

Nicolae Sfetcu

**ELECTRICITATE ȘI MAGNETISM
ELECTROMAGNETISM FENOMENOLOGIC**

MultiMedia Publishing

Nicolae Sfetcu

**ELECTRICITATE ȘI MAGNETISM
ELECTROMAGNETISM FENOMENOLOGIC**

PREVIZUALIZARE CARTE

MultiMedia Publishing

Drobeta Turnu Severin, 2018

Copyright © 2018 Nicolae Sfetcu
Email: nicolae@sfetcu.com
Toate drepturile rezervate.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
SFETCU, NICOLAE

Electricitate și magnetism : electromagnetism fenomenologic / Nicolae Sfetcu. - Ed. alb-negru. -
Drobeta-Turnu Severin : Multimedia Publishing, 2018
ISBN 978-606-94667-6-6

53

MultiMedia Publishing
Drobeta Turnu Severin, 2018
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, 2018, 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.

INTRODUCERE



(Fulgerul este unul din cele mai dramatice efecte ale electricității.)

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 ca 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 *ηλεκτρον* (*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 anozii încărcăți pozitivi și catozi 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 curenților*), 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.

ELECTRICITATE

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 izolatoarele, 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.

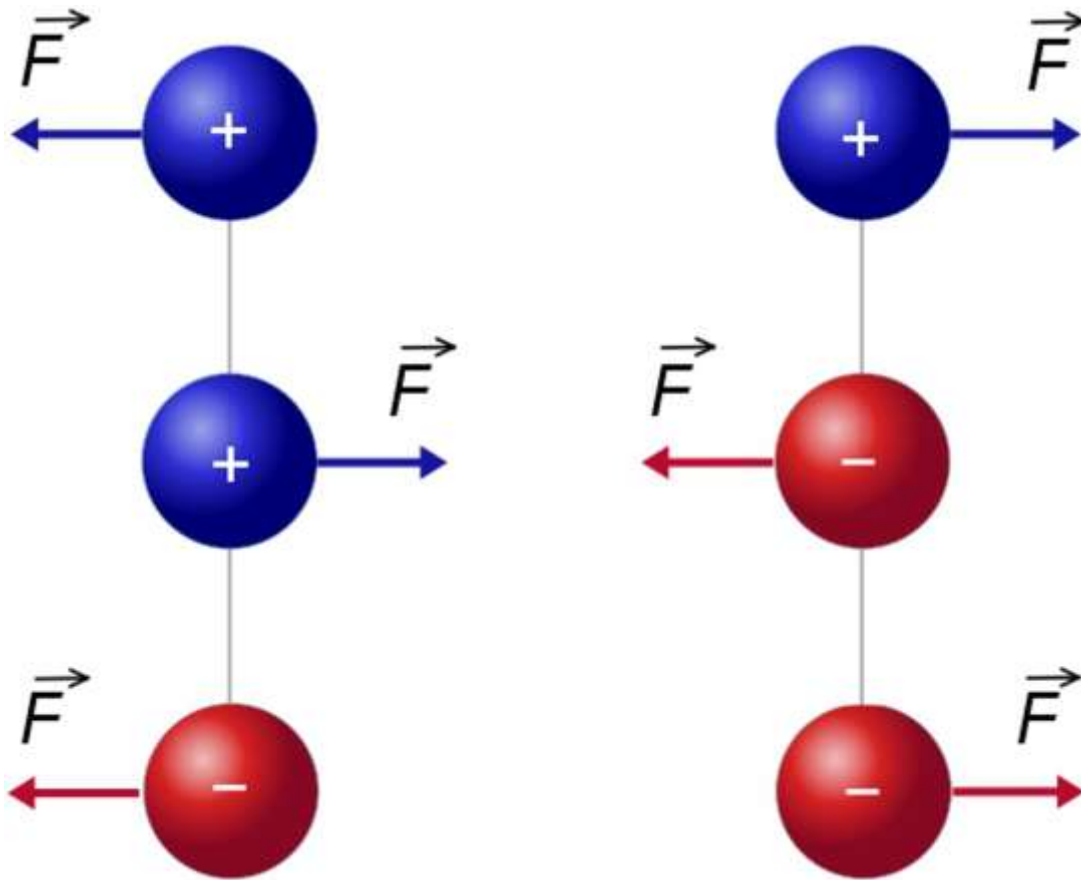
Electricitatea statică este frecvent utilizat în xerografie, la filtre de aer, precum și la unele vopsele auto. Electricitatea statică este o acumulare de sarcini electrice pe două obiecte care apoi s-au separat

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.

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)

