Fondamenti di fisica generale - VII Lezione

I parte - Soluzione degli esercizi 1, 2, 3 e 4 della IV prova di autovalutazione.

II parte - Soluzione degli esercizi 5, 6, 7 e 8 della IV prova di autovalutazione.
Dilatazione termica.
Temperatura ed energia cinetica delle molecole.

Andrea Bettucci

20 novembre 2024

Dipartimento di Scienze di Base e Applicate per l'Ingegneria
Sapienza Università di Roma

Soluzione degli esercizi 1, 2, 3 e 4 della IV prova di autovalutazione

Esercizio 1

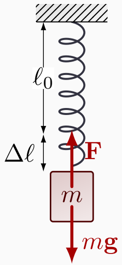
Una molla si allunga di $\Delta\ell = 4\,\text{cm}$ quando viene appesa con un estremo attaccato al soffitto e all'altro estremo viene agganciata una massa $m = 50\,\text{g}$. Se una massa complessiva $M = 150\,\text{g}$ venisse appesa all'estremo libero della molla e venisse fatta oscillare verticalmente, quale sarebbe il periodo di oscillazione?

Esercizio 1

Una molla si allunga di $\Delta\ell = 4\,\text{cm}$ quando viene appesa con un estremo attaccato al soffitto e all'altro estremo viene agganciata una massa $m = 50\,\text{g}$. Se una massa complessiva $M = 150\,\text{g}$ venisse appesa all'estremo libero della molla e venisse fatta oscillare verticalmente, quale sarebbe il periodo di oscillazione?

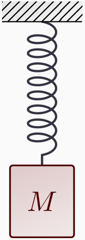
Nella condizione di equilibrio della massa m la forza elastica $\mathbf{F}$ esercitata dalla molla deve essere uguale e contraria alla forza peso $m\mathbf{g}$. Di conseguenza, le due forze devono essere eguali in modulo; si scriverà allora:

$$k\Delta\ell = mg \quad \Rightarrow \quad k = \frac{mg}{\Delta\ell} = 12{,}25\,\text{N/m}.$$

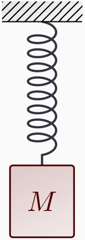


Quando la massa $M = 150\,\text{g}$ è agganciata alla molla, oscillerà con un periodo

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = 0{,}695\,\text{s}.$$

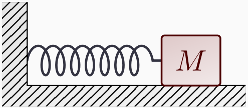


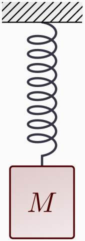
Quando la massa $M = 150\,\mathrm{g}$ è agganciata alla molla, oscillerà con un periodo



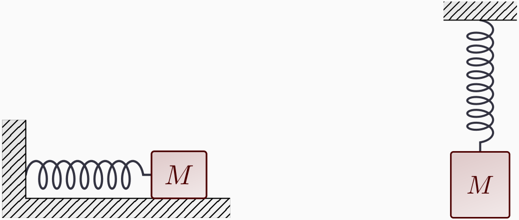
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}} = 0{,}695\,\mathrm{s}.$$

Ma questi due sistemi sono equivalenti dal punto di vista delle caratteristiche del moto oscillatorio???





Un problema metodologico



Se la massa M attaccata alla molla disposta orizzontalmente viene sposata di A dalla posizione di equilibrio, essa oscilla di moto armonico di ampiezza A e pulsazione $\omega_0 = \sqrt{k/M}$ e un periodo $T = 2\pi\sqrt{k/M}$. Si può dire lo stesso per la medesima massa, attaccata alla stessa molla ma disposta verticalmente e sposata della medesima quantità A dalla posizione di equilibrio? Vedi esercizio 3...

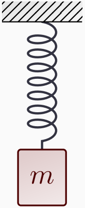
Esercizio 2

Una molla di costante elastica k è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e l'altro estremo libero. Se all'estremo libero della molla viene agganciata una massa m e fatta oscillare verticalmente, si nota che il periodo del moto è T; mentre se una massa M viene aggiunta alla massa m, il periodo di oscillazione diviene $3T$. Si determini M in funzione di m.

