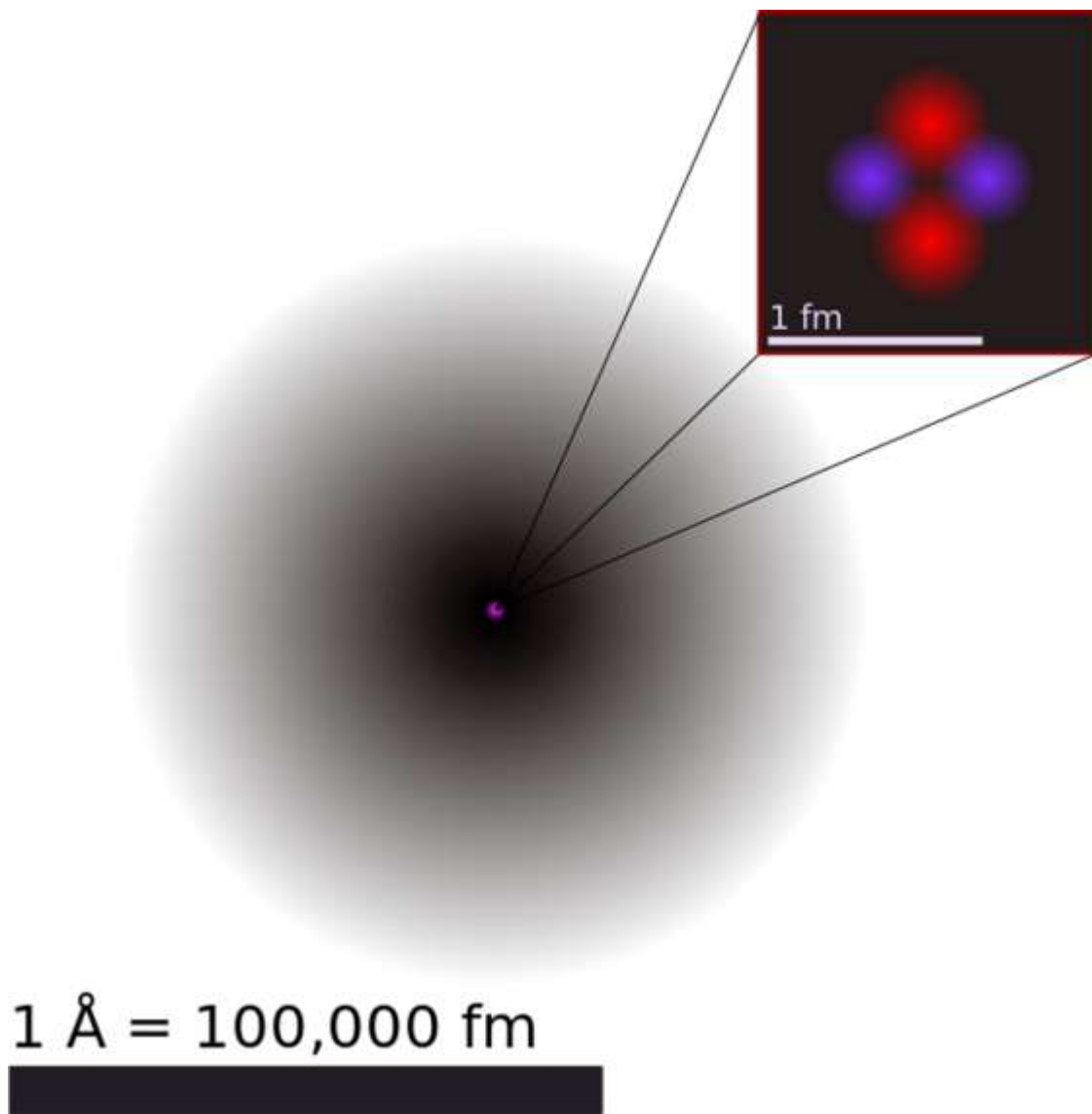
Definiția considerată aici este cea de materie la cele mai mici dimensiuni, așa cum sunt cele mai multe entități fundamentale în fizică. Astfel, materia poate fi văzută ca material compus din particule care sunt fermioni și care se conformează, prin urmare, principiului de excluziune al lui Pauli, care afirmă că nu pot exista doi fermioni în aceeași stare cuantică. Datorită acestui principiu, nu toate particulele care alcătuiesc materia ajung în starea lor de energie cea mai joasă și, prin urmare, este posibil să se creeze structuri stabile din fermioni. În plus, principiul de excluziune al lui Pauli asigură că două materii diferite nu vor ocupa aceeași locație în același timp și, prin urmare, două materii diferite în care cele mai multe stări energetice sunt complete vor tinde să se ciocnească între ele, mai degrabă decât să treacă una prin cealaltă, așa cum se întâmplă cu câmpurile energetice precum lumina.

Materia pe care o observăm cel mai frecvent se prezintă sub forma de compuși, polimeri, aliaje, sau elemente pure.

În funcție de condițiile termodinamice diferite, cum ar fi temperatura și presiunea, materia poate exista în

diferite “faze”, cele mai familiare fiind cele de solid, lichid, și gaz. Alte faze pot fi cele de plasmă, superfluid, și condensat Bose-Einstein. Atunci când materia trece dintr-o fază în alta, este supusă la ceea ce este cunoscut ca tranziție de fază, un fenomen studiat în termodinamică.

4.1 Natura atomică a materiei



Structura atomului de heliu, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Helium_atom_QM.svg

Atomul este cel mai mic constitutiv ireductibil al unui sistem chimic. Cuvântul este derivat din limba greacă, *atomos*, indivizibil, format din particula *a-*, nu, și *tomos*, divizare. Acesta reprezintă de obicei atomi chimici, componentele de bază ale moleculelor și materia obișnuită. Acești atomi nu sunt divizibili prin reacții chimice, dar sunt acum cunoscuți a fi compuși din particule subatomice chiar mai mici. Dimensiunile acestor atomi sunt în general în intervalul de la 22 până la 100 pm.

4.1.1 Ipoteze atomice

Marea varietate de materie cu care ne confruntăm în experiența de zi cu zi este formată din atomi. Existența unor astfel de particule a fost propusă pentru prima dată de către filosofii greci, precum Democrit, Leucippus, și epicurienii, dar fără niciun argument real, astfel încât conceptul a dispărut. Aristotel argumenta împotriva indivizibililor lui Democritus (care diferă considerabil de utilizarea istorică și modernă a termenului "atom").

Conceptul atomic a fost reînviat de Rudjer Boscovich în secolul XVIII, și apoi aplicat în chimie de John Dalton.

Rudjer Boscovich și-a bazat teoria pe mecanica newtoniană și a publicat-o în 1758 în lucrarea sa *Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium*. Conform lui Boscovich, atomii sunt puncte fără structură internă, care prezintă forțe de respingere și atracție între ele, în funcție de distanță. John Dalton a folosit teoria atomică pentru a explica de ce gazele se combina întotdeauna în raporturi simple. Abia odată cu studiile lui Amedeo Avogadro, în secolul XIX, oamenii de știință au început să se facă distincția între atomi și molecule. În timpurile moderne atomii au fost observați și experimental.

După cum s-a constatat ulterior, atomii sunt făcuți din particule mai mici. De fapt, aproape tot atomul este spațiu gol. În centru este un nucleu pozitiv mic compus din nucleoni (protoni și neutroni), iar restul atomului conține numai norii de electroni destul de flexibili. De obicei atomii sunt neutri electric, cu un număr egal de electroni și protoni. Atomii sunt clasificați în general prin numărul atomic, care corespunde numărului de protoni din atom. De exemplu, atomii de carbon sunt acei atomi care conțin 6 protoni. Toți atomii care au același număr atomic partajează o varietate largă de proprietăți fizice și prezintă același comportament chimic. Diferitele tipuri de atomi sunt prezentate în tabelul periodic. Atomi având același număr atomic, dar diferite mase atomice (datorită numărului lor diferit de neutroni), se numesc izotopi.

În 1827, botanistul Robert Brown a folosit un microscop pentru a privi praful care plutea în apă printr-o mișcare la întâmplare ("browniană") concluzionând că aceasta se datorează moleculelor de apă. În 1905, Albert Einstein a demonstrat realitatea acestor molecule și a mișcărilor lor prin producerea primei analize fizice statistice a mișcării browniene. Fizicianul francez Jean Perrin a folosit lucrarea lui Einstein pentru a determina experimental masa și dimensiunile atomilor, confirmând astfel în mod concludent teoria atomică a lui Dalton.

Cel mai simplu atom este atomul de hidrogen, având numărul atomic 1, și constând dintr-un proton și un electron. Acesta a fost subiect de mare interes în domeniul științei, în special în dezvoltarea timpurie a teoriei cuantice.

Comportamentul chimic al atomilor se datorează interacțiunilor dintre electroni. În special electronii din orbitele exterioare, numiți electroni de valență, au cea mai mare influență asupra comportamentului chimic. Electronii nucleului (cele care nu aparțin de mantaua exterioară) joacă și ei un rol, dar de obicei în funcție de un efect secundar datorat screening-ului sarcinii pozitive din nucleul atomic.

Există o tendință puternică la atomi de a umple complet (sau goli complet) învelișul de electroni exterior în care, în hidrogen și heliu, există loc pentru doi electroni, iar în toți ceilalți atomi există loc pentru opt electroni. Acest lucru este realizat fie prin schimbul de electroni cu atomii vecini, fie prin îndepărtarea completă a electronilor de la alți atomi. Când electronii sunt partajați se formează o legătură covalentă între cei doi atomi. Legăturile covalente sunt cel mai puternic tip de legături atomice.

Când unul sau mai mulți electroni sunt complet eliminați dintr-un atom de către alt atom, se formează ioni. Ionii sunt atomi care posedă o sarcină diferită de zero, ca urmare a unui dezechilibru în numărul de protoni și electroni. Ionul care a luat electronul se numește *anion*, și este încărcat negativ. Atomul care a pierdut electronul este numit *cation*, și este încărcat pozitiv. Cationii și anionii sunt atrași unul de celălalt datorită forțelor coulombiene între sarcinile pozitive și negative. Această atracție este numită legături ionice, și este mai slabă decât legăturile covalente.

După cum s-a menționat mai sus, legătura covalentă implică o stare în care electronii sunt împărțiți în mod egal între atomi, în timp ce legătura ionică presupune că electronii sunt complet îndepărtați de anion. Cu excepția unui număr limitat de cazuri extreme, niciuna dintre aceste imagini nu este complet corectă. În cele mai multe cazuri de legături covalente, electronul este comun în mod inegal, petrece mai mult timp în jurul atomului mai electronegativ, rezultând că legătura covalentă are un oarecare caracter ionic. În mod similar, în legătura ionică electronii petrec adesea o mică parte din timp în jurul atomului mai electropozitiv, rezultând un oarecare caracter de covalență pentru legătura ionică.

Modele istorice de atomi:

- * Modelul lui Democrit
- * Modelul budincă de prune
- * Modelul Bohr
- * Modelul mecanicii cuantice

4.1.2 Proprietățile atomilor

Proprietăți nucleare

Prin definiție, oricare doi atomi cu un număr identic de *protoni* în nucleele lor aparțin aceluiași element chimic. Atomii cu un număr egal de protoni, dar cu un număr diferit de *neutroni* sunt *izotopi* diferiți ai aceluiași element. De exemplu, toți atomii de hidrogen admit exact un proton, dar există izotopi fără neutroni (hidrogen-1, de departe cea mai comună formă, de asemenea numit protium), un neutron (deuteriu), doi neutroni (tritiu) și mai mult de doi neutroni. Elementele cunoscute formează un set de numere atomice, de la un singur element de protoni până la elementul cu 118 protoni. Toți izotopii cunoscuți ai elementelor cu numere atomice mai mari de 82 sunt radioactivi, deși radioactivitatea elementului 83 (bismut) este atât de ușoară încât este practic neglijabilă.

Aproximativ 339 de nuclizi se găsesc în mod natural pe Pământ, dintre care 254 (aproximativ 75%) nu s-au observat că se descompun și sunt denumiți "izotopi stabili". Cu toate acestea, numai 90 dintre acești nuclizi sunt stabili față de orice tip de dezintegrare, chiar și în teorie. Un alt număr de 164 (care aduc totalul la 254) nu s-a observat să se dezintegreze, chiar dacă teoretic este posibil din punct de vedere energetic. Acestea sunt, de asemenea, clasificați oficial drept "stabili". Un număr de 34 de nuclizi radioactivi au un timp de înjumătățire mai mare de 80 de milioane de ani, suficient de mult timp pentru a fi prezenți de la nașterea sistemului solar. Această colecție de 288 de nuclizi este cunoscută ca nuclizi primordiali. În cele din urmă, se știe că alți 51 de nuclizi de scurtă durată apar în mod firesc, ca produse rezultante ale dezintegrării nucleului primordial (cum ar fi radiațiile din uraniu) sau ca produse ale proceselor energetice naturale de pe Pământ, cum ar fi bombardarea cu raze cosmice (de exemplu, carbon-14).

Pentru 80 dintre elementele chimice există cel puțin un izotop stabil. De regulă, există doar o mână de izotopi stabili pentru fiecare dintre aceste elemente, media fiind de 3,2 izotopi stabili per element. Douăzeci și șase de elemente au doar un singur izotop stabil, în timp ce cel mai mare număr de izotopi stabili observat pentru orice element este de zece, pentru elementul staniu. Elementele 43, 61 și toate elementele numerotate 83 sau mai mari nu au izotopi stabili.

Stabilitatea izotopilor este afectată de raportul dintre protoni și neutroni, precum și de prezența anumitor "numere magice" de neutroni sau protoni care reprezintă benzile cuantice închise și umplute. Aceste benzi cuantice corespund unui set de nivele de energie în cadrul modelului de bandă al nucleului; benzile umplute, cum ar fi banda umplut cu 50 de protoni pentru staniu, conferă o stabilitate neobișnuită asupra nuclidului. Dintre cei 254 nuclizi cunoscuți stabili, doar patru au atât un număr impar de protoni, cât și un număr impar de neutroni: hidrogen-2 (deuteriu), litiu-6, bor-10 și azot-14. De asemenea, numai patru nuclizi există natural, nuclizii radioactivi impar-impar au un timp de înjumătățire de peste un miliard de ani: potasiu-40, vanadiu-50, lantan-138 și tantal-180m. Cei mai mulți nuclizi impari sunt foarte instabili în ceea ce privește dezintegrarea beta, deoarece produsele de dezintegrare sunt par-par și, prin urmare, sunt legate mai puternic, datorită efectelor de împerechere nucleară.

Masa

Marea majoritate a masei unui atom vine de la protoni și neutroni care îl compun. Numărul total al acestor particule (numite "nucleoni") într-un atom dat este numit numărul de masă. Este un întreg pozitiv și fără dimensiuni (în loc să aibă dimensiunea masei), pentru că exprimă un număr. Un exemplu de utilizare a unui număr de masă este "carbon-12", care are 12 nucleoni (șase protoni și șase neutroni).

Masa reală a unui atom în stare de repaus este adesea exprimată folosind unitatea de masă atomică unificată (u), numită și dalton (Da). Această unitate este definită ca o doisprezecime din masa unui atom neutru liber de carbon-12, care este de aproximativ $1,66 \times 10^{-27}$ kg. Hidrogenul-1 (cel mai ușor izotop al hidrogenului, care este de asemenea nucleul cu cea mai mică masă) are o greutate atomică de 1,007825 u. Valoarea acestui număr se numește masa atomică. Un atom dat are o masă atomică aproximativ egală (în limita a 1%) cu numărul său de masă ori unitatea de masă atomică (de exemplu, masa unui azot 14 este de aproximativ 14 u). Cu toate acestea, acest număr nu va fi exact un întreg, cu excepția cazului carbonului 12 (a se vedea mai jos). Cel mai greu atom stabil este plumb-208, cu o masă de 207,9766521 u.

Deoarece chiar și atomii cei mai masivi sunt mult prea ușori pentru a lucra direct cu ei, chimiștii folosesc în schimb unitatea *mol*. Un mol de atomi din orice element are întotdeauna același număr de atomi (aproximativ $6,022 \times 10^{23}$). Acest număr a fost ales astfel încât, dacă un element are o masă atomică de 1 u,

un mol de atomi ai aceluia element are o masă aproape de un gram. Datorită definiției unității de masă atomică unificată, fiecare atom de carbon 12 are o masă atomică exactă de 12 u și astfel un mol de atomi de carbon 12 are o greutate exactă de 0,012 kg.

Forma și dimensiunea

Atomii nu au o margine exterioară bine definită, deci dimensiunile lor sunt descrise, de obicei, în termeni de rază atomică. Aceasta este o măsură a distanței la care norul de electroni se extinde din nucleu. Totuși, aceasta presupune ca atomul să prezinte o formă sferică, care este respectată numai pentru atomi în vid sau în spațiu liber. Razele atomice pot fi derivate de la distanțele dintre două nuclee atunci când cei doi atomi sunt uniți într-o legătură chimică. Raza variază în funcție de locația unui atom din harta atomică, de tipul legăturii chimice, de numărul de atomi învecinați (numărul de coordonare) și de o proprietate mecanică cuantică cunoscută sub numele de spin. Pe tabelul periodic al elementelor, mărimea atomului tinde să crească atunci când se deplasează coloanele în jos, dar scade atunci când se deplasează pe rânduri (de la stânga la dreapta). În consecință, cel mai mic atom este heliul cu o rază de 32 pm, în timp ce unul dintre cele mai mari este cesiul cu 225 pm.

Când este supus unor forțe externe, cum ar fi câmpurile electrice, forma unui atom se poate abate de la simetria sferică. Deformarea depinde de magnitudinea câmpului și de tipul orbital al electronilor benzii exterioare, după cum arată elementele teoretice de grup. Defectele asferice ar putea fi obținute, de exemplu, în cristale, unde pot apărea câmpuri electrice cristaline la locurile din rețea cu simetrie mică. Deformările elipsoidale semnificative s-au dovedit a apărea pentru ionii de sulf și ionii de calciu în compușii de tip pirită.

Dimensiunile atomice sunt de mii de ori mai mici decât lungimile de undă ale luminii (400-700 nm), astfel încât acestea nu pot fi văzute cu ajutorul unui microscop optic. Cu toate acestea, atomii individuali pot fi observați folosind un microscop de scanare tunel. Pentru a vizualiza minuțiozitatea atomului, luați în considerare faptul că un păr tipic uman este de aproximativ 1 milion de atomi de carbon în lățime. O singură picătură de apă conține aproximativ 2 sextilioane (2×10^{21}) atomi de oxigen și de două ori numărul de atomi de hidrogen. Un diamant cu un singur carat, cu o greutate de 2×10^{-4} kg, conține aproximativ 10 sextilioane (10^{22}) atomi de carbon. Dacă un măr ar fi fost mărit la mărimea Pământului, atunci atomii din măr vor fi aproximativ de mărimea mărului original.

Dezintegrarea radioactivă

Fiecare element are unul sau mai mulți izotopi care au nuclee instabile care sunt supuse dezintegrării radioactive, determinând nucleul să emită particule sau radiații electromagnetice. Radioactivitatea poate apărea atunci când raza unui nucleu este mare în comparație cu raza forței puternice, care acționează numai pe distanțe de ordinul 1 fm.

Cele mai comune forme de dezintegrare radioactivă sunt:

* Dezintegrarea *alfa*: acest proces este cauzat atunci când nucleul emite o particulă alfa, care este un nucleu de heliu format din doi protoni și doi neutroni. Rezultatul emisiei este un element nou cu un număr mai mic atomic.

* Dezintegrarea *beta* (și captarea electronilor): aceste procese sunt reglate de forța slabă și rezultă dintr-o transformare a unui neutron într-un proton sau un proton într-un neutron. Transformarea neutronului la proton este însoțită de emisia unui electron și a unui antineutrino, în timp ce tranziția de la proton la neutron (cu excepția capturilor electronice) determină emisia unui pozitron și a unui neutrino. Emisiile de electroni sau pozitroni se numesc particule beta. Dezintegrarea beta crește sau scade numărul atomic al nucleului cu unul. Captarea electronică este mai frecventă decât emisia de pozitroni, deoarece necesită mai puțină energie. În acest tip de dezintegrare, un electron este absorbit de nucleu, mai degrabă decât un pozitron să fie emis de nucleu. Un neutrino este încă emis în acest proces și un proton se transformă într-un neutron.

