

Electrostatica

NOTIUNEA DE SARCINA ELECTRICA

Natura electricitatii

Mirajul electricitatii a stârnit imaginatia oamenilor inca din antichitate, din vremea lui Thales din Milet când s-a observat ca unele substante dupa ce sunt frecate de alte materiale pot atrage corpuri mai usoare. Explicarea naturii electricitatii s-a lasat îndelung asteptata. Progresele fizicii în acest domeniu încep sa fie evidente spre sfârșitul secolului al XVIII-lea si începutul secolului al XIX-lea, când au fost întreprinse experiente mai numeroase, mai ingenioase, iar apoi prin elaborarea teoriei electricitatii pe baza unui aparat matematic din ce în ce mai complex. Teoria electricitatii macroscopice a început sa se dezvolte abia dupa conturarea mecanicii clasice si descoperirea calculului diferential si integral si poate fi socotita si încheiata în cursul secolului al XIX-lea. Clarificarea naturii electricitatii, a purtatorului microscopic de sarcina electrica, a devenit o realitate la sfârșitul acestui secol, odata cu semnarea actului de nastere al fizicii atomice.

Corpurile care prin frecare ar capata proprietatea de a atrage alte corpuri au fost numite *corpuri electrizate*, iar ceea ce conferea corpurilor aceasta proprietate a fost numita *electricitate*. În limitele unor concepii naive se admitea existenta a doua fluide, unul *pozitiv* si altul *negativ*. Care ar conferi corpului electrizat tipul de electricitate. Mai târziu Benjamin Franklin a presupus ca electrizarea corpului este efectul prezentei sau absentei unui singur tip de fluid: prezenta lui în exces, peste starea electrizata, conferea corpului o electricitate *negativa*, iar absenta lui indica o încarcare cu electricitate *pozitiva*. Franklin a mai presupus ca fluidul negativ este compus din particule, indicând astfel modul de electrizare a sticlei si a ebonitei, cu 100 de ani înainte descoperirii electronului.

Dupa cum se stie, în edificiul structurii atomului exista o parte centrala, încarcata *pozitiv-nucleul* în jurul caruia se misca *electroni*, la diferite distante. Notând sarcina cea mai mica, cunoscuta, sau sarcina elementara cu e ($e > 0$), s-a stabilit experimental ca sarcina electronului este $-e$, iar sarcina elementara pozitiva este cea a protonului din nucleu (e). Asadar, în orice particula constituenta a substantelor, atomi, molecule, exista sarcini pozitive

si sarcini negative. Daca particula este neutra, atunci $n_+ = n_-$. Deci, în procesul de electrizare, daca vor fi smulsi un numar de electroni, corpul respectiv va ramâne încarcat pozitiv, iar corpul care îi va prelua se va încarca negativ. O sarcina macroscopica negativa va fi reprezentata printr-un numar întreg de sarcini electronice ($q_- = N \cdot e$), iar una pozitiva va fi tot un multiplu de e ($q_+ = N \cdot e$). Conditia ca o substanta sa fie neutra este deci $N_+ = N_-$.

Din punct de vedere al capacitatii de miscare exista *sarcini libere* si *sarcini legate*. Primele se pot misca pe spatii limitate în solide, lichide, gaze. Daca numarul de sarcini libere este constant si nu depinde de temperatura, substanta este *conductoare*. Aceasta este situatia metalelor si a majoritatii aliajelor, în care electroni sunt sarcini libere, sau a electrolitilor în care ionii pozitivi si negativi sunt sarcini libere. Daca punem sarcini în exces acestea se vor distribui pe suprafata. Corpurile în care sarcinile sunt legate de anumite pozitii sunt numite corpuri *izolatoare*. În materialele izolatoare exista în toate starile de agregare: gaze inerte, cum sunt He, Ne, Ar (sarcinile sunt legate la nivelul atomului), gaze moleculare si lichide moleculare, cum sunt hidrogenul, oxigenul, respectiv apa, cu sarcini legate la nivelul moleculei sau solide formate din ioni, cum este clorura de sodiu.

Distributia sarcinilor electrice

În conditii normale, în subatante sarcinile pozitive si negative, egale ca marime, sunt distribuite uniform. Introducerea unei distributii neuniforme de sarcini pozitive si negative în corpuri (prin frecare) sau între parti diferite ale aceluiasi corp (prin influenta) reprezinta un *proces de electrizare*. Exista o diferentiere între modul de plasare a sarcinilor electrice, aparute prin electrizare pe de o parte în conductori, pe de alta în izolatorii solizi. În primul caz, sarcina electronica în exces se va distribui pe toata suprafata, în timp ce în izolatori nu se va împrastia, va ramâne localizata si se înmagazineaza în adâncime.

De ce se dispune sarcina negativa în exces pe suprafata conductorilor? Raspunsul este legat de faptul ca în metalele în stare neutra sarcina totala a ionilor pozitivi, plasati în nodurile retelei cristaline, este egala cu cea a electronilor liberi. Existenta unui exces de sarcina electronica face sa apara forte de respingere între electroni, forte dirijate din interior spre exterior, ceea ce duce la expulzarea sarcinilor în exces spre suprafata conductorului.

CAMPUL ELECTRIC

Generalitati

Descrierea matematica a interactiunilor electrostatice a implicat introducerea marimii sarcinii electrice prin intermediul unor marimi mecanice. Fenomenul însusi este influentat de mediul în care sunt plasate sarcinile, de aceea se poate trage concluzia ca el se exercita efectiv printr-o forma a materiei, o forma care nu mai este perceputa direct de simturile noastre. întocmai ca în cazul atractiei universale, se constata ca în jurul unei sarcini electrice, în fiecare punct dintr-o regiune a spatiului, se poate exercita o forta de natura electrica; se spune ca în acea regiune exista un câmp de forte electrice. Cu alte cuvinte, o sarcina electrica își exercita actiunile electrostatice asupra altor sarcini situate în spatiul înconjurator prin intermediul unei stari a materiei numita *câmp electric*. Sintetizând, se poate da urmatoarea definitie: *campul electric este o forma de existenta a materiei, prin intermediul careia sarcinile electrice interactioneaza între ele.*

Câmpul electric în zona vârfulor

Numeroase experiente au aratat ca în regiunea vârfulor corpurilor conductoare electrizate exista o mare concentratie a liniilor de câmp, ca ele sunt deci sediul unor câmpuri electrice foarte intense. O explicatie riguroasa este greu de prezentat în paginile de fata, dar acest fenomen ar fi de înteles daca facem o analogie cu actiunea legii curgerii stationare a unui lichid printr-un tub ce prezinta unele gâtuiuri. În zona acestora, viteza curentului este mai mare în raport cu portiunile cu diametru mai mare. În cazul vârfulor, prezenta sarcinilor electrice în portiunile ascutite creeaza o densitate de sarcina superficiala, mai mare decât în portiunile netede, deci si un câmp electric mai intens. Datorita acestor câmpuri electrice puternice, pot fi smulsi electroni din moleculele aerului înconjurator si prin vârfuli se produce o scurgere de electricitate; pe un vârf „vin” sau „pleaca” electroni, dupa cum vârful este încarcat pozitiv sau negativ. Pe acest principiu poate fi construita o morisca dintr-un brat metalic cu doua capete ascutite, ce se poate roti în jurul unui suport izolator. Sa încarcam lama metalica cu electricitate pozitiva. Din cauza câmpului electric puternic la capete, electronii smulsi din moleculele aerului se îndreapta spre morisca, o lvesc si se depun pe ea. Prin lovire, se transfera acesteia impulsul castigat pe spatiul de accelerare parcurs de la aparitia lor si pâna la depunere, astfel încât morisca începe sa se roteasca.

O aplicatie practica foarte importanta a vârfulor conductoare încărcate electric o constituie *filtrul electrostatic*, care are functia de a purifica aerul din incinte închise sau de a retine particulele eliminate pe cosurilor fabricilor de ciment sau de alta natura. Prin ionizarea particulelor din jur, acestea sunt atrase spre vârfuli pe care se depun. Filtrul este curatat din când în când pentru a fi reutilizat.

Mecanisme de electrizare.

Metode experimentale de electrizare .

Antichitatea cunostea doar doua metode de electrizare: electrizarea prin frecare, descrisa de Thales din Milet si care a determinat construirea primei masini de electrizare de catre *Otto von Guericke*; vechii hindusi cunosteau proprietatea de electrizare a unor cristale în urma încălzirii, azi denumita *pieoelectricitate*. Dupa secolul al XVIII- lea au mai fost gasite si alte moduri de electrizare: electrizarea prin contact, prin influenta; electrizarea norilor, proces deosebit de complex. Au fost descoperite ulterior si alte mecanisme de obtinere a electricitatii: pila Volta, termoelectricitatea, razele catodice, emisia termoelectrica, fotoelectricitatea, radioactivitatea, emisia electronica în urma unor reactii violente.

Prin frecarea a doua substante este posibil ca electronii de valenta ai atomilor unei substante sa fie rupti de legaturile lor si sa treaca pe cealalta. Nu este prea usor de stabilit mecanismul intim care are loc la frecare, deoarece este greu de crezut ca o simpla activitate mecanica ar duce la ionizare. *Este posibil sa avem de-a face cu o ionizare termica produsa de caldura ce se degaja prin frecare.* Nu trebuie neglijat si rolul substantelor ce intra în joc: unele au afinitate mai mare pentru electroni, altele au o afinitate mai mica. Este evident ca cele din prima categorie vor accepta parte din electronii cedati de cele din categoria a doua si corpurile se vor încarca în mod egal cu aceeasi cantitate de electricitate. Aceste modificari se datoresc interactiunii câmpului electric exterior cu particulele constituente ale substantelor, interactiuni care nu pot fi simplu descris. Exista o clasa de substante care în câmp electric se *polarizeaza* , adica capatul îndreptat spre armatura pozitiva devine negativ si invers. Aceste materiale sunt *dielectrici* care nu trebuie confundati cu izolatorii. Polarizarea dielectricului poate fi indus de un câmp electric sau poate exista în mod spontan.

Sunt de retinut unele proprietati si observatii referitoare la producerea electricitatii prin frecare: când se freaca doi dielectrici, corpul cu pemetivitatea dielectrica mai mare se încarca cu electricitate pozitiva.

Electrizarea prin contact are loc la contactul a doi sau mai multi conductori aflati la potentiale diferite; unii dintre ei pot chiar sa fie neutri înainte contactului, trebuie precizat ca trecerea sarcinilor la contactul a doua corpuri are loc numai atunci când potentialele sunt diferite si ca aceasta trecere continua pâna când se egaleaza cele doua potentiale. În momentul egalizarii, deplasarea globala de sarcina înceteaza. Egalizarea prin contact poate fi înțeleasa mai bine daca se compara starea celor doua corpuri, unul încarcat la început, si celalalt neutru, cu doua vase, unul având apa, celalalt fiind gol, care comunica printr-un robinet montat pe linia de legatura.

Electrizarea prin influenta are loc la apropierea unui corp încarcat de unul neutru. La capatul corpului neutru, mai apropiat de cel electrizat, va apare electricitate de semn opus, iar la capatul mai îndepartat va apare electricitate de acelasi semn si în aceeasi cantitate cu cea acumulata la celalalt capat. Electrizare prin influenta depinde de corpul studiat. Când se atinge sfera cu degetul sau când se leaga la pamânt, se scurg sarcinile de acelasi semn cu cea a corpului încarcat daca semnul este negativ, dar vin electroni din pamânt daca semnul este pozitiv si sfera ramâne încarcata, chiar dupa îndepartarea corpului care a produs influenta.

Feroelectricitatea

Feroelectricitatea este o proprietate extrem de interesanta, pe care o posedata unele substante, dintre care cel mai cunoscut este titanatul de bariu ($BaTiO_3$). Acesta proprietate consta în existenta unei polarizari spontane, în interiorul unor cristale, în absenta câmpului electric exterior. *Feroelectricitatea a fost descoperita* înb 1921 de *Valasek*, pe sarea Rochelle, care a fost preparata prima data în secolul al XVII-lea de doctorul *Seignette* ca... laxativ. De aceea, în Europa aceasta ordine spontana este numita si *seignetteoelectrcitate*. Denumirea de feroelectricitate i-a fost atribuita prin analogie cu feromagnetismul, care este proprietatea unor metale si aliaje de a avea ordine magnetica spontana. Câmpul electric joaca un rol în aceste materiale, deoarece în absenta lui substanta nu apare polarizata spontana, adica nu posedata un capat pozitiv, iar celalalt negativ. Fizicienii au demonstrat ca ordinea feroelectrică exista

permanent, în anumite materiale, pe regiuni mici, numite *domenii ferroelectrice*, dar acestea sunt orientate astfel încât, în ansamblu, substanța nu ne apare polarizată.

Trebuie precizat că ordinea ferroelectrică este stabilă numai până la o anumită temperatură, caracteristică fiecărei substanțe. Pentru această temperatură ordinea dispare și substanța se comportă ca un dielectric format din dipoli dezordonati. Menționăm aici că există ferroelectrice fără temperatura de tranziție, deoarece temperatura de topire este suficient de scăzută pentru ca materialul să se topească înaintea dispariției ordinii ferroelectrice.