NOTEBOOK

LA CINEMATICA

CINEMATICA: descrive MOTO di un punto materiale

PUNTO MATERIALE: corpo di dimensioni trascurabili rispetto allo spazio in cui può muoversi

grandezze fondamentali: SPAZIO, VELOCITÀ, ACCELERAZIONE, TEMPO

TRAIETTORIA: curva continua nello spazio, rappresenta l'insieme dei punti del movimento del corpo

VELOCITÀ: $\frac{\Delta s}{\Delta t}$

ACCELERAZIONE: $\frac{\Delta V}{\Delta t}$

.VETTORI

.operazioni tra vettori, e componenti dei vettori

$\vec{a} = a_x\hat{x} + a_y\hat{y}$

$\begin{cases} a_x = a\cos\theta \\ a_y = a\sin\theta \end{cases}$ $a = |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

$\tan\theta = \frac{a_y}{a_x}$

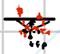
$\vec{a}\cdot\vec{b} = ab\cos\theta$

$|\vec{a}\times\vec{b}| = ab\sin\theta$

$\vec{V}_m = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$

$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

.equilibrio punto materiale $F_{tot} = 0$

.vedi sulle TENSIONI  scomponi le forze

.equilibrio corpo rigido

$\begin{cases} F_{tot} = 0 \\ M_{tot} = 0 \end{cases}$ $\vec{M} = \vec{r}\times\vec{F} \to M = b\cdot F\cdot\sin\theta$ F ↓ d ↑ F : $M = d\cdot F$

.piano inclinato, cubetto fermo

$Fa_s = F_\perp \cdot \mu_s$

.MOTO RETTILINEO UNIFORME

$\vec{V}$ = costante

$v>0$ verso → ← verso $v<0$

$\vec{V}_{media} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$\vec{V}_{istant} = \lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta s}{\Delta t} \to \frac{ds}{dt}$ derivata

$s(t) = s_0 + \int_{t_0}^{t} v(t)\,dt$ ⟶ legge oraria: $s(t) = s_0 + vt$

└ DIMOSTRAZIONE

$v(t) = \frac{dx}{dt}$

$dx = v(t)dt$ ⟶ $\Delta s = \int_{s_0}^{s} dx = \int_{t_0}^{t} v(t)dt$

$\Delta t = t - t_0$ $s(t) = s_0 + \int_{t_0}^{t} v(t)\,dt$ ma $v(t)$ è costante ⟶ $s(t) = x_0 + v(t - t_0)$

grafico: SPAZIO/TEMPO
$y = mx + q$

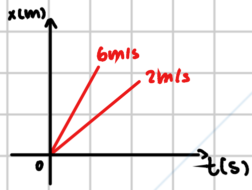
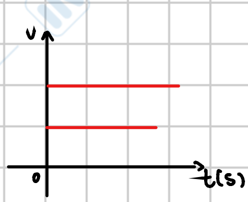


grafico: VELOCITÀ/TEMPO
$y = K$



.MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

$\vec{a}$ = costante

$a>0$: accellera

$a<0$: decellera

$\vec{a}_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$\vec{a}_{istant} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2}$

$\begin{cases} s(t) = s_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ v(t) = V_0 + at \end{cases}$ ⟶ legge oraria

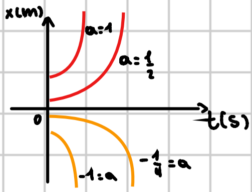
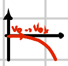


grafico: SPAZIO/TEMPO
$y = ax^2 + bx + c$

.MOTO PARABOLICO

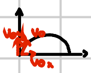
.lancio orizzontale

$\begin{cases} x = V_{0x}\cdot t + x_0 \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0 \end{cases}$ $V_{0y} = 0$



.lancio obliquo

$\begin{cases} x = \cancel{x_0} + V_{0x}\cdot t \\ y = \cancel{y_0} + V_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$



$v = V_0 + at$

$L = \frac{V_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$ L MAX $\alpha = 45°$ $H_{MAX} = \frac{V_{0y}^2}{2g}$ $T_{volo} = \frac{2V_{0y}}{g}$

GITTATA X

$\begin{cases} x = V_{0x}\cdot t \\ 0 = V_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$ $V_{0x} = V_0\cdot\cos\alpha$

$V_{0y} = V_0\cdot\sin\alpha$

t = Tempo di volo ⟶ sostituisci nella 1a equazione ⟶ trovi GITTATA

$T_{volo} = \frac{2V_{0y}}{g}$

$L = \frac{V_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$

L MAX $\alpha = 45°$

H MAX

$v_y = 0$

$V_y = V_{0y} - gt$ $t = \frac{V_{0y}}{g}$

$H_{max} = V_{0y}\cdot\frac{V_{0y}}{g} - \frac{1}{2}\cancel{g}\cdot\frac{V_{0y}^2}{g^{\cancel{2}}}$

$H_{MAX} = \frac{V_{0y}^2}{2g}$

.MOTO ARMONICO SEMPLICE

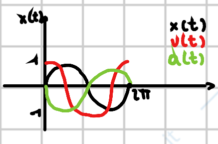
$x(t) = A\cdot\sin(wt)$

A = ampiezza moto

w = pulsazione

$T = \frac{2\pi}{w} \to w = \frac{2\pi}{T}$

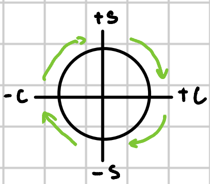
$f = \frac{1}{T} \to w = 2\pi\cdot f \to f = \frac{w}{2\pi}$



x(t)
v(t)
a(t)

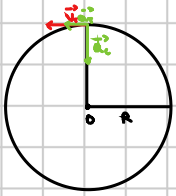
$v(t) = A\cdot w\cdot\cos(wt)$

$a(t) = -Aw^2\sin(wt)$



Derivata

.MOTI CIRCOLARI



$\Delta\theta = \frac{\Delta l}{r}$ $\frac{1}{T} = f$

$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$

$v = \omega \cdot r \rightarrow \omega = \frac{v}{r}$

$a_t = \alpha \cdot r$

$a_c = \omega^2 r = \frac{v^2}{r}$

.circolare uniforme

$\theta = \theta_0 + \omega t$

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

$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi f r$

.circolare uniformemente accelerato, α costante

$\begin{cases} \omega = \omega_0 + \alpha t \\ \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \end{cases}$

$F_c = m \cdot a_c \longrightarrow F_c = m\omega^2 r = m\frac{v^2}{r}$

LA DINAMICA

.FORZE e LEGGI di NEWTON

1ª LEGGE: se la somma delle forze che agiscono su un corpo è NULLA, allora il corpo è e rimarrà in quiete, mentre, se è in moto continuerà a muoversi in modo rettilineo uniforme

2ª LEGGE: la forza agente su un corpo è direttamente proporzionale alla massa e all'accelerazione e ne condivide direzione e verso

$F = m \cdot a$ $a = \frac{F}{m}$

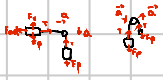
3ª LEGGE: se un corpo A esercita una forza sul corpo B, allora il corpo B esercita su A una forza uguale e contraria