* Dezintegrarea *gamma*: acest proces rezultă dintr-o schimbare a nivelului de energie al nucleului la o stare mai scăzută, rezultând în emisia de radiații electromagnetice. Starea excitată a unui nucleu care are ca rezultat emisia gamma apare de regulă după emisia unei particule alfa sau beta. Astfel, dezintegrarea gamma, de obicei, urmează dezintegrării alfa sau beta.

Alte tipuri mai rare de dezintegrare radioactivă includ ejecția neutronilor sau a protonilor sau a grupărilor de nucleoni dintr-un nucleu, sau mai mult de o particulă beta. Un analog al emisiei gamma, care permite nucleelor excitate să-și piardă energia într-un mod diferit, este conversia internă - un proces care produce electroni de mare viteză care nu sunt raze beta, urmată de producerea de fotoni de energie înaltă, care nu sunt raze gama. Câteva nuclee mari explodează în două sau mai multe fragmente încărcate de mase diferite plus

câțiva neutroni, într-o dezintegrare numită fisiune nucleară spontană.

Fiecare izotop radioactiv are o perioadă de timp caracteristică de dezintegrare - timpul de înjumătățire - care este determinat de timpul necesar pentru ca o jumătate de probă să se dezintegreze. Acesta este un proces de dezintegrare exponențială care reduce în mod constant proporția izotopului rămas cu 50% la fiecare timp de înjumătățire. Prin urmare, după ce au trecut două jumătăți de viață, numai 25% din izotop este prezent și așa mai departe.

Momentul magnetic

Particulele elementare posedă o proprietate mecanică cuantică intrinsecă cunoscută sub numele de *spin*. Aceasta este analogă momentului unghiular al unui obiect care se rotește în jurul centrului său de masă, deși, în mod strict vorbind, aceste particule sunt considerate a fi punctuale și nu se poate spune că se rotesc. Spinul este măsurat în unități ale constantei Planck reduse (\hbar), cu electroni, protoni și neutroni toate având spin $\frac{1}{2} \hbar$ sau "spin- $\frac{1}{2}$ ". Într-un atom, electronii aflați în mișcare în jurul nucleului posedă un moment unghiular orbital în plus față de spin, în timp ce nucleul însuși posedă un moment unghiular din cauza spinului său nuclear.

Câmpul magnetic produs de un atom - momentul său magnetic - este determinat de aceste forme diferite ale momentului unghiular, așa cum un obiect încărcat în rotație produce un câmp magnetic clasic. Cu toate acestea, contribuția cea mai dominantă vine din spinul electronilor. Datorită naturii electronilor care urmează să respecte principiul excluziunii Pauli, în care doi electroni nu pot fi găsiți în aceeași stare cuantică, electronii legați se cuplează unul cu celălalt, un membru al fiecărei perechi într-o stare de spin sus și celălalt în starea inversă, spin-jos. Astfel, aceste rotiri se anulează reciproc, reducând momentul total al dipolului magnetic la zero la unii atomi cu număr par de electroni.

În elementele feromagnetice, cum ar fi fierul, cobaltul și nichelul, un număr impar de electroni duce la un electron fără pereche și un moment magnetic net global. Orbitalii atomilor învecinați se suprapun și se obține o stare de energie mai scăzută atunci când spinii electronilor neparticipați sunt aliniați unul cu celălalt, un proces spontan cunoscut ca o interacțiune de schimb. Atunci când momentele magnetice ale atomilor feromagnetici sunt aliniate, materialul poate produce un câmp macroscopic măsurabil. Materialele paramagnetice au atomi cu momente magnetice care se aliniază în direcții aleatorii când nu există un câmp magnetic, dar momentele magnetice ale atomilor individuali se aliniază în prezența unui câmp.

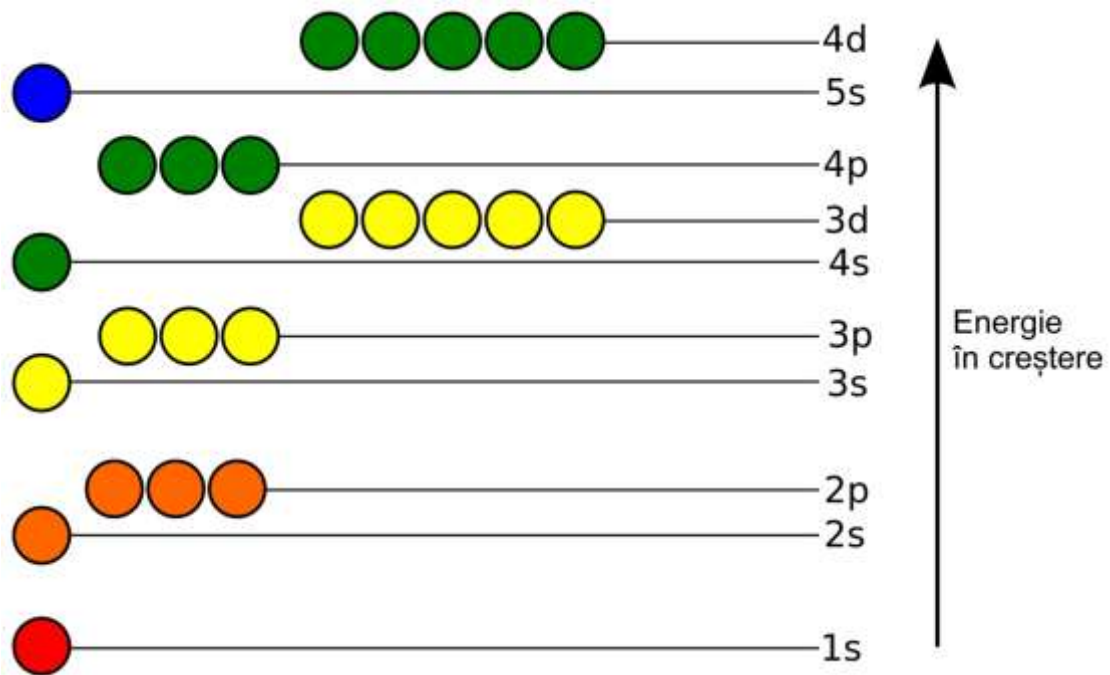
Nucleul unui atom nu va avea spin atunci când are numere egale ale neutronilor și protonilor, dar pentru alte cazuri de numere impare, nucleul poate avea un spin. În mod normal, nucleele cu spin sunt aliniate în direcții aleatorii din cauza echilibrului termic. Cu toate acestea, pentru anumite elemente (cum ar fi xenonul-129) este posibil să se polarizeze o proporție semnificativă din stările de spin nucleare, astfel încât acestea să fie aliniate în aceeași direcție - o stare numită hiperpolarizare. Acest lucru are aplicații importante în imagistica prin rezonanță magnetică.

Nivelele energetice

Energia potențială a unui electron într-un atom este negativă, dependența sa de poziția sa atinge valoarea minimă (absolută) în interiorul nucleului și dispare atunci când distanța de la nucleu ajunge la infinit, aproximativ într-o proporție inversă față de distanță. În modelul mecanicii cuantice, un electron legat poate ocupa doar un set de stări centrate pe nucleu și fiecare stare corespunde unui nivel specific de energie. Un nivel de energie poate fi măsurat prin cantitatea de energie necesară detașării electronului de la atom și este de obicei dat în unități de electronvolți (eV). Cea mai mică stare de energie a unui electron legat este numită starea de bază, adică starea staționară, în timp ce o tranziție electronică la un nivel superior are ca rezultat o stare excitată. Energia electronului crește atunci când n crește deoarece distanța (medie) față de nucleu crește. Dependența energiei pe l este cauzată nu de potențialul electrostatic al nucleului, ci de interacțiunea dintre electroni.

Pentru ca un electron să treacă între două stări diferite, de ex. din starea de bază pe primul nivel excitat (ionizare), trebuie să absoarbă sau să emită un foton la o energie care să corespundă diferenței dintre energia potențială a acestor nivele, conform modelului lui Niels Bohr, ceea ce poate fi calculat cu precizie prin ecuația Schrödinger. Electronii sar între orbite într-un mod asemănător cu particulele. De exemplu, dacă un singur foton lovește electronii, numai un singur electron schimbă starea ca răspuns la foton.

Energia unui foton emis este proporțională cu frecvența sa, astfel încât aceste nivele specifice de energie apar ca benzi distincte în spectrul electromagnetic. Fiecare element are un spectru caracteristic care poate depinde de sarcina nucleară, subbenzile umplute de electroni, interacțiunile electromagnetice dintre electroni și alți factori.



Aceste nivele de energie ale electronilor (nu la scară) sunt suficiente pentru stările de la nivelul atomilor până la cadmiu (5s² 4d¹⁰) inclusiv. Nu uitați că chiar și partea superioară a diagramei este mai mică decât o stare electronică nelegată.

Atunci când un spectru continuu de energie este trecut printr-un gaz sau plasmă, unii dintre fotoni sunt absorbiți de atomi, provocând electroni să-și schimbe nivelul de energie. Acești electroni excitați, care rămân legați de atomul lor, emit în mod spontan această energie ca un foton, călătoresc într-o direcție aleatorie, reducând astfel nivelul de energie. Astfel, atomii se comportă ca un filtru care formează o serie de benzi de absorpție întunecate în energia de ieșire. (Un observator care privește atomii dintr-o perspectivă care nu include spectrul continuu în fundal, vede în schimb o serie de linii de emisie de la fotonii emiși de atomi.) Măsurătorile spectroscopice ale energiei și lățimii liniilor spectrale atomice permit determinarea compoziției și proprietăților fizice ale unei substanțe.

Examinarea în profunzime a liniilor spectrale arată că unele prezintă o structură fină care se descompune. Acest lucru se întâmplă din cauza cuplării spin-orbită, care este o interacțiune între rotația și mișcarea celui mai îndepărtat electron. Atunci când un atom este într-un câmp magnetic extern, liniile spectrale ajung să fie împărțite în trei sau mai multe componente; un fenomen numit efectul Zeeman. Acest lucru este cauzat de interacțiunea câmpului magnetic cu momentul magnetic al atomului și electronii săi. Unii atomi pot avea mai multe configurații de electroni cu același nivel de energie, care apar astfel ca o singură linie spectrală. Interacțiunea câmpului magnetic cu atomul schimbă aceste configurații electronice la niște nivele de energie ușor diferite, ducând la mai multe linii spectrale. Prezența unui câmp electric extern poate provoca o divizare și o schimbare comparabilă a liniilor spectrale prin modificarea nivelelor de energie ale electronilor, fenomen numit efectul Stark.

Dacă un electron legat este într-o stare excitată, un foton care interacționează cu energia adecvată poate provoca emisia stimulată a unui foton cu un nivel de energie corespunzător. Pentru ca acest lucru să se întâmple, electronul trebuie să scadă la o stare de energie mai scăzută, care are o diferență energetică care se potrivește cu energia fotonului interactiv. Fotonul emis și fotonul care interacționează se deplasează apoi în paralel cu ajustarea fazelor. Respectiv, tiparele undelor celor doi fotoni sunt sincronizate. Această proprietate fizică este utilizată pentru a construi lasere, care pot emite un fascicul coerent de energie luminoasă într-o bandă îngustă de frecvență.

Valența și comportamentul legăturilor

Valența este puterea de combinare a unui element. Ea este egală cu numărul de atomi de hidrogen cu care atomul poate să se combine sau să-i înlocuiască în compoziția compușilor. Banda externă de electroni a unui atom în starea sa necombinată este cunoscută sub denumirea de bandă de valență, iar electronii din acea bandă se numesc electroni de valență. Numărul de electroni de valență determină comportamentul de legare cu alți atomi. Atomii tind să reacționeze chimic unul cu celălalt într-o manieră care umple (sau golește) banda lor de

valență exterioară. De exemplu, un transfer al unui singur electron între atomi este o aproximație utilă pentru legăturile care se formează între atomi cu un electron mai mult decât o bandă umplută, și alții care sunt cu un electron mai puțin față de o bandă completă, așa cum apare în compusul clorură de sodiu și alte săruri ionice chimice. Cu toate acestea, multe elemente prezintă valențe multiple sau tendințe de a împărți numere diferite de electroni în diferiți compuși. Astfel, legătura chimică dintre aceste elemente ia multe forme de partajare a electronilor care sunt mai mult decât simple transferuri de electroni. Exemplele includ elementul carbon și compușii organici.

Elementele chimice sunt adesea afișate într-un tabel periodic care este prevăzut să afișeze proprietăți chimice recurente, iar elementele cu același număr de electroni de valență formează un grup care este aliniat în aceeași coloană a tabelului. (Rândurile orizontale corespund umplerii unei benzi cuantice a electronilor.) Elementele de la extrema dreaptă a tabelului au banda exterioară complet umplută cu electroni, ceea ce are ca rezultat elemente inerte chimice cunoscute sub numele de gaze nobile.

Stări

Atomii se găsesc în diferite stări ale materiei care depind de condițiile fizice, cum ar fi temperatura și presiunea. Prin modificarea condițiilor, materialele pot trece între solide, lichide, gaze și plasmă. În cadrul unei stări, un material poate exista și în stări alotrope diferite. Un exemplu este carbonul solid, care poate exista ca grafit sau diamant. De asemenea, există stări alotrope gazoase, cum ar fi dioxidul și ozonul.

La temperaturi apropiate de zero absolută, atomii pot forma un condens Bose-Einstein, moment în care efectele mecanice cuantice, care sunt observate în mod obișnuit la scară atomică, devin vizibile la scară macroscopică. Această colecție super-răcită de atomi se comportă apoi ca un singur super atom, ceea ce poate permite verificări fundamentale ale comportamentului mecanic cuantic.

5 Căldura

Înainte de definirea matematică riguroasă a căldurii pe baza hârtiei Carathéodory din 1909, istoric, căldura, temperatura și echilibrul termic au fost prezentate în manualele termodinamice ca noțiuni primare comune. Carathéodory a prezentat lucrarea sa din 1909 astfel: "Propunerea ca disciplina termodinamicii să poată fi justificată fără a recurge la nicio ipoteză care nu poate fi verificată experimental trebuie privită ca fiind una dintre cele mai notabile rezultate ale cercetării în termodinamică care a fost realizată în ultimul secol." Referindu-se la "punctul de vedere adoptat de majoritatea autorilor activi în ultimii cincizeci de ani", Carathéodory a scris: "Există o cantitate fizică denumită căldură care nu este identică cu cantitățile mecanice (masă, forță, presiune etc.) și ale căror variații pot fi determinate prin măsurători calorimetrice." James Serrin introduce o descriere a teoriei termodinamicii astfel: "În următoarea secțiune, vom folosi noțiunile clasice de *căldură*, de *lucru mecanic* și de *fierbințeală* ca elemente primitive, ... Căldura este o primitivă adecvată și naturală pentru termodinamică, a fost deja acceptată de Carnot. Validitatea sa continuă ca element primar al structurii termodinamice se datorează faptului că ea sintetizează un concept fizic esențial, precum și utilizarea sa reușită în lucrarea recentă de unificare a diferitelor teorii constitutive". Acest tip tradițional de prezentare a bazei termodinamicii include idei care pot fi rezumate prin afirmația că transferul de căldură se datorează pur și simplu unei neuniformități spațiale a temperaturii și se face prin conducție și radiație, de la corpuri mai calde la cele mai reci. Se sugerează uneori că această prezentare tradițională se bazează în mod necesar pe "raționamentul circular"; împotriva acestei propuneri se află dezvoltarea matematică riguroasă logică a teoriei prezentate de Truesdell și Bharatha (1977).

Această abordare alternativă a definiției cantității de energie transferată sub formă de căldură diferă în structură logică de cea a Carathéodory, relatată exact mai sus.

Această abordare alternativă admite calorimetria ca modalitate primară sau directă de a măsura cantitatea de energie transferată sub formă de căldură. Se bazează pe temperatură ca unul dintre conceptele sale primitive și se utilizează în calorimetrie. Se presupune că există suficiente procese fizice pentru a permite măsurarea diferențelor în energiile interne. Astfel de procese nu se limitează la transferurile adiabatice de energie ca muncă. Acestea includ calorimetria, care este cea mai frecventă modalitate practică de a găsi diferențe energetice interne. Temperatura necesară poate fi fie termodinamică empirică, fie absolută.

În schimb, modul Carathéodory relatat exact mai sus nu utilizează calorimetria sau temperatura în definirea primară a cantității de energie transferată sub formă de căldură. Modul Carathéodory privește calorimetria doar ca modalitate secundară sau indirectă de măsurare a cantității de energie transferată sub formă de căldură. Modul Carathéodory privește cantitatea de energie transferată sub formă de căldură într-un proces ca în primul rând sau direct definită ca o cantitate reziduală. Se calculează din diferența dintre energiile interne ale stărilor inițiale și finale ale sistemului și din activitatea efectivă efectuată de sistem în timpul procesului. Această diferență energetică internă se presupune că a fost măsurată în avans prin procese de transfer pur adiabatice de energie ca lucru mecanic, procese care iau sistemul între stările inițiale și cele finale. Prin modul Carathéodory se presupune, așa cum se știe din experiment, că există, de fapt fizic, suficiente astfel de procese adiabatice, astfel încât nu este nevoie să se recurgă la calorimetrie pentru măsurarea cantității de energie transferată sub formă de căldură. Această presupunere este esențială, dar nu este explicit menționată nici ca o lege a termodinamicii, nici ca o axiomă a modului Carathéodory. De fapt, existența fizică reală a unor astfel de procese adiabatice este, într-adevăr, în cea mai mare parte, o supoziție, iar procesele presupuse în majoritatea

cazurilor nu au fost verificate empiric.

5.1 Temperatura, căldura și expansiunea

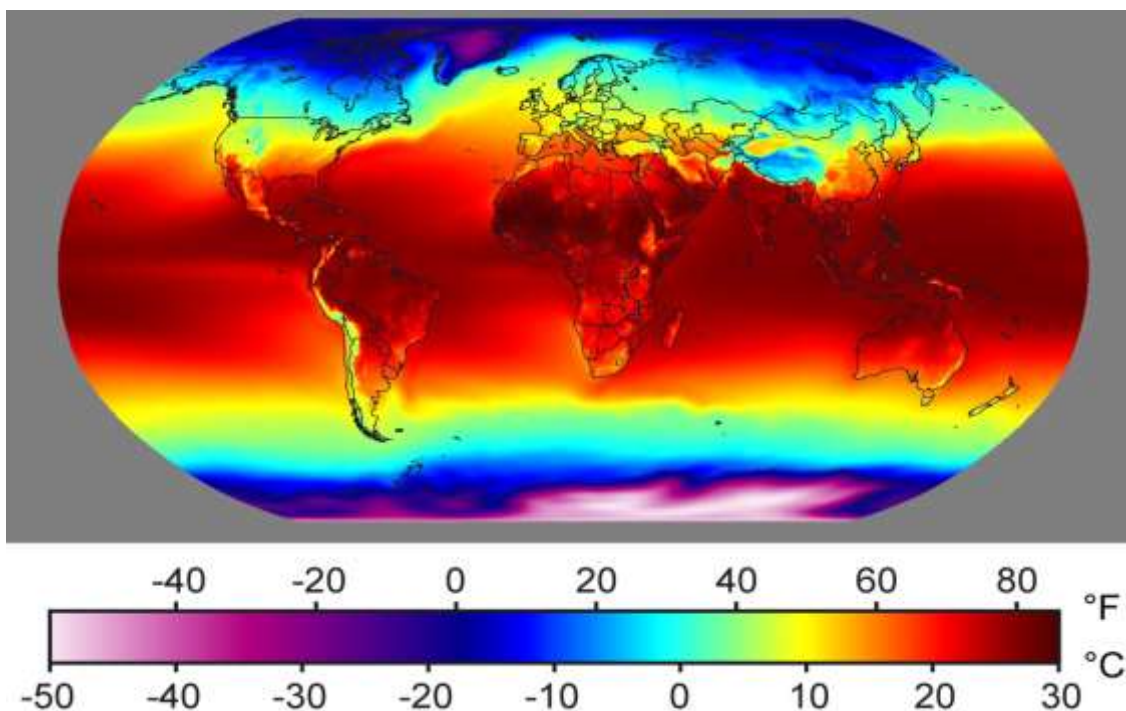
Deoarece căldura (ca și lucrul mecanic) reprezintă o cantitate de energie transferată între două corpuri prin anumite procese, niciun corp "nu are" o anumită cantitate de căldură (la fel cum un corp în sine nu are "lucru mecanic"); în schimb, un corp are într-adevăr proprietăți (funcții de stare), cum ar fi temperatura și energia internă. Astfel, energia schimbată sub formă de căldură în timpul unui proces dat schimbă energia (internă) a fiecărui corp cu valori egale și opuse. Semnul cantității de căldură poate indica direcția transferului, de exemplu de la sistemul A la sistemul B; semnul minus indică faptul că energia curge în direcția opusă.

