MODELO ELECTROMAGNÉTICO

HAY CUATRO VECTORES FUNDAMENTALES

	CAMPO ELÉCTRICO	E	[V/m]
ELÉCTRICO	DENSIDAD DE FLUJO ELÉCTRICO	D	[C/m²]
	CAMPO MAGNÉTICO	H	[A/m]
MAGNÉTICO	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO	B	[T]

EN ELECTROMAGNETISMO SE VA A TRATAR DE LOS EFECTOS MACROSCÓPICOS DE LA MATERIA

DENSIDAD DE CARGA VOLUMÉTRICA

$$\rho_v = \lim_{\Delta v \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta v} \quad [C/m^3]$$

$$\rho_s = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta S} \quad [C/m^2]$$

DENSIDAD SUPERFICIAL DE CARGA ELECTRICA

$$\rho_L = \lim_{\Delta l \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta l} \quad [C/m]$$

DENSIDAD LINEAL DE CARGA ELECTRICA

$$I = \frac{dq}{dt} \quad [C/s] \text{ ó } [A]$$ CORRIENTE

$$J = \frac{I}{S} \quad [A/m^2]$$ DENSIDAD DE CORRIENTE

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

LONGITUD	METRO	[m]
MASA	kg	[kg]
TIEMPO	SEGUNDO	[s]
CORRIENTE	AMPERE	[A]

MKS-A SISTEMA DE UNIDADES.

CONSTANTES UNIVERSALES

$c \cong 3 . 10^8 (m/s)$ EN EL VACÍO

$\mu_0 = 4\pi . 10^{-7} (H/m)$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

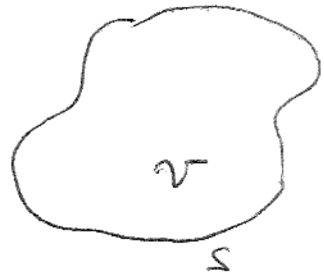
$$\epsilon_0 = \frac{1}{c^2 \mu_0} \cong \frac{1}{36\pi} . 10^{-9} (F/m)$$

$$\cong 8{,}854 . 10^{-12} (F/m)$$

$$\left.\begin{aligned} \vec{D} &= \epsilon_0 \vec{E} \\ \vec{B} &= \mu_0 \vec{H} \end{aligned}\right\}$$ EN EL VACÍO

TEOREMA DE LA DIVERGENCIA

$$\int_V \nabla \cdot \vec{A}\, dv = \oint_S \vec{A} \cdot \vec{ds}$$



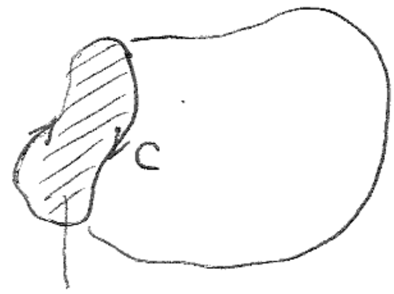
S: SUPERFICIE QUE CONTIENE EL VOLUMEN

$$\operatorname{div} \vec{A} = \nabla \cdot \vec{A}$$

$$\operatorname{div} \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

TEOREMA DE STOKES.

$$\int_S (\nabla \times \vec{A}) \cdot \vec{ds} = \oint_C \vec{A} \cdot \vec{dl}$$



S: SUPERFICIE ABIERTA.

C: CAMINO DE CONTORNO A LA SUPERFICIE S.

$$\nabla \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{a}_x & \hat{a}_y & \hat{a}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ A_x & A_y & A_z \end{vmatrix}$$

LEY DE COULOMB

$$\vec{F}_{12} = q\vec{E} = \hat{a}_R \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 R_{12}^2}$$

CAMPO ELECTRICO

$$\vec{E} = \lim_{q \to 0} \frac{\vec{F}}{q} \quad (V/m)$$

$$\vec{F} = q\vec{E} \; [N]$$

F [N]
q [C)
E [N/C] o [V/m]

EN ELECTROESTATICA SE VAN A TENER ESTOS DOS POSTULADOS FUNDAMENTALES

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{E} = 0 \quad (2)$$

$$\int_v \nabla \cdot \vec{E} \, dv = \int_v \frac{\rho}{\epsilon_0} \, dv \leftarrow \text{DE } (1)$$

