

Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

Mercoledì 24 novembre 2021

12:00-13:00

Aula Valdoni

CINEMATICA

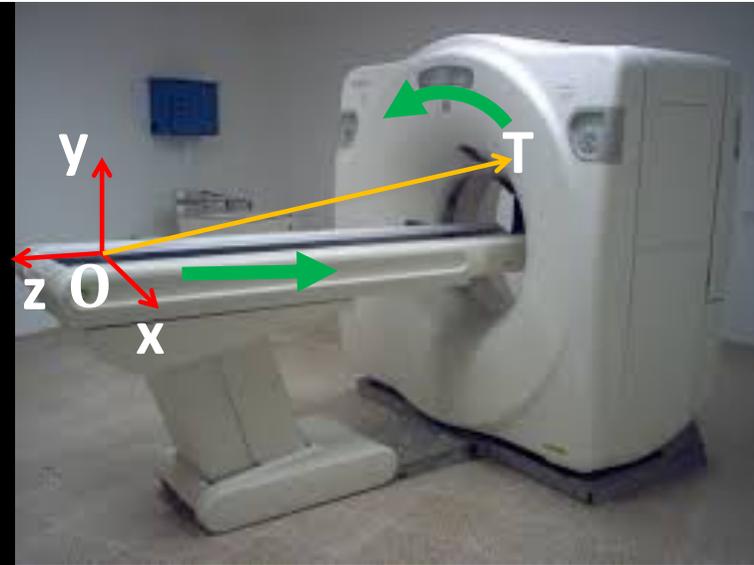
Il lettino di un tomografo trasla a velocità costante v_0 mentre il tubo a raggi X (posizionato nel punto T) ruota a velocità costante lungo una circonferenza di raggio R. La traiettoria di T, prendendo come origine O un punto solidale con l'estremità del lettino, è descritta dalle equazioni (elica cilindrica):

$$x(t) = R \cos(\omega t)$$

$$y(t) = R \sin(\omega t)$$

$$z(t) = v_0 t$$

Determinare, in funzione del tempo, la velocità di T rispetto a O e l'angolo che OT forma con l'asse z.



CINEMATICA

$$x(t) = R \cos(\omega t)$$

$$y(t) = R \sin(\omega t)$$

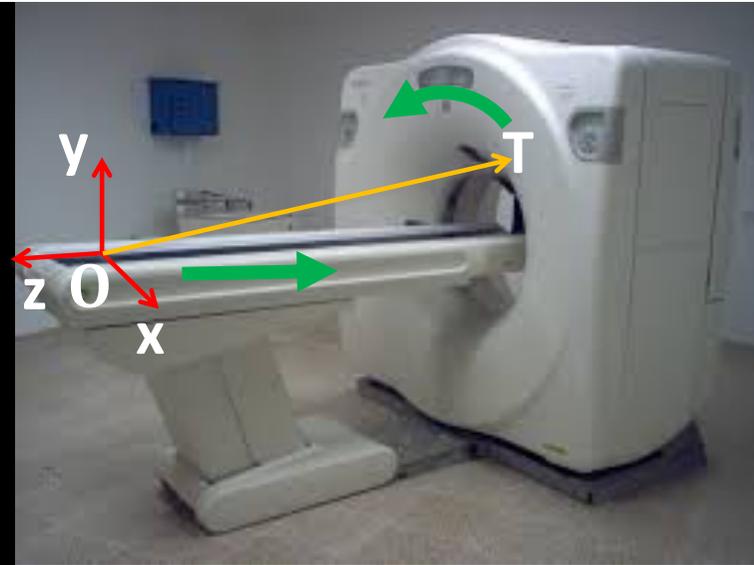
$$z(t) = v_0 t$$

$$v_x(t) = -R \omega \sin(\omega t)$$

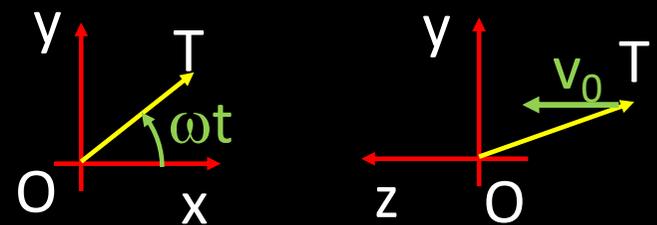
$$v_y(t) = R \omega \cos(\omega t)$$

$$v_z(t) = v_0$$

Determinare, in funzione del tempo, la velocità di T rispetto a O



$$v(t) = \sqrt{[-R \omega \sin(\omega t)]^2 + [R \omega \cos(\omega t)]^2 + v_0^2}$$
$$= \sqrt{[\omega R]^2 + v_0^2}$$