PRINCIPI della DINAMICA e RELATIVITÀ GALILEIANA

.piano inclinato scivola cubetto

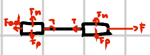
$F_{ad} = F_\perp \cdot \mu_d$

.carrucola ideale



T, a

.blocchi trainati



applica $F_{tot} = m \cdot a$ $\begin{cases} m_1 a = T - F_{ad} \\ m_2 \cdot a = F_{p_2} - T \end{cases}$

.trasformazioni galileiane

$\begin{cases} s' = s - Vt \\ t' = t \end{cases}$ $\begin{cases} v' = v - V \\ a' = a \end{cases}$

.sistemi di riferimento NON inerziali

$F_{tot} = m \cdot a$ $m \cdot a = \vec{F}_p + \vec{F}_v$

$F_v = m \cdot g + m \cdot a$ $\vec{a}$: accelerazione dell'ascensore

.Forza di archimede

$F = g \cdot d_{fluido} \cdot V_{elemento}$ spinta verso l'alto

LAVORO ed ENERGIA

.lavoro e POTENZA

$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s} = F\Delta s \cos\theta$

$P_m = \frac{W}{\Delta t}$ [W] potenza media

$P_i = \vec{F} \cdot \vec{v}$ potenza istantanea

ANGOLO TRA FORZA E SPOSTAMENTO E FORMULA PER IL LAVORO			
Angolo α tra $\vec{F}$ e $\Delta\vec{s}$		Valore di $\cos\alpha$	Formula per il lavoro
$\alpha = 0°$		$\cos\alpha = 1$	$W = F\Delta s > 0$
$0° < \alpha < 90°$		$0 < \cos\alpha < 1$	$W = F_\parallel \Delta s > 0$
$\alpha = 90°$		$\cos\alpha = 0$	$W = 0$
$90° < \alpha < 180°$		$-1 < \cos\alpha < 0$	$W = F_\parallel \Delta s < 0$
$\alpha = 180°$		$\cos\alpha = -1$	$W = -F\Delta s < 0$

.ENERGIA

$K = \frac{1}{2}mv^2$

$\Delta U = -W_{A \to B}$

$\Delta K = W_{tot}$

$U_g = E_{p_g} = mgh$

$U_e = E_{p_e} = \frac{1}{2}K(\Delta s)^2$ $F_e = -K\Delta x$

.CONSERVAZIONE ENERGIA: forze conservative

$K_f + U_f = K_i + U_i$ conserva energia meccanica

.FORZE NON conservative (attrito)

$W_{nc} = \Delta K + \Delta U$ W forze non CONSERVATIVE (F_{ad}) w dipende dal PERCORSO

QUANTITÀ di MOTO e IMPULSO

Quantità di moto e impulso di una forza

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$

$\vec{p}_{tot} = \Sigma m_i \vec{v}_i$

$\vec{I} = \vec{F} \Delta t$ $\quad \vec{F}_m \Delta t = \vec{I}$ impulso

F_{tot} costante $\longrightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F}_{tot} \Delta t$

F_{tot} variabile $\longrightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F}_m \Delta t$

GLI URTI

CONSERVAZIONE della quantità di moto

$\vec{p}_{tot\,fin} = \vec{p}_{tot\,iniz}$, se $F_{ext} = 0$

$m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$

URTO ELASTICO lungo una RETTA

$\underset{i}{O \rightarrow \bullet} \quad \underset{f}{\leftarrow O \quad \bullet \rightarrow}$

$$\begin{cases} \vec{p}_f = \vec{p}_i \\ K_f = K_i \end{cases} \quad \begin{cases} m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ \frac{1}{2} m_1 V_1^2 + \frac{1}{2} m_2 V_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \end{cases}$$

URTO ELASTICO OBLIQUO $(m_1 = m_2)$

$\sqrt{V_{1f}^2 + V_{2f}^2} = V_{1i}$ $\quad v_{1f} \perp v_{2f}$

URTO ANELASTICO

$\underset{i}{O \rightarrow \bullet} \quad \underset{f}{O\!\bullet \longrightarrow}$

$\vec{p}_f = \vec{p}_i$ $\quad V(m_1 + m_2) = m_1 v_1 + m_2 v_2$

CENTRO di MASSA

$x_{CM} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2}{m_1 + m_2}$ $\quad x_{CM} = \frac{\Sigma x_i m_i}{\Sigma m_i}$

$\vec{p}_{tot} = m_{tot} \vec{v}_{CM}$

$\Delta \vec{p}_{tot} = \vec{F}_{est} \Delta t$

$\vec{F}_{est} = m_{tot} \vec{a}_{CM}$ $\quad F = m \cdot a$

IL MOMENTO ANGOLARE

MOMENTO ANGOLARE

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ $\quad L = r p_\perp = r_\perp p = r p \sin\theta$ momento della quantità di MOTO

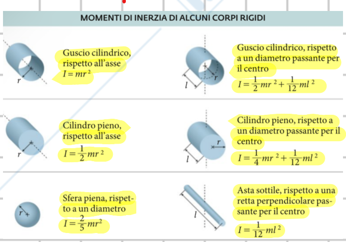
$\vec{L}_{tot} = \Sigma \vec{L}_i$

$L = r m v = m r^2 \omega$

momento d'inerzia

$I = \Sigma m_i r_i^2$ come è distribuita la massa

$\underline{L = I \omega}$ $\quad I = \frac{L}{\omega}$



CONSERVAZIONE del momento angolare

$M_{tot} = 0 \longrightarrow \Delta L = 0$?

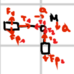
pattinatrice braccia tese e poi le raccoglie

$L_i = L_f$ $\quad I_i \omega_i = I_f \cdot \omega_f$

$\Delta \vec{L} = \vec{M} \Delta t$

$\underline{M = I \alpha}$

CARRUCOLA REALE



$$\begin{cases} \text{blocco 1} & m_1 \cdot a = T_1 \\ \text{blocco 2} & m_2 a = m_2 \cdot g - T_2 \\ \text{carrucola} & \frac{1}{2} M \alpha = T_2 - T_1 \end{cases}$$

momento $= I \cdot \alpha$

$\longrightarrow (T_2 - T_1) R = I \cdot \alpha$ $\quad I = \frac{1}{2} M R^2$ $\longrightarrow (T_2 - T_1) \cancel{R} = \frac{1}{2} M R^{\cancel{2}} \frac{a}{\cancel{R}}$ $\rightarrow T_2 - T_1 = \frac{1}{2} M a$ $\quad$ R = raggio carrucola

$\alpha = \frac{a}{R}$

moto ROTATORIO intorno ad un ASSE

$K = \frac{1}{2} I \omega^2$

$W = M \Delta \phi$

$P = M \omega$

ROTOLAMENTO

$\Delta s = \Delta \phi r$ $\quad v = \omega r$

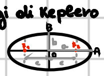
$K = \frac{1}{2}(m r^2 + I) \omega^2 \longrightarrow \underline{K = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2}$

rotola + trasla NO ATTRITO $\rightarrow E_i = E_f \Rightarrow mgh = \frac{1}{2} m v_1^2$

rotola, con attrito $K_f = \frac{1}{2} m v_{CM}^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$ $\quad E_i = E_f \rightarrow mgh = \frac{1}{2} m v_{CM}^2 + \frac{1}{2} I \omega^2$ $\quad v_{CM} = v_2$

