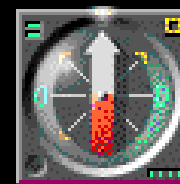
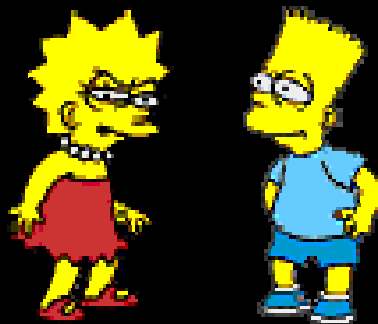
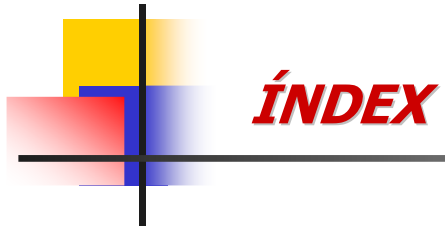


Tema 8. El camp electromagnètic





ÍNDEX

■ 8.1. Introducció

■ 8.2. Força de Lorentz (Recordem el concepte de producte vectorial).

■ 8.3.

■ 8.4.

■ 8.5.

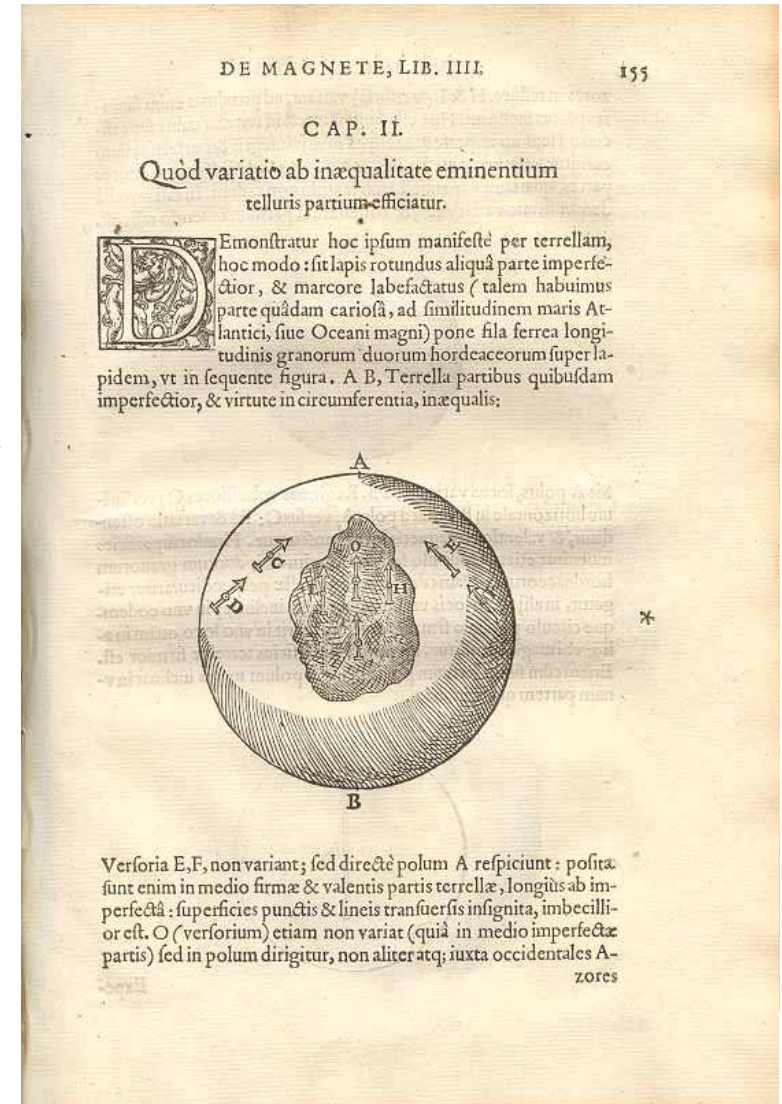
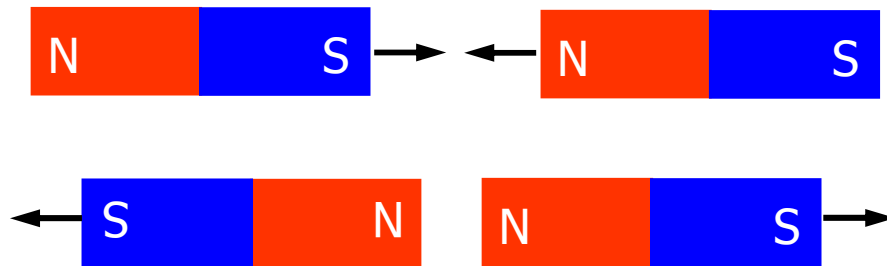
■