CINEMATICA

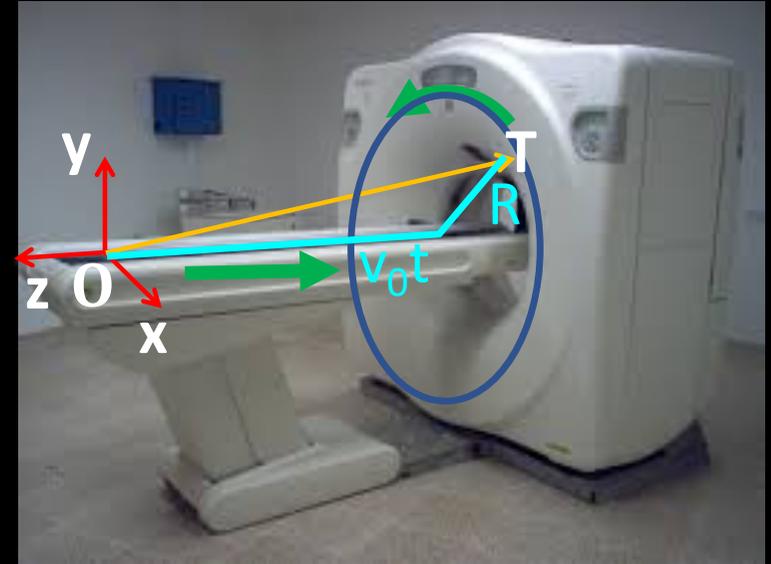
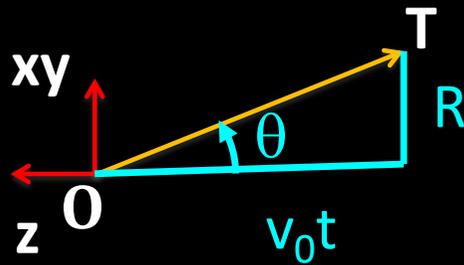
$$x(t) = R \cos(\omega t)$$

$$y(t) = R \sin(\omega t)$$

$$z(t) = v_0 t$$

$$\operatorname{tg} \vartheta(t) = \frac{R}{v_0 t}$$

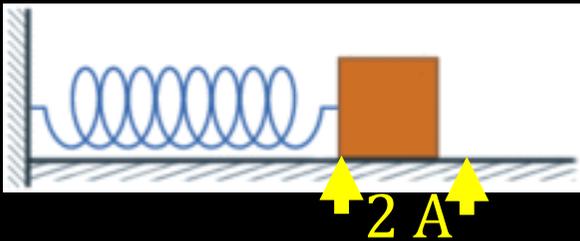
Determinare, in funzione del tempo, l'angolo che OT forma con l'asse z



MOTO ARMONICO

SISTEMA MASSA-MOLLA

$$\frac{d^2u(t)}{dt^2} + \omega^2 u(t) = 0 \leftrightarrow u(t) \text{ armonica di periodo } T = \frac{2\pi}{\omega}$$



$$F_{\text{elastica}} = -k x \quad F = m a = m \frac{d^2x}{dt^2}$$
$$-k x = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

LEZ 4

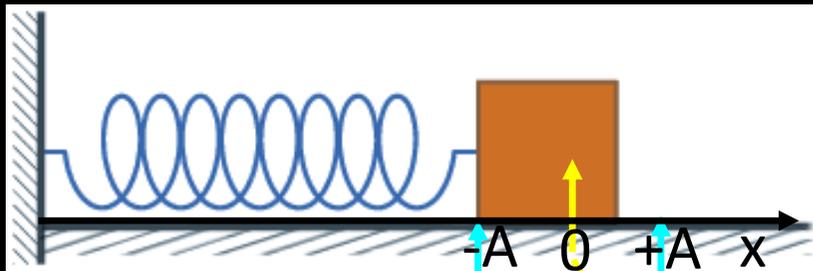
ENERGIA POTENZIALE E CINETICA

SISTEMA MASSA-MOLLA

Una massa $m = 60 \text{ g}$ oscilla armonicamente sotto l'unica azione di una molla. La sua energia meccanica è di 12 J mentre l'energia potenziale, in unità base del SI, è $U(x) = 3 x^2$. Determinare l'ampiezza dell'oscillazione e la velocità massima

$$U = \frac{1}{2} k x^2$$

$$E_{\text{CIN}} = \frac{1}{2} m v^2$$



$$U_{\text{MAX}} = \frac{1}{2} k A^2 = 3(\pm A)^2 = 12 \text{ J} \rightarrow A = 2 \text{ m}$$

$$E_{\text{CIN MAX}} = \frac{1}{2} m v_{\text{MAX}}^2 = 12 \text{ J} \rightarrow v_{\text{MAX}} = 20 \text{ m/s}$$

$$E_{\text{CIN}} = 0 \quad U = \frac{1}{2} k A^2$$

$$E = \frac{1}{2} k A^2$$

$$E_{\text{CIN}} = \frac{1}{2} m v_{\text{MAX}}^2 \quad U = 0$$

$$E = \frac{1}{2} m v_{\text{MAX}}^2$$

ENERGIA POTENZIALE E CINETICA

SISTEMA MASSA-MOLLA

- $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$

- $v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$

$$U(t) = \frac{1}{2} k [A \cos(\omega t + \varphi)]^2 = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

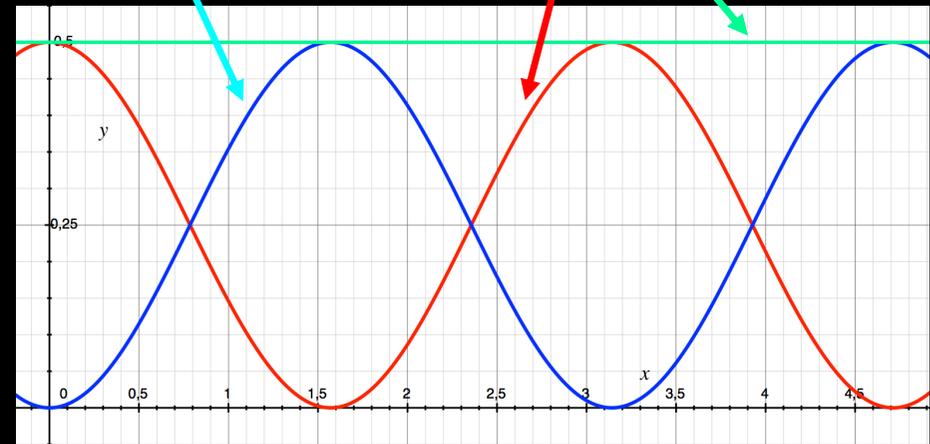
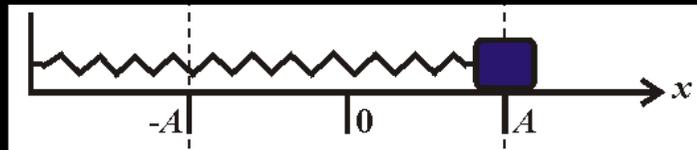
$$E_{\text{CIN}}(t) = \frac{1}{2} m [-A\omega \sin(\omega t + \varphi)]^2 = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$= \frac{1}{2} \frac{k}{\omega^2} A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

