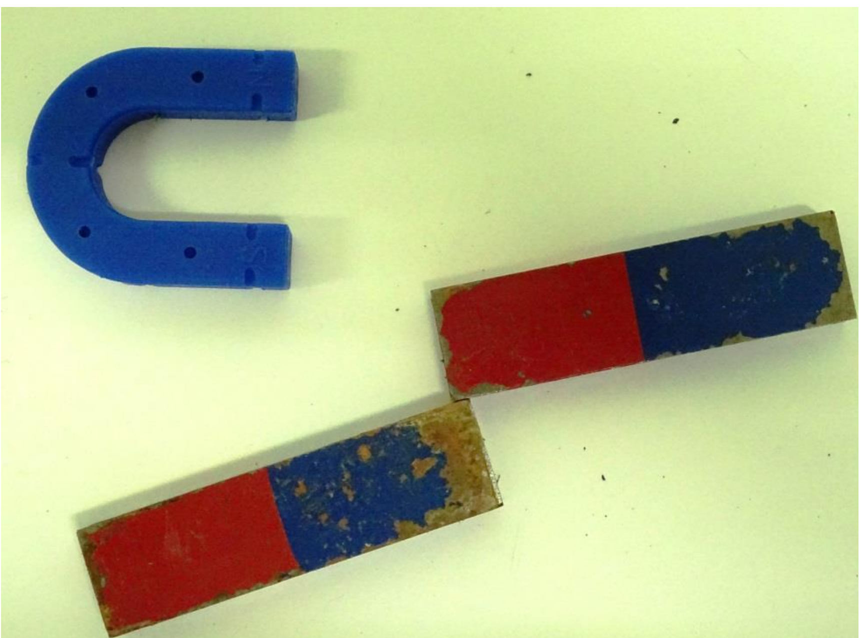
Campo magnético

1. Fenómenos magnéticos naturais.
2. Campo magnético. Liñas de campo.
3. Vetor indución magnética.
4. Lei de Laplace.
5. Forza magnética sobre unha carga pontual en movemento. Carateristicas.
6. Experiencia de Oersted. Campo magnético creado por unha corrente. Lei de Biot-Savart.
7. Atración e repulsión entre correntes retilíneas paralelas.
8. Fluxo magnético . Lei de Gauss para o campo magnético.
9. O campo magnético non é conservativo: Lei de Ampère.
10. Aplicación da Lei de Ampère ao calculo do campo magnético dun solenoide.

Campo magnético

Fenómenos magnéticos naturais

Imans naturais



Compas ou búsola

Campo magnético

"Sócrates: Este don de falar ben sobre Homero

é ,en ti, non un arte , como xa che decía hai un pouco, senon unha forza divina. Ela é a que te impulsa e pon en movemento como acontece coa pedra que Eurípides denominóu magnética e que comunmente denomínase Heraclea.

Esta pedra non só atrae os aneis de ferro, ficando neles a súa ación, senon que comunica aos aneis unha forza que lles da o mesmo poder que ten a pedra, de xeito que as veces, ve-se unha longa cadea de aneis de ferro pendurados uns dos outros dese xeito.

E a forza de todos deriva daquela pedra"

Platón: "Dialogo entre Sócrates e Ion sobre a Iliada"

Magnetismo natural
(ver vídeo)

- https://youtu.be/yEILfdnO7Jw

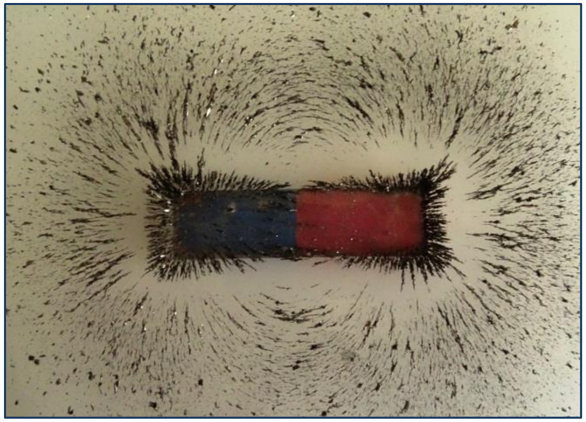
Campo magnético

1.-É a perturbación creada nunha rexión do espazo por un iman natural ou por unha corrente elétrica.

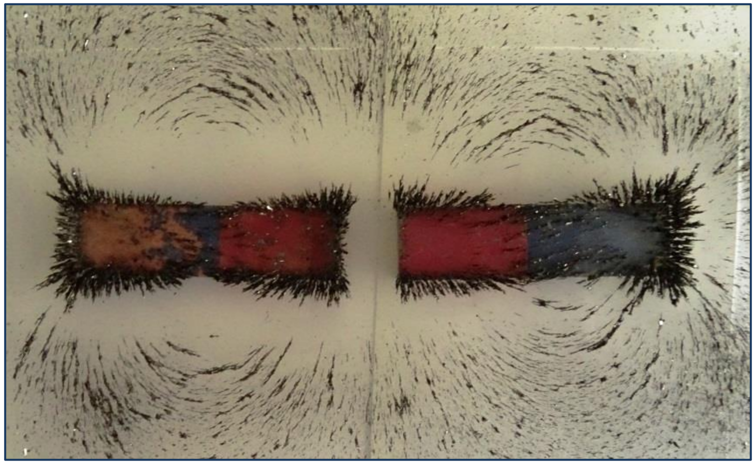
2.-Esta perturbación recoñécese polos efetos que causa sobre materiais metálicos ferromagnéticos e sobre correntes elétricas orientadas.

- https://youtu.be/D_JQffGlwg4

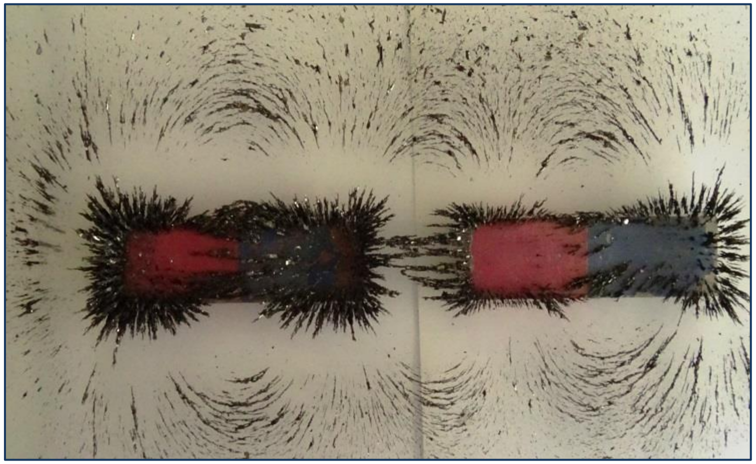
Liñas do campo magnético



As labras de ferro orientanse de norte a sul definindo as liñas do campo magnético



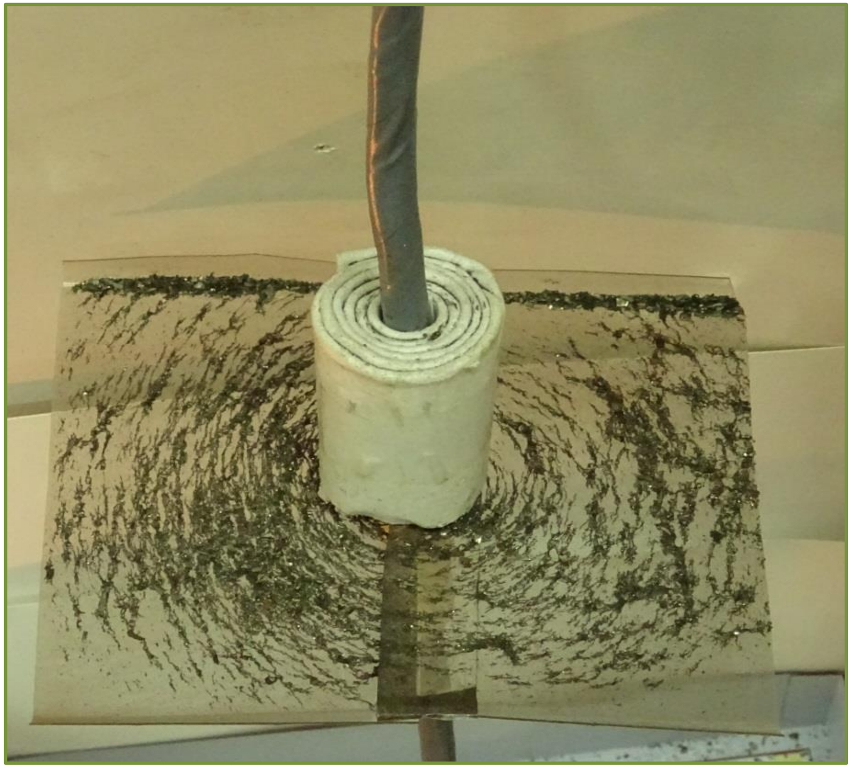
Sul fronte a sul



Norte fronte a sul

Liñas do campo magnético

Arredor dun fío que conduce unha corrente elétrica, as liñas do campo magnético forman circunferencias concentricas.



