MAGNETISMO

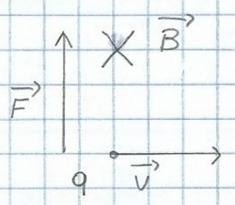
IL CAMPO MAGNETICO

È un campo che produce una forza su una particella carica

$\vec{B}$ = vettore → campo magnetico = campo vettoriale

Agisce su cariche IN MOVIMENTO

Supponiamo che il campo magnetico $\vec{B}$ entri nel foglio :



FORZA DI LORENZ

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

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

$v \perp B \rightarrow F = 0$

- la direzione della forza è concorde con la regola della mano destra!
(nel nostro caso va verso l'alto)
- la forza è sempre ortogonale alla velocità → è ortogonale allo spostamento
e ortogonale al campo magnetico

→ LA FORZA NON FA LAVORO!

$$\boxed{\vec{F} \perp \vec{v} \Rightarrow \vec{F} \perp d\vec{s} \Rightarrow F \text{ NON FA LAVORO}}$$

↓

FORZA CENTRIFUGA

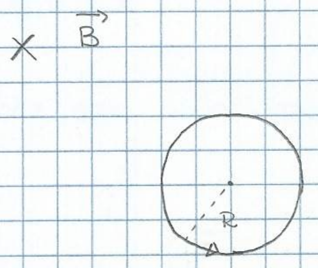
$F_L = F_{centrifuga}$

$$q \cdot \cancel{v} \cdot B = \frac{v^{\cancel{2}}}{R} \cdot m \Rightarrow \boxed{R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}}$$

RAGGIO

u.d.m. $[B]$ = Tesla

Quanto sarà il PERIODO DI ROTAZIONE?



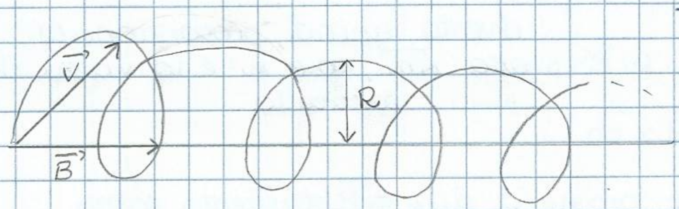
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m \cdot \cancel{v}}{q \cdot B \cdot \cancel{v}} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{q \cdot B}{m}$$

Il periodo di rotazione NON DIPENDE DALLA VELOCITÀ!

~ o ~ o ~ o ~

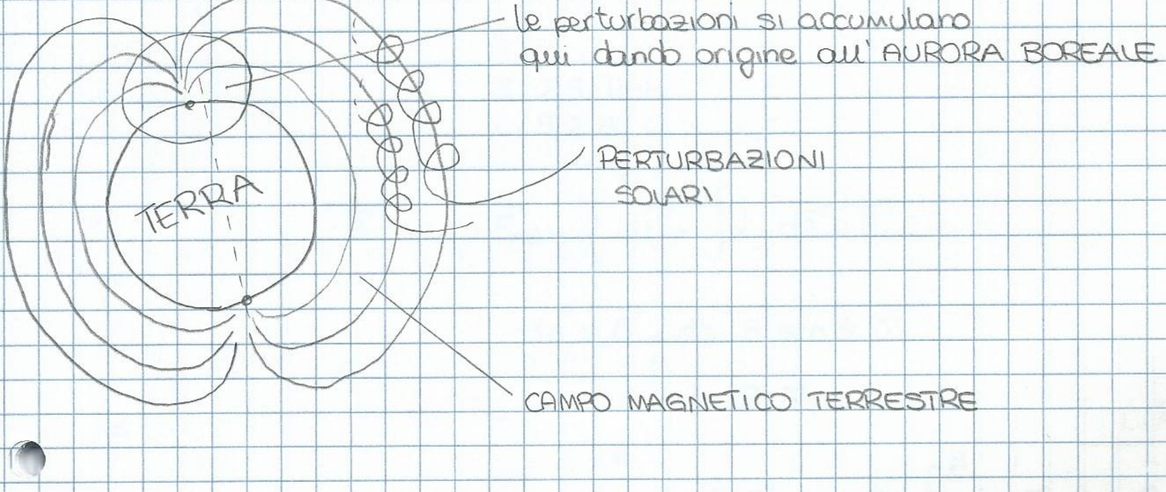
Abbiamo visto che se $B \perp v$, allora ho orbite circolari. Cosa succede se v e B non sono più ortogonali?