$$E(t) = U(t) + E_{\text{CIN}}(t) = \frac{1}{2} k A^2 [\cos^2(\omega t + \varphi) + \sin^2(\omega t + \varphi)] = \frac{1}{2} k A^2$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

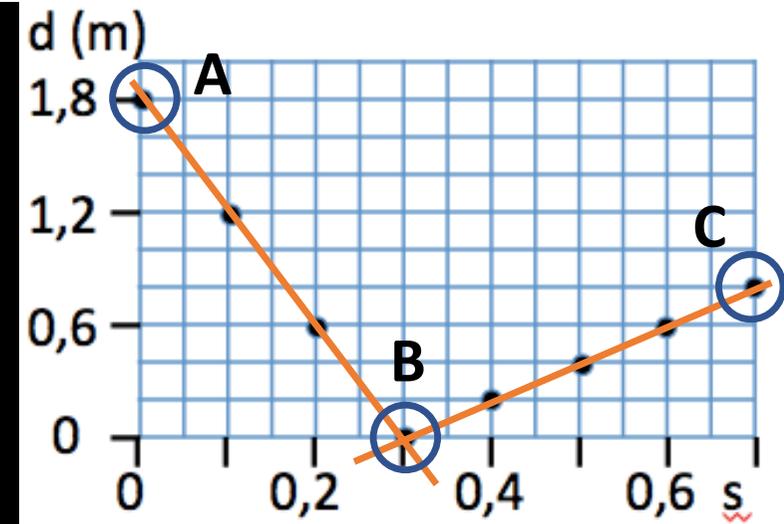
$$m = \frac{k}{\omega^2}$$



CONSERVAZIONE ENERGIA

Durante un crash test viene misurata ogni 0,1 s la distanza d del paraurti anteriore di un'automobile di massa $m = 800$ kg da una parete.

Ricavare dal grafico la velocità prima e dopo l'urto con la parete e dedurre l'energia dissipata nell'urto



$$v_{\text{prima}} = (0 - 1,8) \text{ m} / (0,3 - 0) \text{ s} = -6 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad E_{\text{CIN}}(\text{prima}) = \frac{1}{2} m v_{\text{prima}}^2 = 14,4 \text{ kJ}$$

$$v_{\text{dopo}} = (0,8 - 0) \text{ m} / (0,7 - 0,3) \text{ s} = 2 \text{ m/s} \quad \rightarrow \quad E_{\text{CIN}}(\text{dopo}) = \frac{1}{2} m v_{\text{dopo}}^2 = 1,6 \text{ kJ}$$

$$L = E_{\text{CIN}}(\text{dopo}) - E_{\text{CIN}}(\text{prima}) = -12,8 \text{ kJ}$$

CONSERVAZIONE ENERGIA vs ATTRITO

Un blocco di materiale di massa m viene lanciato con velocità iniziale v_0 su un piano orizzontale scabro (coefficiente di attrito dinamico: μ_d).

Come varia la velocità nel tempo?

$$F_{Ad} = \mu_d F_{\perp} = \mu_d m g \rightarrow F_{Ad} = ma \rightarrow a = \mu_d g$$
$$v(t) = v_0 - a t = v_0 - \mu_d g t$$

Quando si ferma?

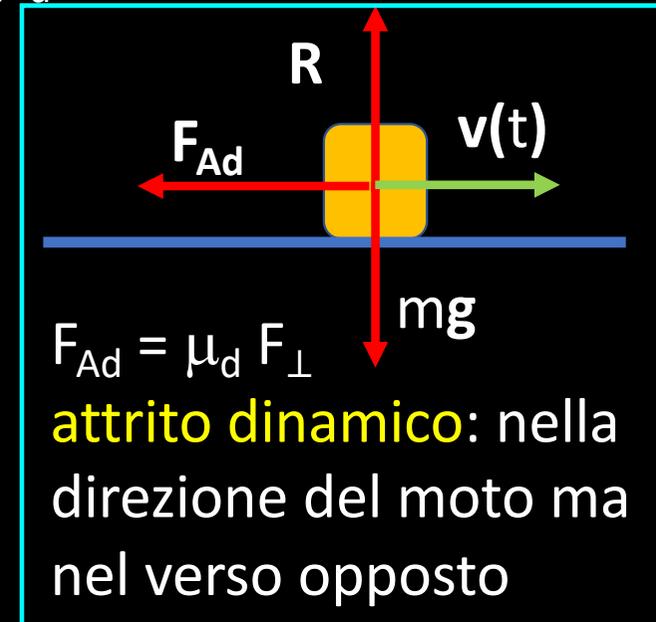
$$0 = v_0 - \mu_d g t^* \rightarrow t^* = v_0 / (\mu_d g)$$

Come varia l'energia nel tempo?