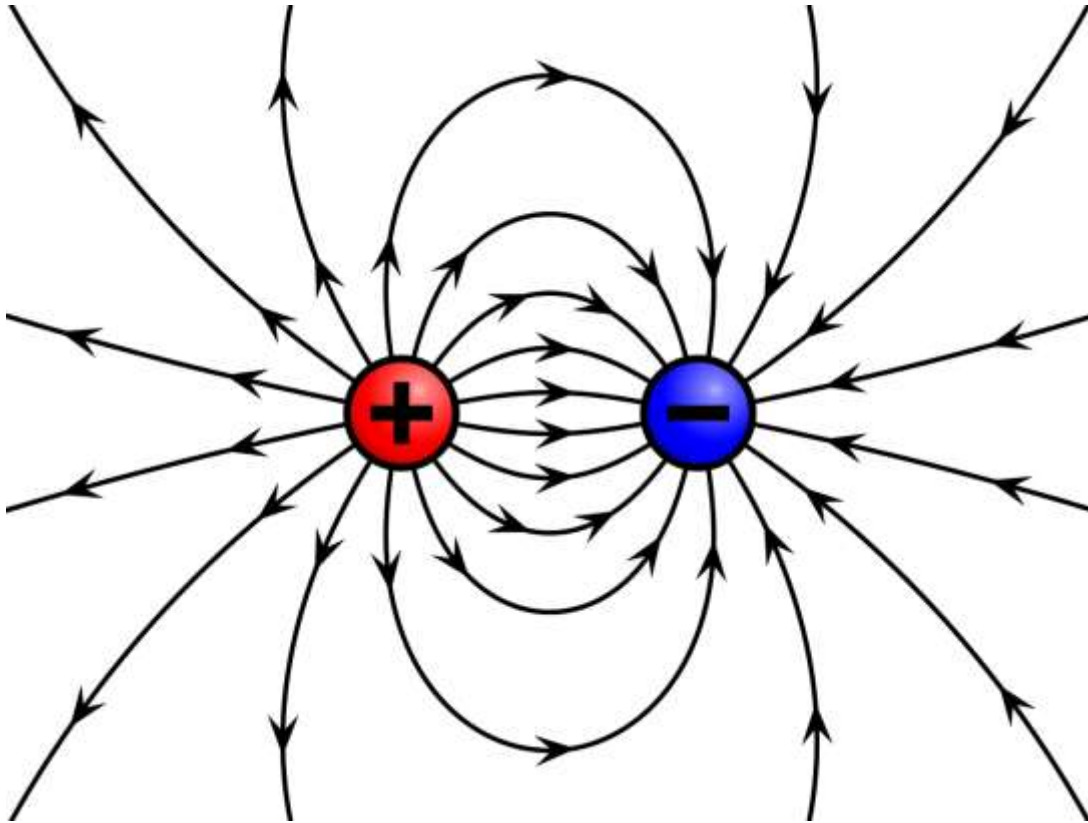
Cercetătorii timpurii din secolul al XVIII-lea care bănuiesc că forța electrică scade cu distanța, la fel ca forța gravitației (respectiv, cu pătratul invers al distanței), au inclus pe Daniel Bernoulli și Alessandro Volta, ambii măsurând forța între plăcile unui condensator, și Franz Aepinus care a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

SARCINI ELECTRICE



(Câmpul electric a unei sarcini punctuale negativă.
https://en.wikipedia.org/wiki/File:VFPT_charges_plus_minus_thumb.svg)

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 găsiți în combinație). Protonul are o sarcină de $+e$, iar electronul are o sarcină de $-e$.

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 -1.602×10^{-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.

MAGNETISM



(O ilustrare din cartea De Magnete a lui Gilbert, 1600, care arată una dintre cele mai vechi metode de a face un magnet. Un fierar ține o bucată de fier încălzit la roșu într-o direcție nord-sud și îl ciocănește pe măsură ce se răcește. Câmpul magnetic al Pământului aliniaza domeniile, lăsând fierul magnetizat ușor.)

Magnetismul este o clasă de fenomene fizice care sunt mediate de câmpuri magnetice. Curenții electrici și momentele magnetice ale particulelor elementare dau naștere unui câmp magnetic care acționează asupra altor curenți și momente magnetice. Efectele cele mai familiare apar în materiale feromagnetice, care sunt puternic atrase de câmpuri magnetice și pot fi magnetizate pentru a deveni magneți permanenți, producând ei înșiși câmpuri magnetice. Numai câteva substanțe sunt feromagnetice; cele mai obișnuite sunt fierul, nichelul și cobaltul și aliajele lor. Prefixul fero-se referă la fier, deoarece

magnetizarea permanentă a fost observată pentru prima dată în magnetită, o formă de minereu de fier natural, Fe_3O_4 .

Deși feromagnetismul este responsabil pentru majoritatea efectelor magnetismului întâlnit în viața de zi cu zi, toate celelalte materiale sunt influențate într-o anumită măsură de un câmp magnetic, de alte câteva tipuri de magnetism. Substanțele paramagnetice, cum ar fi aluminiul și oxigenul, sunt slab atrase de un câmp magnetic aplicat; substanțele diamagnetice, cum ar fi cuprul și carbonul, sunt slab respinse; în timp ce materialele antiferomagnetice, cum ar fi cromul și sticla de spin, au o relație mai complexă cu un câmp magnetic. Forța unui magnet pe materiale paramagnetice, diamagnetice, și antiferomagnetice, este de obicei prea slabă pentru a fi simțită și poate fi detectată numai cu instrumente de laborator, deci în viața de zi cu zi aceste substanțe sunt adesea descrise ca nemagnetice.

Forțele magnetice sunt forțe fundamentale care apar din cauza mișcării particulelor încărcate electric. Starea magnetică (sau faza magnetică) a unui material depinde de temperatură și alte variabile, cum ar fi presiunea și câmpul magnetic aplicat. Un material poate prezenta mai mult de o formă de magnetism pe măsură ce aceste variabile se schimbă.

Atunci când curentul electric se deplasează printr-un fir, câmpul rezultat este direcționat în funcție de "regula de dreapta". Dacă mâna dreaptă este folosită ca model, iar degetul mare al mâinii drepte este îndreptat de-a lungul firului de la partea pozitivă spre partea negativă, atunci câmpul magnetic se va încadra în jurul firului în direcția indicată de degetele mâinii drepte. Dacă se formează o buclă, astfel încât particulele încărcate se învârt în cerc, atunci toate liniile de câmp în centrul buclei sunt îndreptate în aceeași direcție. Rezultatul este numit un **dipol magnetic**. Atunci când este plasat într-un câmp magnetic, un dipol magnetic va tinde să se alinieze cu acest câmp. Pentru cazul unei bucle, dacă degetele mâinii drepte sunt îndreptate în direcția fluxului de curent, degetul mare va arăta direcția corespunzătoare polului nord al dipolului.