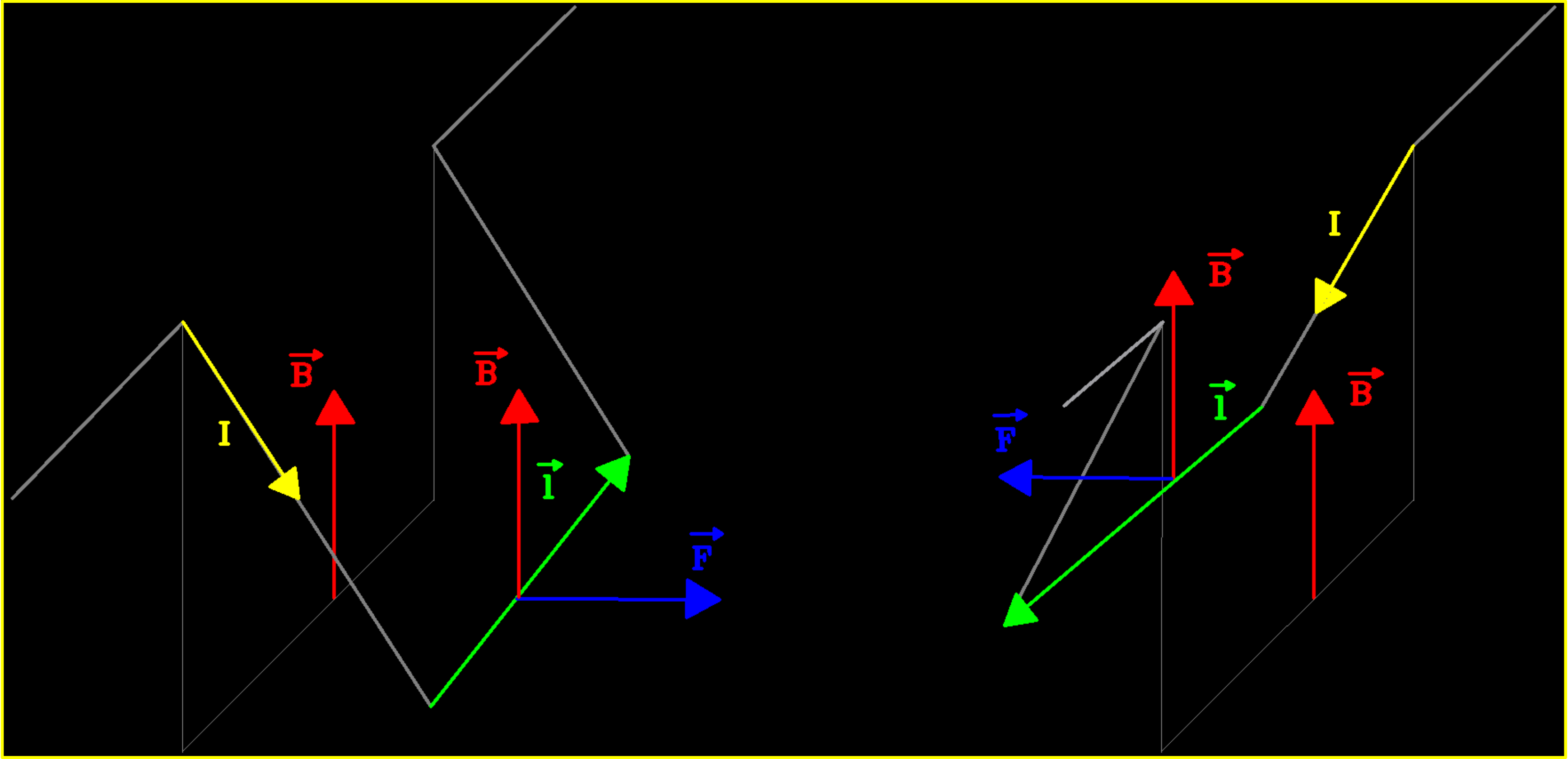
Vetor indución magnética

- Imos representar o campo magnético por medio do vetor indución magnética ($\vec{B}$)
- Esta magnitude é un vetor de direción N $\longleftrightarrow$ S
- O seu sentido é sempre N $\longrightarrow$ S
- A súa unidade no Sistema Internacional é a Tesla (T).
- Úsase tamén moito o Gauss (1T= 10^4 G)

Forza magnética sobre unha corrente elétrica retilínea:Lei de Laplace (ver vídeo)

- https://youtu.be/VOTN0yizuXE

Lei de Laplace



1º: $F \propto I.l.B$

2º: $\vec{l} \times \vec{B} \rightarrow \vec{F}$

$$\boxed{\vec{F} = I.(\vec{l} \times \vec{B})}$$

Lei de Laplace

1) É un produto vetorial e por tanto se o ángulo que forman os vetores é 0º enton $\vec{F} = 0$
2) O módulo de $\vec{F}$ será : $F = I \cdot l \cdot B \cdot sen\ \theta$
3) Permete unha definición da unidade Tesla:

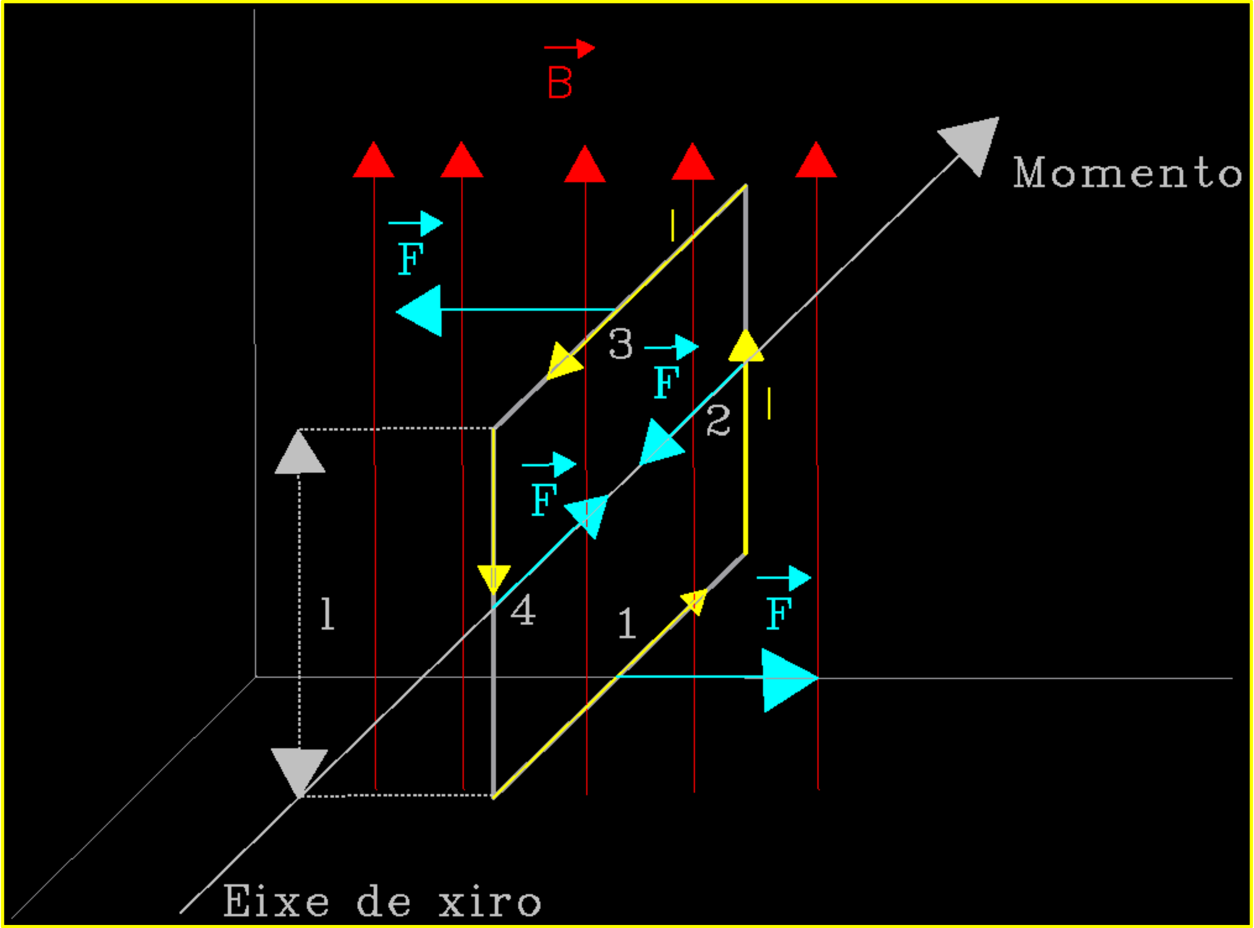
1 T é a intensidade de campo magnético que provoca unha forza de 1 N sobre un condutor retilíneo de 1 m de lonxitude, percorrido por unha intensidade de 1 A e orientado perpendicularmente ao campo magnético.

$$1\,T = \frac{1\,N}{1A.\,1m}$$

Momento sobre unha bobina de corrente (ver vídeo)

- https://youtu.be/RLh0fbLgARY

Momento sobre unha bobina de corrente



1.-Xérase un par de forzas

2.- Momento

$$\vec{M} = \vec{l} \times \vec{F}$$

E polo tanto:

$$M = l.I.l.B = I.l^2.B$$

3.- Momento dipolar magnético dunha bobina:

- 1 espira: $\vec{m} = I.\vec{S}$

onde $\vec{S}$ é a superficie.