POR EL TEOREMA DE LA DIVERGENCIA

$$\boxed{\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}}$$

QUE ES LA LEY DE GAUSS

S: SUPERFICIE CERRADA

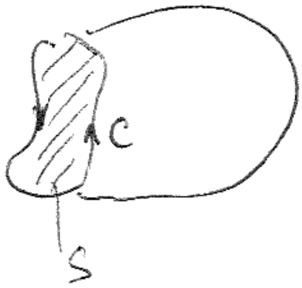
Q: CARGA TOTAL EN UN VOLUMEN V, CONTENIDA EN UNA SUPERFICIE S

DE (2)

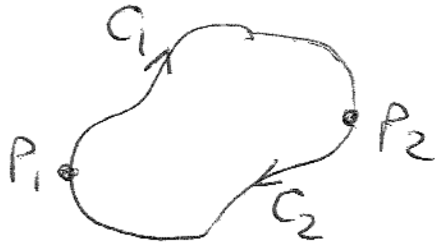
$\nabla \times \vec{E} = 0.$ EL CAMPO ELECTRICO ESTATICO ES IRROTACIONAL

$$\int_S \nabla \times \vec{E}\, ds = \oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} = 0$$

POR T. STOKES



$$\oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} = 0$$



$$\int_{C_1} \vec{E} \cdot \vec{dl} + \int_{C_2} \vec{E} \cdot \vec{dl} = 0$$

ES LA SUMA DE LAS POTENCIALES ELECTRICOS (LEY DE KIRCHOFF)

$$\int_{C_1} \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\int_{C_2} \vec{E} \cdot \vec{dl} .$$

$$\underset{(C_1)}{\int_{P_1}^{P_2}} \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\underset{(C_2)}{\int_{P_2}^{P_1}} \vec{E} \cdot \vec{dl} = \underset{(C_2)}{\int_{P_1}^{P_2}} \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

ESTO SIGNIFICA QUE ES INDEPENDIENTE DEL CAMINO UN CAMPO IRROTACIONAL.

RESUMEN

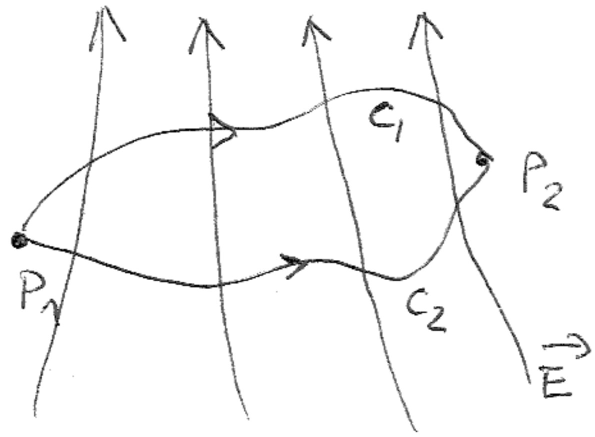
FORMA DIFERENCIAL	FORMA INTEGRAL
$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	$\oint_S \vec{E} \cdot ds = \frac{Q}{\epsilon_0}$
$\nabla \times \vec{E} = 0$	$\oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} = 0$

POTENCIAL ELÉCTRICO

$\nabla \times \vec{E} = 0$

SE PUEDE EXPRESAR $\vec{E} = -\nabla V$

DONDE V ES EL POTENCIAL ELÉCTRICO



DEFINICIÓN.

$$\frac{W}{q} = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot \vec{dl} \quad [V]$$

ES EL TRABAJO QUE SE REALIZA DE LLEVAR UNA CARGA DE P_1 A P_2

NO DEPENDE DEL CAMINO

$$V_2 - V_1 = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot \vec{dl} \quad [V]$$ ← DIFERENCIA DE POTENCIAL

$$\frac{W}{q} = -\int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\int_{P_1}^{P_2} -\nabla V \cdot \vec{dl} = \int_{P_1}^{P_2} \nabla V \cdot \hat{a}_l \, dl = \int_{P_1}^{P_2} dV = V_2 - V_1$$