Istorie

Magnetismul a fost descoperit pentru prima dată în lumea antică, când oamenii au observat că pietrele, magnetizate în mod natural din magnetita minerală, ar putea atrage fierul. Cuvântul *magnet* vine de la termenul grecesc $\mu\alpha\gamma\eta\tau\rho\varsigma \lambda\acute{\iota}\theta\omicron\varsigma$ *magnētis lithos*, "piatra magnesiană, magnetita". În Grecia antică, Aristotel a atribuit primul din ceea ce puteau fi numite discuții științifice despre magnetism filozofului Thales din Milet, care a trăit de la aproximativ 625 î.e.n. până în jurul anului 545 î.e.n. În același timp, în India antică, chirurgul indian Sushruta a fost primul care a folosit magnetul în scopuri chirurgicale.

În China antică, cea mai veche referire literară la magnetism se găsește într-o carte din secolul al IV-lea î.e.n., numită după autorul ei, *Înțelepciunea fantomei din vale*. În analele din secolul al II-lea î.e.n., *Lüshi Chunqiu*, se notează de asemenea: "Magnetita face fierul să se apropie sau îl atrage". Cea mai timpurie mențiune a atracției unui ac este într-o lucrare din secolul I, *Lunheng* (Întrebări echilibrate): "O magnetită atrage un ac". Omul de știință chinez din secolul XI, Shen Kuo, a fost prima persoană care a scris în *Meng xi bi tan* despre busola magnetică cu ac și că a îmbunătățit acuratețea navigației prin folosirea conceptului astronomic al nordului adevărat. Din secolul al XII-lea, chinezii știau să folosească compasul pentru navigație. Ei au realizat un indicator direcțional din magnetită în așa fel încât un capăt al indicatorului să indice mereu spre sud.

Alexander Neckam, prin 1187, a fost primul în Europa care descrie busola și utilizarea sa pentru navigație. În 1269, Peter Peregrinus de Maricourt a scris *Epistola magnetului*, primul tratat existent descriind proprietățile magnetilor. În 1282, proprietățile magnetilor și busola uscată au fost discutate de Al-Ashraf, un fizician, astronom și geograf yemenit.

În 1600, William Gilbert și-a publicat *De Magnete, Magneticisque Corporibus și Magno Magnete Tellure* (*Despre magnet și corpurile magnetice, și despre marele magnet, Pământul*). În această lucrare el descrie multe dintre experimentele sale cu modelul său al pământului numit *terrella*. Din experimentele sale, el a concluzionat că Pământul era el însuși magnetic și că acesta este motivul pentru

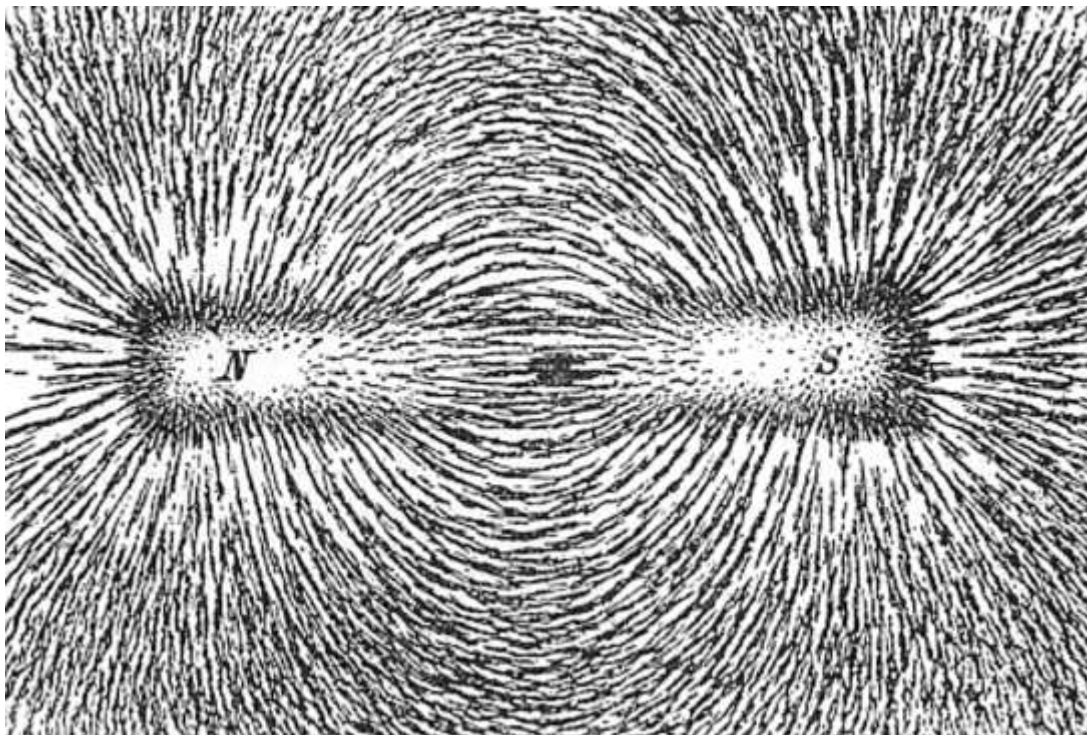
care compasurile indică spre nord (anterior, unii credeau că indicau Steaua Polară sau o mare insulă magnetică de la polul nord care atrage busola).

