

CdL in Scienze Biologiche (Codice: 2108)

Fisica e Chimica Fisica con Esercitazioni, I modulo (Codice: 19762; CFU: 5+1)

Esercitazioni dell'A.A. 2024/25 – *Aurelio Agliolo Gallitto*

10 marzo 2025

Indice

1	Cinematica	2
2	Dinamica	9
3	Fluidi	17
4	Termodinamica	20
5	Elettromagnetismo	28

1 Cinematica

Quesito 1.1 (Grandezze fisiche). Il diametro medio di un globulo rosso è circa un centesimo di millimetro. Scrivere diametro in notazione scientifica.

Soluzione.

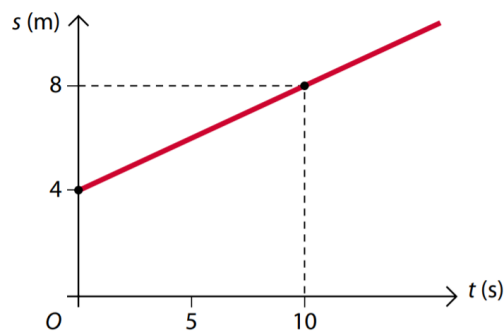
$$D \approx 10^{-2} \text{ mm} = 10^{-2} \times 10^{-3} \text{ m} = 10^{-5} \text{ m}.$$

Quesito 1.2 (Grandezze fisiche). La distanza media dall'equatore al polo nord della Terra è di circa 10^7 m. Scrivere questa distanza in km.

Soluzione.

$$D \approx \frac{10^7}{10^3} \text{ km} = 10^4 \text{ km} = 10\,000 \text{ km}.$$

Quesito 1.3 (Cinematica: moto rettilineo uniforme). Un oggetto puntiforme si muove di moto rettilineo uniforme. La sua posizione varia in funzione del tempo come descritto da grafico di figura. Determinare l'equazione oraria.



Soluzione. L'equazione oraria è una retta del tipo

$$x(t) = x_0 + v_0 t$$

Quindi, bisogna determinare graficamente i due parametri: $x_0 \equiv x(0)$ e v_0 . Dal grafico si ottiene:

$$x_0 \equiv x(0) = 4 \text{ m}$$

$$v_0 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8 - 4}{10 - 0} = 0.4 \text{ m/s}$$

Pertanto l'equazione oraria è

$$x(t) = (4 + 0.4 t) \text{ m}$$

Quesito 1.4 (Cinematica: moto rettilineo uniformemente accelerato). Un oggetto puntiforme si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato. All'istante iniziale, $t_0 = 0$, l'oggetto si trova a una estremità di una guida rettilinea di lunghezza $d = 12$ m disposta lungo l'asse $\hat{x}$ e ha una velocità iniziale $v_i = 2$ m/s. Sapendo che la velocità finale dell'oggetto è $v_f = 4$ m/s, calcolate il tempo impiegato dall'oggetto a percorrere la guida. Fate il grafico quantitativo dell'accelerazione, della velocità e dello spostamento in funzione del tempo.

Soluzione.

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

$$t = \frac{v_f - v_i}{a} = 4 \text{ s}$$

Nell'intervallo $(0 - 4\text{s})$, il grafico dell'accelerazione è una costante positiva; il grafico della velocità è una retta con pendenza positiva uguale al valore dell'accelerazione; il grafico dello spostamento è una parabola con concavità verso l'alto con vertice a $t = -v_i/a = -2/0.5 = -4$ s

Quesito 1.5 (Cinematica: moto rettilineo uniformemente accelerato). Un oggetto parte da fermo, percorre uno spazio $d = 20$ m e si ferma dopo un intervallo di tempo $\Delta t = 20$ s. L'oggetto si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato per i primi 10 secondi e di moto rettilineo uniformemente decelerato per gli altri 10 secondi. Determinate la velocità massima raggiunta dal corpo lungo il percorso. Fate il grafico quantitativo della velocità, dello spostamento e dell'accelerazione in funzione del tempo, nell'intervallo da zero a 20 secondi.

Soluzione. Il problema può essere risolto a partire dal grafico della velocità in funzione di t :

Dal grafico di $v(t)$, possiamo porre

$$\frac{d}{2} = \frac{1}{2} a t^2,$$

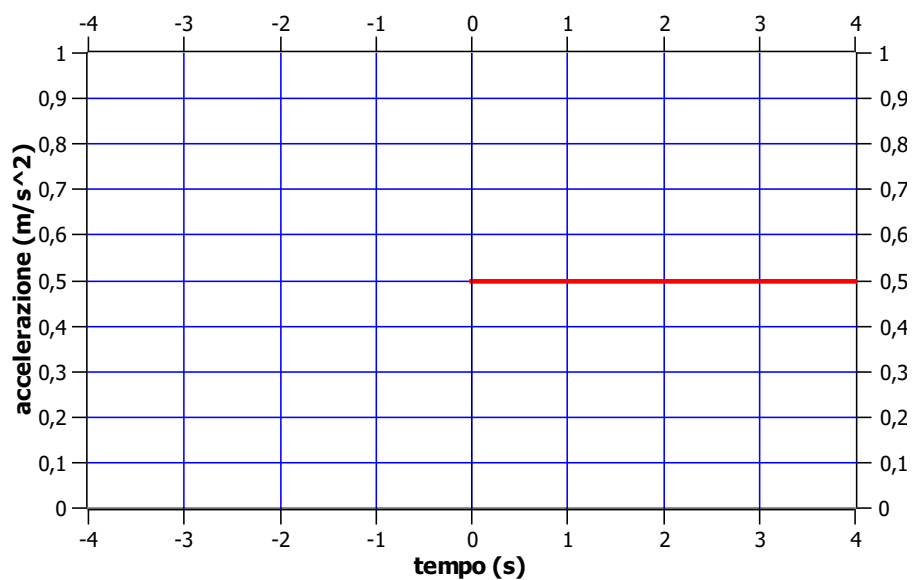
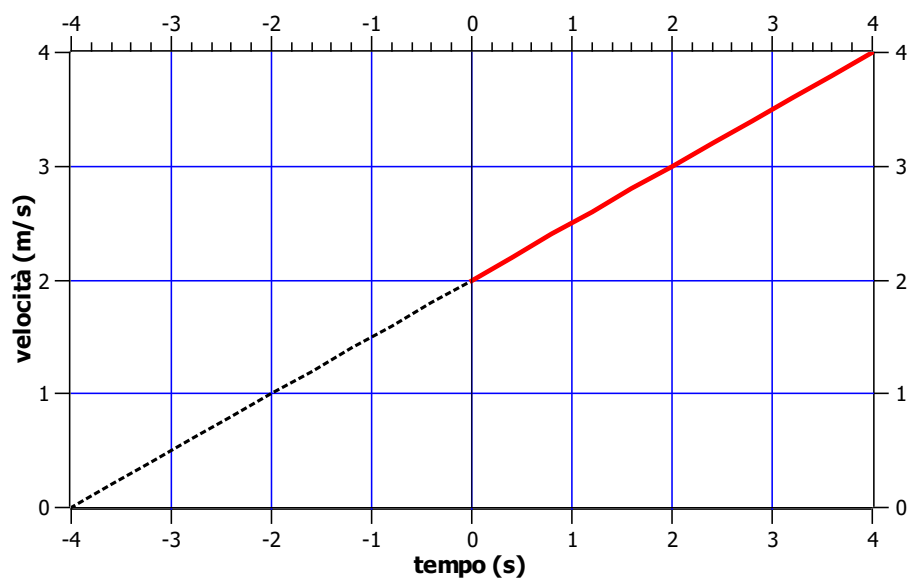
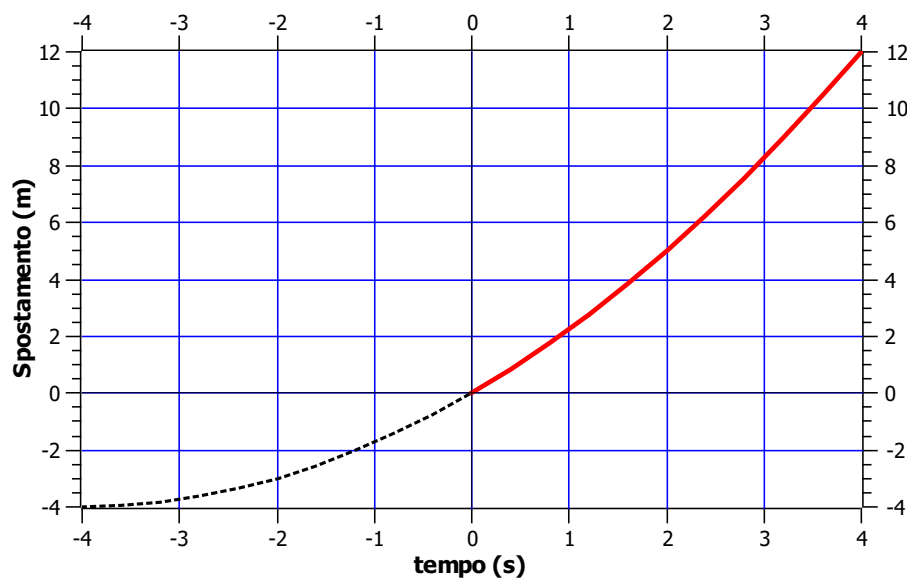
da cui si ricava l'accelerazione:

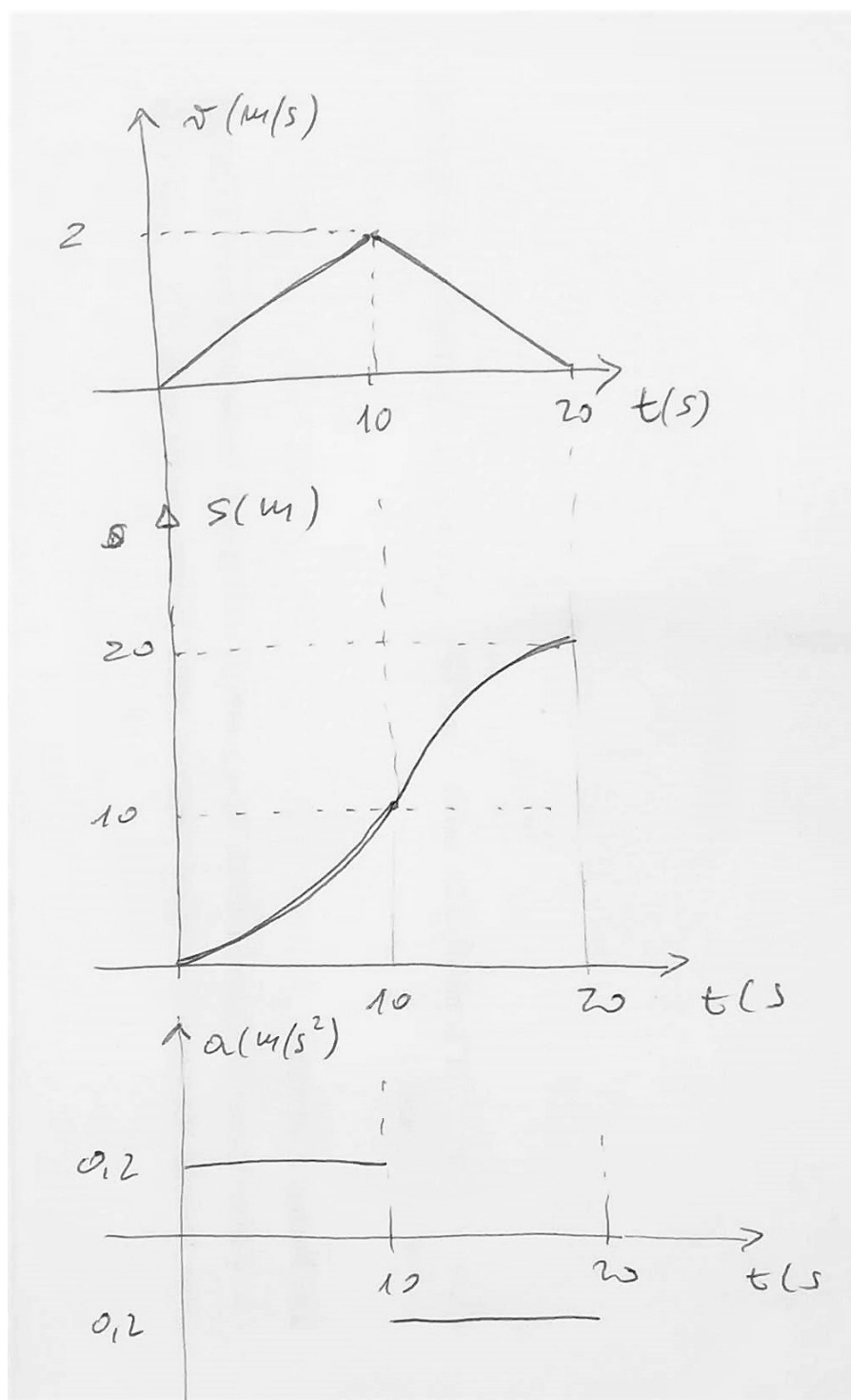
$$a = \frac{d}{t^2} = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ m/s}^2.$$

Infine, troviamo la velocità massima come:

$$v = at = 0.2 \times 10 = 2 \text{ m/s}$$

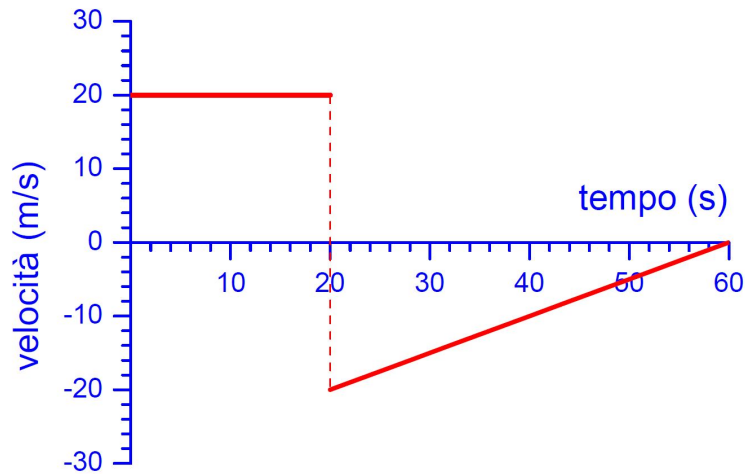
Avendo ottenuto questi dati, possiamo costruire i grafici quantitativi dell'accelerazione e dello spostamento in funzione del tempo.





Quesito 1.6 (Cinematica). Un punto materiale si muove di moto rettilineo con una velocità descritta dal grafico di figura. Calcolate lo spazio percorso dal punto nell'intervallo di tempo $0 < t < 20 \text{ s}$ e nell'intervallo di tempo $20 < t < 60 \text{ s}$. Calcolate l'accelerazione del punto nell'intervallo $20 < t < 60 \text{ s}$ e costruite i grafici quantitativi dello spostamento e dell'accelerazione in funzione del tempo.

Soluzione. Nell'intervallo $0 < t < 20 \text{ s}$, il punto materiale accelerazione nulla.



Nell'intervallo $20 < t < 60$ s, il punto materiale ha la seguente accelerazione

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-20)}{60 - 20} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ m/s}^2.$$

Nell'intervallo $0 < t < 20$ s il punto materiale percorre uno spostamento

$$s(t) - s_0 = vt = 400 \text{ m}.$$

Il grafico è una linea retta con pendenza positiva.

Nell'intervallo $20 < t < 60$ s il punto materiale percorre uno spostamento

$$s(t) - s_0 = -v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

con $t_0 = 20$ s.

Quindi

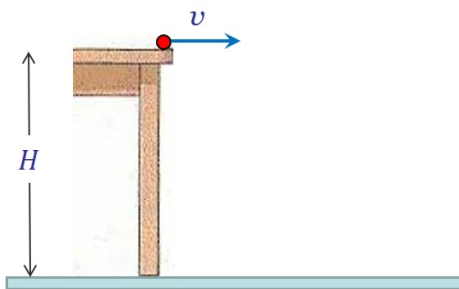
$$s(60) - s(20) = -20 \times 40 + 0.5 \times 0.5 \times 40^2 = -800 + 400 = -400 \text{ m}.$$

Il grafico è una parabola con concavità positiva e vertice nel punto $(t = 60 \text{ s}; x = 0)$.

Quesito 1.7 (Cinematica: moto parabolico). Un oggetto viene lanciato orizzontalmente da un tavolo di altezza $H = 62.5$ cm con una velocità $v_x = 2.5$ m/s. Calcolate il tempo che l'oggetto rimane in volo e la distanza del punto dove l'oggetto tocca il suolo rispetto al piede del tavolo. Calcolate la velocità della pallina (modulo direzione e verso) un istante prima di toccare il suolo.

Soluzione. Calcoliamo il tempo di volo t_v

$$t_v = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 0.357 \text{ s}.$$



Noto il tempo di volo, si può calcolare lo spazio orizzontale percorso dall'oggetto:

$$d = v_x t = 2.5 \times 0.357 = 89 \text{ cm}.$$

Il modulo della velocità finale è dato da

$$v_f = \sqrt{v_x^2 + (g t)^2} = \sqrt{2.5^2 + (9.8 \times 0.357)^2} = \sqrt{2.5^2 + 3.5^2} = 4.3 \text{ m/s}.$$

Essa forma un angolo θ con l'orizzontale dato da

$$\theta = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = \arctan\left(\frac{-3.5}{2.5}\right) = -54.5.$$

Quesito 1.8 (Cinematica: piano inclinato). Un oggetto di massa $m = 0.2 \text{ kg}$ viene lanciato sopra un piano inclinato, di altezza $h = 26 \text{ cm}$ e base $b = 15 \text{ cm}$. L'oggetto scivola sul piano inclinato con attrito e giunge nel punto più alto del piano inclinato con una velocità $v_f = 2 \text{ m/s}$. Calcolate l'altezza massima dal suolo H_{max} che il blocco raggiunge dopo che si stacca dal vertice del piano inclinato.

