

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Câmpul magnetic se manifestă prin acțiunea pe care o exercită asupra:

- *sarcinilor electrice în mișcare*
- *conductorilor parcurși de curent*
- *magneților permanenți.*

*Câmpului magnetic se caracterizează printr-o mărime vectorială numită **inducție magnetică**, B*

În SI, inducția magnetică se măsoară în tesla, T: 1T este inducția magnetică a unui câmp magnetic uniform care acționează cu o forță de 1N asupra fiecărui m de lungime a unui conductor liniar parcurs de un curent de 1A, situat perpendicular pe liniile de câmp.

*Dacă o particulă cu sarcina electrică q se mișcă cu viteza \vec{v} într-un câmp magnetic de inducție \vec{B} asupra ei acționează **forța Lorentz**:*

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$$

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

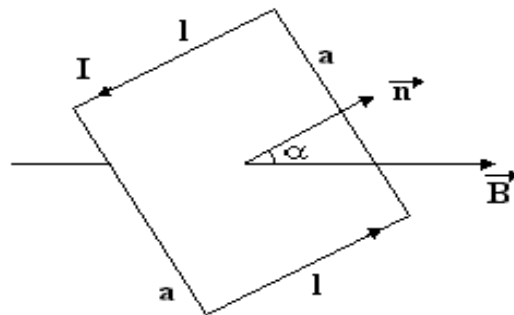
□ Câmpul magnetic

Intr-un conductor parcurs de curent electric, sarcinile electrice au o mișcare ordonată, astfel că asupra fiecăreia acționează o forță de tip Lorentz, iar asupra conductorului în ansamblul său rezultă **forța electromagnetă**:

$$\vec{F}_m = I\vec{l} \times \vec{B}$$

\vec{l} este un vector de mărime egală cu lungimea conductorului aflat în câmp magnetic, orientat în sensul curentului electric.

Să considerăm un cadru dreptunghiular, parcurs de un curent I , aflat într-un câmp magnetic uniform cu inducția \vec{B} care face unghiul α cu normala la cadru.



V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

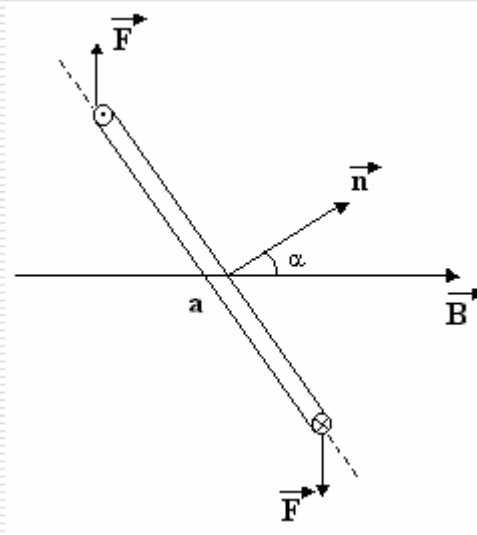
Asupra cadrului acționează un cuplu de forțe al cărui moment este:

$$\vec{M} = IS\vec{n} \times \vec{B} = I\vec{S} \times \vec{B} = \vec{p}_m \times \vec{B}$$

$\vec{p}_m = I\vec{S}$ reprezintă *momentul magnetic* al cadrului.

$$M = ISB \sin \alpha$$

Sensul vectorului moment magnetic se obține cu regula burghiului: rotind burghiul, așezat perpendicular pe cadru, în sensul curentului el înaintea în sensul momentului magnetic.



V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Sursele câmpului magnetic. Câmpul magnetic este creat de sarcini electrice în mișcare, respectiv de curenți electrici (cum s-a arătat mai sus, tocmai asupra acestora acționează cu forțe), câmpul creat de magneții permanenți având aceeași origine dacă se ține seama de structura lor microscopică.

Experiențele de până acum nu au putut pune în evidență sarcini magnetice, care să fie surse ale câmpului magnetic!