Esercizio 2

Una molla di costante elastica k è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e l'altro estremo libero. Se all'estremo libero della molla viene agganciata una massa m e fatta oscillare verticalmente, si nota che il periodo del moto è T; mentre se una massa M viene aggiunta alla massa m, il periodo di oscillazione diviene $3T$. Si determini M in funzione di m.

Se ω_m e ω_{M+m} sono le pulsazioni del moto della massa m ed $M+m$, rispettivamente, si scriverà



$$T = \frac{2\pi}{\omega_m} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad 3T = \frac{2\pi}{\omega_{M+m}} = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}}.$$

Si ha perciò:

$$3\left(2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}\right) = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{k}} \quad \Rightarrow \quad 3\sqrt{m} = \sqrt{M+m} \quad \Rightarrow \quad M = 8m.$$

Esercizio 3

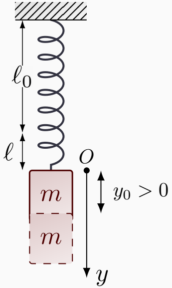
Una molla ideale di costante elastica k è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e si allunga di ℓ quando all'altro estremo viene agganciata una massa m. Successivamente, la massa viene tirata verso il basso di una quantità $y_0 > 0$ e rilasciata. Si determini il periodo di oscillazione della massa.

Esercizio 3

Una molla ideale di costante elastica k è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e si allunga di ℓ quando all'altro estremo viene agganciata una massa m. Successivamente, la massa viene tirata verso il basso di una quantità $y_0 > 0$ e rilasciata. Si determini il periodo di oscillazione della massa.

Nella posizione di equilibrio della massa (molla allungata di ℓ, massa alla quota $y = 0$), la forza peso è equilibrata dalla forza elastica; si scriverà quindi

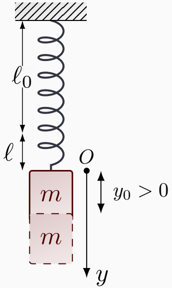
$$mg = k\ell.$$



Quando la massa viene tirata verso il basso della quantità y_0 e rilasciata, l'equazione del moto della massa è:

$$mg - k[\ell + y(t)] = ma_y.$$

$$mg - k[\ell + y(t)] = ma_y = m\frac{d^2y}{dt^2}$$



La parentesi quadra rappresenta la deformazione complessiva della molla.

Si ha quindi

$$mg - k\ell - ky(t) = m\frac{d^2y}{dt^2}.$$

Ma $mg = k\ell$ (vedi slide precedente), cosicché l'equazione del moto della massa m è:

$$-ky(t) = m\frac{d^2y}{dt^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{k}{m}y.$$

la cui soluzione è rappresentata da un moto armonico di ampiezza y_0 attorno alla posizione $y = 0$

Quindi la legge oraria del moto della massa m è:

$$y(t) = y_0 \cos \omega_0 t$$

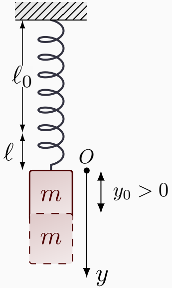
dove

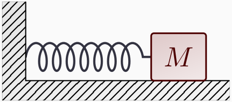
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

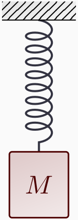
In conclusione, si ha:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

avendo tenuto presente che essendo $mg = k\ell$ allora $k = mg/\ell$.





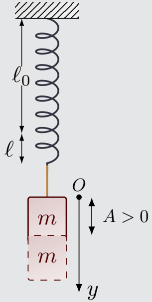


I due sistemi sono equivalenti dal punto di vista delle caratteristiche del moto oscillatorio.

Se la massa M attaccata alla molla disposta orizzontalmente viene sposata di A dalla posizione di equilibrio, essa oscilla di moto armonico di ampiezza A e pulsazione $\omega_0 = \sqrt{k/M}$. Lo stesso accade per la medesima massa, attaccata alla stessa molla ma disposta verticalmente: la massa oscillerà con pulsazione $\omega_0 = \sqrt{k/M}$ attorno alla posizione di equilibrio, quella per la quale la forza peso è equilibrata dalla forza elastica.

