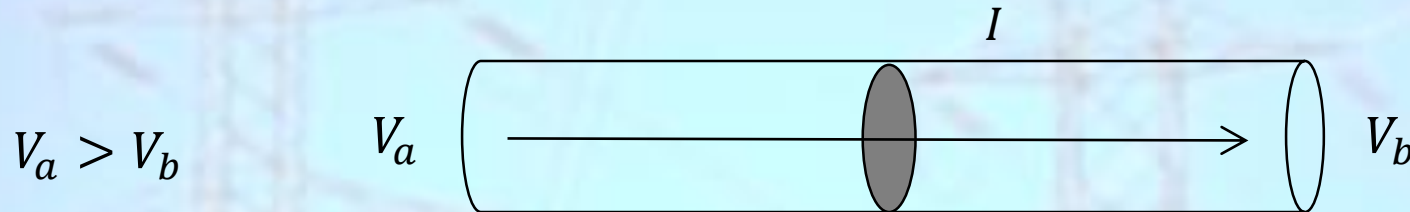


Energia i potència en circuits



$$\Delta U = \Delta Q \Delta V \Rightarrow \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Delta V \Rightarrow Pot = I \Delta V$$

En una **resistència**

$$P = IV = I^2 R$$

és la potència dissipada

En una **bateria**

$$P = I(\varepsilon - rI)$$

$$\varepsilon I$$

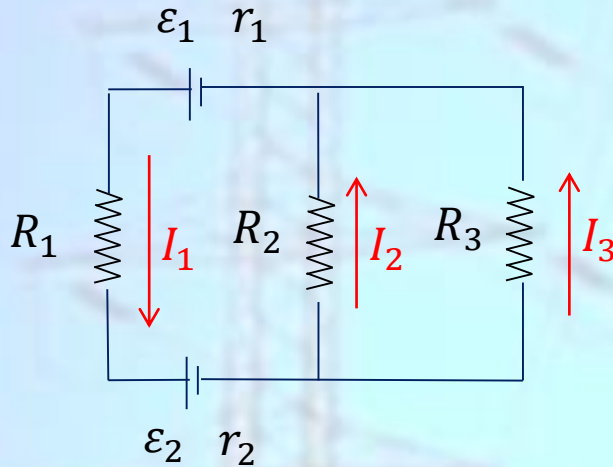
és la potència subministrada

$$rI^2$$

es la potència dissipada

Efecte Joule: part de l'energia elèctrica es converteix en calor

Energia i potència en circuits



$$\varepsilon_1 = 12 \text{ v} \quad r_1 = 0,2 \, \Omega$$

$$\varepsilon_2 = 10 \text{ v} \quad r_2 = 0,6 \, \Omega$$

$$R_1 = 2 \, \Omega$$

$$R_2 = 12 \, \Omega$$

$$R_3 = 18 \, \Omega$$

Quina és l'energia cedida per ε_1 i l'absorbida per ε_2 en 1 segon?

$$R_{23} \cong 7,2 \, \Omega$$

$$\varepsilon_1 = (R_1 + r_1 + r_2 + R_{23})I_1 + \varepsilon_2$$

$$I_1 = 0,2 \text{ A}$$

$$R_2 I_2 = R_3 I_3 \Rightarrow I_2 = 0,12 \text{ A} \quad I_3 = 0,08 \text{ A}$$

$$P_{\varepsilon_1} = (\varepsilon_1 - r_1 I_1) I_1 \approx 2,4 \text{ w}$$

$$P_{\varepsilon_2} = (\varepsilon_2 + r_2 I_1) I_1 \approx 2 \text{ w}$$

$$P_{R_1} = R_1 I_1^2 \approx 0,08 \text{ w}$$

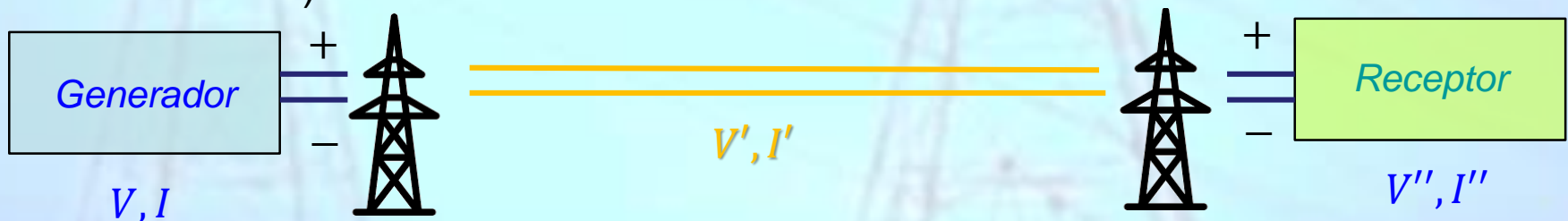
$$P_{R_3} = R_3 I_3^2 \approx 0,12 \text{ w}$$

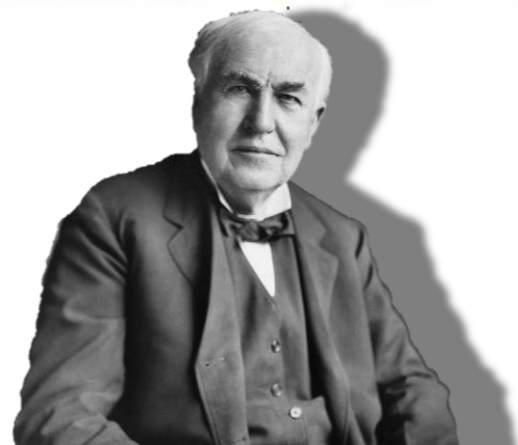
$$P_{R_2} = R_2 I_2^2 \approx 0,17 \text{ w}$$

Energia i potència en circuits

Per què les línies elèctriques que transporten electricitat a grans distàncies són d'*alta tensió*?

- 1) Volem transmetre una potencia generada $P_G = VI$
- 2) Podem transformar-la a **V** alta i **I** baixa o a l'inrevés. Què és millor?
- 3) En el camí perdrem $P'_p = RI'^2$ ($V' = RI'$; R és la resistència dels cables)





EDISON VS. TESLA



4. Magnetisme

4.1 Força magnètica sobre càrregues

4.2 Força magnética sobre elements de corrent

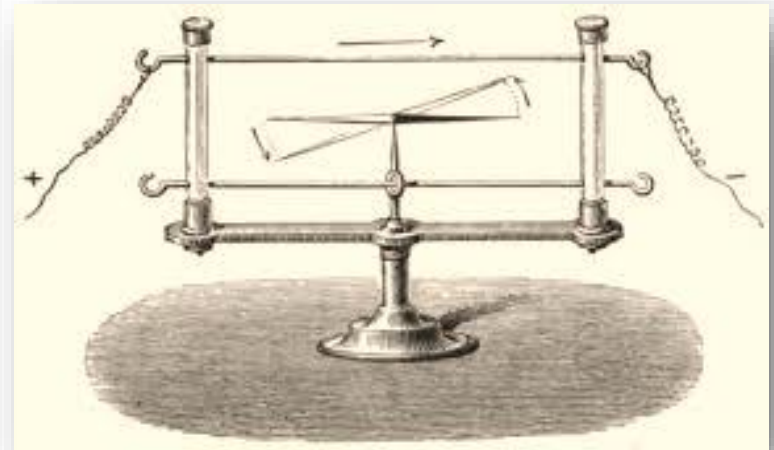
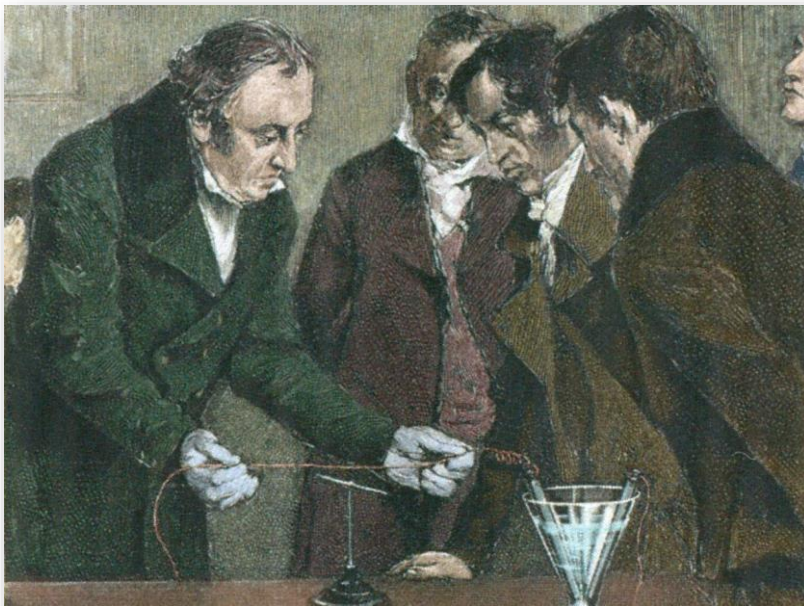
4.3 Fonts elèctriques de camps magnètics

4.4 Llei d'Ampère

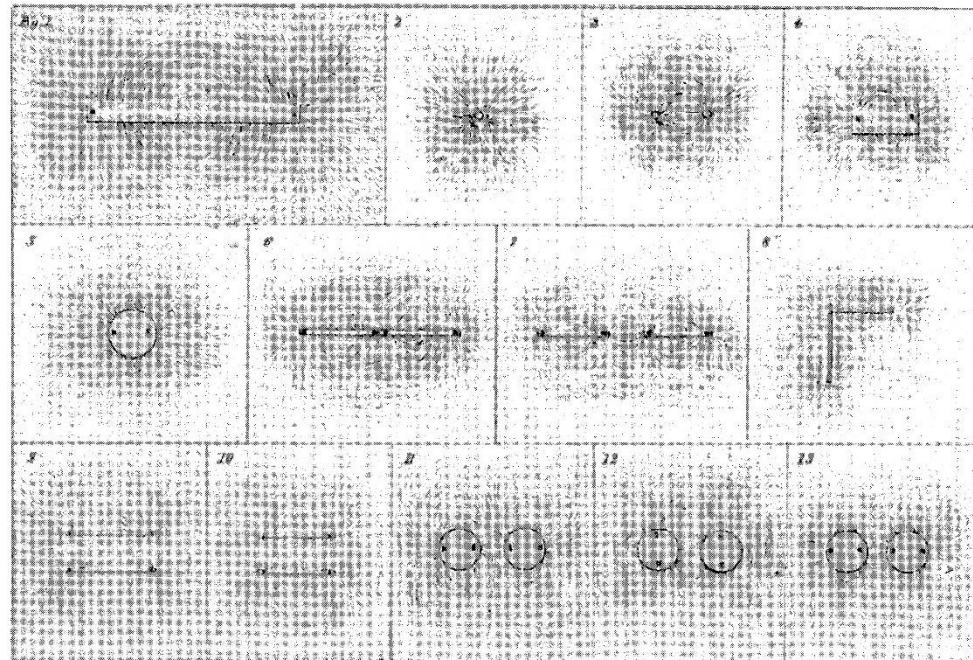
4.5 Inducció electromagnètica. Llei de Faraday

4.6 Llei de Lenz

- Electrostatica
- Corrent elèctric [pila de Volta, 1800]
- Magnetisme
- Electromagnetisme [experiment d'Oersted/Ampère 1820]



Magnetisme



Patrons de línies de força magnètica mostrades amb llimadures de ferro per Michael Faraday, 1852.

Magnetisme

Força magnética sobre càrregues

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

Força de Lorentz

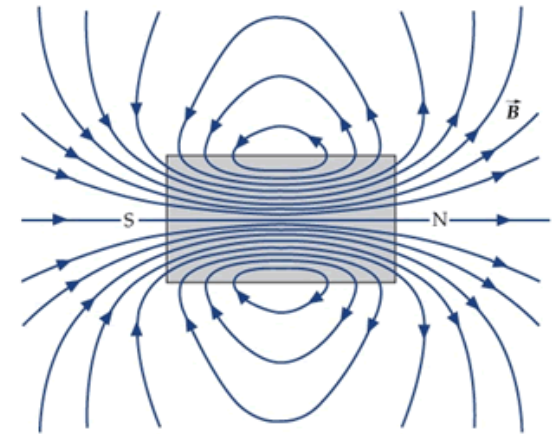
Camp magnètic

$$|\vec{F}| = q|\vec{v}||\vec{B}|\sin\theta$$

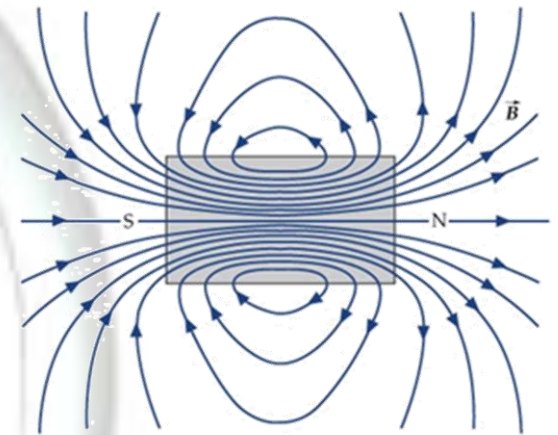
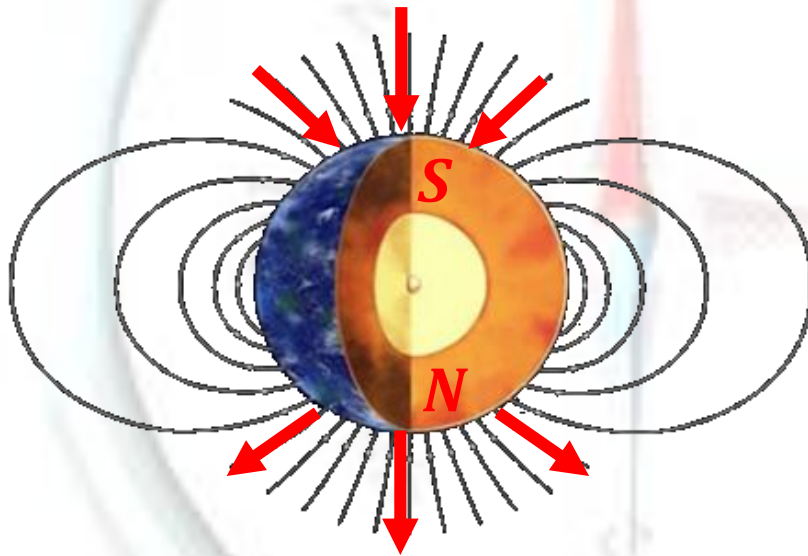
En el *Sistema Internacional* la unitat de camp magnètic és:

$$\frac{N}{A \cdot m} \equiv \text{Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

$$B_{terr} = 1 \text{ G} ; B_{im nev} = 0.01 \text{ G}$$



Magnetisme



Línies de camp magnètic

*Fora de l'imant: de **N** a **S***

*Dins: de **S** a **N***

Equacions de Maxwell (en el buit)

Teorema de Gauss

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

Absència de monopols magnètics

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

Inducció magnètica: fonts magnètiques de corrents

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Llei d'Ampère: fonts elèctriques de camps magnètics

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot d\vec{S} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Teorema de Gauss

Distribucions de càrrega contínues

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = 4\pi\kappa Q_{int} = \frac{Q_{int}}{\epsilon_r \epsilon_0}$$

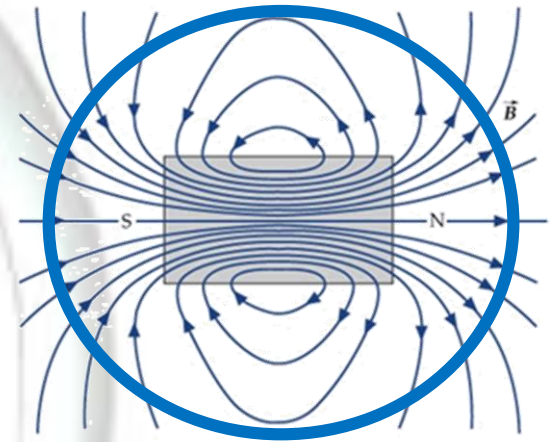
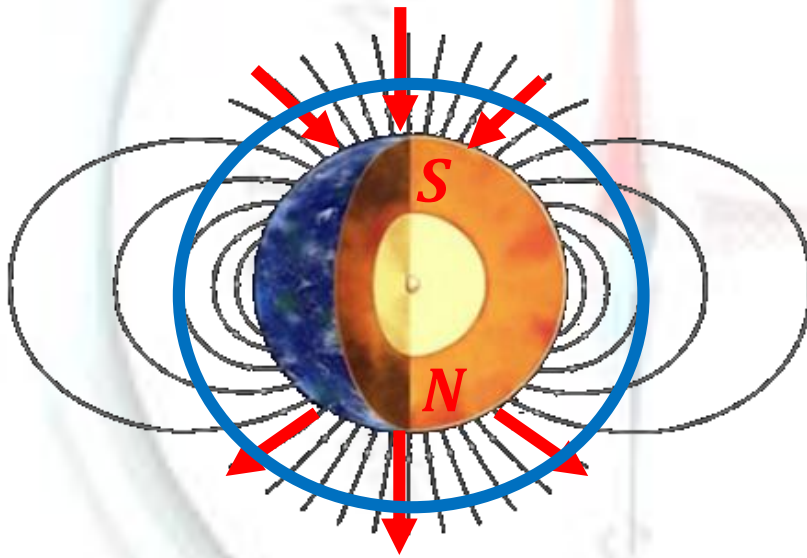
Φ_E es el fluxe de camp elèctric

Absència de monopols magnètics

$$\Phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

Φ_B es el fluxe de camp magnètic

Magnetisme



Magnetisme

Força magnética sobre càrregues

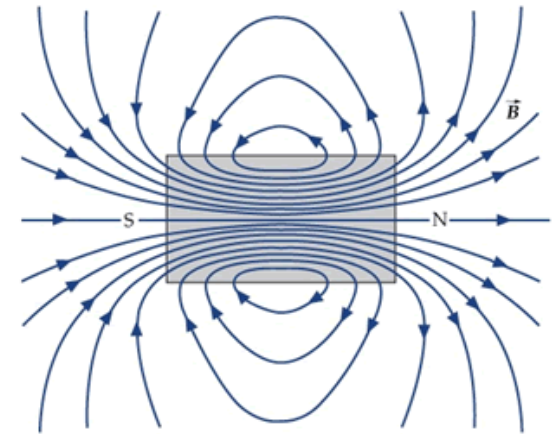
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$|\vec{F}| = q|\vec{v}||\vec{B}|\sin\widehat{\vec{v}\vec{B}}$$

En el *Sistema Internacional* la unitat de camp magnètic és:

$$\frac{N}{A \cdot m} \equiv \text{Tesla} = 10^4 \text{ Gauss}$$

$$B_{terr} = 1 \text{ G} ; B_{im nev} = 0.01 \text{ G}$$



En general, si $\vec{v} = \vec{v}_{\parallel} + \vec{v}_{\perp}$ (en relació a la direcció que marca el camp),

la força magnètica serà: $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = q\vec{v}_{\perp} \times \vec{B}$

⇒ **La força magnètica no fa treball** $[dW = \vec{F} \cdot d\vec{r}]$

⇒ **Si una càrrega es mou paral·lelament al camp no sent cap força magnètica**

⇒ **Si una càrrega està quieta no sent cap força magnètica**

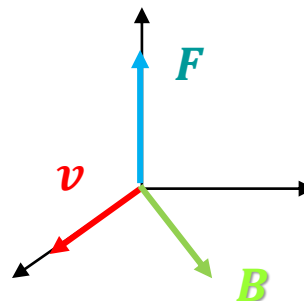
Què passa si canviem de sistema de referència?

⇒ **Per saber la direcció de la força magnètica cal aplicar la regla de la mà dreta**

P.e. $\vec{v} = 2 \cdot 10^6 \hat{i} \text{ m/s}$

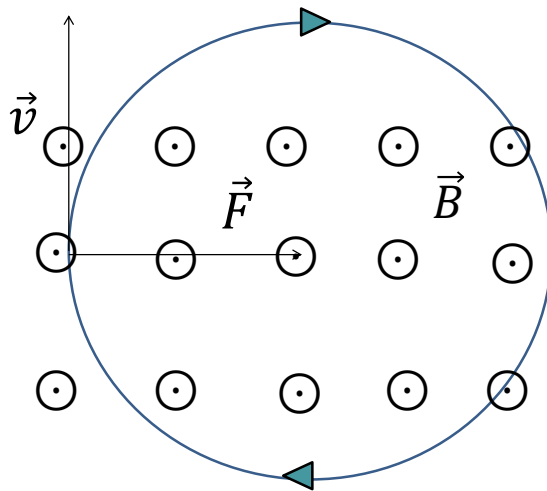
$\vec{B} = 2 \cdot 10^5 \hat{i} + 3 \cdot 10^5 \hat{j} \text{ Te}$

$\vec{F} = qvB_y \hat{k}$



⇒ **La força magnètica no fa treball**

En particular, si $\vec{B} \perp \vec{v}$ tenim un moviment circular



$$|\vec{F}| = vqB = m \frac{v^2}{R}$$

periode $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ [no depèn de v]

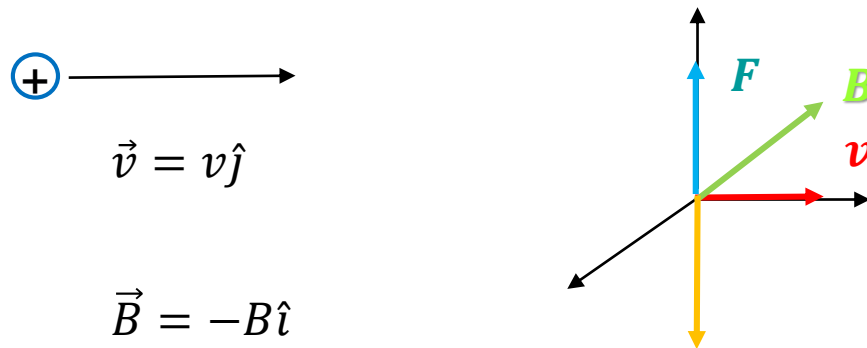
radi $R = \frac{mv}{qB}$ **Radiació !**

⊙ cap a fora

⊗ cap a dins

I si no són perpendiculars?

P.e. Un protó es mou a velocitat constant en un camp elèctric i un magnètic uniforme



$$\vec{v} = v\hat{j}$$

$$\vec{B} = -B\hat{i}$$

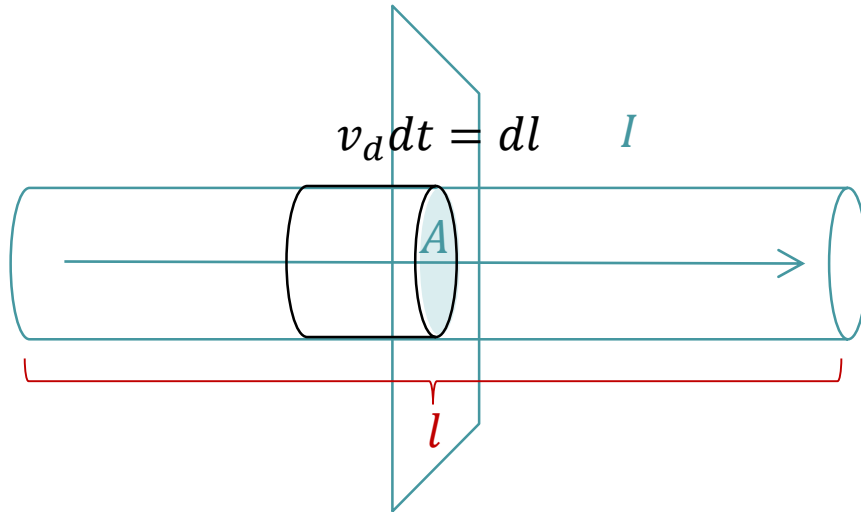
$$\vec{F}_M = qBv\hat{k}$$

Quan val el camp elèctric?

$$\vec{E} = -Bv\hat{k}$$

I si fos un electró?

