FISICA GENERALE I

Dott.ssa Annalisa Allocca

Università degli Studi di Napoli,
Compl. Univ. Monte S.Angelo – Dipartimento di Fisica
Via Cinthia, I-80126, Napoli

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare,
sez. Napoli
Studio: 1G16, Edificio 6
+39-081-676345
annalisa.allocca@unina.it

Organizzazione

- **Sito web:** www.docenti.unina.it/annalisa.allocca
  - La registrazione al sito si può effettuare inserendo numero di matricola e pin oppure tramite SPID per chi non fosse ancora in possesso di matricola
  - Il materiale didattico si trova sulla pagina web

- **Libri di testo adottati:**
  - Mazzoldi, Nigro, Voci «Elementi di Fisica – Meccanica e Termodinamica» Vol. 1 - Edises Napoli
  - Halliday, Resnick, Walker «Fondamenti di Fisica» - Ambrosiana Milano
  - Serway, Jewett «Principi di Fisica» - Edises Napoli

Argomenti di oggi:

- Elementi di cinematica
  - Accelerazione
  - Moto armonico
  - Moti su traiettoria curvilinea
  - Moto circolare

Accelerazione

$\bar{v}_m = \frac{\Delta \bar{r}}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t \to 0]{\lim} \bar{v} = \frac{d\bar{r}}{dt}$

Variazione della velocità nel tempo

$$\bar{a}_m = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{\bar{v}(t+\Delta t) - \bar{v}(t)}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t \to 0]{\lim} \bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} \to \frac{m/s}{s}$$

$$\bar{a} = \frac{d}{dt}\left(\frac{d\bar{r}}{dt}\right) = \frac{d^2}{dt^2}\bar{r}(t) \qquad \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

Accelerazione

Variazione della velocità nel tempo

Accelerazione media

$$\overrightarrow{\boldsymbol{a}_m} = \frac{\vec{\boldsymbol{v}}(t+\Delta t) - \vec{\boldsymbol{v}}(t)}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{\boldsymbol{\Delta v}}}{\Delta t}$$

Accelerazione istantanea

$$\vec{\boldsymbol{a}} = \frac{d\vec{\boldsymbol{v}}}{dt} = \frac{d}{dt}\frac{d\vec{\boldsymbol{r}}}{dt} = \frac{d^2\vec{\boldsymbol{r}}}{dt^2}$$

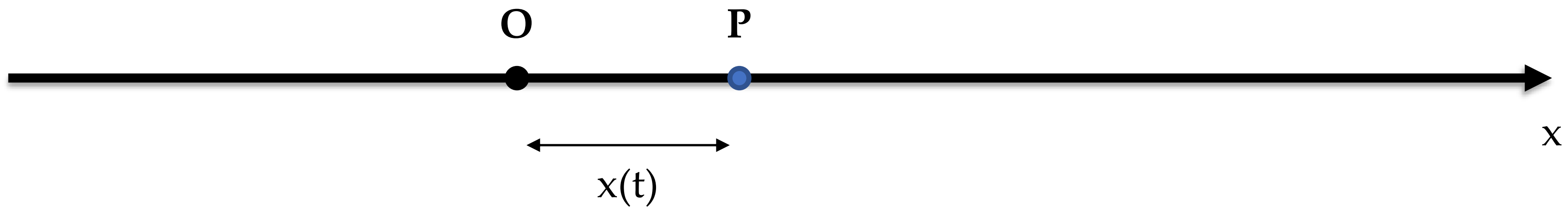
Analisi dimensionale:
[a] = [L][T^-2] = $^{m}/_{s^2}$

Moto rettilineo - accelerazione

Moto unidimensionale

$\bar{r} = r\,\hat{u}_x = x\,\hat{u}_x$

$\bar{v} = v_x\,\hat{u}_x$



Nel moto rettilineo $\vec{\boldsymbol{r}}, \vec{\boldsymbol{v}}$ *ed* $\vec{\boldsymbol{a}}$ hanno la stessa direzione e hanno una sola componente:

$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad \mathrm{x(t)} = \mathrm{x}(t_0) + \int_{t_0}^{t} v_x(t)dt$$

$$\boxed{a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \qquad v_x(t) = v_x(t_0) + \int_{t_0}^{t} a_x(t)dt}$$

Moto uniformemente accelerato

Accelerazione costante durante il moto

$$v = \frac{dx}{dt} \rightarrow x(t) = x_0 + \int_{t_0}^{t} v(t')\,dt'$$

- Legge oraria della velocità

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow v(t) = v(t_0) + \int_{t_0}^{t} a(t')\,dt'$$

a = cost. rispetto a t $\Rightarrow v(t) = v(t_0) + a\int_{t_0}^{t} dt'$

$$v(t) = v(t_0) + a(t - t_0)$$

Integrale di una costante

$$\int_{x_1}^{x_2} \text{cost.}\,dx \overset{\text{cost}}{=} X\Big|_{x_1}^{x_2} = \text{cost.}(x_2 - x_1)$$

Moto uniformemente accelerato

$v_0 = v(t)$

$$\boxed{v(t) = v_0 + a(t - t_0)}$$

- Legge oraria della posizione

$$x(t) = x_0 + \int_{t_0}^{t} v(t')\,dt' =$$

$$x_0 + \int_{t_0}^{t} v_0\,dt' + \int_{t_0}^{t} a(t' - t_0)\,dt' = x_0 + v_0(t - t_0) + a \boxed{\int_{t_0}^{t} (t' - t_0)\,dt'}$$

$$\int_{t_0}^{t} t'\,dt' - \int_{t_0}^{t} t_0\,dt'$$

$$\frac{t^2}{2} - \frac{t_0^2}{2} - t_0(t - t_0) = \underbrace{\frac{t^2}{2} + \frac{t_0^2}{2} - t_0 t}_{\frac{1}{2}(t - t_0)^2}$$

$$x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{a}{2}(t - t_0)^2$$

$t_0 = 0$

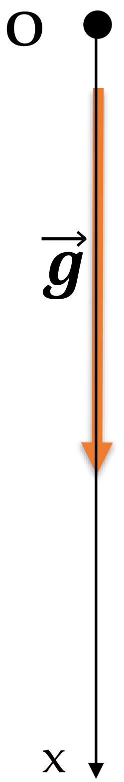
$$\Downarrow$$

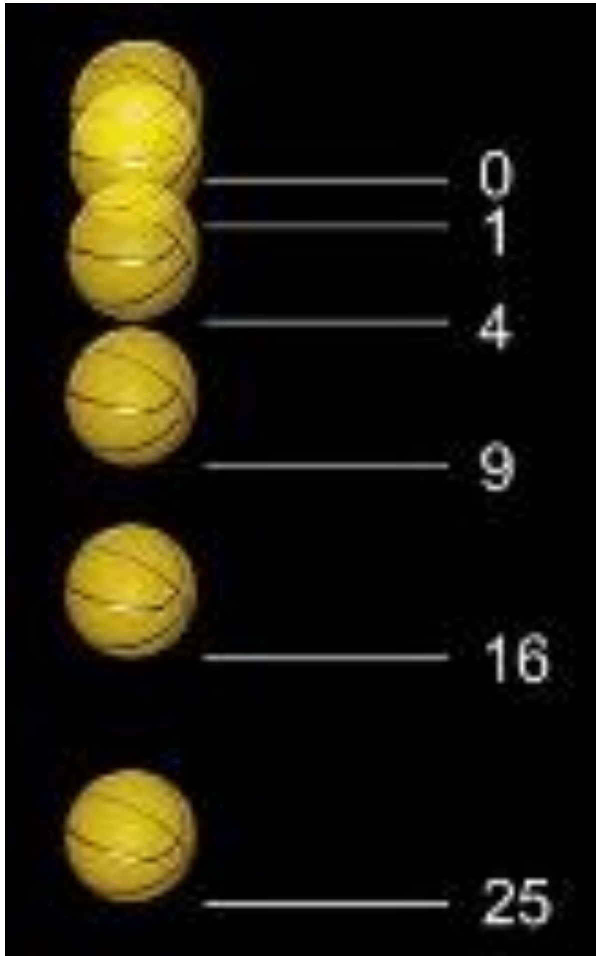
$$\boxed{x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2}$$