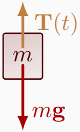
Esercizio 4

Una molla ideale di costante elastica k è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e all'altro estremo è agganciata una massa m tramite un filo inestensibile e privo di massa. Successivamente, la massa viene tirata verso il basso di una quantità A e rilasciata. (*a*) Assumendo che il filo rimanga sempre teso durante il moto qual è la massima accelerazione della massa? (*b*) Se il filo deve rimanere sempre teso durante il moto, qual è il massimo valore possibile di A? (*c*) Si determini il massimo valore di A se m = 0,10 kg e k = 10 N/m.



(a) Dov'è che è massima l'accelerazione della massa?

In ogni istante del moto della massa m, le forze ad essa applicate sono la tensione del filo (che varia nel tempo!) e la forza peso.



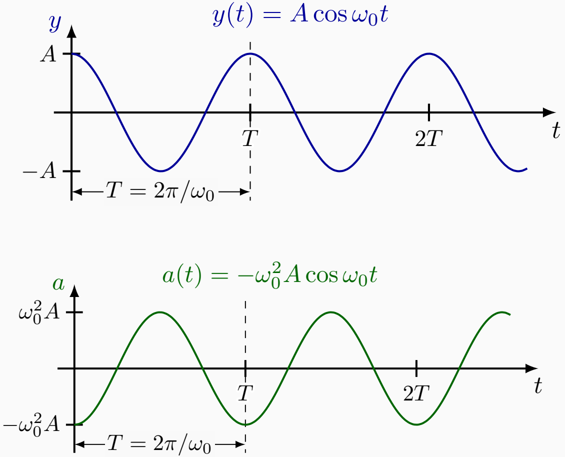
La forza elastica è applicata al filo non alla massa!

Se però il filo rimane sempre teso è come se la m fosse rigidamente attaccata alla molla, ovvero la tensione del filo è in ogni istante uguale alla forza elastica esercitata dalla molla.

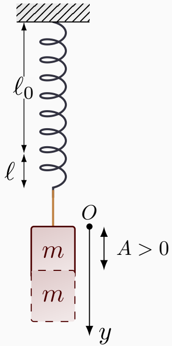
Di conseguenza, il moto della massa è armonico con ampiezza A e pulsazione $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ attorno alla quota $y = 0$

$$y(t) = A \cos \omega_0 t \quad \Rightarrow \quad a(t) = -\omega_0^2 y(t).$$

L'accelerazione ha il valore massimo pari in valore assoluto a $\omega_0^2 A$ quando lo spostamento è massimo: essa è diretta verso l'alto nel punto più basso della traiettoria ($y = +A$), ed è diretta verso il basso nel punto più elevato della traiettoria ($y = -A$).



$y(t) = A\cos\omega_0 t$
y
A
$-A$
T
$2T$
t
$T = 2\pi/\omega_0$
$a(t) = -\omega_0^2 A\cos\omega_0 t$
a
$\omega_0^2 A$
$-\omega_0^2 A$
T
$2T$
t
$T = 2\pi/\omega_0$

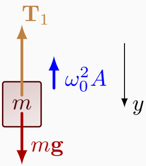


ℓ_0
ℓ
O
m
m
$A > 0$
y

(b) La tensione della fune è massima nel punto più basso 1 della traiettoria ($y = +A$) e minima nel punto più alto 2 della traiettoria ($y = -A$)

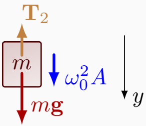
Infatti, nel punto 1 più basso della traiettoria si ha

$$mg - T_1 = -m\omega_0^2 A = -kA \quad \Rightarrow \quad T_1 = mg + kA$$



Mentre nel punto 2 più alto della traiettoria si ha

$$mg - T_2 = m\omega_0^2 A = kA \quad \Rightarrow \quad T_2 = mg - kA$$



Poiché la tensione di una fune non può essere negativa, si ha:

$$T_2 \geq 0 \quad \Rightarrow \quad mg - kA \geq 0 \quad \Rightarrow \quad A \leq \frac{mg}{k}.$$

(c) Se m = 0,10 kg e k = 10 N/m si ha:

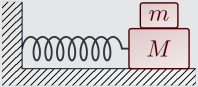
$$A \leq \frac{mg}{k} \quad \Rightarrow \quad A \leq \frac{(0{,}10\,\mathrm{kg})(9{,}8\,\mathrm{m/s^2})}{10\,\mathrm{N/m}} = 98\,\mathrm{mm}.$$

II parte

Soluzione degli esercizi 5, 6, 7 e 8 della IV prova di autovalutazione

Esercizio 5

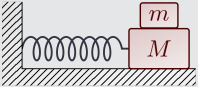
Un blocco di massa M può muoversi su un piano orizzontale liscio. Il blocco oscilla con frequenza ν essendo attaccato all'estremità di una molla disposta orizzontalmente il cui altro estremo è attaccato a una parete verticale.



A un dato istante, un blocco di massa $m < M$ viene piazzato sopra la massa M. È noto il coefficiente di attrito statico μ_s tra i due blocchi. Si determini la massima ampiezza delle oscillazioni che può avere il sistema dei due blocchi sovrapposti senza che vi sia scivolamento di m rispetto a M.

Esercizio 5

Un blocco di massa M può muoversi su un piano orizzontale liscio. Il blocco oscilla con frequenza ν essendo attaccato all'estremità di una molla disposta orizzontalmente il cui altro estremo è attaccato a una parete verticale.



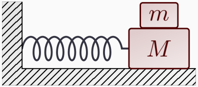
A un dato istante, un blocco di massa $m < M$ viene piazzato sopra la massa M. È noto il coefficiente di attrito statico μ_s tra i due blocchi. Si determini la massima ampiezza delle oscillazioni che può avere il sistema dei due blocchi sovrapposti senza che vi sia scivolamento di m rispetto a M.

Dai dati si può ricavare la costante elastica della molla:

$$\omega_0 = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad \Rightarrow \quad k = 4\pi^2\nu^2 M.$$

Quando la massa m viene poggiata sopra alla massa M cambia la frequenza di oscillazione del sistema.

Se ω_0' è la pulsazione del sistema formato da m ed M deve essere



$$\omega_0'^2 = \frac{k}{M+m} = 4\pi^2\nu^2\frac{M}{M+m}.$$

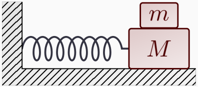
La massa m muovendosi, di moto armonico con pulsazione ω_0', subisce un'accelerazione che è massima nei punti di inversione del moto ed è pari in valore assoluto a:

$$a_{\max} = \omega_0'^2 A = 4\pi^2\nu^2 A\frac{M}{M+m}$$

essendo A l'ampiezza di oscillazione.
Ma se la massa m non deve scivolare rispetto a M è la forza di attrito statico che la deve tenere ferma rispetto alla massa M!

Rispetto a un osservatore che guarda le due masse oscillare, è la forza elastica (che varia nel tempo) che fa muovere M ed è l'attrito statico (anch'esso variabile nel tempo, che fa muovere m.

Poiché il valore massimo della forza di attrito statico è $A_{\max} = \mu_s R_N = \mu_s m g$, allora per la seconda legge della dinamica applicata alla massa m deve essere



$$A_{\max} = m a_{\max} \quad \Rightarrow \quad \mu_s m g = m(4\pi^2 \nu^2 A \frac{M}{M+m})$$

È quindi possibile ricavare per l'ampiezza di oscillazione massima il valore

$$A = \frac{\mu_s g}{4\pi^2 \nu^2} \frac{M+m}{M}.$$

Esercizio 6

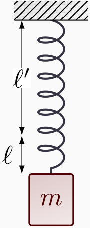
Una molla ideale di costante elastica $k = 800\,\mathsf{N/m}$ è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e all'altro estremo è agganciata una massa $m = 2\,\mathsf{kg}$. La massa viene tirata verso il basso di una quantità $\ell = 20\,\mathsf{cm}$ dalla posizione di equilibrio e rilasciata. (*a*) Qual è l'ampiezza e la pulsazione del moto? (*b*) Qual è la velocità e l'accelerazione della massa m quando si trova a una distanza $\bar{\ell} = 12\,\mathsf{cm}$ dalla posizione di equilibrio?