Deși căldura curge spontan de la un corp fierbinte la unul mai rece, este posibil să se construiască o pompă de căldură sau un sistem de răcire care să funcționeze pentru a crește diferența de temperatură între două sisteme. În schimb, un motor termic reduce o diferență de temperatură existentă pentru a lucra pe un alt sistem.

Căldura este o consecință a mișcării microscopice a particulelor (energia cinetică a atomilor și moleculelor). Atunci când căldura este transferată între două obiecte sau sisteme, energia obiectului sau a particulelor sistemului crește. În timp ce acest lucru are loc, aranjamentul dintre particule devine din ce în ce mai dezordonat. Cu alte cuvinte, căldura este legată de conceptul de entropie.

Din punct de vedere istoric, au fost utilizate numeroase unități energetice pentru măsurarea căldurii. Unitatea bazată pe standarde din Sistemul Internațional de Unități (SI) este Joule (J). Căldura este măsurată prin efectul acesteia asupra stărilor corpurilor în interacțiune, de exemplu, prin cantitatea de gheață topită sau prin schimbarea temperaturii. Cuantificarea căldurii prin schimbarea temperaturii unui corp se numește calorimetrie și este utilizată pe scară largă în practică. În calorimetrie, căldura sensibilă este definită în raport cu o anumită variabilă de stare aleasă a sistemului, cum ar fi presiunea sau volumul. Căldura sensibilă determină o schimbare a temperaturii sistemului, lăsând neschimbată variabila de stare aleasă. Transferul de căldură care are loc la o temperatură constantă a sistemului, dar schimbă variabila de stare, este numită căldură latentă în raport cu variabila. Pentru modificările infimitezimale, transferul total de căldură total este atunci suma căldurii latente și sensibile.

5.1.1 Temperatura



Temperatura medie anuală în lume, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Annual_Average_Temperature_Map.jpg

În fizică, temperatura este proprietatea fizică a unui sistem care stă la baza noțiunilor comune de "fierbinte" și "rece". În general, materialul cu temperatura mai ridicată este declarat a fi mai cald.

Formal, temperatura este acea proprietate care reglementează transferul de energie termică, sau căldură, între un sistem și altul. Când două sisteme sunt la aceeași temperatură, acestea sunt în *echilibru termic* și niciun transfer de căldură nu se va produce. Când există o diferență de temperatură, căldura va tinde să treacă de la sistemul cu temperatură mai ridicată la sistemul cu temperatură mai joasă, până când echilibrul termic este din nou stabilit. Acest transfer de căldură se poate produce prin conducție, convecție sau radiație. Proprietățile formale ale temperaturii sunt studiate în termodinamică. Temperatura joacă, de asemenea, un rol important în aproape toate domeniile științei, inclusiv fizică, chimie, și biologie.

Temperatura este legată de cantitatea de energie termică sau de căldură dintr-un sistem. Deoarece se adaugă mai multă căldură cu cât temperatura crește, în mod similar o scădere a temperaturii corespunde unei pierderi de căldură din sistem. La scară microscopică această căldură corespunde mișcării haotice a atomilor și moleculelor din sistem. Astfel, o creștere a temperaturii corespunde unei creșteri a vitezei de deplasare a atomilor din sistem.

Multe proprietăți fizice ale materialelor, inclusiv faza (gaz, lichid sau solid), densitatea, solubilitatea, presiunea de vapori, și conductivitatea electrică, depind de temperatură. Temperatura joacă, de asemenea, un rol important în determinarea vitezei și măsurii în care apar reacțiile chimice. Acesta este unul din motivele pentru care corpul uman are mai multe mecanisme pentru menținerea temperaturii la 37 ° C, deoarece temperaturi cu numai câteva grade mai mari pot conduce la reacții dăunătoare cu consecințe grave. Temperatura controlează, de asemenea, tipul și cantitatea de radiații termice emise de o suprafață. O aplicație a acestui efect este becul incandescent, în care un filament de tungsten este încălzit electric la o temperatură la care sunt emise cantități semnificative de lumină vizibilă.

Temperatura este o proprietate intrinsecă a unui sistem, ceea ce înseamnă că aceasta nu depinde de dimensiunea sistemului sau cantitatea de material din sistem. Alte proprietăți intrinseci includ presiunea și densitatea. Prin contrast, masa și volumul sunt proprietăți extrinseci, și depind de cantitatea de material în sistem.

Definiții

Pe baza principiului zero

În timp ce majoritatea oamenilor au o înțelegere de bază a conceptului de temperatură, definiția formală este destul de complicată. Înainte de a ajunge la o definiție oficială, să luăm în considerare conceptul de echilibru termic. În cazul în care două sisteme închise cu volume fixe sunt aduse împreună, astfel încât să fie în contact termic, pot avea loc modificări în proprietățile celor două sisteme. Aceste schimbări se datorează transferului de căldură între sisteme. Atunci când se ajunge la o stare în care nu apar modificări ulterioare, sistemele sunt în echilibru termic.

O bază pentru definirea temperaturii poate fi obținută din principiul zero a termodinamicii, care prevede că dacă două sisteme, A și B, sunt în echilibru termic, și un al treilea sistem C este în echilibru termic cu sistemul A atunci sistemele B și C vor fi, de asemenea, în echilibru termic. Acesta este un fapt empiric, pe baza observării, și nu teorie. Deoarece A, B, și C sunt în echilibru termic, este rezonabil să spunem că fiecare dintre aceste sisteme partajează o valoare comună a unor proprietăți. Numim această proprietate temperatură.

În general, nu este convenabil să plasăm oricare două sisteme arbitrare în contact termic pentru a vedea dacă acestea sunt în echilibru termic și, astfel, au aceeași temperatură. Prin urmare, este util să se stabilească o scară de temperatură în funcție de proprietățile unui anumit sistem de referință. Apoi, un dispozitiv de măsurare poate fi calibrat în funcție de proprietățile sistemului de referință și utilizat pentru a măsura temperatura altor sisteme. Un astfel de sistem de referință este o cantitate fixă de gaz. Legea lui Boyle indică faptul că produsul presiunii și a volumului ($P \times V$) al unui gaz este direct proporțional cu temperatura. Acest lucru poate fi exprimat prin legea gazului ideal ca:

$$PV = nRT$$

unde T este temperatura, n este cantitatea de gaz (numărul de moli) și R este constanta gazului ideal. Astfel, se poate defini o scară pentru temperatură pe bază de presiunea și volumul gazului corespunzătoare temperaturii. În practică, un astfel de **termometru cu gaz** nu este foarte convenabil, dar pot fi calibrate alte instrumente de măsurare la această scară.

Ecuția indică faptul că pentru un volum fix de gaz, presiunea crește cu creșterea temperaturii. Presiunea

este doar o măsură a forței aplicate de gaz pe pereții recipientului și este legată de energia sistemului. Astfel, se poate observa că o creștere a temperaturii corespunde unei creșteri a energiei termice a sistemului. Când două sisteme de temperatură diferite sunt puse în contact termic, temperatura sistemului mai fierbinte scade, ceea ce indică faptul că căldura părăsește acest sistem, în timp ce sistemul mai rece câștigă căldură și crește temperatura. Astfel căldura circulă întotdeauna dintr-o regiune de temperatură ridicată într-o regiune de temperatură mai scăzută și este diferența de temperatură care conduce transferul de căldură între cele două sisteme.

Pe baza celui de al doilea principiu

Temperatura în secțiunea anterioară a fost definită pe baza principiului zero al termodinamicii. Este de asemenea posibil să se definească temperatura pe baza celui de al doilea principiu al termodinamicii, care se ocupă cu *entropia*. Entropia este o măsură a dezordinii într-un sistem. Al doilea principiu prevede că orice proces va duce la o schimbare sau o creștere netă a entropiei universului. Acest lucru poate fi înțeles în termeni de probabilitate. Luați în considerare o serie de aruncări de monede. Un sistem perfect ordonat ar fi unul în care fiecare ban va cădea fie ban fie marcă. Pentru orice număr de aruncări de monede, există doar o singură combinație de rezultate corespunzătoare acestei situații. Pe de altă parte, există mai multe combinații care pot duce la sisteme dezordonate sau mixte, unde unele monezi sunt ban și altele sunt marcă. Pe măsură ce numărul de monede aruncate crește, numărul de combinații corespunzătoare sistemului imperfect crește. Pentru un număr foarte mare de aruncări de monede, numărul de combinații corespunzătoare de ~ 50% ban și ~ 50% marcă domină, și obținerea unui rezultat semnificativ diferit de cel de 50/50 devine extrem de improbabil. Astfel, sistemul progresează în mod natural la o stare de dezordine sau entropie maximă.

Unități de temperatură

Unitatea de bază a temperaturii în Sistemul Internațional de Unități este *kelvin* (K). Un Kelvin este definit formal ca $1/273,16$ din temperatura punctului triplu al apei (punctul în care apa, gheața și vaporii de apă sunt în echilibru). Temperatura de 0 K este numită *zero absolut*, și corespunde punctului în care moleculele și atomii au cea mai mică posibil energie termică. O unitate importantă de temperatură în fizica teoretică este *temperatura Planck* ($1,4 \times 10^{32}$ K).

Pentru aplicațiile de zi cu zi, este adesea convenabil să se folosească *scara Celsius* (anterior scala centigrad), în care 0 °C corespunde temperaturii la care apa îngheață și 100 °C corespunde punctului de fierbere a apei la nivelul mării. În această scală o diferență de temperatură de 1 grad este la fel ca o diferență de temperatură de 1 K, astfel încât scara este în mod esențial aceeași cu *scara Kelvin*, dar compensată cu temperatura la care apa îngheață (273,15 K). Astfel următoarea ecuație poate fi folosită pentru a converti Celsius la Kelvin.

$$T(K) = T(C) + 273.15$$

În Statele Unite, *scara Fahrenheit* este utilizată pe scară largă. Pe această scară punctul de îngheț al apei corespunde cu 32 °F și punctul de fierbere la 212 °F. Următoarea formulă poate fi utilizată pentru a converti între Fahrenheit și Celsius:

$$T(C) = 5/9 \times (T(F) - 32)$$

Alte scale de temperatură includ Rankine și Reaumur.

Măsurarea temperaturii

Multe metode au fost dezvoltate pentru măsurarea temperaturii. Cele mai multe dintre acestea se bazează pe măsurarea unei proprietăți fizice a unui material în lucru care variază cu temperatura. Una dintre cele mai uzuale dispozitive de măsurare a temperaturii este **termometrul de sticlă**. Acesta constă dintr-un tub de sticlă umplut cu mercur sau un alt lichid, care acționează ca fluid de lucru. Creșterile de temperatură determină lichidul să



Un termometru tipic în grade Celsius care măsoară o temperatură a zilei de iarnă de -17°C

se extindă, astfel încât temperatura poate fi determinată prin măsurarea volumului fluidului. Aceste termometre sunt de obicei calibrate, astfel încât se poate citi temperatura pur și simplu prin observarea nivelului fluidului în termometru. Un alt tip de termometru care nu este într-adevăr utilizat mult în practică, dar este important din punct de vedere teoretic, este **termometrul cu gaz**.

Alte importante dispozitive pentru măsurarea temperaturii includ:

- * termocuple
- * termistori
- * termometre rezistente la temperatură
- * pirometre
- * alte tipuri de termometre

Trebuie să fiți atenți atunci când se măsoară temperatura pentru a se asigura că temperatura instrumentului de măsurare (termometru, termocuplu, etc) este într-adevăr aceeași temperatură ca și materialul care este măsurat. Anumite condiții termice ale instrumentului de măsurare pot provoca un gradient de temperatură, astfel încât temperatura măsurată este diferită de temperatura reală a sistemului. În acest caz, temperatura măsurată va varia nu numai cu temperatura sistemului, dar și cu proprietățile de transfer termic ale sistemului. Un caz extrem al acestui efect dă naștere la factorul de vânt rece, unde temperatura se simte mai rece în condiții de vânt decât în condiții de calm, chiar dacă temperatura este aceeași. Ceea ce se întâmplă este că vântul crește rata de transfer termic din organism, rezultând o reducere mai mare a temperaturii corpului pentru aceeași temperatură ambiantă.

Temperatura în gaze

Pentru un gaz ideal monoatomic temperatura este legată de mișcarea de translație sau viteza medie a atomilor. Teoria cinetică a gazelor utilizează mecanica statistică pentru a corela această mișcare de energia cinetică medie a atomilor și moleculelor din sistem. Pentru acest caz, 11.300 grade Celsius corespund la o energie cinetică medie a unui electron. La temperatura camerei (300 grade Kelvin), de exemplu, energia medie a moleculelor de aer este de 300/11300 eV, sau 0,0273 electronvolți. Aceasta energie medie este independentă de masa particulelor, care pare contraintuitiv pentru mulți oameni. Cu toate că temperatura este legată de energia cinetică medie a particulelor într-un gaz, fiecare particulă are o energie proprie, care poate sau nu poate corespunde mediei. Într-un gaz distribuția energiei (și astfel vitezele) particulelor corespunde distribuției Boltzmann.

Un electron este o unitate foarte mică de energie, de ordinul a 1.6×10^{-19} jouli.

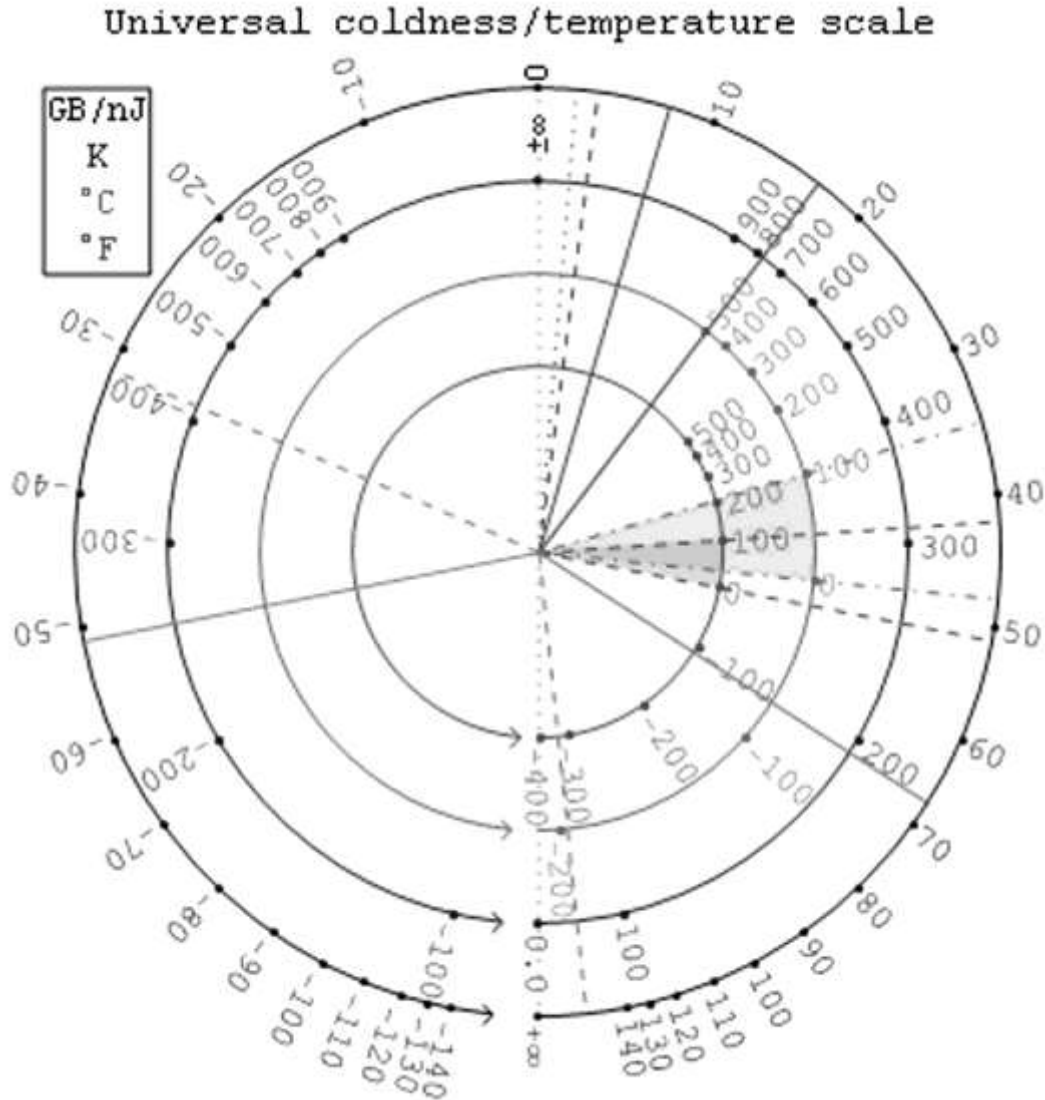
5.1.1.1 Temperaturi negative

Temperaturile care sunt exprimate ca numere negative pe scalele cunoscute Celsius sau Fahrenheit sunt pur și simplu mai reci decât punctele zero ale acestor scale. Anumite sisteme pot atinge temperaturi cu adevărat negative; adică temperatura lor termodinamică (exprimată în kelvini) poate avea o cantitate negativă. Un sistem cu o temperatură cu adevărat negativă nu este mai rece decât zero absolut. Mai degrabă, un sistem cu o temperatură negativă este mai fierbinte decât orice sistem cu o temperatură pozitivă, în sensul că dacă un sistem cu temperatură negativă și un sistem cu temperatură pozitivă intră în contact, căldura curge de la sistemul negativ la cel cu temperatură pozitivă.

La temperaturi scăzute, particulele au tendința de a trece la cele mai mici stări de energie. Pe măsură ce crește temperatura, particulele se mută în stări energetice din ce în ce mai înalte. Când temperatura tinde la infinit, numărul de particule în stările mai mici de energie și din stările mai mari de energie devin egale. În anumite situații, este posibil să se creeze un sistem în care există mai multe particule din stările cu energie mai mare decât mică. Această situație poate fi descrisă cu o **temperatură negativă**. O temperatură negativă nu este mai rece decât zero absolut, ci mai degrabă este mai caldă decât temperatura infinită.

Căldura este stocată în diverse moduri pentru un sistem: translație, vibrație, rotație, electronic, și nuclear. Temperatura macroscopică a unui sistem este legată de căldura totală depozitată în toate aceste moduri și într-un sistem de energie termică normală este în permanență schimbată între diferitele moduri. Cu toate acestea, pentru anumite cazuri, este posibil să se izoleze una sau mai multe dintre moduri. În practică modurile izolate încă schimbă energie cu celelalte moduri, dar scara

de timp a acestui schimb este mult mai lentă decât în cazul schimburilor din modul izolat. Un exemplu este cazul spinilor nucleari într-un câmp magnetic extern puternic. În acest caz, energia curge destul de rapid între stările de spin ale atomilor care interacționează, dar transferul de energie între spinii nucleari și alte moduri este relativ lent. Având în vedere că fluxul de energie este predominant în cadrul sistemului de spini, este logic să se gândească la o temperatură de spin, care este diferită de la temperatura datorată altor moduri.



