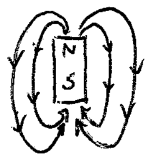
CAMPO MAGNETICO



$[\vec{B}] = T$

$\vec{B}$ = INDUZIONE DEL CAMPO MAGNETICO

TH GAUSS

$$\Phi_s(\vec{B}) = 0$$

$$[\Phi_s(\vec{B})] = Wb = T \cdot m^2$$

FORZA DI LORENTZ

UNA CARICA IN MOVIMENTO IN UN CAMPO MAGNETICO SUBISCE UNA FORZA $\perp$ AL SUO MOTO

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

IL VERSO DELLA FORZA DI LORENTZ E' DATO DALLA REGOLA DELLA MANO DESTRA:

POLLICE $\leftrightarrow \vec{v}$
INDICE $\leftrightarrow \vec{B}$
MEDIO $\leftrightarrow \vec{F_L}$ (se $q>0$)

$$[\vec{B}] = \left[\frac{F_L}{qv}\right] \Rightarrow T = \frac{N}{C \cdot \frac{m}{s}} = \frac{kg \, m/s^2}{C \cdot m/s} = \frac{kg}{C \cdot s}$$

$\vec{F_L} \perp \vec{v} \Rightarrow F_L$ FORZA CENTRIPETA: UNA PARTICELLA CARICA IN UN CAMPO MAGNETICO UNIFORME COMPIE UN MOTO CIRCOLARE (se $\vec{v} \perp \vec{B}$)

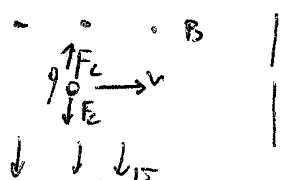
$$F_L = F_c = m\frac{v^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv^2}{F_L} = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{mv}{qB} \qquad T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

SE $\vec{v} \not\perp \vec{B}$ LA PARTICELLA COMPIE UN MOTO ELICOIDALE

$$\cancel{t = \frac{v}{l} \quad \frac{v_\perp}{l} = \quad v_{//} \frac{1}{2\pi r} = \frac{q \cdot B}{m} \Rightarrow l = \frac{m v_\perp}{qB}}$$ V. LIBRO

PASSO DELL'ELICA

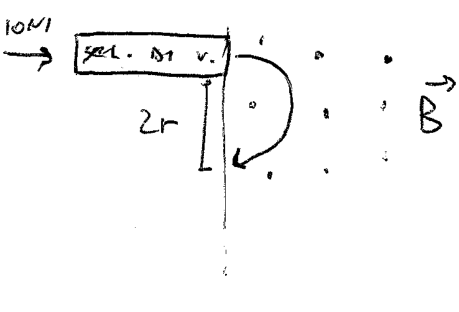
SELETTORE DI VELOCITA'



SE $F_c \neq F_L$ LA CARICA DEVIA

$$F_c = F_L$$
$$\cancel{q}E = \cancel{q}v \cdot B$$
$$v = \frac{E}{B}$$

SPETTROMETRO DI MASSA



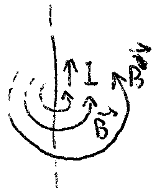
$$2r = \frac{2mv}{qB} \qquad m = \frac{rqB}{v}$$

ESPERIMENTO DI OERSTED

- una carica in movimento (una corrente) genera un campo magnetico

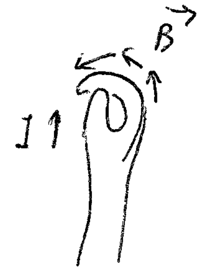
LEGGE DI BIOT-SAVART

FILO:

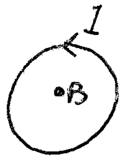


$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

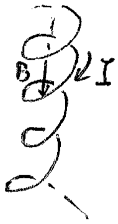


(CENTRO DI) SPIRA



$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

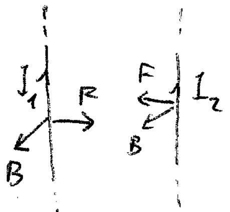
SOLENOIDE



$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I = \mu_0 n I$$

FILI PERCORSI DA CORRENTE

TRA DUE FILI (PARALLELI) PERCORSI DA CORRENTE SI SVILUPPA UNA FORZA ATTRATTIVA SE I VERSI DELLE CORRENTI SONO CONCORDI E REPULSIVA SE I VERSI DELLE CORRENTI SONO DISCORDI



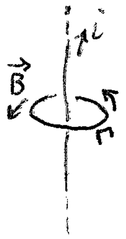
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \qquad F_L = q \cdot v \times B = I \Delta t \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} \times B = \cancel{I \vec{l} \times \vec{B}} = l \cdot \vec{I} \times \vec{B}$$

$$F_L = I_1 l \cdot \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} = \mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi d} l$$

CIRCUITAZIONE ATTORNO AD UN FILO

$$C_\Gamma(\vec{B}) = \oint_\Gamma \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

LE CORRENTI CONCATENATE CONTRIBUISCONO



$$\oint_\Gamma \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2\pi r \cdot \cos\alpha = \frac{\mu_0 i}{\cancel{2\pi r}} \cancel{2\pi r} \cos\alpha$$

SE IL VERSO DI PERCORRENZA DI Γ È CONCORDE A QUELLO DI B ALLORA $\cos\alpha = 1$ E IL CONTRIBUTO È POSITIVO

$$\oint_\Gamma \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$$

ALTRIMENTI $\cos\alpha = -1$ E IL CONTRIBUTO È NEGATIVO

$$\oint_\Gamma \vec{B} \cdot d\vec{l} = -\mu_0 i$$

SE LA CORRENTE NON È CONCATENATA A Γ, ALLORA IL SUO CONTRIBUTO È NULLO

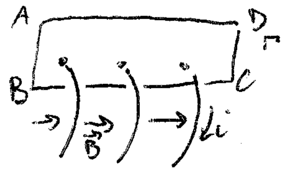
$$\oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint_{AB} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{BC} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{CD} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{DA} \vec{B}\cdot d\vec{l} = B\cdot \overline{AB}\cos\frac{\pi}{2} + B\cdot\overline{BC}\cos 0 + B\cdot\overline{CD}\cos\frac{\pi}{2} + B\cdot \overline{DA}\cos\pi =$$

$$= \frac{1}{2}\mu_0 i + 0 - \frac{1}{2}\mu_0 i + 0 = 0$$

DA CUI SI DEDUCE $C_\Gamma = \oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_K i_K$