Esercizio 6

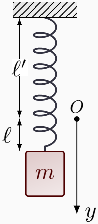
Una molla ideale di costante elastica $k = 800\,\mathrm{N/m}$ è disposta verticalmente con un estremo attaccato al soffitto e all'altro estremo è agganciata una massa $m = 2\,\mathrm{kg}$. La massa viene tirata verso il basso di una quantità $\ell = 20\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio e rilasciata. (*a*) Qual è l'ampiezza e la pulsazione del moto? (*b*) Qual è la velocità e l'accelerazione della massa m quando si trova a una distanza $\bar{\ell} = 12\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio?

(*a*) Poiché La massa viene tirata verso il basso di una quantità $\ell = 20\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio (molla lunga ℓ') e rilasciata, eseguirà un moto armonico di ampiezza ℓ. La pulsazione è

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{800\,\mathrm{N/m}}{2\,\mathrm{kg}}} = 20\,\mathrm{rad/s}.$$



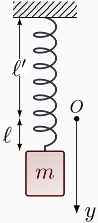
(*b*) Poiché il moto della massa m è armonico, l'accelerazione è legata allo spostamento $y(t) = \ell \cos \omega_0 t$ dalla relazione



$$a(t) = -\omega_0^2 y(t) = -\omega_0^2 \ell \cos \omega_0 t = -\omega_0^2 y(t).$$

Quindi per uno spostamento $\bar{\ell} = 12\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio $a(\bar{\ell}) = -48\,\mathrm{m/s^2}$ diretta verso l'alto; per uno spostamento $\bar{\ell} = -12\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio $a(\bar{\ell}) = 48\,\mathrm{m/s^2}$ diretta verso il basso.

(b) Poiché il moto della massa m è armonico, l'accelerazione è legata allo spostamento $y(t) = \ell \cos \omega_0 t$ dalla relazione



$$a(t) = -\omega_0^2 y(t) = -\omega_0^2 \ell \cos \omega_0 t = -\omega_0^2 y(t).$$

Quindi per uno spostamento $\bar{\ell} = 12\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio $a(\bar{\ell}) = -48\,\mathrm{m/s^2}$ diretta verso l'alto; per uno spostamento $\bar{\ell} = -12\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio $a(\bar{\ell}) = 48\,\mathrm{m/s^2}$ diretta verso il basso.

La velocità della massa è:

$$v(t) = \frac{dy}{dt} = -\omega_0 \ell \sin \omega_0 t.$$

D'altra parte è:

$$\sin^2 \omega_0 t + \cos^2 \omega_0 t = 1 \quad \Rightarrow \quad \sin \omega_0 t = \pm\sqrt{1 - \cos^2 \omega_0 t}.$$

Ma:

$$y(t) = \ell \cos \omega_0 t \quad \Rightarrow \quad \cos \omega_0 t = \frac{y(t)}{\ell}$$

e, di conseguenza si ha:

$$\sin \omega_0 t = \pm\sqrt{1 - \frac{y(t)^2}{\ell^2}}.$$

Si ottiene:

$$v(t) = -\omega_0 \ell \sin \omega_0 t = \pm\omega_0 \ell \sqrt{1 - \frac{y(t)^2}{\ell^2}} = \pm\omega_0 \sqrt{\ell^2 - y(t)^2}.$$

Se $\bar{t}$ è l'istante nel quale la massa si è spostata di $\bar{\ell} = 12\,\mathrm{cm}$ dalla posizione di equilibrio, allora deve essere

$$v(\bar{t}) = \pm\omega_0 \sqrt{\ell^2 - \bar{\ell}^2} = \pm 3{,}2\,\mathrm{m/s}.$$

Il segno positivo corrisponde alla massa che si sta muovendo verso il basso; quello negativo al movimento della massa verso l'alto.

Esercizio 7

In quale istante il blocco dell'esercizio precedente raggiunge il punto distante $d = 10\,\text{cm}$ al di sotto della posizione di equilibrio?

Esercizio 7

In quale istante il blocco dell'esercizio precedente raggiunge il punto distante $d = 10\,\mathsf{cm}$ al di sotto della posizione di equilibrio?

