

## cl. 11a - S22.3 - Câmpul electromagnetic, Unda electromagnetică

pag. (94-95)

1) - Notii recapitulative cl. 10-a

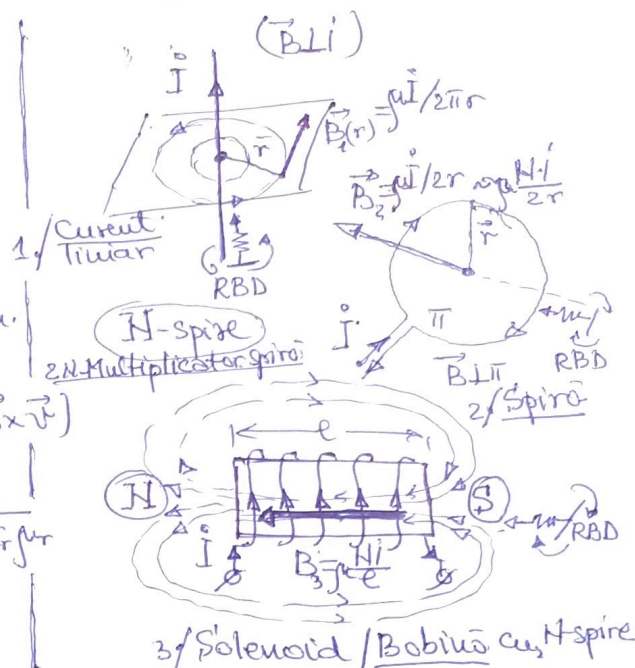
a) - un curent,  $I$  generează  $\vec{B}$  ind. magn.

b) - Sensul lin. de câmp magn. (RBD)

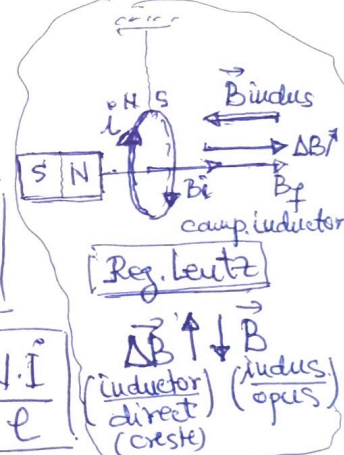
c) - fen. de inducție el. magn. / leg. Faraday

2) - Principiile lui Maxwell ( $P_1, P_2$ ) $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$   
flux magn.

3) - Def. câmpului electromagnetic

4) - Unda electromagnetică transversală ( $\vec{E} = \vec{B} \times \vec{v}$ )5) - Energie,  $W = \frac{1}{2} \epsilon V \cdot E^2$ , unda el. magn.6) - viteză,  $v = (c/n) = 1/\sqrt{\epsilon \cdot \mu} = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \cdot \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$   
unda electro-magnetică.

## 1) Notii recapitulative (cl. 10-a)

a) Un curent electric ( $I$ ) care trece printr-un conductor, generează în jurul acestuia un câmp magnetic de inducție ( $\vec{B}$ ) la distanță ( $r$ ) față de el astfel:1/ - curent liniar;  $B_1 = \mu \cdot I / 2\pi r$ 2/ - curent ( $I$ ) prin spira circulară de rază ( $r$ );  $B_2 = \mu \frac{I}{2r}$ 2N/ - curentul ( $I$ ) prin multiplicatorul circular cu H-spire  $B_{2N} = \mu \frac{NI}{2r}$ 3/ - Bobina / Solenoidul cu (H-spire) de lungime ( $l$ )  $B_3 = \mu \frac{N \cdot I}{l}$ 

$$\mu_r = \left( \frac{\mu}{\mu_0} \right)$$

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

permeabilitatea magnetică a vidului

b) Sensul liniilor de câmp magnetic este dat de (RBD) Reg. burghiului aplicat în sensul curentului ( $I$ ) sau  $\perp$  pe spira parcursă de curentul ( $I$ ) și rotit spre dreapta înaintea în sensul lui ( $\vec{B}$ ) iar modul de rotație al mânerului burghiului indică sensul lin. de câmp magn.- Linia de câmp magnetic este tg. în fiecare pt. la ( $\vec{B}$ ) - inducția e. magn.