$$E_{CIN}(t) = \frac{1}{2} m v(t)^2 = \frac{1}{2} m (v_0 - \mu_d g t)^2$$

Quanta energia viene complessivamente trasformata in calore?

$$L = E_{CIN}(t^*) - E_{CIN}(0) = 0 - \frac{1}{2} m v_0^2 = -\frac{1}{2} m v_0^2 \quad Q = \frac{1}{2} m v_0^2$$



ENERGIA E POTENZA

Spesso occorre conoscere quanto rapidamente l'energia viene generata/prodotta/erogata/trasmessa/dissipata/assorbita/ecc...

$$P = \frac{dL}{dt} \quad \text{potenza: lavoro/energia per unità di tempo}$$

$$1 \text{ watt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ secondo}}$$

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

$$dL = P dt \rightarrow L = \int_0^t P(t) dt$$

Cos'è un chilowattora (1 kWh)?

$$1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3,6 \text{ MJ}$$

ENERGIA

ENERGIA E POTENZA

CALORE

il calore è una forma di energia: nel SI si misura in joule (altrimenti in calorie)

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

$$P = \frac{dL}{dt}$$

Potenza: lavoro/energia/calore
per unità di tempo

$$2200 \text{ Cal/1d} = 2200 \times 4186 / 24 \times 3600 = 100 \text{ W}$$

potenza termica erogata da 50 studenti: 5 kW

$$2200 \text{ Cal} = 100 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 2400 \text{ Wh} = 2,4 \text{ kWh}$$

biscotti al cioccolato 5 Cal/g

tritolo 0,65 Cal/g

la potenza dipende dalla rapidità della reazione chimica
(ossidazione: digestione – esplosione)

LEZ 6

POTENZA vs VELOCITA'

$$P = \frac{dL}{dt} = \frac{(\vec{F} \cdot d\vec{s})}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

grandezza fisica	unità di misura		unità base del SI
forza	newton	N	1 N = 1 kg x 1 m/s ²
lavoro/energia/calore	joule	J	1 J = 1 N x 1 m
potenza	watt	W	1 W = 1 J/ 1s

Forza: prodotta applicata

Energia: prodotta fornita immagazzinata trasmessa dissipata

Potenza: prodotta generata assorbita

FORZA E POTENZA

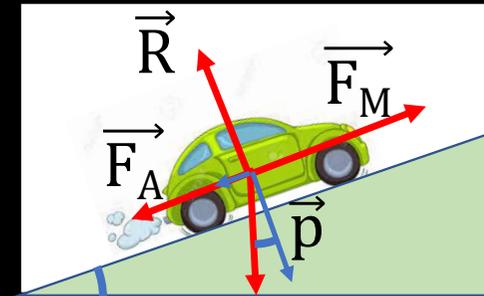
Un'automobile di massa $M = 10^3$ kg sale con velocità costante $v = 120$ km/h lungo una strada inclinata di $\theta = 10^\circ$.

Approssimando la resistenza dell'aria con una forza $F_A = -b v^2$, determinare b sapendo che il motore sta erogando una potenza $P = 60$ kW.

La forza erogata dal motore si oppone all'attrito e alla componente della forza peso lungo il piano: $F_M - b v^2 - m g \sin\theta = ma = 0$ (velocità costante)

$$P/v - b v^2 - m g \sin\theta = 0$$

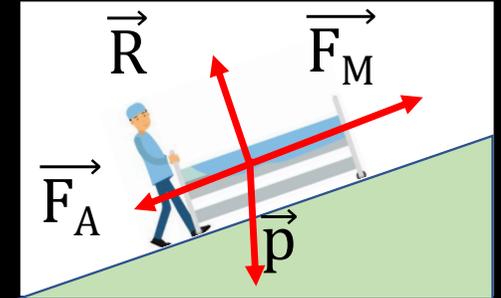
$$\rightarrow b = (P/v - m g \sin\theta)/v^2 = 0,09 \text{ kg/m}$$



$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

CONSERVAZIONE ENERGIA

Progettare uno scivolo (piano inclinato) affinché a velocità costante v_0 un uomo possa innalzare di $h = 1 \text{ m}$ una lettiga di peso $p = 2 \text{ kN}$ applicando una forza $F_M = 400 \text{ N}$ per un tempo $\Delta t = 8 \text{ s}$ mentre sviluppa una potenza $P = 600 \text{ W}$.



Determinare la velocità v_0 , la lunghezza d dello scivolo, il coefficiente μ_d di attrito dinamico, il lavoro compiuto dall'uomo e quello dell'attrito

$$P = \vec{F}_M \cdot \vec{v}_0 = F_M v_0 \rightarrow v_0 = P/F_M = 600 \text{ W}/400 \text{ N} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$d = v_0 \Delta t = 1,5 \text{ m/s} \times 8 \text{ s} = 12 \text{ m} \rightarrow \sin\theta = h/d = 1/12; \theta = 4,8^\circ; \cos\theta = 0,9965$$

$$F_M - p \sin\theta - \mu_d p \cos\theta = ma = 0 \rightarrow \mu_d = (F_M - p \sin\theta) / (p \cos\theta) = 0,117$$

$$L_{\text{uomo}} = F_M d = 400 \text{ N} \times 12 \text{ m} = 4,8 \text{ kJ}$$

$$L_{\text{uomo}} + L_{\text{attrito}} = E_{\text{FIN}} - E_{\text{IN}} = U_{\text{FIN}} - U_{\text{IN}}$$

$$L_{\text{attrito}} = -\mu_d p \cos\theta d = -L_{\text{uomo}} + p h = -4,8 \text{ kJ} + 2 \text{ kN} \times 1 \text{ m} = -2,8 \text{ kJ}$$

CONSERVAZIONE ENERGIA

Il sistema di sicurezza di un ascensore di massa $m = 2000 \text{ kg}$ è progettato in modo tale che, in caso di rottura del cavo trainante, entri in azione un freno che applica una forza d'attrito $F_A = 17 \text{ kN}$. La cabina arriva a terra con $v = 4 \text{ m/s}$ sulla molla di un ammortizzatore comprimendosi di 2 m prima di arrestare la caduta.

