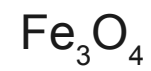


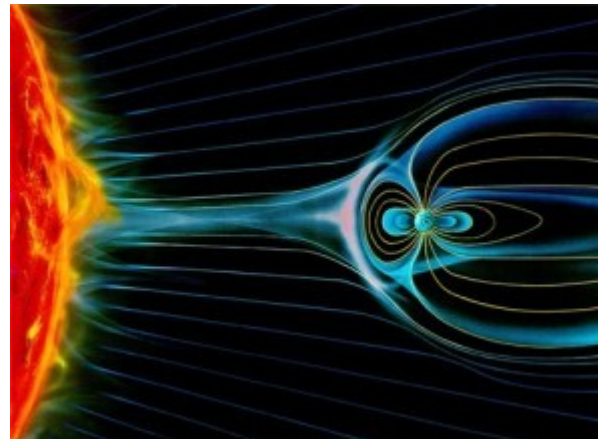
# Magnetostática



Brújula

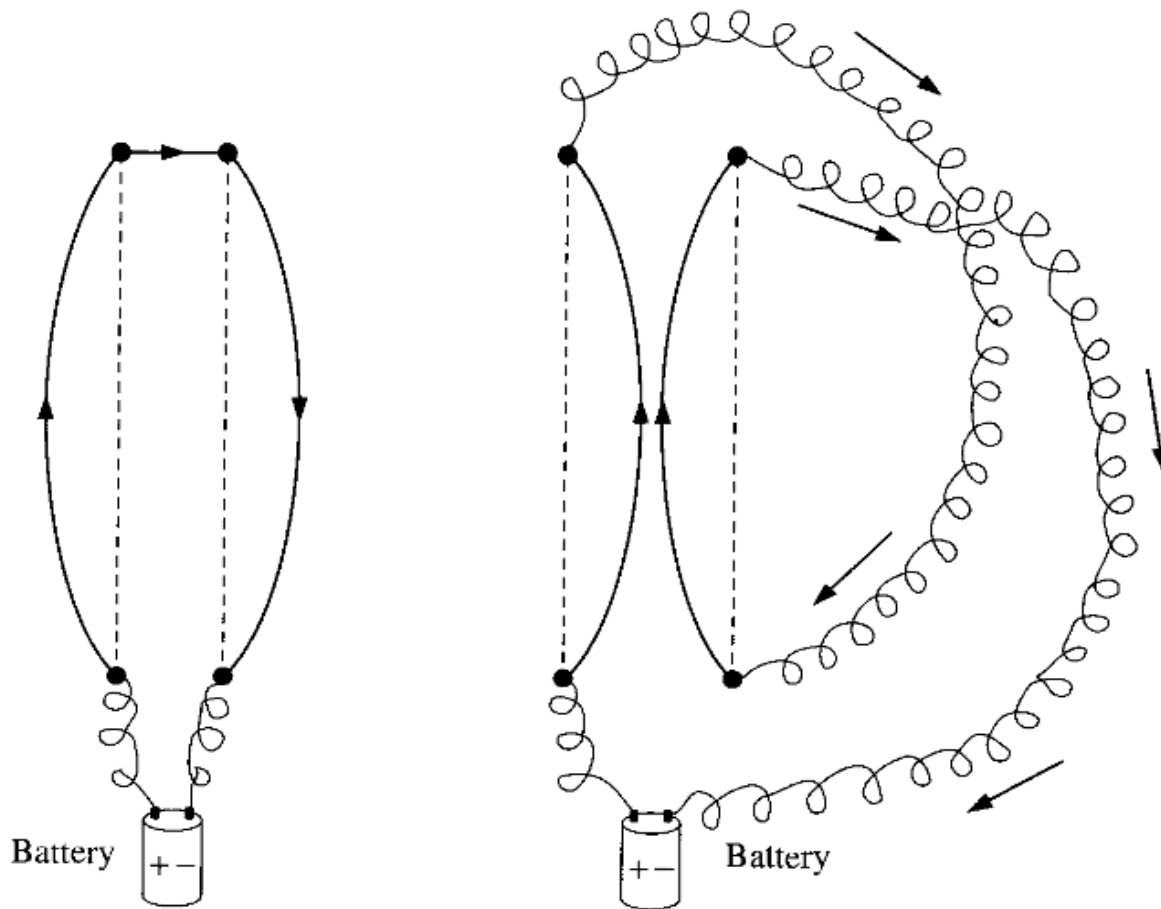


Disco duro



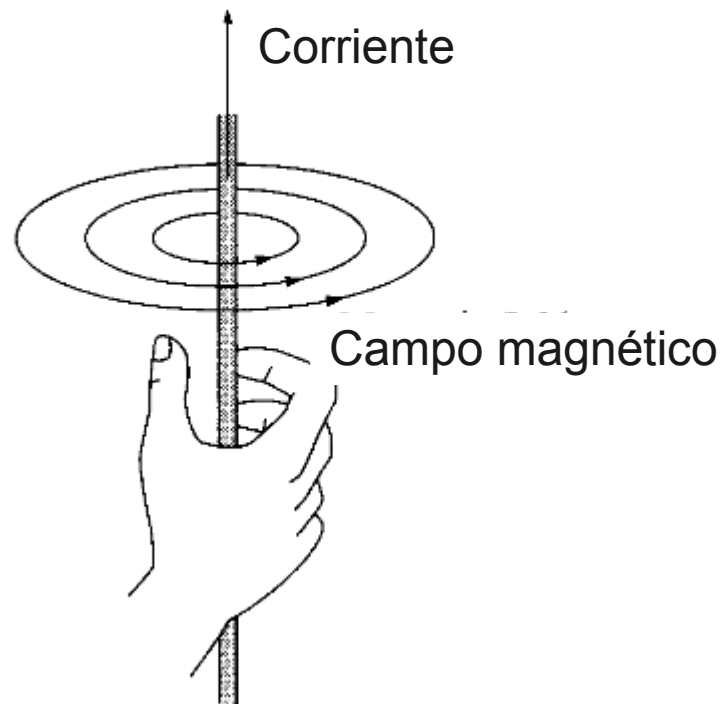
# Fuerza de Lorentz

- Corrientes en dos cables paralelos se atraen si van en la misma dirección, y viceversa.



Esta fuerza  
No es de  
naturaleza  
electrostática,  
sino que se  
debe al  
movimiento  
de las cargas

- Si existe una corriente en un conductor, se genera a su alrededor una inducción magnética  $\vec{B}$  tal que:



La fuerza magnética, o fuerza de Lorentz que siente una carga  $Q$  en presencia de  $\vec{B}$  :