O înțelegere a relației dintre electricitate și magnetism s-a dezvoltat începând din 1819 cu lucrarea lui Hans Christian Ørsted, profesor la Universitatea din Copenhaga, care a descoperit prin împingerea accidentală a unui ac de busolă lângă un fir că un curent electric ar putea crea un câmp magnetic. Acest experiment de referință este cunoscut sub numele de Experimentul lui Ørsted. Au urmat mai multe experimente, cu André-Marie Ampère, care în 1820 a descoperit că câmpul magnetic care circulă într-o cale închisă este legat de curentul electric care trece prin perimetrul căii; Carl Friedrich Gauss, Jean-Baptiste Biot și Félix Savart, ultimii doi în 1820, au formulat legea Biot-Savart dând o ecuație pentru câmpul magnetic pornind de la un fir care transportă curent electric; Michael Faraday, în 1831, a constatat că un flux magnetic variabil în timp printr-o buclă de sârmă induce o tensiune, iar alții au găsit legături suplimentare între magnetism și electricitate. James Clerk Maxwell a sintetizat și extins aceste cunoștințe în ecuațiile lui Maxwell, unificând energia electrică, magnetismul și optica în câmpul electromagnetic. În 1905, Einstein a folosit aceste legi pentru a-și motiva teoria relativității speciale, impunând ca legile să fie valabile în toate formele de referință inerțiale.

Electromagnetismul a continuat să se dezvolte în secolul al XXI-lea, fiind încorporat în teoriile mai fundamentale gauge, electrodinamica cuantică, teoria electroslabă și, în final, modelul standard.

FORȚE MAGNETICE

Fenomenul magnetismului este "mediat" de câmpul magnetic. Un curent electric sau un dipol magnetic creează un câmp magnetic, iar acest câmp, la rândul său, distribuie forțele magnetice asupra altor particule care se află în câmpuri.



(Liniiile magnetice de forță ale unui magnet bară arătate de pilitura de fier pe hârtie)

Ecuațiile lui Maxwell, care simplifică legea Biot-Savart în cazul curenților constanți, descriu originea și comportamentul câmpurilor care guvernează aceste forțe. Prin urmare, magnetismul este văzut ori de câte ori particulele electrice încărcate sunt în mișcare - de exemplu, mișcarea electronilor într-un curent

electric sau, în anumite cazuri, mișcarea orbitală a electronilor în jurul nucleului unui atom. De asemenea, ele provin din dipoli magnetici "intrinseci" care apar din spinul mecanic cuantic.

La fel ca situațiile care creează câmpuri magnetice - sarcină care se deplasează într-un curent sau într-un atom și dipoli magnetici intrinseci - sunt și situațiile în care un câmp magnetic are un efect, creând o forță. Următoarea este formula pentru sarcina în mișcare.

Atunci când o particulă încărcată se deplasează printr-un câmp magnetic \mathbf{B} , ea simte forța Lorentz \mathbf{F} dată de produsul vectorial:

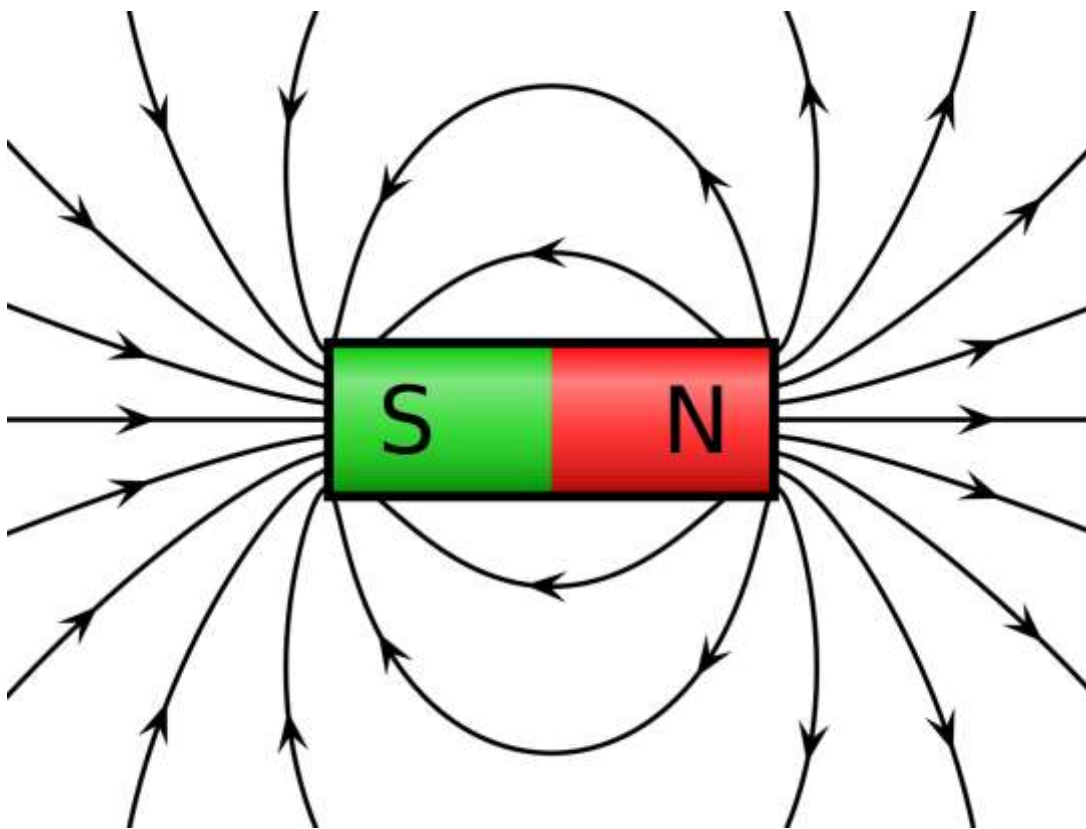
$$\mathbf{F} = q (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Unde q este sarcina electrică a particulei și v este vectorul vitezei particulei.

Deoarece acesta este un produs vectorial, forța este perpendiculară atât pe mișcarea particulei, cât și pe câmpul magnetic. Rezultă că forța magnetică nu produce nicio acțiune asupra particulei; poate schimba direcția mișcării particulelor, dar nu poate cauza accelerarea sau încetinirea acesteia.