Sappiamo che il moto della massa è dato dalla legge

$$y(t) = \ell \cos \omega_0 t.$$

Se $t^\star$ è l'istante in cui la massa raggiunge il punto distante $d = 10\,\mathsf{cm}$ al di sotto della posizione di equilibrio, deve essere

$$y(t^\star) = d \quad \Rightarrow \quad d = \ell \cos \omega_0 t^\star \quad \Rightarrow \quad 0{,}1\,\mathsf{m} = 0{,}2\,\mathsf{m} \cos\left[(20\,\mathsf{rad/s})t^\star\right]$$

da cui si ha

$$\cos\left[(20\,\mathsf{rad/s})t^\star\right] = \frac{1}{2} \quad \Rightarrow \quad (20\,\mathsf{rad/s})t^\star = \frac{\pi}{3} \quad \Rightarrow \quad t^\star = \frac{\pi}{60}\,\mathrm{s}.$$

Esercizio 8

Una massa attaccata a una molla si muove di moto armonico. La velocità massima della massa è $v_{\max} = 3\,\mathrm{m/s}$, mentre l'accelerazione massima è $a_{\max} = 18\,\mathrm{m/s^2}$. Qual è l'ampiezza e la frequenza del moto della massa?

Esercizio 8

Una massa attaccata a una molla si muove di moto armonico. La velocità massima della massa è $v_{\max} = 3\,\mathrm{m/s}$, mentre l'accelerazione massima è $a_{\max} = 18\,\mathrm{m/s^2}$. Qual è l'ampiezza e la frequenza del moto della massa?

Non sapendo la posizione della massa all'istante iniziale del moto $t = 0$, la legge oraria del moto della massa, supponendo che il moto avvenga in direzione x, si scriverà nella forma

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

Di conseguenza per la velocità e l'accelerazione della massa si scriverà:

$$v(t) = -\omega A\sin(\omega t + \varphi) \qquad\qquad a(t) = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi),$$

ottenendo così:

$$\begin{cases} v_{\max} &= \omega A \\ a_{\max} &= \omega^2 A. \end{cases}$$

Si può allora ricavare

$$\omega = \frac{a_{\max}}{v_{\max}} = 18\,\mathrm{rad/s}.$$

In conclusione, si trova:

$$A = \frac{v_{\max}}{\omega} = 0{,}5\,\mathrm{m} \qquad \mathrm{e} \qquad \nu = \frac{\omega}{2\pi} = 0{,}95\,\mathrm{Hz}.$$

Ovviamente si poteva scrivere $x(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$, cosicché si avrebbe avuto

$$v(t) = \omega A \cos(\omega t + \varphi) \qquad\qquad a(t) = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi),$$

ottenendo così:

$$\begin{cases} v_{\max} & = \omega A \\ a_{\max} & = \omega^2 A \end{cases}$$

come nel caso precedente.

Dilatazione termica

La maggior parte delle sostanze
si espande quando viene riscaldata
e si contrae quando viene raffreddata

L’entità dell’espansione o della contrazione
varia a seconda della sostanza.

DILATAZIONE LINEARE

Se si considera una sottile sbarra solida di lunghezza ℓ_0 alla temperatura T_0, si trova sperimentalmente che la lunghezza ℓ alla temperatura $T = T_0 + \Delta T$ è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura $\Delta T = T - T_0$ e alla lunghezza originale ℓ_0:

$$\ell = \ell_0(1 + \alpha \Delta T).$$

Il coefficiente di proporzionalità $\alpha > 0$ è detto **coefficiente di espansione lineare** per quel dato materiale e si misura in $(°\mathrm{C})^{-1}$.
Ne deriva che: $\ell > \ell_0$ per $\Delta T > 0$; $\ell < \ell_0$ per $\Delta T < 0$.

Esempio

Un perno di titanio utilizzato in una protesi dentale è lungo 10,0000 mm alla temperatura di 10 °C. Sapendo che il coefficiente di espansione lineare del titanio vale $8{,}41 \times 10^{-6}\,{}^\circ\mathrm{C}^{-1}$, si determini la variazione percentuale di lunghezza del perno quando la sua temperatura viene portata a 50 °C.