EL TRABAJO SE REALIZA EN CONTRA DEL CAMPO ELÉCTRICO

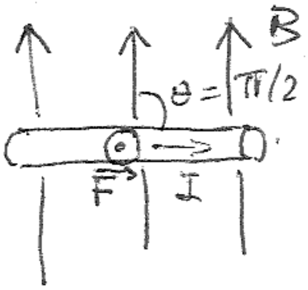
CAMPO MAGNETICO:

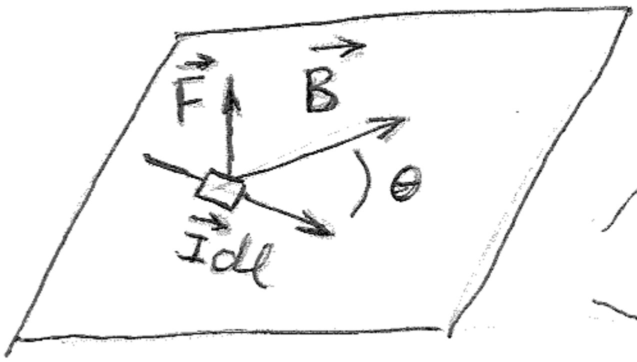
DE LOS TRABAJOS EXPERIMENTALES DE AMPERE Y BIOT SAVART SE TIENEN LOS SIGUIENTES POSTULADOS:

POSTULADO 1: UNA CORRIENTE ELEMENTAL $I dl$ SITUADA EN UN CAMPO MAGNETICO EXPERIMENTA UNA FUERZA dF

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

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





MANO IZQ

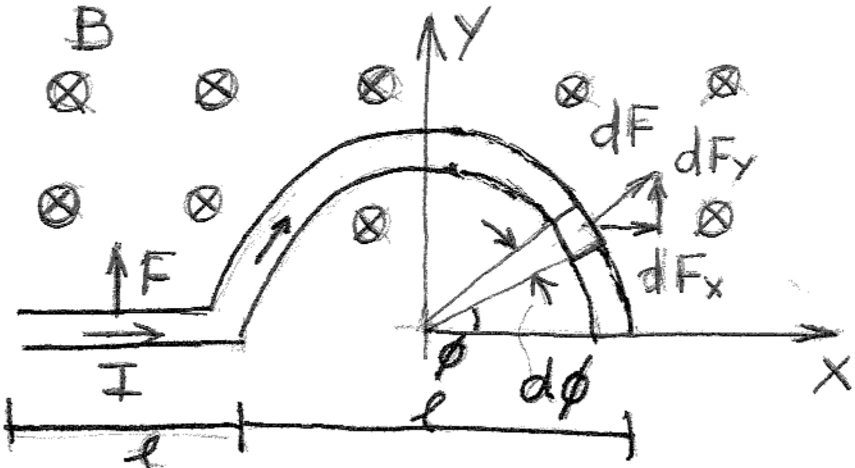
$$dF = I B\, dl\, \operatorname{sen}\theta$$