- N espiras: $\vec{m} = N.I.\vec{S}$

Lei de Laplace

- Sobre un elemento infinitesimal de corrente, a Lei de Laplace escrebese:

$$d\vec{F} = I.\,d\vec{l} \times \vec{B}$$

- Esta expresión logo, terá que ser integrada en función das carateristicas de cada situación.

Forza magnética sobre unha carga pontual en movemento

- De acordo co anterior: $d\vec{F} = I \,.\, d\vec{l} \times \vec{B}$
- Teremos en conta que : $I = \dfrac{dq}{dt}$ e sustituíndo:

$d\vec{F} = \dfrac{dq}{dt} \cdot d\vec{l} \times \vec{B}$ pero $\dfrac{d\vec{l}}{dt} = \vec{v}$ que é a velocidade da carga.

- Integrando para unha carga:

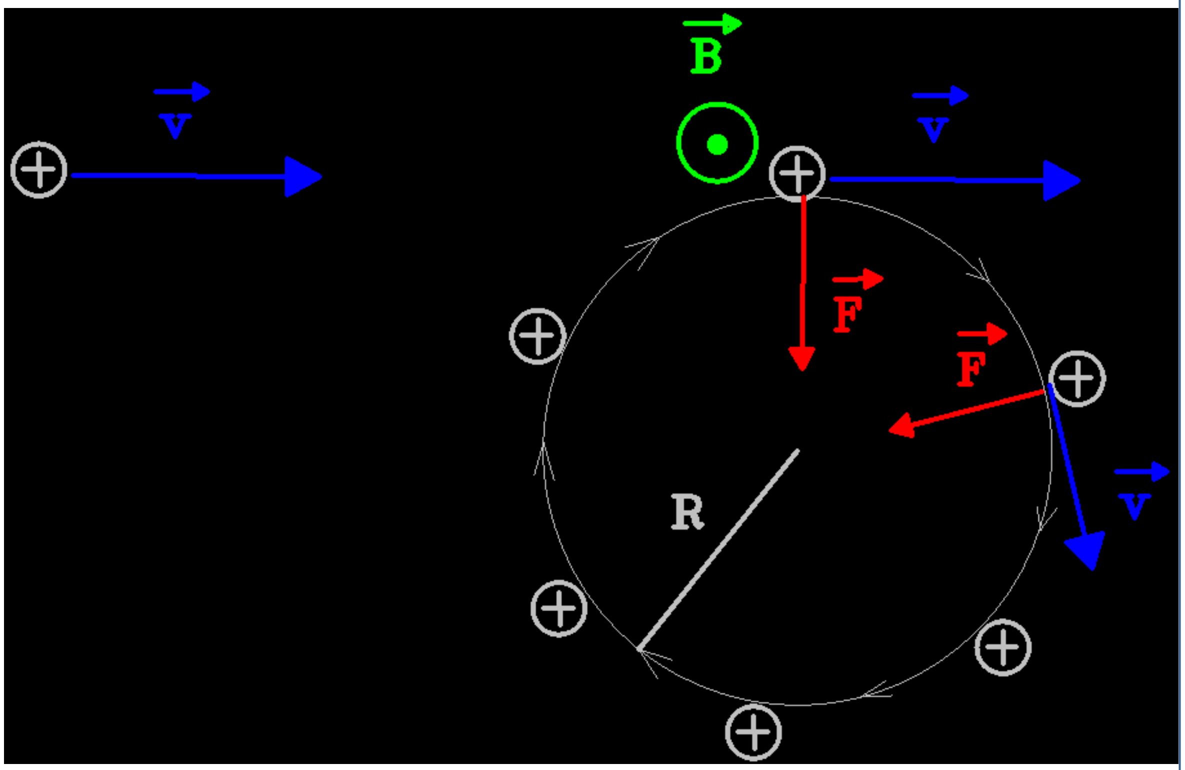
$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Carateristicas da Forza magnética sobre unha carga pontual

1. Se a carga está en repouso, como $\vec{v} = 0$, enton a forza é tamén 0 . Ou sexa, a carga en repouso non detecta o campo magnético.
2. O módulo da forza: $F = q.v.B.sen\,\theta$ e polo tanto se θ= 0º ou 180º, enton F=0.
3. Temos que ter en conta o signo da carga pois se fose negativa o sentido do vetor resultante invertiríase.

1.-Traxetoria dunha partícula cargada nun campo magnético perpendicular a súa velocidade

- Partícula con carga positiva



<u>Dinámica</u>: forza central

$$F = q \cdot v \cdot B$$

$$F = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Polo tanto: $R = \frac{m.v}{q.B}$

<u>Enerxía</u>: $dW = \vec{F} \cdot d\vec{r}$

E como son perpendiculares:

$dW = 0$ e claro, a enerxía cinética é constante.

<u>Cinemática</u>: M.C.U

1.-Traxetoria dunha partícula cargada nun campo magnético perpendicular a súa velocidade

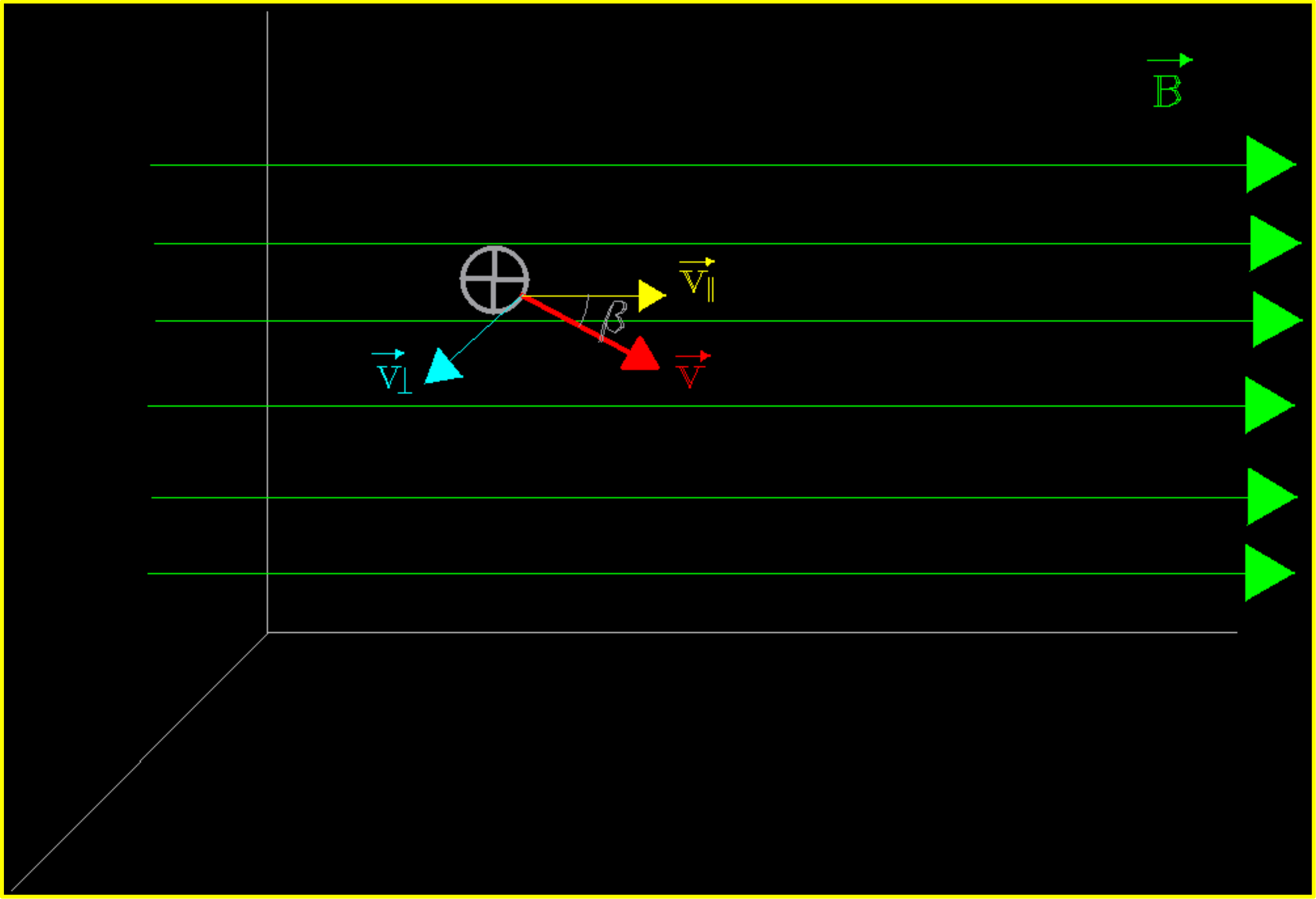
- Observa que a relación m/q , para un campo magnético definido e certa velocidade, determina o raio da circunferencia.

