Fisica

Appunti di Fisica 2

Michele prof. Perini

IISS Copernico Pasoli - Liceo Scientifico

A.S. 2023-2024

- Energia potenziale
- Energia potenziale gravitazionale
- Energia potenziale elastica
- Forze conservative
- Conservazione dell'energia meccanica
- Non conservazione dell'energia meccanica
- Potenza

5. Temperatura e calore
   - Temperatura:definizione operativa
   - Calore:definizione
   - Equilibrio termico
   - Scale termometriche
   - Dilatazione lineare
   - Dilatazione superficiale

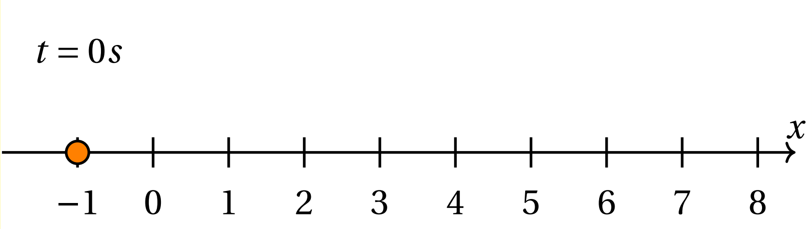
- Dilatazione volumica
- Legge fondamentale della termologia
- Stati di aggregazione
- Calore e passaggi di stato
- Curva di riscaldamento

Moto 1D

Ci occuperemo di seguito della descrizione del moto dei corpi puntiformi, senza occuparci delle cause del moto. Definiremo le grandezze fisiche che descrivono il moto dei corpi, occupandoci dapprima del caso unidimensionale e poi dei casi bidimensionale e tridimensionale.
Per descrivere il moto di un corpo è necessario stabilire un sistema di riferimento sia spaziale che temporale.

Posizione

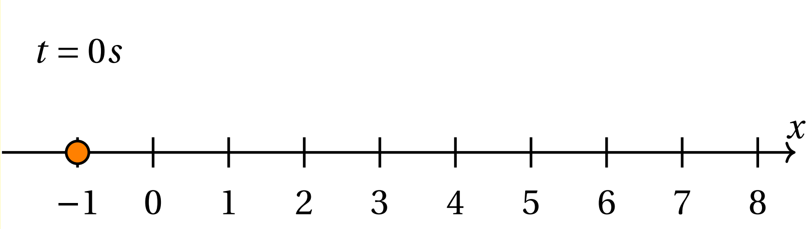
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

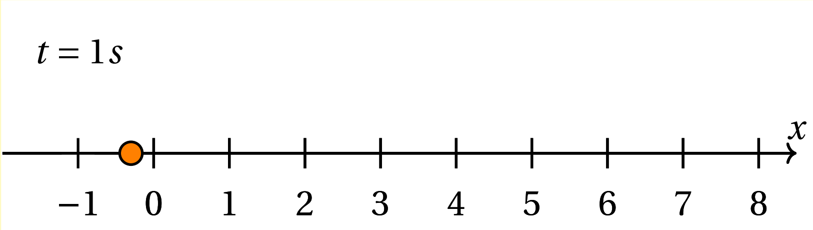
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

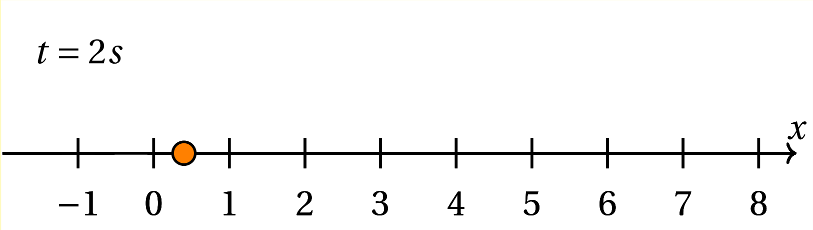
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

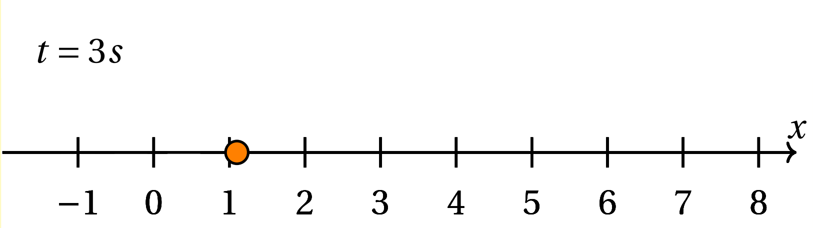
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

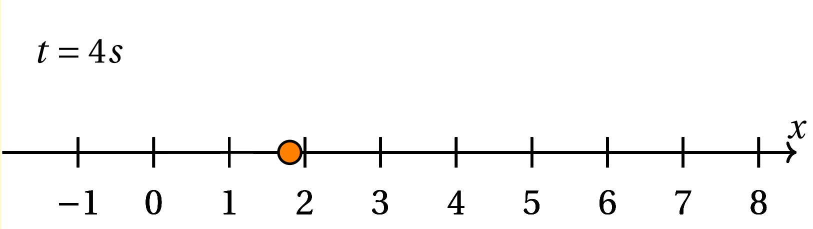
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

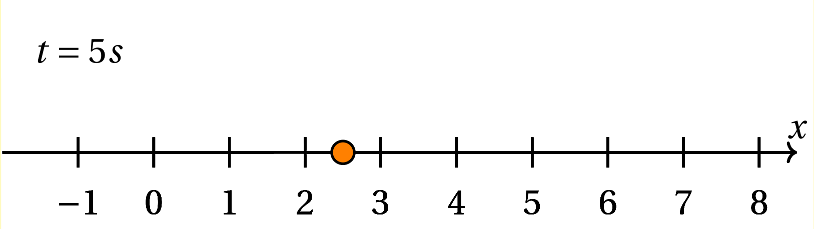
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