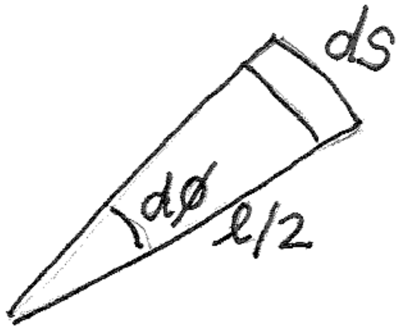
Si $\theta = \pi/2$

$$dF = I B\, dl.$$

$$\boxed{F = I B l}$$ ALAMBRE RECTO DE LONGITUD l

EJEMPLO: CALCULAR LA FUERZA





$$dF = IB\,ds$$

$$dF = IB\,\frac{\ell}{2}\,d\phi$$

$$F = F_y = IB\ell + \int dF_y$$

$$= IB\ell + \int_0^{\pi} dF\,\mathrm{sen}\,\phi$$

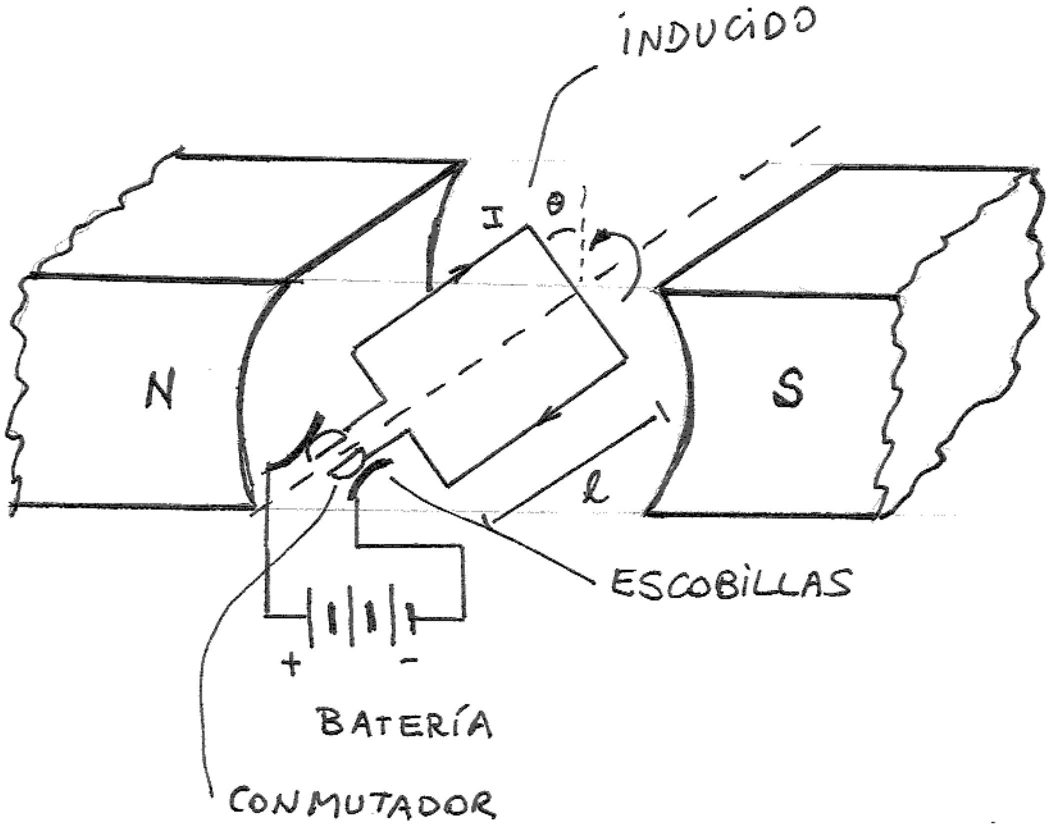
$$= IB\ell + \int_0^{\pi} IB\frac{\ell}{2}\,\mathrm{sen}\,\phi\,d\phi$$

$$= IB\ell + IB\frac{\ell}{2}\left(-\cos\phi\right)\Big|_0^{\pi}$$

$$= IB\ell + IB\frac{\ell}{2}\left[-(-1)+1\right] = IB\ell + IB\frac{\ell}{\cancel{2}}\cdot\cancel{2}$$

$$\boxed{F = IB\ell\cdot 2}$$

MOTOR DE CORRIENTE CONTÍNUA (CC)



EL PAR MOTOR SE EXPRESA COMO

$T = N B I A \,\mathrm{sen}\,\theta$

N: NUMERO DE ESPIRAS
A: AREA DEL INDUCIDO

$\theta = \pi/2$

$\theta = 0$ NO CIRCULA CORRIENTE POR EL INDUCIDO.

EL PROPOSITO DEL CONMUTADOR ES INVERTIR LA CORRIENTE PARA QUE EL PAR ACTÚE EN EL MISMO SENTIDO

GENERADOR DE CORRIENTE CONTÍNUA

SE SUSTITUYE LA BATERÍA POR UNA RESISTENCIA Y SE APLICA UNA FUERZA GIRATORIA AL INDUCIDO

R

UN ALAMBRE CON CORRIENTE $\vec{v} \perp \vec{B}$

$$V = \int \vec{E} \cdot \vec{dl} = \int \frac{\vec{F}}{q} \cdot \vec{dl} = \int \vec{v} \times \vec{B} \cdot \vec{dl} = vBl$$