Scara universală SI de temperatură/răceală ($1/kT$)

O temperatură pozitivă corespunde condiției în care entropia crește când energia termică este adăugată sistemului. Aceasta este starea normală în lumea macroscopică și este întotdeauna cazul pentru modurile de translație, vibrație, rotație, și electronic și nuclear non-spin. Motivul pentru aceasta este faptul că există un număr infinit de aceste tipuri de moduri și adăugarea de mai multă căldură la sistem mărește numărul de moduri care sunt accesibile energetic, și astfel crește entropia. Cu toate acestea, în cazul sistemelor de spin electronic și nuclear există doar un număr finit de moduri disponibile (de multe ori doar 2, corespunzător spinului up și spinului down). În absența unui câmp magnetic, aceste stări de spin sunt degenerate, ceea ce înseamnă că acestea corespund aceleiași energii. Atunci când se aplică un câmp magnetic exterior, nivelurile de energie sunt împărțite, deoarece aceste stări de spin care sunt aliniată cu câmpul magnetic vor avea o energie diferită de cele care sunt anti-paralele cu acesta.

În absența unui câmp magnetic, ar fi de așteptat ca un astfel de sistem cu doi spini să aibă aproximativ jumătate din atomi în starea de spin up și jumătate în starea de spin down, deoarece

aceasta maximizează entropia. La aplicarea unui câmp magnetic, unii dintre atomi vor avea tendința să se alinieze pentru a reduce energia sistemului, astfel ceva mai mulți atomi se vor găsi în starea de energie mai mică (pentru acest exemplu vom presupune că starea de spin down este starea de energie mai mică). Este posibil să se adauge energie sistemului de spin prin tehnici de frecvență radio. Acest lucru face ca atomii să se schimbe de la spin down la spin up. Din moment ce am început cu mai mult de jumătate din atomi în starea de spin down, inițial aceasta conduce sistemul la un mix de 50/50, astfel entropia este în creștere, ceea ce corespunde unei temperaturi pozitive. Cu toate acestea, la un moment dat mai mult de jumătate din spini sunt în starea de spin up. În acest caz, adăugarea de energie suplimentară reduce entropia deoarece face ca sistemul să aibă un amestec diferit de 50/50. Această reducere a entropiei cu un adaos de energie corespunde unei temperaturi negative.

Cele mai cunoscute sisteme nu pot atinge temperaturi negative deoarece adăugarea de energie întotdeauna crește entropia lor. Cu toate acestea, unele sisteme au o cantitate maximă de energie pe care o pot deține și, pe măsură ce se apropie de acea energie maximă, entropia lor începe să scadă. Deoarece temperatura este definită de relația dintre energie și entropie, temperatura unui astfel de sistem devine negativă, chiar dacă se adaugă energie. Ca urmare, factorul Boltzmann pentru stările sistemelor la temperatură negativă crește mai degrabă decât scade cu creșterea energiei de stare. Prin urmare, niciun sistem complet, adică incluzând modurile electromagnetice, nu poate avea temperaturi negative, deoarece nu există o stare de energie cea mai mare, astfel încât suma probabilităților stărilor să se diferențieze pentru temperaturile negative. Cu toate acestea, pentru sistemele în cvasi-echilibru (de exemplu, spini în afara echilibrului cu câmp electromagnetic), acest argument nu se aplică și temperaturile eficiente negative pot fi atinse.

La 3 ianuarie 2013, fizicienii au anunțat că au creat pentru prima dată un gaz cuantic format din atomi de potasiu cu o temperatură negativă în grade de libertate în mișcare.

5.1.2 Căldura

Căldura este cantitatea de energie care trece de la un obiect mai cald la unul mai rece. În general, căldura provine din multe modificări la scară microscopică ale obiectelor și poate fi definită ca fiind cantitatea de energie transferată, excluzând atât lucrul mecanic macroscopic, cât și transferul unei părți a obiectului în sine. Transferul de energie sub formă de căldură poate apărea prin contact sau printr-un perete comun care este impermeabil la materie, între sursă și corpul de destinație, ca și conducția; sau prin radiații între corpuri la distanță; sau prin intermediul unui corp fluid intermediar, ca și în circulația convectivă; sau printr-o combinație a acestora. În termodinamică, căldura este deseori contrară lucrului mecanic: căldura se aplică particulelor individuale (cum ar fi atomi sau molecule), lucrul mecanic se aplică obiectelor (sau a unui sistem ca întreg). Căldura implică mișcarea stohastică (sau aleatorie) distribuită în mod egal între toate gradele de libertate, în timp ce lucrul mecanic este direcțional, limitat la unul sau mai multe grade specifice de libertate.

Istorie

Conceptul de căldură a fost important din preistorie. Cele mai vechi noțiuni au legat căldura de mitologiile de origine. Căldura, ca "foc", a fost unul dintre elementele clasice antice. Noțiunea de căldură ca un fluid conservat care pătrunde în materie, s-a dezvoltat ca teorie calorică respectată până când a devenit depășită de teoria mecanică a căldurii din 1798 a lui Thompson.

Fizicianul James Clerk Maxwell, în *Teoria căldurii* din 1871, a fost unul dintre mulți care a început să se bazeze pe teoria căldurii care are de a face cu materia în mișcare. Aceasta a fost aceeași idee prezentată de Benjamin Thompson în 1798, care a spus că s-a folosit de ideile multor predecesori. Una dintre cărțile recomandate de Maxwell a fost *Căldura ca mod de mișcare*, de John Tyndall. Maxwell a subliniat patru prevederi pentru definirea căldurii:

Este ceva ce poate fi transferat de la un corp la altul, conform celei de-a doua legi a termodinamicii.

Este o cantitate măsurabilă și poate fi tratată matematic.

Nu poate fi tratată ca o substanță materială, deoarece poate fi transformată în ceva care nu este o substanță materială, de exemplu lucru mecanic.

Căldura este una dintre formele de energie.

Din idei empirice bazate pe căldură și din alte observații empirice, noțiunile de energie internă și de entropie pot fi derivate, astfel încât să conducă la recunoașterea primei și celei de-a doua legi a termodinamicii.

Transferuri de energie sub formă de căldură între două corpuri

Referindu-se la conducție, Partington scrie: "Dacă un corp fierbinte este adus în contact cu un corp rece, temperatura corpului fierbinte scade și temperatura corpului rece crește, și se spune că o cantitate de căldură a trecut de la corpul fierbinte la corpul rece."

Referindu-se la radiații, Maxwell scrie: "În radiație, corpul mai fierbinte pierde căldura, iar corpul rece primește căldură prin intermediul unui proces care apare într-un mediu care nu devine astfel fierbinte".

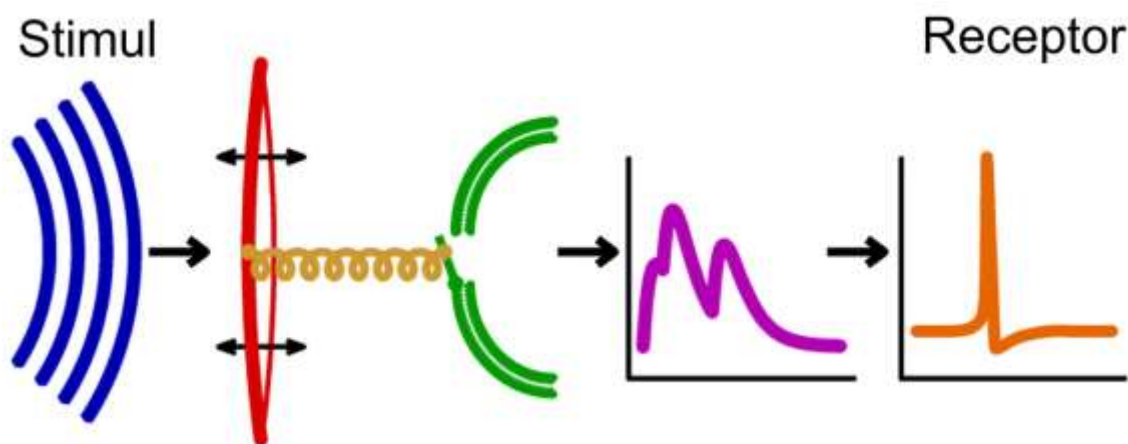
Maxwell scrie că convecția ca atare "nu este un fenomen pur termic". În termodinamică, convecția în general este considerată transportul energiei interne. Dacă, totuși, convecția este închisă și circulatorie, atunci ea poate fi privită ca un intermediar care transferă energia sub formă de căldură între corpurile sursă și destinație, deoarece transferă numai energia și nu materie de la sursă la corpul de destinație.

Notăție și unități

Ca formă de energie, căldura are unitatea joule (J) în Sistemul Internațional de Unități (SI). Totuși, în multe domenii aplicate în inginerie se utilizează adesea unitatea termică britanică (BTU) și caloria. Unitatea standard pentru rata de căldură transferată este watt (W), definită ca un joule pe secundă.

Cantitatea totală de energie transferată sub formă de căldură este convențional scrisă Q (de la *quantity*, cantitate) în scopuri algebrice. Căldura eliberată de un sistem în vecinătățile sale este convențional o cantitate negativă ($Q < 0$); când un sistem absoarbe căldura din mediul său, este pozitivă ($Q > 0$). Rata transferului de căldură sau fluxul de căldură pe unitate de timp este notată cu \dot{Q} . Aceasta nu trebuie confundată cu o derivată de timp al unei funcții de stare (care poate fi scris și cu notația punctuală), deoarece căldura nu este o funcție de stare. Fluxul de căldură este definit ca rata de transfer de căldură pe unitatea de secțiune transversală a unității, rezultând unitatea de wați pe metru pătrat.

6 Sunetul



Reprezentarea schematică a urechii, propagarea sunetului. Albastru: undele sonore. Roșu: timpan Galben: cohleea. Verde: celulele receptorilor auditivi. Purpuriu: spectrul frecvenței de răspuns la ureche. Portocaliu: impulsul nervos.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Processing_of_sound-es.jpg

În fizică, sunetul este o vibrație care se propagă de obicei ca o undă de presiune audibil, printr-un mediu de transmisie, cum ar fi un gaz, lichid sau solid.

În fiziologia și psihologia umană, sunetul este recepția unor astfel de unde și percepția lor de către creier. Oamenii pot auzi undele sonore cu frecvențe cuprinse între aproximativ 20 Hz și 20 kHz. Sunetele peste 20 kHz sunt ultrasunete și cele sub 20 Hz sunt infrasunete. Animalele au diferite intervale de auz.

Sunetul este definit ca "(a) Oscilația în presiune, efort, deplasarea particulelor, viteza particulelor etc., propagată într-un mediu cu forțe interne (de exemplu elastice sau vâscoase), sau suprapunerea unei astfel de oscilații propagate. (b) Senzația evocată de oscilația descrisă în (a)." Sunetul poate fi privit ca o mișcare a undelor în aer sau în alte medii elastice. În acest caz, sunetul este un stimul. Sunetul poate fi, de asemenea, privit ca o excitație a mecanismului auditiv care are ca rezultat percepția sunetului. În acest caz, sunetul este o senzație.

6.1 Vibrații și unde

Vibrația este un fenomen mecanic prin care oscilațiile apar în jurul unui punct de echilibru. Cuvântul vine din latină, *vibrationem* ("zgâlțâire, agitare"). Oscilațiile pot fi periodice, cum ar fi mișcarea unui pendul, sau aleatorii, precum mișcarea unui pneu pe un drum pietruit. Practic, orice obiect care are o mișcare alternantă, periodică sau nu, produce vibrații.

Vibrațiile pot fi de dorit: de exemplu, mișcarea unui diapazon, a unei trestii într-un instrument de cântat din lemn sau a unei armonici, a unui telefon mobil sau a conului unui difuzor.

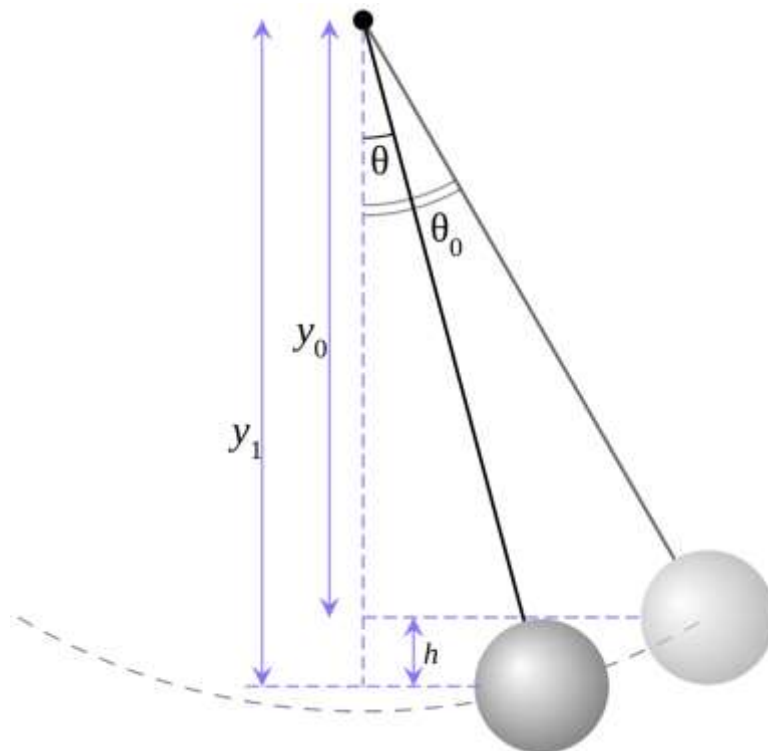
În multe cazuri, totuși, vibrația este nedorită, se pierde energia și se creează un sunet nedorit. De exemplu, mișcările vibraționale ale motoarelor, motoarelor termice și electrice, sau ale oricărui dispozitiv mecanic în funcționare, sunt de obicei nedorite. Asemenea vibrații ar putea fi cauzate de dezechilibre în părțile rotative, frecare inegală sau uzura dinților roților dințate. O proiectare atentă atențe minimizează vibrațiile nedorite.

Studiul sunetelor și cel al vibrațiilor sunt strâns legate. Undele sonore sau de presiune sunt generate de structuri vibrante (de exemplu corzile vocale); aceste unde de presiune pot induce și vibrații în structuri (de exemplu, în tamburul urechii). Prin urmare, încercările de reducere a zgomotului sunt adesea legate de problemele legate de vibrații.

Atât sunetul cât și lumina sunt vibrații care se propagă sub formă de unde, dar au cauze și moduri de propagare diferite. În timp ce lumina este determinată de vibrațiile câmpurilor electromagnetice, se poate propaga printr-un mediu sau în vid, și oscilează într-un plan perpendicular pe direcția de deplasare, sunetul este o undă propagată prin diferențe de presiune, se poate propaga numai printr-un mediu (solid, lichid sau gazos), iar undele sale oscilează longitudinal, pe direcția de propagare.

6.1.1 Pendul

Un pendul este o greutate suspendată de un pivot astfel încât să se poată balans liber. Atunci când un pendul este deplasat lateral de la poziția de echilibru în repaus, acesta este supus unei forțe de restaurare datorată gravitației, care îl va accelera înapoi către poziția de echilibru. Forța de restaurare care acționează asupra masei pendulului determină oscilația acestuia în jurul poziției de echilibru, balansându-l înainte și înapoi. Timpul pentru un ciclu complet, o balansare stânga și una dreapta, se numește perioadă. Perioada de balansare a unui pendul gravitațional simplu depinde de lungimea sa, de puterea locală a gravitației și, într-o măsură mai mică, de unghiul maxim al abaterii balansului de la poziția verticală, θ_0 , numit amplitudine. Perioada este independentă de masa corpului.



Un pendul simplu prezintă o mișcare armonică aproximativ simplă, în condițiile fără amortizare și amplitudine mică.

În timpul cercetărilor științifice ale pendulului din jurul anului 1602, Galileo Galilei a descoperit proprietatea crucială care face ca pendurile să fie utile în calitate de observatori de timp, numită izocronism; perioada pendulului este aproximativ independentă de amplitudinea sau lățimea balansului. De asemenea, a constatat că perioada este independentă de masa corpului și proporțională cu rădăcina pătrată a lungimii

pendulului. El a folosit mai întâi penduluri cu balansare liberă în aplicații simple de sincronizare. A fost cea mai exactă tehnologie de ceasornicărie din lume până în anii 1930. Ceasul cu pendulul inventat de Christian Huygens în 1658 a devenit cronometrul standard al lumii, folosit în case și birouri timp de 270 de ani, și a ajuns la o precizie de aproximativ o secundă pe an înainte de a fi înlocuit ca standard de timp de către ceasul cu cuarț în anii 1930. Pendulurile sunt de asemenea utilizate în instrumente științifice, cum ar fi accelerometrele și seismometrele. Din punct de vedere istoric, ele au fost folosite ca gravimetre pentru măsurarea accelerației gravitației în sonde geofizice și chiar ca standard de lungime. Cuvântul "*pendulum*" este din latina nouă, și are originea în cuvântul latin *pendulus*, însemnând "atârnat".

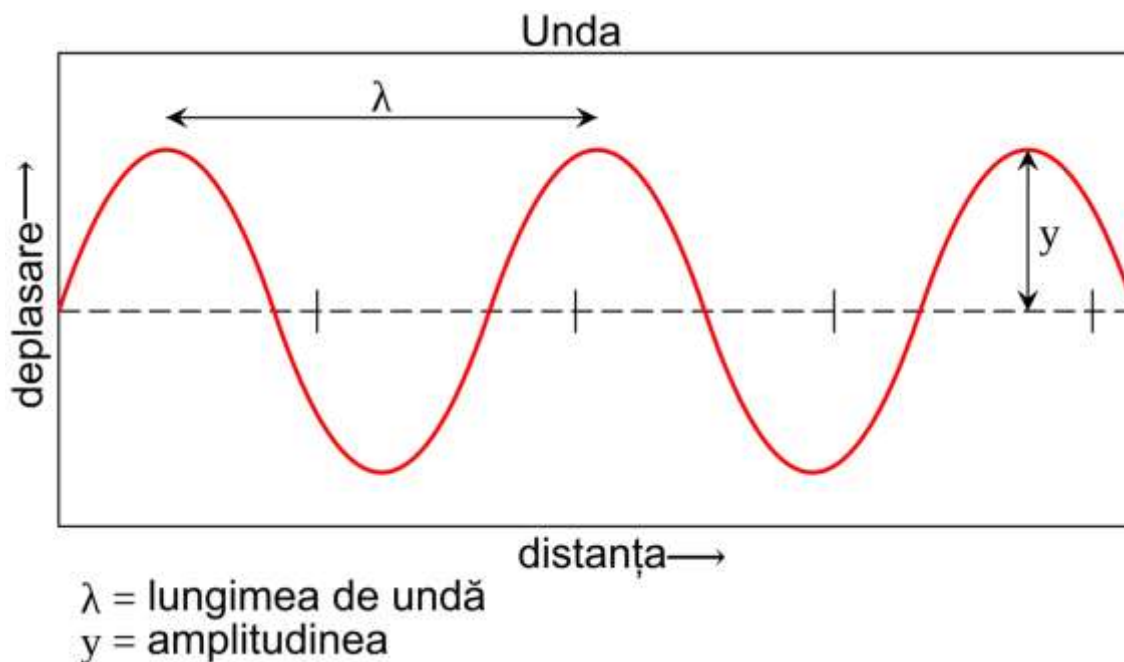
Pendulul gravitațional simplu este un model matematic ideal pentru un pendul. Aceasta este o greutate (sau corp sferic de dimensiuni mici) la capătul unui cordon masiv suspendat de un pivot, fără frecare. Când i se imprimă o forță inițială, se va mișca înainte și înapoi cu o amplitudine constantă. Pendulurile reale sunt supuse la frecare și rezistența aerului, astfel încât amplitudinea balansurilor lor scade în timp.

Deoarece accelerația gravitației este constantă într-un anumit punct de pe Pământ, perioada unui pendul simplu într-o anumită locație depinde numai de lungimea sa. În plus, gravitația variază foarte puțin în locații diferite. Aproape încă de la descoperirea pendulului și până la începutul secolului al XIX-lea, această proprietate a determinat oamenii de știință să sugereze utilizarea unui pendul de o anumită perioadă ca standard de lungime.