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = Q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Donde  $\mathbf{v}$  es la velocidad de la carga

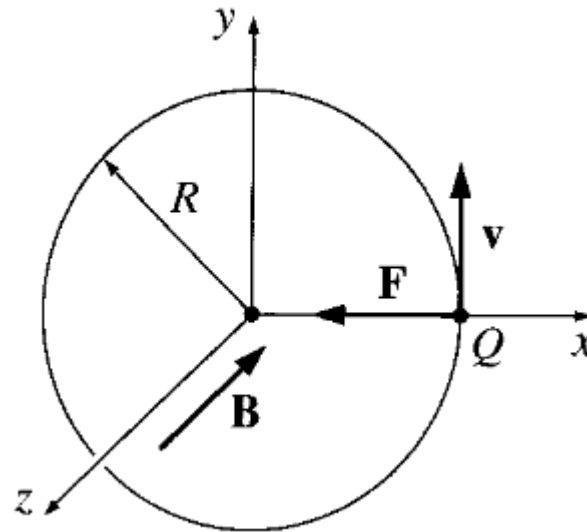
- En caso de que exista además fuerza eléctrica, la fuerza total será:
- $$\mathbf{F} = Q[\mathbf{E} + (\mathbf{v} \times \mathbf{B})]$$
- Se puede observar que la fuerza magnética es siempre perpendicular a la velocidad, y por lo tanto al desplazamiento, por lo que el campo magnético no cambia la energía cinética de la partícula

# Ejemplo: movimiento ciclotrónico

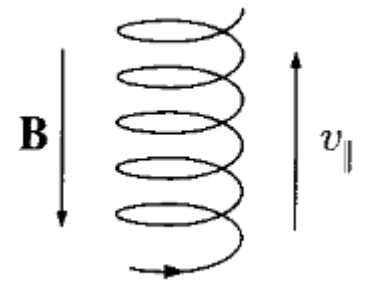
- Si una partícula se mueve se mueve con velocidad normal al campo magnético, se moverá en círculo:

$$QvB = m \frac{v^2}{R}$$

$$p = QBR$$



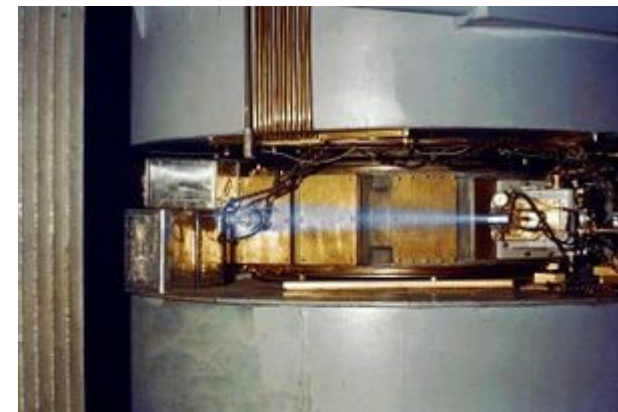
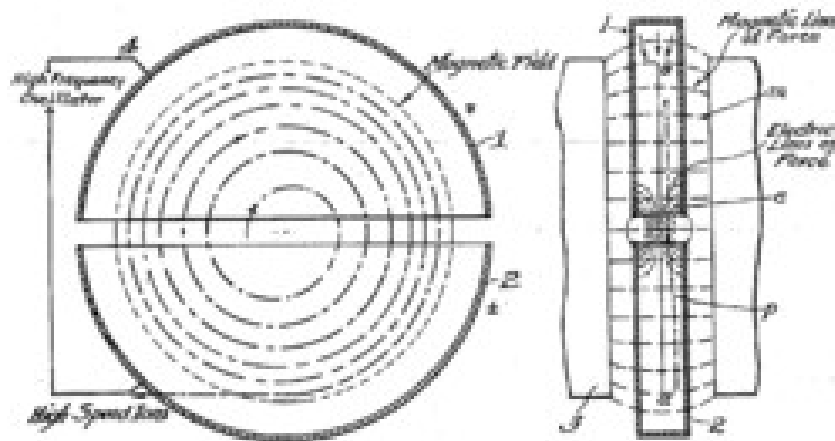
Si existe una componente de la velocidad paralela a  $B$ , ésta no es afectada, generándose una hélice



- La frecuencia angular de oscilación de la partículas será:

$$\omega_{ce} = \frac{eB}{m}$$

- Usado en aparato para acelerar iones, el ciclotrón:



# corrientes

- Usualmente asumiremos que las corrientes son producidas por cargas positivas en movimiento. La ley de Lorentz implica que una carga negativa moviéndose en la dirección contraria produce la misma fuerza.
- Podemos escribir la corriente en un conductor como el producto de la densidad de carga de los portadores de carga por su velocidad:

- $$\mathbf{I} = \lambda \mathbf{v}$$

- En el caso más general, en que existan portadores de carga de ambos signos:

- $$\mathbf{I} = \lambda_+ \mathbf{v}_+ + \lambda_- \mathbf{v}_-$$

- Luego, la fuerza que sentirá un segmento del conductor debido a un campo externo  $\mathbf{B}$  será:

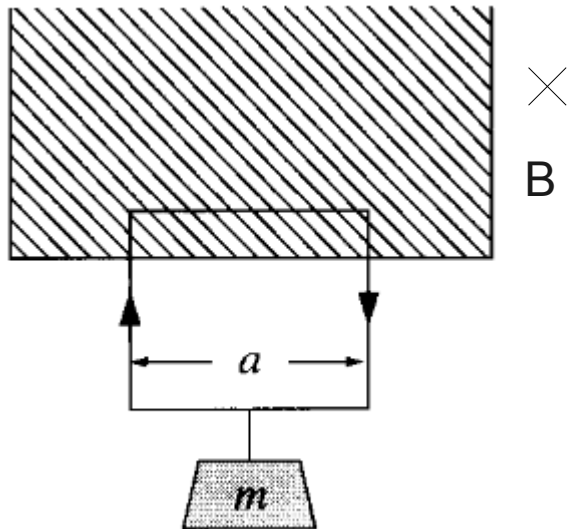
$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) dq = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \lambda dl = \int (\mathbf{I} \times \mathbf{B}) dl$$

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int I (d\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$

$$\mathbf{F}_{\text{mag}} = I \int (d\mathbf{l} \times \mathbf{B})$$



- Ejemplo: una masa  $m$  se encuentra suspendida de una espira rectangular por la cual circula una corriente  $I$ . La parte superior de la espira se encuentra en un campo magnético uniforme  $B$ . ¿Cuál debe ser la corriente de modo que la fuerza magnetica cancele el peso?