GRAVITAZIONE

.leggi di Keplero



$a^2 = b^2 + c^2$, $e = \frac{c}{a}$

1. perielio  afelio orbite ellittiche

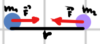
2.  raggio vettore sole-pianeta spazza aree uguali in tempi uguali

3. $\frac{a^3}{T^2} = K$ (semiasse maggiore)^3/(Tempo di rivoluzione)^2 = costante

orbite circolari: $\frac{r^3}{T^2} = K$

.GRAVITAZIONE UNIVERSALE

$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{Kg^2}$



.SATELLITI

$F = G\frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$ $M_T = 5.97 \cdot 10^{24}\ Kg$, $R_T = 6.37 \cdot 10^{6}\ m$

$V = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ velocità in ORBITA circolare → $F = m \cdot a$

$F_g = m \cdot a_c$

$G\frac{\cancel{m}M_T}{r^{\cancel{2}}} = \cancel{m} \cdot \frac{V^2}{\cancel{r}}$

$V = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$

terra: $\frac{a^3}{T^2} = K = \frac{GM}{4\pi^2}$ $M_S = 1.99 \cdot 10^{30}\ Kg$

satelliti: $\frac{a^3}{T^2} = K = \frac{GM_{pianeta}}{4\pi^2}$

velocità di fuga

$K_i + U_i = K_f + U_f$

$\frac{1}{2}mv_{fuga}^2 - G\frac{mM}{R} = \frac{1}{2}m\cancel{v_f^2} - \cancel{\frac{GmM}{r_\infty}}$ → è nulla a distanze infinite

$\frac{1}{2}mv_{fuga}^2 = G\frac{mM}{R}$

$v_{fuga} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

.CAMPO GRAVITAZIONALE

$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m}$

$F = \cancel{m} \cdot g = \frac{GM\cancel{m}}{r^2}$ $g = \frac{GM}{r^2}$

$g = \frac{GM}{r^2}$

$g_0 = G\frac{M_T}{R_T^2} = 9.8\ m/s^2$

$g = G\frac{M_T}{r^2} = g_0\frac{R_T^2}{r^2}$

.ENERGIA POTENZIALE GRAVITAZIONALE

$U_g = -G\frac{mM}{r}$

$K_0 = -U_0 = G\frac{mM_T}{R_T}$

$V_f = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$

TERMODINAMICA

TEMPERATURA e GAS

.moli di un gas

$n = \frac{m}{MM}$ n° molecole: $N = n \cdot N_A$ $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$

$\frac{V}{T} = \frac{V_i}{T_i}$

$\frac{P}{T} = \frac{p_i}{T_i}$

$PV = p_i V_i$

.gas perfetti:

$PV = nRT$ $R = 8{,}3145 \frac{J}{mol \cdot K}$

n fissato $\longrightarrow PV = \frac{p_i V_i}{T_i} T$

.modello microscopico della materia

$K_B = \frac{R}{N_A} = 1.381 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$ costante di BOLTZMANN

$K_m = \frac{K_{tot}}{N} = \frac{\sum K_i}{N}$

$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{N}} = \sqrt{\frac{3K_BT}{m}}$

$K_{m,transl} = \frac{1}{2} m \langle v \rangle^2$

$K_{m,transl} = \frac{3}{2} K_B T$

$p = \frac{Nm\langle v \rangle^2}{3V}$

$\frac{\Delta N}{\Delta v} = \frac{4N}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2K_BT}\right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2K_BT}}$ distribuzione di Maxwell

$V_s = \frac{V}{M}$ volume specifico

$\left(p + \frac{a}{V_s^2}\right)(V_s - b) = \frac{R}{MM} T$ equazione di stato di van der Waals

CALORE e PRIMO PRINCIPIO della TERMODINAMICA

PRINCIPIO ZERO: dati due corpi A e B, se ciascuno dei due è in equilibrio termodinamico con un corpo T, allora ANCHE A e B sono in equilibrio termico tra loro

. evaporazione e il liquido-vapore

$H_r = \frac{p_{H_2O}}{p_{V_S}}$ umidità

. propagazione del calore

$\frac{Q}{\Delta t} = \lambda S \frac{\Delta T}{d}$ $\Delta T = T_2 - T_1$ conduttori termici in serie 

$\frac{\Delta E}{\Delta t} = e \sigma S T^4$ $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ convezione 

$\frac{\Delta E_{tot}}{\Delta t} = e \sigma S (T^4 - T_a^4)$

. ENERGIA INTERNA

$K_m = \frac{\ell}{2} K_B T$ $K_B = 1.381 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

$U = N K_m$

$U = \frac{\ell}{2} N K_B T = \frac{\ell}{2} nRT$ $R = 8.3145 \frac{J}{mol\, K}$

$\Delta U = \frac{\ell}{2} nR\Delta T$ ℓ gradi di libertà : molecole monoatomiche 3, molecole biatomiche 5 GAS PERFETTO ΔU è direttamente proporzionale a ΔT

. TRASFORMAZIONI ; Lavoro

W trasformazione reversibile $\int_A^B f(x)$  , ciclica reversibile 

$W = p\Delta V$ isobara P cost ESPANSIONE : W gas < 0

$W = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$ isoterma T cost COMPRESSIONE : W gas > 0

. 1° PRINCIPIO

l'energia può essere convertita da una forma ad un'altra, ma NON può essere né creata, né distrutta

$\Delta U = Q - W$ 1° princ. termodin

. TRASFORMAZIONI .CICLICA $Q = W$

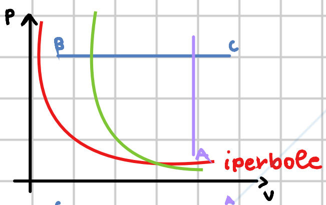
V c. • ISOCORA $W = 0 \longrightarrow \Delta U = Q = \frac{\ell}{2} nR\Delta T$

P c. • ISOBARA $W = p\Delta V \longrightarrow Q = \Delta U + p\Delta V = \frac{\ell}{2} nR\Delta T + nR\Delta T = \frac{\ell+2}{2} nR\Delta T$

prop. inversa : iperbole

T c. • ISOTERMA $\Delta U = 0 \longrightarrow Q = W = nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

• ADIABATICA $Q = 0 \longrightarrow \Delta U = -W$



$W: \int_B^C f(x) = p \cdot \Delta V$ $W: \int_A^A f(x) = 0$

. TRASFORMAZIONI ADIABATICHE

$T = \left(\frac{V_i}{V}\right)^{\gamma - 1} T_i$

$p = \left(\frac{V_i}{V}\right)^{\gamma} p_i$

$T = \left(\frac{p}{p_i}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} T_i$

$\Delta U = \frac{\ell}{2} nR\Delta T$

$\Delta U = Q - W$ $W = P\Delta V$

• ISOCORA	$\Delta V = 0 \to W = 0$	$W = 0$	$\longrightarrow \Delta U = Q = \frac{\ell}{2} nR\Delta T$
• ISOBARA	$\Delta P = 0$	$W = P\Delta V$	$\longrightarrow \Delta U = Q + W = \frac{\ell}{2} nR\Delta T + nR\Delta T$
• ISOTERMA	$\Delta T = 0$	$\Delta U = 0$	$\longrightarrow Q = W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$
• ADIABATICA	$Q = 0$	$Q = 0$	$\longrightarrow \Delta U = -W$

esp. $W = nc_V (T_1 - T_2)$

contr. $W = -nc_V (T_2 - T_1)$

. CALORI SPECIFICI e MOLARI

$C_V = \left(\frac{Q}{n\Delta T}\right)_{isocora} = \frac{\ell}{2} R$

$C_p = \left(\frac{Q}{n\Delta T}\right)_{isobara} = \frac{\ell+2}{2} R$

$C_V = c_V \cdot MM$

$C_p = c_p \cdot MM$

$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\ell+2}{\ell}$ in un gas perfetto dipendono solo da ℓ