6.1.2 Unde

În fizică, o undă este o oscilație însoțită de un transfer de energie. Frecvența este numărul de repetări pe unitatea de timp. Mișcarea undei transferă energia de la un punct la altul, ceea ce elimină particulele ca mediu de transmisie - adică se realizează cu transport de masă asociat puțină sau deloc. Undele constau, în schimb, din oscilații sau vibrații (a unei cantități fizice) în jurul unor locații aproape fixe.

O undă este o perturbație care transferă energia prin materie sau spațiu. Există două tipuri principale de unde. Undele mecanice se propagă printr-un mediu, iar substanța acestui mediu este deformată. Refacerea forțelor, apoi, inversează deformarea. De exemplu, undele sonore se propagă prin intermediul moleculelor de aer care se ciocnesc cu vecinii lor. Atunci când moleculele se ciocnesc, ele au, de asemenea, un recul (o forță de reacție). Acest lucru împiedică moleculele să continue să se deplaseze în direcția undei.



Al doilea tip principal, undele electromagnetice, nu necesită un mediu. În schimb, ele constau din oscilații periodice ale câmpurilor electrice și magnetice generate inițial de particulele încărcate și, prin urmare, pot călători în vid. Aceste tipuri variază în lungime de undă și includ undele radio, microunde, radiații infraroșii, lumină vizibilă, radiații ultraviolete, raze X și raze gamma.

Undele sunt descrise printr-o ecuație de undă care stabilește modul în care perturbația are loc în timp.

Forma matematică a acestei ecuații variază în funcție de tipul undei. Mai mult, comportamentul particulelor în mecanica cuantică este descris de unde. În plus, undele gravitaționale călătoresc prin spațiu, fiind rezultatul unei vibrații sau mișcări în câmpurile gravitaționale.

O undă poate fi transversală, când o perturbație creează oscilații care sunt perpendiculare pe propagarea transferului de energie, sau longitudinale: oscilațiile sunt paralele cu direcția propagării energiei. În timp ce undele mecanice pot fi atât transversale cât și longitudinale, toate undele electromagnetice sunt doar transversale în spațiul liber.

Un mediu este numit:

- * **liniar**, dacă pot fi adăugate diferite unde în orice punct special în mediu,
- * **limitat**, dacă are o măsură finită, altfel este nelimitat.
- * **uniform**, dacă proprietățile sale fizice sunt neschimbate pentru diferite puncte,
- * **izotrop**, dacă proprietățile sale fizice sunt aceleași în diferite direcții.

Exemple de unde

* *Unde acvative*, care sunt perturbații care se propagă prin apă (provocate de surfing, tsunami, etc.)

* *Unde sonore* - o undă mecanică propagându-se prin aer, lichide sau solide, cu o frecvență detectată de sistemul auditiv. Similar sunt undele seismice la cutremure, din care fac parte tipurile S, P și L.

* *Undele luminoase, radio, X, etc.*, alcătuite din radiații electromagnetice. În acest caz propagarea este posibilă fără un suport, prin vid.

Caracteristici generale

O definiție unică și cuprinzătoare pentru termenul undă nu este simplă. O vibrație poate fi definită ca o mișcare înainte și înapoi în jurul valorii de referință. Cu toate acestea, o vibrație nu este neapărat o undă. O încercare de a defini caracteristicile necesare și suficiente care califică un fenomen ca fiind o undă are ca rezultat o linie neclară.

Termenul *undă* este deseori înțeles intuitiv ca referindu-se la un transport de perturbații spațiale care în general nu sunt însoțite de o mișcare a mediului care ocupă acest spațiu ca un întreg. Într-o undă, energia unei vibrații se îndepărtează de sursă sub forma unei perturbări în mediul înconjurător. Cu toate acestea, această mișcare este problematică pentru o undă staționară (de exemplu, o undă pe un cordon), unde energia se mișcă în ambele direcții în mod egal, sau pentru unde electromagnetice (de exemplu, lumină) în vid, unde conceptul de mediu nu se aplică și interacțiunea cu o țintă este cheia detectării undelor și a aplicațiilor practice. Există unde de apă pe suprafața oceanului; undele gamma și undele luminoase emise de Soare; microundele utilizate în cuptoare cu microunde și în echipamente radar; undele radio difuzate de posturile de radio; și undele sonore generate de receptoarele radio, telefoanele și ființele vii (voci), pentru a menționa doar câteva fenomene de undă.

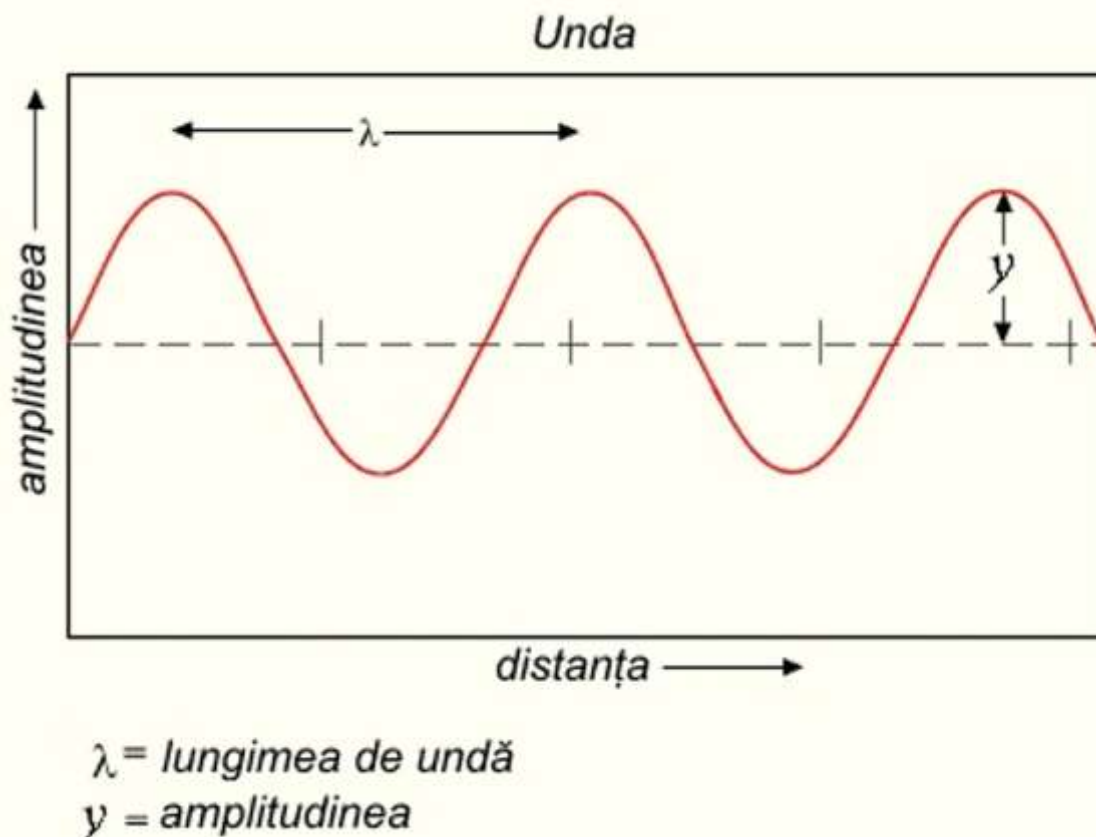
Se pare că descrierea undelor este strâns legată de originea lor fizică pentru fiecare instanță specifică a procesului de undă. De exemplu, acustica se deosebește de optică prin faptul că undele sonore sunt legate mai degrabă de un transfer mecanic decât de un transfer electromagnetic cauzat de vibrații. Concepte cum ar fi masa, impulsul, inerția sau elasticitatea, devin, prin urmare, esențiale în descrierea proceselor acustice (diferite de cele optice) ale undelor. Această diferență de origine introduce anumite caracteristici de undă specifice proprietăților mediului implicat. De exemplu, în cazul aerului: vortexuri, presiune, radiații, unde de șoc etc.; în cazul solidelor: unde Rayleigh, dispersie; și așa mai departe....

Alte proprietăți, deși de obicei descrise în termeni de origine, pot fi generalizate la toate undele. Din aceste motive, teoria undelor reprezintă o ramură specială a fizicii care se ocupă de proprietățile proceselor de undă, indiferent de originea lor fizică. De exemplu, pe baza originii mecanice a undelor acustice, poate exista o perturbare în mișcare în spațiu-timp dacă și numai dacă mediul implicat nu este nici infinit rigid, nici infinit de pliant. Dacă toate părțile care alcătuiesc un mediu au fost rigid legate, atunci toate ar vibra ca una, fără întârziere în transmiterea vibrațiilor și, prin urmare, fără mișcare de undă. Pe de altă parte, dacă toate părțile ar fi independente, atunci nu ar exista nicio transmisie a vibrațiilor și, din nou, nicio mișcare a undelor. Deși declarațiile de mai sus sunt lipsite de sens în cazul undelor care nu necesită un mediu, ele arată o caracteristică relevantă pentru toate undele indiferent de origine: în interiorul unei unde, faza vibrației (adică poziția sa în ciclul vibrației) este diferită pentru punctele adiacente din spațiu, deoarece vibrația atinge aceste puncte la momente diferite în mod repetat.

Toate undele au un comportament comun în anumite situații standard. Toate undele pot avea următoarele caracteristici:

- * **Reflecție** - atunci când o undă se întoarce înapoi dinspre direcția în care se deplasa, din cauza ciocnirii cu un material reflectorizant.
- * **Refracția** - schimbarea de direcție a undelor din cauza intrării lor într-un mediu nou.
- * **Difracție** - împrăștierea de unde, de exemplu, atunci când trec printr-o fantă mică.
- * **Interferența** - unirea a două unde care vin în contact una cu cealaltă.
- * **Dispersia** - divizarea unei unde în funcție de frecvență.

Descriere fizică



Undele pot fi descrise cu ajutorul unui număr de variabile standard incluzând: frecvență, lungime de undă, amplitudine și perioadă. Amplitudinea unei unde este măsura magnitudinii maxime a perturbației în mediu pe parcursul unui ciclu de undă, și se măsoară în diverse unități în funcție de tipul de undă. De exemplu, undele pe o coardă au o amplitudine exprimată ca distanță (m), undele sonore ca presiune (pascali) iar unde electromagnetice ca amplitudine a câmpului electric (volți /metru). Amplitudinea poate fi constantă (caz în care unda este o *undă continuă*) sau poate varia în timp și/sau poziție. Forma variației amplitudinii este numită *anvelopa* undei.

Perioada (T), este timpul pentru un ciclu complet al oscilației unei unde. Frecvența (f) este exprimată în numărul de perioade pe unitatea de timp (de exemplu, o secundă), și este măsurată în hertzi. Acestea sunt legate prin ecuația:

$$f = 1/T$$

Atunci când undele sunt exprimate matematic, frecvența unghiulară (ω , radiani/secundă) este folosită adesea. Ea este legată de frecvența f prin:

$$f = \omega/2\pi$$

Unde de deplasare

Undele care rămân într-un loc sunt numite *unde staționare* - de exemplu vibrațiile de pe o coardă de vioară. Undele care se deplasează se numesc *unde de deplasare*, și au o disturbantă care variază atât cu timpul t cât și

cu distanța z . Aceasta poate fi exprimată matematic ca:

$$y = A(z,t)\cos(\omega t - kz + \varphi),$$

unde $A(z,t)$ este anvelopa amplitudinii undei, k este *numărul de undă* și φ este *faza*. Viteza v a acestei unde este dată de:

$$v = \omega/k = \lambda f$$

unde λ este *lungimea de undă* a undei.

7 Electricitate și magnetism

Electricitatea și magnetismul au fost studiate ca o singură ramură a fizicii. Legătura intimă dintre ele a fost descoperită la începutul secolului XIX. Un curent electric generează un câmp magnetic și un câmp magnetic variabil induce un curent electric. Electrostatica se ocupă cu sarcini electrice în repaus, electrodinamica cu sarcini în mișcare, și magnetostatica cu poli magnetici în repaus.

Electricitatea și magnetismul au fost studiate de către Faraday, Ohm, și alții. În 1855, Maxwell a unificat cele două fenomene într-o singură teorie a electromagnetismului, descrisă de ecuațiile lui Maxwell. O predicție a acestei teorii a fost faptul că lumina este o undă electromagnetică.

În fizică, fenomenul electromagnetic de electricitate (sau sarcină electrică) este o proprietate conservată a materiei care poate fi cuantificată. În acest sens, expresia "cantitate de electricitate" este folosită alternativ cu frazele "sarcina de electricitate" și "cantitate de sarcină." Există două tipuri de electricitate sau de sarcină: un tip de sarcină este pozitivă, iar cealaltă negativă. Prin experiment, vom găsi că obiecte încărcate cu aceeași sarcină se resping și obiecte încărcate cu sarcini de semn contrar se atrag. Mărimea forței de atracție sau de respingere este dată de Legea lui Coulomb. Unitatea SI de sarcină electrică este Coulomb.

În conformitate cu *Thales din Milet*, circa 600 î.Hr., electricitatea a fost cunoscut de grecii antici, care au constatat că frecarea unei blăni pe diverse substanțe, cum ar fi chihlimbar, duce la un dezechilibru de sarcină electrică. Grecii au remarcat faptul că butoanele de chihlimbar atrag obiecte ușoare, cum ar fi părul, și că în cazul în care se freacă chihlimbarul pentru suficient de mult timp, s-ar putea obține chiar și o scânteie.

Un obiect găsit în Irak în 1938, datat la aproximativ 250 î.Hr. și numit *Bateria Bagdad*, seamănă cu o celulă electrochimică și este considerat de unii a fi fost folosită pentru galvanizare. Nu există niciun document justificativ clar pentru a indica la ce a fost folosit obiectul, deși există și alte descrieri anacronice de dispozitive electrice de pe pereți egipteni și în scrierile antice.

În 1600 omul de știință englez William Gilbert a revenit la subiect în *De Magnete*, și a inventat cuvântul latin modern *electricus* din *ἤλεκτρον (elektron)*, cuvântul grecesc pentru chihlimbar, din care au apărut cuvintele *electric* și *electricitate*. El a fost urmat în 1660 de către *Otto von Guericke*, care a inventat un generator electrostatic timpuriu. Alți pionieri europeni au fost Robert Boyle, care a declarat în 1675 că atracția electrică și repulsia pot acționa în vid; Stephen Gray, care în 1729 a clasificat materialele drept conductoare și izolatoare; și C. F. Du Fay, care a identificat pentru prima dată cele două tipuri de sarcină electrică, numite mai târziu pozitive și negative. *Butelia Leyden*, un tip de condensator de stocare a sarcinii electrice în cantități mari, a fost inventată la Universitatea Leyden de Pieter van Musschenbroek, în 1745. William Watson, făcând experiențe cu borcanul Leyden, a descoperit în 1747 că o descărcare de electricitate statică este echivalentă cu un curent electric.

În iunie 1752, Benjamin Franklin a promovat investigațiile sale și teoriile despre electricitate prin celebrul, deși extrem de periculosul, experiment de zbor al unui zmeu în timpul unei furtuni. În urma acestor experimente a inventat paratrăsnetul și a stabilit legătura dintre fulgere și electricitate. Dacă Franklin chiar a făcut ca un zmeu să zboare într-o furtună, el nu a făcut-o așa cum este adesea descris (un mod care ar fi fost dramatic, dar fatal). Franklin (mai degrabă) sau Ebenezer Kinnersley din Philadelphia (mai puțin probabil) a creat convenția de sarcină pozitivă și negativă. Observațiile lui Franklin au ajutat oamenii de știință mai târziu, printre care Michael Faraday, Luigi Galvani, Alessandro Volta, André-Marie Ampère, și Georg Simon Ohm a cărui operă a furnizat baza pentru tehnologia electricității moderne. Lucrarea lui Faraday, Volta, Ampere, și

Ohm sunt onorate de către umanitate, prin denumirea unora din unitățile fundamentale de măsură electrice după numele lor.

Volta a lucrat cu substanțe chimice și a descoperit că reacțiile chimice ar putea fi folosite pentru a crea anodi încărcăți pozitivi și catodi încărcăți negativi. Când un conductor a fost atașat între acestea, diferența de potențial electric (de asemenea, cunoscută sub numele de tensiune) determină un curent între ele prin conductor. Diferența de potențial dintre două puncte se măsoară în unități de volți în semn de recunoaștere a activității lui Volta.

Sec. XIX și începutul secolului XX au produs giganți în inginerie electrică precum Samuel Morse, inventatorul telegrafului; Alexander Graham Bell, inventatorul telefonului; Thomas Edison (inventator de fonograf, imagini în mișcare și un practic bec incandescent); George Westinghouse, inventator al locomotivei electrice; Charles Steinmetz, inventator al curentului alternativ; și Nikola Tesla, inventatorul motorului de inducție și dezvoltator de sisteme polifazate.

Tesla a efectuat experimente cu tensiuni foarte mari, care sunt subiecte de legendă, care implică fulgere globulare și alte efecte (unele au fost copiate sau explicate, și sunt altele care nu au fost încă explicate). El a contribuit la lumea electrodinamicii cu teoria electricității curentului alternativ polifazic, care a fost folosită pentru a construi primul motor de inducție, inventat în 1882. În luna mai 1885, Westinghouse, ulterior președinte al Companiei Westinghouse Electric din Pittsburgh, Pennsylvania, a cumpărat drepturile de autor pentru brevetele lui Tesla pentru dinamuri de curent alternativ polifazat. Acest lucru a dus la un concurs, în așa-numita instanța a opiniei publice, cu privire la sistemul care va fi adoptat ca standard de transmisie a puterii (cunoscut sub numele de *Războiul curenilor*), sistemul de curent continuu al lui Edison sau metoda de curent alternativ Westinghouse.

Edison a realizat o campanie de relații publice care a inclus promovarea scaunului electric ca o metodă de execuție. Edison a vrut să dovedească faptul că curentul alternativ este capabil să ucidă și, prin urmare, ar trebui să fie văzut de către public ca inerent periculos. Această campanie de teamă, incertitudine și îndoială, a inclus electrocutarea elefantului Topsy. Transmisia electricității în curent alternativ a fost în cele din urmă adoptată ca standard.

7.1 Electricitatea

Electrostatica este o ramură a fizicii care se ocupă de studierea încărcărilor electrice în repaus. Din fizica clasică, se știe că unele materiale, cum ar fi chihlimbarul, atrag particule ușoare după frecare. Cuvântul grecesc pentru chihlimbar, ἤλεκτρον sau *electron*, a fost sursa cuvântului "electricitate". Fenomenele electrostatice apar din forțele pe care sarcinile electrice le exercită una asupra celeilalte. Astfel de forțe sunt descrise de legea lui Coulomb. Chiar dacă forțele electrostatice induse par a fi destul de slabe, unele forțe electrostatice, cum ar fi cea dintre un electron și un proton, care împreună formează un atom de hidrogen, sunt de aproximativ de 36 de ordini de mărime mai puternice decât forța gravitațională care acționează între ele.

Există multe exemple de fenomene electrostatice, de la cele simple precum atragerea foliei din plastic de mâna dvs. după ce le scoateți dintr-un ambalaj, la explozia aparent spontană a silozurilor de cereale, deteriorarea componentelor electronice în timpul procesului de fabricație, și funcționarea fotocopiatoarelor și a imprimantelor cu laser. Electrostatica implică acumularea de sarcină pe suprafața obiectelor datorită contactului cu alte suprafețe. Deși schimbul de sarcină electrică are loc ori de câte ori oricare dintre cele două suprafețe se află în contact și separat, efectele schimbului de sarcină sunt de obicei observate numai atunci când cel puțin una dintre suprafețe are o rezistență ridicată la fluxul electric. Acest lucru se datorează faptului că sarcinile care se transferă sunt izolate acolo pentru o perioadă suficient de lungă pentru ca efectele lor să fie observate. Aceste sarcini rămân apoi pe obiect până când se scurg sau se neutralizează rapid printr-o descărcare electrică: de exemplu, fenomenul familiar al unui "șoc" static este cauzat de neutralizarea încărcăturii dezvoltate în corp prin contactul cu suprafețe izolate.

Electricitatea statică este frecvent utilizat în xerografie, la filtre de aer, precum și la unele vopsele auto. Electricitatea statică este o acumulare de sarcini electrice pe două obiecte care apoi s-au separat unele de altele. Componentele electrice mici pot fi ușor deteriorate de electricitatea statică. Producătorii de componente utilizează anumite dispozitive antistatice pentru a evita acest lucru.