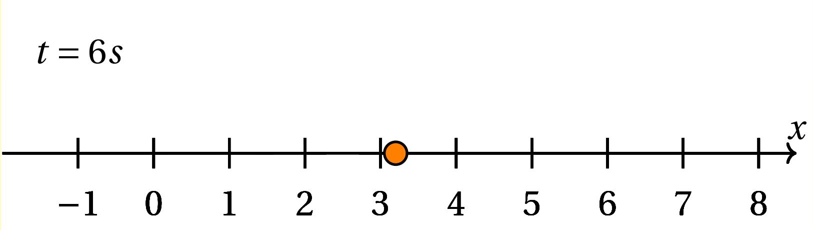
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

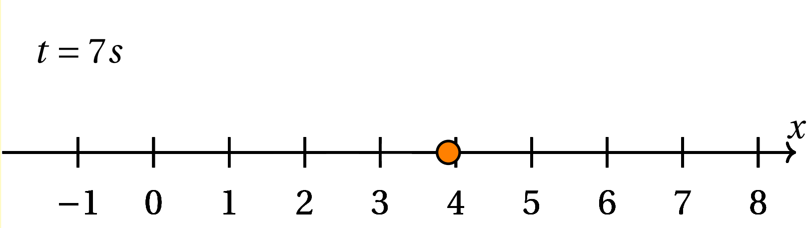
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

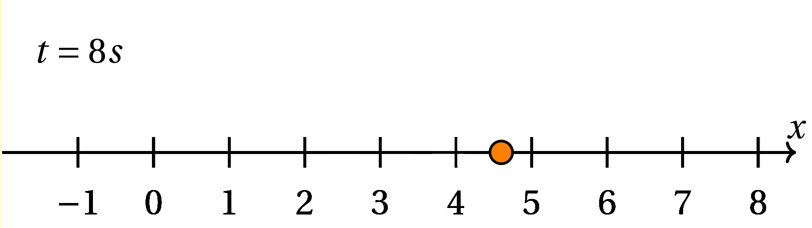
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

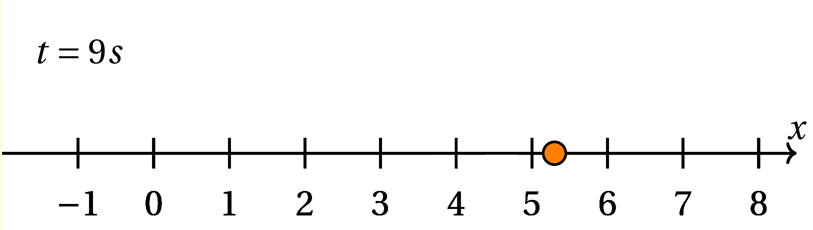
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

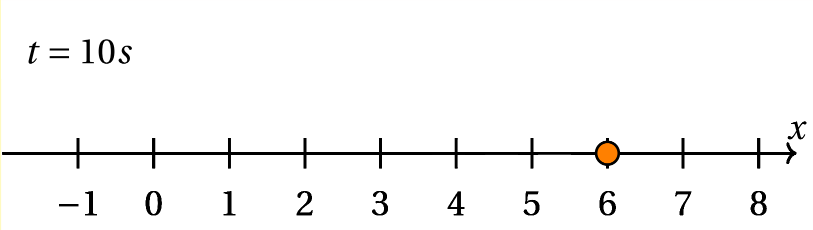
La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Posizione

La posizione di un corpo può essere descritta da una funzione del tempo, cioè, una relazione che abbini ad ogni istante di tempo una posizione.



In simboli la posizione di un dato oggetto in un certo istante di tempo si sintetizza con la scrittura: $x(t)$.

Velocità media e velocità istantanea

velocità media:

$$v_{[t_1;t_2]} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

velocità istantanea $\left(\text{se } t_1 < t < t_2 \text{ e } t_2 \to t_1\right)$:

$$v(t) = \lim_{t_2 \to t_1} \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{dx(t)}{dt}$$

Moto rettilineo uniforme

Il moto di un oggetto che si muove con velocità costante lungo una linea retta si dice rettilineo uniforme.

$$v(t) = v = \frac{x(t) - x(0)}{t - 0} \rightarrow x(t) = v\,t + x(0)$$

Grafico v-t e posizione nel moto rettilineo uniforme:

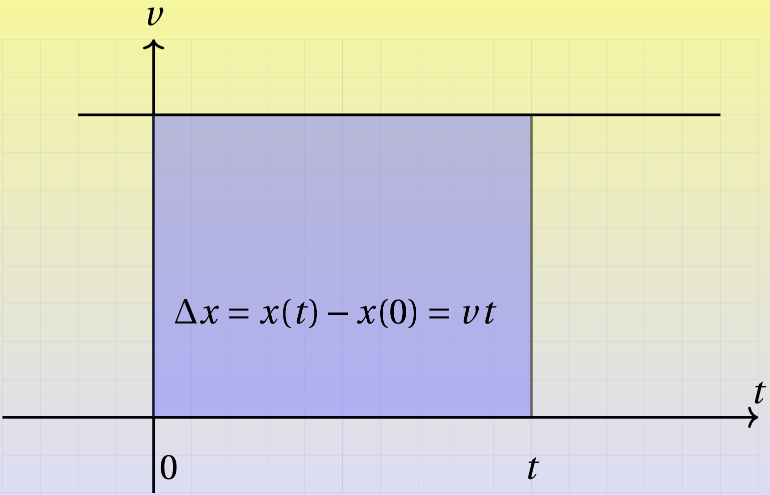
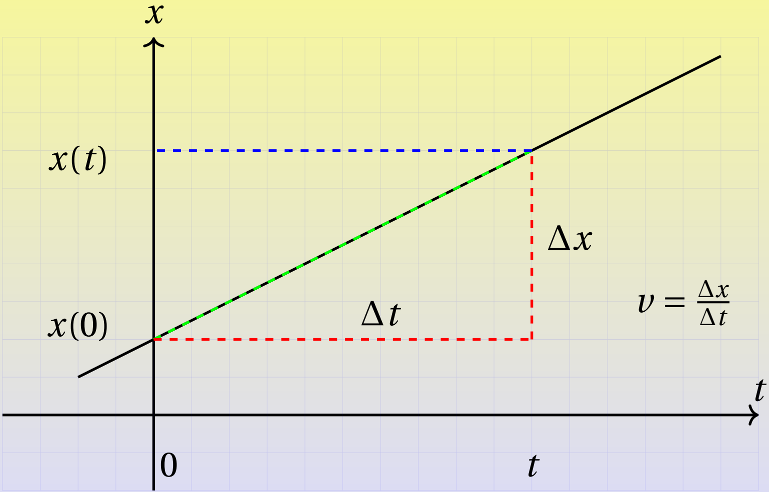