$C_\Gamma \neq 0 \Rightarrow \vec{B}$ NON È CONSERVATIVO

CIRCUITAZIONE ATTRAVERSO UN SOLENOIDE



$$\oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint_{AB} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{BC} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{CD} \vec{B}\cdot d\vec{l} + \oint_{DA} \vec{B}\cdot d\vec{l} =$$

$$= 0 + \oint_{BC} \vec{B}\cdot d\vec{l} + 0 + 0 = \mu_0 \sum_K i_K = \mu_0 N i = \mu_0 n \cdot l \cdot i =$$

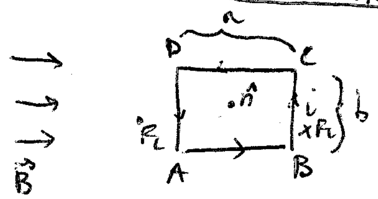
$\overline{BC} = l$

$$= \mu_0 n \cdot i \cdot \overline{BC} =$$

$$= B \cdot \overline{BC}$$

$$\oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = B\cdot\overline{BC}$$

SPIRA PERCORSA DA CORRENTE IN UN CAMPO MAGNETICO UNIFORME



$$\vec{F}_{L_{\overline{BC}}} = \overline{BC}\cdot \vec{i} \times \vec{B} = b \cdot \vec{i} \times \vec{B}$$

$$\vec{F}_{L_{\overline{CD}}} = \overline{CD}\cdot \vec{i} \times \vec{B} = 0$$

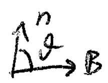
$$\vec{F}_{L_{\overline{AB}}} = \overline{AB}\cdot \vec{i} \times \vec{B} = 0$$

$$\vec{F}_{\overline{AD}} = \overline{AD}\cdot \vec{i} \times \vec{B} = b \cdot \vec{i} \times \vec{B}$$

$\sum F = 0$

$|M| = F_{L_{\overline{BC}}}\cdot\frac{a}{2} + F_{L_{\overline{AD}}}\frac{a}{2} = a F_L = a b \, i \, B = S \cdot i \, B$

$\vec{m} = S\cdot i \cdot \hat{n}$



$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$ $\quad |M| = m\cdot B\cdot \sin\vartheta$

$\vartheta = k\pi \Rightarrow M = 0$

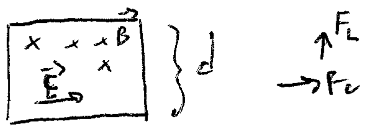
$\vartheta = 0$ EQUILIBRIO STABILE

$\vartheta = \pi$ EQUILIBRIO INSTABILE

CORRENTE ALTERNATA $\Rightarrow$ MOTORE ELETTRICO

EFFETTO HALL

CONSENTE DI VERIFICARE SE I PORTATORI DI CARICA IN UN MATERIALE SONO CARICATI POSITIVAMENTE O NEGATIVAMENTE



SI CONSIDERA UNA LASTRA IMMERSA IN $\vec{v}, \vec{B}$: $\vec{v} \perp \vec{B}$, $\vec{B} \perp S$
IL CAMPO ELETTRICO INDUCE PER LA FORZA DI COULOMB UNA CORRENTE EQUIVERSA A QUESTO
L'INTERAZIONE TRA CORRENTE E $\vec{B}$ PRODUCE UNA FORZA DI LORENTZ PERPENDICOLARE ALLA CORRENTE
LA DIREZIONE E IL VERSO DELLA FORZA DI LORENTZ E QUINDI LA DIREZIONE DEL MOTO DELLE PARTICELLE NON DIPENDE DAL SEGNO DELLA LORO CARICA, QUINDI IN BASE AL SEGNO DELLA CARICA ACCUMULATA PER LA FORZA DI LORENTZ SI DEDUCE IL SEGNO DELLA CARICA DEI PORTATORI DI CARICA

IL SISTEMA È IN EQUILIBRIO SE

$$F_C = F_L$$
$$q \cdot E = q v B$$
$$E = v \cdot B$$

MA $\Delta V = E d$

$$\Rightarrow \Delta V_H = v \cdot B \cdot d$$

MAGNETIZZAZIONE DEI MATERIALI

IN MECCANICA QUANTISTICA ATTRIBUITA ALLO SPIN DEGLI ATOMI
IN FISICA CLASSICA ATOMI MODELLIZZATI COME SPIRE PERCORSE DA CORRENTE (e^- IN ORBITA), TENDONO AD ORIENTARSI ~~COME~~ COSÌ DA GENERARE $\vec{B}$ CONCORDE AL CAMPO MAGNETICO ESTERNO

I MATERIALI FERROMAGNETICI HANNO GRANDI MOMENTI MAGNETICI MICROSCOPICI, PRODUCONO $B_m \gg B_0$ CONCORDE E $\parallel$ A B_0 SE ESPOSTI AD UN CAMPO MAGNETICO

$$B = B_0 + B_m \gg B_0$$

I MATERIALI PARAMAGNETICI HANNO MOMENTI MAGNETICI DEBOLI E SE ESPOSTI A B_0 PRODUCONO $B_m \parallel$ E CONCORDE MA DEBOLE

$$B = B_0 + B_m > B_0$$

I MATERIALI DIAMAGNETICI PRODUCONO $B_m \parallel$ E DISCORDE RISPETTO A B_0

$$B = B_0 - B_m < B_0$$

COMPORTAMENTO MAGNETICO DI UN MATERIALE

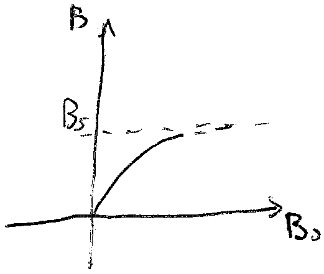
μ_r DESCRIVE COMPORTAMENTO

$$\vec{B} = \mu_r \vec{B_0}$$

$\mu_r \gg 1$ NEI MATERIALI FERROMAGNETICI
$\mu_r > 1$ NEI MATERIALI PARAMAGNETICI
$\mu_r < 1$ NEI MATERIALI DIAMAGNETICI