Serii triboelectrice

Efectul triboelectric este un tip de contact în care anumite materiale devin încărcate electric atunci când acestea sunt aduse în contact cu un material diferit și apoi separate. Unul dintre materiale capătă o sarcină

pozitivă, iar celălalt capătă o sarcină negativă egală. Polaritatea și puterea sarcinilor produse diferă în funcție de materiale, de rugozitatea suprafețelor, temperatură, și alte proprietăți. Chihlimbarul, de exemplu, poate dobândi o sarcină electrică prin frecare cu un material ca de ex. lâna. Această proprietate, observată pentru prima dată de Thales din Milet, a fost primul fenomen electric investigat de către om. Alte exemple de materiale care pot dobândi o sarcină semnificativă atunci când sunt frecate împreună includ sticla frecată cu mătase, și cauciucul dur frecat cu blana.

Generatoare electrostatice

Prezența sarcinilor de suprafață în dezechilibru presupune că obiectele vor suferi forțe de atracție sau respingere. Aceste sarcini de suprafață în dezechilibru, care produc electricitate statică, pot fi generate prin atingerea a două suprafețe diferite împreună și apoi separarea lor, datorită fenomenelor de electrificare prin contact și a efectului triboelectric. Frecarea a două obiecte neconductive generează o cantitate mare de electricitate statică. Acest lucru nu este doar rezultatul frecării. Două suprafețe neconductive se pot încărca și doar prin plasarea unuia deasupra celuilalt. Deoarece cele mai multe suprafețe au o textură aspră, este nevoie de mai mult timp pentru a realiza încărcarea prin contact decât prin frecare. Frecarea obiectelor împreună mărește suprafața de contact dintre cele două suprafețe. De obicei izolatoare, adică substanțe care nu conduc electricitatea, sunt bune atât pentru generatoare cât și pentru reținerea sarcinilor de suprafață. Câteva exemple de astfel de substanțe sunt cauciucul, plastic, sticlă, și țesutul lemnos. Obiectele conductive doar rareori generează dezechilibre de sarcini, cu excepția, de exemplu, situațiilor când o suprafață metalică este în contact cu solide sau lichide neconductive. Sarcinile care sunt transferate în timpul electrificării contactului sunt stocate pe suprafața fiecărui obiect. Generatoare electrice statice, dispozitive care produc o tensiune foarte înaltă la curent foarte mic, și care sunt folosite pentru demonstrații de fizică în clase la școli, se bazează pe acest efect.

Neutralizarea sarcinilor

Fenomenele electrostatice naturale sunt familiare în sezoanele de umiditate scăzută, dar pot fi distructive și dăunătoare în anumite situații (de exemplu, în aparatura electronică). Atunci când se lucrează în contact direct cu circuitele electronice integrate (MOSFET mai ales), sau în prezența unui gaz inflamabil, trebuie să se evite acumularea și descărcarea bruscă de sarcină statică.

Inducția sarcinilor

Inducția sarcinilor are loc atunci când un obiect încărcat negativ respinge electronii de pe suprafața unui al doilea obiect. Acest lucru creează o regiune în al doilea obiect care se încarcă mai pozitiv. O forță de atracție este apoi exercitată între obiecte. De exemplu, când un balon este frecat, balonul se va lipi de perete datorită unei forțe de atracție care este exercitată de către cele două suprafețe încărcate opus (suprafața peretelui dobândește o sarcină electrică datorită inducției electrice, electronii liberi de la suprafața peretelui fiind respinși de balonul încărcat negativ, creând o suprafață a peretelui pozitivă, care este ulterior atrasă de suprafața balonului).

Electricitatea "statică"

Înainte de anul 1832, când Michael Faraday a publicat rezultatele experimentului său cu privire la identitatea electricității, fizicienii au gândit că "electricitatea statică" este oarecum diferită de alte sarcini electrice. Michael Faraday a demonstrat că energia electrică indusă de magnet, energia electrică voltaică produsă de o baterie, și electricitatea statică, sunt toate la fel.

Electricitatea statică apare de obicei atunci când anumite materiale sunt frecate unul împotriva celuilalt, cum ar fi lâna de plastic, sau tălpile de pantofi de covor. Procesul face ca electronii să fie extrași de pe suprafața unui material și mutați pe suprafața altui material.

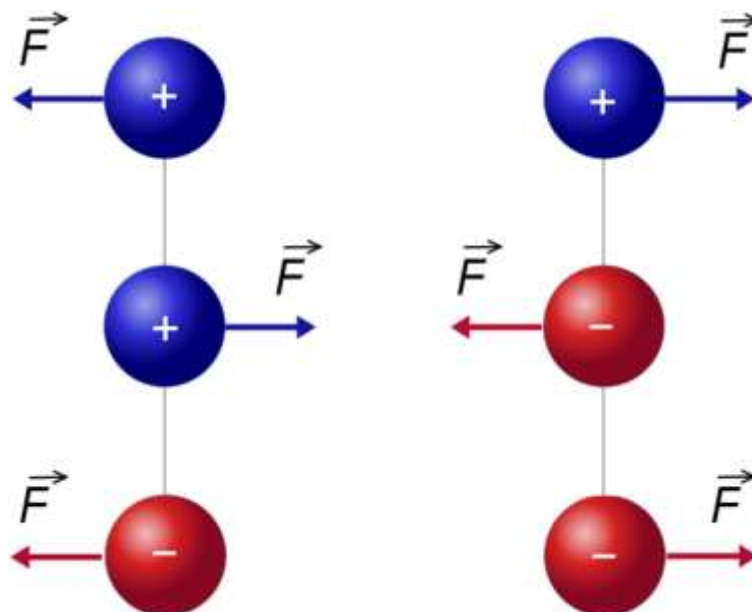
Un șoc static apare atunci când suprafața celui de-al doilea material, încărcată negativ cu electroni, atinge un conductor încărcat pozitiv, sau vice-versa.

Electricitatea statică este frecvent utilizată în xerografie, la filtre de aer, precum și la unele vopsele auto. Electricitatea statică este o acumulare de sarcini electrice pe două obiecte care apoi s-au separat unele de altele. Componentele electrice mici pot fi ușor deteriorate de electricitatea statică. Producătorii de componente utilizează anumite dispozitive antistatice pentru a evita acest lucru.

7.1.1 Forțe electrice

Forțele electrice sunt forțe fundamentale, care se manifestă între particule încărcate. Particule încărcate cu sarcini de semn opus se atrag, iar cele de același semn se resping.

Culturile vechi din jurul Mediteranei știau că anumite obiecte, cum ar fi baghetele de chihlimbar, pot fi frecate cu blană de pisică pentru a atrage obiecte ușoare precum penele. Thales de Miletus a făcut o serie de observații cu privire la electricitatea statică în jurul anului 600 î.e.n., din care a concluzionat că fricțiunea a făcut chihlimbarul magnetic, spre deosebire de minerale precum magnetitul care nu are nevoie de frecare. Thales a crezut incorect că atracția se datorează unui efect magnetic, dar mai târziu știința a descoperit o legătură între magnetism și electricitate. Electricitatea a rămas puțin mai mult decât o curiozitate intelectuală timp de milenii, până în 1600, când cercetătorul britanic William Gilbert a făcut un studiu atent al electricității și al magnetismului, făcând diferența între efectul magnetitei și electricitatea statică produsă prin frecarea chihlimbarului. El a inventat noul cuvânt latin *electricus* ("de chihlimbar" sau "ca chihlimbar", din ἤλεκτρον [*electron*], cuvântul grecesc pentru "chihlimbar") pentru a se referi la proprietatea de a atrage obiecte mici după ce a fost frecat. Această asociație a dat naștere cuvintelor "electric" și "electricitate".



Particule încărcate cu sarcini de semn opus se atrag, iar cele de același semn se resping

Cercetătorii timpurii din secolul al XVIII-lea care bănuiesc că forța electrică scade cu distanța, la fel ca forța gravitației (respectiv, cu pătratul invers al distanței), au inclus pe Daniel Bernoulli și Alessandro Volta, ambii măsurând forța între plăcile unui condensator, și Franz Aepinus care a presupus legea pătratică inversă în 1758.

Bazându-se pe experimente cu sfere încărcate electric, Joseph Priestley din Anglia a fost printre primii care, în 1767, a propus ca forțele electrice urmează o lege invers pătratică, similar cu legea lui Newton a gravitației universale. Cu toate acestea, el nu a generalizat sau elaborat acest lucru.

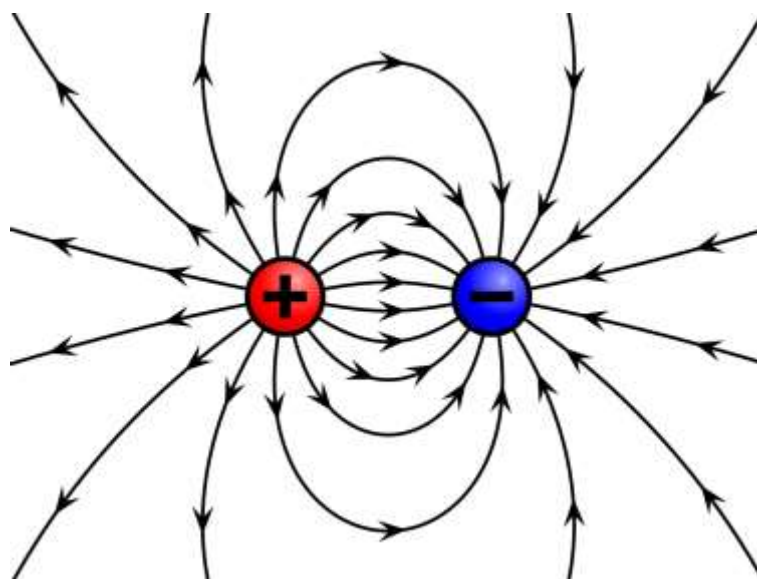
La începutul anilor 1770, dependența forței dintre corpurile încărcate, atât cu distanța cât și cu sarcina, a fost deja descoperită, dar nu publicată, de Henry Cavendish în Anglia.

7.1.2 Sarcini electrice

Sarcina electrică este proprietatea fizică a materiei care o face să simtă o forță atunci când este plasată într-un câmp electromagnetic. Există două tipuri de sarcini electrice: *pozitive* și *negative* (transportate în mod obișnuit prin protoni și, respectiv, electroni). Sarcinile de semn opus se atrag și cele de același semn se resping. Un obiect în absența unei sarcini nete este numit *neutru*. Unitatea derivată SI a sarcinii electrice este coulomb (C).

În ingineria electrică, este, de asemenea, obișnuită utilizarea amper-orei (Ah), și în chimie este obișnuit să se utilizeze sarcina elementară (e) ca unitate. Simbolul Q indică adesea sarcina. Cunoașterea timpurie a modului în care interacționează substanțele încărcate se numește acum *electrodinamica clasică*, fiind totuși corectă pentru probleme care nu necesită luarea în considerare a efectelor cuantice.

Sarcina electrică este o proprietate conservată; încărcarea netă a unui sistem izolat, cantitatea de sarcină pozitivă minus cantitatea de sarcină negativă, nu se poate schimba. Sarcina electrică este transportată prin particule subatomice. În materia obișnuită, sarcina negativă este purtată de electroni, iar sarcina pozitivă este purtată de protonii din nucleele atomilor. Dacă există mai mulți electroni decât protonii într-o bucată de materie, aceasta va avea o sarcină negativă, dacă sunt mai puțini va avea o sarcină pozitivă, și dacă vor fi în numere egale, va fi neutră. Sarcina este cuantizată în multiplii întregi de unități mici individuale numite sarcina elementară, e , aproximativ $1,602 \times 10^{-19}$ coulombi, care este cea mai mică sarcină care poate exista liberă (particulele numite cuarci au sarcini mai mici, multiplii de $1/3e$, dar sunt găsiți doar găsit în combinație). Protonul are o sarcină de $+e$, iar electronul are o sarcină de $-e$.



Câmpul electric a unei sarcini punctuale negativă.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:VFPT_charges_plus_minus_thumb.svg

Sarcinile electrice creează un câmp electric, iar în cazul în care se mișcă, generează și un câmp magnetic. Combinația câmpului electric și magnetic se numește câmpul electromagnetic, iar interacțiunea cu sarcinile este sursa forței electromagnetice, care este una dintre cele patru forțe fundamentale din fizică. Studiul particulelor încărcate și modul în care interacțiunile lor sunt mediate de fotoni se numește *electrodinamica cuantică*.

Unități

Unitatea SI a cantității de sarcină electrică este coulomb, care este echivalent cu aproximativ $6,242 \times 10^{18}$ e (e este sarcina unui proton). Prin urmare, sarcina unui electron este de aproximativ $-1,602 \times 10^{-19}$ C. Coulombul este definit drept cantitatea de sarcină care a trecut prin secțiunea transversală a unui conductor electric care transportă un amper într-o secundă. Simbolul Q este adesea folosit pentru a desemna o cantitate de electricitate sau o sarcină. Cantitatea de sarcină electrică poate fi măsurată direct cu ajutorul unui electrometru sau indirect cu ajutorul unui galvanometru balistic.

După găsirea caracterului cuantizat al sarcinii, în 1891 George Stoney a propus unitatea electronică pentru această unitate fundamentală de sarcină electrică. Aceasta a fost înainte de descoperirea particulei de J.J. Thomson în 1897. Unitatea este tratată astăzi ca fără nume, denumită "sarcină elementară", "unitate fundamentală de sarcină" sau pur și simplu " e ". O măsură a sarcinii ar trebui să fie un multiplu al sarcinii elementare e , chiar dacă, la scară largă, sarcina pare să se comporte ca o cantitate reală. În unele contexte este semnificativ să se vorbească de fracțiuni ale unei sarcini; de exemplu în sarcina unui condensator sau în efectul Hall cuantic fracțional.

Unitatea faraday este uneori utilizată în electrochimie. Un faraday de sarcină este mărimea sarcinii unui mol de electroni, adică 96485,33289 (59) C.

În sistemele de unități diferite de SI, cum ar fi cgs, sarcina electrică este exprimată ca o combinație de numai trei cantități fundamentale (lungime, masă și timp) și nu patru, ca în SI, unde sarcina electrică este o combinație de lungime, timp și curent electric.

7.1.3 Conservarea sarcinii

În fizică, conservarea sarcinilor este principiul că sarcina electrică nu poate fi nici creată, nici distrusă. Cantitatea netă de sarcină electrică, cantitatea de sarcină pozitivă minus cantitatea de sarcină negativă din univers, este întotdeauna conservată. Conservarea sarcinilor a fost inițial propusă de omul de știință britanic William Watson în 1746 și omul de stat și om de știință american Benjamin Franklin în 1747, deși prima dovadă convingătoare a fost dată de Michael Faraday în 1843.

”acum este descoperit și demonstrat, atât aici, cât și în Europa, că Focul Electric este un Element real, sau Specie de Materie, care nu a fost creat de fricțiune, ci numai colectat.”

- Benjamin Franklin, *Scrisoare către Cadwallader Colden*, 5 iunie 1747

Conservarea încărcării este o lege fizică care afirmă că modificarea cantității de sarcină electrică în orice volum de spațiu este exact egală cu cantitatea de sarcină care intră în volum minus cantitatea de sarcină care iese din volum. În esență, conservarea sarcinilor este o relație contabilă între valoarea sarcinii într-o regiune și fluxul de sarcină în și din această regiune.

Din punct de vedere matematic, putem afirma legea ca o ecuație de continuitate:

$$Q(t_2) = Q(t_1) + Q_{IN} - Q_{OUT}.$$

$Q(t)$ este cantitatea de sarcină electrică într-un volum specific la momentul t , Q_{IN} este cantitatea de sarcină care intră în volum între timpul t_1 și t_2 și Q_{OUT} este cantitatea de sarcină care iese din volum în aceeași perioadă de timp.

Acest lucru nu înseamnă că sarcinile individuale pozitive și negative nu pot fi create sau distruse. Sarcina electrică este purtată de particule subatomice, cum ar fi electronii și protonii, care pot fi create și distruse. În fizica particulelor, conservarea sarcinii înseamnă că în reacțiile elementare ale particulelor care creează particule încărcate, se creează întotdeauna un număr egal de particule pozitive și negative, menținând neschimbată cantitatea netă de sarcină. În mod similar, atunci când particulele sunt distruse, un număr egal de sarcini pozitive și negative sunt distruse.

Deși conservarea sarcinii consideră cantitatea totală de sarcină din univers ca fiind constantă, ea lasă deschisă întrebarea despre ce este această cantitate. Cele mai multe dovezi indică faptul că sarcina netă din univers este zero; adică există cantități egale de sarcină pozitivă și negativă.

Dovezi experimentale

Argumentele simple elimină unele tipuri de neconservare a sarcinilor. De exemplu, mărimea sarcinii elementare pe particulele pozitive și negative trebuie să fie extrem de apropiată de cea egală, diferită de cel mult 10^{-21} pentru cazul protonilor și electronilor. Materia normală conține un număr egal de sarcini pozitive și negative, protoni și electroni, în cantități enorme. Dacă sarcina elementară a electronului și a protonului ar fi chiar puțin diferită, toate materialele ar avea o sarcină electrică mare și s-ar respinge reciproc.

Cele mai bune teste experimentale ale conservare a sarcinii electrice sunt căutările pentru dezintegrarea particulelor care ar fi permise dacă sarcina electrică nu este întotdeauna conservată. Nu s-au găsit vreodată astfel de dezintegrări. Cel mai bun test experimental vine de la căutările fotonului energetic de la un electron care se descompune într-un neutrino și un singur foton:

$$e \rightarrow \nu + \gamma \text{ (durata de viață este mai mare de } 6,6 \times 10^{28} \text{ ani (nivel de încredere de 90\%))},$$

dar există argumente teoretice că astfel de dezintegrare cu un singur foton nu va apărea niciodată, chiar dacă sarcina nu este conservată. Testele de dispariție a sarcinii sunt sensibile la dezintegrarea fără fotoni energetici, alte procese neobișnuite de încălcare a sarcinilor, cum ar fi un electron care se schimbă spontan într-un pozitron și o sarcină electrică care se deplasează în alte dimensiuni. Cele mai bune limite experimentale privind dispariția sarcinii sunt:

$e \rightarrow$ orice (înseamnă durata de viață mai mare de $6,4 \times 10^{24}$ ani (nivel de încredere de 68%))

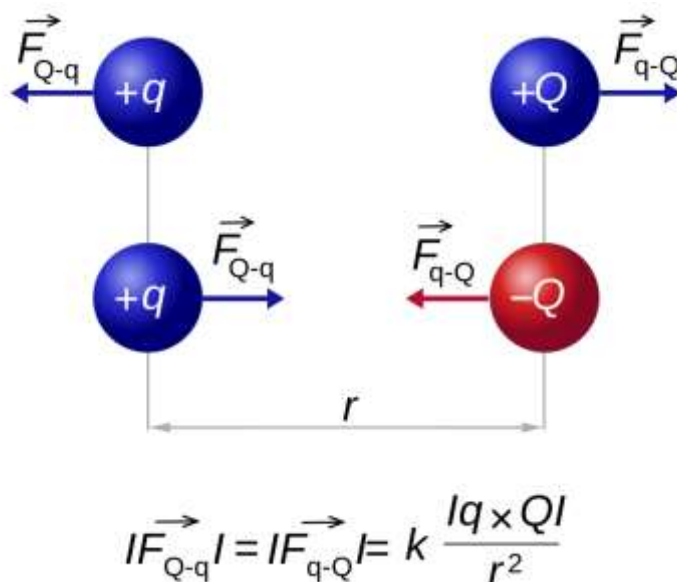
$n \rightarrow p + \nu + \nu$ (dezintegrarea neconservativă a sarcinilor, sub 8×10^{-27} (nivel de încredere de 68%) din toate dezintegrările neutronilor

7.1.4 Legea lui Coulomb

Legea lui Coulomb, sau legea inverso-pătrată a lui Coulomb, este o lege a fizicii care descrie forța care interacționează între particulele statice încărcate electric. În forma sa scalară, legea este:

$$F = k_e q_1 q_2 / r^2,$$

unde k_e este constanta lui Coulomb ($k_e = 8,9875 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$), q_1 și q_2 sunt magnitudinile semnate ale sarcinilor, iar scalarul r este distanța dintre sarcini. Forța interacțiunii dintre sarcini este atractivă dacă sarcinile au semne opuse (adică F este negativă) și respingătoare dacă sarcinile au aceleași semne (adică F este pozitivă).



