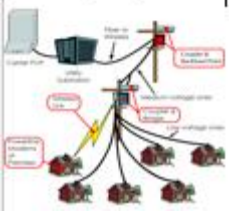
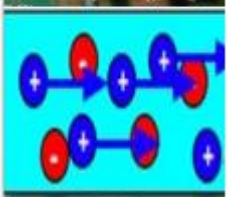


Electricitate I

Noțiuni de bază. Curent continuu.



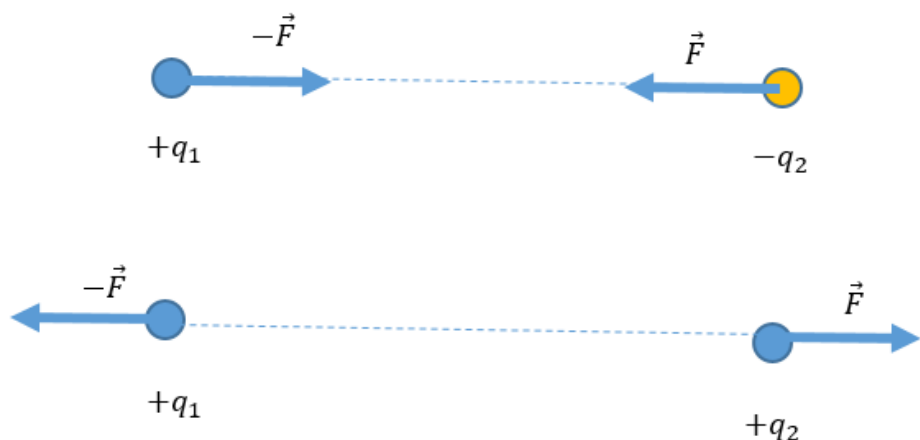
Sumar

- Sarcina electrică. Legea lui Coulomb.
- Câmpul electric.
- Curentul electric. Curentul continuu.
- Intensitatea curentului electric
- Tensiunea electrică. Tensiunea electromotoare.
- Rezistența electrică.

Sarcina electrică. Legea lui Coulomb

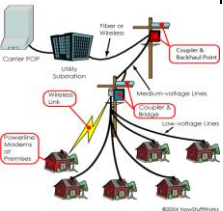
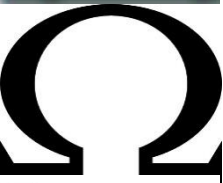
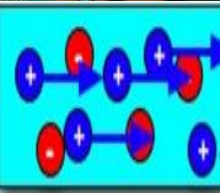
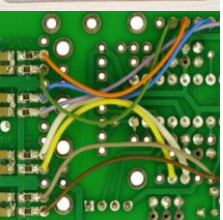
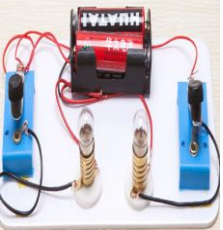
Sarcina electrică

- Pozitivă sau negativă
- Mărime cuantificată $q = \pm Ne$, $N = 1, 2, 3, \dots$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$ sarcina elementară
- Sarcina elementară (cea mai mică sarcină care se găsește liber în natură).
- Sarcina electronului $-e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$, sarcina protonului $+e$.
- Sarcina electrică este invariantă relativist (nu depinde de viteză).



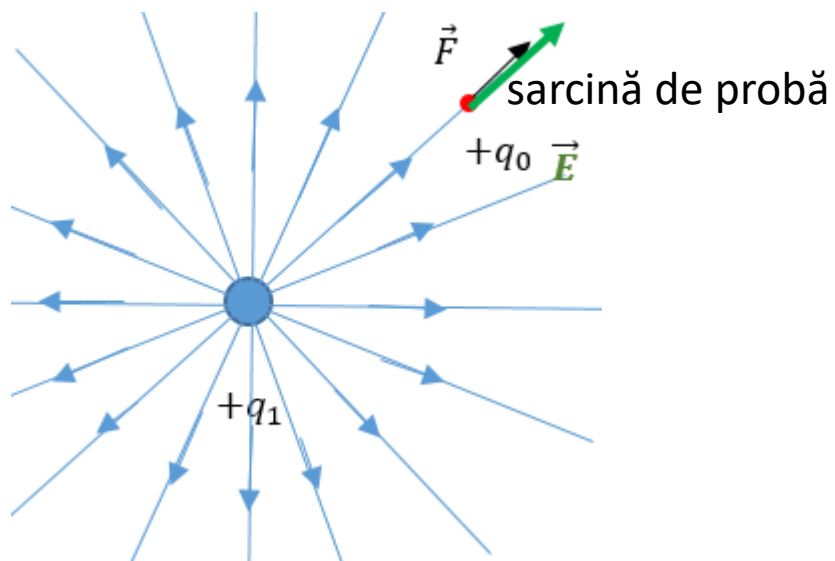
Legea lui Coulomb

- Sarcini electrice punctiforme aflate în repaus
- $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{q_1q_2}{r^2}$
- $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} F/m$ permitivitatea absolută a vidului
- ϵ_r permitivitatea relativă a mediului, $\epsilon_r = 1$ aer, vid.
- r distanța dintre cele două sarcini electrice