Se $\ell_0 = 10{,}0000\,\mathrm{mm}$ è la lunghezza del perno alla temperatura $T_0 = 10\,{}^\circ\mathrm{C}$, la lunghezza ℓ alla temperatura $T = 50\,{}^\circ\mathrm{C}$ è data da:

$$\ell = \ell_0\,[1 + \alpha(T - T_0)] \quad \Rightarrow \quad \ell = 10\,\mathrm{mm}\left[1 + 8{,}41 \times 10^{-6}\,{}^\circ\mathrm{C}^{-1}(40\,{}^\circ\mathrm{C})\right]$$

da cui si ricava $\ell \simeq 10{,}0034\,\mathrm{mm}$. Si ha perciò:

$$\frac{\Delta l}{\ell_0} = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} \simeq 3{,}36 \times 10^{-4} \simeq 0,034\%.$$

DILATAZIONE VOLUMICA

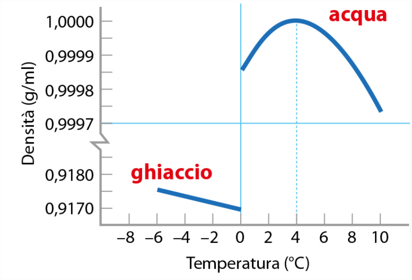
Al variare della temperatura tutte le dimensioni lineari di un solido si alterano e la dilatazione di volume risulta naturalmente legata a quella lineare. Se V_0 e V sono i volumi alle temperature di riferimento T_0 e $T = T_0 + \Delta T$, si può scrivere:

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T).$$

Il coefficiente di proporzionalità $\beta > 0$ è detto **coefficiente di espansione volumica** per quel dato materiale e si misura in $(^\circ \mathrm{C})^{-1}$. Si ha: $V > V_0$ per $\Delta T > 0$; $V < V_0$ per $\Delta T < 0$.

IL COMPORTAMENTO ANOMALO DELL'ACQUA AL DI SOTTO DI 4 °C

L'acqua ha la sua massima densità (volume minimo) a 4 °C. Tale comportamento anomalo della densità in funzione della temperatura rispetto ad altri liquidi è di grande importanza per la sopravvivenza della vita acquatica durante inverni freddi poiché evita il congelamento delle acque profonde.



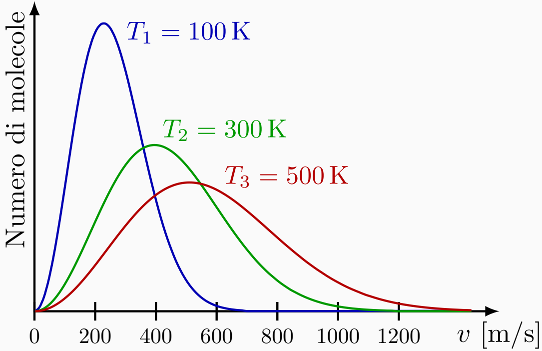
Temperatura ed energia cinetica delle molecole

- Le molecole di un solido o di un fluido sono continuamente in moto detto moto di agitazione termica: il moto è casuale per gas, mentre per gli altri materiali si ha un moto di oscillazione intorno alle loro posizioni di equilibrio.
- La temperatura è sempre proporzionale all'energia cinetica media posseduta dalle molecole.
- In particolare, per un gas rarefatto (gas perfetto) si trova che: la temperatura assoluta del gas è direttamente proporzionale all'energia cinetica media delle molecole in moto casuale.

$$T_{\text{assoluta}} = \frac{1}{3k_b}\left(\frac{1}{2}m\overline{v^2}\right)$$

essendo m la massa di una molecola e $\overline{v^2}$ il valore medio del quadrato della velocità della molecola. La costante $k_b = 1{,}380\,650\,5 \times 10^{-23}\ \mathrm{JK}^{-1}$ è detta costante di Boltzmann.

Più alta è la temperatura del gas,
più velocemente si muovono le molecole.



Distribuzione delle velocità delle molecole di un gas perfetto: distribuzione di Maxwell

Velocità media a 0 °C e 1 atm per alcuni gas

Gas	$\overline{v}$ (m/s)
H_2	1838
He	1311
N_2	493
O_2	461
CO	493
CO_2	393