Soluzione. Per calcolare H_{max} scriviamo l'equazione temporale per la componente verticale della velocità e determiniamo il tempo che l'oggetto impiega a raggiungere il punto più alto

$$\begin{aligned} v_y(t) = v_{y0} - gt = 0 & \Rightarrow t = \frac{v_{y0}}{g} = \frac{v_f \sin(\theta)}{g} \quad \text{con} \quad \theta = \arctan(h/b) = \arctan(26/15) = 60 \\ \Rightarrow t = \frac{2 \sin(60)}{9.8} & = 0.18 \text{ s}. \end{aligned}$$

Noto il tempo di volo, si può calcolare l'altezza

$$H_{max} = h + \frac{1}{2}gt^2 = 0.26 + 0.5 \times 9.8 \times 0.031 = 0.26 + 0.15 = 0.41 \text{ m}.$$

Quiz 1.1 (Grandezze fisiche: notazione scientifica). Il diametro medio di un capello è circa 5 centesimi di millimetro. Il diametro in notazione scientifica è:

- a. $D \approx 500 \text{ mm}$
- b. $D \approx 5 \times 10^{-1} \text{ m}$

- c. $D \approx 5 \times 10^0 \text{ m}$
- d. $D \approx 5 \times 10^{-5} \text{ m}$
- e. $D \approx 5 \times 10^{-3} \text{ m}$

Soluzione. d. $D \approx 5 \times 10^{-5} \text{ m}$

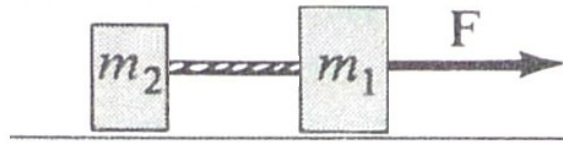
Quiz 1.2 (Cinematica: velocità media). Una lumaca percorre in un minuto una distanza di 90 cm circa. Qual è la sua velocità media?

- a. $v = 0.9 \text{ m/s}$
- b. $v = 0.0015 \text{ m/s}$
- c. $v = 0.015 \text{ m/s}$
- d. $v = 1.5 \text{ m/s}$
- e. $v = 0.67 \text{ m/s}$

Soluzione. c. $v = 0.015 \text{ m/s}$

2 Dinamica

Quesito 2.1 (Dinamica: leggi di Newton). Due blocchi sono collegati tra di loro con una fune inestensibile e di massa trascurabile. I due blocchi sono tirati da una forza $F = 0.4$ N, come mostrato in figura. Sapendo che $m_1 = 400$ g ed $m_2 = 300$ g, calcolate la tensione della fune e l'accelerazione delle due masse. Supponete trascurabile l'attrito tra i blocchi e il piano.



Soluzione. Determiniamo le forze che agiscono su ciascun corpo. Sul corpo m_2 agisce la forza di tensione T . Sul corpo m_1 agisce la forza esterna F e la forza di tensione T . Allora, si ha:

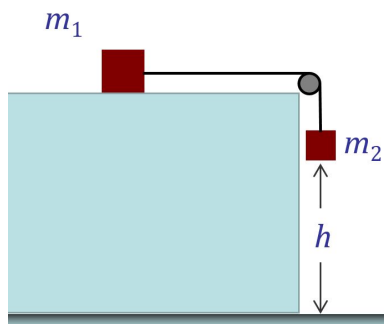
$$\begin{cases} T = m_2 a \\ F - T = m_1 a \end{cases}$$

Risolvendo il sistema otteniamo

$$a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{0.4}{0.4 + 0.3} = 0.57 \text{ m/s}^2.$$

$$T = m_2 a = F \frac{m_2}{m_1 + m_2} = 0.17 \text{ N}.$$

Quesito 2.2 (Dinamica: leggi di Newton). Due blocchi sono collegati tra di loro con una fune inestensibile e di massa trascurabile, come mostrato in figura. I due blocchi si muovono sotto l'effetto della forza di gravità. Sapendo che $m_1 = 400$ g ed $m_2 = 100$ g, calcolate la tensione della fune e l'accelerazione delle due masse. Calcolate inoltre il tempo impiegato dal blocco 2 a raggiungere il suolo, sapendo che i blocchi inizialmente sono fermi e che $h = 2$ m. Si trascuri l'attrito tra il blocco 1 e il piano.



Soluzione. Determiniamo le forze che agiscono su ciascun corpo. Sul corpo m_2 agisce la forza di tensione T e la forza di gravità m_2g . Sul corpo m_1 agisce la forza di tensione T . Allora, si ha:

$$\begin{cases} T = m_1 a \\ m_2 g - T = m_2 a \end{cases}$$

Risolviendo il sistema otteniamo

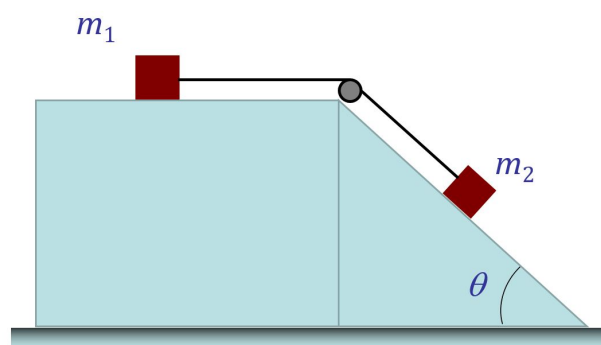
$$a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} g = \frac{0.1}{0.4 + 0.1} \times 9.8 = 1.96 \text{ m/s}^2.$$

$$T = m_2 g - m_2 a = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \times g = 0.784 \text{ N}.$$

Conoscendo l'accelerazione si può trovare il tempo di caduta come

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = 1.43 \text{ s}.$$

Quesito 2.3 (Dinamica: leggi di Newton). Due corpi di massa $m_1 = 0.10 \text{ kg}$ e $m_2 = 0.40 \text{ kg}$ sono collegati da una fune inestensibile e di massa trascurabile, come mostrato in figura. Il corpo m_1 si muove sopra un piano orizzontale privo di attrito, mentre il corpo m_2 si muove sopra un piano inclinato anch'esso privo di attrito. I due corpi, partendo da fermi percorrono una distanza $d = 6.80 \text{ m}$. Sapendo che l'angolo formato dal piano inclinato è $\theta = 60^\circ$, fate il grafico quantitativo dell'accelerazione, della velocità e dello spostamento in funzione del tempo, nell'intervallo in cui i due corpi si spostano della distanza d .



Soluzione.

$$m_2 g \sin \theta = (m_1 + m_2) a \quad \Rightarrow$$

$$a = \frac{m_2 g \sin \theta}{m_1 + m_2} = \frac{0.4 \times 9.81 \times \sin(60)}{0.10 + 0.40} = 6.80 \text{ m/s}^2.$$

Per costruire i grafici dobbiamo trovare il tempo che i due corpi impiegano a percorrere una distanza $d = 6.80$ m

$$s = \frac{1}{2} a t^2 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2 s}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.80}{6.80}} = 1.41 \text{ s}.$$

Infine per costruire il grafico della velocità dobbiamo calcolare la velocità finale: $v_f = at = 6.80 \times 1.41 = 9.59$ m/s.

Quesito 2.4 (Dinamica: forze di attrito). Un blocco di massa $m = 0.5$ kg si muove sopra un piano orizzontale. Tra blocco e piano vi è attrito con coefficiente $\mu = 0.4$. All'istante di tempo $t_0 = 0$, il blocco ha una velocità $v_0 = 10$ m/s.

- a) Descrivete il moto del blocco dall'istante di tempo $t = t_0$ e calcolate la forza di attrito esercitata dal piano sul blocco.
- b) Calcolate la distanza percorsa dal blocco prima di fermarsi.

Soluzione.

- a) La forza di attrito esercitata dal piano sul blocco è

$$F_a = \mu N = 0.4 \times 0.5 \times 9.81 = 1.96 \text{ N}.$$

- b) Dalla forza di attrito si può determinare l'accelerazione del blocco: $a = F_a/m = \mu g = 0.4 \times 9.81 = 3.92$ m/s².

A questo punto, con le equazioni della cinematica troviamo il tempo t impiegato dal blocco a fermarsi e la distanza d percorsa

$$v(t) = v_0 - at \quad \Rightarrow \quad t = \frac{v_0}{a} = \frac{10}{3.92} = 2.55 \text{ s}.$$

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 \quad \Rightarrow \quad d = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2\mu g} = \frac{100}{2 \times 3.92} = 12.8 \text{ m}.$$

Il grafico della velocità è una retta con pendenza negativa. Il grafico dello spostamento è una parabola con concavità verso il basso, vertice nel punto ($t = 2.55$ s; $x = 12.8$ m) e passante per l'origine degli assi cartesiani.

Quesito 2.5 (Dinamica: forze di attrito). Un blocco di massa $m = 1.5$ kg si muove sopra un piano orizzontale per una distanza $d_1 = 30$ m. Alla fine del percorso, la velocità finale è $v_f = 5$ m/s. Tra blocco e piano vi è attrito con coefficiente $\mu_d = 0.4$. All'istante di tempo $t_0 = 0$, il blocco ha una velocità v_i m/s incognita.