Força sobre elements de corrent



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

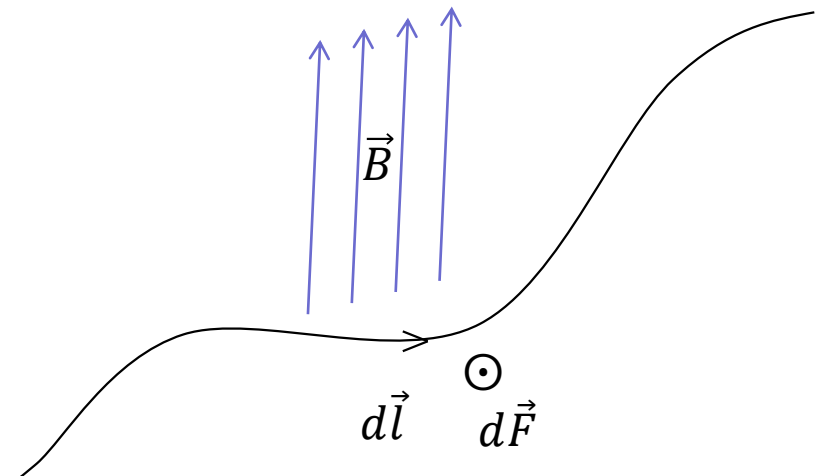
$$d\vec{F} = dq(\vec{v}_d \times \vec{B}) = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

$$(I = dq/dt)$$

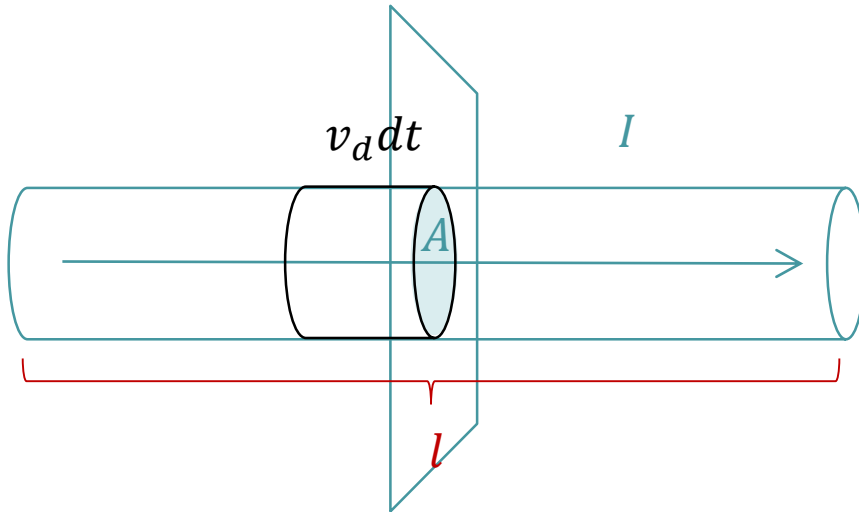
Camp uniforme i cable rectilini: $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$

I en general:

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \Rightarrow \vec{F} = \int Id\vec{l} \times \vec{B}$$



Força sobre elements de corrent



$$d\vec{F} = dq(\vec{v}_d \times \vec{B}) = Idt(\vec{v}_d \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$$

Camp uniforme i cable rectilini: $I\vec{l} \times \vec{B}$

P.e. $I = 1 \text{ A}$ en la direcció x

$$\vec{B} = (0,01\hat{i} + 0,03\hat{k}) \text{ Te}$$

$$l = 0,5 \text{ m}$$

$$\vec{F} = -0,015 \hat{j} \text{ N}$$