$$R = \frac{m.v}{q.B}$$

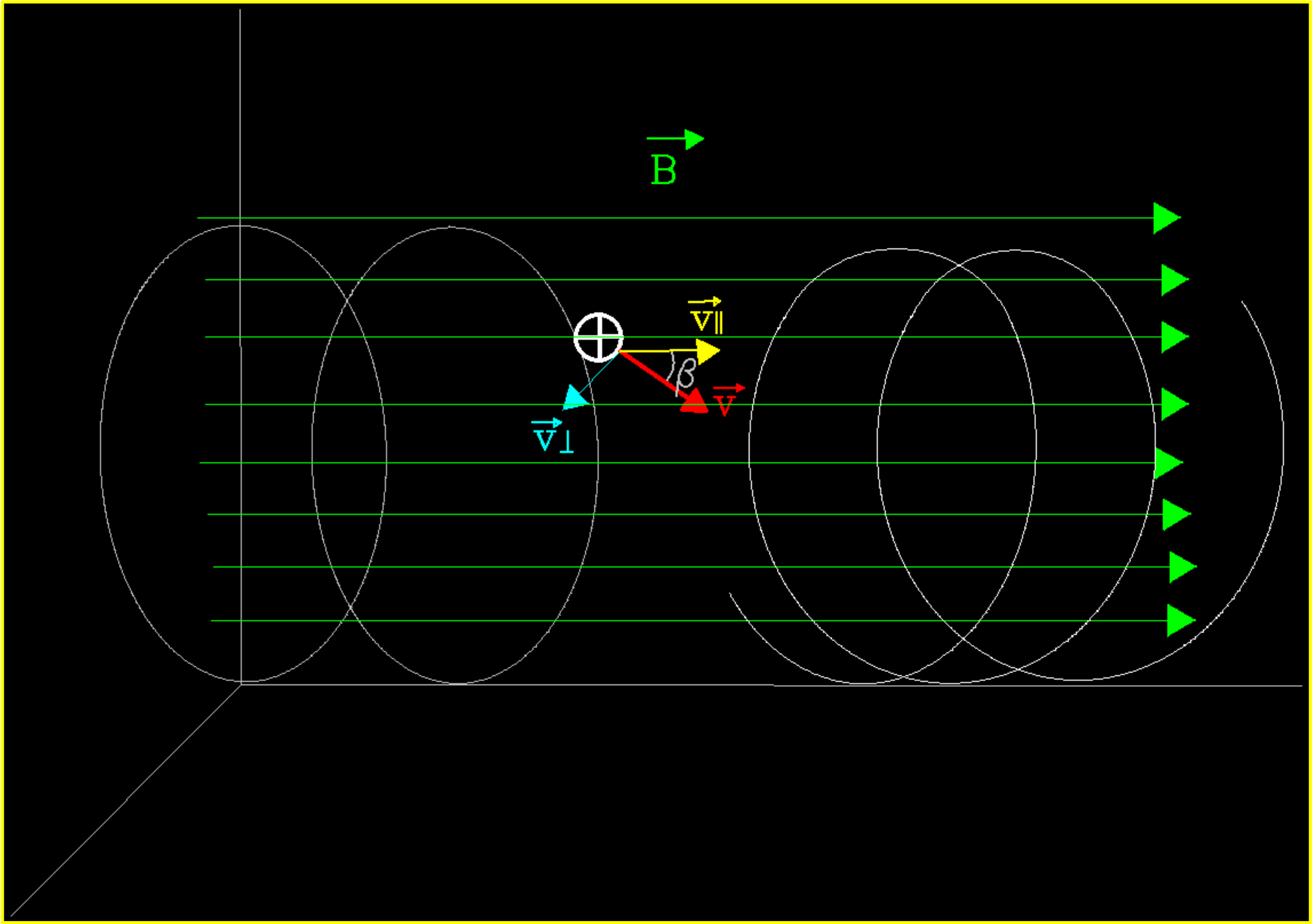
- Partícula de carga negativa: estuda agora o caso da partícula de carga negativa.

2.-Traxetoria dunha partícula cargada nun campo magnético non perpendicular a súa velocidade

- Partícula de carga positiva:



2.-Traxetoria dunha partícula cargada nun campo magnético non perpendicular a súa velocidade



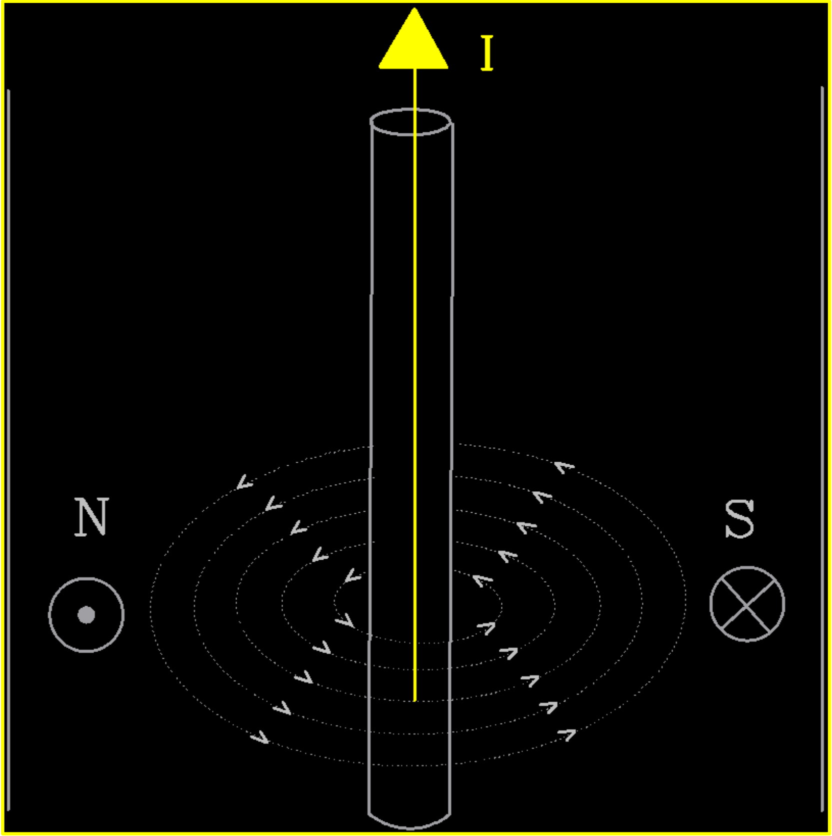
A componente da velocidade paralela a $\vec{B}$ despraza o plano
de xiro, mentres a componente perpendicular xera o movemento circular.

Campo magnético creado por unha corrente : experiencia de Oersted
(ver vídeo)

- https://youtu.be/vRbF0REJUCs

Campo magnético creado por unha corrente : experiencia de Oersted

Campo magnético creado por unha corrente : liñas de campo arredor do condutor

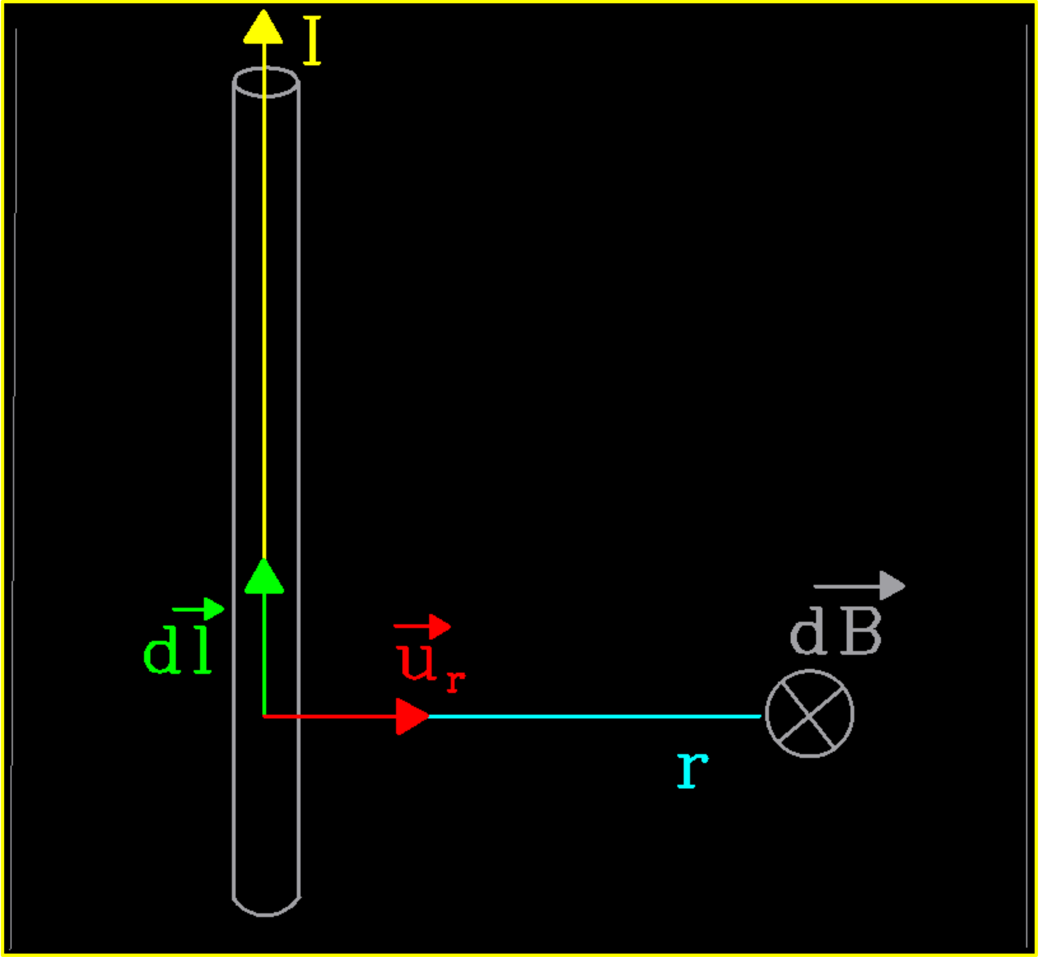


Campo magnético creado por unha corrente : Lei de Biot-Savart

O campo magnético creado depende de:

1) B é diretamente proporcional á intensidade
2) B é diretamente proporcional a $\frac{1}{r^2}$
3) Do medio: permeabilidade magnética $\frac{\mu}{4\pi}$
4) Dun produto vetorial (regra da man esquerda extendida e da man dereita)

Campo magnético creado por unha corrente : Lei de Biot-Savart



- En calquera medio:

$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{l} \times \overrightarrow{\mu_r}}{r^2}$$

μ = permeabilidade magnética do medio

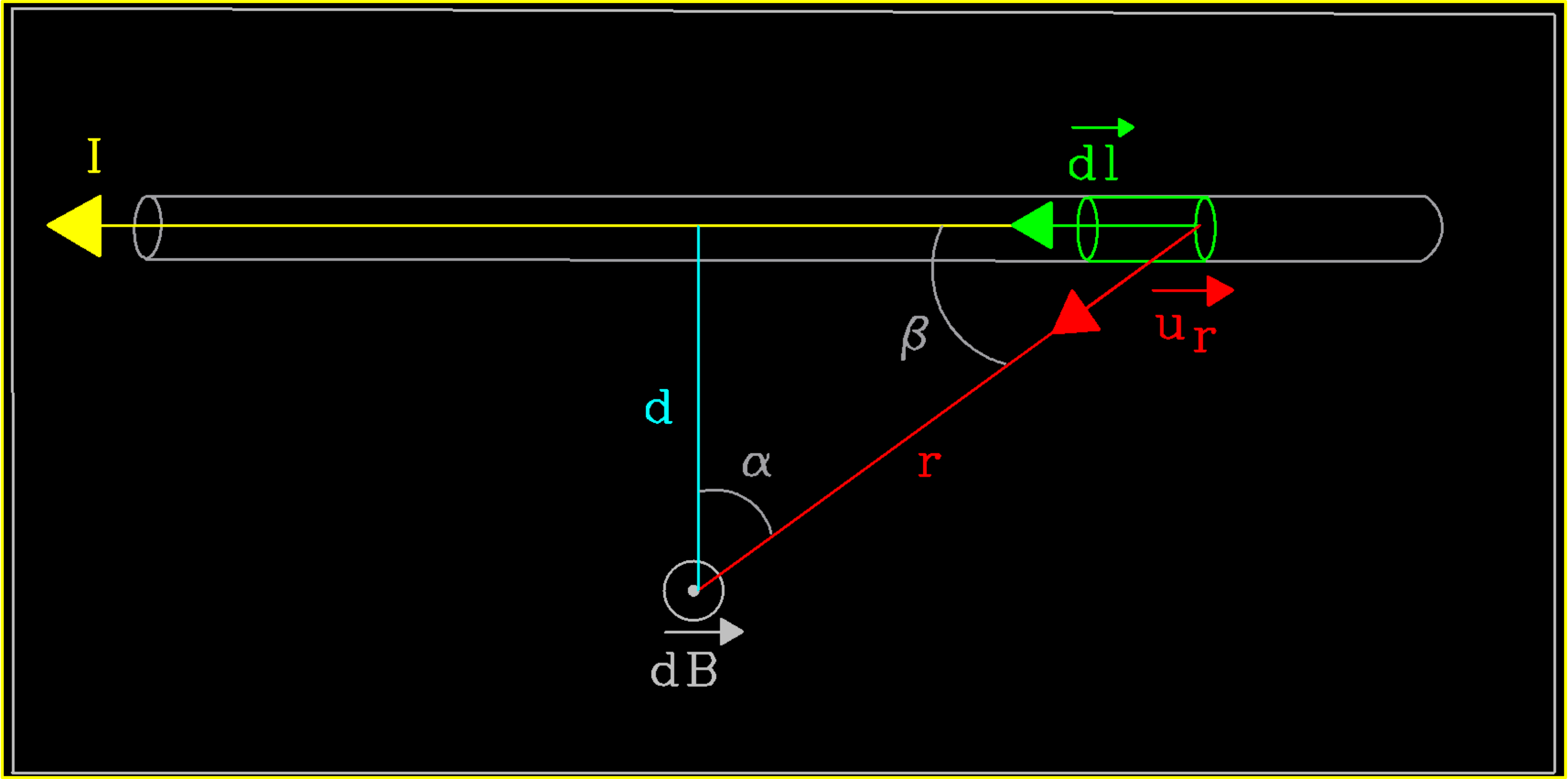
- No vacío :

$\mu_0 = 4\pi k'$ (N.A^{-2})

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = k' = 10^{-7} U.I$$

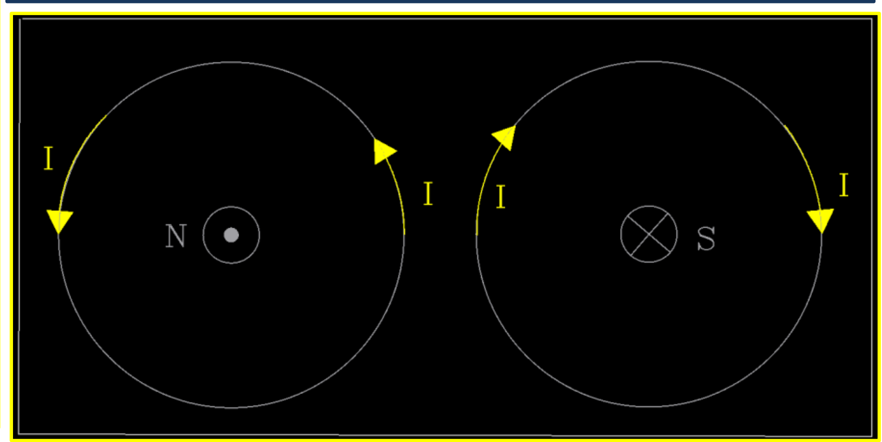
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{l} \times \overrightarrow{\mu_r}}{r^2}$$