$$\vec{v} = \vec{v}_{\perp} + \vec{v}_{//}$$

$$R = \frac{m \cdot v_{\perp}}{q \cdot B}$$

Nel caso della Terra

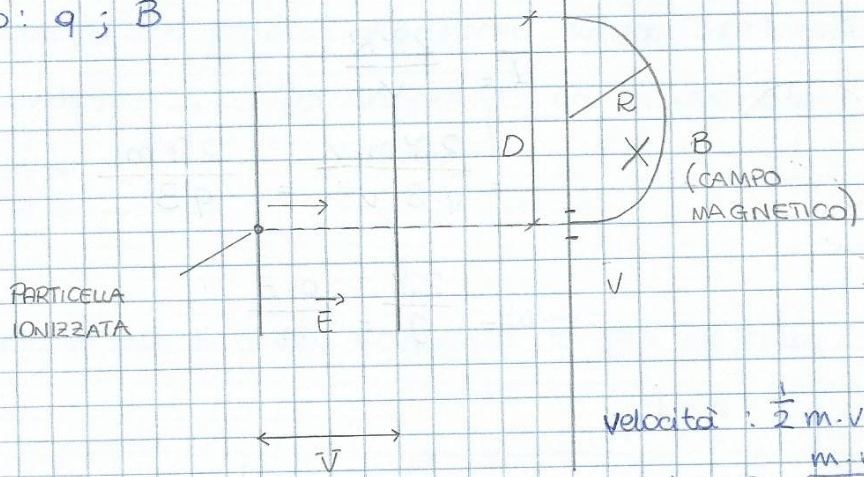


30/05/2012

LO SPETTROMETO DI MASSA

Dispositivo che mi permette di contare le molecole di una determinata massa

conosco: q ; B



velocità: $\frac{1}{2} m \cdot v^2 = q \cdot \bar{V}$

raggio: $R = \frac{m \cdot v}{qB}$

$$D = 2R = 2 \cdot \frac{m v}{qB} = \frac{2m\sqrt{\frac{2q \cdot \bar{V}}{m}}}{qB} = \sqrt{\frac{8\, m\, \cancel{q} \cdot \bar{V}}{q^{\cancel{2}} B^2}}$$

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot \bar{V}}{q B^2}} \cdot \sqrt{m}$$

$\downarrow$

diventa, quindi, proporzionale alla $\sqrt{m}$, dove m è la massa della particella.

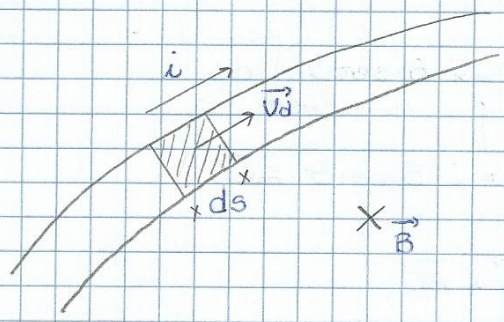
Avendo una sostanza, quindi, grazie a questo strumento posso capire quante molecole ho di una determinata massa; e lo posso capire grazie alle diverse distanze D.

LA FORZA MAGNETICA

→ deriva da cariche che si muovono.
deriva da una corrente e agisce su una corrente.

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

Le cariche sono abbastanza libere di muoversi in un conduttore.



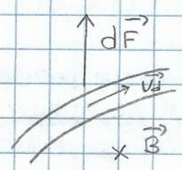
Σ = sezione del filo

ds = lunghezza del tratto di filo

Velocità di deriva

F_L sul filo : $d\vec{F} = q \cdot \vec{v_d} \times \vec{B}$

↓ è una forza MECCANICA trasmessa sul filo

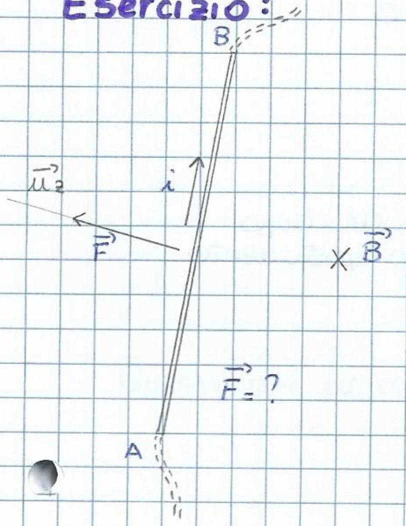


$$d\vec{F} = q \cdot \vec{v_d} \times \vec{B}$$
$$= n \cdot q_e \cdot \Sigma ds \cdot \vec{v_d} \times \vec{B}$$
$$= n \cdot q_e \cdot \Sigma v_d \cdot d\vec{s} \times \vec{B}$$
$$= i \cdot d\vec{s} \times \vec{B}$$

$(n \cdot q_e \cdot v_d = J$
↓
$J = i \cdot \Sigma$
$= n \cdot q_e \cdot v_d \cdot \Sigma)$

$$\boxed{d\vec{F} = i \cdot d\vec{s} \times \vec{B}}$$

Esercizio:



B = 2,5 Tesla
i = 3,2 A

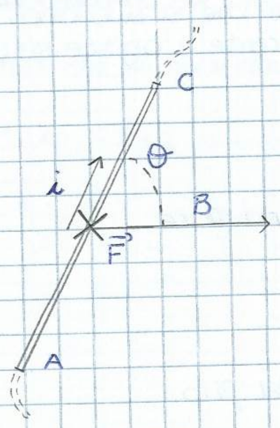
$$\vec{F_{AB}} = \int_A^B d\vec{F} = \int i \cdot d\vec{s} \times \vec{B}$$

$$d\vec{s} \times \vec{B} = ds \cdot B \operatorname{sen}\theta \, \vec{u_z} \qquad \theta = 90°$$
$$= ds \cdot B \, \vec{u_z}$$

$$\boxed{\vec{F_{AB}}} = \int_A^B i \cdot ds \cdot B \cdot \vec{u_z} = i \cdot B \cdot \int_A^B ds \cdot \vec{u_z} = \boxed{i \cdot B \cdot L \cdot \vec{u_z}}$$

$L = \overline{AB}$

Esercizio :



$\vec{F}_{AC} = ?$

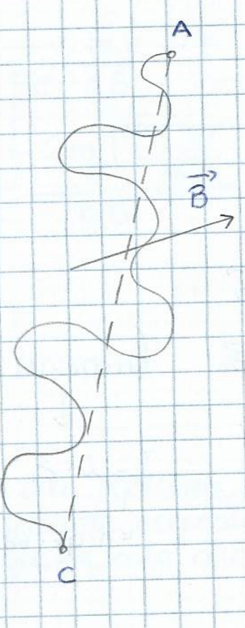
$d\vec{F} = i \cdot d\vec{s} \times \vec{B}$

$dF = i \cdot ds \cdot B \cdot sen\,\vartheta$

$$F_{AC} = \int_A^C dF = i \cdot B \cdot sen\,\vartheta \int_A^C ds$$
$$= i \cdot B \cdot sen\,\vartheta \cdot \overline{AC}$$

$$\vec{F}_{AC} = i \cdot \vec{B} \times \vec{AC}$$

~o~o~o~o~



$\vec{F} = i \cdot \vec{B} \times \vec{AC}$

può essere applicata anche per un filo, su un piano, NON RETTILINEO, con la presenza di un campo magnetico omogeneo

$\Rightarrow$ Se il CIRCUITO È CHIUSO $\rightarrow$ $\vec{F} = 0$ $(\vec{AC} = 0)$

$\vec{M} \neq 0$ (MOMENTO)

~o~o~o~o~o~

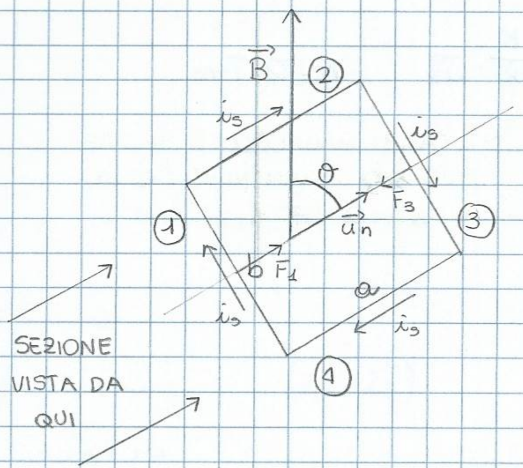
CURIOSITÀ :

Il campo magnetico non è altro che una visione relativistica del campo elettrico ; si genera quando mi muovo in relazione ad un altro spostamento

~o~o~o~o~o~

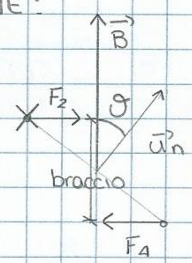
IL MOMENTO DI UNA SPIRA (CIRCUITO CHIUSO)

È quello grazie al quale si muovono i motori



Spira rettangolare, lato a, b

SEZIONE:



$\vec{F_1} = -\vec{F_3}$ (braccio nullo) $= b \cdot i \cdot B \cdot \text{sen}\,\theta$

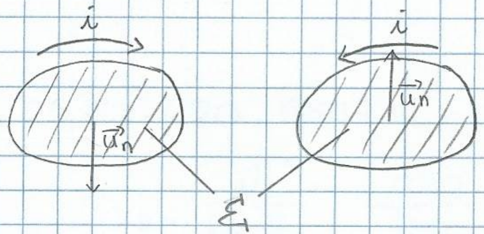
$\vec{F_2} = -\vec{F_4}$ (braccio $\neq 0$) $= a \cdot i \cdot B \cdot \cancel{\text{sen}\,\theta}$ È ORTOGONALE

$M = a \cdot i \cdot b \cdot \text{sen}\,\theta \cdot B$ $\quad a \cdot b = \Sigma$ spira

