

FIZICĂ

Câmpul electric și curentul electric
Energia și puterea electrică

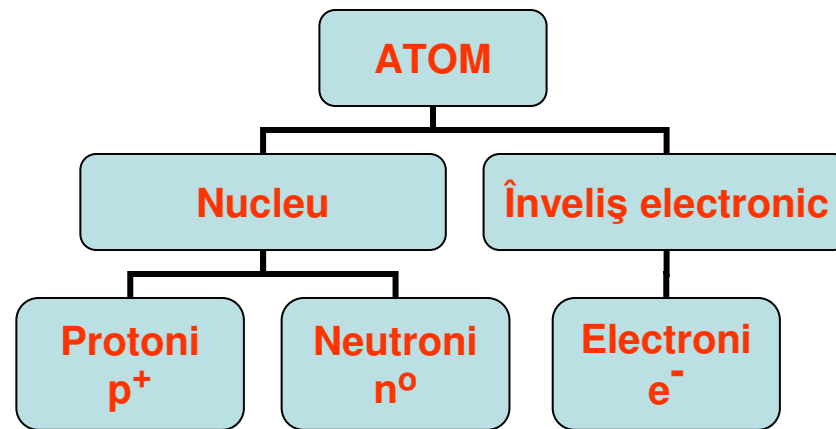


ș.l. dr. Marius COSTACHE

FENOMENE ELECTRICE

I. CÂMPUL ELECTRIC

1) Sarcini electrice. Legea lui Coulomb



$$q_{p^+} = -q_{e^-} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = e = \textit{sarcina el. elementara}$$

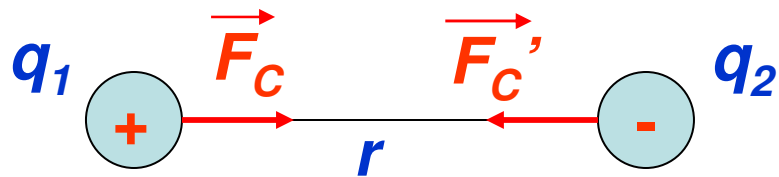
[q] = 1 C (Coulomb)

- Atomul e neutru dpdv electric !
- Ioni + și -

Sarcini electrice. Legea lui Coulomb

- **Legea conservării sarcinilor electrice** = într-un sistem izolat, suma algebrică a sarcinilor electrice rămâne constantă
- Sarcinile de același semn se resping; cele de semne contrare se atrag

Legea lui Coulomb


$$\vec{F}_C = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

ϵ = permitivitatea dielectrică a mediului

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \quad K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}$$

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

= permitivitatea dielectrică relativă a mediului față de vid

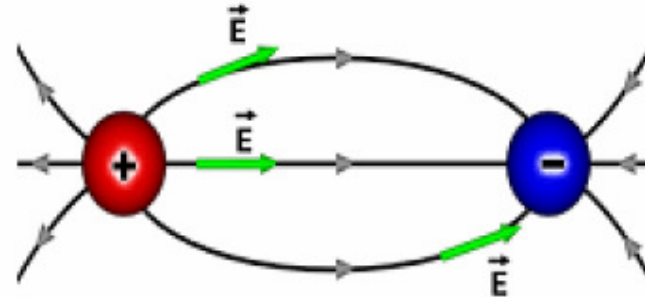
2) Intensitatea câmpului electric

Def Câmpul electric

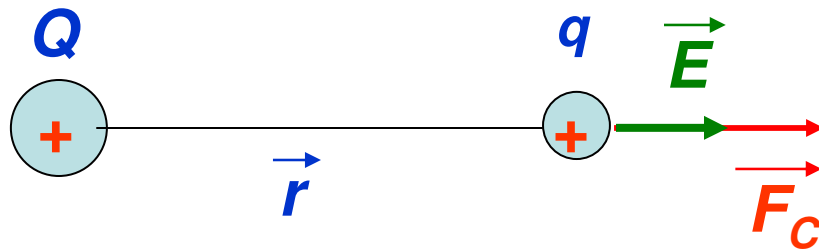
Câmp electric:

-radial

-uniform



Def Intensitatea câmpului electric într-un punct



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_C}{q} ; [\vec{E}] = \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