PARA DOS CONDUCTORES DE LONGITUD L

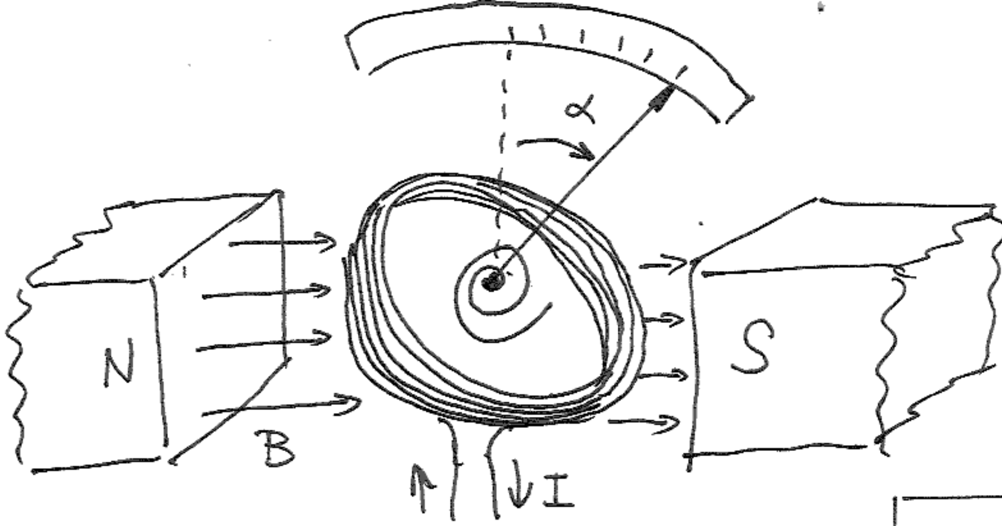
$$V = 2vBl \operatorname{sen}\theta = \cancel{2}\omega \frac{d}{\cancel{2}} Bl \operatorname{sen}\omega t = \omega BA \operatorname{sen}\omega t$$

$\theta = \omega t$

$v = \omega \cdot \frac{d}{2}$

$A = ld$

$$V = |\omega BA \operatorname{sen}\omega t|$$



GALVANÓMETRO DE BOBINA MÓVIL

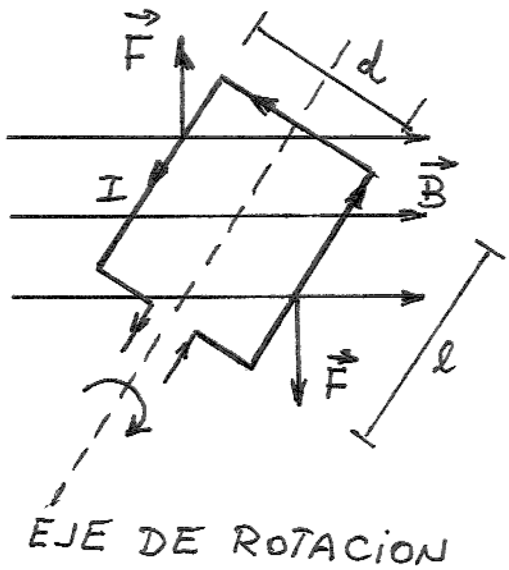
$K\alpha$ FUERZA DEL RESORTE $F_{RESORTE}$

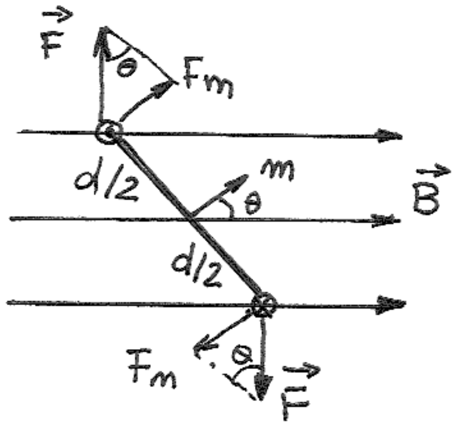
PAR RECUPERADOR

$$K\alpha = BNIA\cos\alpha$$

PARA CADA CORRIENTE HABRÁ UNA POSICIÓN DE EQUILIBRIO.