$\vec{M} = \Sigma_1 \cdot i \cdot \vec{u}_n \times \vec{B}$

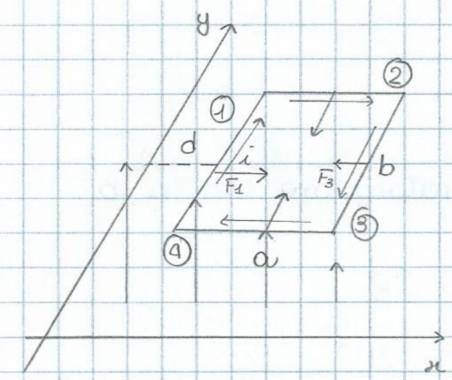
$\rightarrow \vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$ dove $\vec{m} = \Sigma_1 \cdot i \cdot \vec{u}_n$
↓
MOMENTO MAGNETICO

$\boxed{\vec{m} = \Sigma_1 \cdot i \cdot \vec{u}_n}$ Momento magnetico di una spira



Questo vale per una qualunque spira piana!

Esercizio



a = 20 cm
b = 50 cm
d = 50 cm

$\vec{B} = \frac{K}{x} \cdot \vec{u_z}$ $K = 2\ T \cdot m$

↳ IL CAMPO MAGNETICO È SEMPRE PIÙ PICCOLO MAN MANO CHE MI ALLONTANO DA $x = 1$

$\vec{F} = ?$

$$F_1 = i \cdot b \cdot B(1) \cdot \vec{u_x} = i \cdot b \cdot \frac{K}{d} \cdot \vec{u_x}$$

$$F_3 = -i \cdot b \cdot B(3) \cdot \vec{u_x} = -i \cdot b \cdot \frac{K}{(a+d)} \cdot \vec{u_x}$$

$F_2 \Rightarrow$ siccome il campo magnetico non è costante, la devo calcolare con un integrale

$$d\vec{F_2} = -i \cdot dx \cdot \frac{K}{x} \cdot \vec{u_y} \qquad \vec{F_2} = \int_d^{d+a} i \cdot dx \cdot \frac{K}{x} \cdot \vec{u_y} = -i \cdot K \cdot \ln\left(\frac{d+a}{d}\right) \vec{u_y}$$

$$= -\vec{F_4}$$

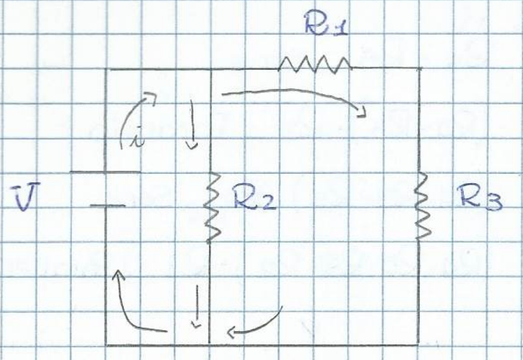
$$\vec{F} = \vec{F_1} + \cancel{\vec{F_2}} + \vec{F_3} + \cancel{\vec{F_4}} = \left(i \cdot b \cdot \frac{K}{d}\right) + \left(-i \cdot b \cdot \frac{K}{(a+d)}\right)$$

$=$ (manca il valore di i)

04/06/2012

ESERCIZI : (ES N° 4 SU FOGLIO 2)

1)



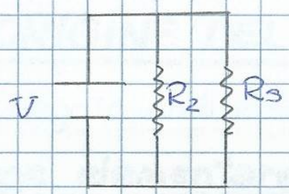
$R_1 = 10\ \Omega$
$R_2 = 15\ \Omega$
$R_3 = 10\ \Omega$

$V = 220\ V$

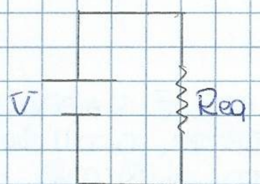
1) $i_{gen} = ?$
2) $P_{gen} = ?$
3) $P_{R_3} = ?$

1) $i_{gen} = i_2 + i_1 = i_2 + i_3$ $\quad (i_1 = i_3)$

COSTRUISCO UN CIRCUITO EQUIVALENTE:



$R_S = R_1 + R_3 = 10 + 10 = 20\ \Omega$



$R_{eq} = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_S}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{20}\right)^{-1} = 8,57\ \Omega$

$$\boxed{i_{gen} = \frac{V_{gen}}{R_{eq}} = \frac{220}{8,57} = 25,67\ A}$$

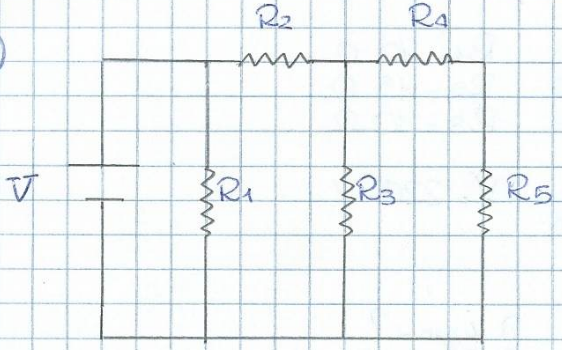
2) $\boxed{P_{gen} = i_{gen} \cdot V_{gen} = 25,67 \cdot 220 = 5647\ W = 5,647\ KW}$