Determinare (con considerazioni energetiche) la **costante elastica della molla** e stabilire cosa succede dopo la compressione della molla

$$E_{\text{CIN}}(0) = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 2000 4^2 = 16 \text{ kJ} \quad E_{\text{CIN}}(-2) = \frac{1}{2} m 0^2 = 0$$

$$U(0) = mg0 + \frac{1}{2} k 0^2 = 0$$

$$L_{\text{Fatt}} = - (17 \text{ kN} \times 2\text{m}) = -34 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow k = 10,6 \text{ N/m}$$

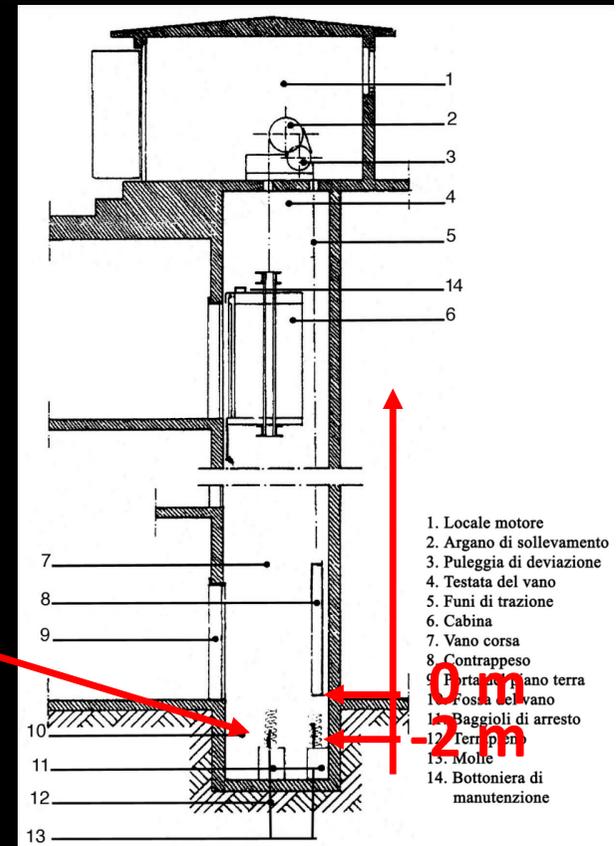
LEZ 6

$$U(-2) = 2000 \times 9,8 \times (-2) + U_m(-2) = -39,2 \text{ kJ} + U_m(-2)$$

$$L_{\text{Fatt}} = [E_{\text{CIN}}(-2) + U(-2)] - [E_{\text{CIN}}(0) + U(0)]$$

$$-34 \text{ kJ} = [0 - 39,2 \text{ J} + U_m(-2)] - [16 \text{ kJ} + 0]$$

$$U_m(-2) = -34 + 39,2 + 16 = 21,2 \text{ kJ} = \frac{1}{2} k (-2)^2$$



CONSERVAZIONE ENERGIA

Il sistema di sicurezza di un ascensore di massa $m = 2000 \text{ kg}$ è progettato in modo tale che, in caso di rottura del cavo trainante, entri in azione un freno che applica una forza d'attrito $F_A = 17 \text{ kN}$. La cabina arriva a terra con $v = 4 \text{ m/s}$ sulla molla di un ammortizzatore comprimendosi di 2 m prima di arrestare la caduta.

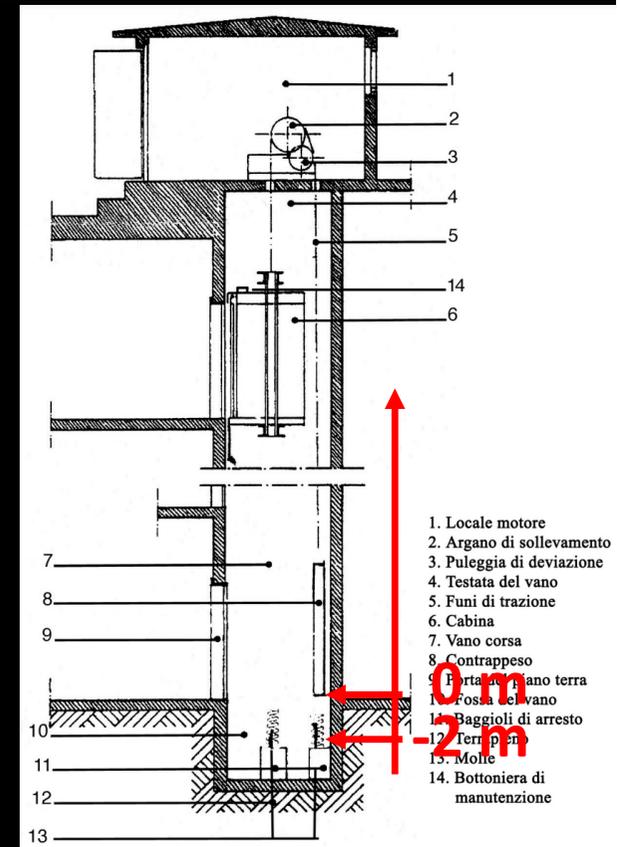
Determinare (con considerazioni energetiche) la costante elastica della molla e stabilire cosa succede dopo la compressione della molla

$$U_m(-2) = 21,2 \text{ kJ} = \frac{1}{2} k (-2)^2 \rightarrow k = 10,6 \text{ N/m}$$

$$F_{\text{elast}} = -k x = -10,6 \text{ N/m} \times (-2 \text{ m}) = 21,2 \text{ N}$$

$$p = mg = -19,6 \text{ kN}$$

$$\Sigma F = 1,7 \text{ N} < F_A = 17 \text{ kN} \rightarrow \text{fermo (non risale)}$$



Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

mercoledì 24 novembre 2021

14:00-15:00

asincrona

meet: khp-neqs-kgd

LEZ 6A

Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

venerdì 26 novembre 2021

15:00-16:00

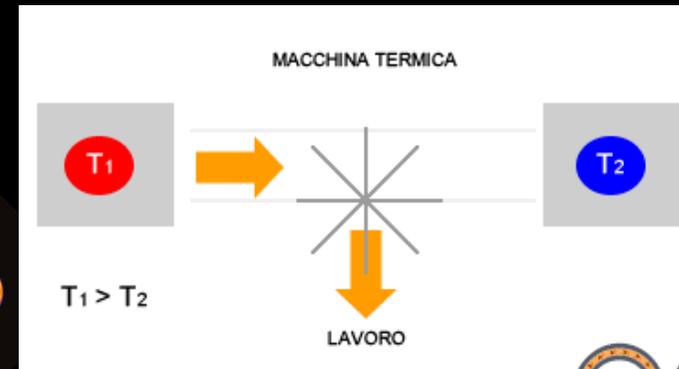
sincrona

meet: khp-neqs-kgd

LEZ 6S

studio delle trasformazioni termiche

TEMPERATURA: indice dello stato termico di un corpo



TERMODINAMICA

~1930: **PRINCIPIO ZERO** (Fowler)

se A è in equilibrio termico con B

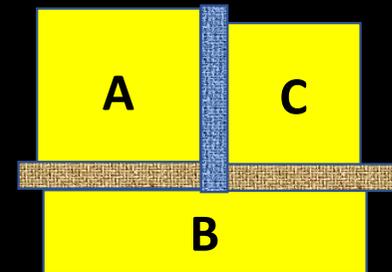
e C è in equilibrio termico con B

allora e solo allora le temperature di A, B e C sono uguali :

$$T_A = T_B = T_C$$

TEMPERATURA: indice dello stato termico di un corpo

pareti diatermiche
(conduttori perfetti)



pareti adiabatiche
(isolanti perfetti)

~1824: **secondo** principio della Termodinamica (Carnot et al.)

Il calore passa spontaneamente dai corpi più caldi a quelli più freddi

~1847: **primo** principio della Termodinamica (Helmholtz)

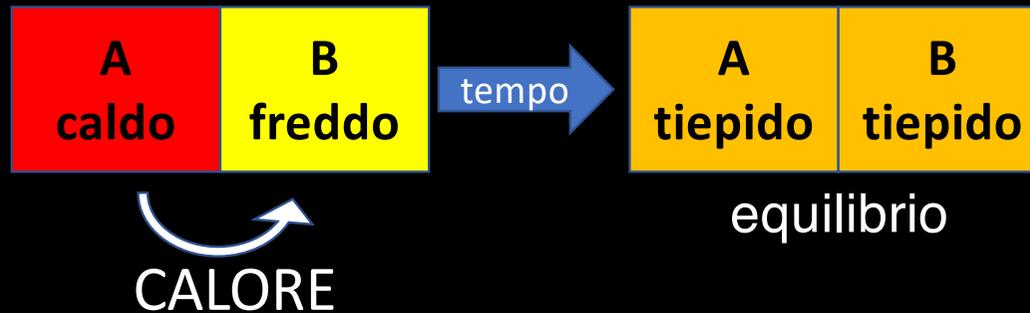
L'energia di un sistema isolato si conserva

~1890: **terzo** principio della Termodinamica (Nernst)

L'entropia di un cristallo perfetto alla temperatura dello zero assoluto vale zero

~1824: **secondo** principio della Termodinamica (Carnot et al.)

Il calore passa spontaneamente dai corpi più caldi a quelli più freddi



VARIABILI TERMODINAMICHE:

descrivono lo stato di equilibrio di un sistema macroscopico ($N_A = 6 \cdot 10^{23}$ particelle)

- temperatura T
- volume V
- pressione $p = F/S$

il CALORE (e il LAVORO) consentono il passaggio fra due stati di equilibrio

TERMODINAMICA

TERMOMETRO

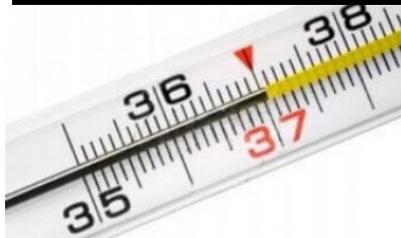
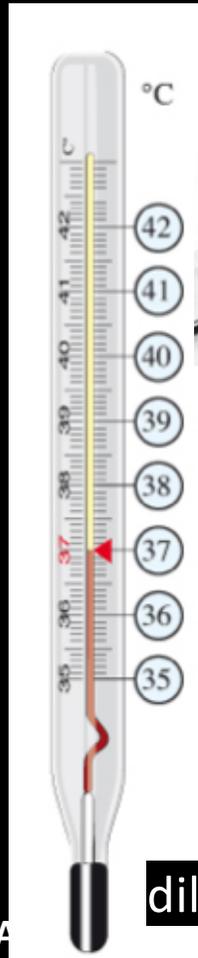
caldo/freddo è soggettivo → 37,5°C (CoViD) oggettivo!