PAR SOBRE UNA ESPIRA





$$F_m = F \cdot \operatorname{sen}\theta$$

$$T = 2\, F_m \frac{d}{2}$$ MOMENTO DEL PAR

$$T = \cancel{2}\, F \operatorname{sen}\theta \frac{d}{\cancel{2}} = I B l \cdot \operatorname{sen}\theta\, d = I B \operatorname{sen}\theta\, (l \cdot d)$$

Area de la espira

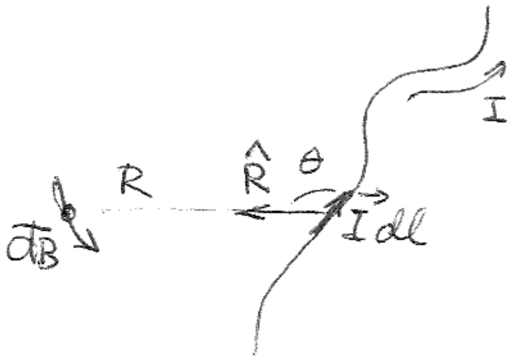
$$T = I A B \operatorname{sen}\theta$$ donde $I \cdot A = m$

$$\vec{m} = I A \hat{m}$$ MOMENTO MAGNETICO.

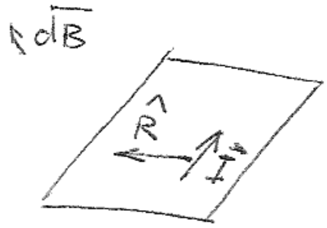
$\hat{m}$: VERSOR UNITARIO DE A

$$\boxed{\vec{T} = \vec{m} \times \vec{B}}$$

POSTULADO 2

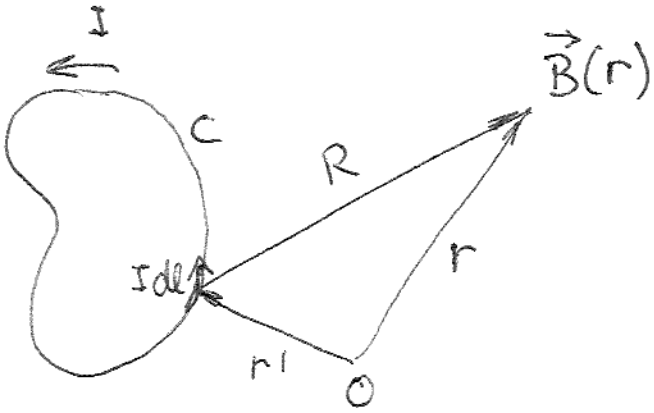


UN ELEMENTO DE CORRIENTE PRODUCE UN CAMPO MAGNETICO $\vec{B}$ QUE A UNA DISTANCIA R DEL ELEMENTO VIENE DADO POR:



$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{I} \times \hat{R}}{R^2} dl$$

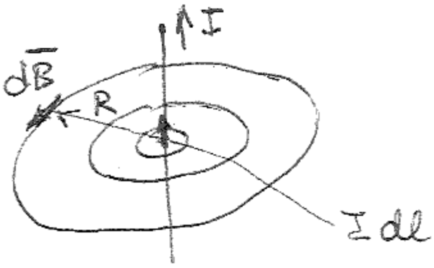
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\,dl\,\text{sen}\,\theta}{R^2}$$ MÓDULO DE $d\vec{B}$



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{d\vec{I}(r) \times \hat{R}}{R^2}$$

LEY DE BIOT SAVART

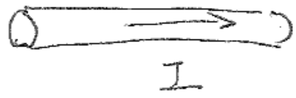
EJEMPLO



$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \iiint \frac{\vec{J}(r) \times \hat{R}}{R^2} d\,vol$$

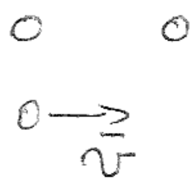
OTRA FORMA

$$I = \frac{dq}{dt}$$



CORRIENTE DE CONDUCCION

$$\vec{J} = \rho \vec{v}$$



CARGAS MOVILES EN EL ESPACIO LIBRE

ρ: DENSIDAD CUBICA

v: VEL. DE LAS CARGAS

CORRIENTE DE CONVECCION.

$$I = J\,dA$$ I DE CONDUCCION.