SECONDO PRINCIPIO della TERMODINAMICA

il calore NON può fluire spontaneamente da un corpo FREDDO ad uno CALDO : CLAUSIUS

è IMPOSSIBILE trasformare TUTTO il calore Q in Lavoro W : KELVIN

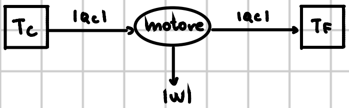
.le macchine termiche

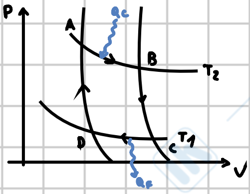
$W = Q_2 - |Q_1|$ 2 = CALDO

$\eta = \frac{W}{Q_2} = 1 - \frac{|Q_1|}{Q_2}$ 1 = FREDDO

$0 \le \eta < 1$

ciclo ideale
Macchina di Carnot





$T_2 > T_1$

.ciclo CARNOT

$\eta_R \ge \eta_S$ η reversibile $\ge$ η macchina qualunque che lavora alle stesse T

$\eta_R = 1 - \frac{T_1}{T_2}$

.frigorifero

$COP = \frac{Q_1}{|W|}$

$COP_R = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$ frigorifero reversibile

$K = \left|\frac{Q_2}{W}\right|$ coeff di guadagno di una pompa di calore

$K_R = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$

.ENTROPIA : quanto è inutilizzabile l'energia

$\sum \frac{\Delta Q_i}{T_i} \le 0$

$S(B) - S(A) = \left(\sum \frac{\Delta Q_i}{T_i}\right)_{A \xrightarrow{rev} B}$

$S(C) = \left(\sum \frac{\Delta Q_i}{T_i}\right)_{R \xrightarrow{rev} C}$

$\Delta S = S(B) - S(A) \ge 0$

$S(A) = k_B \ln W(A)$

$dS = \frac{dQ}{T}$ nelle ADIABATICHE $dQ = 0 \longrightarrow dS = 0$

$\Delta S_{ciclo} = 0 = \oint \frac{dQ}{T}$ per i gas perfetti

$\Delta Q = TdS$ $\Delta S = \frac{Q}{T}$ per $Q = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$

$Q = \int_{T_1}^{T_2} TdS$ ISOTERMA $\Delta S = \int \frac{dQ}{T} = \frac{nR\cancel{T}\ln(V_2/V_1)}{\cancel{T}}$ $\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$

l'entropia di un cristallo PURO è zero allo zero assoluto

PARTE ELETTRICA

1. la carica elettrica e la legge di Coulumb

LEGGE DI COULUMB

$F = K_0 \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ [N] $\qquad K_0 = 8.99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ nel vuoto $\longrightarrow \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} \qquad K_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

$\varepsilon_r = \frac{F_0^{\text{ nel vuoto}}}{F_{\text{ nel mezzo}}}$

$e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C

$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \qquad \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$ in un isolante

2. il campo elettrico

CAMPO ELETTRICO

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ $[N/C]$ $\qquad \vec{F} = \vec{E} \cdot q$

$\vec{E} = K_0 \cdot \frac{Q}{r^2}$

$\vec{E}_{mezzo} = \frac{K_0}{\varepsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}\hat{r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon r^2}\hat{r}$

FLUSSO DI UN CAMPO ELETTRICO

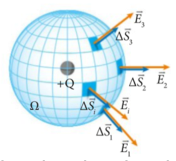
$\phi_s(\vec{v}) = \vec{v} \cdot \vec{S} = Sv\cos\alpha$

$\phi_s(\vec{E}) = \vec{E} \cdot \vec{S}$

$\phi_s(\vec{E}) = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{S}_i$

TEOREMA DI GAUSS : superficie chiusa

$\phi_s(\vec{E}) = \frac{Q_{interna}}{\varepsilon_0}$ teorema di Gauss



r = distanza da Q, è uguale in tutti i punti

$E_i = E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ (siamo in una sfera

$\phi(\vec{E}) = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{S}_i = E \sum \Delta S_i = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \sum \Delta S_i = \frac{Q}{\cancel{4\pi}\varepsilon_0 \cancel{r^2}} \cdot \cancel{4\pi r^2} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

CAMPO ELETTRICO DI UN PIANO INFINITO DI CARICA

$\sigma = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$ densità superficiale di carica

$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}$

CAMPO ELETTRICO DI UN FILO RETTILINEO INFINITO DI CARICA

$\lambda = \frac{\Delta Q}{\Delta l}$ densità lineare di carica

$E = \frac{|\lambda|}{2\pi\varepsilon_0 r}$

CAMPO ELETTRICO DI UNA DISTRIBUZIONE SFERICA DI CARICA

$E = \frac{|Q|}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad r \geq R$

$E = \frac{|Q|}{4\pi\varepsilon_0 R^3} r \qquad r \leq R$

3. il potenziale elettrico

DIFFERENZA DI POTENZIALE ELETTRICO

$\Delta V = V_B - V_A = -\frac{\overbrace{W_{A\to B}}^{\text{lavoro}}}{q} = \frac{\Delta U}{q}$ → energia potenz. $[V = \frac{J}{C}]$

il campo elettrico è CONSERVATIVO : L non dipende dal percorso

$V_A = \frac{W_{A\to B}}{q} \longrightarrow V = \frac{U}{q} \qquad V_B = 0\,V$

$-\frac{L_{AB}}{q} = \Delta V_{AB}$ differenza di potenziale

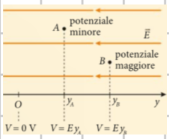
$1eV = e(1V) = 1.6022 \cdot 10^{-19}$ J

$\Delta V = E \cdot d$

POTENZIALE IN UN CAMPO ELETTRICO UNIFORME

$U = qEy$

$V = Ey$



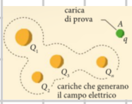
POTENZIALE DI UNA CARICA PUNTIFORME

$U = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon r}$ Energia potenziale $\quad$ = 0 se Q è infinitamente lontana da q

$V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r}$ $\quad$ = 0 se r tende a ∞

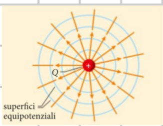
POTENZIALE DI UN SISTEMA DI CARICHE

$V_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{r_{iA}}$



SUPERFICI EQUIPOTENZIALI

$E = \frac{\Delta V}{\Delta y}$



Una superficie equipotenziale:
- è il luogo dei punti in cui il potenziale elettrico assume uno stesso valore;
- è perpendicolare in ogni punto alla linea di campo che passa per quel punto.