Grafico x-t e velocità nel moto rettilineo uniforme:



Accelerazione media e accelerazione istantanea

accelerazione media:

$$a_{[t_1;t_2]} = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

accelerazione istantanea $\left(\text{se } t_1 < t < t_2 \text{ e } t_2 \to t_1\right)$:

$$a(t) = \lim_{t_2 \to t_1} \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

Moto rettilineo uniformemente accelerato

Il moto di un oggetto che si muove con accelerazione costante lungo una linea retta si dice rettilineo uniformemente accelerato.

$$a(t) = a = \frac{v(t) - v(0)}{t - 0} \rightarrow v(t) = at + v(0)$$

Grafico a-t e velocità nel moto rettilineo uniformemente accelerato:

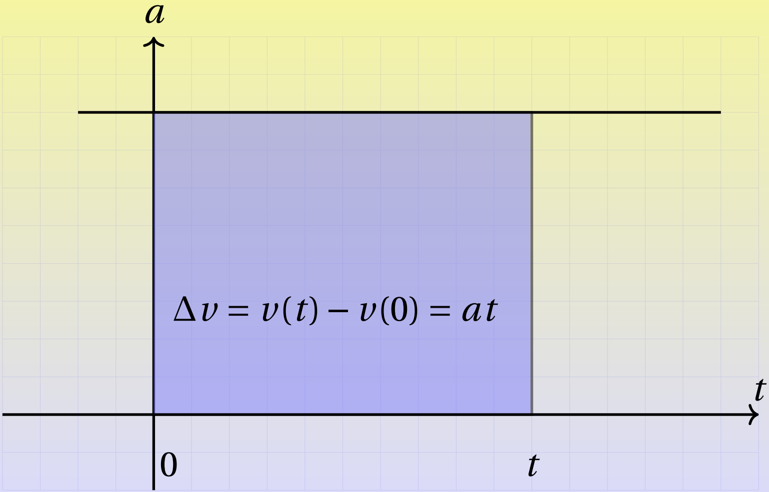


Grafico v-t e accelerazione nel moto rettilineo uniformemente accelerato:

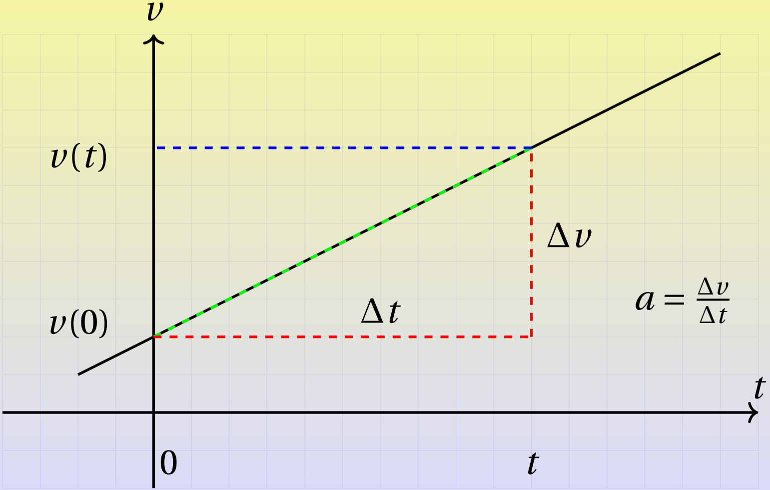
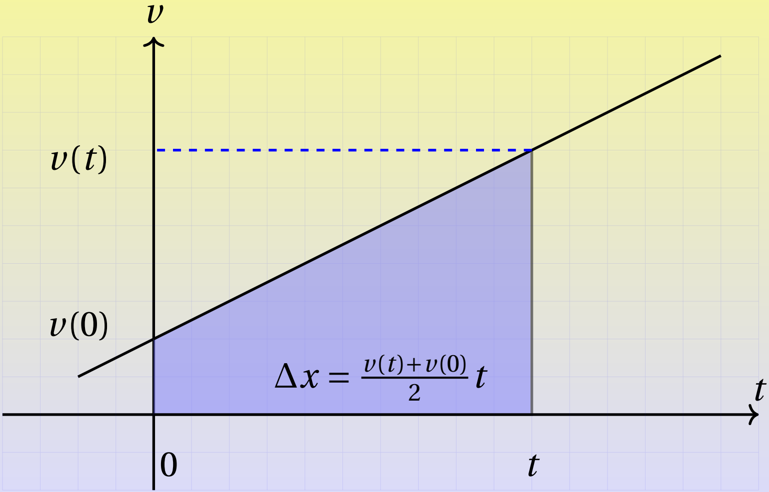