Campo magnético creado por unha corrente retilínea : Lei de Biot-Savart

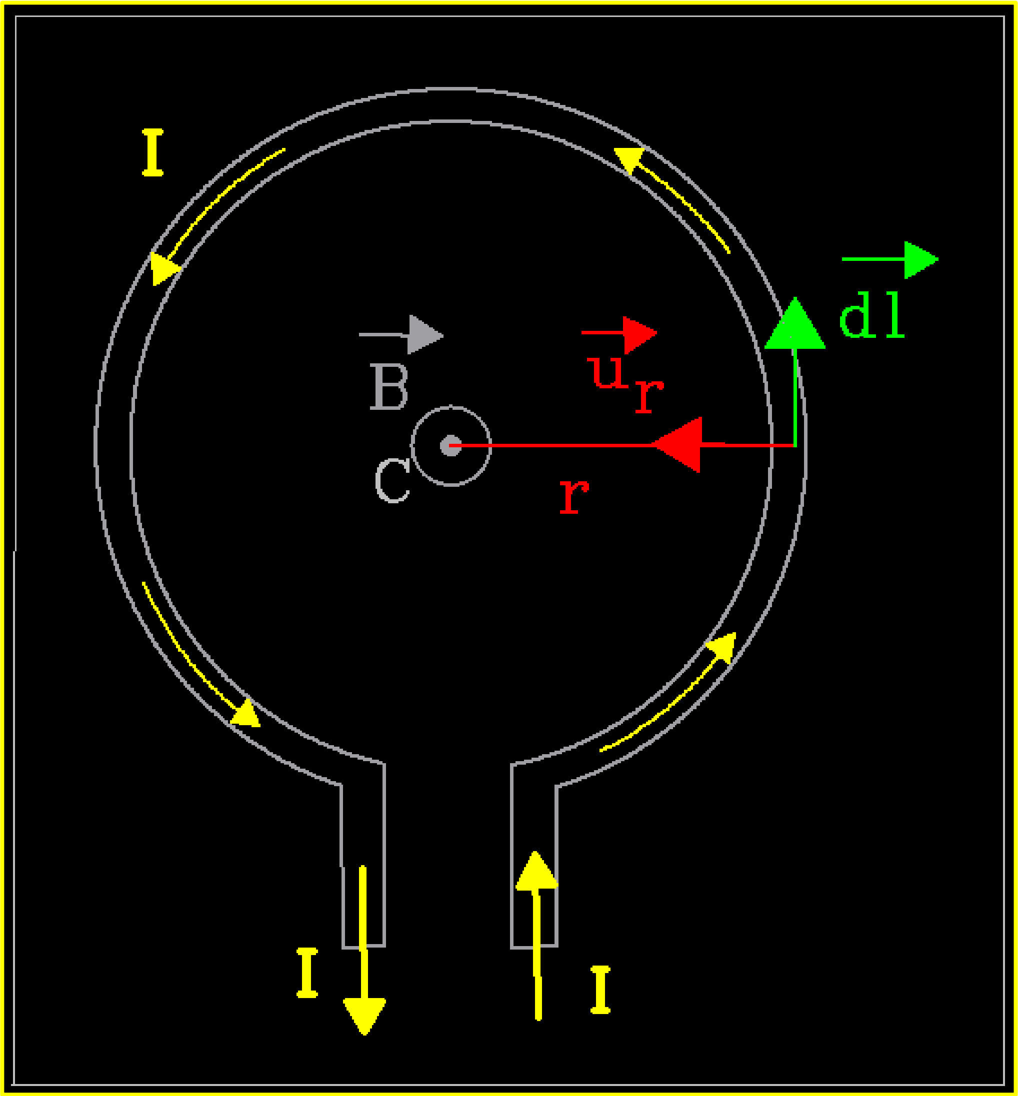


$$B = \frac{2 \cdot k' \cdot I}{d}$$

Campo magnético creado por unha espira circular de corrente no seu centro: Lei de Biot-Savart



Campo magnético creado por unha espira circular de corrente no seu centro: Lei de Biot-Savart



- Para 1 espira:

$$B = \frac{2 \cdot \pi \cdot k' \cdot I}{r}$$

- Para N espiras:

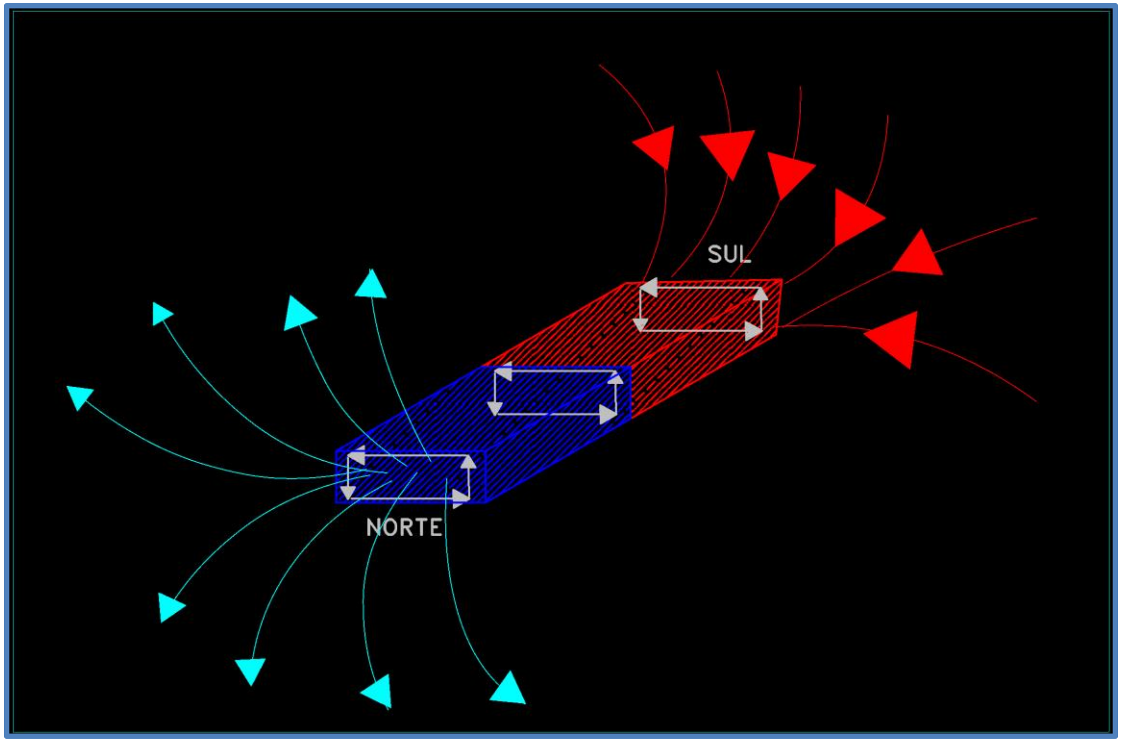
$$B = \frac{2 \cdot N \cdot \pi \cdot k' \cdot I}{r}$$

Explicación do magnetismo natural

Xa en 1823 Ampère pensou que o magnetismo era provocado pola existencia de correntes elétricas pechadas no interior dos corpos magnéticos.

Os eletróns ao xirar nas súas órbitas e sobre si mesmos (spin) equivalen a correntes circulares que crean un campo magnético perpendicular ao plano no que circula a corrente creada.

Isto explica porque non é posibel separar os polos dun imán



Campo magnético creado por unha carga en movemento

- Partindo da Lei de Biot-Savart: $$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{d\vec{l} \times \overrightarrow{\mu_r}}{r^2}$$
- Tendo en conta: $$I = \frac{dq}{dt}$$
- Sustituíndo: $$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{dq}{dt} \cdot \frac{d\vec{l} \times \overrightarrow{\mu_r}}{r^2}$$
- Como: $\dfrac{d\vec{l}}{dt} = \overrightarrow{v}$ podemos sustituir e integrando
- para unha partícula obtemos: $$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot q \cdot \frac{\vec{v} \times \overrightarrow{\mu_r}}{r^2}$$

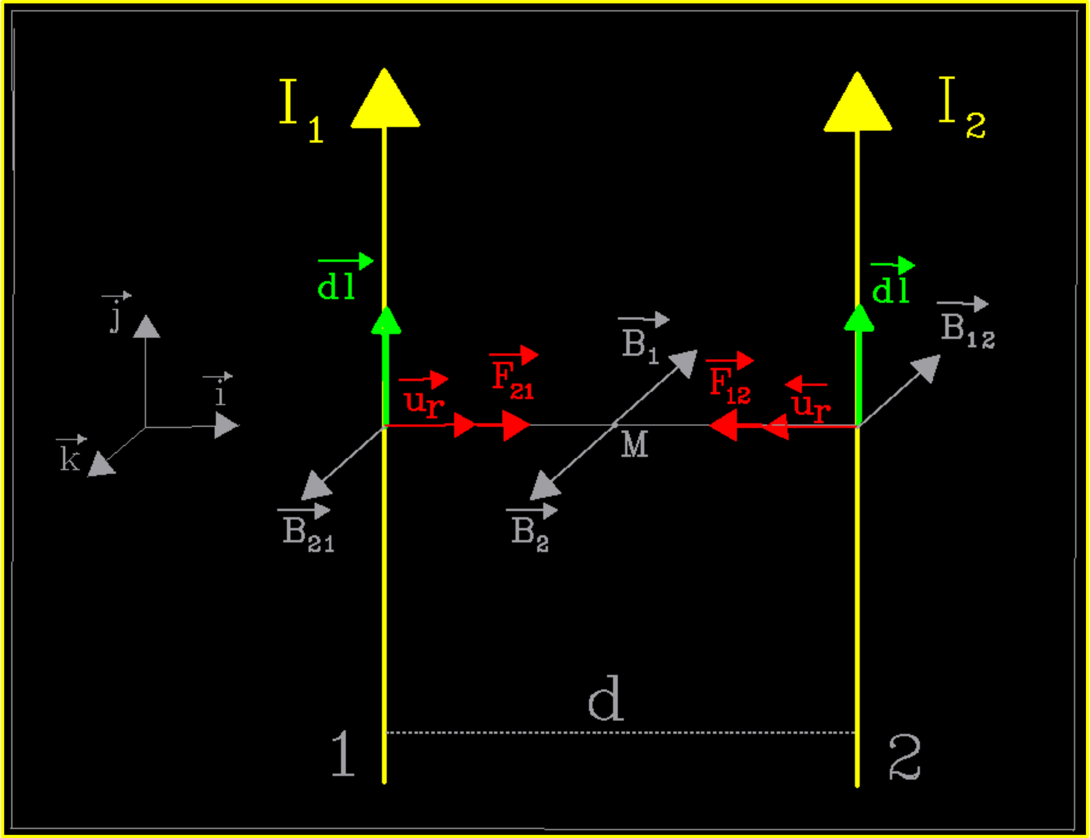
Interacións entre correntes retilíneas paralelas

- Coa experiencia de Oersted, comprendimos que unha corrente elétrica continua é quen de xerar un campo magnético.
- Ademais cando estudamos a lei de Laplace, comprendimos como un campo magnético afeitaba a unha corrente elétrica retilínea.
- Así pois, se dous condutores paralelos conducen correntes elétricas, deben aparecer entre eles interacións magnéticas.