- a) Calcolate la forza di attrito esercitata dal piano sul blocco.

- b) Calcolate il lavoro fatto dalla forza di attrito nel tratto d_1 .
- c) Calcolate la velocità iniziale v_i m/s.
- d) Calcolate la distanza percorsa dal blocco prima di fermarsi.

Soluzione. La forza di attrito dinamico è data da

$$F_a = \mu_d N = \mu_d mg = 0.4 \times 1.5 \times 9.81 = 5.89 \text{ N}$$

Il lavoro fatto dalla forza di attrito nel tratto d_1 sarà

$$W = F_a d = \mu_d N d_1 = \mu_d m g d_1 = 0.4 \times 1.5 \times 9.81 \times 30 = 177 \text{ J}$$

Per trovare la velocità iniziale, applichiamo il teorema di conservazione dell'energia meccanica:

$$\frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}mv_f^2 + W_a, \quad W_a > 0 \quad \Rightarrow$$

$$v_i = \sqrt{v_f^2 + 2\mu_d g d_1} = 19.4 \text{ m/s}$$

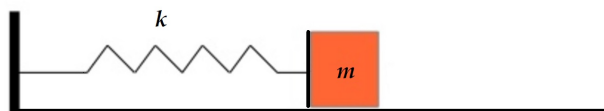
Per determinare la distanza percorsa dal blocco prima di fermarsi, applichiamo nuovamente il teorema di conservazione dell'energia meccanica:

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = W_{a2} = \mu_d m g d_2, \quad W_{a2} > 0 \quad \Rightarrow$$

$$d_2 = \frac{v_f^2}{2\mu_d g} = \frac{25}{2 \times 0.4 \times 9.81} = 3.19 \text{ m}$$

Pertanto la distanza complessiva sarà $d = d_1 + d_2 = 33.2 \text{ m}$

Quesito 2.6 (Dinamica: conservazione dell'energia). Un corpo di massa $m = 50 \text{ g}$ è poggiato a una molla di costante elastica $k = 80 \text{ N/m}$, fissa a un estremo come mostrato in figura. Il corpo poggia sopra un piano orizzontale scabro con un coefficiente di attrito $\mu_s = \mu_d = 0.2$. La molla viene compressa di una lunghezza $x = 2 \text{ cm}$ e successivamente viene rilasciata. Calcolate la velocità massima del corpo e la distanza che esso percorre in seguito alla spinta della molla.



Soluzione. Applicando il principio di conservazione dell'energia meccanica, si ha che l'energia elastica della molla viene trasferita al corpo sotto forma di energia cinetica.

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

da cui possiamo calcolare la velocità massima

$$v_{max} = \sqrt{\frac{k}{m}x} = \sqrt{\frac{80}{0.05}}0.02 = 0.8 \text{ m/s}$$

L'energia cinetica del corpo viene persa per compiere lavoro contro la forza di attrito:

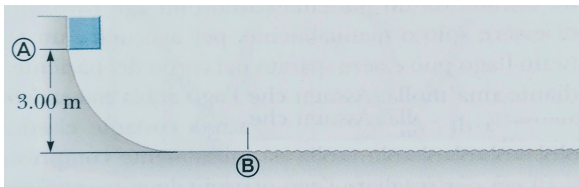
$$\frac{1}{2}mv^2 = F_a d = \mu mgd$$

da cui ricaviamo

$$d = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{0.8^2}{2 \times 0.2 \times 9.81} = 0.163 \text{ m}$$

Quesito 2.7 (Dinamica: conservazione dell'energia). Un blocco di massa m si muove sopra una guida, come mostrato in figura. Il blocco viene lasciato libero nel punto **A**, come mostrato in figura. La guida è priva di attrito, tranne nel tratto a partire dal punto **B** fino alla fine della guida. Sapendo che il coefficiente di attrito dinamico tra blocco e la parte di guida scabra è $\mu = 0.3$, determinate:

- la distanza d che percorre l'oggetto a partire dal punto **B**;
- la velocità dell'oggetto dopo che esso ha percorso una distanza pari alla metà di quella calcolata nel punto precedente.



Soluzione. Dal teorema lavoro-energia si ha

$$mgh = F_a d$$

da cui si ricava

$$d = \frac{mgh}{F_a} = \frac{h}{\mu} = \frac{3}{0.3} = 10 \text{ m}$$

Allo stesso risultato si perviene partendo dalla seguente equazione $W_{NC} = \Delta U$. La velocità dell'oggetto nel punto **B** è data da

$$v_B = \sqrt{2gh} = \sqrt{58.8} = 7.67 \text{ m/s.}$$

Per determinare la velocità in $d/2$, dobbiamo considerare l'energia cinetica posseduta dall'oggetto in $d/2$

$$mgh = F_a \frac{d}{2} + \frac{1}{2}mv^2$$

da cui si ricava

$$v = \sqrt{2gh - \mu gd} = 5.42 \text{ m/s}$$

Allo stesso risultato si perviene partendo dalla seguente equazione $W_{NC} = \Delta U + \Delta K$. La velocità in $d/2$ può essere determinata anche uguagliando l'energia cinetica dell'oggetto nel punto **B** con il lavoro fatto dalla forza di attrito nel tratto di lunghezza $d/2$.

Quesito 2.8 (Dinamica: forze elastiche). Una molla di costante elastica $k = 300 \text{ N/m}$ è disposta verticalmente. Il suo estremo superiore si trova alla quota che scegliamo come riferimento, $y_0 = 0$. Una pallina di massa $m = 500 \text{ g}$ viene lasciata cadere da una certa altezza h , rispetto alla quota di riferimento. La pallina atterra sulla molla, comprimendola di una distanza $y = 20 \text{ cm}$.

- a) Determinate da quale altezza è caduta la palla.
- b) Quanto sarebbe la compressione della molla se venisse dissipato 1 J di energia per attrito?

Soluzione. Per trovare l'altezza iniziale della pallina, applichiamo il teorema di conservazione dell'energia meccanica:

$$mgh = \frac{1}{2}ky^2 \quad \Rightarrow$$

$$h = \frac{ky^2}{2mg} = \frac{300 \times 0.2^2}{2 \times 0.5 \times 9.81} = \frac{12}{9.81} = 1.22 \text{ m}$$

Per determinare la compressione della molla in presenza di attrito, applichiamo nuovamente il teorema di conservazione dell'energia meccanica, tenendo conto anche dell'energia dissipata per attrito:

$$mgh = \frac{1}{2}ky^2 + W_a, \quad W_a > 0 \quad \Rightarrow$$

$$y = \sqrt{\frac{2mgh - W_a}{k}} = \sqrt{\frac{9.81 - 1}{300}} = 17.1 \text{ cm}$$

In presenza di attrito la molla si comprime di meno, in quanto parte dell'energia potenziale è dissipata dall'attrito.

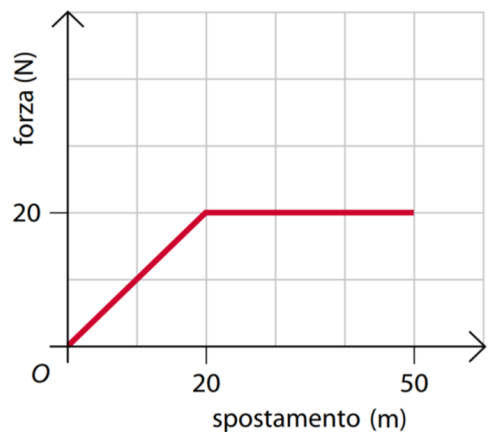
Nel procedimento seguito, si è trascurata la variazione dell'energia potenziale gravitazionale della pallina nel tratto y in cui la molla viene compressa, in quanto piccolo rispetto a h .

Quesito 2.9 (Dinamica: conservazione dell'energia). Un oggetto di massa $m = 100$ g viene lanciato verso l'alto con velocità iniziale $v_0 = 4$ m/s lungo la direzione verticale. Il punto di lancio giace ad una altezza $y_0 = 0$ m dal piano orizzontale. Sapendo che l'oggetto raggiunge un'altezza $h = 0.6$ m, calcolate l'energia meccanica persa durante il moto a causa delle forze di attrito con l'aria.

Soluzione.

$$E_d = \frac{1}{2}mv_0^2 - mgh = 0.8 - 0.59 = 0.21 \text{ J}$$

Quiz 2.1 (Dinamica: lavoro). Nella figura è illustrata una forza variabile che agisce per 50 m su un corpo, nella stessa direzione e verso dello spostamento. Quanto lavoro compie questa forza?



- a) La forza non compie lavoro
- b) 1600 J
- c) 800 J
- d) 400 J
- e) 1000 J

Soluzione.

$$W = \frac{20 \times 20}{2} + 20 \times 30 = 800 \text{ J}$$

Quiz 2.2 (Dinamica: energia). Un oggetto puntiforme di massa $m = 100$ g viene lanciato verso l'alto con velocità iniziale $v_0 = 4$ m/s lungo la direzione verticale. Il punto di lancio giace a una altezza $y_0 = 0$ m dal piano orizzontale. L'oggetto raggiunge un'altezza $h = 0.6$ m. Quant'è l'energia meccanica persa durante il moto a causa delle forze di attrito con l'aria.