Caso particolare di moto uniformemente accelerato: moto verticale di un corpo

Un corpo lasciato libero di cadere in prossimità della superficie terrestre si muove verso il basso con un’accelerazione costante $\mathbf{g} = \mathbf{9,8}\,\frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{s^2}}$

→ **accelerazione di gravità**



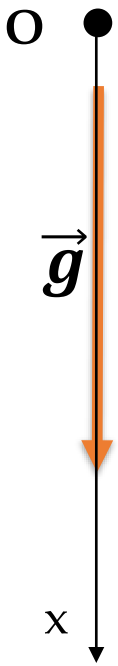


<u>Vettore accelerazione</u>
Modulo → g
Direzione → perpendicolare alla superficie terrestre
Verso → diretta verso il centro della terra

Corpi in caduta libera

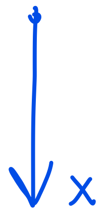
Attenzione a come è orientato il sistema di riferimento!

$$g = -9{,}8\,\frac{m}{s^2}$$



$$g = 9{,}8\,\frac{m}{s^2}$$

Leggi orarie del moto di caduta libera



- Velocità

$$v(t) = v_0 + at \Rightarrow v_0 + gt$$

- Posizione

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

Caduta libera da un’altezza h

- $v_0 = 0$

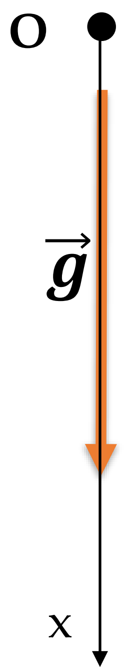
$v(t) = \cancel{v_0} + gt$

$x(t) = x_0 + \cancel{v_0 t} + \frac{1}{2} g t^2$

0

0

$v_0 > 0$



- $v_0 > 0$

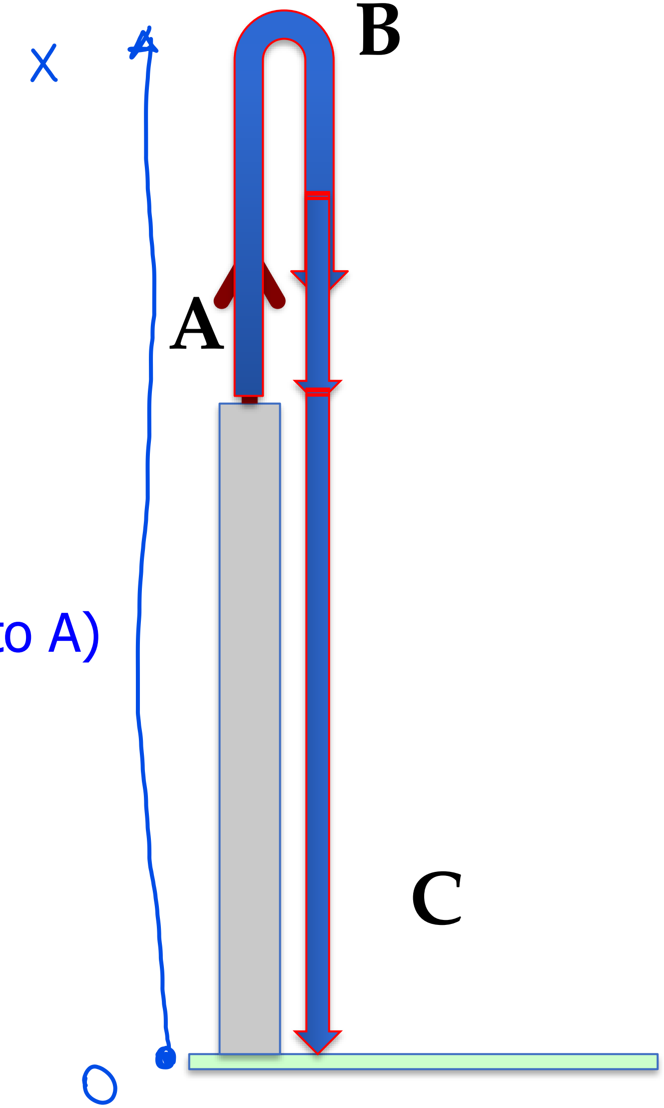
Caduta libera da un'altezza h

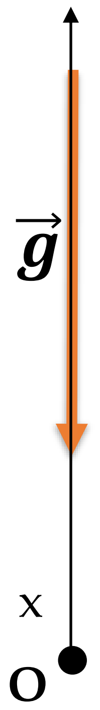
Vo = 20 m/s   velocità di lancio
(diretta verso l'alto)