Temperatura interna **APPROSSIMATIVAMENTE**

Normale: intorno ai 37°C (36,2°C - 37,5°C)

Minima: 20°C

Massima: 42°C



conducibilità
elettrica

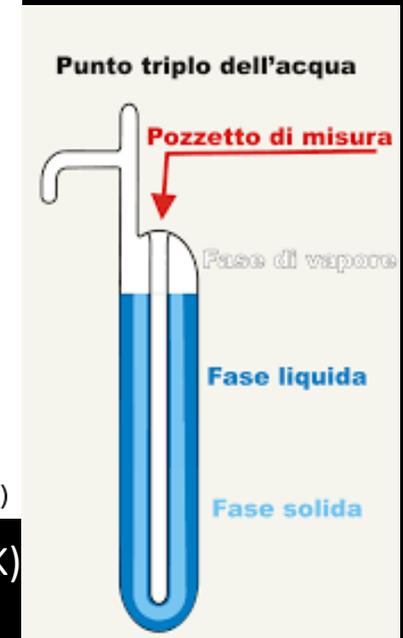
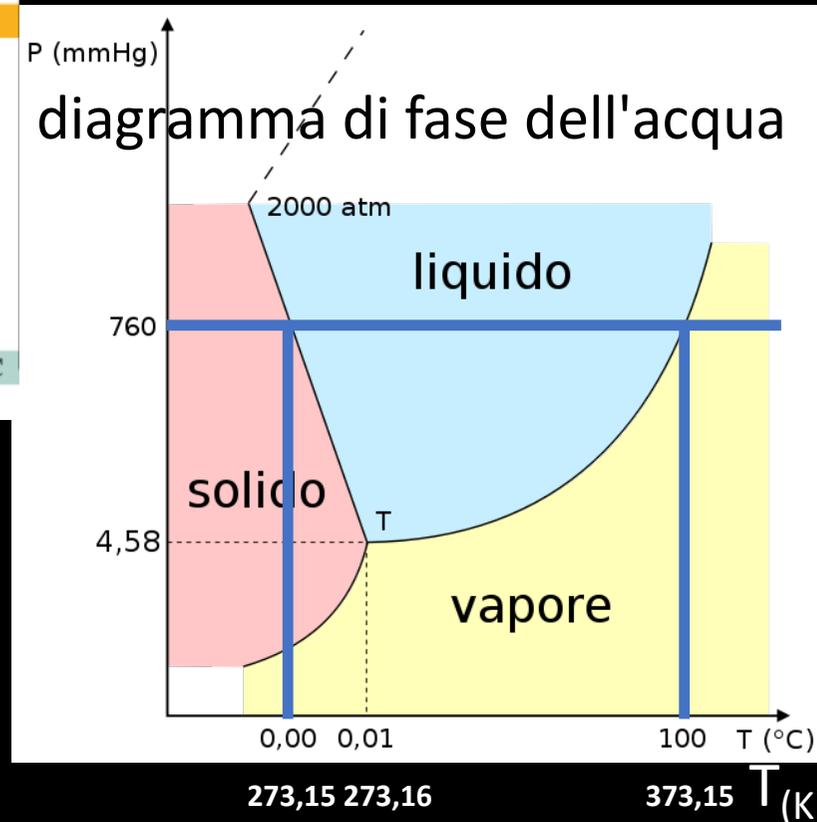
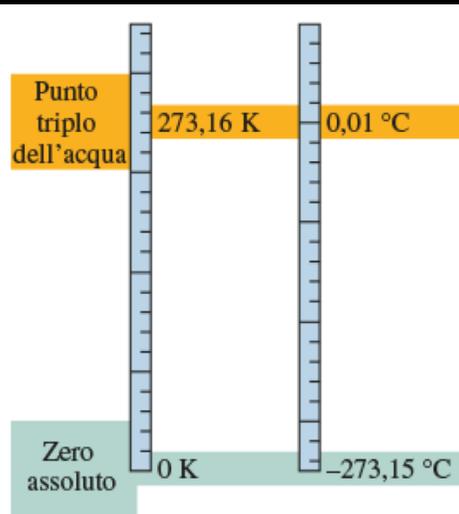
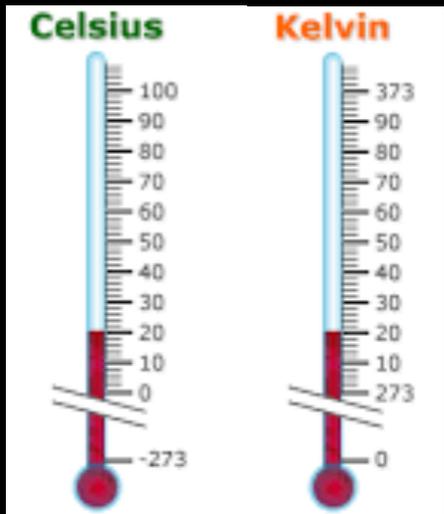