[$g = 9.80$ m/s²]

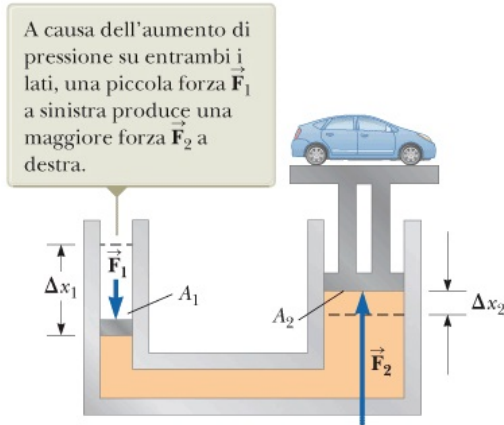
- a) $E = 0.80$ J
- b) $E = 0.021$ J
- c) $E = 0$
- d) $E = 0.21$ J
- e) $E = 0.59$ J

Soluzione.

$$E_a = K_i - U_f = \frac{1}{2}mv_0^2 - mgh = 0.80 - 0.59 = 0.21 \text{ J}$$

3 Fluidi

Quesito 3.1 (Fluidi: [torchio idraulico](#)). Il pistone piccolo di un sollevatore idraulico ha una sezione trasversale $A_1 = 3 \text{ cm}^2$ e il suo pistone grande ha una sezione $A_2 = 200 \text{ cm}^2$. Quale forza verso il basso F_1 deve essere applicata sul pistone piccolo perché l'elevatore sollevi un peso $F_2 = 15 \text{ kN}$?



Soluzione. Questo esercizio fa riferimento alla legge di Pascal, che richiamiamo qui di seguito.
Una variazione di pressione applicata a un fluido chiuso viene trasmessa in ogni punto del fluido.

Dalla legge di Pascal deriva quindi la condizione $p_1 = p_2$, da cui si ottiene:

$$p_1 = p_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \Rightarrow \quad F_1 = \frac{A_1}{A_2} F_2 = \frac{3}{200} \times 15000 = 225 \text{ N}.$$

Quesito 3.2 (Fluidi: [principio di Archimede](#)). Un corpo immerso in acqua rimane in equilibrio statico quando il volume immerso è il 50% del volume del corpo. Lo stesso corpo immerso in glicerina rimane in equilibrio statico quando il volume immerso è il 40% del volume del corpo. Trovare la densità della glicerina.

Soluzione. Questo esercizio fa riferimento al principio di Archimede, che richiamiamo qui di seguito.

Un corpo immerso in un fluido riceve una forza diretta dal basso verso l'alto uguale al peso del volume di fluido spostato.

Se il corpo è sempre lo stesso, vale la quindi seguente proprietà:

$$\rho_a V_{ia} = \rho_g V_{ig} = \text{costante},$$

da cui possiamo ricavare

$$\rho_g = \frac{V_{ia}}{V_{ig}} \rho_a = \frac{0.5}{0.4} \rho_a = 1.25 \rho_a$$

Quesito 3.3 (Fluidi: principio di Archimede). Un cubetto di ghiaccio di densità $\rho_g = 0.92 \text{ g/cm}^3$ galleggia in acqua ($\rho_a = 1.00 \text{ g/cm}^3$). Sul cubetto di ghiaccio viene posto un oggetto di volume $V_o = 1 \text{ cm}^3$ e densità $\rho_o = 2.60 \text{ g/cm}^3$. Calcolate il volume minimo che deve avere il cubetto di ghiaccio per non affondare.

Soluzione. Considerando la condizione di equilibrio del sistema ghiaccio + oggetto, si ha

$$V_g \rho_a g + V_o \rho_a g = V_o \rho_o g + V_g \rho_g g$$

Semplificando, si ottiene

$$V_g = V_o \times \frac{\rho_o - \rho_a}{\rho_a - \rho_g} = 1 \times \frac{2.60 - 1.00}{1.00 - 0.92} = 20 \text{ cm}^3$$

Quesito 3.4 (Fluidi: principio di Archimede). Un cubetto di ghiaccio di densità $\rho_g = 0.92 \text{ g/cm}^3$ galleggia in acqua ($\rho_a = 1.00 \text{ g/cm}^3$). All'interno del cubetto di ghiaccio vi è inglobata una sferetta di volume $V_s = 1 \text{ cm}^3$ e densità $\rho_s = 1.19 \text{ g/cm}^3$. Calcolate il lato minimo l che deve avere il cubetto di ghiaccio per non affondare.

Soluzione. Considerando la condizione di equilibrio del cubo, si ha

$$V_c \rho_a g = V_s \rho_s g + V_g \rho_g g \quad V_g = V_c - V_s$$

Semplificando, si ottiene

$$V_c = V_s \times \frac{\rho_s - \rho_g}{\rho_a - \rho_g} = 1 \times \frac{1.19 - 0.92}{1.00 - 0.92} = 3.375 \text{ cm}^3$$

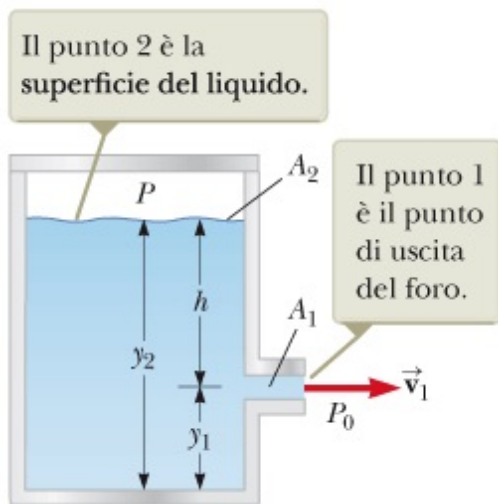
Conoscendo il volume V_c , possiamo calcolare il lato $l = \sqrt[3]{3.375} = 1.5 \text{ cm}$

Quesito 3.5 (Fluidi: legge di Torricelli). Un recipiente è riempito fino a un'altezza y_2 . Il recipiente ha un foro a un'altezza y_1 dal fondo ($y_2 - y_1 = h$), come mostrato in figura. Trovare la relazione che descrive la velocità di uscita del fluido dal foro e la distanza dal contenitore dove arriva il flusso d'acqua.

Soluzione. Applichiamo l'equazione di Bernoulli tra il punto 1 e il punto 2 e risolviamo l'equazione per v_1 , con l'ipotesi che $v_2 \approx 0$, $y_2 - y_1 = h$ e $P_2 = P_0$

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

Nota la velocità di uscita del flusso di acqua dal foro e l'altezza del foro rispetto al pavimento, applicando le equazioni della cinematica per il moto parabolico è possibile determinare la distanza d dal contenitore dove arriva il flusso d'acqua.



Quesito 3.6 (Fluidi: legge di Bernoulli). Un tubo orizzontale di diametro $d_1 = 10$ cm ha una progressiva riduzione del diametro a $d_2 = 5$ cm. Sapendo che la pressione dell'acqua nella sezione più larga è $P_1 = 8 \times 10^4$ Pa, mentre nella sezione più stretta è $P_2 = 6 \times 10^4$ Pa, determinare la velocità del flusso d'acqua nelle due sezioni.

Soluzione. Mettendo a sistema l'equazione di Bernoulli e l'equazione di continuità per le due sezioni, otteniamo

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)/\rho}{(d_1/d_2)^4 - 1}} = \sqrt{\frac{40}{15}} = 1.63 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1 = 6.53 \text{ m/s}$$

Quiz 3.1 (Fluidi: legge di Bernoulli). La strozzatura di un tubo orizzontale in cui scorre un liquido in regime stazionario provoca:

- a) una diminuzione di velocità e un aumento di pressione
- b) un aumento di velocità e una diminuzione di pressione
- c) la velocità e la pressione non cambiano
- d) un aumento di velocità
- e) un aumento di velocità a pressione costante

Soluzione.

La risposta corretta è la b)

4 Termodinamica

Quesito 4.1 (Termodinamica: passaggi di stato). Si vuole fondere un chilogrammo di ghiaccio inizialmente a temperatura $T_1 = 0^\circ\text{C}$. Calcolate il calore necessario per fare avvenire la fusione del ghiaccio.

Nota. I valori delle costanti fisiche sono riportate alla fine del file.

Soluzione. Il calore necessario è dato da

$$Q = m\lambda_f = 1000 \times 334 = 334 \text{ kJ}.$$

Quesito 4.2 (Termodinamica: passaggi di stato). Un litro di acqua a temperatura ambiente $T_1 = 30^\circ\text{C}$ viene raffreddata mescolandola con 50 grammi di ghiaccio a temperatura $T_2 = 0^\circ\text{C}$. Calcolate la temperatura di equilibrio dell'acqua, considerando trascurabile la capacità termica del recipiente e assumendo che alla fine del processo il ghiaccio sia completamente sciolto.

Nota. I valori delle costanti fisiche sono riportate alla fine del file.