Grafico v-t e posizione nel moto rettilineo uniformemente accelerato:



Legge oraria MRUA

Equazione del moto nel moto rettilineo uniformemente accelerato.
Dall'analisi del grafico v-t si ha che:

$$\Delta x = \frac{v(t) + v(0)}{2} t \rightarrow$$

$$\rightarrow x(t) - x(0) = \frac{at + v(0) + v(0)}{2} t \rightarrow$$

$$\rightarrow x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + v(0) t + x(0)$$

In sintesi per il moto rettilineo uniformemente accelerato valgono le equazioni:

In sintesi per il moto rettilineo uniformemente accelerato valgono le equazioni:

$$a(t) = a$$

$$v(t) = at + v(0)$$

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v(0)\,t + x(0)$$

In sintesi per il moto rettilineo uniformemente accelerato valgono le equazioni:

$$a(t) = a$$

$$v(t) = at + v(0)$$

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v(0)\,t + x(0)$$

$$a(t) = 0$$

$$v(t) = v(0) = v$$

$$x(t) = vt + x(0)$$

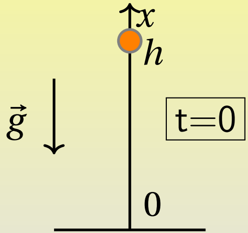
Moto di caduta dei gravi:

Le equazioni del moto di un corpo che cade a partire da fermo da una certa altezza h da terra sono:

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

$$v(t) = -g\,t$$

Moto di caduta dei gravi:

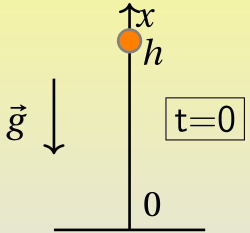


Le equazioni del moto di un corpo che cade a partire da fermo da una certa altezza h da terra sono:

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

$$v(t) = -g\,t$$

Moto di caduta dei gravi:



$$x(0) = h$$
$$v(0) = 0$$
$$a(t) = -g$$

Le equazioni del moto di un corpo che cade a partire da fermo da una certa altezza h da terra sono:

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

$$v(t) = -gt$$

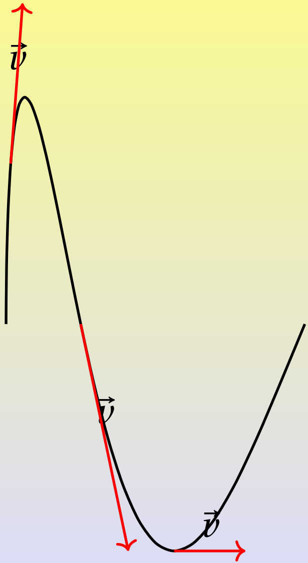
Moto 2D

La posizione di un punto può essere descritta da un vettore posizione le cui componenti sono le proiezioni della posizione sugli assi x, y al variare del tempo:

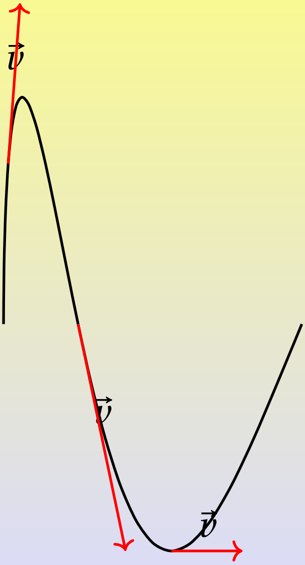
$$\vec{s(t)} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix}$$

Moto 2D

Moto 2D



Moto 2D



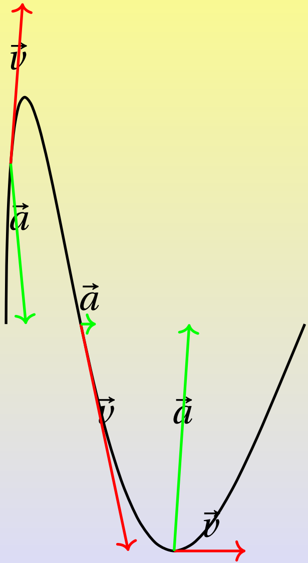
Velocità:

$$\vec{v(t)} = \frac{d\vec{s}}{dt} = \begin{pmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{pmatrix}$$

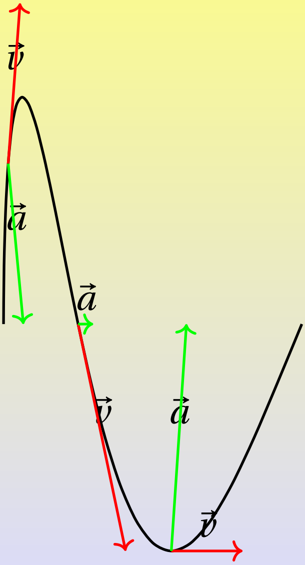
$\vec{v(t)}$ è tangente alla traiettoria in ogni punto della stessa.

Moto 2D

Moto 2D



Moto 2D



Accelerazione:

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \begin{pmatrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{pmatrix} =$$

$$= \vec{a}_{\parallel} + \vec{a}_{\perp}$$

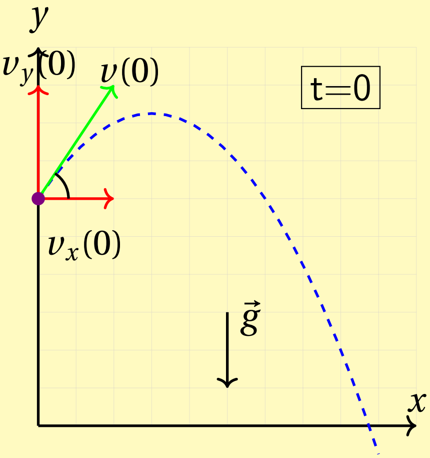
l'accelerazione può essere sempre decomposta nella somma di una accelerazione parallela e una perpendicolare alla velocità.