CICLO DI ISTERESI

NEI MATERIALI FERROMAGNETICI μ_r NON È COSTANTE MA SEGUE IL CICLO DI ISTERESI

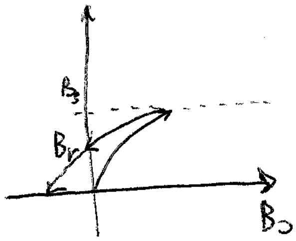


CURVA DI PRIMA MAGNETIZZAZIONE:

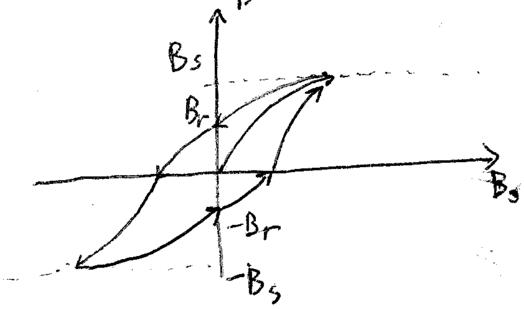
B AUMENTA NON LINEARMENTE SATURANDOSI AL VALORE B_s

MAGNETIZZAZIONE RESIDUA:

SE B_0 TORNA A 0 B RAGGIUNGE IL VALORE B_r, PER RIPORTARE B A 0 BISOGNA INVERTIRE B_0



CICLO COMPLETO:



LA MAGNETIZZAZIONE RESIDUA È DOVUTA ALL'INTERAZIONE RECIPROCA FRA I DOMINI MAGNETICI DEL MATERIALE (DOMINI DI WEISS)

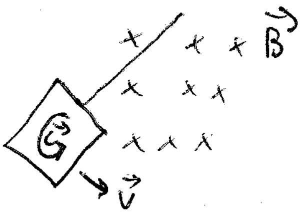
LO STATO ORIGINARIO ($B=B_0=0$) PUÒ ESSERE RECUPERATO SOLTANTO ROMPENDO L'ALLINEAMENTO ~~DEI~~ DEI DOMINI DI WEISS CON URTI O RAGGIUNGENDO LA TEMPERATURA DI CURIE

INDUZIONE

$$V = -\frac{d}{dt}\Phi_s(\vec{B})$$ LEGGE DI FARADAY-NEUMAN-LENTZ

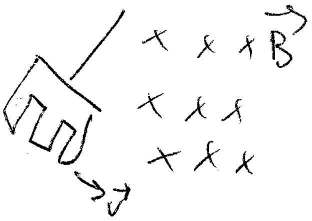
LA CORRENTE INDOTTA È SEMPRE TALE DA PRODURRE UN CAMPO MAGNETICO IN OPPOSIZIONE A QUELLO ESTERNO

CORRENTI PARASSITE



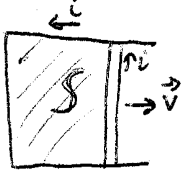
UNA LASTRA IN MATERIALE PARAMAGNETICO CHE ENTRA IN UN CAMPO MAGNETICO È ATTRAVERSATA DA CORRENTI PARASSITE (DI FOUCAULT)

L'ENERGIA È DISSIPATA PER EFFETTO JOULE



SE LA LASTRA È SOSTITUITA CON UN PETTINE NON SI POSSONO FORMARE CORRENTI E NON C'È DISSIPAZIONE DI ENERGIA

VARIAZIONE DI SUPERFICIE



$S = d \cdot v \cdot t$

$$\Delta V = -\frac{d\phi_S(B)}{dt} = -B\frac{dS}{dt} = -B \cdot d \cdot v$$

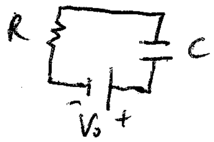
TH DI AMPERE PER IL CAMPO ELETTRICO

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = E \cdot l$$

$F = B \cdot v$ EFFETTO HALL

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \Delta V = -\cancel{B\,l\,v}\ \frac{d}{dt}\Phi_S(B)$$

CIRCUITO RC IN CARICA

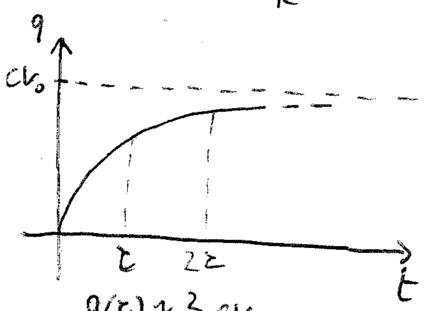


TH MAGLIE $\quad V_0 - Rq'(t) - \frac{1}{C}q(t) = 0$

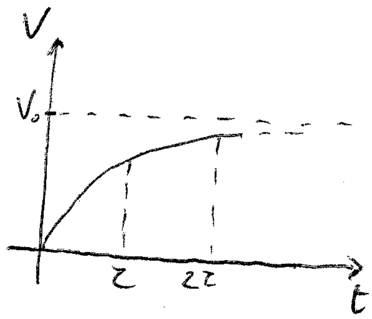
$q(t) = CV_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \qquad \tau = RC \qquad [\tau] = \Omega \cdot F = \frac{V}{A} \cdot \frac{C}{V} = \frac{C}{C/s} = s$

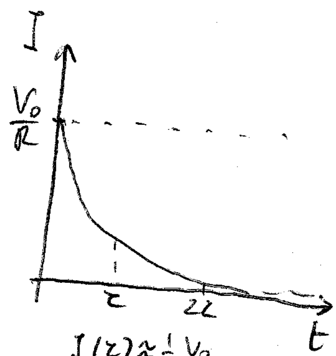
$$V(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

$$I(t) = \frac{d}{dt}q(t) = \frac{V_0}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$



$q(\tau) \approx \frac{2}{3}CV_0$





$I(\tau) \approx \frac{1}{3}\frac{V_0}{R}$

CIRCUITO RC IN SCARICA

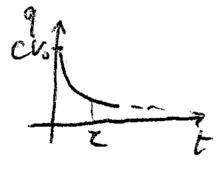
GENERATORE RIMOSSO

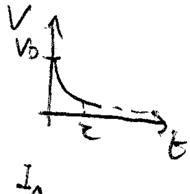
TH MAGLIE: $\quad -Rq'(t) - \frac{1}{C}q(t) = 0$