emissione
infrarossa

dilatazione termica

TERMODINAMICA

SCALE TERMOMETRICHE

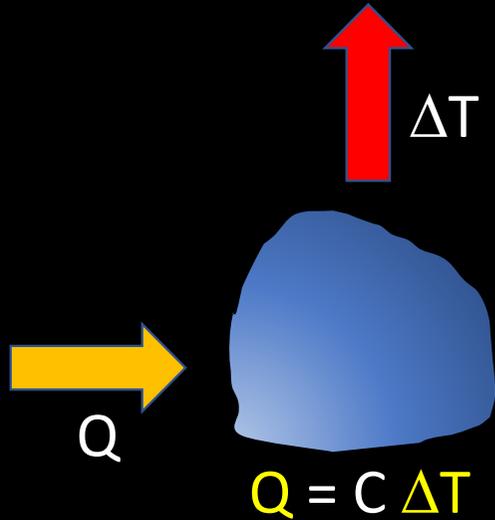


$$t_{(^{\circ}\text{C})} = T_{(\text{K})} - 273,15$$
$$T_{(\text{K})} = t_{(^{\circ}\text{C})} + 273,15$$

$$\Delta T_{(\text{K})} = \Delta t_{(^{\circ}\text{C})} \rightarrow 1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$$

una differenza di temperatura di 1 ° centigrado (o Celsius) è pari a 1 kelvin

TERMODINAMICA

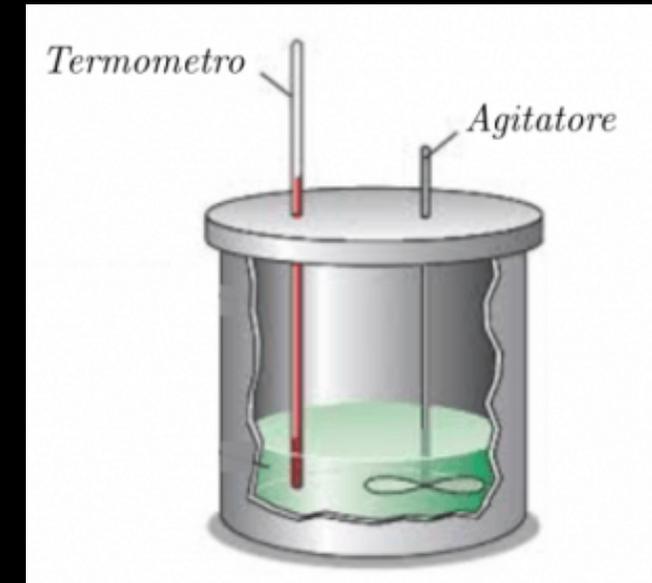


$$C = Q/\Delta T \quad \text{capacità termica}$$

C: quantità di calore da fornire ad un corpo per aumentarne la temperatura di 1 K

$$Q = C \Delta T$$

CAPACITA' TERMICA



calorimetro

calore specifico (per solidi e liquidi) $C = c m$ (m = massa del corpo)

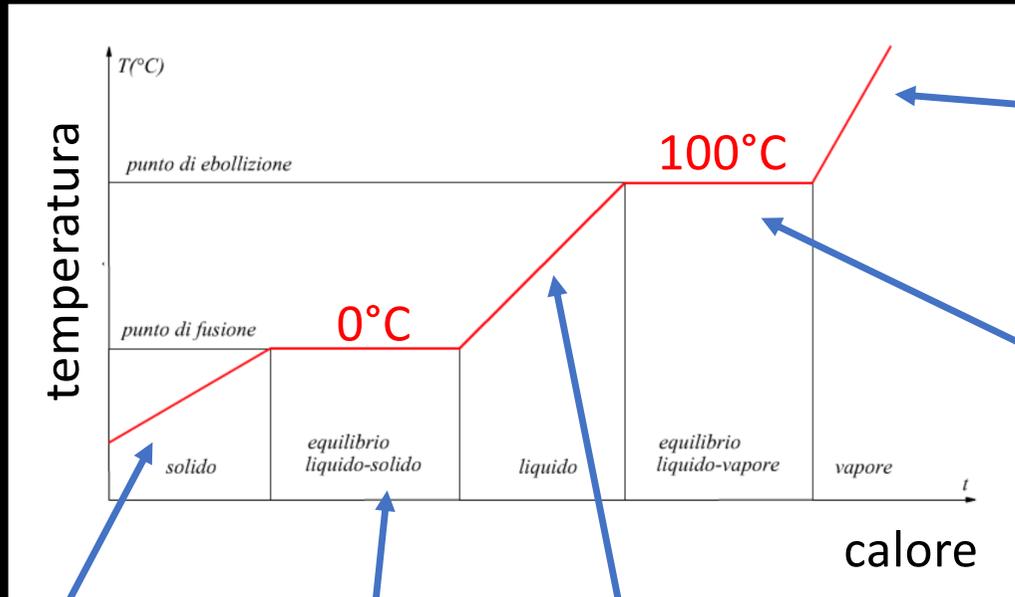
c : quantità di calore da fornire ad un corpo di massa 1 kg per aumentarne la temperatura di 1 K

calore specifico molare (per gas) $C = c n$ (n = numero di moli)

c : quantità di calore da fornire a una mole di gas per aumentarne la temperatura di 1 K

TERMODINAMICA

CAMBIAMENTI DI STATO



$c_v = Q/(m\Delta T)$
calore specifico vapor acqueo
1,94 kJ/kgK

$Q_v = \lambda_v m$
 $\lambda_v =$ calore latente di vaporizzazione
2272 kJ/kg

$c_s = Q/(m\Delta T)$
calore specifico
ghiaccio
2,04 kJ/kgK

$c_L = Q/(m\Delta T)$
calore specifico
acqua liquida
4,186 kJ/kgK

$Q_f = \lambda_f m$
 $\lambda_f =$ calore latente di fusione
333 kJ/kg