Ver video:

- https://www.youtube.com/watch?v=ZdYD-ql-u68

Interacións entre correntes retilíneas paralelas



1.-No ponto medio (M)

- Direción e sentido o dado por $d\vec{l} \times \vec{u}_r$
- Módulos:

$$B_1 = \frac{2 \cdot k' \cdot I_1}{d/_2}, B_2 = \frac{2 \cdot k' \cdot I_2}{d/_2}$$

- Se $I_1 = I_2$ enton o campo total é 0.

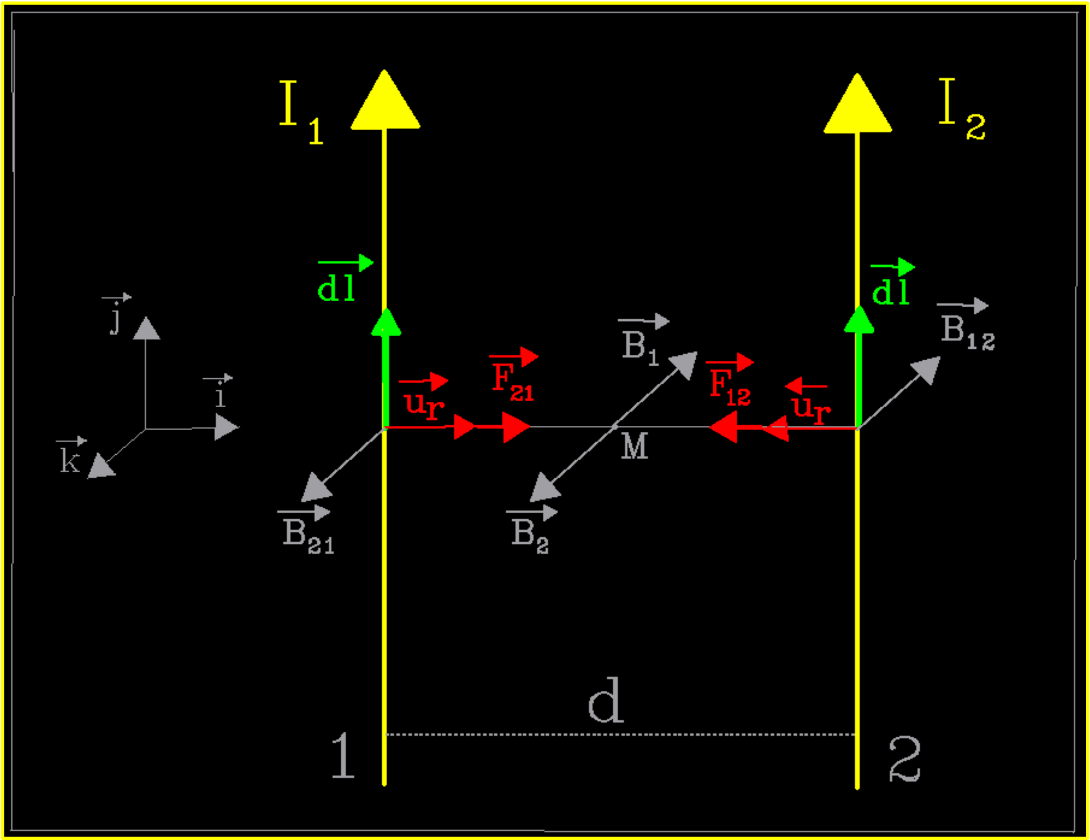
2.-O fío 2 en 1 crea un campo:

$$\vec{B}_{21} = \frac{2 \cdot k' \cdot I_2}{d} \vec{k}$$

E este campo exerce unha forza sobre o fío 1 de acordo coa Lei de Laplace:

$$\vec{F}_{21} = I_1 \cdot \vec{l} \times \vec{B}_{21} = I_1 \cdot l \cdot \frac{2 \cdot k' \cdot I_2}{d} (\vec{\jmath} \times \overrightarrow{k}) = \frac{2 \cdot k' \cdot l \cdot I_1 \cdot I_2}{d} \vec{\imath}$$

Interacións entre correntes retilíneas paralelas



2.-O fío 1 en 2 crea un campo:

$$\vec{B}_{12} = \frac{2 \cdot k' \cdot I_1}{d}\,(-\vec{k})$$

E este campo exerce unha forza sobre o fío 2 de acordo coa Lei de Laplace:

$$\vec{F}_{12} = I_2 \cdot \vec{l} \times \vec{B}_{12} =$$

$$= I_2 \cdot l \cdot \frac{2 \cdot k' \cdot I_1}{d}\left(\vec{j} \times -\vec{k}\right) =$$

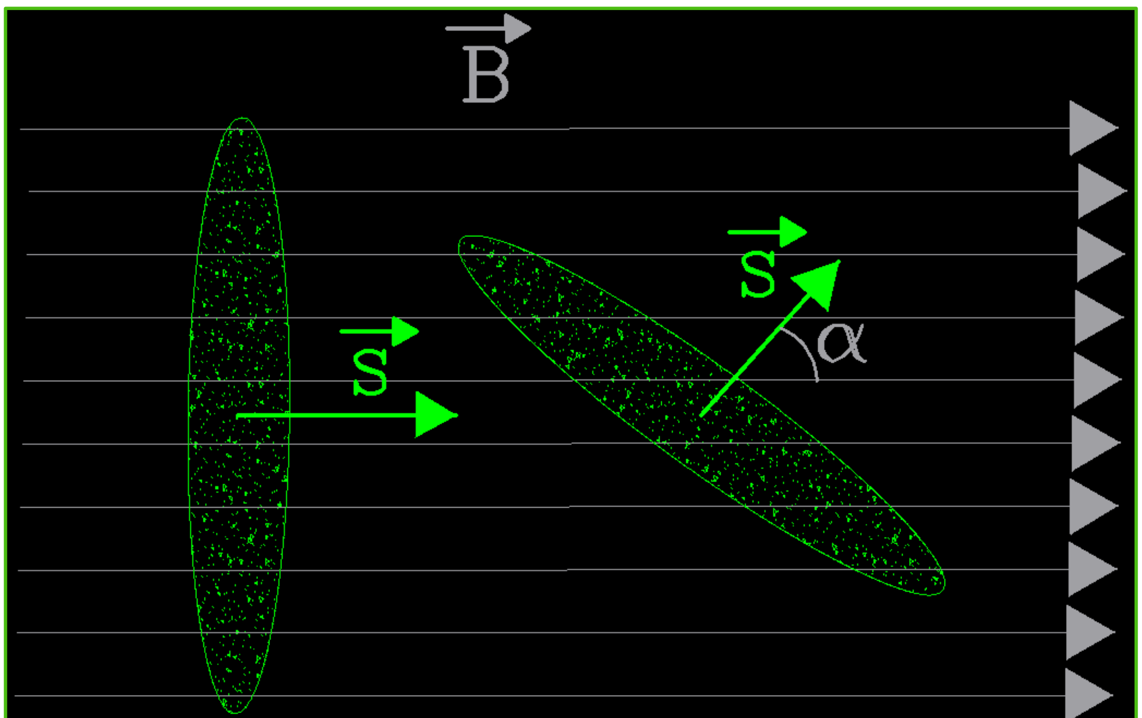
$$= \frac{2 \cdot k' \cdot l \cdot I_1 \cdot I_2}{d}\,(-\vec{i})$$

As forzas son atrativas

Estuda agora que acontece se as correntes teñen sentidos contrarios e comproba que Enton as forzas son repulsivas

Fluxo magnético atraves dunha superficie

- É unha medida da cantidade de magnetismo.
- Determina a densidade de liñas de campo magnético que atravesa unha superficie