H = 50 m   Altezza edificio

Calcolare:

- Il tempo per raggiungere l'altezza max (punto B)
- L'altezza massima raggiunta sopra l'edificio
- Il tempo necessario per tornare al punto di lancio (punto A)
- La velocità della pietra in questo istante
- La velocità e posizione a t=5s
- La posizione a t= 6s
- La velocità con cui la pietra tocca il suolo (punto C)
- L'istante in cui tocca il suolo

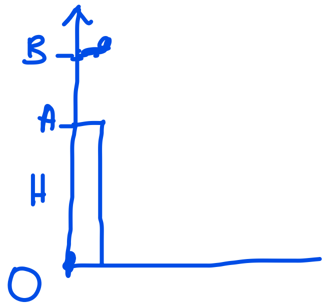




Velocità e accelerazione in funzione della posizione

$$v(t_B) = v_0 - g t_B = 0 \Longrightarrow t_B = \frac{v_0}{g} \Leftarrow$$

$$x(t_B) = x_0 + v_0 t_B - \frac{1}{2} g t_B^2 = H + v_0 t_B - \frac{1}{2} g t_B^2$$



$$x(t) = x_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = (H + x_B) - \frac{1}{2} g t^2 = H$$

Velocità e accelerazione in funzione della posizione

Equazioni cinematiche

- Moto rettilineo uniforme

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{x0}t \\ v(t) = v_{x0} = \text{costante} \end{cases}$$

Posizione in funzione del tempo

Velocità costante

- Moto uniformemente accelerato

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{x0}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \\ v(t) = v_{x0} + a_x t \\ a(t) = a_{x0} = \text{costante} \end{cases}$$