$$\vec{I}\,dl = \vec{J}\,dA\,dl$$

$$\vec{I}\,dl = \rho \vec{v}\,dA\,dl = q\vec{v}$$

↑ I DE CONVECCION

LA CARGA MOVIL q A UNA VELOCIDAD $\vec{v}$ ES EQUIVALENTE A UNA CORRIENTE

$$\vec{I}\,dl = q\vec{v}$$

SUSTITUYENDO EN $d\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}\,dl$

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

SE LLEGA A LA FUERZA DE LORENZ

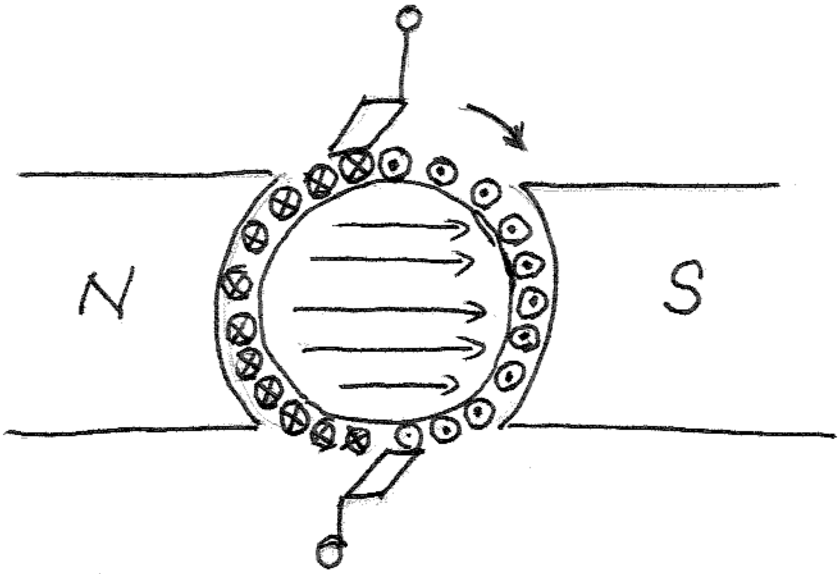
OTRA FORMA

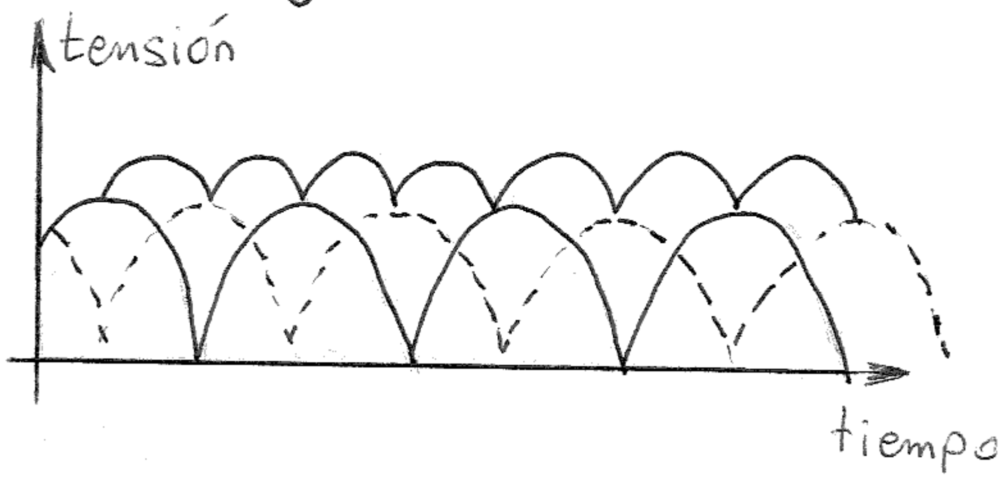
$$\vec{I}\,dl = \vec{J}\,dvol$$

$$d\vec{F} = \vec{J} \times \vec{B}\,dvol$$

$$\frac{d\vec{F}}{dvol} = \vec{J} \times \vec{B}$$

GENERADOR