Teorema lui Gauss : fluxul inducției magnetice prin orice suprafață închisă este zero: $\oint \vec{B} d\vec{S} = 0$

În SI fluxul magnetic, $\Phi_m = \int \vec{B} d\vec{S}$ $[\Phi]_{SI} = 1Wb$

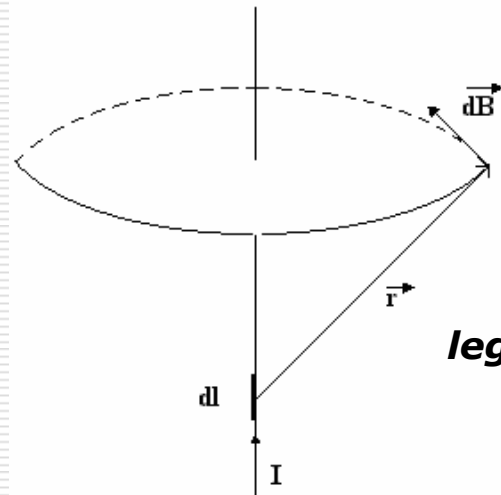
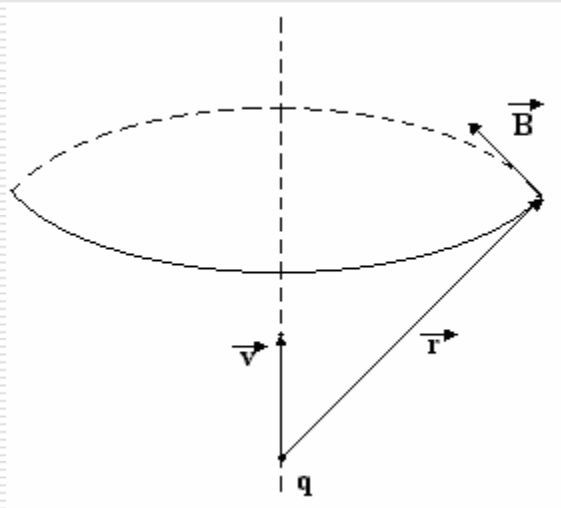
Câmpul magnetic creat de o sarcină electrică punctiformă q :

$$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$$

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

$$\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$$



$$d\vec{B} = \frac{\mu_o}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

legea lui Biot și Savart

$\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Tm/A este permeabilitatea magnetică a vidului.

Liniile câmpului magnetic sunt cercuri în plane perpendiculare pe direcția de mișcare a sarcinii, cu centrul pe această direcție, având sensul dat de regula burghiului.

Câmpul creat de un element de lungime dl dintr-un conductor parcurs de curentul I

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Aplicarea **legii lui Biot și Savart** pentru câteva cazuri particulare:

- inducția creată de un conductor rectiliniu, infinit de lung, parcurs de curentul I la distanța r de conductor:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$$

- inducția magnetică creată în centrul unei spire circulare de rază r parcurs de curentul I :

$$B = \mu_0 \frac{I}{2r}$$

- inducția magnetică creată pe axa unui solenoid cu N spire de lungime l mare în comparație cu diametrul spirelor, parcurs de curentul I :

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l}$$

În interiorul solenoidului câmpul magnetic este uniform (aceleași valori în toate punctele), iar liniile de câmp sunt paralele cu axa solenoidului.

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

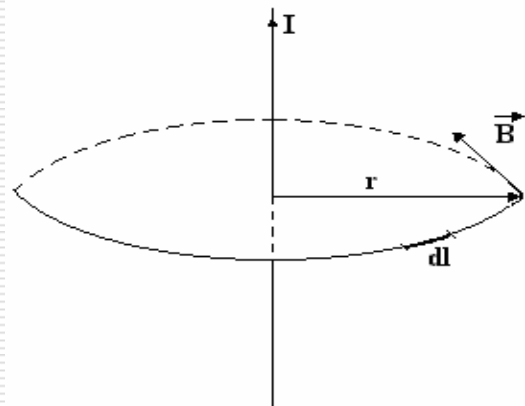
Legea lui Ampere. Curentul de deplasare.