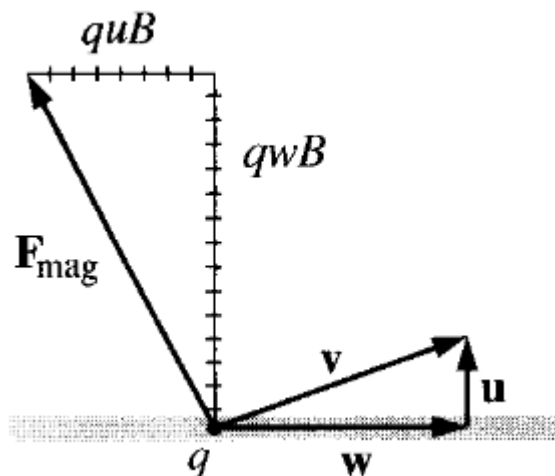


$$F_{\text{mag}} = I B a$$

$$I = \frac{mg}{Ba}$$

- Suponga ahora que la corrinete se aumenta de modo que la espira sube una altura  $h$ . Luego, podríamos decir que:

- $$W_{\text{mag}} = F_{\text{mag}} h = I B a h$$
- Lo cual es incorrecto pues la fuerza magnética no hace trabajo. Ahora, al moverse hacia arriba, la espira adquiere una componente vertical en la velocidad:



- La cual genera una fuerza horizontal sobre los portadores de carga. Esta fuerza horizontal debe ser cancelada por la fuente de energía que produce la corriente. Calculando el trabajo ejercido para cancelar esta fuerza:
- $$W_{\text{battery}} = \lambda a B \int u w dt = I B a h$$
- 
- Luego, el campo magnético redirige el trabajo hecho por la batería hacia arriba.

# Corrientes superficiales

- Considere una línea de ancho infinitesimal  $dl_{\perp}$  que va en la dirección del flujo de corriente.

Luego:

- $$\mathbf{K} \equiv \frac{d\mathbf{I}}{dl_{\perp}}$$
-

Si la corriente es generada por una densidad de carga superficial  $\sigma$  que se mueve con velocidad  $\mathbf{v}$  también se puede escribir:

$$\mathbf{K} = \sigma \mathbf{v}$$

- Luego, la fuerza magnética sobre una corriente superficial será:

- $$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \sigma \, da = \int (\mathbf{K} \times \mathbf{B}) \, da$$

- En función ahora de la densidad de corriente:

- $$\mathbf{F}_{\text{mag}} = \int (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \rho \, d\tau = \int (\mathbf{J} \times \mathbf{B}) \, d\tau$$

- En donde  $d\tau$  es el elemento de volumen.

# LHC

## Doomsday fears spark lawsuit over collider

Critics worry about mini-black holes, strangelets; experts reject claims



## Is the CERN LHC creating Gravity Waves that cause Earthquakes including the Chile 8.8?

A hardhat worker is dwarfed by the inner workings of the Large Hadron Collider's ATLAS detector, deep beneath the French-Swiss border.

EIROforum / CERN

Man From Future Arrives at LHC, Taken to Mental Health Facility, Returns to Future

# LHC

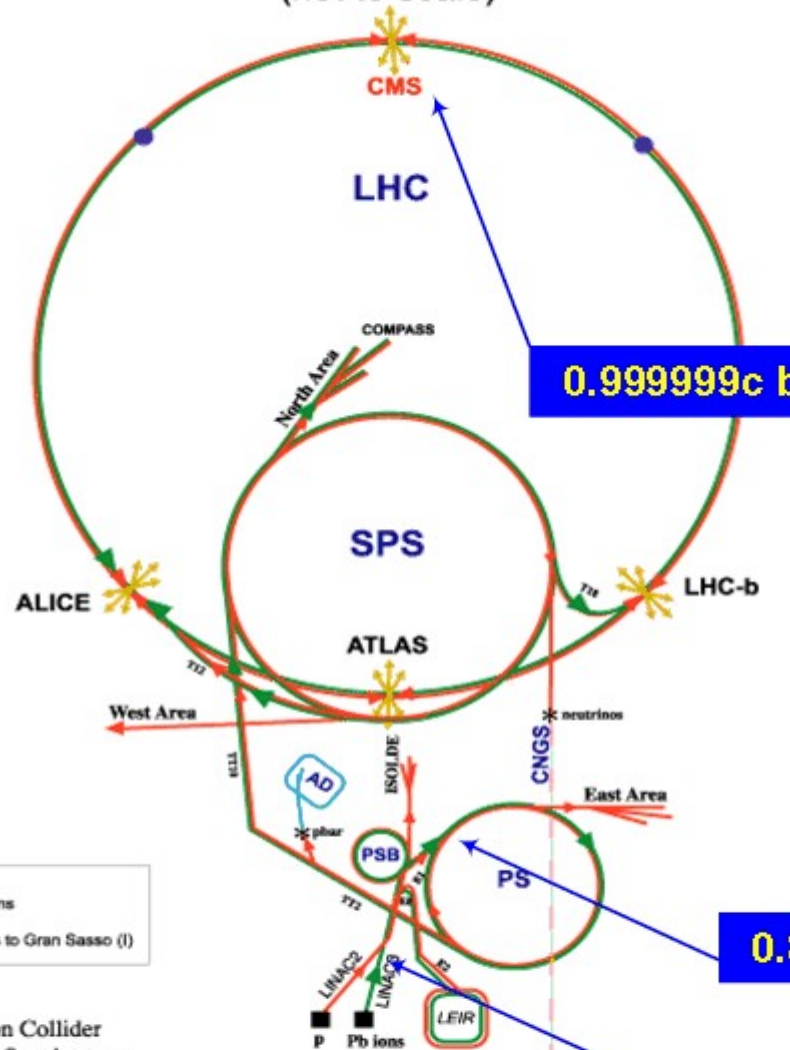
- Large hadron collider (gran colisionador de hadrones).
- Hadrones: protones, neutrones, mesones, etc.
- Los hadrones están compuestos por quarks.

<b>Sample Fermionic Hadrons</b> <b>Baryons ( <math>qqq</math> ) and Anti-baryon ( <math>\overline{qqq}</math> )</b>					
Symbol	Name	Quark Content	Electric Charge	Mass (GeV/c <sup>2</sup> )	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
$\bar{p}$	anti-proton	$\overline{uud}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
$\Lambda$	lambda	uds	0	1.116	1/2
$\Omega^-$	omega	sss	-1	1.672	3/2

- Para analizar la estructura interna de los hadrones, es necesario acelerar las partículas a gran energía. En el LHC  $7.5 \text{ TeV} = 7.5 \times 10^{12} \text{ eV}$ .
- Se buscan muchas respuestas. Una es encontrar el bosón de Higgs, el cual supuestamente participa en proporcionar masa a las demás partículas. Llamado por Lederman 'La partícula de Dios'.



# CERN Accelerators (not to scale)



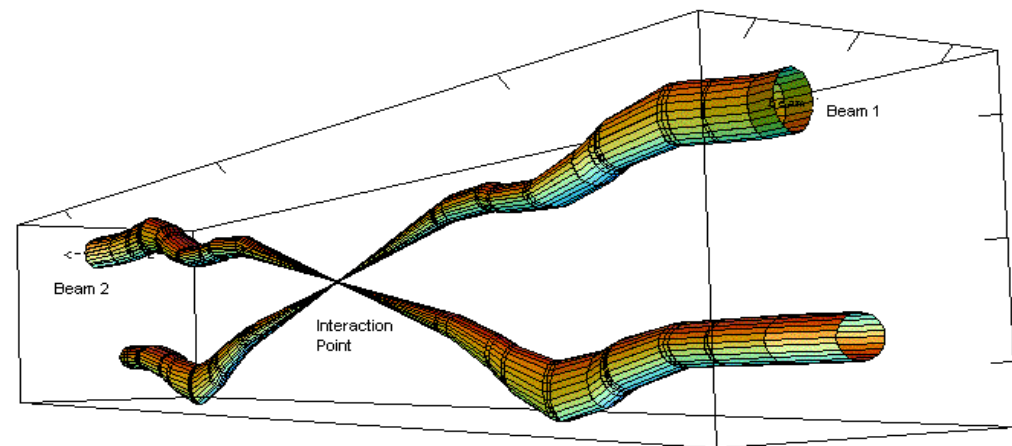
LHC: Large Hadron Collider  
SPS: Super Proton Synchrotron  
AD: Antiproton Decelerator  
ISOLDE: Isotope Separator OnLine DEvice  
PSB: Proton Synchrotron Booster  
PS: Proton Synchrotron  
LINAC: LiNear ACcelerator  
LEIR: Low Energy Ion Ring  
CNGS: Cern Neutrinos to Gran Sasso

0.999999c by here

0.87c by here

0.3c by here

Start the protons out here



Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision

Rudolf LEY, PS Division, CERN, 02.09.96  
Revised and adapted by Antonella Del Rosso, EFT Div.,  
in collaboration with B. Desforges, SL Div., and  
D. Majumder, PS Div. CERN, 23.05.01