Moto parabolico

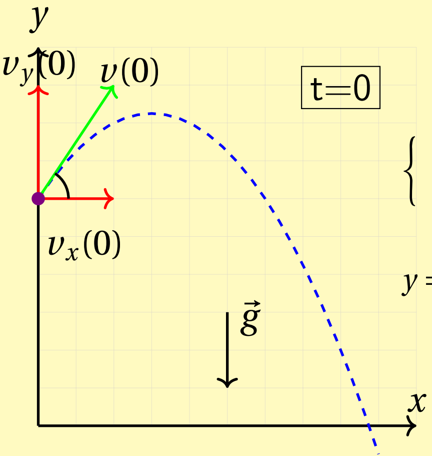
Moto parabolico

Moto 2D

Moto parabolico

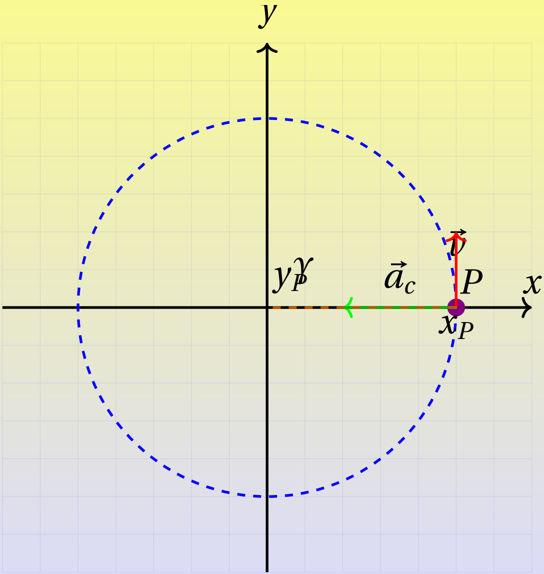


Moto parabolico



$$\begin{cases} x(t) = v_x(0)\,t \\ y(t) = -\frac{g}{2}t^2 + v_y(0)\,t + y(0) \end{cases}$$

$$y = -\frac{g}{2v_x^2(0)}x^2 + \frac{v_y(0)}{v_x(0)}x + y(0)$$


y
x
y_P
γ
$\vec{a}_c$
$\vec{v}$
P
x_P

Un moto circolare uniforme è il moto di un punto P che si muove con velocità costante in modulo lungo una circonferenza di raggio r. La posizione del punto è completamente definita dal raggio della circonferenza e dall'angolo γ. Il moto circolare è caratterizzato da altre grandezze descrittive caratteristiche quali periodo, frequenza e velocità angolare.

Accelerazione centripeta

Un punto in moto circolare uniforme subisce una accelerazione radiale (a_c), detta accelerazione centripeta:

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

Angolo e sua unità di misura

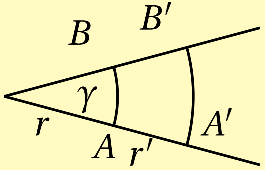
Un angolo per la geometria razionale è la porzione di piano compresa tra due semirette. Questa definizione di angolo non è fisicamente soddisfacente in quanto misurare porzioni di piano infinitamente estese non è per nulla semplice. Si risolve la situazione definendo in modo operativo un angolo come rapporto tra arco e raggio.

Angolo e sua unità di misura

Un angolo per la geometria razionale è la porzione di piano compresa tra due semirette. Questa definizione di angolo non è fisicamente soddisfacente in quanto misurare porzioni di piano infinitamente estese non è per nulla semplice. Si risolve la situazione definendo in modo operativo un angolo come rapporto tra arco e raggio.

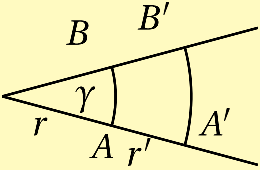
Angolo e sua unità di misura

Un angolo per la geometria razionale è la porzione di piano compresa tra due semirette. Questa definizione di angolo non è fisicamente soddisfacente in quanto misurare porzioni di piano infinitamente estese non è per nulla semplice. Si risolve la situazione definendo in modo operativo un angolo come rapporto tra arco e raggio.



Angolo e sua unità di misura

Un angolo per la geometria razionale è la porzione di piano compresa tra due semirette. Questa definizione di angolo non è fisicamente soddisfacente in quanto misurare porzioni di piano infinitamente estese non è per nulla semplice. Si risolve la situazione definendo in modo operativo un angolo come rapporto tra arco e raggio.

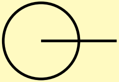


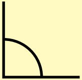
$$\gamma = \frac{\widehat{AB}}{r} = \frac{\widehat{A'B'}}{r'}$$

Angolo e sua unitá di misura

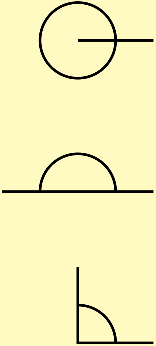
Angolo e sua unitá di misura

Angolo e sua unitá di misura





Angolo e sua unitá di misura



L'unità di misura degli angoli è il radiante.

Angolo giro:

$\gamma = 2\pi$

Angolo piatto:

$\gamma = \pi$

Angolo retto:

$\gamma = \frac{\pi}{2}$

Periodo e frequenza

Il periodo (T) è il tempo impiegato dal punto P a compiere un giro di circonferenza. La frequenza (f) è il numero di giri effettuati dal punto P in un certo intervallo di tempo:

$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{n}{nT} = \frac{1}{T}$$

l'unità di misura della frequenza è l'Hertz (Hz) oppure s^{-1}.