Să considerăm câmpul magnetic produs de un conductor rectiliniu, infinit de lung, parcurs de un curent electric.

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I$$

Enunț: integrala de-a lungul unei curbe închise a produsului $\vec{B} d\vec{l}$

este egală cu permeabilitatea magnetică a vidului înmulțită cu intensitatea curentului ce trece prin suprafața delimitată de conturul închis.



V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Inducția electromagnetică: apariția unei tensiuni electromotoare într-un circuit străbătut de un flux magnetic variabil în timp.

Legea inducției electromagnetice (Faraday): tensiunea electromotoare indusă într-un circuit este egală cu viteza de variație a fluxului magnetic prin suprafața aceluși circuit, luată cu semn schimbat:

$$E = -\frac{d\Phi_m}{dt}$$

Regula lui Lenz: tensiunea electromotoare indusă și curentul indus au un astfel de sens, încât fluxul magnetic produs de curentul indus să se opună variației fluxului magnetic inductor.

În cazul mișcării unui conductor într-un câmp magnetic, perpendicular pe liniile câmpului magnetic, putem explica apariția t.e.m. induse prin acțiunea forței magnetice Lorentz :

$$E = Blv$$

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Curentul electric dintr-un circuit crează un câmp magnetic proporțional cu intensitatea curentului , care produce prin suprafața circuitului un flux magnetic, de asemenea proporțional cu curentul: $\Phi_m = LI$

L-inductanța circuitului

Pentru un solenoid inductanța are expresia: $L = \mu \frac{N^2 S}{l}$

Unitatea de inductanță în SI se numește *henry*, H: 1H=1Wb/1m2.

Autoinducția: *Tensiunea autoindusă într-un circuit este direct proporțională cu viteza de variație a curentului din acel circuit:*

$$E = -L \frac{dI}{dt}$$

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Energia câmpului magnetic

$$dW = Uid t = L \frac{di}{dt} i dt = L i di$$

$$W = L \int_0^I i di = \frac{1}{2} LI^2$$

Densitatea de energie a câmpului magnetic : $w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0}$

Magnetizație a unui material este mărimea fizică egală cu momentul magnetic al unității de volum :

$$\vec{M} = \frac{\sum \vec{p}_m}{V}$$

În SI magnetizația se măsoară în A/m.

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Dacă un material este plasat într-un câmp magnetic (extern) cu inducția \vec{B}_o atunci în interiorul materialului inducția va fi: $\vec{B} = \vec{B}_o + \mu_o \vec{M}$

Intensitatea câmpului magnetic:
$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_o}{\mu_o} = \frac{\vec{B} - \mu_o \vec{M}}{\mu_o}$$

În SI intensitatea câmpului magnetic se măsoară în A/m.

Pentru o mare clasă de substanțe magnetizația este proporțională cu intensitatea câmpului magnetic: $\vec{M} = \chi_m \vec{H}$

χ_m **susceptivitate magnetică** este o caracteristică de material

$\mu_r = 1 + \chi_m$ -permeabilitatea magnetică relativă

$\mu = \mu_o \mu_r$ -permeabilitatea magnetică absolută

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

□ Câmpul magnetic

Substanțele **paramagnetice** au susceptivitatea magnetică pozitivă; au permeabilitatea magnetică relativă mai mare ca unitatea ("întăresc" câmpul).

Substanțele **diamagnetice** au susceptivitatea negativă; permeabilitatea relativă este subunitară ("slăbesc câmpul").

Substanțele **feromagnetice** au susceptivitatea mult mai mare ca zero dependentă de câmpul aplicat.