3) $\boxed{P_{R_3} = i_3^2 \cdot R_3}$ $\quad i_3 = \frac{V}{R_1 + R_3} = \frac{220}{20} = 11\ A$

$= 11^2 \cdot 10 = 1210\ W = \boxed{1,21\ KW}$

2) COME FARE LA RESISTENZA EQUIVALENTE

(1)



$R_4 - R_5 \rightarrow$ Serie

$(R_4 - R_5) - R_3 \rightarrow$ Parallelo

$(R_4 - R_5 - R_3) - R_2 \rightarrow$ Serie

$(R_4 - R_5 - R_3 - R_2) - R_1 \rightarrow$ Parallelo

$\downarrow$

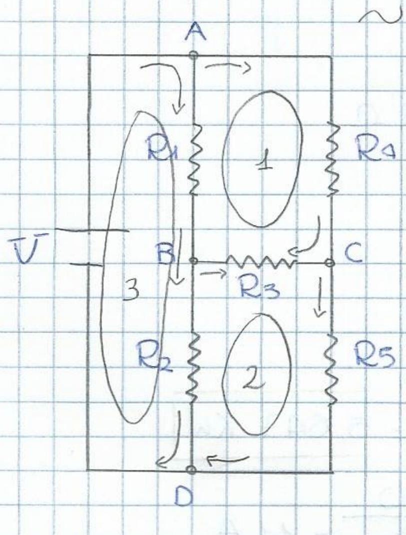
$$R_{eq} = R_1 // \left[R_2 \circledS \left(R_3 // R_4 \circledS R_5 \right) \right]$$

dal punto di vista algebrico:

$$\begin{aligned} R_{eq} &= R_1 // \left[R_2 \circledS \left(R_3 // R_4 + R_5 \right) \right] \\ &= R_1 // \left[R_2 \circledS \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} \right)^{-1} \right] \\ &= R_1 // \left[R_2 + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5} \right)^{-1} \right] \\ &= \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + \left(1/R_3 + 1/R_4 + R_5 \right)} \right)^{-1} \end{aligned}$$

~ o ~ o ~ o ~

(2)



Questo tipo di circuito NON È RAPPRESENTABILE in termini di Resistenze parallele e in serie! Devo usare le leggi di Kircoff

- SOMMA CORRENTI IN UN NODO = 0:

(A) $i = i_1 + i_4$

(B) $i_1 = i_3 + i_2$

(C) $i_5 = i_3 + i_4$

- PRENDO IL CIRCUITO E LO DIVIDO IN MAGLIE CHIUSE. SOMMA DELLE CADUTE DI POTENZ. = SOMMA GENERATORI:

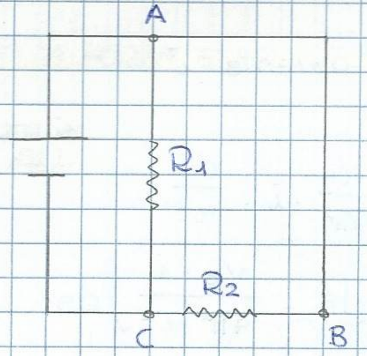
(1) $i_4 \cdot R_4 - i_3 \cdot R_3 - i_1 \cdot R_1 = 0$

(2) $-i_2 \cdot R_2 + i_3 \cdot R_3 + i_5 \cdot R_5 = 0$

(3) $R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 = V$

Ora abbiamo 6 eq. e 6 incognite! Risolto!

(3)



R_1 e R_2 => PARALLELO!!

perché

$V_A - V_C = V_B - V_C$

⇓

STESSO POTENZIALE!