Velocità angolare 1D

Velocità angolare media:

$$\omega_{[t_1;t_2]} = \frac{\gamma(t_2) - \gamma(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\gamma}{\Delta t}$$

Connessione tra grandezze angolari e lineari 1D:

$$\overset{\frown}{AB} = r\gamma$$

$$v = r\omega$$

Sulla velocità angolare valgono le relazioni:

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

Moto circolare uniforme: leggi orarie

La definizione di velocità angolare è formalmente identica alla definizione di velocità, valgono quindi le leggi del moto:

$$\omega(t) = \omega(0) = \omega$$

$$\gamma(t) = \omega t + \gamma(0)$$

Primo principio della dinamica o principio d'inerzia

Esistono sistemi di riferimento, detti inerziali, rispetto ai quali **un corpo** non soggetto a forze si muove di moto rettilineo uniforme.
Per un osservatore inerziale si ha che:

$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{0} \rightarrow v\vec{(t)} = \vec{v}$$

Secondo principio della dinamica

Per un osservatore inerziale la risultante delle forze applicate ad **un corpo** è pari al prodotto della massa del corpo per la sua accelerazione:

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

Terzo principio della dinamica

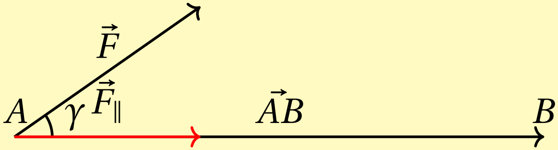
In un sistema chiuso o isolato (un sistema sul quale la risultante delle forze agenti esterne al sistema è nulla) la somma delle forze agenti complessivamente su **tutti i corpi** è sempre nulla.

$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$$

Il terzo principio non è in contrasto con il secondo. Il secondo principio riguarda i singoli corpi mentre il terzo descrive una caratteristica relativa ad un insieme di corpi interagenti tra loro.

Lavoro (forza costante e spostamento rettilineo)

Il lavoro per andare dal punto A al punto B è il prodotto scalare della forza per lo spostamento.



$$L_{AB} = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos\gamma = \vec{F}_\parallel \cdot \vec{AB}$$

Energia

L'energia è la capacità di compiere un lavoro.

Esistono diverse forme di energia. Di seguito ci occuperemo dell'energia legata alla velocità (cinetica) e di quella legata alla posizione (potenziale).
L'unità di misura del lavoro e dell'energia è il Joule (J).

Se si compie un lavoro su un corpo se ne può variare la velocità.

Energia cinetica (K)

$$\Delta K = K_B - K_A = L_{AB}$$

$$\boxed{K = \frac{1}{2} m v^2}$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

Energia cinetica

Possiamo giustificare la definizione di energia cinetica ipotizzando di applicare al corpo una forza costante che ne faccia variare la velocità, in questo caso l'oggetto si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato:

$$\Delta K = F\Delta s = ma\Delta s = ma\left(\frac{1}{2}a\Delta t^2 + v_A\Delta t\right) =$$

$$= m\left(\frac{1}{2}(a\Delta t)^2 + v_A a\Delta t\right) = m\left(\frac{1}{2}(v_B - v_A)^2 + v_A(v_B - v_A)\right) =$$

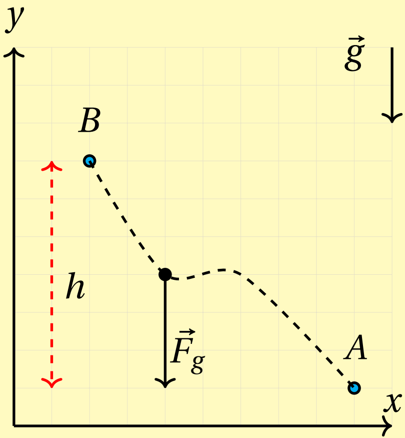
$$= \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

L'equazione che definisce la funzione di stato energia cinetica è sempre valida (nell'ambito della fisica classica). Per le energie legate alla posizione abbiamo invece differenti espressioni a seconda delle differenti situazioni analizzate. Per ora vedremo nel dettaglio l'energia potenziale legata all'altezza rispetto alla superficie terrestre in prossimità della stessa (energia potenziale gravitazionale) e quella legata all'allungamento di una molla (energia potenziale elastica). **In generale si ha che la variazione di energia potenziale sia** $\Delta U = U_B - U_A = -L_{AB}$**.**