→ p. 211

CIRCUITAZIONE DEL CAMPO ELETTRICO

$\Gamma_\ell(\vec{E}) = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{l}_i$ $\quad$ circuitazione campo elettrico lungo linea ℓ chiusa e orientata

$\Gamma_\ell(\vec{E}) = 0$ $\quad$ circuitazione campo elettrostatico

DIMOSTRAZIONE:

$\Delta V = \frac{-W_{a\to b}}{q}$

$\Delta V = -\frac{\Delta W}{q} = -\frac{\cancel{q}\vec{E}_i \cdot \Delta\vec{l}_i}{\cancel{q}} \quad \to \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{l}_i = -\Delta V$

$\Gamma_\ell(\vec{E}) = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i \cdot \Delta\vec{l}_i = \sum(-\Delta V_i)$

V è costante $\longrightarrow \Delta V = 0$

$\Gamma_\ell(\vec{E}) = 0$

4. i conduttori carichi

equilibrio elettrostatico di un conduttore

la carica è su tutta la superficie e ha d > nelle parti più incurvate (la carica non è all'interno)

$E=\frac{|\sigma|}{\varepsilon_0}$ $\varepsilon_0=8.854\cdot10^{-12}\frac{C^2}{N\cdot m^2}$ teorema di coulomb

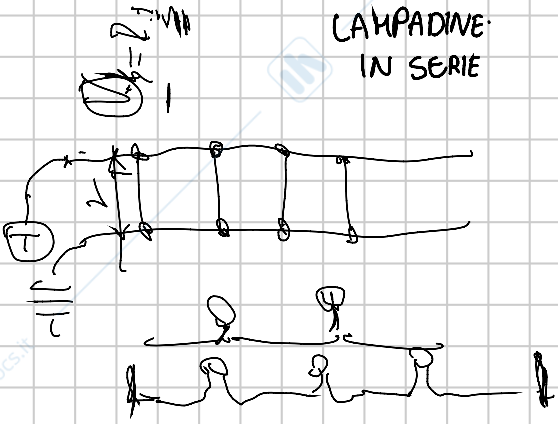
$C=\frac{Q}{V_0}$ capacità di un conduttore

$V_0=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R}$ potenziale di una sfera conduttrice

$C=4\pi\varepsilon_0 R$ capacità di una sfera conduttrice

il condensatore

- $C=\frac{Q}{\Delta V}$ capacità di un condensatore
- $E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ campo elettrico di un condensatore piano
- $\Delta V=E\cdot d$ d=distanza tra le armature
- $C=\varepsilon_0\frac{S}{d}$ capacità di un condensatore piano
- $C=\varepsilon_r C_0$ materiale isolante

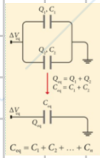


condensatori in parallelo   stessa ΔV

$Q_{eq}=Q_1+Q_2$

$C_{eq}=C_1+C_2$

$C_{eq}=C_1+C_2+\ldots C_n$

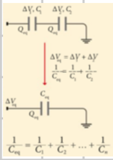


condensatori in serie   stessa Q

$\Delta V_{eq}=\Delta V_1+\Delta V_2$

$\frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$

$\frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\ldots+\frac{1}{C_n}$



5. i circuiti elettrici

la corrente elettrica

- $i=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ $[A=\frac{C}{s}]$ intensità di corrente

$i(t)=\frac{dQ(t)}{dt}$

resistenza e leggi di OHM

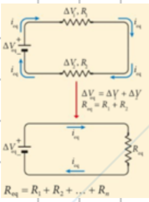
- $i=\frac{\Delta V}{R}$ R: prima legge di OHM

resistori in serie   stessa I

$\Delta V_{eq}=\Delta V_1+\Delta V_2$

$R_{eq}=R_1+R_2$

$R_{eq}=R_1+R_2+\ldots R_n$

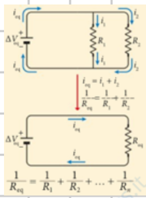


resistori in parallelo   stessa ΔV

$i_{eq}=i_1+i_2$

$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\ldots+\frac{1}{R_n}$



- $R=\rho\frac{l}{A}$ seconda legge di OHM

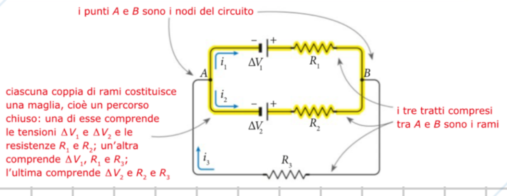
conduttori filiformi

$\rho:[\Omega\cdot m]$

leggi di Kirchhoff

Nel circuito rappresentato sotto ci sono due generatori e tre resistori, che non sono né in serie né in parallelo tra loro. Il circuito ha due *nodi*, tre *rami* e tre *maglie*:

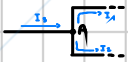
- un **nodo** è un punto in cui si uniscono tre o più conduttori;
- ciascuno dei conduttori che congiungono due nodi costituisce un **ramo**;
- due rami che hanno estremi comuni, cioè connettono due medesimi nodi formando un tratto chiuso del circuito, costituiscono una **maglia**.



1ª legge: legge dei NODI

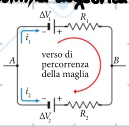
somma delle intensità di correnti entranti in un NODO è uguale alla somma di quelle uscenti

$I_3=I_1+I_2$



2ª legge: legge delle MAGLIE

somma algebrica delle differenze di potenziale che si incontrano percorrendo la MAGLIA è zero



$\Delta V_1-R_1I_1+R_2I_2-\Delta V_2=0$

ΔV_1 passa da - a + -> + $-R_1I_1$: lungo la corrente da $V_>$ a $V_<$

ΔV_2 passa da + a - -> - $+R_2I_2$: contro corrente

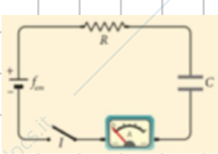
ΔV tot = 0

circuiti RC

processo di carica

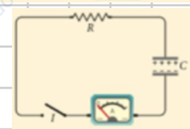
$i(t)=\frac{fem}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$

$Q(t)=C\,fem\,(1-e^{-\frac{t}{RC}})$



processo di scarica

$Q(t)=C\,fem\,e^{-\frac{t}{RC}}=Q_{max}e^{-\frac{t}{RC}}$



potenza elettrica

$P=Ri^2=\frac{\Delta V^2}{R}=i\Delta V$ effetto Joule

$P_g=i\Delta V$ potenza di un generatore di tensione

SECONDO PARZIALE : ELETTROMAGNETISMO

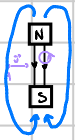
.MAGNETISMO

1. Fenomeni magnetici fondamentali

.FORZA di LORENTZ

$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ — particella entra in un campo magnetico perpendicolarmente

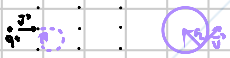
$F_L = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$ — particella entra in un campo magnetico con un angolo θ



F entrante o uscente: regola mano DX

v pollice, B indice, F medio

$B = \frac{F}{q \cdot v}$ $\left[\frac{N}{C \frac{m}{s}} = T\right]$



q+ va verso il basso

q- va verso l'alto

$F_L = F_c \rightarrow qvB = \frac{mv^2}{r} \longrightarrow r = \frac{mv}{qB}$

la forza di LORENTZ è $\perp$ a $\vec{v}$ e alle linee del campo magn

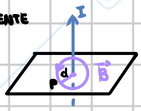
$L_{F_L} = 0$ — lavoro di $F_L = 0$

$F \perp \Delta s \rightarrow L = 0 \quad \alpha = 90°$

$\vec{F} = I \cdot \vec{\ell} \times \vec{B} \longrightarrow |F| = I \ell B \sin\theta$ — su un filo I: pollice, B: indice, F: medio