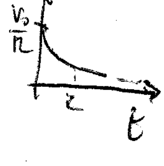
$q(t) = CV_0 e^{-t/\tau} \qquad \tau = RC$

$$V(t) = \frac{q(t)}{C} = V_0 e^{-t/\tau}$$

$$I(t) = \frac{d}{dt}q(t) = -\frac{V_0}{R}e^{-t/\tau}.$$







INDUTTORE

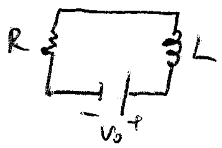
$$\Delta V = -N \cdot \frac{d}{dt}\Phi_s(B) = -N \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} = -N \cdot S \cdot \mu_0 \cdot n \cdot \frac{dI}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$$

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{l} S$$

$$[L] = H = \frac{T \cdot m}{A} \cdot \frac{1}{m} \cdot m^2 = \frac{T \cdot m^2}{A}$$

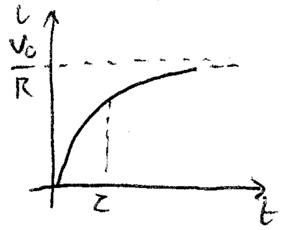
L'INDUTTORE SI OPPONE ~~ALL'AUMENTO~~ ALLA VARIAZIONE DI CORRENTE

CIRCUITO RL CON GENERATORE

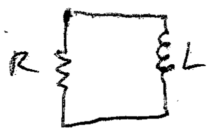


TH MAGLIA: $V_0 - Ri - L\frac{di}{dt} = 0$

$$i(t) = \frac{V_0}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \qquad \tau = \frac{R}{L} \qquad [\tau] = \frac{\frac{V}{A}}{\frac{V A}{s A}} = s$$

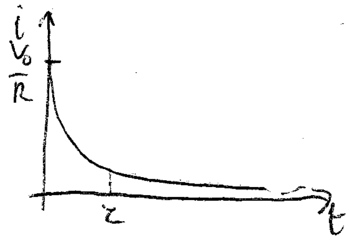


CIRCUITO RL SENZA GENERATORE



TH MAGLIA: $Ri(t) - L\frac{di}{dt} = 0$

$$i(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad \tau = \frac{R}{L}$$



ENERGIA IN UN INDUTTORE

$$\frac{d\Phi_s(B)}{dt} = L\frac{di}{dt}$$

$$\Phi_s(B) = Li$$

$$E = \int \Phi_s(B)\,di = \frac{1}{2}Li^2$$

$$u = \frac{E}{Vol} = \frac{Li^2}{2Sl} = \frac{\mu_0 \frac{N^2}{l} S}{2 S l} i^2 = \frac{1}{2}\mu_0 n^2 i^2 = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

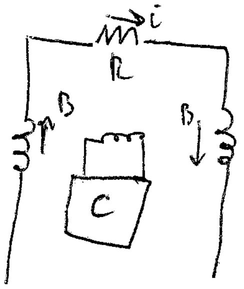
DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

$$V = Ri + L\frac{di}{dt}$$

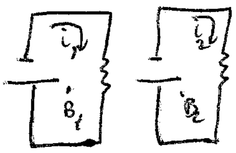
$$\int V i\,dt = \int R i^2 dt + \int L \frac{di}{dt}\, i\,dt$$

$$\underbrace{V i \Delta t}_{\mathcal{E}_{erogata}} = \underbrace{R i^2 \Delta t}_{\mathcal{E}_{diss}} + \underbrace{\frac{1}{2} L i^2}_{\mathcal{E}_{immagazzinata}}$$

SALVAVITA



MUTUA INDUZIONE



$$\Phi_1(B_2) = M i_2$$

$$\Phi_2(B_1) = M i_1$$

$$[M] = \frac{Wb}{A}$$

CORRENTE ALTERNATA

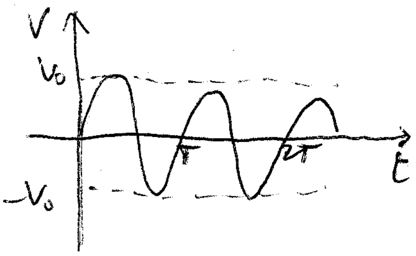
Generata da alternatore: piastra in rotazione in un campo magnetico uniforme

$$\alpha = \omega t$$

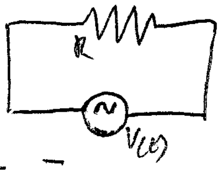
$$V = -N\frac{d}{dt}\Phi_S(\vec{B}) = -NBS\frac{d}{dt}\cos\alpha t = NB\cdot S\cdot\omega\cdot\sin\omega t = V_0 \sin\omega t$$

$$V_0 = N\cdot B\cdot S\cdot\omega$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$



CIRCUITO PURAMENTE RESISTIVO

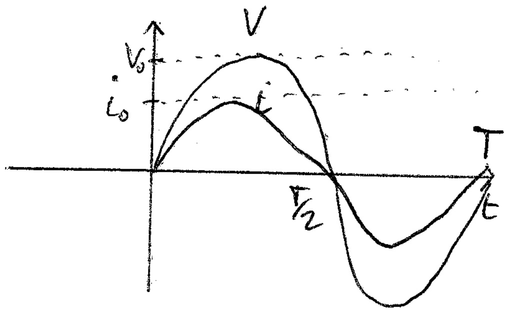


$$i(t) = \frac{V(t)}{R} = \frac{V_0}{R}\sin\omega t = i_0 \sin\omega t$$

$\bar{i} = \bar{V} = 0$

$\varphi = 0$

$$\overline{i^2} = \frac{1}{T}\int_T \frac{V_0^2}{R^2}\sin^2\omega t\,dt = \frac{1}{2}\frac{V_0^2}{R^2} = \frac{1}{2} i_0^2$$



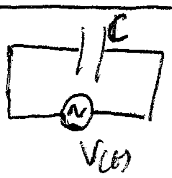
$\bar{P} = R\overline{i^2} = \frac{1}{2} i_0^2 R$

$i_{eff} = \sqrt{\overline{i^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} i_0$