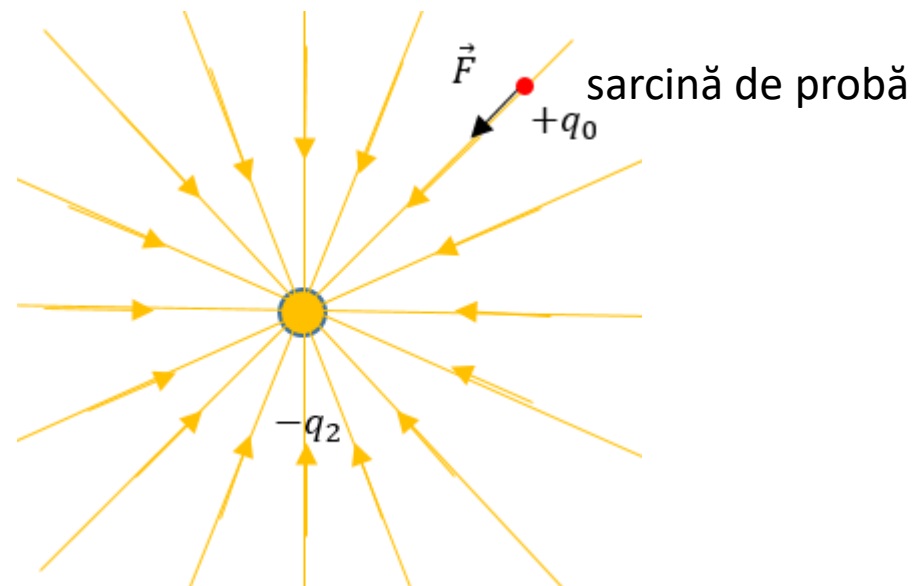


Câmpul electric

Liniile de câmp electric produse de o sarcină electrică punctiformă în repaus



Liniile de câmp electric produse de o sarcină electrică punctiformă în repaus



$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad \left[\frac{V}{m} \right]$$

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{q}{r^2}$$

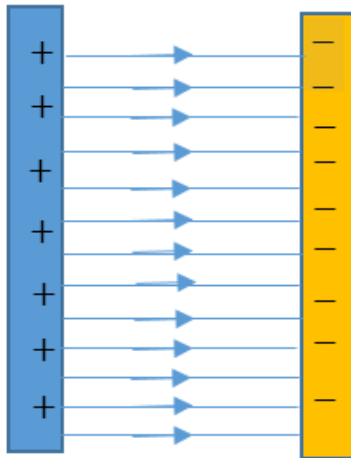
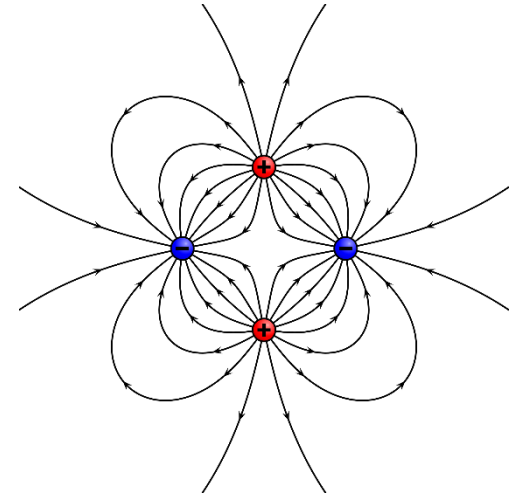
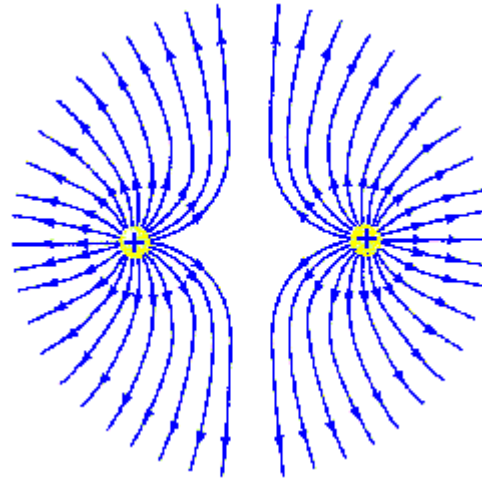
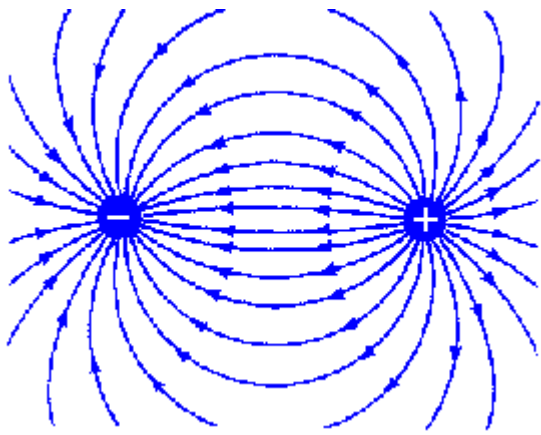
Intensitatea câmpului electric produs de o sarcină electrică punctiformă în repaus