BIPOLAR





EJEMPLO

1200 RPM

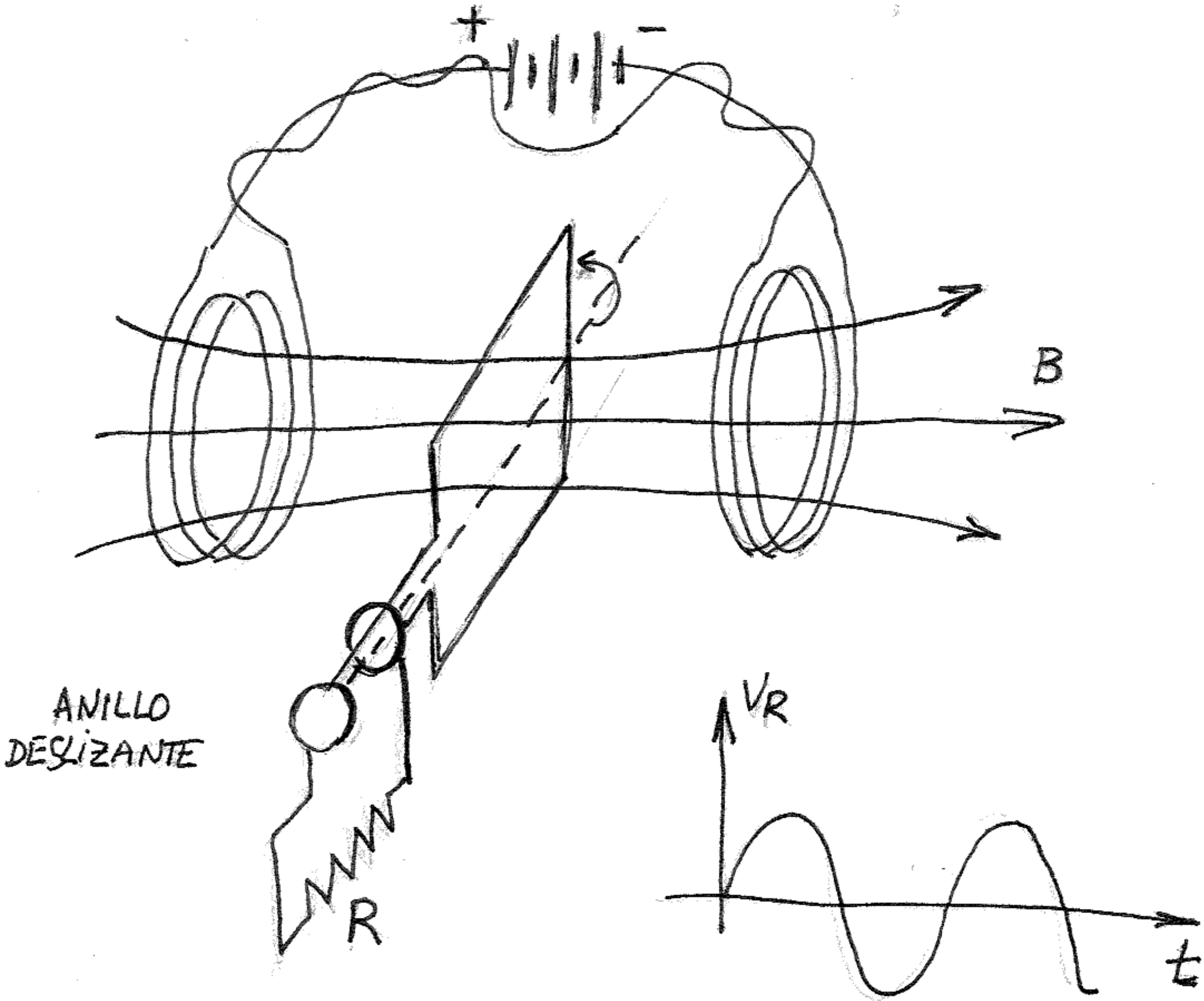
BA = 0,05 Wb

60 ESPIRAS   4 GRUPOS EN PARALELO.   15 (ESPIRAS EN SERIE)

$$1200 \text{ rpm} = 1200 \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ s}} = 126 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \omega.$$

$$V = 15 \cdot 126 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \cdot 0{,}05 \text{ Wb} = 94{,}5 \text{ V}$$

$$V = |\omega BA \operatorname{sen} \omega t| = \omega BA$$



$V = \omega B A \operatorname{sen} \omega t$

AHORA NO HAY CONMUTADOR
HAY ANILLOS DESLIZANTES

TENSION PRODUCIDA EN R