$P_{eff} = R i_{eff}^2$

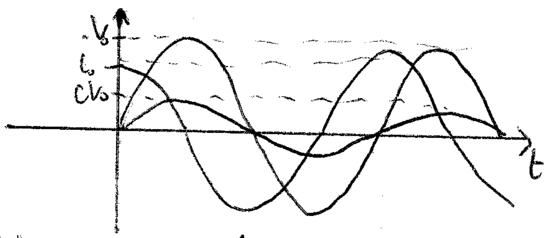
$V_{eff} = R i_{eff}$

CIRCUITO PURAMENTE CAPACITIVO



$q(t) = CV(t) = CV_0 \sin\omega t$

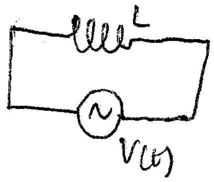
$i(t) = \frac{d}{dt}q(t) = CV_0\,\omega\cos\omega t = CV_0\,\omega\sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \qquad \varphi = -\frac{\pi}{2}$



$V_{eff} = X_C\, i_{eff} \qquad X_C = \frac{1}{C\omega} \qquad [X_C] = \frac{1}{\frac{C}{V}\frac{1}{s}} = \frac{V}{C/s} = \frac{V}{A} = \Omega$

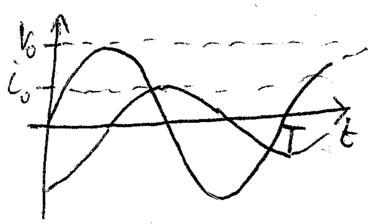
$\bar{P} = 0$

CIRCUITO PURAMENTE INDUTTIVO



$V = L\frac{di}{dt} \qquad i(t) = \int\frac{V(t)}{L}dt = \frac{V_0}{L}\int\sin\omega t\,dt = \frac{-V_0}{L\omega}\cos\omega t + \cancel{i_0}^{\,0}$

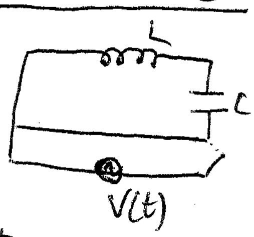
$i(t) = \frac{V_0}{L\cdot\omega}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \qquad \varphi = +\frac{\pi}{2}$



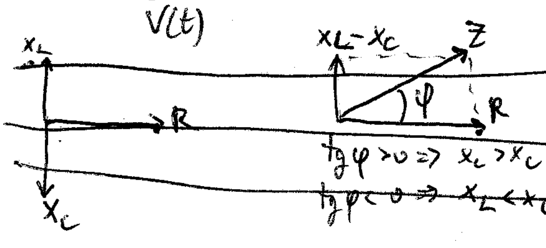
$V_{eff} = X_L\, i_{eff} \qquad X_L = L\omega \qquad [X_L] = H/s = \frac{\frac{T\cdot m}{A}\cdot\frac{m^2}{m}}{s} = \frac{T\cdot m^2}{A\cdot s} = \Omega$

$\bar{P} = 0$

CIRCUITO LC



CARICATO C SI ISOLA (A), LA CARICA OSCILLA PERIODICAMENTE TRA C E L



$tg\,\varphi > 0 \Rightarrow X_L > X_C$

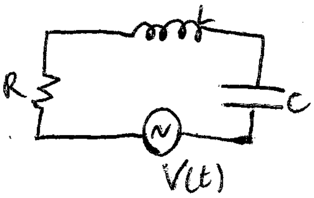
$tg\,\varphi < 0 \Rightarrow X_L < X_C$

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad [Z] = \Omega \qquad V_{eff} = Z i_{eff}$

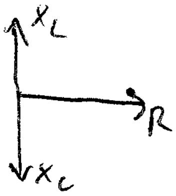
$tg\,\varphi = \frac{X_L - X_C}{R} \qquad Z\cos\varphi = R$

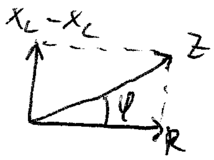
$\bar{P} = R i_{eff}^2 = Z\cos\varphi\, i_{eff}$

CIRCUITO RLC IN SERIE



FASORE (VETTORE DI FASE) = GRANDEZZA NORMALMENTE SCALARE TRATTATA COME VETTORE





$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \qquad [Z] = \Omega$$

$$V_{eff} = Z\, i_{eff}$$

$$Z \cos\varphi = R \qquad \overline{P} = Z i_{eff}^2 = R\cos\varphi\, i_{eff}^2$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$\varphi > 0 \Rightarrow X_L > X_C$

$\varphi < 0 \Rightarrow X_C < X_L$

$$i(t) = \frac{V_0}{Z}\sin(\omega t - \varphi)$$

$$\sum \vec{V} = 0 \qquad \sum |V| \neq 0$$

RISONANZA

$\varphi = 0 \Rightarrow Z = R$

$X_L = X_C$

$$\frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L \qquad \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

TRASFORMATORI

$P_e = V \cdot i$

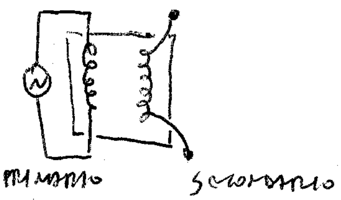
$P_d = R i^2 = \rho \frac{l}{S} i^2$

SI VUOLE MASSIMIZZARE LA POTENZA EROGATA MA MINIMIZZARE QUELLA DISSIPATA

$P_d \rightarrow 0 \nearrow i \rightarrow 0,\ P_e \rightarrow 0$

$\searrow R \rightarrow 0 \rightarrow S \rightarrow +\infty$

$\Rightarrow$ UTILIZZO DI TRASFORMATORE



$$V_p = -N_p \frac{\Delta\Phi_S(B)}{\Delta t}$$

$$V_s = -N_s \frac{\Delta\Phi_S(B)}{\Delta t}$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$P_p = V_p i_p$

$P_s = V_s i_s$

IN UN TRASFORMATORE IDEALE NON C'È PERDITA DI POTENZA

$$P_p = P_s \qquad \frac{V_p}{V_s} = \frac{i_s}{i_p}$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{i_s}{i_p}$$

$N_p > N_s \Rightarrow V_p > V_s \Rightarrow i_p < i_s$ TRASFORMATORE IN DISCESA (RIDUTTORE)

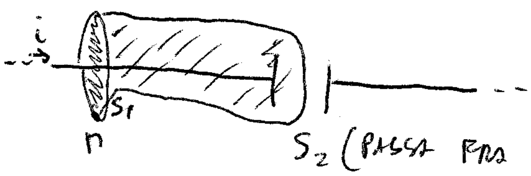
$N_p < N_s \Rightarrow V_p < V_s \Rightarrow i_p > i_s$ TRASFORMATORE IN SALITA (ELEVATORE)