Soluzione. Per trovare la temperatura di equilibrio

$$Mc_a(T_1 - T_E) = mc_a(T_E - T_2) + \lambda_f m.$$

Sviluppando i prodotti, ricaviamo T_E

$$T_E = \frac{(MT_1 + mT_2)c_a - \lambda_f m}{(M + m)c_a} = \frac{1000 \times 30 - 79.8 \times 50}{1050} = 24.8^\circ\text{C}.$$

Quesito 4.3 (Termodinamica: passaggi di stato). Un blocco di rame di massa $m_b = 300 \text{ g}$ a temperatura $T_1 = 700^\circ\text{C}$ viene messo a contatto con un blocco di ghiaccio di massa $m_g = 300 \text{ g}$ a temperatura $T_2 = -24^\circ\text{C}$, in un contenitore di capacità termica trascurabile. Quando il sistema raggiunge l'equilibrio termico, nel contenitore è ancora presente una certa quantità di ghiaccio. Calcolate la quantità di ghiaccio che fonde nel processo, trascurando le perdite di calore con l'ambiente esterno.

Nota. I valori delle costanti fisiche sono riportate alla fine del file.

Soluzione. Il blocco di rame in contatto con il ghiaccio cederà calore a quest'ultimo. Il sistema ghiaccio-rame si porterà alla temperatura di equilibrio, che indichiamo con T_e , corrispondente alla temperatura di fusione del ghiaccio, ovvero $T_e = 0^\circ\text{C}$. Il calore ceduto dal rame sarà

$$Q_b = m_b c_b (T_1 - T_e).$$

Questo calore in parte verrà assorbito per alzare la temperatura del ghiaccio da T_2 a T_e e in parte per fondere la quantità di ghiaccio di massa $m_{gf} \text{ g}$.

Dunque:

$$Q_b = m_g c_g (T_e - T_2) + m_{gf} \lambda_f .$$

Eguagliando le due espressioni di Q_b troviamo:

$$m_b c_b (T_1 - T_e) = m_g c_g (T_e - T_2) + m_{gf} \lambda_f ,$$

da cui ricaviamo la massa di ghiaccio che fonde

$$m_{gf} = \frac{m_b c_b (T_1 - T_e) - m_g c_g (T_e - T_2)}{\lambda_f} = 196.5 \text{ g} .$$

Quesito 4.4 (Termodinamica: passaggi di stato). Determinate la temperatura finale di equilibrio T_E della miscela, quando una massa $m_1 = 100 \text{ g}$ di ghiaccio a temperatura $T_1 = 0^\circ\text{C}$ è mescolata con una massa $m_2 = 500 \text{ g}$ di acqua a temperatura $T_2 = 50^\circ\text{C}$, supponendo trascurabile la capacità termica del contenitore.

Nota. I valori delle costanti fisiche sono riportate alla fine del file.

Soluzione.

$$Q_{\text{fusione}} = m_1 \lambda_f = 100 \times 80 = 8 \text{ kcal} .$$

$$Q_1 = m_1 c (T_E - T_1)$$

$$Q_2 = m_2 c (T_2 - T_E)$$

$$Q_2 = Q_1 + Q_f \quad \Rightarrow \quad m_2 c (T_2 - T_E) = m_1 c (T_E - T_1) + m_1 \lambda_f$$

da cui ricaviamo

$$T_E = \frac{(m_2 T_2 + m_1 T_1) c - m_1 \lambda_f}{(m_1 + m_2) c} = \frac{1 \times (500 \times 50) - 8 \times 10^2}{600 \times 1} = 28.3^\circ\text{C} .$$

Quesito 4.5 (Termodinamica: passaggi di stato). Determinate la quantità minima di ghiaccio, inizialmente alla temperatura $T_1 = -18^\circ\text{C}$, che bisogna aggiungere a un litro di acqua distillata, inizialmente alla temperatura $T_2 = 25^\circ\text{C}$, per raffreddarla fino alla temperatura $T_E = 0^\circ\text{C}$.

Nota. I valori delle costanti fisiche sono riportate alla fine del file.

Soluzione. Una parte del calore ceduto dall'acqua va a riscaldare il ghiaccio fino alla temperatura di fusione, l'altra parte fa fondere il ghiaccio.

$$m_a c_a (T_2 - T_E) = m_g \lambda + m_g c_g (T_E - T_1) .$$

da cui ricaviamo la massa di ghiaccio

$$m_g = \frac{m_a c_a (T_2 - T_E)}{\lambda + c_g (T_E - T_1)} = \frac{1000 \times 1 \times 25}{80 + 0.5 \times 18} = 281 \text{ g} .$$

Quesito 4.6 (Termodinamica: passaggi di stato). Determinate la quantità minima di acqua, inizialmente alla temperatura $T_1 = 25^\circ\text{C}$, che bisogna usare per fare fondere completamente un cubetto di ghiaccio di massa $m_g = 200$ g, inizialmente alla temperatura $T_2 = -18^\circ\text{C}$. Assumete che l'acqua e il ghiaccio vengano messi in un contenitore adiabatico e di capacità termica trascurabile.

Nota. I valori delle costanti fisiche sono riportate alla fine del file.

Soluzione. Una parte del calore ceduto dall'acqua va a riscaldare il ghiaccio fino alla temperatura di fusione, l'altra parte fa fondere il ghiaccio.

$$m_a c_a (T_1 - T_E) = m_g \lambda + m_g c_g (T_E - T_2)$$

da cui ricaviamo la massa di acqua

$$m_a = \frac{m_g [\lambda + c_g (T_E - T_2)]}{c_a (T_1 - T_E)} = \frac{0.2(80 + 0.5 \times 18)}{1 \times 25} = 712 \text{ g}$$

Quesito 4.7 (Termodinamica: trasformazioni termodinamiche). Calcolate il lavoro effettuato da una mole di gas perfetto in una espansione isoterma alla temperatura $T_0 = 50^\circ\text{C}$, dal volume iniziale $V_i = 10^{-3} \text{ m}^3$ al volume finale $V_f = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Soluzione. Il lavoro è dato da

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p(V) dV = nRT_0 \ln(V_f/V_i) = 8.314 \times (273.15 + 50) \times \ln(2) \approx 1860 \text{ J} = 1.86 \text{ kJ}.$$

Quesito 4.8 (Termodinamica: trasformazioni termodinamiche). Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente a pressione P_0 e volume V_0 , esegue il seguente ciclo termodinamico reversibile:

- a) riscaldamento isocoro fino a pressione $P = 3P_0$;
- b) espansione isoterma, che riporta il gas a pressione $P = P_0$;
- c) compressione isobara, che completa il ciclo.

Costruite il grafico nel piano (P, V) e calcolate il calore scambiato nelle tre trasformazioni.

Soluzione. Calcoliamo il volume V_1 occupato dal gas dopo l'espansione isoterma:

$$3P_0 V_0 = P_0 V_1;$$

$$V_1 = 3V_0.$$

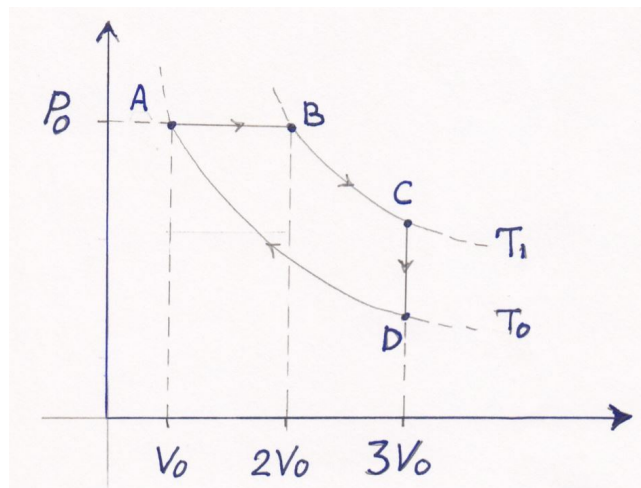
Calcoliamo il calore scambiato nelle tre trasformazioni:

$$Q_{a1} = c_v \Delta T = 3/2 R \times 2T_0 = 3RT_0,$$

$$Q_{a2} = R \times 3T_0 \ln(V_1/V_0) = 3RT_0 \ln 3,$$

$$Q_c = -c_p \Delta T = -5/2 R \times 2T_0 = -5RT_0.$$

Quesito 4.9 (Termodinamica: trasformazioni termodinamiche). Una mole di gas ideale monoatomico esegue una trasformazione isobara reversibile, dallo stato **A** allo stato **B**, e una trasformazione isoterma reversibile, dallo stato **B** allo stato **C**, come mostrato in figura. Nello stato **A** il gas occupa un volume $V_0 = 10 \text{ dm}^3$ alla pressione $P_0 = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$. Calcolare il lavoro fatto e il calore scambiato dal gas nelle due trasformazioni dallo stato **A** allo stato **C**.