Teorema lui Ampere poate fi scrisă cu ajutorul intensității câmpului magneti:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = i$$

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC

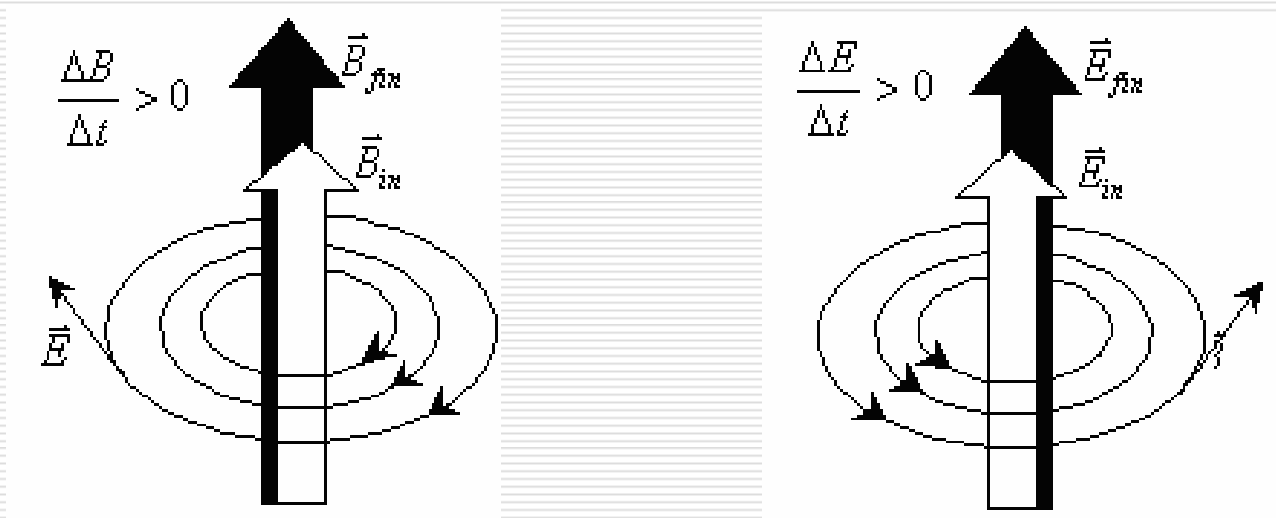
Generalizarea legilor experimentale ale fenomenelor electrice și magnetice, au evidențiat faptul că:

- în jurul unui câmp magnetic variabil în timp ia naștere un câmp electric ale cărui linii sunt închise;

- în jurul unui câmp electric variabil în timp ia naștere un câmp magnetic ale cărui linii sunt închise.

Ansamblul câmpurilor electric și magnetic, variabile în timp, care se generează reciproc, constituie un câmp electromagnetic.

V. CÂMPUL ELECTROMAGNETIC



Câmpul electromagnetic este un proces oscilatoriu care se propagă din aproape în aproape, având o variație spațio-temporală.

Câmpul electromagnetic se propagă în spațiu sub forma undelor electromagnetice.

Bibliografie selectivă

- [1] Dușan POPOV, Ioan DAMIAN, *Elemente de Fizică generală*, Editura Politehnica, Timișoara, 2001.
- [2] Minerva CRISTEA, Dușan POPOV, Floricica BARVINSCHI, Ioan DAMIAN, Ioan LUMINOSU, Ioan ZAHARIE, *Fizică – Elemente fundamentale*, Editura Politehnica, Timișoara, 2006.
- [3] I. Luminosu, *Fizica – elemente fundamentale*, Editura Politehnica, 2002.
- [4] O. Aczel, *Mecanică fizică. Oscilații și unde*, Ed. Universității Timișoara, 1975.
- [5] A. Hristev , *Mecanică și acustică*, Ed. Did. și Pedag., București, 1982
- [6] H. Kittel, *Cursul de fizică Berkeley*, Vol. I, II, Ed. Did. și Pedag., București, 1982.
- [8] E. Luca, Gh. Zet și alții – *Fizică generală*, Ed. Did. și Pedag., București, 1981.
- [9] T. Crețu – *Fizică generală*, Vol. I și Vol.II, Ed. Tehnică, București, 1984 și 1986.