PARADOSSO DEL TEOREMA DI AMPÈRE

SECONDO IL TH DI AMPÈRE SUL CAMPO MAGNETICO

$$C_\Gamma(\vec{B}) = \oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_k i_k$$

SE SI CONSIDERA UN CONDENSATORE IN CARICA



S_2 (PASSA FRA LE MAGLIE DEL CONDENSATORE

CONSIDERANDO LA SUPERFICIE S_1 $C_\Gamma(\vec{B}) = \mu_0 i$

MA SE SI CONSIDERA LA SUPERFICIE S_2 NON CI SONO CORRENTI CONCATENATE QUINDI $C_\Gamma(\vec{B}) = 0$

QUESTA È UNA CONTRADDIZIONE ↯

LEGGE DI AMPÈRE-MAXWELL

SI CONSIDERA UN DIELETTRICO PRESENTE NEL CONDENSATORE, AL MOMENTO DELLA CARICA LE MOLECOLE SI POLARIZZANO ⇒ SI CREA UNA CORRENTE DI SPOSTAMENTO

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{q}{S\cdot\varepsilon}$$

$$\Phi_S(E) = E\cdot S = \frac{q}{\cancel{S}\cdot\varepsilon}\cdot\cancel{S} = \frac{q}{\varepsilon}$$

$$\frac{d}{dt}\Phi_S(E) = \frac{1}{\varepsilon} i_s$$

$$i_s = \varepsilon\frac{d}{dt}\Phi_S(E)$$

LA CORRENTE PRESENTE NEL FILO È DEFINITA CORRENTE DI CONDUZIONE i_c

i_c E i_s SONO PRESENTI IN PUNTI DIVERSI E HANNO LO STESSO VALORE

$$\oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0\left(i_c + \varepsilon_0\frac{d}{dt}\Phi_S(E)\right)$$

LEGGI DI MAXWELL

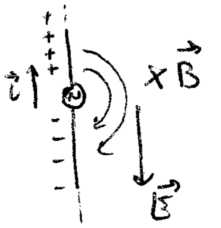
TH DI GAUSS $\Phi_\Omega(E) = \frac{q}{\varepsilon_0}$

$$\Phi_\Omega(B) = 0$$

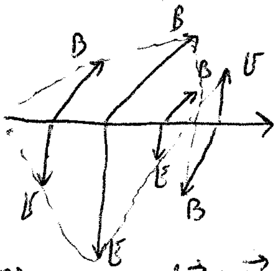
TH DI AMPÈRE $\oint_\Gamma \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\Phi_S(B)$

$$\oint_\Gamma \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0\left(\sum_k i_k + \varepsilon_0\frac{d}{dt}\Phi_S(E)\right)$$

ONDE ELETTROMAGNETICHE



$V(t) = V_0 \sin \omega t$



DIREZ. DI $\vec{E}$ COSTANTE

$\downarrow$

ONDE SINUSOIDALI, ORTOGONALI $(\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v})$, IN FASE (POLARIZZATO)

VELOCITÀ DELLA LUCE

$$F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q \cdot Q}{r^2} \qquad [\varepsilon_0] = \frac{C^2}{Nm^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \qquad [\mu_0] = \frac{T \cdot m}{A}$$

$$F_L = q \cdot v \cdot B \qquad T = \frac{N}{C \cdot m/s} \qquad [\mu_0] = \frac{\frac{N}{C \cdot m/s} \cdot m}{C/s} = \frac{N \cdot s^2}{C^2}$$

$$[\varepsilon_0 \mu_0] = \frac{\cancel{C^2}}{\cancel{N} \cdot m^2} \cdot \frac{\cancel{N} \cdot s^2}{\cancel{C^2}} = \frac{s^2}{m^2} = \frac{1}{[v]^2}$$

$$\left[\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}\right] = [v] \qquad \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \, m/s^2 = c$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = \frac{c}{n} \qquad v = \frac{c}{n} \qquad n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$$

ONDE ELETTROMAGNETICHE

ONDA: $y = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi\right)$

$v = \lambda f$

$x = vt$

$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{v}{\lambda}$

$\omega t = 2\pi \frac{v}{\lambda} t = \frac{2\pi}{\lambda} x$ DA TRASFORMAZIONI GALILEIANE

$E(t) = E_0 \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right]$

$B(t) = B_0 \sin\left[\frac{2\pi}{\lambda}(x - vt)\right]$

DENSITÀ DI ENERGIA DEL CAMPO ELETTRICO

$\mathcal{E} = \frac{q^2}{2C}$

$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$

$\mathcal{E} = \frac{q^2 d}{2\varepsilon_0 S}$

$u_E = \frac{\mathcal{E}}{V} = \frac{q^2}{2\varepsilon_0 S^2} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

$u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$

DENSITÀ ENERGETICA DI UN'ONDA ELETTROMAGNETICA

$$u = u_E + u_B = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$$

PER EFFETTO HALL $E = c \cdot B$

$$u_B = \frac{1}{2}\frac{E^2}{\mu_0 c^2} = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 \cancel{\mu_0}}{\cancel{\mu_0}}E^2 = u_E$$

$u_B = u_E$

$$u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0} = \varepsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0}$$ DOVE E e B SONO VALORI EFFICACI

INTENSITÀ DI UN'ONDA ELETTROMAGNETICA

$$I = \frac{P}{S}$$

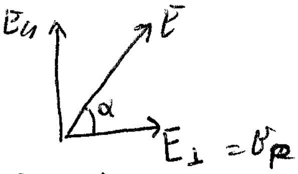
$$\bar{I} = \frac{\bar{P}}{S} = \frac{E_m}{\Delta t \cdot S} = \frac{\bar{u} \cdot V}{\Delta t \cdot S} = \frac{\bar{u}}{\Delta t} \cdot d = \bar{u} \cdot c \qquad [I] = \frac{W}{m^2}$$