- q sarcina care produce câmpul
- r distanța față de sarcină a punctului în care se calculează câmpul electric



Câmpul electric

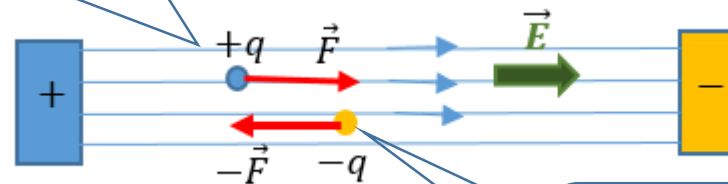
Distribuția în spațiu a câmpului electric depinde de sarcina electrică care îl generează



Câmp electric uniform

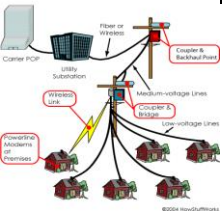
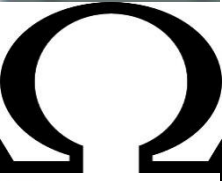
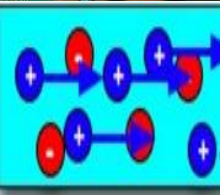
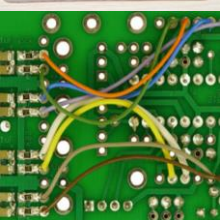
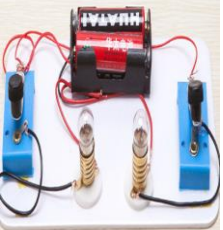
Sarcinile pozitive se deplasează în sensul liniilor de câmp electric.

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



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

Sarcinile negative se deplasează în sens invers liniilor de câmp electric.



Curentul electric

- Este o **mişcare ordonată** de purtători de sarcină electrică.
 - ✓ electroni în metale,
 - ✓ ioni pozitivi și negativi în electroliti,
 - ✓ electroni și goluri în semiconductori,
 - ✓ electroni și ioni în plasmă, etc
- Posibilitatea apariției curentului electric este legată de existența unor sarcini electrice libere în diferite medii sau materiale. În izolatori (în condiții normale) nu există asemenea sarcini electrice libere deci nu există posibilitatea apariției curentului electric.



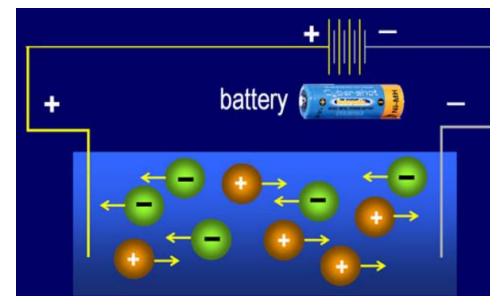
- Plasticele
- Ceramica
- Hartia uscată
- Apa pură
- Sticla
- Lemnul uscat
- etc

conductori

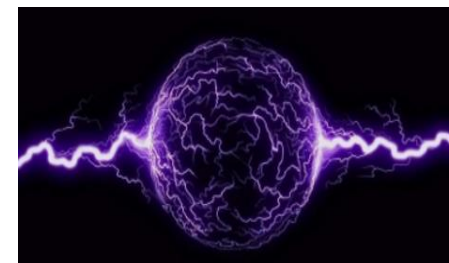
Metale, aliaje



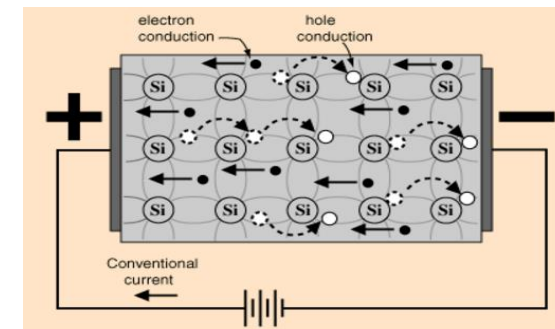
Electroliti CuSO_4 +apă



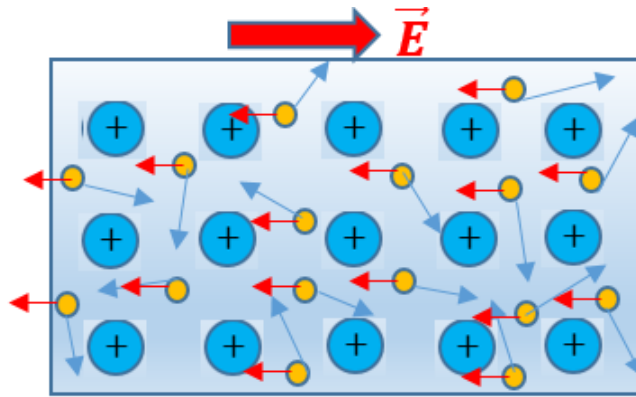
Gaze ionizate



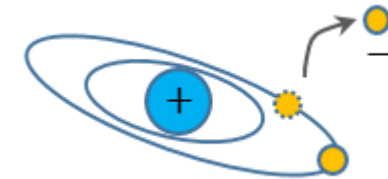
Semiconductori Si, Ge, ...