- Spectrul camp. magn. - este format din totalitatea liniilor de câmp magnetic.

c) fen. de inducție electromagnetică

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \alpha, \langle \Phi \rangle = \langle B \rangle \langle S \rangle = 1 \text{ T} \cdot \text{m}^2 = 1 \text{ Wb (Weber)}$$

- fluxul magnetic

Def. Fenomenul de inducție electromagnetică constă în apariția unui curent ( $i$ ) indus sau a unei tens. el. motoare (tem), într-un circuit prin suprafața căreia variază fluxul magnetic ( $\Delta \Phi = \Delta (\vec{B} \cdot \vec{S})$ )

$$\left| e = - \left( \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right) \right| = -N \left( \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right) = -Blv \sin \alpha = \mathcal{E} (\vec{v} \times \vec{B}) \text{ legea ind. el. magn. } \left| i = \frac{e}{R} \right|$$

Faraday



## ② Principiile Maxwell

Obs în feu. de inducție el-magn. întâlnim

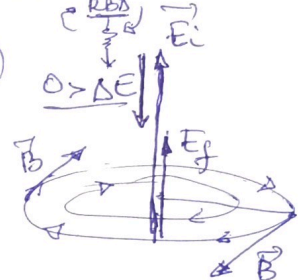
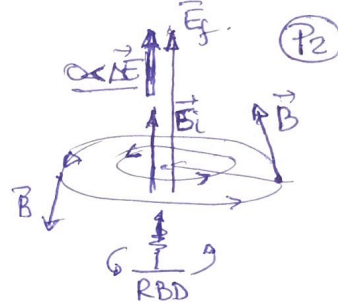
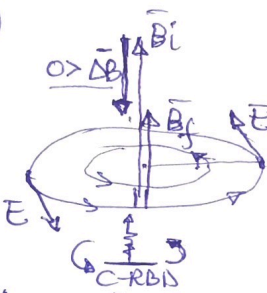
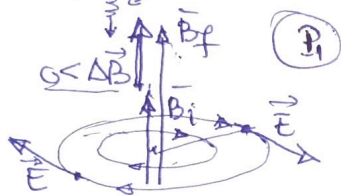
- $\vec{B}_{inductor}$  - câmpul magnetic inductor (cauza)
- $\vec{B}_{indus}$  - câmpul magn. indus (efectul)
- $\vec{i}$  - curentul indus,  $\vec{i} = \frac{e}{R}$ ,  $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Cand. cure electric - este deschis în el apare (e) - t.e.m.,  $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -H \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$   
 - este închis, apare (i) - curentul indus,  $i = \frac{e}{R}$  care generează

la rândul său ( $\vec{B}_{indus}$ ) câmpul magn. indus care se opune variației camp. magn. inductor (conștientă lui)

### (P1) - primul princ. Maxwell

Def. În jurul unui camp magnetic variabil cu timp ( $\Delta\vec{B} = \vec{B}_f - \vec{B}_i$ ) apare un camp electric ( $\vec{E}$ ), cu linii de camp închise. (C-RBD)



### (P2) - al 2-lea princ. Maxwell

Def. În jurul unui camp electric variabil ( $\Delta\vec{E}$ ) apare un camp magnetic  $\vec{B}$  (indus) cu linii de camp închise (RBD)

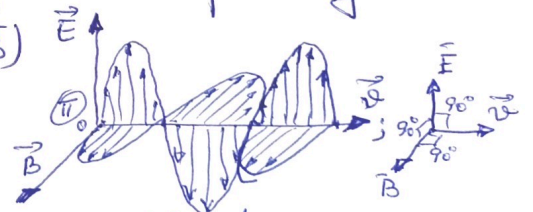
③ Câmpul el-magn. - reprezintă ansamblul celor două campuri ( $\vec{E}-\vec{B}$ ) electric și magnetic, care oscilează și se generează reciproc, cu timp

Obs: Câmp. el-magn. - este guvernat de cele 4 ec. Maxwell ale camp. el-magn.

④ Unda el-magn. - reprezintă feu. de propagare în spațiu a camp. el-magnetic

Def. u.e.m. - este o undă transversală, cu cele două campuri ( $\vec{E} \perp \vec{B}$ ) care se propagă cu  $\vec{v} \perp \pi(\vec{E}, \vec{B})$  formând un triedru drept

$$\text{unde } \vec{E} = \vec{B} \times \vec{v} = -\vec{v} \times \vec{B}; \quad \boxed{E = v \cdot B, B = \frac{E}{v}}$$



unda el-magn.

### ⑤ W - energia camp. el-magn.

$$W = \frac{1}{2} \epsilon V \cdot E^2 = \frac{1}{2} \epsilon (S \cdot d) \cdot E^2 \quad \left[ w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2\mu} B^2 \right] \text{ densitatea de energ. a c. el-magn}$$

$V = S \cdot d \rightarrow \text{volumul}, \langle W \rangle = 1J, \langle w \rangle = \frac{\langle W \rangle}{\langle V \rangle} = J/m^3$

### ⑥ v - viteza de propagare a camp. el-magn

$$\left[ v \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} \right] = \left( \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \right) \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} = \frac{c}{n} \Rightarrow \boxed{v = \frac{c}{n}}, \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r, \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r}$  indicele de refracție

Aplicații: - telecomunicații / radioastronomie  
 - radiolocație / medicină