Valoarea absolută a forței F între două sarcini punctuale q și Q se referă la distanța dintre sarcinile punctuale și produsul simplu al sarcinilor lor. Diagrama arată că sarcinile de același semn se resping reciproc, iar sarcinile opuse se atrage reciproc

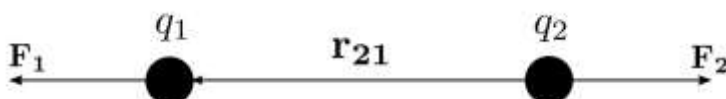
Legea a fost publicată pentru prima dată în 1784 de către fizicianul francez Charles-Augustin de Coulomb și a fost esențială pentru dezvoltarea teoriei electromagnetismului. Fiind o lege invers-pătratică, este analogă cu legea inverso-pătratică a gravitației universale a lui Isaac Newton. Legea lui Coulomb poate fi folosită pentru a deduce legea lui Gauss și viceversa. Legea a fost testată extensiv, iar toate observațiile au susținut principiul legii.

Legea

Legea lui Coulomb precizează că:

Mărimea forței electrostatice de atracție sau repulsie între două sarcini punctuale este direct proporțională cu produsul de mărimea sarcinilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele.

Forța este de-a lungul liniei drepte care le unește. Dacă cele două sarcini au același semn, forța electrostatică dintre ele este respingătoare; dacă au semne opuse, forța dintre ele este atractivă.



În imagine, vectorul F_1 este forța experimentată de q_1 , iar vectorul F_2 este forța experimentată de q_2 . Când $q_1q_2 > 0$ forțele sunt respingătoare (ca în imagine) și când $q_1q_2 < 0$ forțele sunt atractive (opuse imaginii). Mărimea forțelor va fi întotdeauna

Legea lui Coulomb poate fi de asemenea declarată ca o simplă expresie matematică. Formele scalare și vectoriale ale ecuației matematice sunt

$$|\mathbf{F}| = k_e |q_1 q_2| / r^2 \text{ și } \mathbf{F}_1 = k_e q_1 q_2 |\mathbf{r}_{21}|^2 \hat{\mathbf{r}}_{21}, \text{ respectiv,}$$

unde k_e este constanta lui Coulomb ($k_e = 8,9875517873681764 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$), q_1 și q_2 sunt magnitudinile sarcinilor, scalarul r este distanța dintre sarcini, vectorul $\mathbf{r}_{21} = \mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2$ este distanța vectorială între sarcini și $r_{21} = \hat{\mathbf{r}}_{21} / |\mathbf{r}_{21}|$ (un vector unitar care indică de la q_2 la q_1). Forma vectorială a ecuației calculează forța \mathbf{F}_1 aplicată pe q_1 cu q_2 . Dacă se folosește \mathbf{r}_{12} , atunci efectul asupra lui q_2 poate fi găsit. Se poate calcula și utilizând a treia lege a lui Newton: $\mathbf{F}_2 = -\mathbf{F}_1$.

Unități

Atunci când teoria electromagnetică este exprimată folosind Sistemul Internațional de Unități, forța este măsurată în newtoni, sarcina în coulomb și distanța în metri. Constanta lui Coulomb este dată de $k_e = 1/4\pi\epsilon_0$. Constanta ϵ_0 este *constanta electrică* (cunoscută și ca "*permitivitatea absolută a spațiului liber*") în $\text{C}^2\text{m}^{-2}\text{N}^{-1}$. Nu ar trebui să fie confundată cu ϵ_r , care este *permitivitatea relativă* dimensională a materialului în care sarcinile sunt imersate, sau cu produsul lor $\epsilon_a = \epsilon_0\epsilon_r$, care se numește "*permitivitate absolută a materialului*" și este încă folosit în ingineria electrică.

Unitățile derivate din SI pentru câmpul electric sunt volți pe metru, newtoni pe coulomb, sau tesla metri pe secundă.

Legea lui Coulomb și constanta lui Coulomb pot fi de asemenea interpretate în mai multe moduri:

* Unități atomice. În unitățile atomice forța este exprimată în hartrees pe raza Bohr, sarcina în termeni de sarcină elementară, și distanțele în termeni de raza Bohr.

* Unități electrostatice sau unități Gauss. În unitățile electrostatice și unitățile gaussiene, sarcina unitară (*esu* sau *statcoulomb*) este definită astfel încât constanta coulombiană k dispăre deoarece are valoarea unuia și devine adimensională.

* Unitățile Lorentz-Heaviside (numite și *raționalizate*). În unitățile Lorentz-Heaviside constanta Coulomb este $k_e = 1/4\pi$ și devine adimensională.

Unitățile Gauss și unitățile Lorentz-Heaviside, ambele fiind sisteme de unitate CGS, sunt adesea preferate în tratamentul electromagnetismului, deoarece simplifică foarte mult formulele.

Câmp electric

Un câmp electric este un câmp vectorial care asociază fiecărui punct din spațiu forța Coulomb experimentată de o sarcină de testare. În cel mai simplu caz, câmpul este considerat a fi generat numai printr-o singură sarcină punctuală sursă. Forța și direcția forței Coulomb \mathbf{F} pe o sarcină de test q_t depinde de câmpul electric \mathbf{E} în care se găsește, astfel încât $\mathbf{F} = q_t\mathbf{E}$. Dacă câmpul este generat de o sarcină pozitivă a sursei q , direcția câmpului electric se îndreaptă de-a lungul liniilor îndreptate radial spre exterior, adică în direcția în care o sarcină de test pozitivă q_t s-ar mișca dacă ar fi plasată în câmp. Pentru o sarcină punctuală sursă negativă, direcția este radială spre interior.

Amplora câmpului electric \mathbf{E} poate fi derivată din legea lui Coulomb. Prin alegerea uneia dintre sarcinile punctuale ca fiind sursa, iar cealaltă sarcina de test, rezultă din legea lui Coulomb că mărimea câmpului electric \mathbf{E} creat de o singură sarcină punctuală sursă q la o anumită distanță față de ea r în vidul este dat de:

$$|\mathbf{E}| = (1/4\pi\epsilon_0)(|q|/r^2)$$

Constanta lui Coulomb

Constanta lui Coulomb este un factor de proporționalitate care apare în legea lui Coulomb, precum și în alte formule legate de electricitate. Denumită k_e , se mai numește și *constantă de forță electrică* sau *constantă electrostatică*, de aici indicele e .

Valoarea exactă a constantei lui Coulomb este:

$$k_e = 1/4\pi\epsilon_0 = c_0^2\mu_0/4\pi = c_0^2 \times 10^{-7} \text{ H}\cdot\text{m}^{-1} = 8,987\,551\,787\,368\,176\,4 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{C}^{-2}$$

Limitări

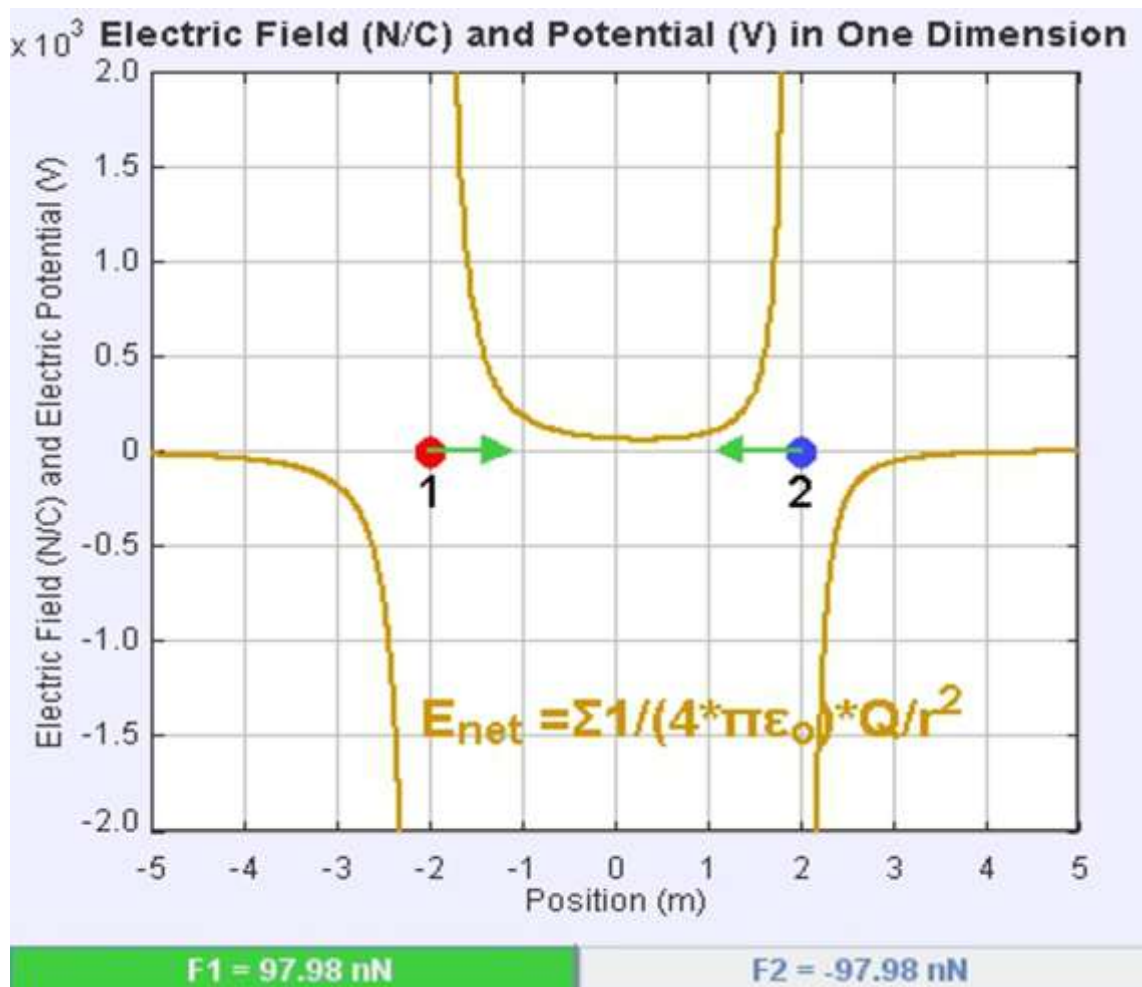
Există trei condiții care trebuie îndeplinite pentru validitatea legii lui Coulomb:

- * Sarcinile trebuie să aibă o distribuție sferică simetrică (de exemplu, sarcini punctuale sau o sferă de metal încărcată).

- * Sarcinile nu trebuie să se suprapună (de ex. trebuie să fie sarcini distincte).

- * Sarcinile trebuie să fie staționare una față de cealaltă.

Ultima dintre acestea este cea mai importantă - este cunoscut ca *aproximarea electrostatică*. Când are loc mișcarea, teoria relativității lui Einstein trebuie luată în considerare și rezultatul este introdus un factor suplimentar care modifică forța produsă asupra celor două obiecte. Această parte suplimentară a forței se numește *forța magnetică* și este descrisă de câmpuri magnetice. Pentru mișcarea lentă, forța magnetică este minimă și legea lui Coulomb pot fi considerate în continuare aproximativ corectă, dar atunci când sarcinile se mișcă mai repede în raport cu fiecare parte, trebuie să fie luate în considerare regulile electrodinamice complete (care încorporează forța magnetică).



În cazul în care două sarcini au același semn, forța electrostatică dintre ele este respingătoare, dacă au semne diferite, forța dintre ele este atractivă. Ilustrația câmpului electric care înconjoară o sarcină pozitivă (roșie) și negativă (albastră), separate la 4 metri, într-o singură dimensiune, dacă sarcina din dreapta se schimbă de la +20 nC la -24 nC. <https://www.youtube.com/watch?v=jhep8QqeCZs>

Cartea

Autor: Nicolae Sfetcu

Un compendiu care se dorește a fi exhaustiv pentru domeniul fizicii, cu accent pe explicarea fenomenelor și aplicațiilor practice. O carte pentru studiul personal, concisă și ușor de citit, care clarifică aceste teorii ale fizicii, cel mai important domeniu al științei pe care se bazează toate celelalte abordări teoretice și explicații ale fenomenelor științifice.

Primele două capitole, "Știința" și "Fizica", explorează principalele teme și teorii ale științei și filozofiei contemporane a științei în general, și fizicii în particular, evidențiind întrebările fascinante și provocatoare actuale.

"Mecanica" prezintă o privire de ansamblu asupra mecanicii clasice, cu o acoperire a principiilor și tehnicilor fundamentale, un domeniu vechi dar care se află la baza întregii fizicii, și care în ultimii ani a cunoscut o dezvoltare rapidă. Se subliniază principiile de bază fenomenologice, fără a insista pe un formalism excesiv.

Capitolul "Materia" descrie perspectivă contemporană asupra materiei, care ia în considerare toate entitățile științifice observabile, în funcție de condițiile termodinamice precum fi temperatura și presiunea (solid, lichid, gaz, plasma) și tranzițiile de fază.

În "Căldura" se abordează conceptul de temperatură, și modalități de măsurare, și aplicații practice în inginerie. Un punct de vedere contemporan privind energia, termodinamica și legile ei, cu detalierea celor mai importante principii care o guvernează. Un capitol special este dedicat schimbărilor climatice și încălzirii globale actuale.

Capitolul "Sunetul" explorează lumea sunetelor - cum se generează, se propagă, se percep și se înregistrează sunetele, în natură și în activitatea umană. Informații utile, la nivel fenomenologic, despre vibrații și unde, acustică, și sunete muzicale: caracteristici, descrieri fizice, fenomene specifice. Despre muzică și acustica instrumentelor muzicale.

"Electricitate și magnetism" este o introducere în lumea electromagnetismului, cu ajutorul unui aparat matematic minimal, și cu exemple și aplicații din viața reală. Un domeniu care reprezintă o parte importantă a vieții noastre. Capitolul acoperă toate subiectele introductive standard, respectiv electrostatica, curentul electric, magnetismul, inducția electromagnetică.

"Lumina" este o introducere în fenomenologia opticii geometrice, fizice și cuantice, și a teoriei culorilor în conexiune cu teoriile fundamentale ale luminii. Despre proprietățile luminii, absorbția și emisiile luminii.

"Fizica atomică și nucleară" abordează, pe lângă cele două enomene din titlu, radioactivitatea, fizica particulelor, fisiunea, fuziunea și energia nucleară. Conținutul oferă o perspectivă modernă a domeniului, simultan cu o retrospectivă istorică a dezvoltării sale cu accent pe explicațiile fizice ale fenomenelor, ocurența naturală, măsurare, și utilizarea practică a fenomenelor respective.

"Relativitatea" include cele două mari teorii dezvoltate de Albert Einstein, teoria relativității speciale și relativitatea generală, cu ecuațiile lui Einstein, unde "spațiu-timpul spune materiei cum să se miște, iar materia spune spațiu-timpului cum să se curbeze."

"Mecanica cuantică" este o introducere la nivel fenomenologic, cu un aparat matematic minimal, în mecanica cuantică, un ghid pentru cine dorește să înțeleagă cea mai modernă, mai complexă și mai neconformă disciplină fizică, un domeniu care a schimbat fundamental percepțiile oamenilor de știință despre Lume.

Ultimele două capitole prezintă cele mai noi descoperiri științifice din domeniul fizicii și problemele rămase încă fără răspuns ("Perspective"), și o introducere în sisteme de măsurare și lucrul cu vectori ("Anexe")

ISBN general: 978-606-033-185-8

Ediția MultiMedia Publishing <https://www.setthings.com/ro/e-books/fizica-fenomenologica-compendiu-volumul-1/>

- Digital: EPUB, 100MB sau 18 MB (ISBN 978-606-033-188-9), Kindle, 227 MB sau 39 MB (ISBN 978-606-033-187-2), PDF, 57 MB sau 34 MB (ISBN 978-606-033-189-6)

- Tipărit, Format A4, coperti cartonate, 627 pagini: ISBN 978-606-033-186-5

Smashwords (EPUB): <https://www.smashwords.com/books/view/923684>

Google (EPUB, PDF): <https://books.google.ro/books?id=gj-IDwAAQBAJ>

eMag.ro (Tipărit, PDF): <https://www.emag.ro/fizica-fenomenologica-compendiu-volumul-1-nicolae-sfetcu-pdf-pbro140p/pd/DVTD5LBMM/>

Facebook: <https://www.facebook.com/FizicaFenomenologica/>

Cuprins

1 Știința

- 1.1 Măsurători științifice
 - 1.1.1 Analiza dimensională
- 1.2 Matematica
- 1.3 Metode științifice
 - 1.3.1 Investigații științifice
 - 1.3.2 Elementele metodelor științifice idealizate
 - 1.3.3 Aspecte ale metodelor științifice
 - 1.3.4 Alte aspecte ale metodelor științifice
- 1.4 Teorii științifice
- 1.5 Atitudinea științifică
- 1.6 Filosofia științei
- 1.7 Știința și tehnologia
- 1.8 Știința și arta
- 1.9 Știința și religia
- 1.10 Pseudoshiința
- Metodologie științifică

2 Fizica

- Cercetarea în fizică
- Domenii de aplicare și obiective
- Ramuri ale fizicii
- 2.1 Filosofia fizicii
 - 2.1.1 Filosofia spațiului și timpului

3 Mecanica

- 3.1 Prima lege de mișcare a lui Newton - Inerția
 - 3.1.1 Aristotel despre mișcare
 - 3.1.2 Sistemul heliocentric
 - 3.1.3 Galileo și turnul înclinat
 - 3.1.4 Experimentele lui Galileo Galilei cu planul înclinat
 - 3.1.5 Prima lege de mișcare a lui Newton
 - 3.1.6 Forța netă
- 3.2 Mișcarea liniară
 - 3.2.1 Mișcarea este relativă (Invarianța galileană)
 - 3.2.2 Dimensiuni
 - 3.2.3 Viteza
 - 3.2.3.1 Viteza instantanee
 - 3.2.3.2 Viteza medie
 - 3.2.4 Viteza vectorială
 - 3.2.4.1 Viteza vectorială variabilă

- 3.2.5 Accelația
- 3.2.6 Căderea liberă
- 3.2.6.1 Ecuțiile căderii libere
- 3.3 A doua lege a lui Newton
- 3.3.1 Forța determină accelerația (Forța)
- 3.3.2 Frecarea
- 3.3.3 Masa și greutatea
- 3.3.3.1 Masa se opune accelerației (Masa și inerția)
- 3.3.4 A doua lege de mișcare a lui Newton
- 3.4 A treia lege de mișcare a lui Newton
- 3.4.1 Forțe și interacțiuni
- 3.4.2 A treia lege de mișcare a lui Newton (Acțiunea și reacția)
- 3.4.3 Acțiunea și reacțiunea
- 3.4.4 Sumarul celor trei legi ale lui Newton (Legile mișcării ale lui Newton)
- 3.4.5 Statica
- 3.4.6 Dinamica
- 3.5 Impuls
- 3.5.1 Impulsul newtonian
- 3.5.2 Variația de impuls
- 3.5.3 Conservarea impulsului
- 3.5.4 Coliziuni
- 3.5.4.1 Coliziunea inelastică
- 3.6 Energia
- 3.6.1 Lucru mecanic
- 3.6.2 Puterea
- 3.6.3 Energia mecanică
- 3.6.4 Energia potențială
- 3.6.5 Energia cinetică
- 3.6.6 Lucrul mecanic și energia - Principiul lucru mecanic-energie
- 3.6.7 Conservarea energiei
- 3.6.8 Mașini
- 3.6.9 Eficiența conversiei energiei
- 3.6.10 Surse de energie
- 3.7 Mișcarea de rotație
- 3.7.1 Mișcarea circulară
- 3.7.2 Inerția rotațională (Momentul de inerție)
- 3.7.3 Cuplul (Momentul forței)
- 3.7.4 Centrul de masă și centrul de greutate
- 3.7.5 Echilibru mecanic - Stabilitatea
- 3.7.6 Forța centripetă
- 3.7.7 Forța centrifugă
- 3.7.7.1 Forța centrifugă în cadru de referință în rotație
- 3.7.8 Gravitația artificială
- 3.7.9 Momentul unghiular
- 3.7.9.1 Conservarea momentului unghiular
- 3.8 Gravitația
- 3.8.1 Legea universală a gravitației
- 3.8.1.1 Constanta gravitațională universală, G
- 3.8.1.2 Legea inversului pătratului în gravitație
- 3.8.1.3 Greutatea și imponderabilitatea
- 3.8.2 Maree
- 3.8.2.1 Mareele oceanelor
- 3.8.2.2 Mareea Pământului
- 3.8.2.3 Mareea atmosferei Pământului
- 3.8.2.4 Mareele lunare
- 3.8.3 Câmpul gravitațional
- 3.8.3.1 Gravitația în interiorul unei planete (Teorema carcasei)