Un instrument pentru determinarea direcției vectorului de viteză al unei sarcini în mișcare, câmpul magnetic, și forța exercitată, este regula degetului arătător pentru " V ", a degetului mijlociu pentru " B " și degetul mare pentru " F " de la mâna dreaptă. Atunci când se realizează o configurație asemănătoare pistolului, cu degetul mijlociu care perpendicular pe degetul arătător, degetele reprezintă vectorul vitezei, vectorul câmpului magnetic și, respectiv, vectorul de forță.

POLI MAGNETICI



(Câmpul unui magnet cilindric, calculat cu modelul lui Ampère.
https://en.wikipedia.org/wiki/File:VFPT_cylindrical_magnet_thumb.svg)

Polul nord al unui magnet este definit ca un pol care, atunci când magnetul este suspendat în mod liber, se îndreaptă spre polul magnetic Nord din Arctica (polii magnetici și geografici nu coincid). Deoarece

polii opuși (nord și sud) se atrag, polul nord magnetic este de fapt polul sudic al câmpului magnetic al Pământului. Ca o chestiune practică, pentru a spune care pol de magnet este la nord și care este la sud, nu este necesar să folosim deloc câmpul magnetic al Pământului. De exemplu, o metodă ar fi să comparați cu un electromagnet, ale cărui poli pot fi identificați prin regula mâinii drepte. Liniile câmpului magnetic ale unui magnet sunt considerate convențional că ies din polul nord al magnetului și reintră la polul sud.

Din punct de vedere istoric, polii nord și sud ai unui magnet au fost definiți mai întâi de câmpul magnetic al Pământului, nu invers, deoarece una dintre primele utilizări pentru un magnet a fost un ac de busolă.

Pozițiile polilor magnetici pot fi definite în cel puțin două moduri: local sau global. Definiția locală este punctul în care câmpul magnetic este vertical. Acest lucru poate fi determinat prin măsurarea înclinației. Înclinarea câmpului Pământului este de 90° (în jos) la Polul magnetic Nord și -90° (în sus) la Polul magnetic Sud. Cei doi poli sunt independent unul de celălalt și nu sunt direct opuși unul față de celălalt pe glob. Aceștia pot migra rapid: pentru Polul Nord magnetic s-au observat mișcări de până la 40 de kilometri pe an. În ultimii 180 de ani, Polul Nord magnetic migrează spre nord-vest, de la Cape Adelaide în Peninsula Boothia în 1831 până la 600 de kilometri de la Rolute Bay în 2001. *Ecuatorul magnetic* este linia unde înclinația este zero (câmpul magnetic este orizontal).

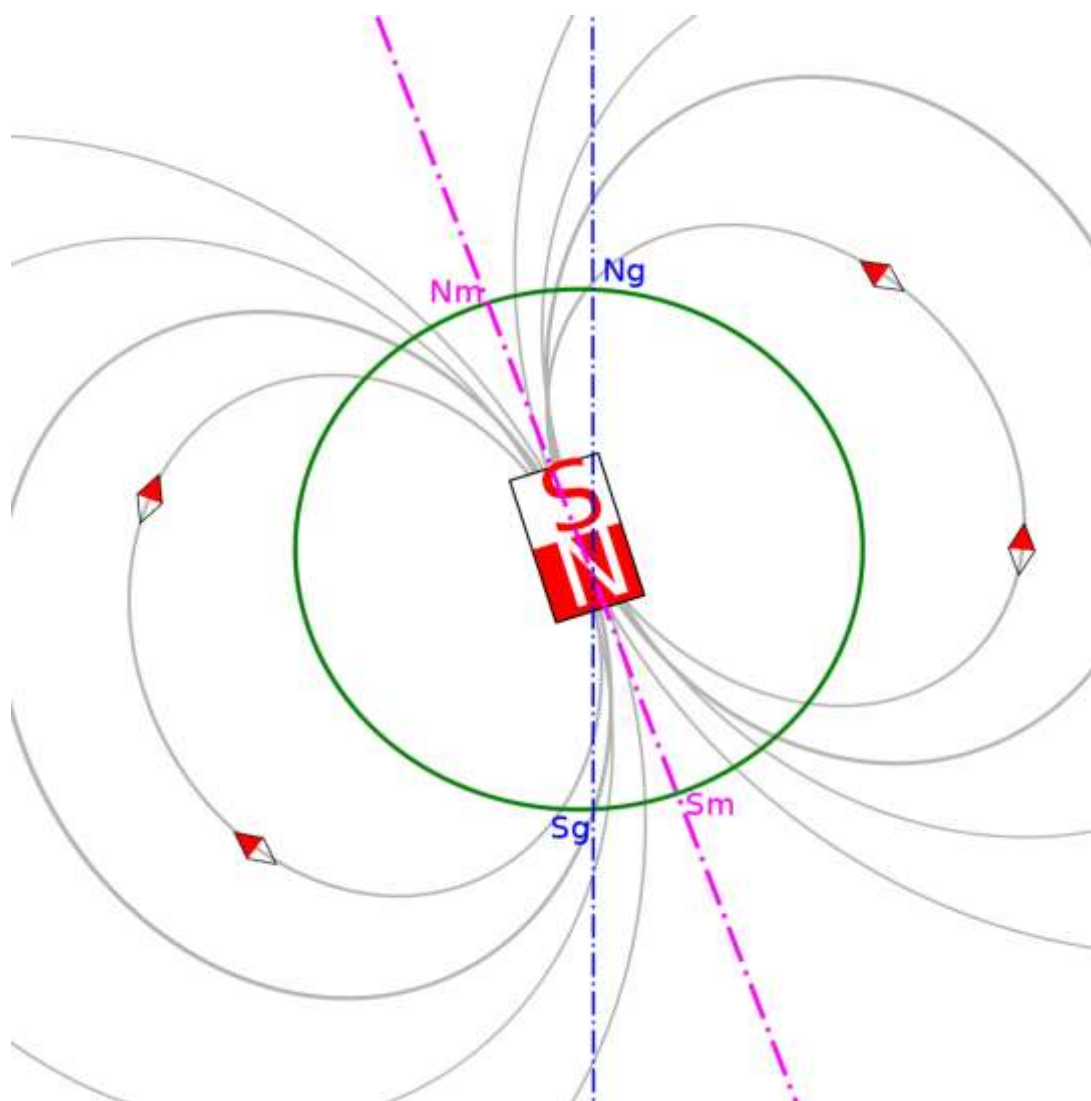
Definiția globală a câmpului Pământului se bazează pe un model matematic. Dacă o linie este trasă prin centrul Pământului, paralel cu momentul dipolului magnetic cel mai bine potrivit, cele două poziții în care intersectează suprafața Pământului sunt numite poli geomagnetici Nord și Sud. Dacă câmpul magnetic al Pământului ar fi perfect dipolar, polii dipolari geomagnetici și magnetici ar coincide, iar compasurile ar indica spre ei. Dar câmpul Pământului are o contribuție semnificativă non-dipolară, astfel încât polii nu coincid, iar compasele nu indică în general nici unul.

Polul geomagnetic

Polii geomagnetici sunt puncte antipodale în care axa unui dipol cu cea mai bună potrivire intersectează suprafața Pământului. Acest dipol este echivalent cu un magnet de bară puternic în centrul Pământului, și acest dipol teoretic se apropie mai mult decât oricare altul de explicarea câmpului magnetic observat la suprafața Pământului. Dimpotrivă, poli magnetici actuali ai Pământului nu sunt antipodali - adică nu se află pe o linie care trece prin centrul Pământului.

Datorită mișcării fluidului în miezul exterior al Pământului, polii magnetici reali se mișcă constant. Cu toate acestea, de-a lungul a mii de ani, direcția lor este medie pe axa de rotație a Pământului. La aproximativ fiecare jumătate de milion de ani, polii *se inversează* (nordul se schimbă cu sudul).

La fel ca Polul Nord magnetic, Polul Nord geomagnetic atrage polul nord al unei bare magnetice și astfel este, într-un sens fizic, de fapt un pol *sud* magnetic. Este centrul liniilor câmpului magnetic "deschis" care se conectează la câmpul magnetic interplanar și oferă o cale directă pentru ca vântul solar să ajungă la ionosferă. Începând cu 2015, a fost localizat la aproximativ $80,37^\circ\text{N}$ $72,62^\circ\text{W}$, pe insula Ellesmere, Nunavut, Canada.



(Ilustrația diferenței dintre polii geomagnetici (N_m și S_m) și polii geografici (N_g și S_g).
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Geomagnetisme.svg>)

Polul Sud geomagnetic este punctul în care axa acestui dipol înclinat cu cea mai potrivită înclinare intersecționează suprafața Pământului în emisfera sudică. Începând cu anul 2005 sa calculat că este situat la $79,74^{\circ}\text{S}$ $108,22^{\circ}\text{E}$, lângă stația Vostok. Deoarece câmpul nu este un dipol exact, Polul Sud geomagnetic nu coincide cu Polul Sud magnetic. Mai mult, Polul Sud geomagnetic se deplasează din același motiv ca și omologul său magnetic din nord.

Locațiile polilor geomagnetici sunt prezise de Câmpul internațional de referință geomagnetic, o potrivire statistică pentru măsurările câmpului Pământului prin sateliți și în observatoarele geomagnetice. Dacă câmpul Pământului ar fi fost exact dipolar, polul nord al acului magnetic al busolei s-ar îndrepta direct spre Polul Nordic geomagnetic. În practică, acest lucru nu se datorează faptului că câmpul geomagnetic care provine din nucleu are o parte non-dipolară mai complexă, iar anomaliile magnetice în crusta Pământului contribuie, de asemenea, la câmpul local.

Dipoli magnetici

Dipoli magnetici sau momentele magnetice se pot forma de multe ori la scară atomică, datorită mișcărilor electronilor. Fiecare electron are momente magnetice care provin din două surse. Prima este

mișcarea orbitală a electronului în jurul nucleului. Într-un fel această mișcare poate fi considerată ca o buclă de curent, rezultând un moment magnetic de-a lungul axei sale de rotație. A doua sursă de moment magnetic al electronului se datorează proprietății din mecanica cuantică numită spin.

Într-un atom momentele magnetice orbitale ale unor perechi de electroni se anulează reciproc. Același lucru este valabil pentru momentele magnetice de spin. Momentul magnetic global al atomului este astfel suma tuturor momentelor magnetice ale electronilor individuali, electronii împerecheați corect anulându-și reciproc momentele. În cazul unei pături de electroni complet umplute sau a unei subpături, momentele magnetice se anulează complet reciproc. Astfel, numai atomii cu pături de electroni parțial umplute vor avea un moment magnetic. Proprietățile magnetice ale materialelor sunt în mare parte determinate de natura și amploarea momentelor magnetice atomice.

Există mai multe forme de comportament magnetic, inclusiv:

- * diamagnetism
- * paramagnetism
- * * magnet molecular
- * feromagnetism
- * * antiferomagnetism
- * * feromagnetism
- * * metamagnetism
- * sticla de spin
- * superparamagnetism

Se presupune că există și stele extrem de magnetice, numite *magnetari*.

CARTEA

O introducere în lumea electricității și a magnetismului, explicată în principal fenomenologic, cu ajutorul unui aparat matematic minimal, și cu exemple și aplicații din viața reală. O prezentare compactă, clară și precisă a unui domeniu care reprezintă o parte importantă a vieții noastre.

Cartea acoperă toate subiectele introductive standard, respectiv electrostatica (forțe electrice, sarcini electrice, conservarea sarcinii, legea lui Coulomb, conductori și izolatori (rezistența electrică și conductanța electrică), semiconductori, superconductori, polarizarea (dielectrici), câmpul electric, potențialul electric, stocarea energiei electrice), curentul electric (circulația sarcinilor, surse de tensiune, rezistența electrică, legea lui Ohm, curent continuu și curent alternativ, conversia de la CA la CC (redresoare), electroni într-un circuit electric, puterea electrică), magnetismul (forțe magnetice, poli magnetici, câmpuri magnetice, domenii magnetice, legea Biot–Savart și legea lui Ampère, electromagneți, forța Lorentz și forța Laplace, contoare electrice, motoare electrice, câmpul magnetic al Pământului, radiații cosmice), inducția electromagnetică (electromagnetism, legea lui Faraday (a inducției), generatoare de CA (alternatoare), centrale electrice (generarea electricității), hidrocentralele Porțile de Fier, turbogeneratoare, generatoare magnetohidrodinamice, transformatoare, autoinducția, transmisia energiei electrice, câmpul electromagnetic, unde electromagnetice).

Ediția MultiMedia Publishing <https://www.setthings.com/ro/e-books/electricitate-si-magnetism-electromagnetism-fenomenologic/>

- Digital: EPUB (ISBN 978-606-94667-7-3), Kindle (ISBN 978-606-94667-9-7), PDF (ISBN 978-606-94667-8-0)

- Tipărit (ISBN 978-606-94667-6-6)

Ediția tipărită Amazon (MultiMedia S.R.L.):

Data publicării: 20 august 2018

6" x 9" (15.24 x 22.86 cm)

312 pagini

BISAC: Science / Physics / Electromagnetism

- Ediția ilustrată: <https://www.amazon.com/dp/1725628171/>

ISBN-13: 978-1725628175, ISBN-10: 1725628171

- Ediția alb-negru: <https://www.amazon.com/dp/1725716534/>

ISBN-13: 978-1725716537, ISBN-10: 1725716534

Facebook: <https://www.facebook.com/Electricitate-si-magnetism-171116830212852/>

CUPRINS

Introducere

Electrostatica

--- Serii triboelectrice

--- Generatoare electrostatice

--- Neutralizarea sarcinilor

--- Inducția sarcinilor

--- Electricitatea "statică"

--- Forțe electrice

--- Sarcini electrice

----- Unități

--- Conservarea sarcinii

----- Dovezi experimentale

--- Legea lui Coulomb

----- Legea

----- Unități

----- Câmp electric

----- Constanta lui Coulomb

----- Limitări

--- Conductor și izolator (Rezistența electrică și conductanța electrică)

----- Conductor

----- Rezistența și conductanța

----- Materiale pentru conductor

----- Izolator

----- Fizica conducției în solide

----- Străpungerea

----- Utilizări

--- Semiconductor

----- Proprietăți

----- Fizica semiconductorilor

----- Benzile de energie și conducția electrică

----- Purtători de sarcini (electroni și găuri)

----- Generarea și recombinarea purtătorilor de sarcini

----- Doparea

--- Superconductor (Superconductivitatea)

----- Proprietăți elementare ale superconductoarelor

- Rezistență zero la curent electric continuu (CC)
- Tranziția de fază superconductoare
- Efectul Meissner
- Momentul London
- Electricitatea statică
- Cauze
- Generatoare electrostatice
- Descărcarea electrostatică
- Încărcarea electrică prin frecare și contact
- Efectul triboelectric
- Cauza
- Încărcarea electrică prin inducție
- Inducția electrostatică
- Explicație
- Încărcarea unui obiect prin inducție
- Sarcina indusă se găsește pe suprafață
- Tensiunea în tot obiectul conductiv este constantă
- Polarizarea sarcinilor (Dielectrici)
- Modelul atomic de bază
- Polarizarea dipolară
- Polarizarea ionică
- În celule
- Condensatori
- Câmpul electric
- Definiția câmpului electric
- Surse de câmp electric
- Cauze și descriere
- Reprezentarea sarcinilor continuă vs. discretă
- Ecranarea electromagnetică
- Cum funcționează
- Ecranarea magnetică
- Materiale folosite
- Exemplu de aplicații
- Potențialul electric
- Introducere
- Electrostatica
- Potențialul electric datorat unei sarcini punctuale
- Unități
- Potențialul galvanic vs. potențialul electrochimic
- Stocarea energiei electrice
- Depozitarea mecanică
- Hidroelectricitatea
- Depozitare prin pompare
- Aer comprimat
- Depozitarea energiei în volant
- Depozitarea energiei potențiale gravitaționale cu mase solide
- Depozitarea termică
- Stocarea energiei termice a căldurii latente
- Depozitarea electrochimică

- Baterie reîncărcabilă
- Baterie cu curgere
- Supercapacitoare
- Alte produse chimice
- Conversia electricității în gaz
- Conversia electricității în lichid
- Metode electrice
- Condensatoare
- Materiale magnetice superconductoare
- Generator Van de Graaff
- Descriere
- Curent electric
- Circulația sarcinilor electrice
- Curentul electric (Convenții)
- Direcția de referință
- Surse de tensiune
- Surse de tensiune ideale
- Comparație între sursele de tensiune și curent
- Rezistența electrică - Conductanța
- Introducere
- Conductoare și rezistențe
- Măsurarea rezistenței
- Rezistențe tipice
- Legea lui Ohm
- Domeniu de aplicare
- Originile microscopice
- Analiza circuitului
- Circuite rezistive
- Efectele de temperatură
- Curent continuu și curent alternativ
- Curent continuu
- Circuite
- Curent alternativ
- Transmisie, distribuție și alimentarea cu energie electrică
- Frecvențele surselor de alimentare cu curent alternativ
- Conversia de la CA la CC (Redresoare)
- Redresoare pentru o singură fază
- Remediere pentru jumătate de undă (monoalternanță)
- Redresoare pentru undă completă (bialternanță)
- Redresoare trifazate
- Filtrarea ieșirii redresorului
- Electroni într-un circuit electric
- Viteza de derivă într-un câmp electric
- Definiție și unități
- Relația cu conductivitatea
- Dependența de câmp electric și saturația vitezei
- Puterea electrică
- Definiție
- Explicație

- Convenția semnelor pasive
- Circuite rezistive
- Curent alternativ
- Câmpuri electromagnetice
- Circuite electrice
- Legile electrice
- Metode de proiectare
- Circuite serie
- Circuite serie
- Curentul
- Rezistoare
- Inductoare
- Condensatoare
- Comutatoare
- Celule și baterii
- Voltaj
- Circuite paralel
- Tensiunea
- Curentul
- Rezistoare
- Inductoare
- Condensatoare
- Comutatoare
- Celule și baterii
- Magnetism
- Istorie
- Forțe magnetice
- Poli magnetici
- Polul geomagnetic
- Dipoli magnetici
- Câmpuri magnetice
- Definiții, unități și măsurători
- Câmpul B
- Câmpul H
- Unități
- Măsurare
- Linii de câmp magnetic
- Domenii magnetice
- Dezvoltarea teoriei domeniului
- Structura domeniului
- De ce se formează domenii
- Dimensiunea domeniilor
- Anisotropia magnetică
- Magnetostricțiunea
- Structura granulelor
- Stări "magnetizate"
- Curenți electrici și câmpuri magnetice (Legea Biot–Savart și Legea lui Ampère)
- Legea Biot-Savart
- Curenții electrici (de-a lungul unei curbe/sârmă închisă)

- Legea circuitului lui Ampère
- Electromagneți
- Solenoid simplu
- Fizica
- Legea lui Ampere
- Miez magnetic
- Circuitul magnetic – aproximarea câmpului B constant
- Câmpul magnetic creat de un curent
- Forța exercitată de câmpul magnetic
- Circuit magnetic închis
- Forța între electromagneți
- Electromagneți supraconductori
- Construcție
- Răcire
- Răcire cu lichid
- Răcirea mecanică
- Materiale
- Înfășurările de bobinaj
- Operare
- Alimentarea electrică
- Modul persistent
- Utilizări
- Forța Lorentz și forța Laplace
- Forța pentru o particulă încărcată
- Forța în câmp magnetic (Forța Laplace)
- Direcția forței
- Traiectoriile particulelor datorate forței Lorentz
- Semnificația forței Lorentz
- Contoare electrice
- Operare
- Contoare electromecanice
- Contoare electronice
- Precizia
- Motoare electrice
- Componente
- Rotor
- Stator
- Gol de aer
- Înfășurări
- Comutator
- Alimentarea și controlul motoarelor
- Alimentarea motoarelor
- Controlul motoarelor
- Câmpul magnetic al Pământului
- Importanța
- Caracteristici principale
- Descriere
- Intensitatea
- Înclinarea

- Declinația
- Variația geografică
- Aproximarea dipolară
- Poli magnetici
- Magnetosfera
- Originea fizică
- Miezul pământului și geodynamo
- Modele numerice
- Curenți în ionosferă și magnetosferă
- Radiații cosmice
- Radiațiile cosmice masive comparate cu fotonii
- Compoziție
- Energia
- Surse de raze cosmice
- Inducția electromagnetică
- Istorie
- Electromagnetism
- Descrierea matematică
- Câmp electric E
- Metoda electromagnetică
- Inducția electromagnetică (Aplicații)
- Generatoare electrice
- Transformatoare electrice
- Ampermetru de inducție
- Contor de debit magnetic
- Curenți turbionari
- Legea lui Faraday (a inducției)
- Legea lui Faraday
- Declarație calitativă
- Cantitativ
- Generatoare de CA (Alternatoare)
- Principiul de funcționare
- Centrale electrice (Generarea electricității)
- Istorie
- Metode de generare a energiei electrice
- Generatoare
- Electrochimie
- Efect fotovoltaic
- Echipamente de generare
- Turbine
- Generatoare
- Hidrocentralele Porțile de Fier
- Hidrocentrala Porțile de Fier I
- Istorie
- Modernizare
- Hidrocentrala Porțile de Fier II
- Turbogeneratoare
- Circuit echivalent
- Turbogeneratoare

- Caracteristici de construcție
 - Generatoare magnetohidrodinamice
 - Principiu
 - Generarea de energie electrică
 - Generatorul Faraday
 - Generatorul Hall
 - Generatorul cu disc
 - Transformatoare
 - Ecuații de transformare ideale
 - Transformatorul ideal
 - Transformatorul real
 - Abateri de la transformatorul ideal
 - Fluxul de scurgere
 - Circuit echivalent
 - Autoinducția
 - Autoinducția și energia magnetică
 - Transmisia energiei electrice
 - Sisteme
 - Transmisia în masă a energiei electrice
 - Câmpul electromagnetic
 - Structura
 - Structura continuă
 - Structura discretă
 - Dinamica
 - Comportamentul reciproc al câmpurilor electrice și magnetice
 - Unde electromagnetice
 - Viteza undelor electromagnetice
- Referințe

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)
- * Solaris (Andrei Tarkovsky): Umanitatea dezumanizată (RO)
- * Mecanica fenomenologică (RO)
- * Solaris (Andrei Tarkovsky): Umanitatea dezumanizată (RO)
- * De la Big Bang la singularități și găuri negre (RO)
- * Schimbări climatice – Încălzirea globală (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/>

Google Plus: <https://plus.google.com/+MultimediaRo>