Soluzione.

$$Q_1 = \frac{5}{2} P_0 V_0 = \dots$$

$$Q_2 = 2P_0 V_0 \ln(3/2) = \dots$$

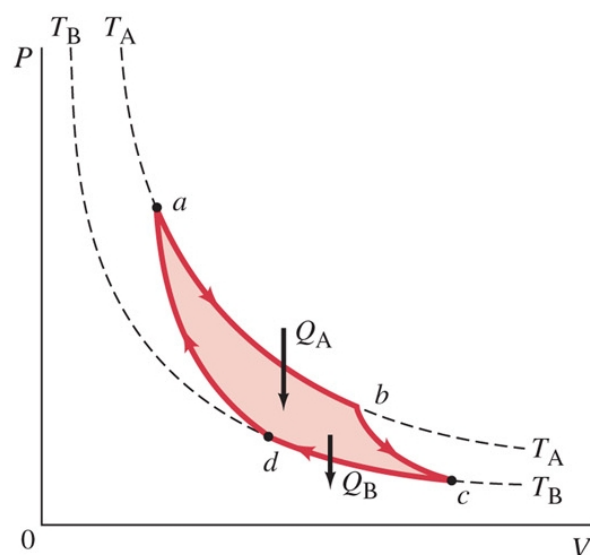
$$Q_3 = -\frac{3}{2} P_0 V_0 = \dots$$

$$Q_4 = -P_0 V_0 \ln(3) = \dots$$

Quesito 4.10 (Termodinamica: cicli). Una macchina termica ideale compie un ciclo di Carnot tra le temperature $T_A = 127^\circ\text{C}$ e $T_B = 27^\circ\text{C}$. Sapendo che il lavoro fatto dalla macchina termica in un ciclo è $W = 5 \text{ kJ}$, calcolate il calore Q_A , assorbito alla temperatura più alta e la variazione di entropia dell'ambiente nella trasformazione isoterma a temperatura T_A .

Soluzione. Conoscendo le temperature di lavoro, possiamo calcolare il rendimento della macchina di Carnot

$$\eta = 1 - \frac{T_B}{T_A} = 1 - \frac{300}{400} = 0.25.$$

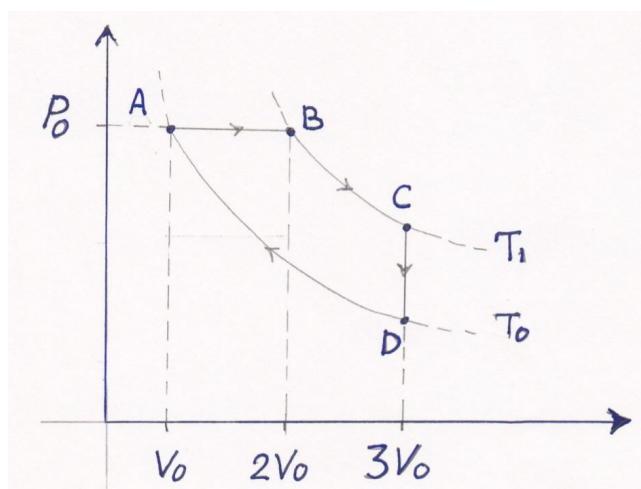


$$Q_A = \frac{W}{\eta} = \frac{5000}{0.25} = 20 \text{ kJ}.$$

La variazione di entropia dell'ambiente nella trasformazione isoterma dallo stato a allo stato b è data semplicemente dal rapporto tra il calore assorbito dal sistema a temperatura T_A e la temperatura a cui avviene la trasformazione T_A

$$\Delta S = -\frac{Q_A}{T_A} = -\frac{20000}{400} = -50 \text{ J/K} = -210 \text{ cal/K}.$$

Quesito 4.11 (Termodinamica: cicli). Una mole di gas ideale monoatomico esegue una espansione isobara reversibile, dallo stato **A** allo stato **B**, una espansione isoterma reversibile, dallo stato **B** allo stato **C**, un raffreddamento isocoro, dallo stato **C** allo stato **D** e una compressione isoterma reversibile, dallo stato **D** allo stato **A**, come mostrato in Figura. Nello stato **A** il gas occupa un volume $V_0 = 10 \text{ dm}^3$ alla pressione $P_0 = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$. Calcolare il rendimento del ciclo termodinamico.



Soluzione.

$$\eta = \frac{(Q_1 + Q_2) - (Q_3 + Q_4)}{Q_1 + Q_2} \Rightarrow$$

$$\eta = \frac{(5/2P_0V_0 + 2P_0V_0 \ln 3/2) - (3/2P_0V_0 + P_0V_0 \ln 3)}{5/2P_0V_0 + 2P_0V_0 \ln 3/2} = 0.22$$

Quesito 4.12 (Termodinamica: cicli). Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente a pressione P_0 e volume V_0 , esegue il seguente ciclo termodinamico reversibile:

- a) riscaldamento isocoro fino a pressione $P = 3P_0$;
- b) espansione isoterma, che riporta il gas a pressione $P = P_0$;
- c) compressione isobara, che completa il ciclo.

Costruite il grafico nel piano (P, V) e calcolate il rendimento del ciclo termodinamico.

Soluzione. Dall'equazione dei gas perfetti, calcoliamo il volume V_1 occupato dal gas dopo l'espansione isoterma:

$$3P_0 V_0 = P_0 V_1;$$

$$V_1 = 3V_0.$$

Calcoliamo il calore scambiato nelle tre trasformazioni:

$$Q_{a1} = c_v \Delta T = 3/2 R \times 2T_0 = 3RT_0,$$

$$Q_{a2} = R \times 3T_0 \ln(V_1/V_0) = 3RT_0 \ln 3,$$

$$Q_c = -c_p \Delta T = -5/2 R \times 2T_0 = -5RT_0.$$

Il rendimento del ciclo è dato da

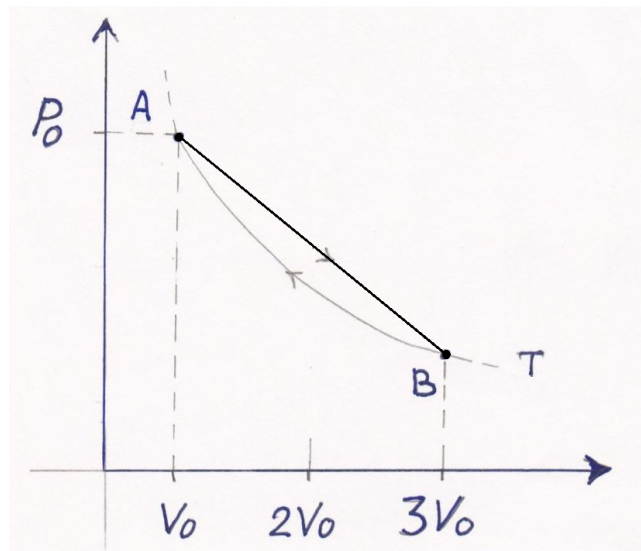
$$\eta = \frac{|Q_a| - |Q_c|}{|Q_a|} = \frac{3 \ln 3 - 2}{3(1 + \ln 3)} = 1 - \frac{5}{3(1 + \ln 3)} = 0.206.$$

Il lavoro nella compressione isobara è $W_{CA} = P_0(V_0 - 3V_0) = -2P_0V_0$.

Quesito 4.13 (Termodinamica: cicli). Una mole di gas ideale monoatomico esegue il ciclo illustrato in figura, una espansione dallo stato **A** allo stato **B** e una compressione isoterma dallo stato **B** allo stato **A**. Sapendo che $V_0 = 10 \text{ dm}^3$ e $P_0 = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$, calcolate il calore scambiato nelle due trasformazioni e il rendimento del ciclo termodinamico.

Soluzione.

$$Q_{AB} = \frac{4}{3} P_0 V_0 = \frac{16}{3} \approx 5.3 \text{ kJ}$$



$$Q_{BA} = nRT \ln(V_0/3V_0) = -P_0V_0 \ln(3) \approx 4.4 \text{ kJ}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_{ass}} = 1 - \frac{|Q_{BA}|}{|Q_{AB}|} = 1 - \frac{3 \ln(3)}{4} \approx 0.18$$

Quesito 4.14 (Termodinamica: cicli). Una mole di gas ideale monoatomico esegue il seguente ciclo termodinamico. Il gas viene espanso adiabaticamente dallo stato **A** allo stato **B**, successivamente il gas viene compresso isotermicamente dallo stato **B** allo stato **C** e infine viene riscaldato isocoricamente dallo stato **C** fino a raggiungere lo stato iniziale **A**. La macchina termica lavora tra due sorgenti che hanno una differenza di temperatura $\Delta T = T_A - T_B = 100 \text{ K}$ e il lavoro fatto dal gas in un ciclo è $W = 500 \text{ J}$. Costruite il grafico del ciclo termodinamico e determinate il suo rendimento.

Soluzione.

$$\eta = \frac{W}{Q_{ass}}$$

$$Q_{ass} = Q_{CA} = nc_V \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} \times 8.31 \times 100 = 1246 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{W}{Q_{ass}} = \frac{500}{1246} = 0.40$$

Quiz 4.1 (Termodinamica: cicli). Sapendo che il rendimento di una macchina termica è di 0.4 e che in ogni ciclo la macchina produce un lavoro $W = 10 \text{ kJ}$, quant'è il calore assorbito?