$$\phi_M = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

$$\phi_M = B \cdot S \cdot cos\alpha$$

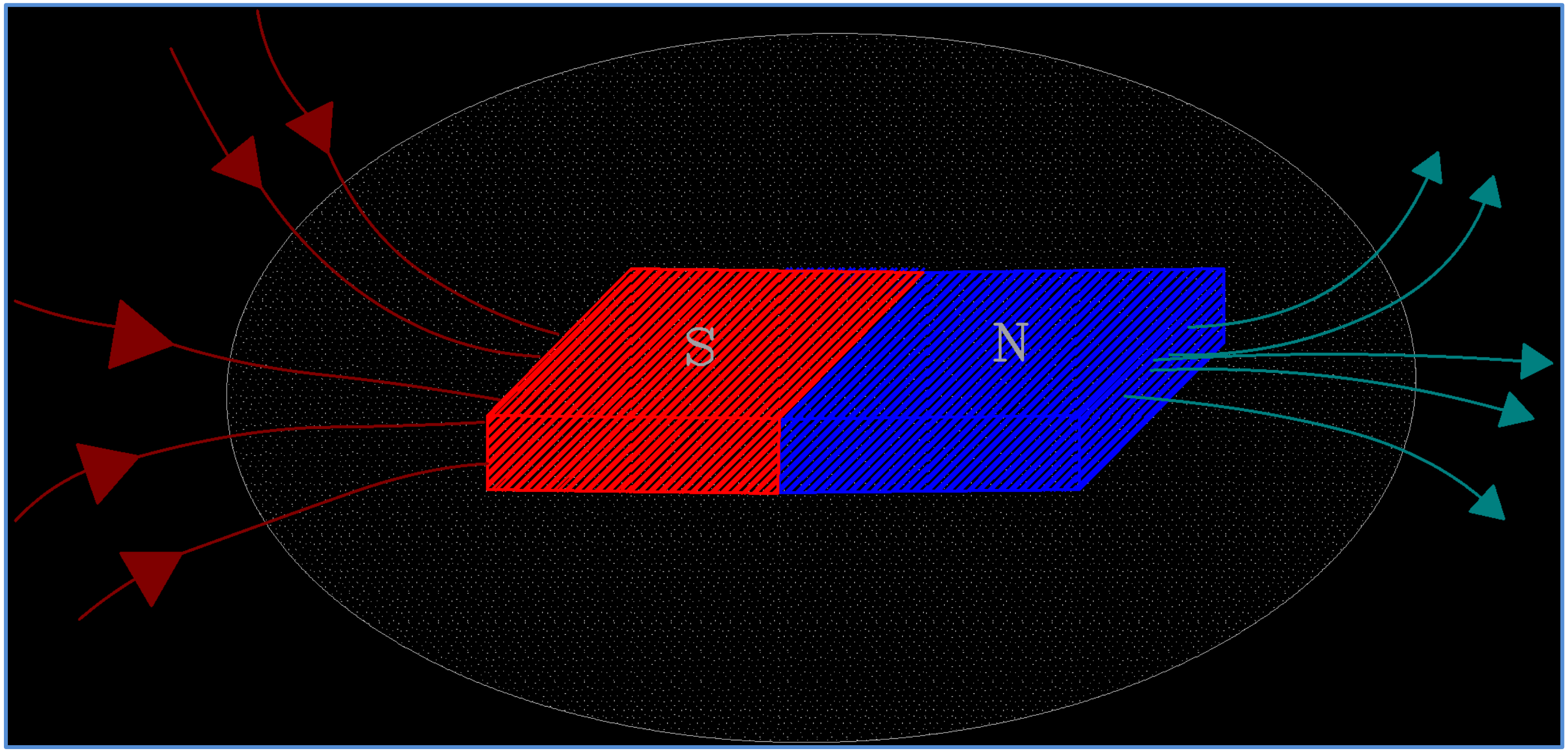
Unidades:

$T.m^2$ = Wb (Weber)

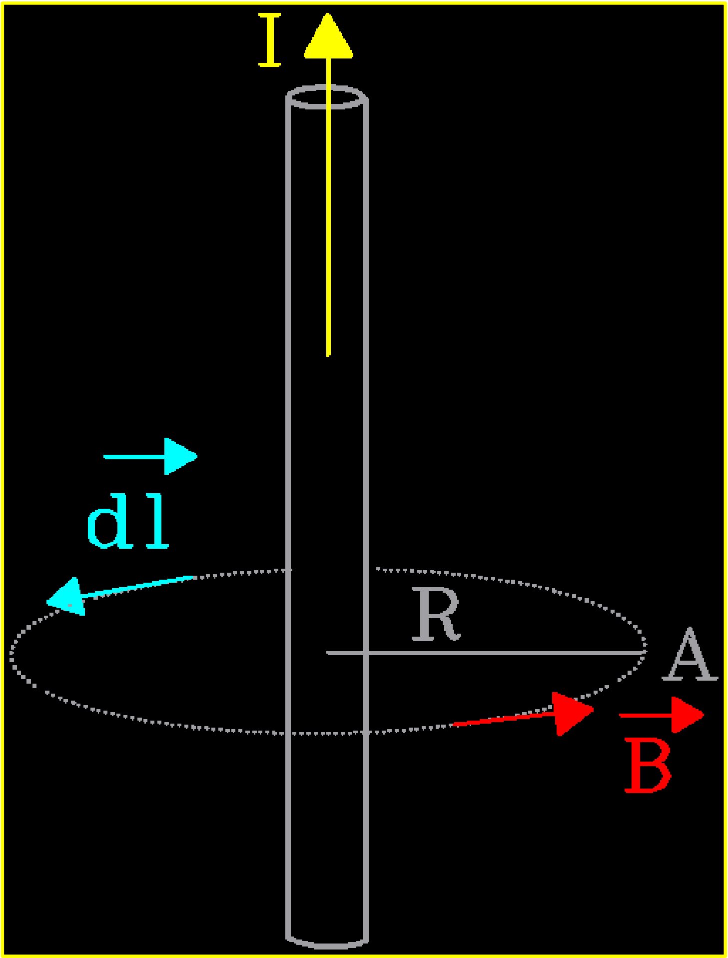
Fluxo magnético atraves dunha superficie cerrada

Por cada liña de campo que sae, hai outra liña que entra, polo tanto o fluxo neto é <u>0</u>.

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



É conservativo o campo magnético?



- Consideremos o campo magnético creado por unha corrente retilínea a unha distancia R.
- Para comprobar se é conservativo, calculamos a circulación de $\vec{B}$ nun percorrido pechado, comenzando en A e rematando en A
- Se o resultado fora 0, o campo sería conservativo.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = 0\,??$$

Lei de Ampère

1. $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B \cdot dl$ pois os dous vetores coinciden en direción e sentido.

2. Ademais $\vec{B}$ é constante: $B = \frac{2 \cdot k' \cdot I}{R}$

3. Integramos enton:

$$\oint \frac{2 \cdot k' \cdot I \cdot dl}{R} = \frac{2 \cdot k' \cdot I \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{R} = 4 \cdot \pi \cdot k' \cdot I = \mu_0 \cdot I$$

4. Concluímos polo tanto que o campo magnético non é conservativo pois:

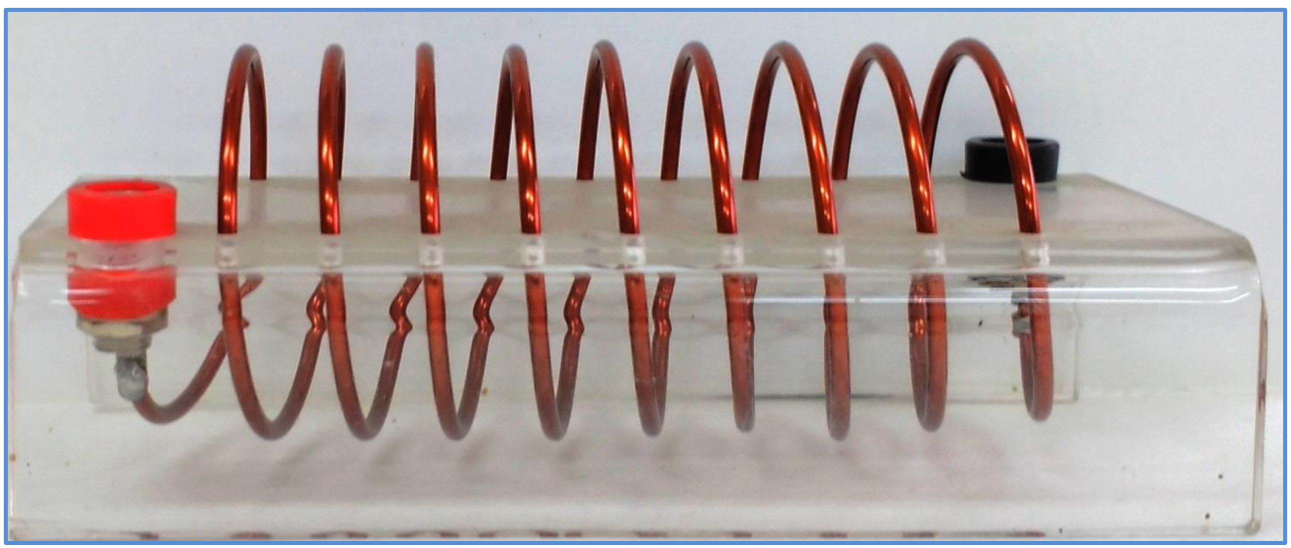
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

5. Se houbera máis dunha corrente:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot (I_1 + I_2 + \cdots)$$

Aplicación da lei de Ampère ao calculo do campo magnético dun solenoide

Un solenoide é unha bobina de fio condutor enrolado de forma helicoidal, capaz de crear un campo magnético moi intenso e uniforme no seu interior e nulo no exterior cando circula por el a corrente eletrica.



Campo magnético dun solenoide

1.Escollemos un circuíto pechado para aplicar a lei de Ampère.

2.Aplicamos a lei:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_B^C \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{B} \cdot d\vec{l} + \int_D^A \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I$$

3.Os tramos de B a C e de D a A, dan **0** pois $\vec{B}$ e $d\vec{l}$ son perpendiculares.

O de C a D tamén pois está no exterior onde $\vec{B}$ é <u>0</u>

4.Queda pois: $B \cdot l_{AB} = \mu_0 \cdot N \cdot I$, expresión na que $l_{AB} = l$ e $N \cdot I$ é a suma das correntes que percorren as N espiras.

5. Polo tanto:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{l}$$