Curentul electric în metale

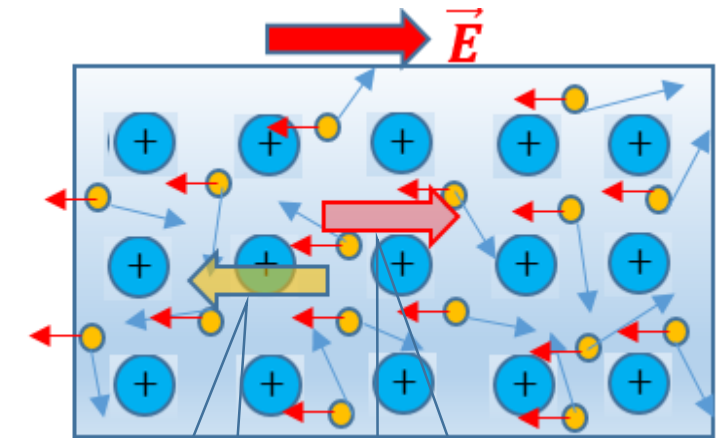


● Electron liber
⊕ Ion pozitiv



Imagine simplificată a unui atom de metal

- În metale conducția electrică este asigurată de electronii de valență mai slab legați de nucleul atomic care devin electroni liberi.
- Electronii liberi au o mișcare dezordonată de agitație termică. Viteza medie a mișcării de agitație termică este $u_T \cong 10^5 \text{ m/s}$ la temperatura camerei (este ilustrată de săgețile albastre).
- Un câmp electric extern aplicat la capetele conductorului determină deplasarea ordonată a electronilor liberi în sens invers intensității câmpului electric aplicat. Acesta este curentul electric.
- Viteza medie a mișcării ordonate numite viteză în curent sau viteză de drift este $v_m \cong 10^{-4} \text{ m/s}$. $v_m \ll u_T$



Sensul deplasării electronilor

Sensul convențional al curentului electric

Intensitatea curentului electric

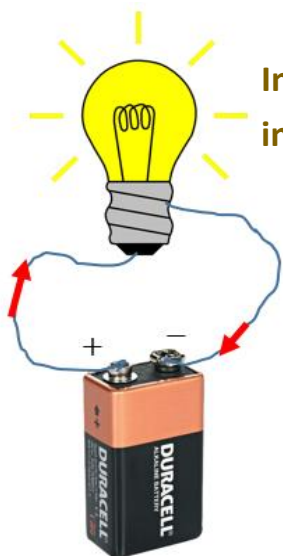
Intensitatea curentului într-un punct al unui conductor reprezintă sarcina electrică care trece în unitatea de timp printr-o secțiune transversală a unui conductor.

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad [A]$$

Unitatea de măsură este **amperul**, care corespunde trecerii unui coulomb (aproximativ $6 \cdot 10^{18}$ sarcini elementare) în timp de o secundă. Amperul este unitatea fundamentală în SI.

Curentul continuu = intensitatea curentului este constantă în timp, sensul curentul nu se modifică.

Sensul convențional al curentului electric este de la borna „+” la „-” a generatorului (același cu sensul câmpului electric în cazul conducției în metale)

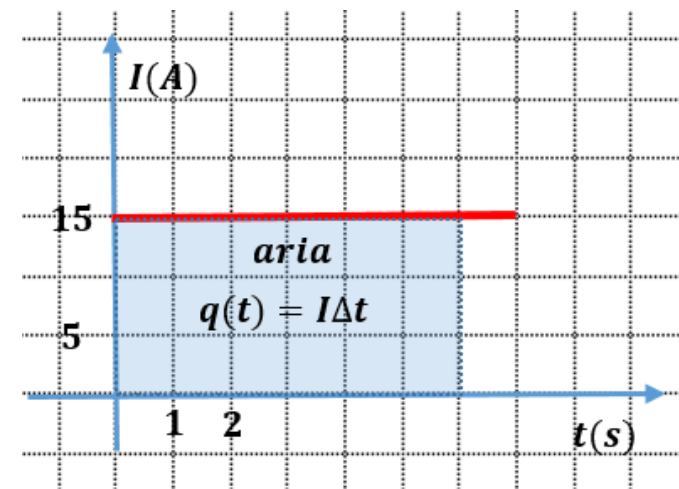


In cazul curentului electric continuu
intensitatea curentului se scrie:

$$I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{Ne}{\Delta t}$$

N - nr. electronilor
e - sarcina elementară

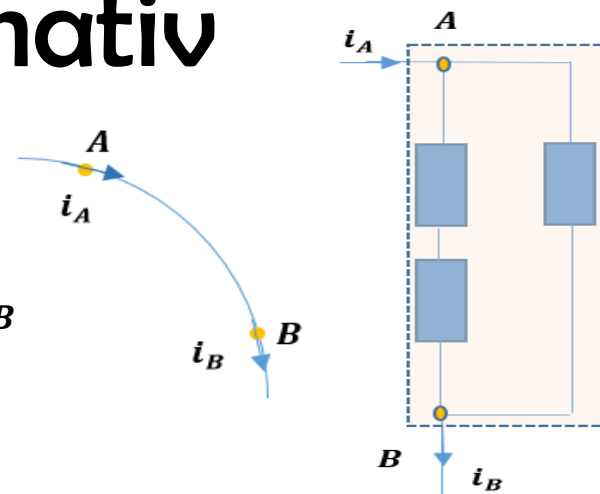
Reprezentarea grafică a $i(t)$ în cazul unui curent continuu. Aria de sub grafic reprezintă sarcina electrică totală care trece în timpul considerat prin conductor.



Curentul continuu și alternativ

În cazul curentului continuu (staționar) în orice punct al circuitului se consideră constantă valoarea intensității curentului la orice moment de timp. În cazul în care avem circuite bloc (elemente de circuit cu anume funcționalități) în cazul curentului continuu considerăm la intrarea și ieșirea elementului bloc intensitatea curentului ca având aceeași valoare.

$$I = i(t)_A = i(t)_B = \text{const.}$$

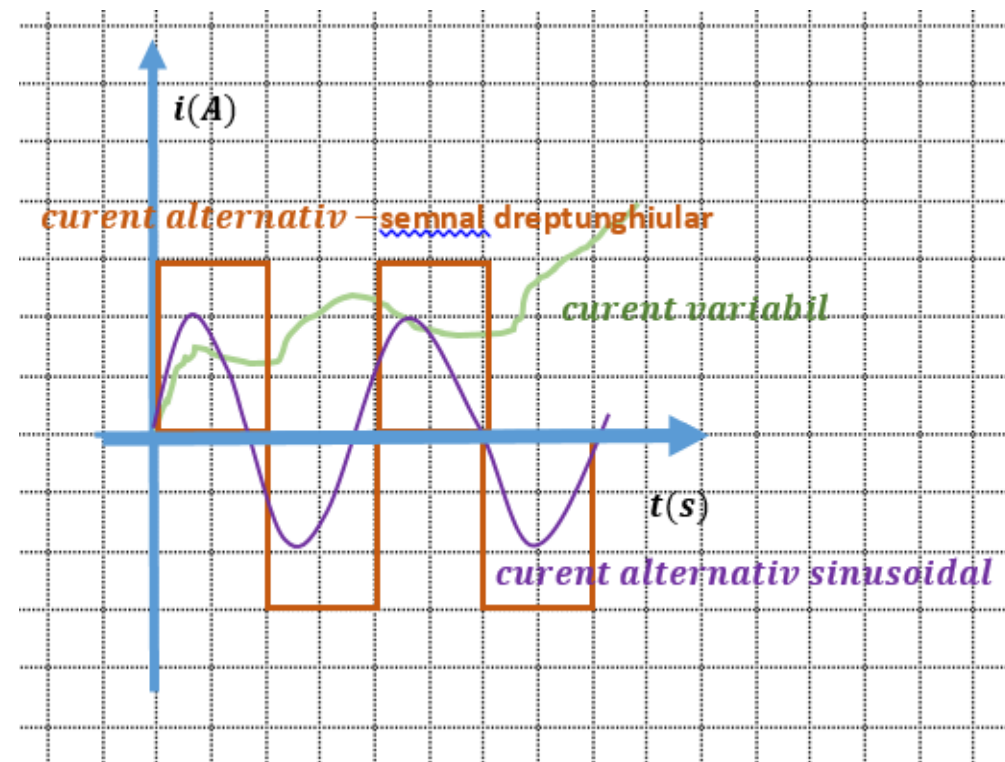


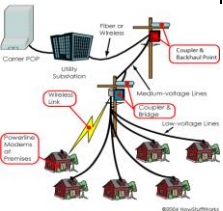
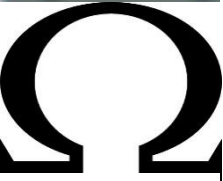
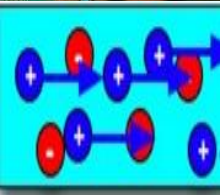
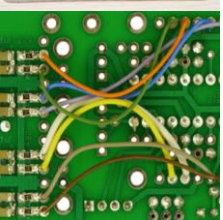
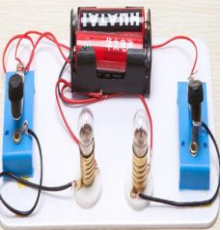
În cele mai multe situații avem de a face în circuitele electrice cu intensități ale curenților variabile în timp.