.CAMPO MAGNETICO di un FILO PERCORSO da CORRENTE

legge di Biot-Savart

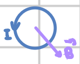


I pollice, B dita $\longrightarrow$ I↑, B: antiorario ; I↓, B orario

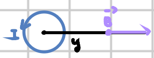
$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot d}$ $\quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ $[N/A^2]$: permeabilità magnetica nel vuoto

.CAMPO MAGNETICO prodotto da una SPIRA CIRCOLARE

$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$ r (raggio spira) — centro della spira



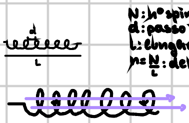
$B = \frac{\mu_0 I r^2}{2\sqrt{(r^2+y^2)^3}}$ — ad una distanza y dal centro della spira



I: dita, B: pollice

.SOLENOIDI

sequenze di spire



N: n° spire
d: passo tra una spira e l'altra
L: lunghezza
$n = \frac{N}{L}$: densità

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

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

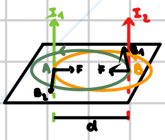
campo uniforme, si orienta come nella spira

.DUE FILI RETTILINEI percorsi da corrente

$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$ $\quad F_2 = B_1 I_2 \ell$ $\quad |F_2| = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} \cdot I_2 \cdot \ell$

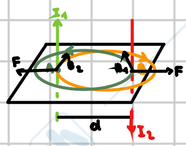
$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$ $\quad F_1 = B_2 I_1 \ell$ $\quad |F_1| = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} \cdot I_1 \cdot \ell$

$\longrightarrow |F| = \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d}$



I_1, I_2 : stesso verso $\longrightarrow$ FORZA ATTRATTIVA

verso opposto $\longrightarrow$ FORZA REPULSIVA



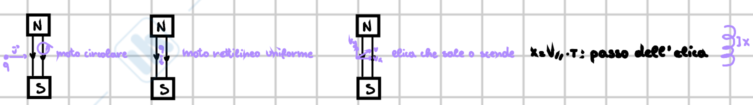
.PARTICELLA CARICA entra in un CAMPO MAGNETICO

$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\quad \omega = \frac{v}{r} = \frac{qB}{m}$

$F_L = F_c$

$\frac{mv^2}{R} = qvB$ $\quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q|B}$

$r = \frac{mv}{qB}$ $\quad T = \frac{2\pi m}{|q|B}$ ↑ periodo



$x = v_{//} \cdot T$: passo dell'elica

2. Il magnetismo nel vuoto e nella materia

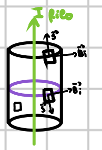
.FLUSSO CAMPO MAGNETICO

$\Phi_s(\vec{B}) = \sum_{i=1}^{n} \vec{B_i} \cdot \vec{\Delta s_i} = \sum_{i=1}^{n} B_i \cdot \Delta s_i \cdot \cos\theta_i \quad [T \cdot m^2 = Wb]$

.TEOREMA di GAUSS

il flusso del vettore campo magnetico attraverso una superficie chiusa o gaussiana è sempre pari a ZERO

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



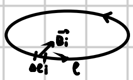
$\Phi_{lat}(\vec{B_i}) = \sum \vec{B_i} \cdot \vec{\Delta S_i} = \sum B_i \cdot \Delta s_i \cdot \cos\theta_i = 0 \quad \theta = 90°$

$\Phi_{B_1}(\vec{B_i}) = 0 \quad \Phi_{B_2}(\vec{B_i}) = 0$

$\Phi_{tot} = S_{b_1} + S_{b_2} + S_{lat} = 0 + 0 + 0 = 0$

.CIRCUITAZIONE lungo una linea chiusa orientata

$\Gamma_\ell(\vec{B_i}) = \sum_{i=1}^{n} \vec{B_i} \cdot \vec{\Delta \ell_i} = \sum_{i=1}^{n} B_i \cdot \Delta \ell_i \cdot \cos\theta_i$; (sempre 1) $\quad [T \cdot m]$



$\alpha = 0° \rightarrow \cos = 1$

.TEOREMA della CIRCUITAZIONE di AMPERE

$\Gamma_\ell(\vec{B}) = \mu_0 \sum I_K$ $\quad I_K$: correnti concatenate

se I genera B concorde al verso della linea ℓ : +, se B è discorde: -

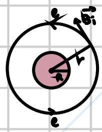
linea ←   I ⊙ : campo ← : concorde

I ⊙ : campo → : discorde

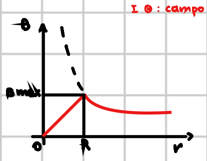
.CAMPO MAGNETICO di un conduttore CILINDRICO

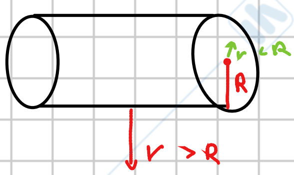
$\Gamma_\ell(\vec{B}) = B \cdot 2\pi r$ $\quad B = \frac{\mu_0 I_K}{2\pi r}$ (K)

$\Gamma_\ell(\vec{B}) = \mu_0 I_K$ $\quad B = \frac{K}{r}$ prop inversa



$r \geq R$





$B 2\pi r = \mu_0 I_K \longrightarrow B = \frac{\mu_0 I_K}{2\pi r}$ $\quad r \geq R \rightarrow$ xchè il cilindro = a un filo

$B = \frac{\mu_0 I_K r}{2\pi R^2}$ $\quad 0 \leq r \leq R$

$\rightarrow I_{tot} = A \cdot J = \pi r^2 \cdot \frac{i}{\pi R^2} = \frac{i r^2}{R^2}$

$2\pi \cancel{r} B = \mu_0 \cdot \frac{i r^{\cancel{2}}}{R^2} \rightarrow B = \boxed{\frac{\mu_0 i}{2\pi R^2}} \cdot r$

prop. diretta
$k \cdot r = B$

.DENSITÀ di CORRENTE

$J = \frac{I}{A}$ → sezione del filo $\quad \left[\frac{A}{m^2}\right]$ $\quad I = J \cdot A$

$J = \frac{I}{\pi R^2}$ siamo in un cilindro $\quad I = J \cdot \pi R^2$

$0 \rightarrow A = \pi R^2$

$J = I/A = \frac{I}{\pi R^2}$

$I_c = J \cdot A = \frac{I}{\cancel{\pi} R^2} \cdot \cancel{\pi} r^2 = \frac{I r^2}{R^2}$

.IL MOMENTO delle FORZE MAGNETICHE su una SPIRA

$\vec{M} = I \cdot \vec{A} \times \vec{B}$

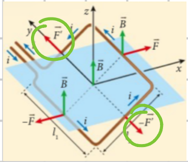
corrente, $l_1 \cdot l_2$ Area, $F \cdot b$, $B i l_1 l_2$

$M = I \cdot A \cdot B \cdot \sin\alpha$ — α = angolo tra ⊥ alla spira e campo magn.