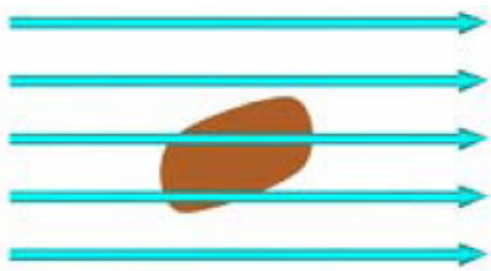
Obs: $\vec{F}_C = q \vec{E}$

➤ Principiul superpoziției

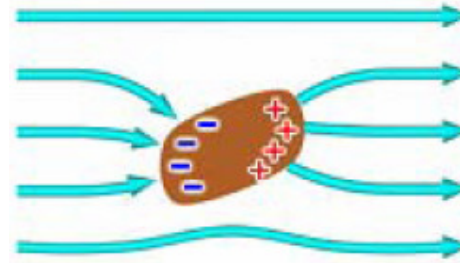
$$\vec{E}_{rez} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots \vec{E}_n$$

2) Intensitatea câmpului electric

- **Conductor în câmp electric staționar** => separarea sarcinilor prin *inducție electrică*

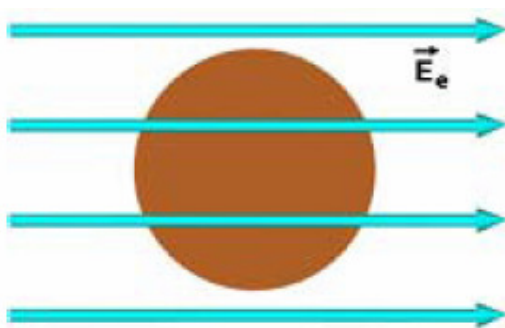


la început

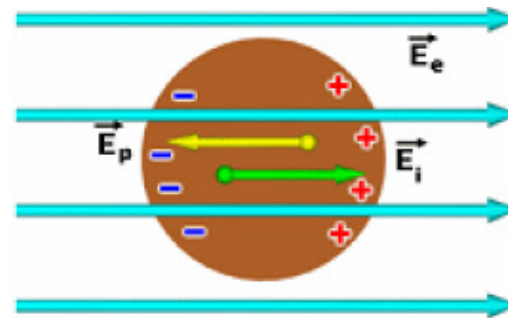


după stabilirea echilibrului

- **Izolator (dielectric) în câmp electric staționar**



la început



după stabilirea echilibrului

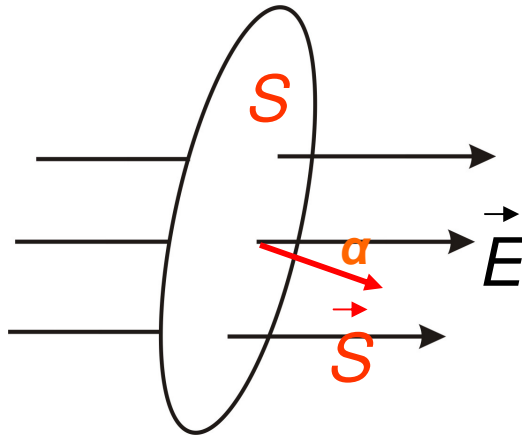
$$E_{\text{int}} = E_{\text{ext}} - E_{\text{pol}}$$

Def Vectorul Inducție electrică: $\vec{D} = \epsilon \cdot \vec{E}_{\text{int}}$

3) Fluxul electric

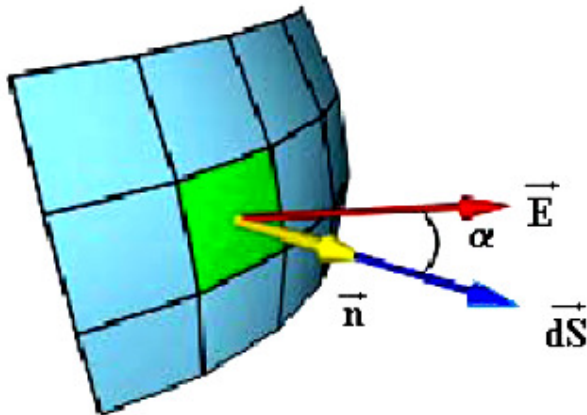
Convenție Numărul liniilor de câmp ce străbat unitatea de suprafață este egal cu intensitatea cp.electric din locul în care este situată suprafața.

Def Fluxul electric prin suprafața S



$$\Phi_e = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos \alpha$$

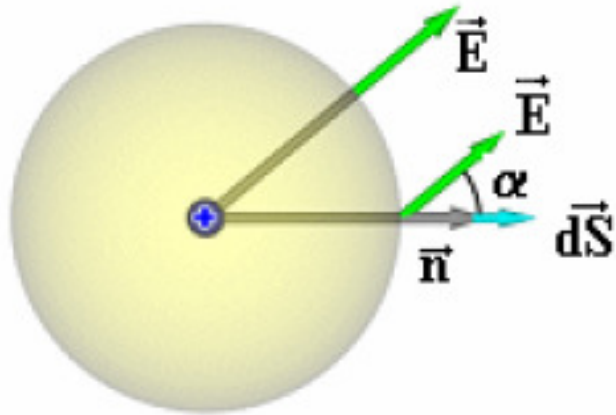
$$[\phi_e] = \frac{V}{m}$$



$$d\Phi_e = \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cos \alpha dS$$

4) Legea lui Gauss pentru campul electric

Teorema lui Gauss: Fluxul câmpului electric printr-o suprafață închisă S este egal cu sarcina electrică q din interiorul suprafeței, împărțită la permitivitatea dielectrică a mediului



$$\Phi_{e_s} = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon}$$

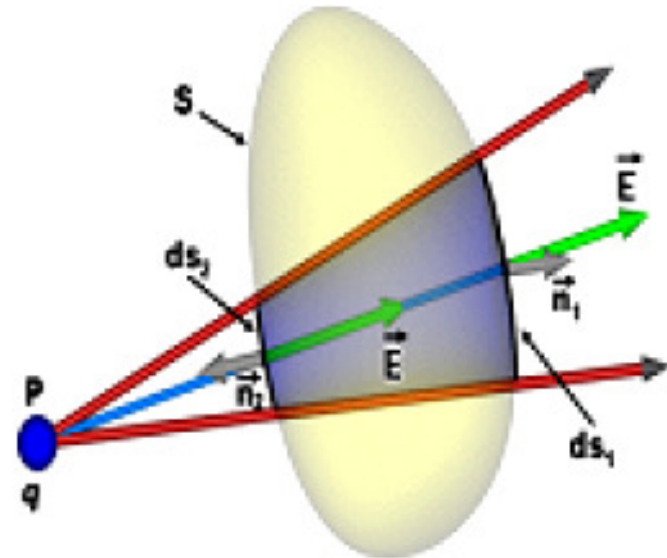
(Teorema lui Gauss, forma integrală)

Obs:

a)

$$\Phi_S = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n}{\epsilon}$$

b) O sarcină electrică exterioară suprafeței închise nu produce flux electric prin acea suprafață !



Legea lui Gauss

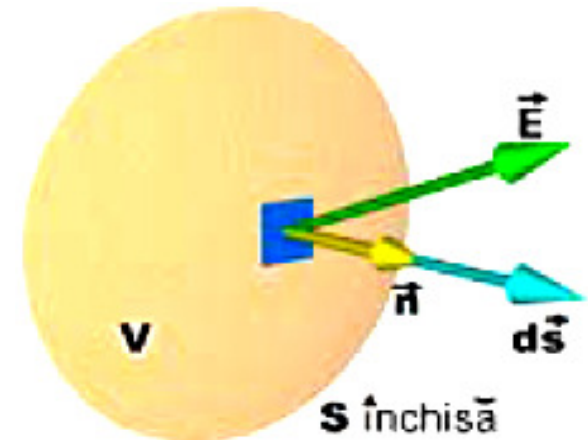
Def Densitatea volumică
de sarcină electrică:

$$\rho_e = \frac{dq}{dV} \quad ; \quad [\rho_e] = \frac{C}{m^3}$$

$$Q = \int_V \rho_e dV$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_V \operatorname{div} \vec{E} dV \quad (\text{Gauss-Ostrogradski})$$

$$\Phi_{e_s} = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_V \operatorname{div} \vec{E} dV = \frac{1}{\epsilon} \int_V \rho_e dV$$



$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\epsilon} \rho_e$$

(Teorema lui Gauss, forma locală, diferențială)

Semnificația fizică a divergenței: $\operatorname{div} \vec{E}$ este mai mare în punctele în care denitatea volumică de sarcină este mai mare

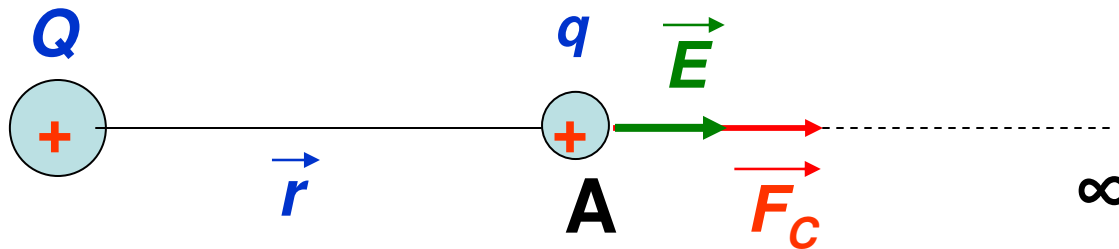
$$\operatorname{div} \vec{E} = 0 \Rightarrow \rho = 0$$

(nu există sarcini electrice \Rightarrow acel punct nu este sursă de câmp electric)

5) Potențialul electric. Tensiunea electrică

Not *Potențialul electric* într-un punct situat la distanța r de sarcina electrică punctiformă Q :

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} ; [V(r)] = 1 \text{ Volt}$$



$$V_A = \frac{L_{A \rightarrow \infty}}{q}$$

Def *Tensiunea electrică* dintre punctele A și B:

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

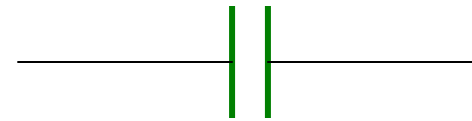
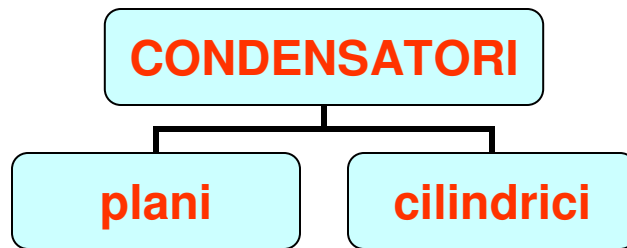
Def *Energia potențială electrostatică* a sarcinii q în punctul în care potențialul electric este V :

$$W = qV ; [W] = 1 \text{ Joule}$$

Obs: Câmpul electrostatic este câmp de forțe conservative (câmp potențial)!

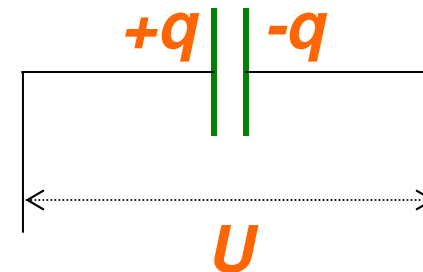
6) Condensatorul electric. Energia câmpului electric

Condensatorul electric = ansamblu de două plăci metalice (armături) separate de un strat izolator (dielectric)



Def *Capacitatea electrică* a condensatorului:

$$C = \frac{q}{U} \quad ; \quad [C] = 1 \text{ Farad}$$



Obs:

a) capacitatea condensatorului plan: $C_{c.plan} = \epsilon \frac{S}{d}$

b) intensitatea câmpului electric uniform
dintre armăturile condensatorului plan: $E = \frac{U}{d}$

6) Condensatorul electric. Energia câmpului electric

Energia câmpului electric dintre armăturile condensatorului este egală cu lucrul mecanic efectuat pentru încărcarea lui:

$$W = L = \frac{CU^2}{2}$$

Def Densitatea volumică de energie:

$$w = \frac{W}{V}$$

$$W = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{d} (Ed)^2 = \frac{1}{2} \epsilon EV$$

$$w = \frac{1}{2} \epsilon E$$

(densitatea volumică de energie a câmpului electric)

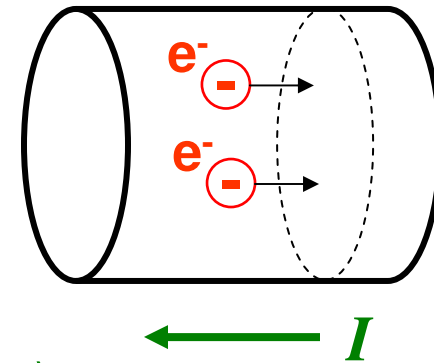
7) Curentul electric. Densitatea de curent

Curent electric = mișcarea ordonată a sarcinilor electrice

Convenție: sensul curentului electric = sensul de deplasare a sarcinilor electrice pozitive (sensul invers de deplasare a electronilor)

Def *Intensitatea curentului electric*:

$$I = \frac{q}{t} ; [I] = 1 \text{ Amper}$$



(intensitatea curentului electric constant, continuu)

Obs: Dacă intensitatea curentului nu este constantă, atunci:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