■

■

8.1. Introducció

1. Les propietats atractives de la **magnetita** (òxid natural de ferro, Fe_3O_4 abundant a la ciutat grega de Magnèsia) cap el ferro foren descrites per Tales de Milet (s VI aC), per la qual cosa se la va anomenar **imant** (*pedra amant*), i van ser apreciades pel seu caràcter permanent i per la seva capacitat de magnetitzar el ferro.
2. Els xinesos descobriren que les agulles de ferro imantades tenen la propietat de apuntar al nord i inventaren les **brúixoles**. Això va fer descobrir que **qualsevol imant té dos únics pols, Nord i Sud** (segon si apunten al nord geogràfic o al sud), amb propietats oposades: dos imants s'atreuen quan s'aproximen pels seus pols oposats i es repel·leixen en acostar-los per pols iguals. També es descobrí que en dividir un imant se'n originen dos, cadascun amb els seus corresponents pols Nord i Sud.

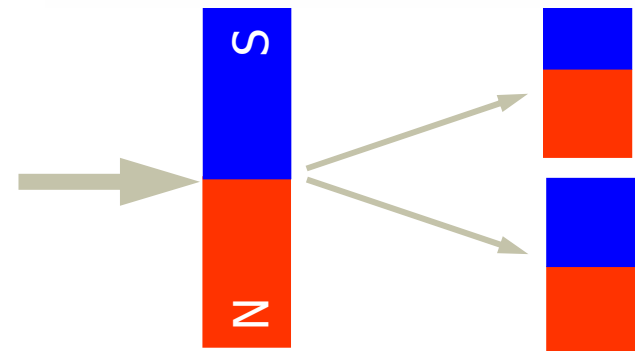
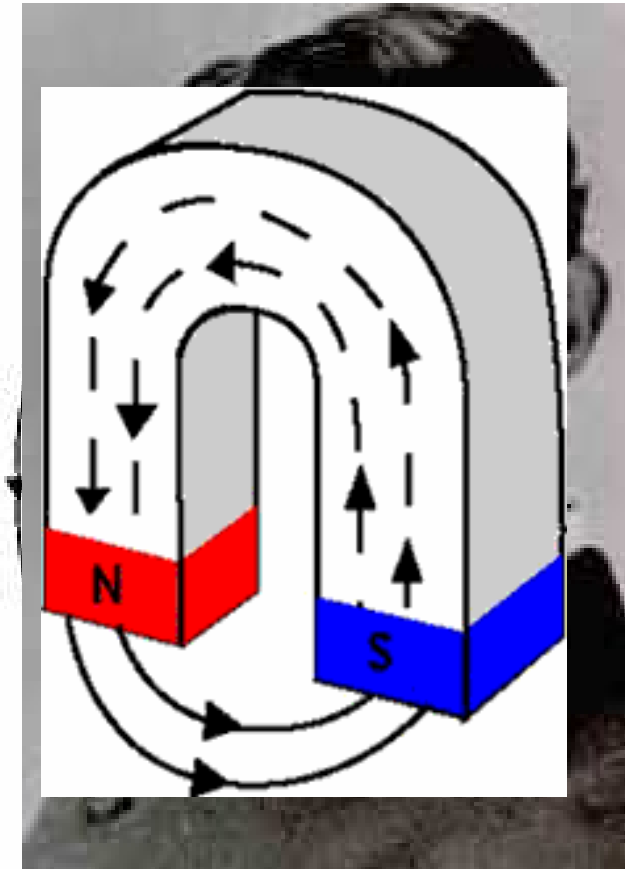


3. El primer tractat sobre magnetisme, **De Magnete** (Sobre l'imant), va ser escrit l'any 1600 per l'anglès William Gilbert (1544-1603). Va recollir totes les observacions fetes sobre els imants, va fer observar que els diferents materials tenen diferents propietats magnètiques i va assenyalar que la Terra era un gran imant.

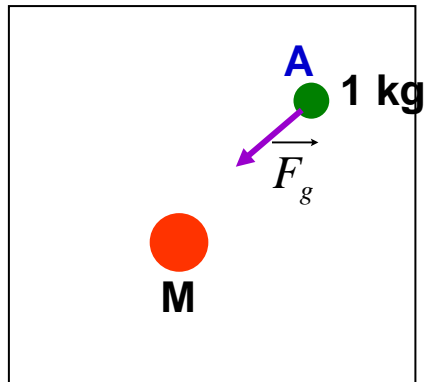
4. **Coulomb** va estendre la mecànica newtoniana al magnetisme, explicant la força magnètica com una conseqüència d'una interacció a distància i instantània. Descobrí que la força amb la que s'atreuen dues agulles imantades és inversament proporcional al quadrat de la distància entre els seus extrems. Però no s'aconseguien descobrir càrregues magnètiques.
5. L'anglès Michael Faraday (1791-1867) va introduir el concepte de camp de forces per explicar la interacció magnètica. Per visualitzar aquest camp escampà llimadures de ferro devora un imant i va fer visibles les seves línies de força.

Actualment el camp magnètic es representa amb línies de força que **Neixen** als pols **Nord** i **S'endinsen** dins els pols **Sud**. Es defineix també un vector **inducció magnètica, B** , que es tangent en cada punt de l'espai a la línia de força que hi passa i proporcional a la densitat de línies al seu voltant. El vector B té com a unitat el **tesla, T** , en honor de l'enginyer croata Nikola Tesla (1856-1943).

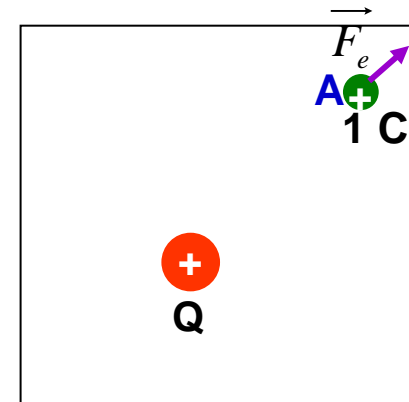
Com ja s'ha dit és impossible separar els dos pols d'un imant (no existeixen monopols), la qual cosa condueix a que les línies de força són sempre tancades, dins l'interior de l'imant val del pol Sud al Nord.