Resistenze: IN PARALLELO → STESSO POTENZIALE

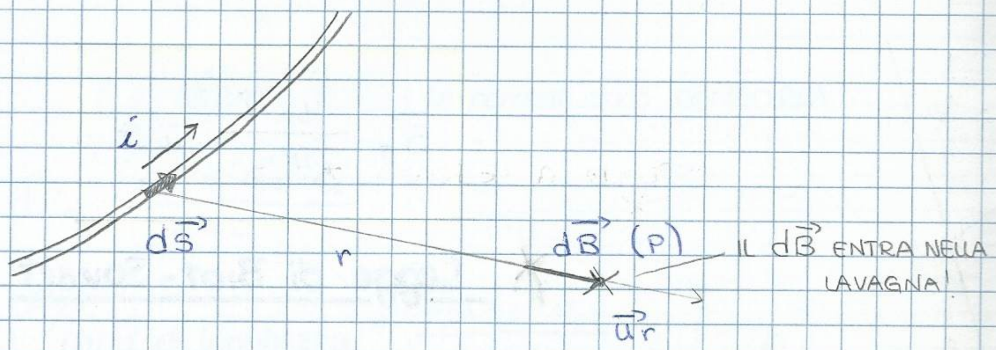
IN SERIE → STESSA CORRENTE

~ o ~ o ~ o ~ o ~ o ~

L'ORIGINE DEL CAMPO MAGNETICO

È legata anch'essa al movimento delle cariche

Legge elementare di Laplace

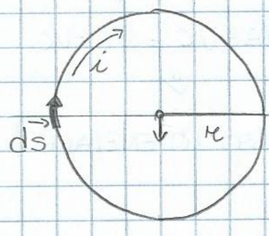


$$\boxed{\vec{dB} = \underbrace{\frac{\mu_0}{4\pi}}_{=10^{-7}} \cdot i \cdot \frac{\vec{ds} \times \vec{u}_r}{r^2}}$$

dove $\mu_0 = 10^{-7} \cdot 4\pi$

Esempio :

Calcolare B al centro di una spira percorsa da corrente i



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i \cdot \frac{ds}{r^2}$$

È COSÌ PERCHÉ $ds \perp \vec{u}_r$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 \cdot i}{4\pi r^2} \int ds$$

LA SOMMA DEGLI SPOSTAMENTI È = ALLA 'LUNGHEZZA' DELLA CIRCONF, CIOÈ $2\pi r$

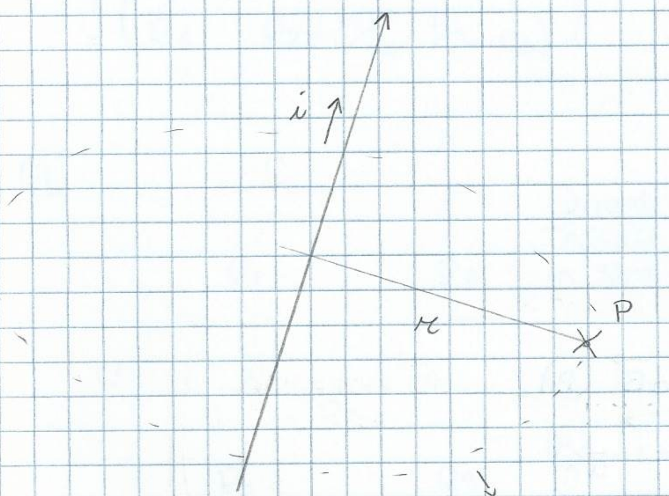
$$= \frac{\mu_0 \cdot i}{\cancel{4}_2 \cancel{\pi} r^{\cancel{2}}} \cdot \cancel{2\pi} r$$

$$= \frac{\mu_0 \cdot i}{2r}$$

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2r}}$$

Esempio :

Calcolare B in un punto P di un filo indefinitamente lungo e rettilineo

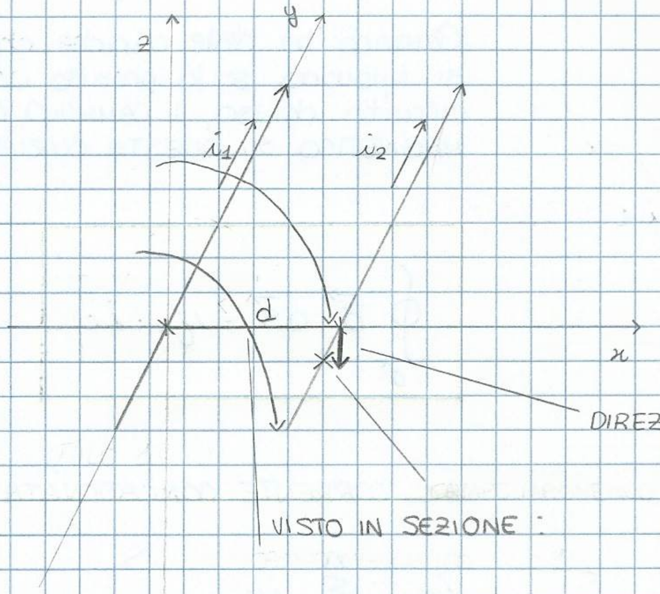


IL CAMPO GIRA!

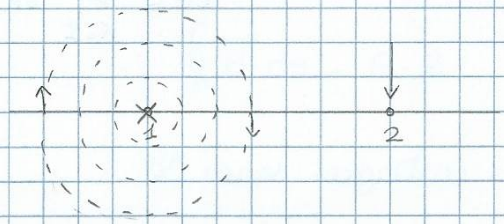
$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r} \cdot \vec{u}_\theta}$$

Legge di Biot-Savart

QUAL'È LA FORZA ESERCITATA TRA 2 FILI PERCORSI DA CORRENTE?