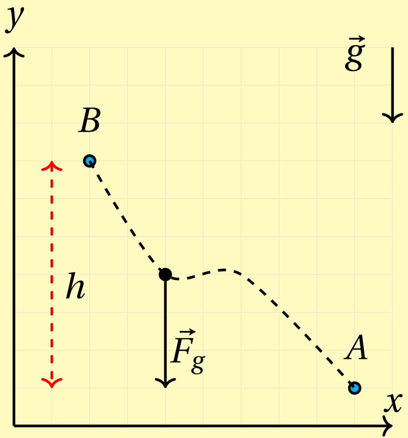
Energia potenziale gravitazionale

Energia potenziale gravitazionale

Energia potenziale gravitazionale



Energia potenziale gravitazionale

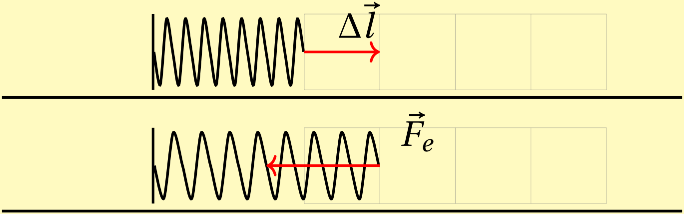


$$\Delta U = U_B - U_A = -L_{AB} =$$

$$= mg\left(y_B - y_A\right) = mgh$$

$$\boxed{U = mgy}$$

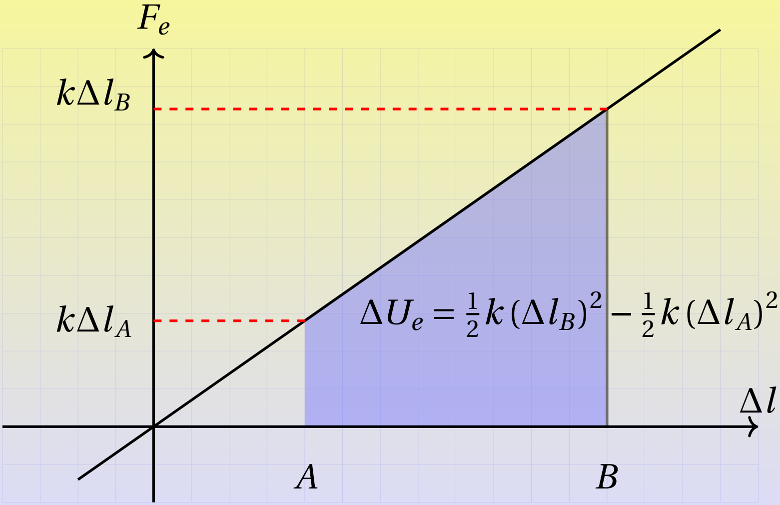
Energia potenziale elastica



$$\Delta U_e = U_{eB} - U_{eA} = \frac{1}{2}k\,(\Delta l_B)^2 - \frac{1}{2}k\,(\Delta l_A)^2$$

$$\boxed{U_e = \frac{1}{2}k\,(\Delta l)^2}$$

Grafichiamo F_e in funzione di Δl:



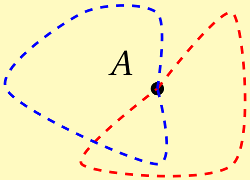
Forze conservative

Quasi tutte le forze fisiche di cui ci occupiamo sono conservative con alcune eccezioni significative. Gli attriti, ad esempio, sono tipiche forze non conservative, il lavoro delle forze d'attrito dipende dal percorso effettuato ed, in generale, è non nullo lungo un percorso chiuso.

Forze conservative

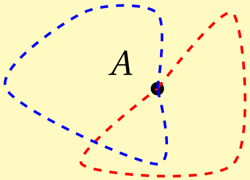
Quasi tutte le forze fisiche di cui ci occupiamo sono conservative con alcune eccezioni significative. Gli attriti, ad esempio, sono tipiche forze non conservative, il lavoro delle forze d'attrito dipende dal percorso effettuato ed, in generale, è non nullo lungo un percorso chiuso.

Forze conservative



Quasi tutte le forze fisiche di cui ci occupiamo sono conservative con alcune eccezioni significative. Gli attriti, ad esempio, sono tipiche forze non conservative, il lavoro delle forze d'attrito dipende dal percorso effettuato ed, in generale, è non nullo lungo un percorso chiuso.

Forze conservative



Una forza si dice conservativa se il lavoro della forza lungo qualsiasi percorso chiuso da A ad A stesso vale 0.

Quasi tutte le forze fisiche di cui ci occupiamo sono conservative con alcune eccezioni significative. Gli attriti, ad esempio, sono tipiche forze non conservative, il lavoro delle forze d'attrito dipende dal percorso effettuato ed, in generale, è non nullo lungo un percorso chiuso.

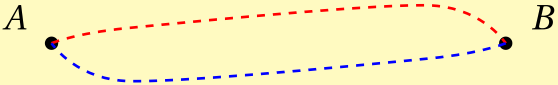
Conservazione dell'energia meccanica

Energia meccanica e sua conservazione

L'energia meccanica è la somma dell'energia cinetica e di quella potenziale. In un sistema in cui agiscano solo forze conservative l'energia meccanica si conserva. Si ha:

$$L_{AB} + L_{BA} = 0 \rightarrow L_{AB} - L_{AB} = 0 \rightarrow \Delta K + \Delta U = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow K_B - K_A + U_B - U_A = 0 \rightarrow \boxed{K_A + U_A = K_B + U_B}$$



Energia meccanica e forze non conservative

Se in un sistema agiscono anche forze non conservative l'energia meccanica varia. In particolare si ha:

$$\Delta E = L_{\text{forze non conservative}} \rightarrow \Delta K + \Delta U = L_{\text{forze non conservative}} \rightarrow$$

$$\rightarrow K_B - K_A + U_B - U_A = L_{\text{forze non conservative}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{E_B - E_A = L_{\text{forze non conservative}}}$$

Potenza

La potenza è il lavoro nell'unità di tempo:

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

L'unità di misura della potenza è il Watt (W).

Temperatura

La temperatura è la grandezza fisica scalare che si misura con il termometro.

Esistono differenti tipi di termometro (termometro a liquido, termometro a gas, termometro a diodo, ...). Per la sua semplicità, di seguito, faremo riferimento solamente al funzionamento del termometro a liquido.

Calore

Il calore è energia che si trasferisce spontaneamente da un oggetto a temperatura più alta ad uno a temperatura più bassa.

Equilibrio termico

Due oggetti posti a contatto scambiano calore sino al raggiungimento della medesima temperatura; la temperatura raggiunta dai due oggetti alla fine del processo di scambio di calore si chiama temperatura di equilibrio e i due oggetti si dicono in equilibrio termico.

Scale termometriche

Esistono diverse scale termometriche:

É possibile passare dalla scala Celsius alla scala Kelvin utilizzando la seguente relazione:

$$T(K) = 273,15 + T(^\circ C)$$

La temperatura misurata in Kelvin è sempre positiva.

