

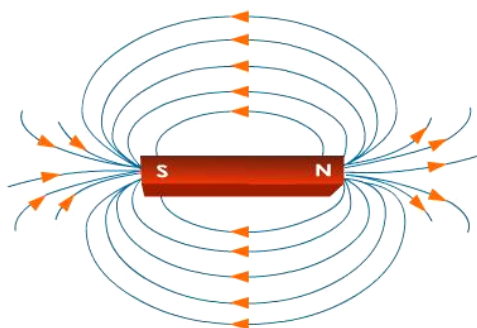
# CAMP MAGNÈTIC

## Conceptualització

La **interacció electromagnètica** és una de les 4 interaccions fonamentals de la natura. Aquesta interacció manifesta el magnetisme entre cossos que presentin la propietat fonamental que anomenem **càrrega elèctrica** i que estiguin en moviment. Per defecte, un cúmul macroscòpic de matèria sol ser desmagnetitzat tot i que alguns materials poden alinear els seus àtoms de manera que els corrents electrònics nanoscòpics de tots ells produeixen un camp magnètic persistent i el material en si esdevé un iman. Podem distingir entre materials:

- **Ferromagnètics:** s'imenten amb facilitat i mantenen les propietats magnètiques amb el temps (Fe, Co, Ni...)
- **Paramagnètics:** es veuen atrets per un iman però la seva imantació és feble i poc duradera (O, Al, Pa...)
- **Diamagnètics:** que es veuen lleugerament repel·lits per un iman (Pb, Ag, H<sub>2</sub>O...)

## Dinàmica en presència de Camp Magnètic



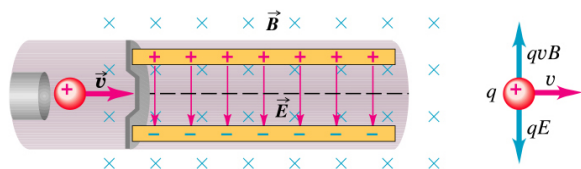
Les línies de camp magnètic es tanquen sempre sobre si mateixes, neixen al pol nord de l'iman i moren al pol sud. Per aquesta raó enfrontant dos imans, els pols iguals es repel·len i els pols oposats s'atrauen.

En presència d'un camp magnètic  $\vec{B}$ , la dinàmica d'una càrrega elèctrica es sotmet a la força de Lorentz:

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

que produeix una força perpendicular a la velocitat de la partícula i, per tant, li induïx una acceleració normal que corbarà la seva trajectòria en un moviment circular.

## Selector de Velocitats



Un selector de velocitats és un dispositiu en què es fan circular càrregues elèctriques al llarg d'un canó on hi han un camp elèctric i un de magnètic disposats de manera que la força de Lorentz combinada deflexeix totes les partícules que no duguin una velocitat concreta. Vegem quina velocitat duren a la sortida del canó les partícules que no hagin sentit l'acceleració de deflexió:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_B - \vec{F}_E = 0 \Rightarrow q(\vec{v} \times \vec{B}) = q\vec{E}$$

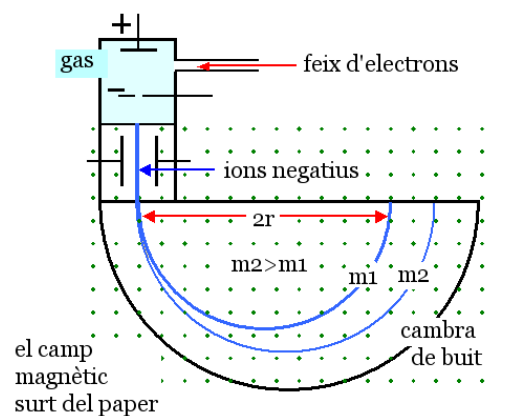
$$\Rightarrow q|\vec{v}||\vec{B}| = q|\vec{E}| \Rightarrow \boxed{v = \frac{E}{B}}$$

## Permeabilitat Magnètica

El camp magnètic creat per una càrrega puntual que viatja a velocitat  $\vec{v}$  depen de la **permeabilitat magnètica** del medi:

$$\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{q \cdot \vec{v} \times \hat{r}}{r^2} \quad \mu = \mu_r \mu_o \quad \mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$$

## Espectròmetre de Masses



Un espectròmetre de masses injecta ions en una regió on un camp magnètic perpendicular corba les trajectòries de ions amb diferents masses en cercles de diferents radis.

$$\vec{F}_B = m\vec{a}_n \Rightarrow q(\vec{v} \times \vec{B}) = m \frac{|\vec{v}|^2}{r} \hat{n}$$

$$\Rightarrow qvB = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow \boxed{r = \frac{mv}{qB}}$$

Injectant partícules de càrrega coneguda, a una velocitat fixada per un selector de velocitats, l'espectròmetre ens permet determinar les masses de les partícules mesurant els seus radis de curvatura

## Forces de Lorentz sobre Corrents Macroscòpics

Donat un fil de longitud  $\ell$ , pel que circula una intensitat de corrent  $I$ , immers en un camp magnètic  $\vec{B}$ , les forces de Lorentz que actuen sobre cada càrrega individual contribueixen a la força global que actua sobre el fil:

$$\vec{F}_B = I\vec{\ell} \times \vec{B}$$

Donada una espira tancada d'àrea associada  $\vec{S}$ , per la que circula una intensitat de corrent  $I$ , immersa en un camp magnètic  $\vec{B}$ , les forces de Lorentz que actuen sobre cada càrrega individual contribueixen al moment de força global que actua sobre l'espira:

$$\vec{M}_B = I\vec{S} \times \vec{B}$$

## Camp Magnètic creat per Corrents Discrets: Llei de Biot-Savart

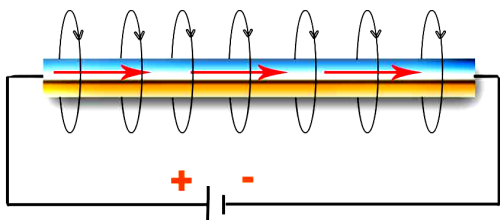
La llei establerta per Jean-Baptiste Biot i Félix Savart permet calcular el camp magnètic creat per corrents aïllats

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{\ell} \times \hat{r}}{r^2}$$

### CAMP MAGNÈTIC CREAT PER UN FIL DE CORRENT

Les línies de camp magnètic són cercles concèntrics perpendiculars a la direcció del fil  $\vec{\ell}$  i que decreixen amb la distància  $x$  que ens allunya del fil:

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{x}$$



### FORCES ENTRE CORRENTS

Dos fils separats una distància  $d$  pels que hi circulin intensitats  $I_1$  i  $I_2$  respectivament es faran mútuament una força per unitat de longitud de fil:

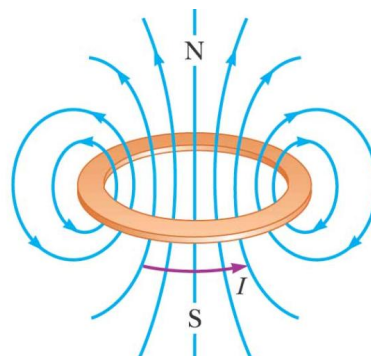
$$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 \cdot I_2}{d}$$

Si les intensitats són paral·leles els fils s'atrauen. Si les intensitats són anti-paral·leles els fils es repel·len

### CAMP MAGNÈTIC CREAT PER UNA ÈSPIRA CIRCULAR

Les línies de camp magnètic atravessen perpendicularment el pla de l'espira de radi  $R$  i es retorcen per tancar-se sobre si mateixes. Just a l'eix de l'espira, lluny dels efectes de vora, el camp magnètic decreix amb la distància  $x$  que ens allunya de l'espira com:

$$B = \frac{\mu}{2} \cdot \frac{IR^2}{(R^2 + x^2)^{3/2}} \quad \text{a} \quad B(x=0) = \frac{\mu I}{2R}$$



## Camp Magnètic creat per Agrupacions de Corrents: Llei d'Ampère

La llei establerta per André-Marie Ampère permet calcular el camp magnètic creat per agrupacions de corrents

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu \sum_{i=1}^N I_i$$

### CAMP MAGNÈTIC EN UN SOLENOIDE LONGITUDINAL

Un conjunt d' $N$  espires per les que circula una intensitat  $I$  apilades en una longitud  $L$  formen un **solenoid** amb  $n \equiv N/L$  espires per unitat de longitud. El camp magnètic longitudinal al seu interior és:

$$B = \mu n I$$

### CAMP MAGNÈTIC EN UN SOLENOIDE TOROIDAL

Un conjunt d' $N$  espires per les que circula una intensitat  $I$  enroldades al llarg d'una circumferència de radi  $R$  formen un **solenoid toroidal**. El camp magnètic circular al seu interior és:

$$B = \mu \cdot \frac{NI}{2\pi R}$$