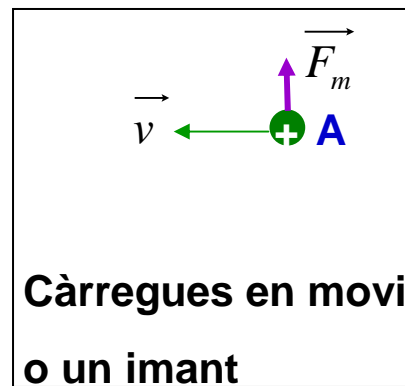
Camp gravitatori



Camp elèctric



Camp magnètic



**Càrregues en moviment
o un imant**

**Un camp magnètic és una
regió de l'espai físic on
actuen forces magnètiques**



Intensitat del
camp gravitatori

$$\vec{g} \quad \text{N/kg}$$

Actua sobre una massa
Generat per una massa

Intensitat del
camp elèctric

$$\vec{E} \quad \text{N/C}$$

Actua sobre una càrrega
Generat per una càrrega

Camp magnètic o inducció magnètica

$$\vec{B} \quad \text{T (Tesla) o Gauss (G)}$$

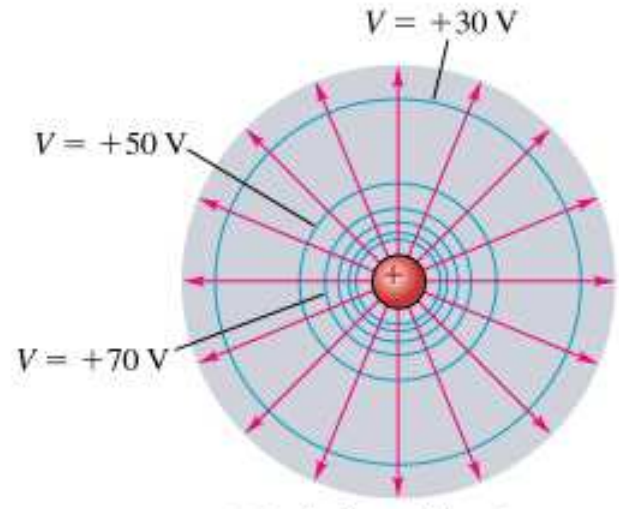
$$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$$

Actua sobre:

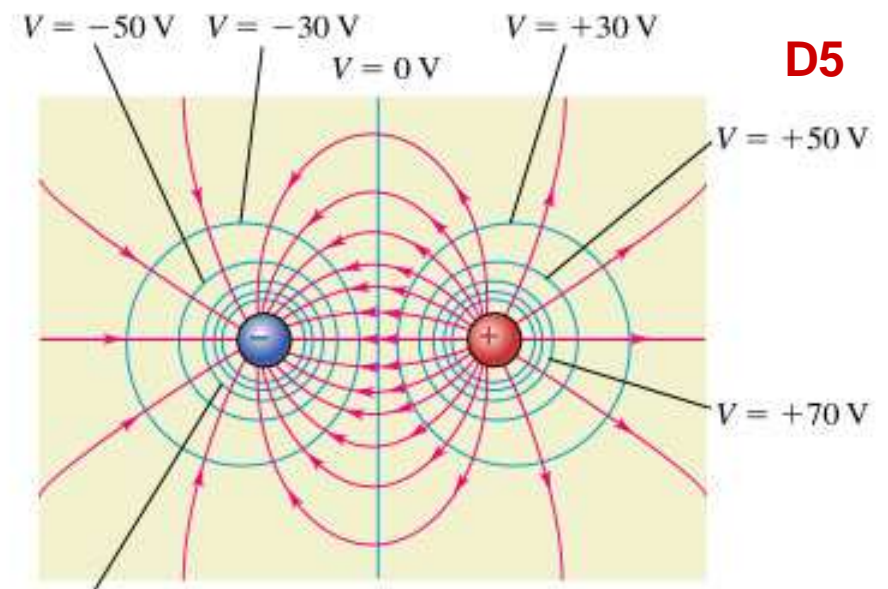
- q en moviment;
- Corrent elèctric I ;
- Imant.

Generat per:

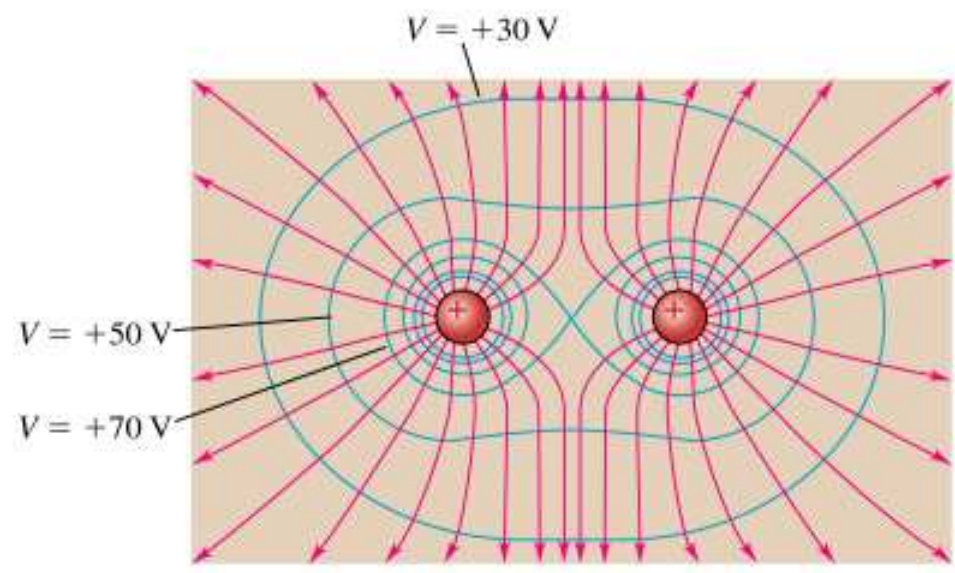
- q en moviment;
- Corrent elèctric I ;
- Imant.



(a) A single positive charge



(b) An electric dipole

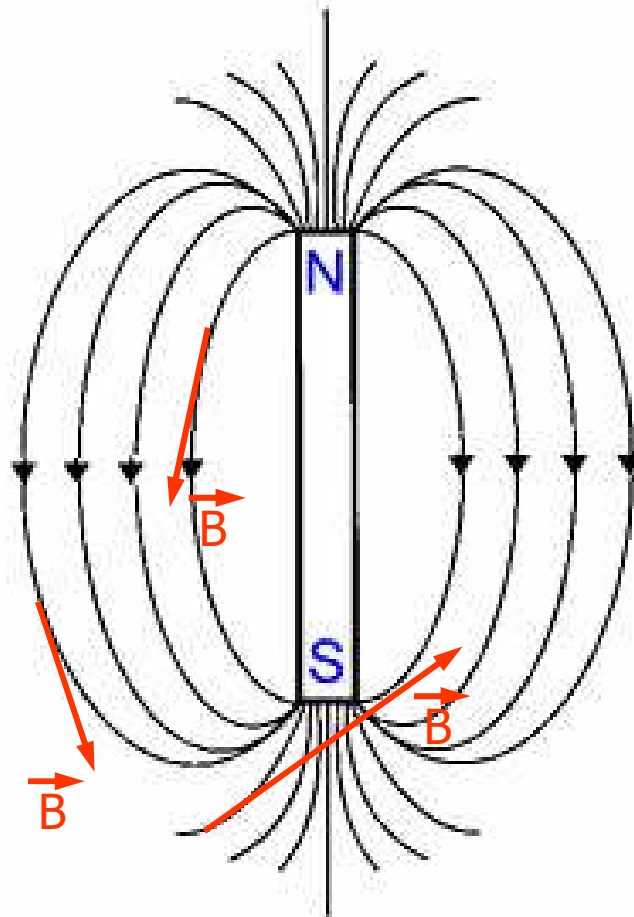


(c) Two equal positive charges

— Cross sections of equipotential surfaces
— Electric field lines

Línies de força per representa el camp elèctric

Les línies de força per representar el camp magnètic sempre són tancades i van del pol **Nord** al pol **Sud**.



8.2 Llei de Lorentz: Acció d'un camp magnètic sobre una càrrega mòbil

D7

Les càrregues amb moviment estan sotmeses a forces quan estan dins camps magnètics.

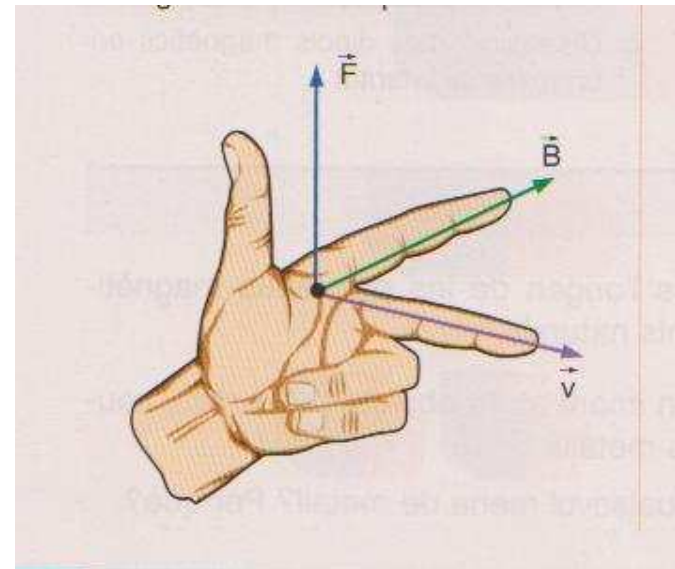
La força **F** que actua sobre una càrrega q en moviment (velocitat **v**) dins un camp magnètic **B**, es determina a través de la ***Llei de Lorentz***.

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

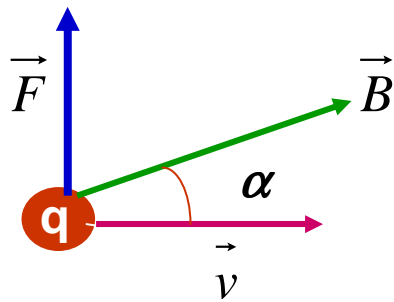
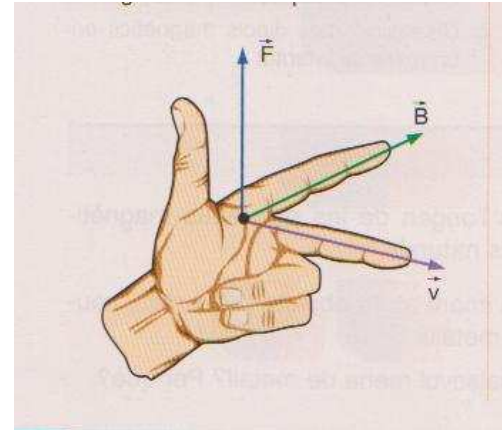
Mòdul: $F = |q|v B \sin \alpha$

Direcció: Perpendicular al pla $(\vec{v} \text{ i } \vec{B})$

Sentit: Regla de la ma esquerra



Llei de Lorentz. $\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$

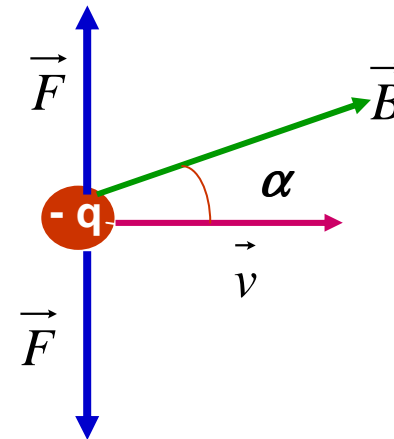


Els dos vectors \vec{B} i \vec{v} estan dins del pla xy

Mòdul: $F = |q|v B \sin \alpha$

Direcció: eix z (vertical)

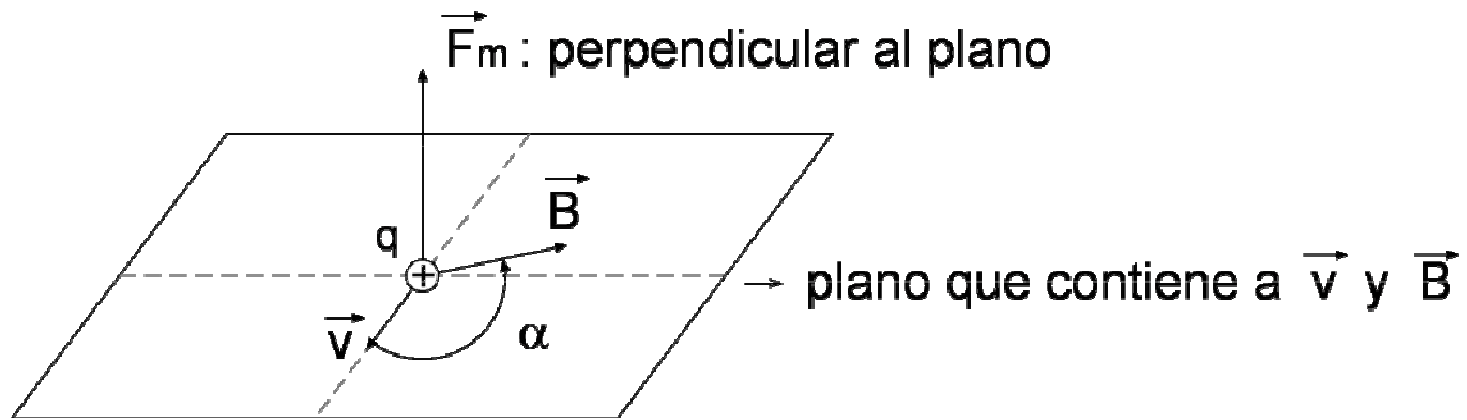
Sentit: Cap amunt



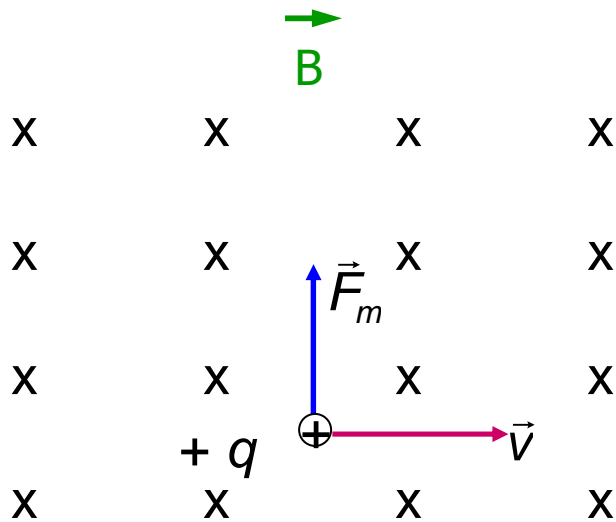
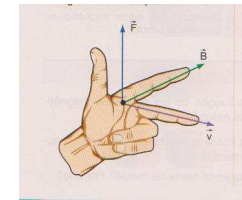
Mòdul: $F = |q|v B \sin \alpha$

Direcció: eix z (vertical)

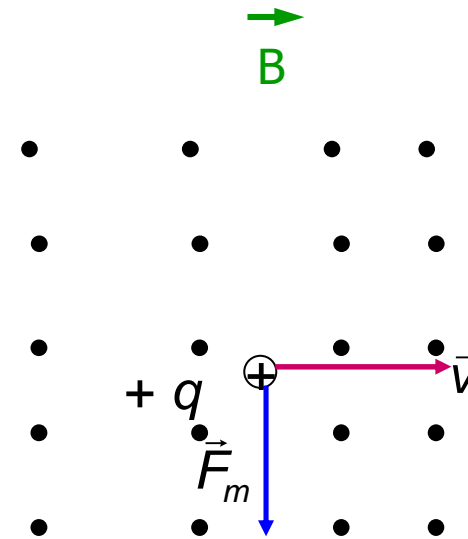
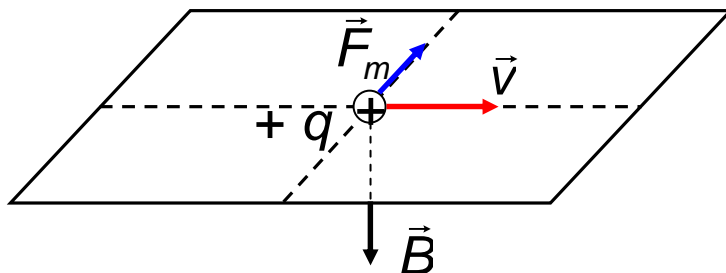
Sentit: Cap avall



Per tant l'estudi dels fenòmens magnètics ens obliga a treballar en l'espai (tres coordenades), per facilitar la representació de vectors perpendiculars utilitzem la convecció, dos signes que ens indiquen el sentit dels vectors.



El vector camp magnètic va cap endins del paper o de la pissarra



El vector camp magnètic va cap enfora del paper o de la pissarra

El vector força magnètica \vec{F}_m es pot determinar amb l'expressió

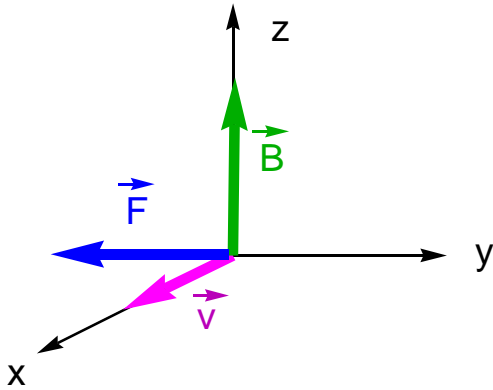
$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

que correspon al producte de l'escalar q pel vector $(\vec{v} \times \vec{B})$, que es calcula resolent el determinant següent:

$$\vec{F} = q \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} =$$

$$q (v_y B_z - v_z B_y, v_z B_x - v_x B_z, v_x B_y - v_y B_x)$$

Problema 1. Una càrrega de $+ 50\mu\text{C}$ es llança en el sentit positiu de l'eix X amb una velocitat de $3 \cdot 10^5 \text{ m/s}$, i en presència d'un camp magnètic de $0,2 \text{ T}$ que actua en la direcció de l'eix Z positiu. Determineu la força que rep la càrrega a causa del camp magnètic extern, en mòdul i vectorialment.



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

$$\left. \begin{array}{l} \vec{v} = 3 \cdot 10^5 \cdot \vec{i} + 0 \cdot \vec{j} + 0 \cdot \vec{k} \\ \vec{B} = 0 \cdot \vec{i} + 0 \cdot \vec{j} + 0,2 \cdot \vec{k} \end{array} \right\} \Rightarrow \vec{v} \wedge \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 3 \cdot 10^5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,2 \end{vmatrix} = -60000 \vec{j}$$

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}) = 50 \cdot 10^{-6} \cdot (-60000) \cdot \vec{j} = -3 \cdot \vec{j} \text{ N}$$

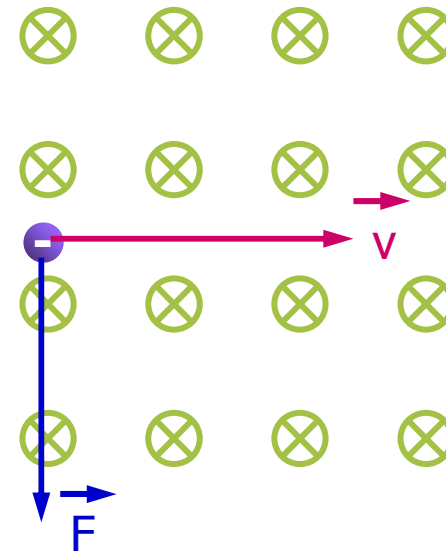
$$\vec{F} = (0, -0,3, 0) \text{ N}$$

$$F = |q| v B \sin \alpha = 50 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ m/s} \cdot 0,2 \text{ T} \sin 90^\circ = 0,3 \text{ N}$$

direcció y i sentit cap a l'esquerra.

Problema 2. Un electró ($q_e = -1,602 \cdot 10^{-19}$ C, $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg) entra amb una velocitat de 1 000 m/s segons el sentit positiu de l'eix X dins una zona on hi ha un camp magnètic de 2 T orientat segons l'eix Z, én sentit negatiu. Determina la força de Lorentz en forma vectorial i en mòdul.

Considerem positiu cap a la dreta, cap amunt i cap enfora del paper o pissarra



$$\left. \begin{array}{l} \vec{v} = 1000 \cdot \vec{i} + 0 \cdot \vec{j} + 0 \cdot \vec{k} \\ \vec{B} = 0 \cdot \vec{i} + 0 \cdot \vec{j} - 2 \cdot \vec{k} \end{array} \right\} \Rightarrow \vec{v} \wedge \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 1000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{vmatrix} = +2000 \vec{j}$$

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \wedge \vec{B}) = -1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 2000 \cdot \vec{j} = -3,2 \cdot 10^{-19} \cdot \vec{j} \text{ N}$$