$\vec{\mu}_m = I \cdot \vec{A}$ — μ_m: momento magnetico della spira, tende ad allinearsi con $\vec{B}$

$\vec{M} = \vec{\mu}_m \times \vec{B}$

$|M| = \mu_m \cdot B \cdot \sin\alpha$

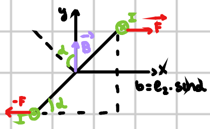


$F = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$

$M = F \cdot b \cdot \sin\theta$

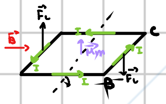
F' sono sul piano della SPIRA, non la fanno ruotare

visione laterale



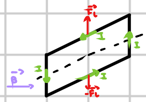
MOTORE elettrico → E elettrica in E meccanica / cinetica

ALTERNATORE → E meccanica in E elettrica



$\vec{F}_L = I \vec{l} \times \vec{B}$ $l = BC$

$|\vec{F}_L| = I \cdot \vec{BC} \times |\vec{B}|$



.PROPRIETÀ MAGNETICHE della MATERIA

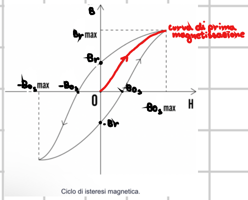
$\vec{B}_{tot} = \mu_r \cdot \vec{B}_0$ (B_0 → campo esterno)

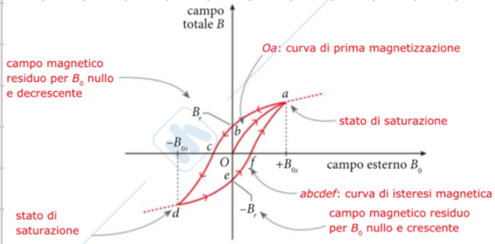
μ_r: permeabilità magnetica relativa di un materiale

.Ferro-magnetici: originano campo magnetico FORTE

.Paramagnetici: originano campo magnetico DEBOLE

.Diamagnetici: originano campo magnetico OPPOSTO a quello esterno





3. L'induzione Elettromagnetica

.FORZA ELETTROMOTRICE INDOTTA

legge FARADAY-NEUMANN-LENZ

$fem = -\frac{\Delta\phi(\vec{B})}{\Delta t}$ [V]

$\Delta\phi(\vec{B}) = \phi(\vec{B})_{fin} - \phi(\vec{B})_{iniz}$

.varia $\vec{B}$
.varia $\vec{S}$
.varia θ

$V = R \cdot I$

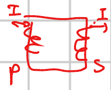
$fem = R \cdot I$

$I_{indotta} = \frac{1}{R} \cdot fem \longrightarrow I_{indotta} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta\phi(\vec{B})}{\Delta t}$

genera CAMPO che si oppone alla variazione di flusso

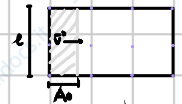
$fem = Bvl$ fem cinetica ★

NP° / NS° = VP° / VS°



TRASFORMATORE

★ dimostrazione QUALITATIVA



$A_s = v \cdot \Delta t$

$A_0 = A_{iniz}$

$A_0 - lv\Delta t = A_{finale}$

$\Delta A = A_f - A_i = \cancel{A_0} - lv\Delta t - \cancel{A_0}$

$\Delta\phi(\vec{B}) = B\Delta A = B(-lv\Delta t) = -Bvl\Delta t$

$-\frac{\Delta\phi(\vec{B})}{\Delta t} = \frac{Bvl\Delta t}{\Delta t} \longrightarrow fem = Bvl \longrightarrow$ fem cinetica

.INDUTTANZA:

induttanza in un solenoide: $L = \mu_0 \cdot \mu_r n^2 l S = \mu_0 \cdot \mu_r \frac{N^2}{l} S$ ★.

★.DIMOSTRAZIONE INDUTTANZA: L

$\phi(\vec{B})_{spira} = B \cdot A_s = \mu_0 \cdot n \cdot S \cdot i$

$\phi(\vec{B})_{solenoide} = N \cdot \phi_{spira}(\vec{B}) = \mu_0 \cdot n^2 \cdot l \cdot S \cdot \cancel{i} = L \cdot \cancel{i} \longrightarrow L = \mu_0 n^2 l S$

$N = n \cdot l$

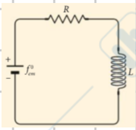
$L \cdot i = \phi(\vec{B})$

.Circuito RL

$fem = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ fem autoindotta

$fem^0 - RI - L\frac{dI}{dt} = 0$

$I(t) = \frac{fem^0}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$



.POTENZA forza ESTERNA APPLICATA ($\vec{F}$)

$P = \frac{L}{\Delta t} = \frac{F\Delta s}{\Delta t} = F\Delta v = BIlv$

$P = V \cdot I = I \cdot fem$

$fem = \frac{P}{I} = \frac{BIlv}{I} = Bvl$

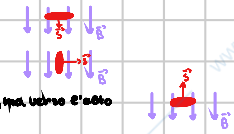
alternatore

contiene SPIRE conduttrici che ruotano in un campo magnetico → l'orientazione della SPIRA cambia → il flusso $\phi(\vec{B})$ cambia

.$\phi(\vec{B})$ MAX spira ⊥ al campo

.$\phi(\vec{B}) = 0$ spira // al campo

.$\phi(\vec{B})$ MIN spira ⊥ al campo, ma verso l'alto



5. Le onde elettromagnetiche

.LE LEGGI di MAXWELL

PRIMA

$$\begin{cases} \phi_S(\vec{E}) = \frac{Q_{interna}}{\varepsilon_0} \\ \phi_S(\vec{B}) = 0 \\ \Gamma_\gamma(\vec{E}) = 0 \\ \Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0 \Sigma I_K \end{cases}$$

DOPO

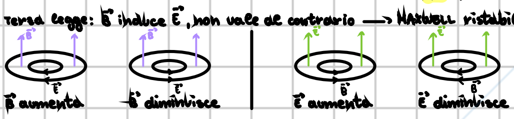
$$\begin{cases} \phi_S(\vec{E}) = \frac{Q_{interna}}{\varepsilon_0} \\ \phi_S(\vec{B}) = 0 \\ \Gamma_\gamma(\vec{E}) = -\frac{\Delta\phi(\vec{B})}{\Delta t} \\ \Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0\left(I_K + \varepsilon_0\frac{\Delta\phi(\vec{E})}{\Delta t}\right) \end{cases}$$

→ teoremi di gauss per il campo magnetico e elettrico

→ legge FARADAY-NEUMANN-LENZ

→ legge AMPERE-MAXWELL

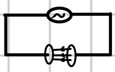
Terza legge: $\vec{B}$ induce $\vec{E}$, non vale il contrario → MAXWELL ristabilisce la SIMMETRIA



$\Gamma_l(\vec{E}) = fem \longrightarrow \Gamma_l(\vec{E}) = -\frac{\Delta\phi(\vec{B})}{\Delta t}$

Quarta legge: $\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0(I + I_s)$ → I_{tot}

$I_s = \varepsilon_0\frac{\Delta\phi(\vec{E})}{\Delta t}$ corrente di spostamento



Paradosso di ampere
da DX: $\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0 \cdot I$
da SX: $\Gamma_\gamma(\vec{B}) = 0$

$n = \frac{c}{v}$ $D' = \frac{D}{n}$ $h' = \frac{h}{n}$

$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_2}{v_1}$ n aria ≈ 1 $\theta_i \ll 1 \rightarrow n\theta_i \approx \theta_r$