- a) 25 kW
- b) 10 kJ
- c) nullo

d) 4 kJ

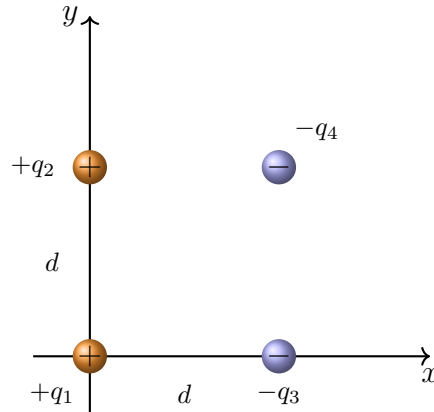
e) 25 kJ

Soluzione.

$$Q_{ass} = \frac{W}{\eta} = \frac{10}{0.4} = 25 \text{ kJ}$$

5 Elettromagnetismo

Quesito 5.1 (Elettromagnetismo: cariche elettriche). Quattro cariche elettriche sono disposte in un piano, come mostrato in figura. Sapendo che $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q = 2 \times 10^{-6}$ C e $d = 10^{-6}$ m, calcolate la forza elettrica esercitata sulla carica posta nell'origine del sistema di riferimento, indicando modulo, direzione e verso.



Soluzione.

Quesito 5.2 (Elettromagnetismo: campo elettrico). Un elettrone si trova inizialmente fermo in una regione di spazio in cui è presente un campo elettrico uniforme di intensità $E = 0.35$ V/m diretto lungo l'asse $\hat{x}$. Descrivete il moto dell'elettrone e calcolate la sua accelerazione (modulo, direzione e verso).

Soluzione. Dalla legge di Coulomb deriva che l'elettrone si muove di moto uniformemente accelerato nella direzione opposta al campo elettrico.

$$\vec{F}_E = -q_e \vec{E} = m_e \vec{a}$$

da cui ricaviamo

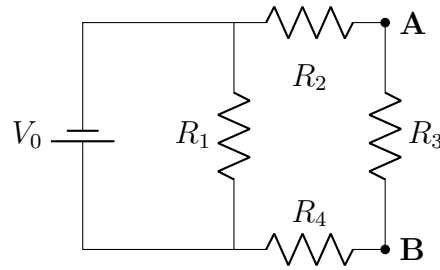
$$\vec{a} = -\hat{x} \frac{q_e E}{m_e} = -\hat{x} 6.15 \times 10^{10} \text{ m/s}^2$$

Quesito 5.3 (Elettromagnetismo: circuiti elettrici). Dato il circuito elettrico di figura, calcolate la potenza elettrica erogata dalla batteria, la corrente che circola in ciascuna resistenza e la tensione V_{AB} ai capi della resistenza R_3 .

$V_0 = 6$ V, $R_1 = 300$ Ω , $R_2 = R_3 = R_4 = 100$ Ω .

Soluzione.

$$R_{eq} = R_1 \parallel (R_2 + R_3 + R_4) = 150 \text{ } \Omega$$



$$I_0 = \frac{V_0}{R_{eq}} = \frac{6}{150} = 40 \text{ mA}$$

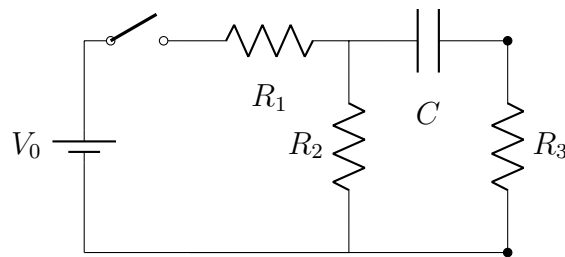
$$I_1 = \frac{V_0}{R_1} = \frac{6}{300} = 20 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_0 - I_1 = 40 - 20 = 20 \text{ mA}$$

$$V_{AB} = I_2 \times R_3 = 0.02 \times 100 = 2 \text{ V}$$

$$P_0 = I_0 \times V_0 = 0.04 \times 6 = 0.24 \text{ W}$$

Quesito 5.4 (Elettromagnetismo: circuiti elettrici). Dato il circuito elettrico di figura, determinate la corrente erogata dalla batteria al tempo $t = 0$, cioè nell'istante in cui viene chiuso il circuito, e al tempo $t \rightarrow \infty$, cioè dopo avere atteso un tempo abbastanza lungo per consentire al condensatore C di caricarsi elettricamente. $V_0 = 12 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega$.



Soluzione. A $t = 0$ il condensatore si comporta come un cortocircuito, per cui la resistenza equivalente del circuito è

$$R_{eq} = R_1 + (R_2 \parallel R_3) = 2 \text{ k}\Omega$$

Quindi la corrente erogata dalla batteria sarà

$$I_0 = \frac{V_0}{R_{eq}} = \frac{12}{2000} = 6 \text{ mA}$$

A $t \rightarrow \infty$ il condensatore si comporta come un circuito aperto, per cui la resistenza equivalente del circuito è

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 3 \text{ k}\Omega$$

Quindi la corrente erogata dalla batteria sarà

$$I_\infty = \frac{V_0}{R_{eq}} = \frac{12}{3000} = 4 \text{ mA}$$

Quesito 5.5 (Elettromagnetismo: campo magnetico). Un protone si muove lungo un'orbita circolare di raggio $R = 14$ cm in un campo magnetico uniforme di intensità $B = 0.35$ T diretto lungo l'asse $\hat{z}$ e perpendicolare alla velocità del protone. Determinare il modulo e verso della velocità del protone.

Soluzione. Dalla legge di Lorentz

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

e dall'equazione del moto circolare uniforme

$$\vec{F} = -\frac{mv^2}{R}\hat{r}$$

uguagliando le forze si ottiene

$$v = \frac{q_p B R}{m_p} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 0.35 \times 0.14}{1.67 \times 10^{-27}} = 4.7 \times 10^6 \text{ m/s}.$$

Applicando la regola della mano destra, si ricava che il verso della velocità è orario.

Quesito 5.6 (Elettromagnetismo: campo magnetico). Un conduttore rettilineo è percorso da una corrente $I = 5$ A. Considerando che il filo è disposto lungo l'asse $\hat{z}$ e che la corrente fluisce nel verso positivo dell'asse $\hat{z}$, determinate il campo magnetico (modulo direzione e verso) generato dalla corrente in un punto dell'asse $\hat{x}$ distante $d = 0.02$ m dal filo.

Soluzione.

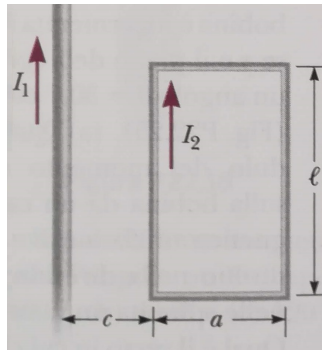
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\vec{I} \wedge \vec{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \hat{y} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{5}{0.02} \hat{y} = \hat{y} \, 50 \, \mu\text{T}$$

Quesito 5.7 (Elettromagnetismo: campo magnetico). Un conduttore rettilineo, percorso da una corrente $I_1 = 5$ A, si trova nello stesso piano di una spira rettangolare, percorsa da una corrente $I_2 = 10$ A, come mostrato in figura. Le dimensioni indicate in figura sono $c = 0.1$ m, $a = 0.15$ m ed $\ell = 0.45$ m. Calcolate la forza totale (modulo, direzione e verso) esercitata sulla spira dal campo magnetico creato dal filo rettilineo percorso dalla corrente I_1 .

Soluzione.

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi c} \hat{x} + \frac{\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi(c+a)} \hat{x} \Rightarrow$$

$$\vec{F} = (-45 + 18) \times 10^{-6} = -27 \times 10^{-6} \hat{x} \text{ N}$$



Quiz 5.1 (Elettromagnetismo: forza di Coulomb). Due particelle cariche sono poste nel vuoto a una certa distanza. Sapendo che la forza elettrostatica tra le due particelle è di 4.00 N, determinate quale sarà la forza esercitata tra le due particelle quando la distanza tra esse è dimezzata.

- a) 1 N
- b) 8 N
- c) 16 N
- d) 4 N
- e) 2 N

Soluzione.

$$F_0 = 4 \text{ N} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \Rightarrow \quad F_1 = k \frac{q_1 q_2}{(r/2)^2} = 4F_0 = 16 \text{ N}$$

Nota. Riportare i risultati numerici con il numero appropriato di cifre significative e specificate le unità di misura.

Costanti fisiche

Accelerazione di gravità: $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

Massa della Terra: $M_T = 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$

Raggio medio della Terra: $R_T = 3.37 \times 10^6 \text{ m}$

Costante di gravitazione universale: $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$

Pressione atmosferica: $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

$\rho_{aria} = 1.30 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{acqua} = 1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

$\rho_{mercurio} = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

$c_{acqua} = 1.00 \text{ cal/g K} = 4.19 \text{ J/g K}$

$c_{ghiaccio} = 0.5 \text{ cal/g K}$

$c_{rame} = 92.4 \text{ cal/kg K}$

$\lambda_f = 80 \text{ cal/g}$

$\lambda_e = 540 \text{ cal/g} = 2260 \text{ J/g}$

$R = 8.31 \text{ J/mole K}$

$1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J}$

$k_c = 1/4\pi\epsilon_0$, dove $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N m}^2$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$

Carica elettrica dell'elettrone: $q_e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Carica elettrica del protone: $q_p = +1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Massa dell'elettrone: $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Massa del protone: $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$