POLARIZZAZIONE

UN'ONDA PUÒ ESSERE POLARIZZATA PASSANDO PER UN FILTRO DI POLARIZZAZIONE
QUANDO UN'ONDA PASSA PER UN FILTRO DI POLARIZZAZIONE UNA COMPONENTE VIENE ASSORBITA MENTRE LA COMPONENTE $\perp$ RESTA INALTERATA
LA LUCE NON POLARIZZATA HA COMPONENTI // E $\perp$ UGUALI, PER CUI SOLO METÀ DI QUESTA VIENE TRASMESSA E L'ALTRA METÀ VIENE ASSORBITA

$$I_p = \frac{1}{2}I_0$$

LEGGE DI MALUS



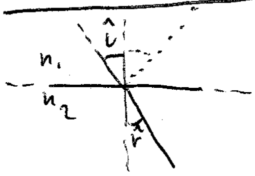
$E_p = E_0 \cos\alpha$

$I_p = u_p c = \varepsilon_0 E_p^2 c = \varepsilon_0 E_0^2 \cos^2\alpha\, c$

$I_0 = u_0 c = \varepsilon_0 E^2 c$

$I_p = I_0 \cos^2\alpha$

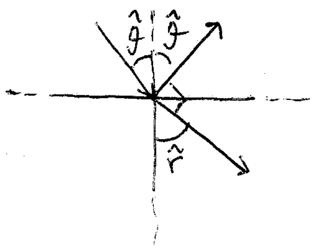
LEGGE DI SNELL



$$n_1 \sin\hat{i} = n_2 \sin\hat{r}$$

ANGOLO DI BREWSTER

IN CORRISPONDENZA DELL'ANGOLO DI BREWSTER L'ANGOLO RIFLESSO È PERPENDICOLARE ALL'ANGOLO RIFRATTO



$$\hat{r} = \pi - \hat{\vartheta}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\hat{\vartheta}}{\sin\hat{r}} = \frac{\sin\hat{\vartheta}}{\sin(\pi - \hat{\vartheta})} = \frac{\sin\hat{\vartheta}}{\cos\hat{\vartheta}} = \mathrm{tg}\,\hat{\vartheta}$$

$$\mathrm{tg}\,\vartheta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

CRISI DELLA FISICA CLASSICA

SECONDO LE EQUAZIONI DI MAXWELL c È COSTANTE → NON RISPETTA COMPOSIZIONE CLASSICA DELLE VELOCITÀ

IPOTESI DELL'ETERE: LE ONDE ELETTROMAGNETICHE SI PROPAGANO NELL'ETERE, LE EQUAZIONI DI MAXWELL SONO VALIDE SOLTANTO IN UN SISTEMA DI RIFERIMENTO PRIVILEGIATO IN QUIETE RISPETTO ALL'ETERE

ESPERIMENTO DI MICHELSON-MORLEY: CON UN INTERFEROMETRO SI DIMOSTRA CHE c È = IN TUTTE LE DIREZIONI

SISTEMI DI RIFERIMENTO

UN SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE NON È ACCELERATO, VALE 1° LEGGE DI NEWTON

SISTEMI ACCELERATI

$a=0$

$P=mg$
$F=ma=0$
$R=mg$

$a\uparrow$

$P=mg$
$F=ma$
$R=mg+ma=m(g+a)$

$a\downarrow$

$P=mg$
$F=-ma$
$R=mg-ma=m(g-a)$

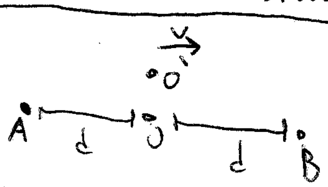
ASSIOMI DELLA RELATIVITÀ RISTRETTA

1) LE LEGGI DELLA FISICA SONO IDENTICHE IN OGNI SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE (NON ESISTONO SISTEMI PRIVILEGIATI)
2) LA VELOCITÀ DELLA LUCE NEL VUOTO È UN INVARIANTE (UGUALE IN OGNI SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE)

SIMULTANEITÀ

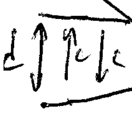
DUE EVENTI E_1, E_2 CHE AVVENGONO IN P.TI P_1, P_2 SONO SIMULTANEI SE I SEGNALI LUMINOSI DA ESSI PRODOTTI ~~SONO SIMULTANEI~~ GIUNGONO NELLO STESSO ISTANTE IN UN P.TO M EQUIDISTANTE DA P_1 E P_2

RELATIVITÀ DELLA SIMULTANEITÀ

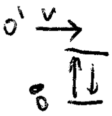


NEI P.TI A E B SI VERIFICANO 2 ESPLOSIONI QUANDO ENTRAMBI GLI OSSERVATORI SONO EQUIDISTANTI DAI 2 P.TI, O RICEVE I RAGGI DI LUCE NELLO STESSO MOMENTO MA NEL FRATTEMPO O' SI È MOSSO QUINDI O MISURA CHE GLI EVENTI SONO SIMULTANEI NEL PROPRIO SIST. DI RIFERIMENTO MA NON IN QUELLO DI O', CHE DEVE OSSERVARE X FORZA LA STESSA COSA

DILATAZIONE DEI TEMPI



OROLOGIO RELATIVISTICO



PER O IL TEMPO IMPIEGATO DAL RAGGIO DI LUCE È $\frac{2d}{c}$

IL TEMPO MISURATO DA O È IL TEMPO PROPRIO t_0 PERCHÉ PER O L'EVENTO INIZIA E FINISCE NELLO STESSO P.TO (È IN QUIETE RISPETTO ALL'EVENTO)

$t_0 = \frac{2d}{c}$

O' VEDE LA LUCE COMPIERE UNA TRAIETTORIA + LUNGA , MISURA UN TEMPO

$t = \frac{2L}{c} = \frac{2\sqrt{d^2+v^2t^2}}{c}$

DUE OSSERVATORI MISURANO LA STESSA DISTANZA d

$$d = c\frac{t_0}{2}$$

$$d^2 = c^2\frac{t_0^2}{4} - v^2t^2$$

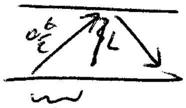
$$c^2\frac{t_0^2}{4} = c^2\frac{t^2}{4} - v^2t^2$$

DILATAZIONE DEI TEMPI

o'

o $\Big\}\ L = c\frac{t_0}{2}$

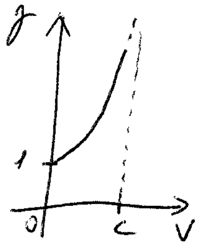
DAL P.TO DI VISTA DI O'