- 3.8.3.2 Tesla și Teoria dinamică a gravitației
- 3.8.3.3 Teoria gravitației lui Einstein
- 3.8.3.4 Găuri negre
- 3.8.3.5 Gravitația universală (Gravitația în Univers)
- 3.8.3.4 Anti-gravitația
- 3.9 Mișcarea proiectilelor și sateliților (Balistica)
- 3.9.1 Mișcarea proiectilelor
- 3.9.2 Proiectile lansate orizontal
- 3.9.3 Proiectile lansate sub un anumit unghi
- 3.9.4 Sateliți artificiali
- - - - Lansarea pe orbită
- 3.9.5 Orbite circulare ale sateliților
- 3.9.6 Orbite eliptice
- 3.9.7 Legile lui Kepler
- 3.9.8 Energia sateliților
- 3.9.9 Viteza de scăpare
- 4 Materia
- 4.1 Natura atomică a materiei
- 4.1.1 Ipoteze atomice
- 4.1.2 Proprietățile atomilor
- 4.1.3 Imagistica atomică
- 4.1.4 Structura atomului
- 4.1.5 Elemente (Elemente chimice)
- 4.1.6 Tabelul periodic al elementelor
- 4.1.7 Izotopi (Variații, ocurența, aplicații)
- 4.1.8 Compuși și amestecuri
- 4.1.9 Molecule
- 4.1.10 Antimateria
- 4.1.11 Materia întunecată
- 4.2 Solide
- 4.2.1 Micrograful lui Muller (Microscopia cu ioni în câmp)
- 4.2.2 Structura cristalelor
- 4.2.3 Densitatea solidelor
- 4.2.4 Elasticitatea
- 4.2.5 Tensiunea și comprimarea (Rezistența materialelor)
- 4.3 Lichide
- 4.3.1 Presiunea
- 4.3.1.1 Presiunea în lichid
- 4.3.2 Flotabilitatea
- 4.3.3 Principiul lui Arhimede
- 4.3.4 Forțe în cazurile scufundării și plutirii
- 4.3.5 Flotarea (Principiul flotării)
- 4.3.6 Principiul lui Pascal
- 4.3.7 Tensiunea superficială
- 4.3.8 Capilaritatea
- 4.4 Gaze
- 4.4.1 Atmosfera
- 4.4.1.1 Presiunea atmosferică
- 4.4.2 Barometru
- 4.4.3 Legea lui Boyle
- - - - Sistemul respirator uman
- 4.4.4 Flotabilitatea în aer (Aerostate)
- - - - Baloane
- 4.4.5 Principiul lui Bernoulli
- 4.4.6 Aplicații
- 4.4.7 Efectul Coandă
- 4.5 Plasma

- 4.5.1 Plasma în natură, artificială și aplicații
- 5 Căldura
- 5.1 Temperatura, căldura și expansiunea
- 5.1.1 Temperatura
- 5.1.1.1 Temperaturi negative
- 5.1.2 Căldura
- 5.1.3 Măsurarea căldurii (Măsurarea temperaturii)
- 5.1.4 Capacitatea calorică specifică (Capacitatea calorică)
- 5.1.5 Dilatarea termică
- 5.2 Transferul de căldură
- 5.2.1 Conducția termică
- 5.2.2 Convecția
- 5.2.3 Radiația termică
- 5.2.4 Emisia de energie radiantă (Emisivitatea)
- 5.2.5 Absorbția energiei radiante
- 5.2.6 Reflexia energiei radiante (Reflectanța)
- 5.2.7 Răcirea radiativă
- 5.2.8 Legea de răcire a lui Newton
- 5.2.9 Energia solară - Celule solare
- Celule fotovoltaice
- 5.2.10 Transferul termic
- Schimbătoare de căldură
- 5.3 Schimbări climatice
- 5.3.1 Cauze
- 5.3.2 Evidențe fizice
- 5.3.3 Efectul de seră
- 5.3.4 Încălzirea globală
- 5.3.5 Efecte observate și așteptate asupra mediului
- 5.3.6 Efectele asupra sistemelor sociale
- 5.4 Schimbarea de fază
- 5.4.1 Evaporarea
- 5.4.2 Condensarea
- 5.4.2.1 Ceața
- 5.4.2.2 Nori
- 5.4.3 Fierberea
- 5.4.4 Înghețarea/Solidificarea
- 5.4.5 Topirea
- 5.4.6 Energia și schimbările de fază (Căldura latentă)
- 5.5 Termodinamica
- 5.5.1 Concepte în termodinamică
- 5.5.2 Zero absolut
- Temperaturi negative
- 5.5.3 Energia internă
- 5.5.4 Prima lege a termodinamicii
- 5.5.5 Procese adiabatice
- 5.5.6 Meteorologia (Fizica norilor)
- 5.5.7 A doua lege a termodinamicii
- Principiul lui Carnot
- 5.5.8 Motoare termice
- 5.5.9 Tendința de la ordine la dezordine (Ordinea și dezordinea)
- 5.5.10 Entropia
- 6 Sunetul
- 6.1 Vibrații și unde
- 6.1.1 Pendul
- 6.1.2 Descrierea undelor
- 6.1.3 Mișcarea undelor (Unde mecanice)
- Polarizarea

- 6.1.4 Viteza undelor
- 6.1.5 Unde transversale
- Undele electromagnetice
- 6.1.6 Unde longitudinale
- Unde sonore
- Unde de presiune
- 6.1.7 Interferența undelor
- 6.1.8 Unde staționare
- 6.1.9 Efectul Doppler
- 6.1.10 Unde de șoc
- 6.2 Acustica
- 6.2.1 Cum se generează sunetele
- 6.2.2 Natura sunetului în aer
- 6.2.3 Media care transmit sunetele (Fizica sunetelor)
- 6.2.4 Viteza sunetului în aer (Viteza sunetului)
- 6.2.5 Reflexia sunetului - Eco
- 6.2.6 Refracția sunetului
- 6.2.7 Energia în undele sonore
- 6.2.8 Vibrații forțate - Oscilații
- 6.2.9 Rezonanța
- 6.2.10 Bătăi
- 6.3 Sunete muzicale
- 6.3.1 Înălțimea sunetelor
- 6.3.2 Intensitatea și volumul sunetelor
- 6.3.3 Calitatea sunetului
- 6.3.4 Instrumente muzicale
- 6.3.5 Analiza Fourier
- 6.3.6 Disc compact (CD)
- 7 Electricitate și magnetism
- 7.1 Electricitatea
- 7.1.1 Forțe electrice
- 7.1.2 Sarcini electrice
- 7.1.3 Conservarea sarcinii
- 7.1.4 Legea lui Coulomb
- 7.1.5 Conductorii și izolatorii (Rezistența electrică și conductanța electrică)
- 7.1.6 Semiconductori
- 7.1.7 Superconductori (Superconductivitatea)
- 7.1.8 Electricitatea statică
- 7.1.8.1 Încărcarea electrică prin frecare și contact
- Efectul triboelectric
- 7.1.8.2 Încărcarea electrică prin inducție
- 7.1.9 Polarizarea sarcinilor (Dielectrici)
- Condensatori
- 7.1.10 Câmpul electric
- 7.1.11 Ecranarea electromagnetică
- 7.1.12 Potențialul electric
- 7.1.13 Stocarea energiei electrice
- 7.1.14 Generator Van de Graaff
- 7.2 Curent electric
- 7.2.1 Circulația sarcinilor electrice
- 7.2.2 Curentul electric (Convenții)
- 7.2.3 Surse de tensiune
- 7.2.4 Rezistența electrică (Rezistența electrică și conductanța)
- 7.2.5 Legea lui Ohm
- 7.2.6 Curent continuu și curent alternativ
- 7.2.7 Conversia de la curent alternativ la curent continuu (Redresoare)
- 7.2.8 Electroni într-un circuit electric

- 7.2.9 Puterea electrică
- Curent alternativ
- Câmpuri electromagnetice
- 7.2.10 Circuite electrice
- 7.2.10.1 Circuite serie
- 7.2.10.2 Circuite paralel
- 7.3 Magnetism
- 7.3.1 Forțe magnetice
- 7.3.2 Poli magnetici
- Polul geomagnetic
- Dipoli magnetici
- 7.3.3 Câmpuri magnetice
- 7.3.4 Domenii magnetice
- 7.3.5 Curenți electrici și câmpuri magnetice (Legea Biot–Savart și Legea lui Ampère)
- 7.3.6 Electromagneți
- 7.3.6.1 Electromagneți supraconductori
- 7.3.7 Forța Lorentz și forța Laplace
- 7.3.8 Forța asupra conductoarelor electrice în câmp magnetic (Forța Laplace)
- 7.3.9 Contoare electrice
- 7.3.10 Motoare electrice
- 7.3.11 Câmpul magnetic al Pământului
- 7.3.12 Radiații cosmice
- 7.4 Inducția electromagnetică
- 7.4.1 Electromagnetism
- 7.4.2 Inducția electromagnetică (Aplicații)
- 7.4.3 Legea lui Faraday (a inducției)
- 7.4.4 Generatoare de curent alternativ (Alternatoare)
- 7.4.5 Centrale electrice (Generarea electricității)
- 7.4.5.1 Hidrocentralele Porțile de Fier
- 7.4.6 Turbogeneratoare
- 7.4.7 Generatoare magnetohidrodinamice
- 7.4.8 Transformatoare
- 7.4.10 Transmisia energiei electrice
- 7.4.11 Câmpul electromagnetic

Despre autor

Nicolae Sfetcu

Asociat și manager MultiMedia SRL și Editura MultiMedia Publishing.
Partener cu MultiMedia în mai multe proiecte de cercetare-dezvoltare la nivel național și european
Coordonator de proiect European Teleworking Development Romania (ETD)
Membru al Clubului Rotary București Atheneum
Cofondator și fost președinte al Filialei Mehedinți al Asociației Române pentru Industrie Electronica și Software Oltenia
Inițiator, cofondator și președinte al Asociației Române pentru Telelucru și Teleactivități
Membru al Internet Society
Cofondator și fost președinte al Filialei Mehedinți a Asociației Generale a Inginerilor din România
Inginer fizician - Licențiat în fizică, specialitatea Fizică nucleară. Masterand în Istoria și filosofia științei.

Contact

Email: nicolae@sfetcu.com

Skype: nic01ae

Facebook/Messenger: <https://www.facebook.com/nicolae.sfetcu>

Twitter: <http://twitter.com/nicolae>

LinkedIn: <http://www.linkedin.com/in/nicolaesfetcu>

Google Plus: <https://www.google.com/+NicolaeSfetcu>

YouTube: <https://www.youtube.com/c/NicolaeSfetcu>

De același autor

Alte cărți scrise sau traduse de același autor:

- A treia lege a lui Darwin - O parodie reală a societății actuale (RO)
- Ghid Marketing pe Internet (RO)
- Bridge Bidding - Standard American Yellow Card (EN)

- Telelucru (Telework) (RO)
- Harta politică - Dicționar explicativ (RO)
- Beginner's Guide for Cybercrime Investigators (EN)
- How to... Marketing for Small Business (EN)
- London: Business, Travel, Culture (EN)
- Fizica simplificată (RO)
- Ghid jocuri de noroc - Casino, Poker, Pariuri (RO)
- Ghid Rotary International - Cluburi Rotary (RO)
- Proiectarea, dezvoltarea și întreținerea siturilor web (RO)
- Facebook pentru afaceri și utilizatori (RO)
- Întreținerea și repararea calculatoarelor (RO)
- Corupție - Globalizare - Neocolonialism (RO)
- Traducere și traducători (RO)
- Small Business Management for Online Business - Web Development, Internet Marketing, Social Networks (EN)
- Sănătate, frumusețe, metode de slăbire (RO)
- Ghidul autorului de cărți electronice (RO)
- Editing and Publishing e-Books (EN)
- Pseudoștiință? Dincolo de noi... (RO)
- European Union Flags - Children's Coloring Book (EN)
- Totul despre cafea - Cultivare, preparare, rețete, aspecte culturale (RO)
- Easter Celebration (EN)
- Steagurile Uniunii Europene - Carte de colorat pentru copii (RO)
- Paști (Paște) - Cea mai importantă sărbătoare creștină (RO)
- Moartea - Aspecte psihologice, științifice, religioase, culturale și filozofice (RO)
- Promovarea afacerilor prin campanii de marketing online (RO)
- How to Translate - English Translation Guide in European Union (EN)
- ABC Petits Contes (Short Stories) (FR-EN), par Jules Lemaître
- Short WordPress Guide for Beginners (EN)
- ABC Short Stories - Children Book (EN), by Jules Lemaître
- Procesul (RO), de Franz Kafka
- Fables et légendes du Japon (Fables and Legends from Japan) (FR-EN), par Claudius Ferrand
- Ghid WordPress pentru începători (RO)
- Fables and Legends from Japan (EN), by Claudius Ferrand
- Ghid Facebook pentru utilizatori (RO)
- Arsène Lupin, gentleman-cambrioleur (Arsene Lupin, The Gentleman Burglar) (FR-EN), par Maurice Leblanc
- How to SELL (eCommerce) - Marketing and Internet Marketing Strategies (EN)
- Arsène Lupin, The Gentleman Burglar (EN), by Maurice Leblanc
- Bucharest Tourist Guide (Ghid turistic București) (EN-RO)
- Ghid turistic București (RO)
- Ghid WordPress pentru dezvoltatori (RO)
- French Riviera Tourist Guide (Guide touristique Côte d'Azur) (EN-FR)
- Guide touristique Côte d'Azur (FR)
- Ghid pagini Facebook - Campanii de promovare pe Facebook (RO)
- Management, analize, planuri și strategii de afaceri (RO)
- Guide marketing Internet pour les débutants (FR)
- Gambling games - Casino games (EN)
- Death - Cultural, philosophical and religious aspects (EN)
- Indian Fairy Tales (Contes de fées indiens) (EN-FR), by Joseph Jacobs
- Contes de fées indiens (FR), par Joseph Jacobs
- Istoria timpurie a cafelei (RO)
- Londres: Affaires, Voyager, Culture (London: Business, Travel, Culture) (FR-EN)
- Cunoaștere și Informații (RO)

- Poker Games Guide - Texas Hold 'em Poker (EN)
- Gaming Guide - Gambling in Europe (EN)
- Crăciunul - Obiceiuri și tradiții (RO)
- Christmas Holidays (EN)
- Introducere în Astrologie (RO)
- Psihologia mulțimilor (RO), de Gustave Le Bon
- Anthologie des meilleurs petits contes français (Anthology of the Best French Short Stories) (FR-EN)
- Anthology of the Best French Short Stories (EN)
- Povestea a trei generații de fermieri (RO)
- Web 2.0 / Social Media / Social Networks (EN)
- The Book of Nature Myths (Le livre des mythes de la nature) (EN-FR), by Florence Holbrook
- Le livre des mythes de la nature (FR), par Florence Holbrook
- Misterul Stelelor Aurii - O aventură în Uniunea Europeană (RO)
- Anthologie des meilleures petits contes françaises pour enfants (Anthology of the Best French Short Stories for Children) (FR-EN)
- Anthology of the Best French Short Stories for Children (EN)
- O nouă viață (RO)
- A New Life (EN)
- The Mystery of the Golden Stars - An adventure in the European Union (Misterul stelelor aurii - O aventură în Uniunea Europeană) (EN-RO)
- ABC Petits Contes (Scurte povestiri) (FR-RO), par Jules Lemaître
- The Mystery of the Golden Stars (Le mystère des étoiles d'or) - An adventure in the European Union (Une aventure dans l'Union européenne) (EN-FR)
- ABC Scurte povestiri - Carte pentru copii (RO), de Jules Lemaitre
- Le mystère des étoiles d'or - Une aventure dans l'Union européenne (FR)
- Poezii din Titan Parc (RO)
- Une nouvelle vie (FR)
- Povestiri albastre (RO)
- Candide - The best of all possible worlds (EN), by Voltaire
- Șah - Ghid pentru începători (RO)
- Le papier peint jaune (FR), par Charlotte Perkins Gilman
- Blue Stories (EN)
- Bridge - Sisteme și convenții de licitație (RO)
- Retold Fairy Tales (Povești repovestite) (EN-RO), by Hans Christian Andersen
- Povești repovestite (RO), de Hans Christian Andersen
- Legea gravitației universale a lui Newton (RO)
- Eugenia - Trecut, Prezent, Viitor (RO)
- Teoria specială a relativității (RO)
- Călătorii în timp (RO)
- Teoria generală a relativității (RO)
- Contes bleus (FR)
- Sunetul fizicii - Acustica fenomenologică (RO)
- Teoria relativității - Relativitatea specială și relativitatea generală (RO), de Albert Einstein
- Fizica atomică și nucleară fenomenologică (RO)
- Louvre Museum - Paintings (EN)
- Materia: Solide, Lichide, Gaze, Plasma - Fenomenologie (RO)
- Căldura - Termodinamica fenomenologică (RO)
- Lumina - Optica fenomenologică (RO)
- Poems from Titan Park (EN)
- Mecanica fenomenologică (RO)
- Solaris (Andrei Tarkovsky): Umanitatea dezumanizată (RO)
- De la Big Bang la singularități și găuri negre (RO)
- Schimbări climatice - Încălzirea globală (RO)
- Electricitate și magnetism - Electromagnetism fenomenologic (RO)

- Știința - Filosofia științei (RO)
- La Platanie - Une aventure dans le monde à deux dimensions (FR)
- Climate Change - Global Warming (EN)
- Poèmes du Parc Titan (FR)
- Mecanica cuantică fenomenologică (RO)
- Isaac Newton despre acțiunea la distanță în gravitație - Cu sau fără Dumnezeu? (RO)
- The singularities as ontological limits of the general relativity (EN)
- Distincția dintre falsificare și respingere în problema demarcației la Karl Popper (RO)
- Buclele cauzale în călătoria în timp (RO)
- Epistemologia serviciilor de informații (RO)
- Evoluția și etica eugeniei (RO)
- Filosofia tehnologiei blockchain - Ontologii (RO)
- Imre Lakatos: Euristică și toleranța metodologică (RO)
- Controversa dintre Isaac Newton și Robert Hooke despre prioritatea în legea gravitației (RO)
- Singularitățile ca limite ontologice ale relativității generale (RO)
- Filmul Solaris, regia Andrei Tarkovsky – Aspecte psihologice și filosofice (RO)
- Tehnologia Blockchain - Bitcoin (RO)

Editura

MultiMedia Publishing

*web design, comerț electronic, alte aplicații web * internet marketing, seo, publicitate online, branding *
localizare software, traduceri engleză și franceză * articole, tehnoredactare computerizată, secretariat *
prezentare powerpoint, word, pdf, editare imagini, audio, video * conversie, editare și publicare cărți tipărite și
electronice, isbn*

Tel./ WhatsApp: 0040 745 526 896

Email: office@multimedia.com.ro

MultiMedia: <http://www.multimedia.com.ro/>

Online Media: <https://www.setthings.com/>

Facebook: <https://www.facebook.com/multimedia.srl/>

Twitter: <http://twitter.com/multimedia>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/multimedia-srl/>