Elemente de fizică statistică

- Sistem format dintr-un număr foarte mare de particule -> **ansamblu statistic**
- **Legi statistice-** calculul probabilităţilor, operând cu valorile medii statistice

$$\langle X \rangle = \int_D X \rho(X) dX$$

$\rho(X)$ - densitate de probabilitate sau funcţie de distribuţie.
Ea satisface relaţia de normare:

$$\int_0^1 dw = \int_D \rho(X) dX = 1$$

dw- probabilitatea elementară

Elemente de fizică statistică

- **Spaţiul fazelor -** 6N dimensiuni
- **coordonate generalizate:** q_k ; p_k
- Volumul elementar din spatiul fazelor 2f-dimensional

$$d\Gamma = \prod_{k=1}^{f} dq_k dp_k$$

În fizica statistică se postulează că **mărimile macroscopice** (adică mărimile ce pot fi măsurate) sunt egale cu valorile medii statistice ale **mărimilor microscopice** corespunzătoare:

$$A_{masurat} \equiv \langle A \rangle = \int_D A(q,p)\rho(q,p)d\Gamma$$

Elemente de fizică statistică

- **Distribuţia microcanonică** - caracteristică unui **sistem izolat,** sistem care nu face **nici schimb de energie** şi **nici schimb de substanţă** cu mediul înconjurător. Această situaţie ar corespunde unui termos ideal, care nu permite nici să se răcească conţinutul şi nici nu pierde din conţinut. Este un caz mai rar întâlnit în natură, deoarece este extrem de dificil de a menţine energia unui sistem la o valoare riguros constantă, fără să existe fluctuaţii şi pierderi de energie şi substanţă.
- **Distribuţia canonică** - caracteristică unui **sistem închis**, sistem care **face schimb de energie** cu mediul , dar **nu face schimb de substanţă** cu acesta. Această situaţie corespunde unui termos real, care, după un timp, permite răcirea conţinutului, dar nu pierde din substanţă.

Elemente de fizică statistică

- Funcţia de distribuţie canonică :

$$\rho(q,p)=\frac{1}{Z}e^{-\beta H(q,p)} \qquad \beta=\frac{1}{k_bT}$$

$H(q,p)$ funcţia lui Hamilton (hamiltonianul sistemului) şi are semnificaţia energiei mecanice totale a sistemului.

- Funcţia de partiţie: $Z=\int_D e^{-\beta H(q,p)}d\Gamma$

$$\langle A\rangle=\int_D A(q,p)\rho(q,p)d\Gamma=\frac{1}{Z}\int_D A(q,p)e^{-\beta H(q,p)}d\Gamma$$

$$U\equiv\langle H\rangle=\frac{1}{Z}\int_D H\, e^{-\beta H(q,p)}d\Gamma=-\frac{1}{Z}\frac{\partial Z}{\partial\beta}=-\frac{\partial}{\partial\beta}\ln Z$$

O aplicaţie ilustrativă a distribuţiei canonice şi anume ***distribuţia moleculelor unui gaz după viteze (distribuţia Maxwell)***.

Elemente de fizică statistică

- **Distribuţia macrocanonică** este caracteristică unui **sistem deschis**, sistem care face cu mediul ambiant atât **schimb de energie** , cât şi **schimb de substanţă** . Această situaţie corespunde unui termos defect, care nici nu menţine temperatura constantă, dar şi permite să iasă din el conţinutul.

$$\rho(q,p,N)=\frac{1}{Z_M(\beta,N_t,V)}e^{\beta[\mu N-H(q,p,V)]}\qquad Z_M(\beta,N_t,V)=\sum_{N=0}^{N_t}e^{\beta\mu N}\int_D e^{-\beta H(q,p,V)}d\Gamma$$

$$\langle A\rangle=\frac{1}{Z_M}\sum_{N=0}^{N_t}e^{\beta\mu N}\int_D A(q,p,N)e^{-\beta H(q,p,V)}d\Gamma$$

μ reprezintă potenţialul chimic al gazului; *N-numărul total de particule din sistem*

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

- Este o formă de existenţă a materiei caracterizată de 4 vectori, continui şi cu derivate continue în orice punct din spaţiu:

1. Intensitatea câmpului electric: $\vec{E}(\vec{r}, t)$
2. Inducţia magnetică: $\vec{B}(\vec{r}, t)$
3. Inducţia electrică: $\vec{D}(\vec{r}, t)$
4. Intensitatea câmpului magnetic: $\vec{H}(\vec{r}, t)$

Relaţiile matematice pe care le satisfac aceşti vectori sunt:

ecuaţiile lui Maxwell.

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

- **Câmpul electric**

Sarcinile electrice

Atomii care compun toate corpurile din natură prezintă un *nucleu*, format la rândul său din ***protoni*** şi ***neutroni*, **în jurul căruia se mişcă ***electronii***. Nucleul atomilor are sarcină electrică pozitivă dată de sarcina electrică pozitivă a protonilor , neutronii fiind particule fără sarcină electrică. *Electronii au sarcină electrică negativă.* Sarcina electrică pozitivă a unui proton este egală în mărime absolută cu sarcina electrică negativă a unui electron. Această mărime este o constantă universală denumită *sarcină elementară*, având valoarea:

$$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \quad \text{C}$$

în SI unitatea de sarcină electrică fiind *coulombul* - C. Atomii care au pierdut unul sau mai mulţi electroni devin ***ioni pozitivi*** ; în alte împrejurări atomii pot dobândi electroni în exces şi devin ***ioni negativi***.

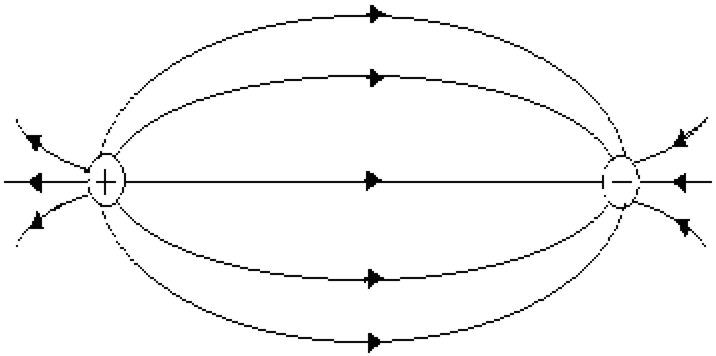
CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric

Sarcinile electrice

Legea conservării sarcinii electrice afirmă că suma algebrică a sarcinilor unui sistem izolat rămâne constantă.

Distribuţia neuniformă a sarcinilor electrice de cele două semne între corpuri sau între părţi ale acestora determină ***electrizarea*** **corpurilor**. Experienţa arată că corpurile electrizate interacţionează cu forţe electrice: *corpurile cu sarcini de acelaşi semn se resping iar cele cu sarcini de semn contrar se atrag.*



CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric

Legea lui Coulomb exprimă forţa de interacţiune dintre două corpuri *puncti-forme* electrizate:

$$\vec{F} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon r^2}\frac{\vec{r}}{r}$$

ε - *permitivitatea* mediului. $\varepsilon_o = 1/(4\pi \cdot 9 \cdot 10^9)$ F/m

În SI permitivitatea se măsoară în F/m.

Permitivitatea relativă a mediului: $\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_o$

Interacţiunea dintre corpurile încărcate cu sarcini electrice se realizează prin intermediul ***câmpului electric.***

Intensitatea câmpului electric *într-un punct al câmpului este egală cu raportul dintre forţa cu care acţionează câmpul asupra unui corp de probă aflat în acel punct şi sarcina electrică a corpului de probă:*

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

- **Câmpul electric**

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\,\varepsilon\, r^3} \cdot \vec{r}$$

Pentru reprezentarea grafică a unui câmp se utilizează ***linia de câmp*** : o curbă tangentă în fiecare punct al său la vectorul intensitate a câmpului şi având sensul acestuia. Liniile câmpului electrostatic (creat de sarcini electrice în repaus) sunt linii deschise în sensul că pornesc de pe sarcini pozitive şi sfârşesc pe sarcinile negative.

Fluxul elementar *al câmpului electric* printr-o suprafaţă se defineşte prin relaţia:

$$d\Phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S} \qquad d\vec{S} = dS \cdot \vec{n}$$

Fluxul câmpului electric printr-o suprafaţă finită: $\Phi_e = \int_{\Sigma} \vec{E} d\vec{S}$

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric

Teorema lui Gauss: *fluxul câmpului electric printr-o suprafaţă închisă este egal cu sarcina din interiorul suprafeţei, împărţită la* ε_o:

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = q/\varepsilon_o$$

Teorema lui Gauss permite calculul câmpului electric pentru diferite distribuţii de sarcin electrice.

Sub acţiunea forţelor câmpului o sarcină electrică liberă se poate deplasa. Lucrul mecanic efectuat de forţele câmpului la deplasarea sarcinii între două puncte A şi B este:

$$L_{AB} = q\int_A^B \vec{E} d\vec{r}$$

Tensiunea electrică *între două puncte este*:

$$U_{AB} = \int_A^B \vec{E} d\vec{r}$$

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric

Tensiunea electrică *între două puncte este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat de forţele câmpului electric la deplasarea sarcinii unitate între acele puncte.*

$$L_{AB} = qU_{AB}$$

Potenţialul electric într-un punct oarecare al câmpului creat de o sarcină punctiformă are expresia:

$$\boxed{V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\, r}}$$

Tensiunea electrică între două puncte este egală cu diferenţa de potenţial:

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

Legătura între potenţialul electric şi câmp: $V_A - V_B = -\Delta V = -\int_A^B dV = \int_A^B \vec{E}d\vec{r}$

Pentru un câmp uniform: $U_{AB} = Ed$

În SI, **potenţialul electric** şi **tensiunea electrică** se măsoară în ***volt*, V**: 1V=1J/1C, iar **intensitatea câmpului electric** se măsoară în **V/m.**

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

- ## Câmpul electric

***Energia potenţială** a sarcinii în câmpul electrostatic:*

$$W = qV$$

$$L_{AB} = q(V_A - V_B) = W_A - W_B$$

Obs. Câmpul electrostatic este un câmp potenţial (forţe conservative), adică lucrul mecanic efectuat de forţele câmpului la deplasarea unei sarcini între două puncte nu depinde de drum , iar la deplasarea pe o curbă închisă lucrul mecanic este nul:

$$\oint \vec{E} d\vec{r} = 0$$

Potenţialul unui conductor izolat încărcat este proporţional cu sarcina lui:

$$C = \frac{Q}{V}$$

C reprezintă ***capacitatea electrică*** a conductorului.
Un sistem de două conductoare (numite armături) încărcate cu sarcini egale în mărime şi de semn contrar, separate printr-un dielectric, formează un ***condensator electric.***

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric

Capacitatea electrică a condensatorului este: $C = Q/U$

Condensatorul plan, cu armăturile plan-paralele de arie *S* şi distanţa dintre ele *d* are capacitatea dată de:

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

În SI, capacitatea electrică se măsoară în ***farad***, F: 1F=1C/1V.

Energia câmpului electric

Condensatorul încărcat reprezintă un sistem caracterizat printr-o energie *W* egală cu lucrul mecanic efectuat pentru încărcarea lui:

$$L = \int_0^Q U dQ = \int_0^Q \frac{QdQ}{C} = \frac{1}{2C}Q^2 = \frac{1}{2}CU^2$$

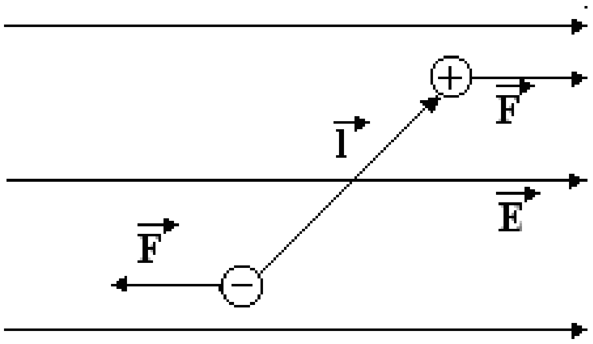
$$\boxed{W = L = \frac{1}{2}\varepsilon SdE^2 = \frac{1}{2}\varepsilon vE^2}$$

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric în dielectrici

Unii dielectrici, numiţi ***polari*,** au moleculele astfel încât centrul sarcinilor pozitive nu coincide cu cel al sarcinilor negative şi fiecare moleculă constituie un ***dipol electric****: un ansamblu de două sarcini egale în mărime dar de semn opus aflate la o anumită distanţă între ele.*

Dipolul electric se caracterizează prin *momentul de dipol electric:*



$$\boxed{\vec{p}_e = q\vec{l}}$$

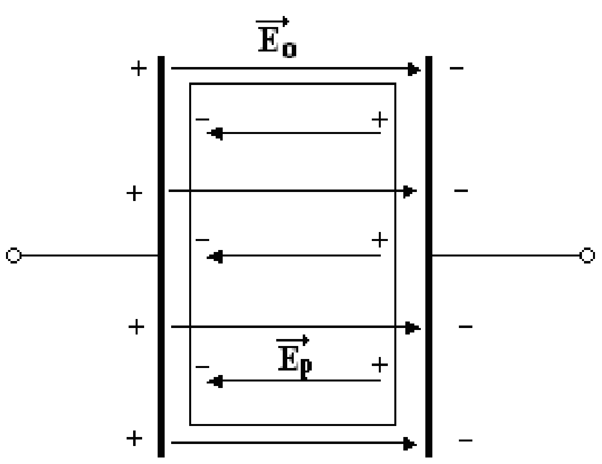
Momentul cuplului:

$$\vec{M}_c = \vec{l} \times \vec{F} = \vec{l} \times q\vec{E} = q\vec{l} \times \vec{E} = \vec{p}_e \times \vec{E}$$

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Polarizarea dielectricului

- La introducerea în câmp electric dipolii moleculari tind să se orienteze asfel că pe feţele dielectricului paralele cu armăturile apar sarcini electrice de semn opus. Se spune că *dielectricul s-a polarizat*.
- Polarizarea dielectricului se petrece şi în cazul dielectricilor cu molecule nepolare, în această situaţie dipolii moleculari fiind induşi chiar de câmpul în care este plasat dielectricul.



$$\vec{E} = \vec{E}_o + \vec{E}_p$$

I*ntensitate de polarizare electrică* sau *polarizaţie electrică*:

$$\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_e}{v}$$

CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

Câmpul electric

Polarizaţia electrică este proporţională cu câmpul electric din dielectric:

$$\boxed{\vec{P} = \varepsilon_o \chi_e \vec{E}}$$

χ_e - *susceptivitate electrică*, pentru mediile izotrope fiind o mărime scalară, caracteristică materialului dielectricului.

Vectorul ***inducţie electrică***:

$$\boxed{\vec{D} = \varepsilon_o \vec{E} + \vec{P}}$$

$$\vec{D} = \varepsilon_o \vec{E} + \varepsilon_o \chi_e \vec{E} = \varepsilon_o (1 + \chi_e) \vec{E} = \varepsilon \vec{E}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r \qquad \varepsilon_r = 1 + \chi_e$$

Teorema lui Gauss se va scrie cu ajutorul inducţiei electrice în forma:

$$\boxed{\oint \vec{D} d\vec{S} = q}$$