$i(t)$ – *variază* (fig. alăturată)

Dacă valoarea intensității curentului și sensul curentului se modifică periodic avem curent alternativ.

Curentul alternativ poate fi descris de mai multe tipuri de funcții. Dacă funcția care descrie variația este sinusoidală sau cosinusoidală avem curentul alternativ sinusoidal.





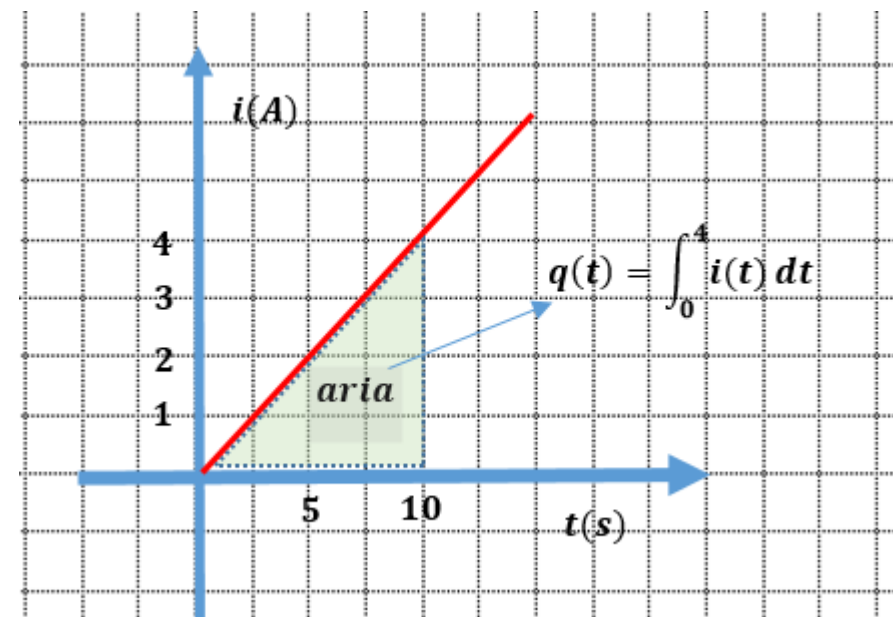
Cum se calculează sarcina electrică care trece printr-o secțiune a unui conductor dacă intensitatea curentului variază în timp

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \quad [A]$$

1. Dacă se cunoaște forma funcției care descrie variația intensității curentului $i(t)$ atunci:

$$dq = i(t)dt \rightarrow \int_0^q dq = \int_{t_0}^t i(t)dt \rightarrow q = \int_{t_0}^t i(t)dt$$

2. Dacă se cunoaște graficul funcției $i(t)$ atunci se calculează aria de sub grafic între momentele de timp la care ne interesează să aflăm sarcina electrică



Dacă de exemplu $i(t) = 0,4t$ (vezi figura alăturată)

Și de exemplu ne interesează sarcina care trece printr-o secțiune oarecare a unui conductor în intervalul de timp $t \in (0,10)s$.

$q = \int_0^{10} 0,4t dt = 0,4 \frac{t^2}{2} \Big|_0^{10} = 20C$. Dacă se calculează aria de sub grafic (aria triunghiului) obținem aceeași valoare.

Limita de aplicabilitate a noțiunii de curent staționar

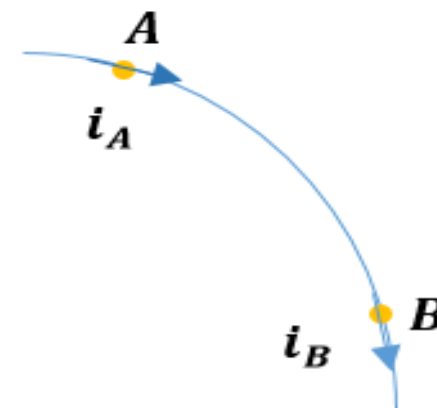
În practică avem de a face cu situații de curenți a căror intensitate variază în timp. Se pune atunci problema dacă o perturbație a intensității curentului într-un punct A al circuitului se transmite instantaneu în B?

Răspunsul este NU. O asemenea perturbație se propagă cel mult cu viteza luminii. Considerând distanța dintre punctele A și B fiind d_{AB} atunci $t = \frac{d_{AB}}{c}$, timpul necesar perturbației să se propage, putem considera $i(t)_A = i(t)_B$ doar dacă scara de timp la care analizăm fenomenele este mult mai mare decât t .

Pentru semnale sinusoidale $d_{AB} \ll cT = \lambda$ (dimensiunile circuitelor trebuie să fie mult mai mici decât lungimea de undă a semnalului care se propagă).