VISTO IN SEZIONE:



$$B = \frac{\mu_0 \cdot i_1}{2\pi d} \qquad d\vec{F}_m = i_2\, d\vec{s} \times d\vec{B}$$

$\Downarrow$

$\vec{F}$ è ATTRATTIVA $\Leftrightarrow$ le correnti sono CONCORDI

$$dF = \frac{i_2 \cdot ds \cdot \mu_0 \cdot i_1}{2\pi d}$$

$$\boxed{F/_{\text{unità di lunghezza}} = \frac{i_2 \cdot i_1 \cdot \mu_0}{2\pi d}} \quad [N/m]$$

$\Downarrow$

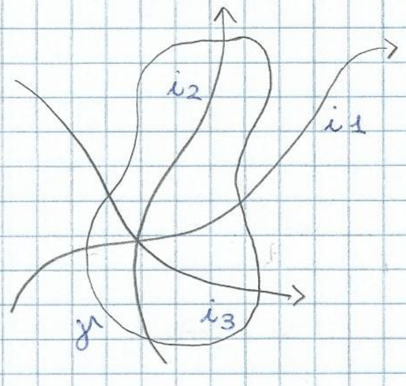
siccome $\mu_0 = 10^{-7} \cdot 4\pi$

$$\rightarrow = \boxed{\frac{2\, i_1 \cdot i_2 \cdot 10^{-7}}{d}}$$

DEFINIZIONE UNITÀ DI MISURA AMPERE!!

Legge di Ampere

05/06/2012



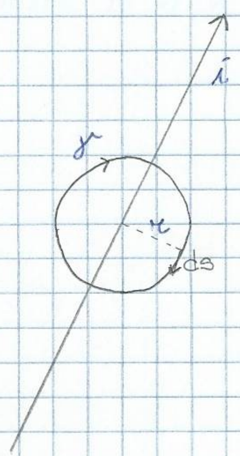
Quando ho delle cariche che si muovono, se io prendo un circuito chiuso, IL CAMMINO DEL CAMPO MAGNETICO SU QUESTA CURVA È PARI A:

$$\boxed{\oint_\gamma \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \cdot i_C}$$

i_C = CORRENTE CONCATENATA

$$i_C = \sum_{K=1}^{n} i_K$$

Esempio :



$$\oint_\gamma \vec{B} \cdot d\vec{s} = \oint_\gamma B \cdot ds = B \cdot \oint_\gamma ds$$

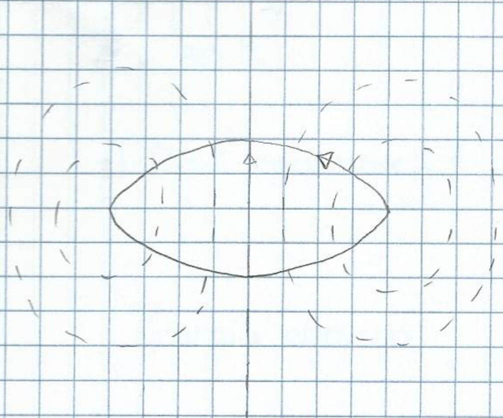
$$= B \cdot 2\pi r$$

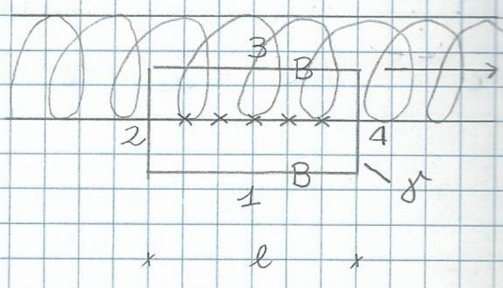
→ APPLICO LA LEGGE DI AMPERE

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 \cdot i$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi r}$$ ⇒ arrivo alla LEGGE DI BIOT-SOVART !

Esempio :





$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B \cdot \ell$$

Il campo magnetico è nullo in 1; 2; 4

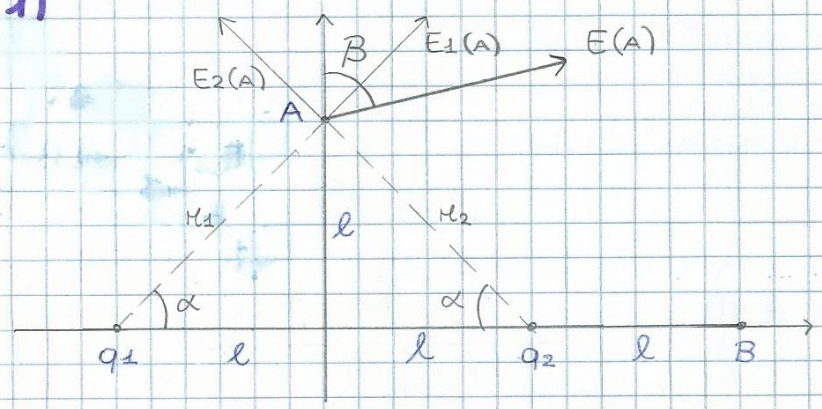
$$B = \frac{\mu_0 \cdot i_c}{\ell} = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot i}{\ell} = \mu_0 \cdot n \cdot i$$

dove n = densità di spire per metro

ESERCIZI :

(ES N° 1 SU FOGLIO)

1)



1) $E(A) = ?$

$$\vec{E}(A) = \vec{E_1}(A) + \vec{E_2}(A)$$

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{2l^2} \longrightarrow E_{1x} = E_1 \cdot \cos\alpha$$

$$E_{1y} = E_1 \cdot \operatorname{sen}\alpha$$

$$E_2 = \frac{1}{4\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{2l^2} \longrightarrow E_{2x} = -E_2 \cdot \cos\alpha$$

$$E_{2y} = E_2 \cdot \operatorname{sen}\alpha$$

$$\boxed{E(A) = \sqrt{(E_{1x} + E_{2x})^2 + (E_{1y} + E_{2y})^2}}$$

2) angolo rispetto asse $y = ?$ (β)

$$\vec{E} = (E_x ; E_y)$$

$$\cos\beta = \frac{E_y}{E}$$

3) Differenza di potenziale tra A e B = ?

$$\left.\begin{aligned} \bar{V}(A) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_1} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{r_2} \\ \bar{V}(B) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1}{3l} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_2}{l} \end{aligned}\right\} \bar{V}(A) - \bar{V}(B)$$

2) (ES N° 6 SU FOGLIO)

16 V ; 100 Ah

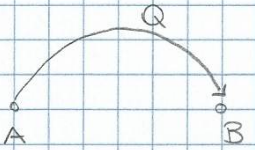
$m = 170$ Kg

$\varepsilon = 80\%$

1) Dislivello max = ? (Δh_{max})

DEVO TRASFORMARE L'ENERGIA ELETTRICA IN ENERGIA MECCANICA!

Energia elettrica



$$\mathcal{L} = Q \cdot (\bar{V}(A) - \bar{V}(B))$$

$$\mathcal{L} = Q \cdot \bar{V}$$

$$\mathcal{L} = Q \cdot \bar{V} = \overset{A}{100} \cdot \overset{h}{3600} \cdot \overset{V}{16} = 5{,}7 \cdot 10^6\ J = 5{,}7\ MJ$$ = ENERGIA DENTRO LA BATTERIA

Energia sfruttabile $= 5{,}7 \cdot 0{,}8 = 4{,}56\ MJ$

$\Delta h_{max} \Rightarrow m \cdot g \cdot h = E_{sfrutt.} \rightarrow h = \frac{\text{Energia}}{m \cdot g} = \frac{4{,}56 \cdot 10^6}{170 \cdot 9{,}8} = 2730\ m$

$20\ l\ H_2O$; $T_i = 10°C$; $E_{max} = 5{,}7 \cdot 10^6\ J$

2) $T_{f\ H_2O} = ?$

$C \cdot \Delta T$ = Energia = Calore scambiato $\rightarrow \Delta T = \frac{E}{C} = \frac{5{,}7 \cdot 10^6}{20 \cdot 4190} = 68°C$

$\rightarrow T_f = \Delta T + T_i = 68 + 10 = 78°C$

3) (ES N°3 SU FOGLIO 2)

Pentola Al ; $m_{Al} = 1\ Kg$; $T_{Al} = 25°C$

500 g latte (H_2O) ; $T_l = 4°C$

1) $T_{eq} = ?$

$$T_{eq} = \frac{T_l \cdot C_l + T_{Al} \cdot C_{Al}}{C_l + C_{Al}} = \frac{25 \cdot 1 \cdot 880 + 4 \cdot 0{,}5 \cdot 4190}{1 \cdot 880 + 0{,}5 \cdot 4190} = 10{,}2\ °C$$

2) Energia = ?

$C_{termica} \cdot \Delta T = \text{Energia}$

$C_l + C_{Al} = 1 \cdot 880 + 0{,}5 \cdot 4190 = 2975 = C_{termica}$

$\Delta T = 100°C - T_{eq} = 100 - 10{,}2 = 89{,}8\ °C$

$\text{Energia} = C \cdot \Delta T = 2975 \cdot 89{,}8 = 267'155\ J \rightarrow 267\ KJ$

3) Tempo = ?

$$\text{Energia} = \text{Potenza} \cdot \text{tempo} \rightarrow \text{tempo} = \frac{E}{Pot} = \frac{267 \cdot \cancel{10^3}}{1{,}2 \cdot \cancel{10^3}} = 222\ s$$