IL TEMPO PROPRIO t_0 È QUELLO MISURATO DALL'OSSERVATORE X CUI L'EVENTO INIZIA E FINISCE NELLO STESSO P.TO

x o $\quad L = c\frac{t_0}{2}$

x o' $\quad L = \sqrt{c^2\frac{t^2}{4} - v^2\frac{t^2}{4}}$



$$c^2\frac{t_0^2}{\cancel{4}} = c^2\frac{t^2}{\cancel{4}} - v^2\frac{t^2}{\cancel{4}}$$

$$t_0^2 = t^2 - \frac{v^2}{c^2}t^2$$

$$t_0 = t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \gamma t_0 \qquad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t > t_0$$

CONTRAZIONE DELLE LUNGHEZZE

$o' \rightarrow v$

o $\quad$ L

LA LUNGHEZZA PROPRIA L_0 VIENE MISURATA DALL'OSSERVATORE IN QUIETE RISPETTO ALL'OGGETTO MISURATO

- O MISURA L_0
- O' MISURA t_0

x o' $\quad L = vt_0$

x o $\quad L_0 = vt = vt_0\gamma$

$$\Rightarrow L = L_0 \cdot \frac{1}{\gamma}$$

$$L < L_0$$

MUONI

Secondo la fisica classica i muoni non dovrebbero arrivare a terra perché il tempo impiegato a raggiungere il suolo è maggiore della loro vita media

$e = 2{,}2\cdot10^{-6}s = t_0$

$v = 0{,}998c$

$h = 15 km$

$\gamma = 15{,}8$

Quello che il muone è il tempo t_0 per l'osservatore a terra è $t_0\gamma = t_T$

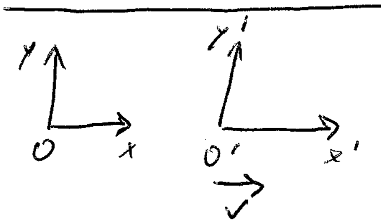
Ignorando gli effetti relativistici il muone percorrerebbe solo $6{,}6\cdot10^{2} m$

Un osservatore a terra misura i muoni percorrere la distanza $d = vt_0$
$d_T = vt_T = vt_0\gamma \approx 10 km$

La distanza misurata da terra è lo spazio proprio L_0, il muone misura la distanza $L_M = \frac{L_0}{\gamma} = 0{,}95 km$, che può percorrere in $3{,}2\mu s$ $\left(\frac{L_M}{v}\right)$

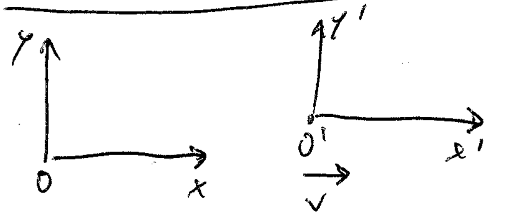
da terra

TRASFORMAZIONI DI GALILEO



$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ t' = t \end{cases} \qquad \begin{cases} x = x' + vt' \\ y = y' \\ t = t' \end{cases}$$

TRASFORMAZIONI DI LORENTZ



$$\begin{cases} x' = (x - vt)\gamma \\ y' = y \\ t' = \left(t - \frac{vx}{c^2}\right)\gamma \end{cases} \qquad \begin{cases} x = (x' + vt')\gamma \\ y = y' \\ t = \left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right)\gamma \end{cases}$$

SIMULTANEITÀ SECONDO LE TRASFORMAZIONI DI LORENTZ

O misura eventi simultanei

$$\begin{cases} x_1 \neq x_2 \\ t_1 = t_2 \end{cases} \Rightarrow \left(t_1' + \frac{vx_1'}{c^2}\right)\gamma = \left(t_2' + \frac{vx_2'}{c^2}\right)\gamma$$

$$(t_1' - t_2') = \frac{v}{c^2}(x_2' - x_1')$$

$$x_1' \neq x_2' \Rightarrow t_1' \neq t_2'$$

TEMPI SECONDO LE TRASFORMAZIONI DI LORENTZ

O MISURA t_0

$$\begin{cases} x_1 = x_2 \\ t_0 = t_2 - t_1 \end{cases} \Rightarrow \cancel{(x_1' + vt_1')\gamma = (x_2' + vt_2')\gamma}$$

$$\cancel{x_1' - x_2' = v(t_2' - t_1')}$$

$$\cancel{t_0 = t_2 - t_1 = \left(t_2' + \frac{vx_2'}{c^2}\right)\gamma - \left(t_1' + \frac{vx_1'}{c^2}\right)\gamma = \left[t_2' - t_1' + \frac{v}{c^2}(x_2' - x_1')\right]\gamma}$$

$$t' = t_2' - t_1' = \left(t_2 - \frac{vx_2}{c^2}\right)\gamma - \left(t_1 - \frac{vx_1}{c^2}\right)\gamma = \left[t_2 - t_1 - \frac{v}{c^2}\overset{0}{\overset{\shortparallel}{(x_2 - x_1)}}\right]\gamma = t_0\gamma$$

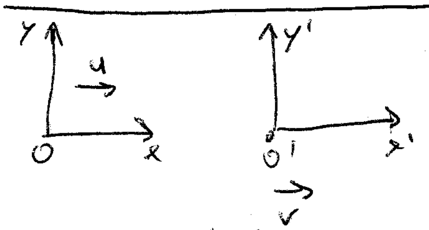
LUNGHEZZA SECONDO LE TRASFORMAZIONI DI LORENTZ

O MISURA L_0, O' MISURA t_0

$$\begin{cases} x_1 \neq x_2 \\ x_1' = x_2' \end{cases}$$

$$L_0 = x_2 - x_1 = (x_2' + vt_2')\gamma - (x_1' + vt_1')\gamma = [\overbrace{x_2' - x_1'}^{0} + v(t_2' - t_1')]\gamma = vt_0\gamma = L\gamma$$

COMPOSIZIONE DELLE VELOCITÀ



$$u = \frac{x}{t} \qquad u' = \frac{x'}{t'}$$

$$u = \frac{x}{t} = \frac{(x' + vt')\gamma}{\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right)\gamma} = \frac{x' + vt'}{t' + \frac{vx'}{c^2}} \cdot \frac{1/t'}{1/t'} = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}}$$ COMPOSIZIONE RELATIVISTICA

($u = u' + v$ COMPOSIZIONE GALILEIANA)