De exemplu,

$d_{AB} = 10\text{m}$, $d_{AB} = \frac{c}{v}$, $v = \frac{c}{d_{AB}} = 3 \cdot 10^7 \text{m/s}$ (semnalul poate fi cel mult din domeniul undelor radio ultrascurte sau microundelor)



Tensiunea electrică

Existența curentului electric pe o porțiune a unui circuit electric este determinată de existența unei tensiuni electrice sau a unei diferențe de potențial electric la bornele acelei porțiuni de circuit.

Tensiunea electrică între două puncte se definește prin lucrul mecanic efectuat de câmpul electrostatic la deplasarea unei sarcini pozitive de valoare unitară pe acea porțiune.

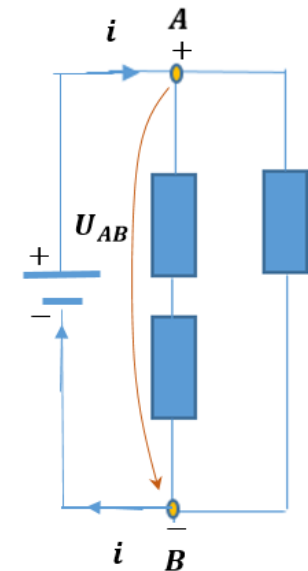
$$U_{AB} = \frac{L_{AB}}{q} \quad [V]$$

Tensiunea electrică între două puncte ale unui circuit este practic energia pe care trebuie s-o transferăm pentru a deplasa sarcinile electrice (electronii de conducție) pe acea porțiune.

Energia este transferată de **generatorul electric** (element activ al circuitului) și este primită de alte elemente de circuit, conductori (**consumatori electrice**) și care sunt elemente pasive de circuit.

Curentul electric intră în elementul de circuit pe la borna de potențial ridicat (+), sarcinile electrice sunt accelerate de câmpul electrostatic și "frânate" prin interacția cu structura internă a elementului de circuit. În acest caz, elementul de circuit este un consumator de energie electrică, așa cum este cazul porțiunii AB din figură. Într-un consumator de energie electrică, curentul curge de la borna cu potențial ridicat (+) la borna cu potențial coborât (-). Noțiunile de (+) și (-) sunt de fapt o convenție.

În generator curentul curge de la borna cu potențial scăzut (-) la borna cu potențial ridicat (+).



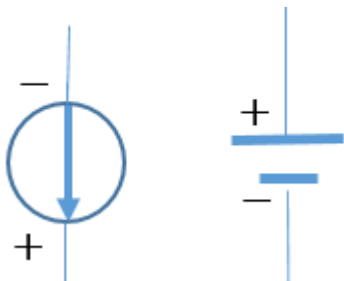
Tensiunea electromotoare

Tensiunea electromotoare a generatorului (t.e.m) se definește prin lucrul mecanic efectuat de câmpul electrostatic la deplasarea unei sarcini pozitive de valoare unitară pe tot circuitul inclusiv prin generator.

$$E = \frac{L_{tot}}{q} [V]$$

Generatorul electric este un element activ de circuit care furnizează energie electrică elementelor pasive de circuit. El are această energie stocată (energia chimică furnizată de elementele galvanice) sau o primește din exterior sub o altă formă (lumină în cazul fotelementelor, mecanică în cazul generatoarelor hidrocentralelor, etc).

Simboluri pentru generatorul de curent continuu



Simboluri pentru baterie formată din mai multe generatoare de curent continuu



Simbol pentru generatorul de curent alternativ sinusoidal



Generatoare

Alimentator didactic

baterii



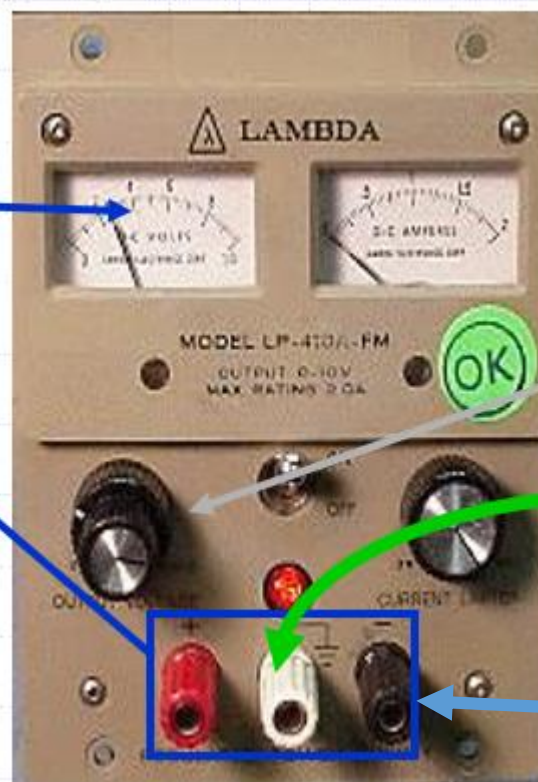
Scală

Borna pozitivă (+)