Scale termometriche

Esistono diverse scale termometriche:

- scala Fahrenheit (°F);

É possibile passare dalla scala Celsius alla scala Kelvin utilizzando la seguente relazione:

$$T(K) = 273,15 + T(°C)$$

La temperatura misurata in Kelvin è sempre positiva.

Scale termometriche

Esistono diverse scale termometriche:

- scala Fahrenheit (°F);
- scala Celsius o centigrada (°C);

É possibile passare dalla scala Celsius alla scala Kelvin utilizzando la seguente relazione:

$$T(K) = 273,15 + T(°C)$$

La temperatura misurata in Kelvin è sempre positiva.

Scale termometriche

Esistono diverse scale termometriche:

- scala Fahrenheit (°F);
- scala Celsius o centigrada (°C);
- scala Kelvin (K), unità di misura SI.

É possibile passare dalla scala Celsius alla scala Kelvin utilizzando la seguente relazione:

$$T(K) = 273,15 + T(^{\circ}C)$$

La temperatura misurata in Kelvin è sempre positiva.

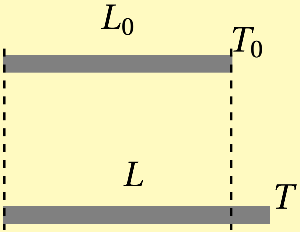
Dilatazione lineare (legge sperimentale)

λ è detto coefficiente di dilatazione lineare, la sua unità di misura è $\frac{1}{K}$. Il coefficiente di dilatazione lineare descrive la tendenza dei diversi materiali ad espandersi o contrarsi al variare della temperatura ed è tipicamente un valore "piccolo".

Dilatazione lineare (legge sperimentale)

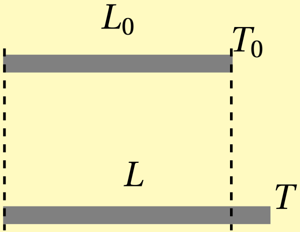
λ è detto coefficiente di dilatazione lineare, la sua unità di misura è $\frac{1}{K}$. Il coefficiente di dilatazione lineare descrive la tendenza dei diversi materiali ad espandersi o contrarsi al variare della temperatura ed è tipicamente un valore "piccolo".

Dilatazione lineare (legge sperimentale)



λ è detto coefficiente di dilatazione lineare, la sua unità di misura è $\frac{1}{K}$. Il coefficiente di dilatazione lineare descrive la tendenza dei diversi materiali ad espandersi o contrarsi al variare della temperatura ed è tipicamente un valore "piccolo".

Dilatazione lineare (legge sperimentale)



$$\Delta L = \lambda L_0 \Delta T$$

$$L - L_0 = \lambda L_0 (T - T_0)$$

$$L = L_0 (1 + \lambda \Delta T)$$

$$L = L_0 (1 + \lambda (T - T_0))$$

λ è detto coefficiente di dilatazione lineare, la sua unità di misura è $\frac{1}{K}$. Il coefficiente di dilatazione lineare descrive la tendenza dei diversi materiali ad espandersi o contrarsi al variare della temperatura ed è tipicamente un valore "piccolo".

Dilatazione superficiale (materiali isotropi)

$$L = L_0 (1 + \lambda \Delta T)$$

$$L^2 = L_0^2 (1 + \lambda \Delta T)^2$$

$$S = S_0 \left(1 + 2\lambda \Delta T + \underbrace{\lambda^2 \Delta T^2}_{\approx 0} \right)$$

$$S = S_0 (1 + 2\lambda \Delta T)$$

Dilatazione volumica (materiali isotropi)

$$L = L_0\,(1 + \lambda \Delta T)$$

$$L^3 = L_0^3\,(1 + \lambda \Delta T)^3$$

$$V = V_0 \left(1 + 3\lambda \Delta T + \underbrace{3\lambda^2 \Delta T^2 + \lambda^3 \Delta T^3}_{\approx 0} \right)$$

$$V = V_0\,(1 + 3\lambda \Delta T)$$

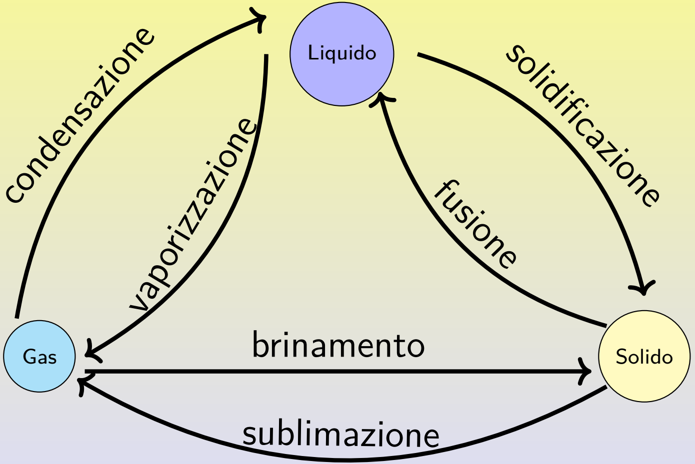
Legge fondamentale della termologia

Se non vi sono passaggi di stato il calore necessario a far variare di ΔT una certa massa m di una data sostanza è:

$$Q = m \cdot c \cdot (T_B - T_A)$$

c è detto calore specifico del corpo, la sua unità di misura è $\frac{J}{kg \cdot K}$.

Stati di aggregazione della materia:



Calore latente

Se vi sono passaggi di stato il calore necessario a far cambiare lo stato di una certa massa m di una data sostanza è:

$$Q = L \cdot m$$

L è detto calore latente del corpo, la sua unità di misura è $\frac{J}{kg}$.

Curva di riscaldamento: