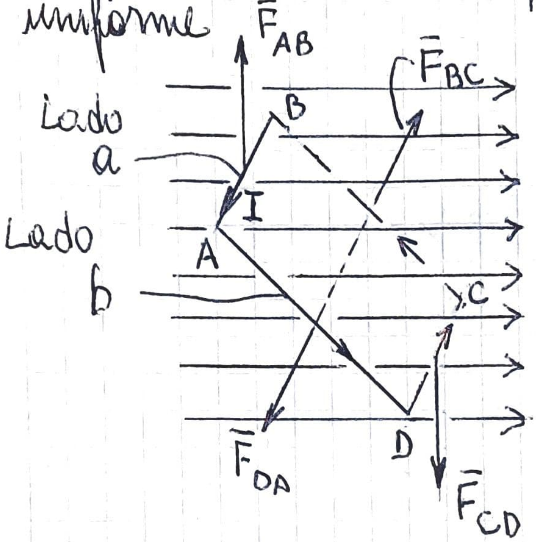
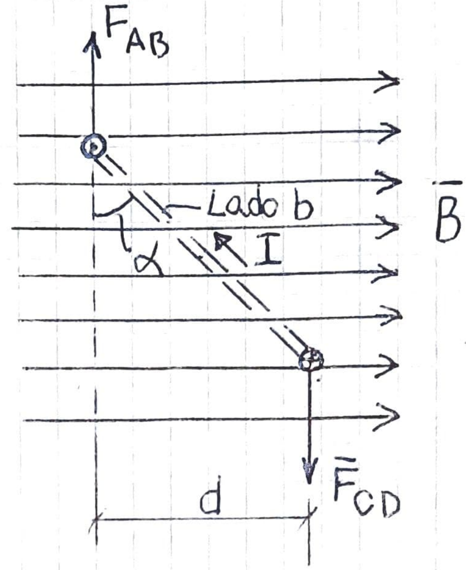
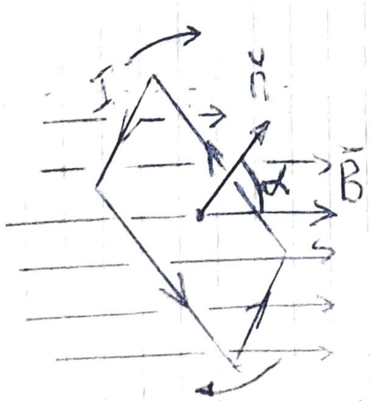
Cupla sobre una espira con corriente en un campo $\bar{B}$ uniforme





Sea una espira rectangular de lados a y b con corriente I inmersa en un campo magnético uniforme $\bar{B}$. Cada lado experimenta una fuerza resultante $\bar{F} = I\,\bar{L} \times \bar{B}$. Los lados AD y BC tienen fuerzas iguales y opuestas en el plano de la espira, mientras que los lados AB y CD tienen fuerzas cuyas rectas de acción están separadas una distancia d, o sea forman una cupla o par de fuerzas, de módulo

$$|\bar{F}_{AB}| \cdot d = I\,|\overbrace{\bar{AB}}^{a}| \cdot B\,\text{sen}\,90^\circ \cdot \overbrace{d}^{b\,\text{sen}\,\alpha} = I\,a\,b\,B\,\text{sen}\,\alpha$$



Definimos momento magnético de la espira ($\bar{\mu}$)

$\bar{\mu} = I\,a\,b\,\check{n}$, $[\mu] = A\,m^2$.

$\bar{\tau} = \bar{\mu} \times \bar{B}$, donde $\bar{\tau}$ es el vector torque en la espira. El torque se extingue cuando el plano de la espira es perpendicular al campo externo $\bar{B}$.

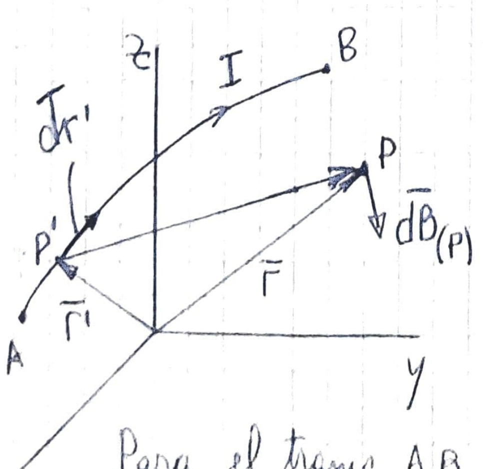
OBS: si bien el análisis anterior fue realizado para una espira rectangular, la conclusión es válida para una espira plana de cualquier forma inmersa en un campo $\bar{B}$ uniforme. En general

$$\bar{\bar{\tau}} = \bar{\mu} \times \bar{B}, \quad \text{con } \bar{\mu} = I A \hat{n}$$ donde A es el área de la espira.

FUENTES DEL CAMPO MAGNÉTICO

El campo magnético $\bar{B}$ en un punto del espacio se origina por el movimiento de cargas eléctricas respecto del mismo. Una primera ecuación que existe para los conductores con corriente I (cumpliendo un papel similar a la ley de Coulomb para electrostática) es la siguiente

<u>Ley de Biot-Savart</u>: permite hallar el campo $\bar{B}$ en todo punto del espacio integrando las contribuciones de cada elemento $\bar{dr'}$ de conductor filiforme con corriente $\underline{I}$.



P: punto campo (dado por posición $\bar{r}$
P': " fuente (" " " $\bar{r'}$)
$\bar{dr'}$: desplazamiento diferencial en la fuente

$$\bar{dB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\bar{dr'} \times \overline{P'P}}{|\overline{P'P}|^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\bar{dr'} \times (\bar{r} - \bar{r'})}{|\bar{r} - \bar{r'}|^3}$$

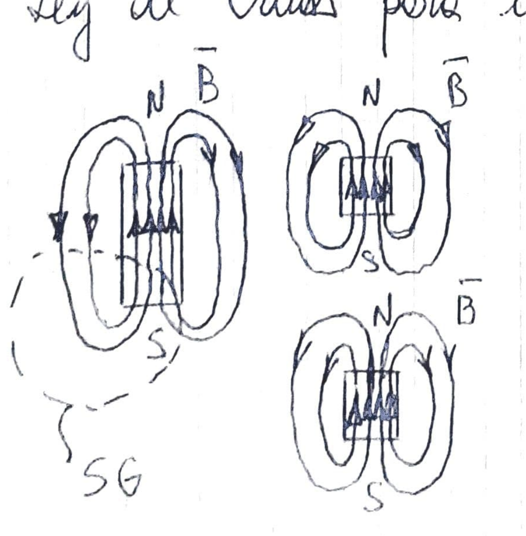
Para el tramo AB: $\bar{B}_{(P)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_{\widehat{AB}} \frac{\bar{dr'} \times (\bar{r} - \bar{r'})}{|\bar{r} - \bar{r'}|^3}$

donde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A}$ es la permitividad magnética del vacío (similar a ε_0 para electrostática)

Líneas de campo magnético: dan una adecuada representación visual del campo. El criterio de representación es el siguiente:

1 _ La densidad de líneas en una región del espacio es proporcional al módulo del campo en dicha región.
2 _ Las líneas de campo magnético (a diferencia de las de campo eléctrico) no tienen fuentes ni sumideros, esto es son cerradas (como caso particular se cierran a través del infinito).
3 _ La tangente a una línea de campo en un punto nos da la dirección y sentido del campo en ese punto.
4 _ Como el campo $\bar{B}(P)$ en cada punto del espacio es único, las líneas de campo jamás se cortan.

Ley de Gauss para el magnetismo



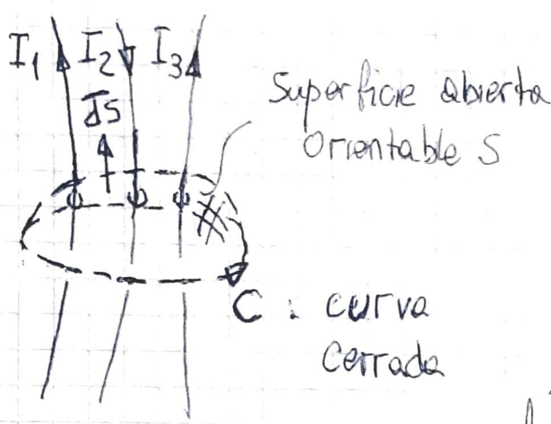
Es imposible aislar un polo magnético, si cortamos el imán de la izquierda por la mitad se forman dos imanes, cada uno con sus dos polos. Para cualquier superficie gaussiana que se tome se da

$$\oint_{SG} \bar{B} \cdot d\bar{S} = 0$$

Y en forma diferencial, aplicando el teorema de la divergencia $\bar{\nabla} \cdot \bar{B} = 0$, un campo de esta característica se llama campo solenoidal.

La ley de Gauss es válida para toda configuración de campo magnético.

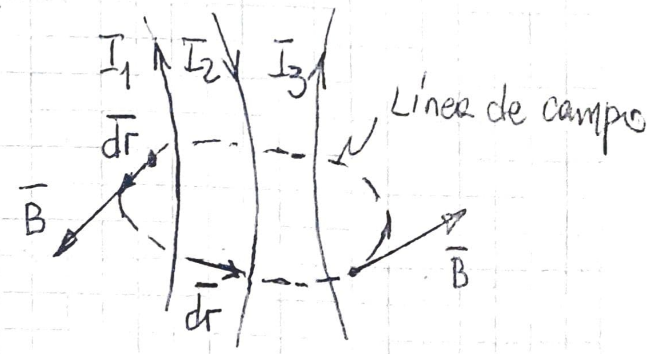
Ley de Ampere



Dado un conjunto de conductores con corrientes I_i y una curva cerrada C que concatena (encierra) dicho conjunto, si la configuración de las corrientes es tal que toda superficie S cuya frontera es C sea atravesada por las mismas corrientes, entonces se cumple lo siguiente:

$$\oint_{C^+} \bar{B} \cdot d\bar{r} = \mu_0 \sum I_{\text{CONCATENADAS}}$$

$$\oint_{C^+} \bar{B} \cdot d\bar{r} = \mu_0 (I_1 - I_2 + I_3)$$



El sentido de orientación de la superficie ($\bar{dS}$) tomado como positivo es aquel en el cual un observador parado como el vector $\bar{dS}$ ve a la curva C orientada en sentido antihorario, luego las corrientes cuyo sentido coincide con el de $d\vec{s}$ son tomadas como positivos y las del sentido contrario negativos.