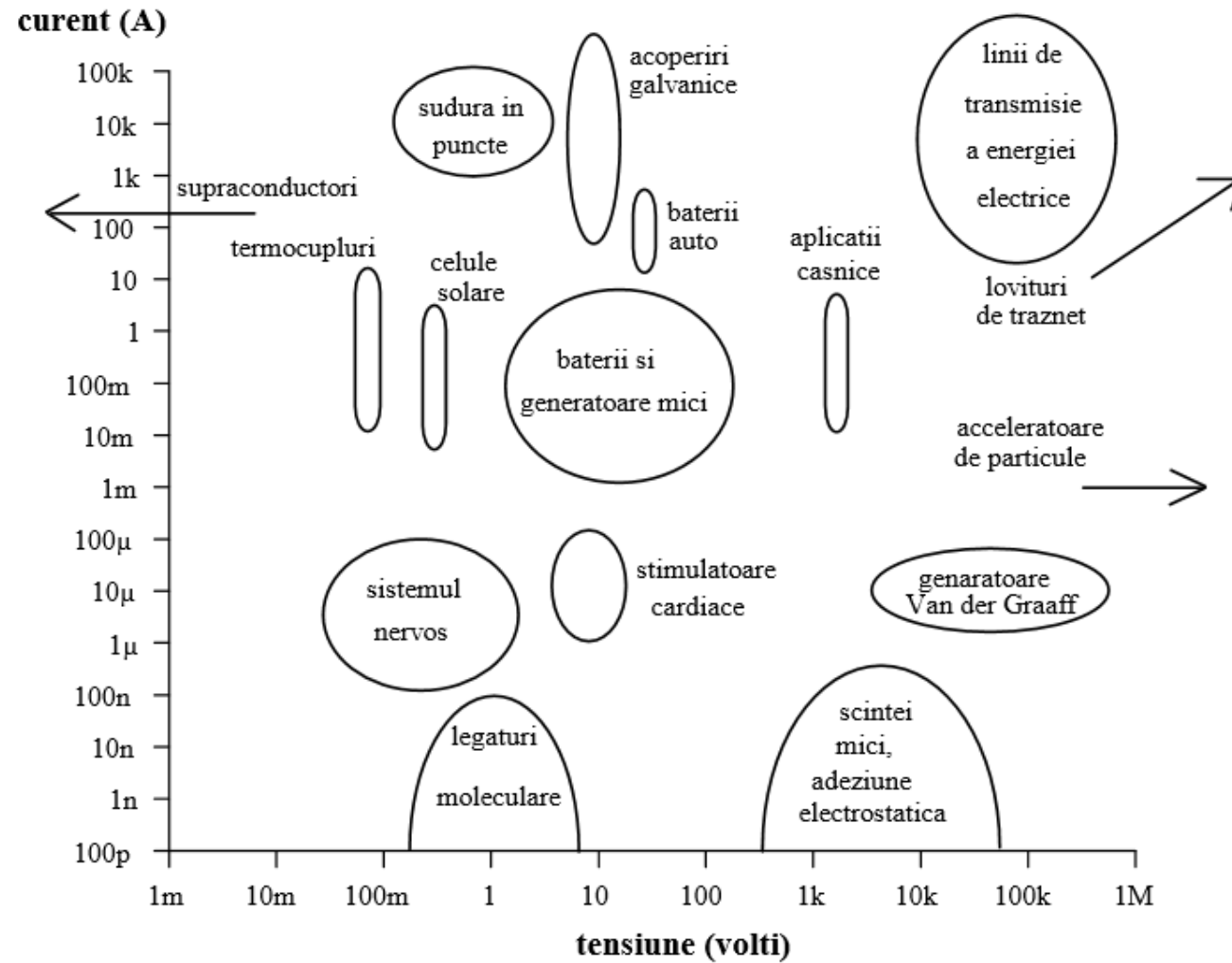
Buton care reglează valoarea tensiunii

Borna conectată la Pământ (potențial 0)

Borna negativă (-)



Câteva valori ale curenților și tensiunilor în practică



după P. Dincă – Manual de electronică

Rezistența electrică

Rezistența electrică este o mărime fizică care reflectă gradul în care un conductor se opune trecerii curentului electric. Este definită prin raportul dintre tensiunea electrică la bornele unui element de circuit și intensitatea curentului care îl parcurge.

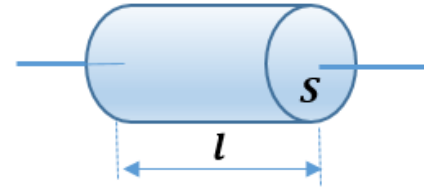
$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

Simboluri utilizate



Pentru un conductor omogen

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



ρ = rezistivitatea materialului $[\Omega m]$, l = lungimea, S = secțiunea

Rezistivitatea depinde de temperatură conform relației: $\rho = \rho_0[1 + \alpha(t - t_0)]$

t_0 este temperatura de referință, ρ_0 este rezistivitatea la temperatura de referință, α coeficient de variație a rezistenței electrice cu temperatura (depinde de material).