$\sin \hat{i}_L = \frac{n_2}{n_1}$ $n_2 < n_1$

$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ $q>0$: reale; $q<0$: virtuale

$M = -\frac{q}{p}$ $M>0$ dritta, $M<0$ capovolta $0<M<1$ imm rimpicciolita, $|M|>1$ imm ingrandita

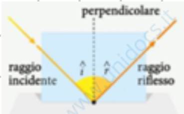
$D = p_1 + p_2$

$D = p_1 + q_1$

$G_1 \times G_2 = G_{TOT}$

.OTTICA

.RIFLESSIONE



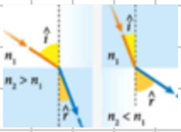
$\hat{i} = \hat{r}$ angolo incidenza = angolo di riflessione

.RIFRAZIONE

$c = 3.00 \cdot 10^8$ m/s nel vuoto

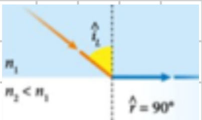
$n = \frac{c}{v}$ n: indice di rifrazione (vuoto = 1, aria ≈ 1, mezzi + densi >1)   mezzi trasparenti

$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ 2ª legge di SNELL $\rightarrow n \sin \theta_i = \sin \theta_r$ $\theta_i \ll 1 \Rightarrow n\theta_i \approx \theta_r$



$n_2 > n_1 \longrightarrow \hat{r} < \hat{i}$

$n_2 < n_1 \longrightarrow \hat{r} > \hat{i}$ $D' = \frac{D}{n}$ acqua $n = 1{,}333$ $D' = \frac{D}{1.333}$ prof. apparente < prof. reale



$n_2 < n_1$ $\hat{r} = 90°$ $h' = \frac{h}{n}$

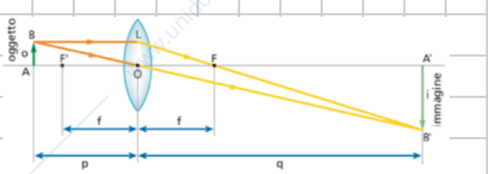
$\sin \hat{i}_L = \frac{n_2}{n_1} \cdot \cancel{\sin 90°}$ $\hat{i}_L$ = angolo limite $\longrightarrow \hat{i}_L = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$
1

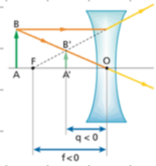
angolo di Brewster $\tan \theta_B = n_2 \rightarrow \theta_B = \arctan n_2$

.LE LENTI SOTTILI

$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ $p = \overline{AO}$ (d oggetto-lente) $q = \overline{A'O}$ (d immagine-lente)

equazione di GAUSS $p = o$, $q = i$





$q>0$: immagine REALE

$q<0$: immagine VIRTUALE

$M = -\frac{q}{p}$ ingrandimento M o G

$M>0$ imm dritta

$M<0$ imm capovolta

$0<M<1$ imm rimpicciolita

$|M|>1$ imm ingrandita

$D = p_1 + p_2$ in un sistema: se l'oggetto è a sx della prima lente e a distanza o_1

$D = p_1 + q_1$ in un sistema: se la prima lente forma un immagine a una distanza i_1 (q_1) dalla seconda lente

$G_1 \times G_2 = G_{TOT}$

.ALL'INFINITO

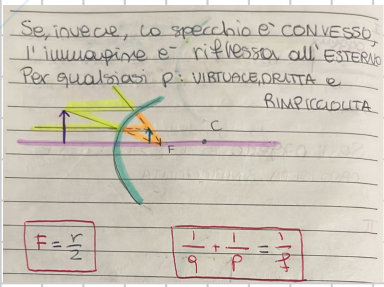
$\frac{1}{f} = \cancel{\frac{1}{\infty}}^{0} + \frac{1}{q_\infty} \longrightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{q_\infty}$ $p = \infty$

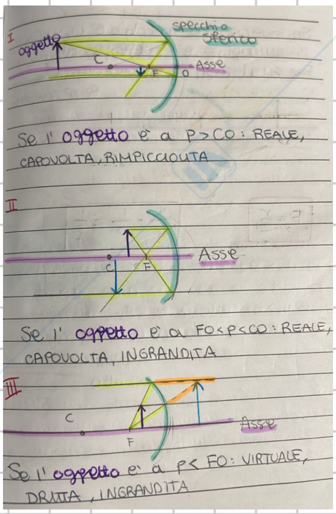
.GLI SPECCHI CONCAVI

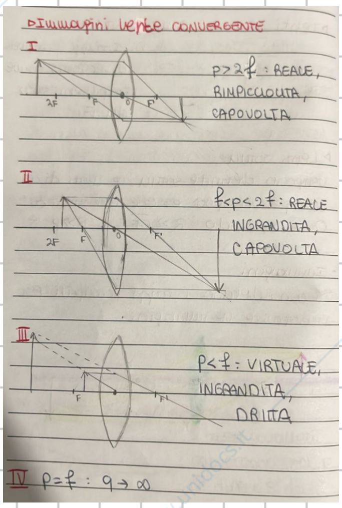
$f = \frac{R}{2}$ distanza focale, R = raggio di curvatura

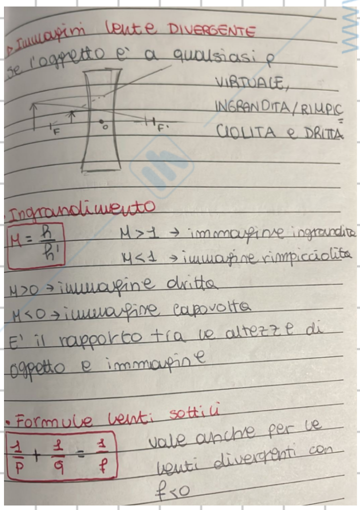
$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \longrightarrow \frac{2}{R} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$

$M = -\frac{q}{p}$





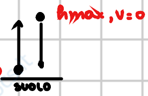




.MOTO VERTICALE

$g = 9.81\ m/s^2$

$a = -g = -9.81\ m/s^2$



fase 1: palla viene lanciata

$x(t) = \underbrace{\cancel{x_0}}_{0} + V_0 \cdot t_0 - \frac{1}{2} g t^2$

$v(t) = V_0 - gt$

$t = t_f = \frac{V_0}{g}$

fase 2: palla cade

$x_f = h = \frac{V_0^2}{2g}$

$x(t) = h - \frac{1}{2} g \cdot t^2$

$V(t) = -g \cdot t$

$t_{caduta} = t_{salita} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{V_0}{g}}$ ⟶ tempo complessivo $2t_f = 2 \cdot \frac{V_0}{g}$

.MOTO CADUTA LIBERA

parte da fermo $V_0 = 0$

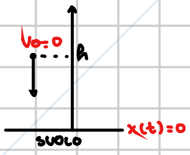
$a = -g = -9.81\ m/s^2$

$x(t) = h + \cancel{V_0 t} - \frac{1}{2} g t^2 \rightarrow x(t) = 0$

$v(t) = -gt$

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$v = \sqrt{2gh}$



$x(t) = h - V_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

$v(t) = -V_0 - gt$

$t = -\frac{V_0}{g} + \frac{\sqrt{V_0^2 + 2hg}}{g}$ risoluz. eq. 2° grado

$v(t) = -\sqrt{V_0^2 + 2gh}$