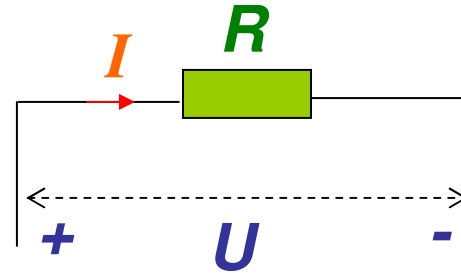
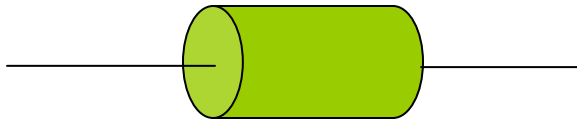
Def *Densitatea de curent electric* \vec{j} :

$$j = \frac{I}{S_n} ; [j] = \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Obs: Dacă curentul nu este distribuit uniform în secțiunea transversală a conductorului, atunci:

$$j = \frac{dI}{dS_n}$$

8) Rezistența electrică. Legile lui Ohm



Def Rezistența electrică a conductorului:

$$R = \frac{U}{I} ; [R] = \Omega \text{ (Ohm)}$$

Obs: Rezistența electrică a unui conductor cu lungimea l și aria secțiunii transversale S :

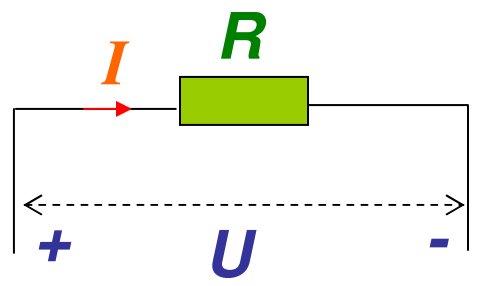
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

ρ = rezistivitatea materialului conductorului

$$\rho = \rho_o [1 + \alpha(T - T_0)] ; [\rho] = \Omega\text{m}$$

α = coeficientul de temperatură al rezistivității

8) Rezistența electrică. Legile lui Ohm

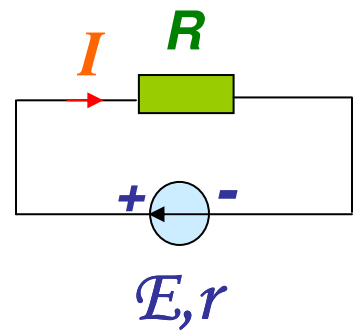


$$I = \frac{U}{R}$$

Legea lui Ohm
(forma integrală, macroscopică)

Legea lui Ohm pentru un circuit simplu:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$



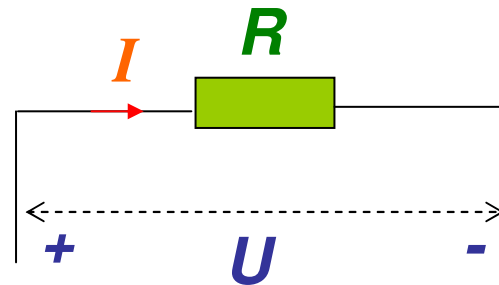
$$E = \frac{U}{l} \Rightarrow U = El$$

$$I = \frac{El}{\rho \frac{l}{S}} = \frac{ES}{\rho} \Rightarrow \frac{I}{S} = \frac{E}{\rho} \Rightarrow j = \frac{E}{\rho}$$

$$\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho}$$

Legea lui Ohm
(forma locală, microscopică, punctuală)

9) Energia curentului electric



Consumatorul este străbătut în timpul t de sarcina electrică: $q = It$
care are energia potențială: $W = qU$

=> **Energia transferată consumatorului în timpul t :**

$$W = U I t ; [W] = 1 \text{ Joule}$$

Obs: kwh = unitate de masura pentru energia electrica

Efectul termoelectric (efect Joule): încălzirea conductorilor parcurși de curent electric.

Def: Puterea electrica:

$$P = \frac{W}{t} ; [P] = 1 \text{ watt}$$

BIBLIOGRAFIE

- ❖ F. BARVINSCHI – “*Fizică Generală*”,
Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004

[www.et.upt.ro>CATEDRE>BFI>CadreDidactice>BarvinschiF>DownloadStudenti](http://www.et.upt.ro/CATEDRE>BFI>CadreDidactice>BarvinschiF>DownloadStudenti)

- ❖ M. CRISTEA, D. POPOV, F. BARVINSCHI, I. DAMIAN,
I. LUMINOSU, I. ZAHARIE – “*Fizică. Elemente fundamentale*”,
Ed. Politehnica, Timișoara, 2006
- ❖ I. LUMINOSU – “*Fizică. Elemente fundamentale*”
Ed. Politehnica, Timișoara, 2004
- ❖ S. PRETORIAN, M. COSTACHE, V. CHIRIȚOIU – “*Fizică. Elemente
fundamentale. Aplicații*”, Ed. Politehnica, Timișoara, 2006
- ❖ *Luminosu I., Pop N., Chiritoiu V., COSTACHE Marius* – “*Fizică.
Teorie, probleme și teste grilă*”, Ed. Politehnica, Timișoara, 2010