Posizione in funzione del tempo

Velocità in funzione del tempo

Accelerazione costante

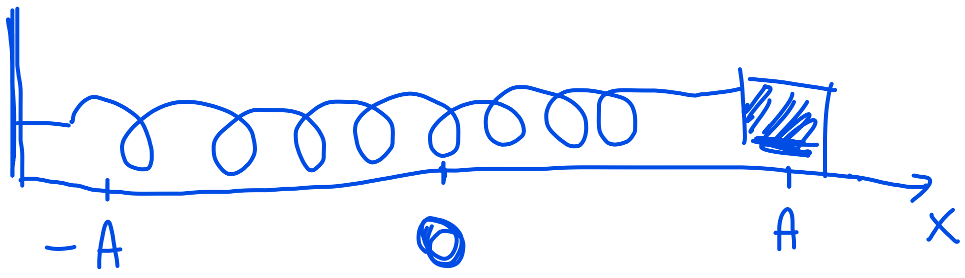
Riassunto

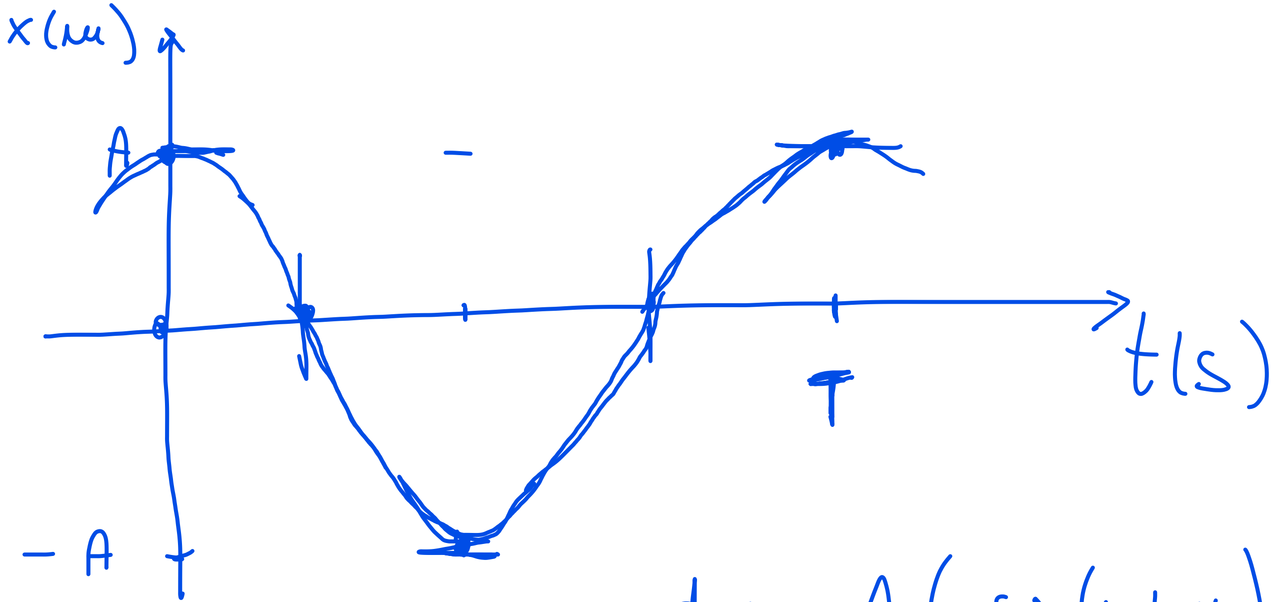
Moto armonico

$$\begin{cases} \frac{d}{dx}\sin x = \cos x \\ \frac{d}{dx}\cos x = -\sin x \end{cases}$$

$f(x(t))$ $\qquad \frac{df}{dt} = \frac{df}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}$

Moto oscillatorio (il corpo ripercorre avanti e indietro lo stesso tragitto)





T = periodo

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

ω = pulsazione = $\frac{2\pi}{T}$

$v = \frac{dx}{dt} = A\omega(-\sin(\omega t + \varphi))$

$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi)$

Moto armonico

Moto oscillatorio (il corpo ripercorre avanti e indietro lo stesso tragitto)

Moto armonico

Moto oscillatorio (il corpo ripercorre avanti e indietro lo stesso tragitto)

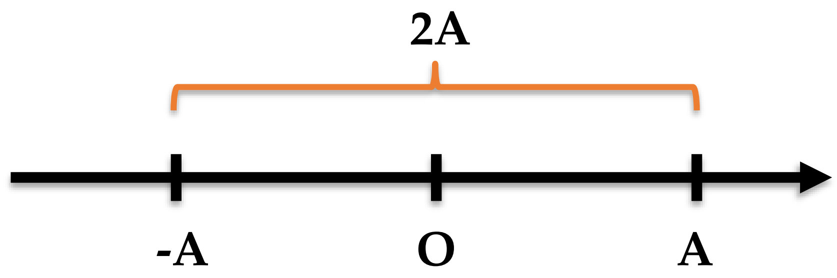
Ampiezza del moto

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

Fase del moto

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{rad}{s}$

MOTO PERIODICO!



$\boldsymbol{\varphi} \rightarrow$ fase iniziale

$\boldsymbol{\omega} = \frac{\mathbf{2\pi}}{\boldsymbol{T}} \rightarrow$ pulsazione del moto

Periodo del moto

$\boldsymbol{\nu} = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{T}} = \frac{\boldsymbol{\omega}}{\mathbf{2\pi}} \rightarrow$ frequenza del moto

Moto armonico semplice

- Spostamento:

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

- Velocità:

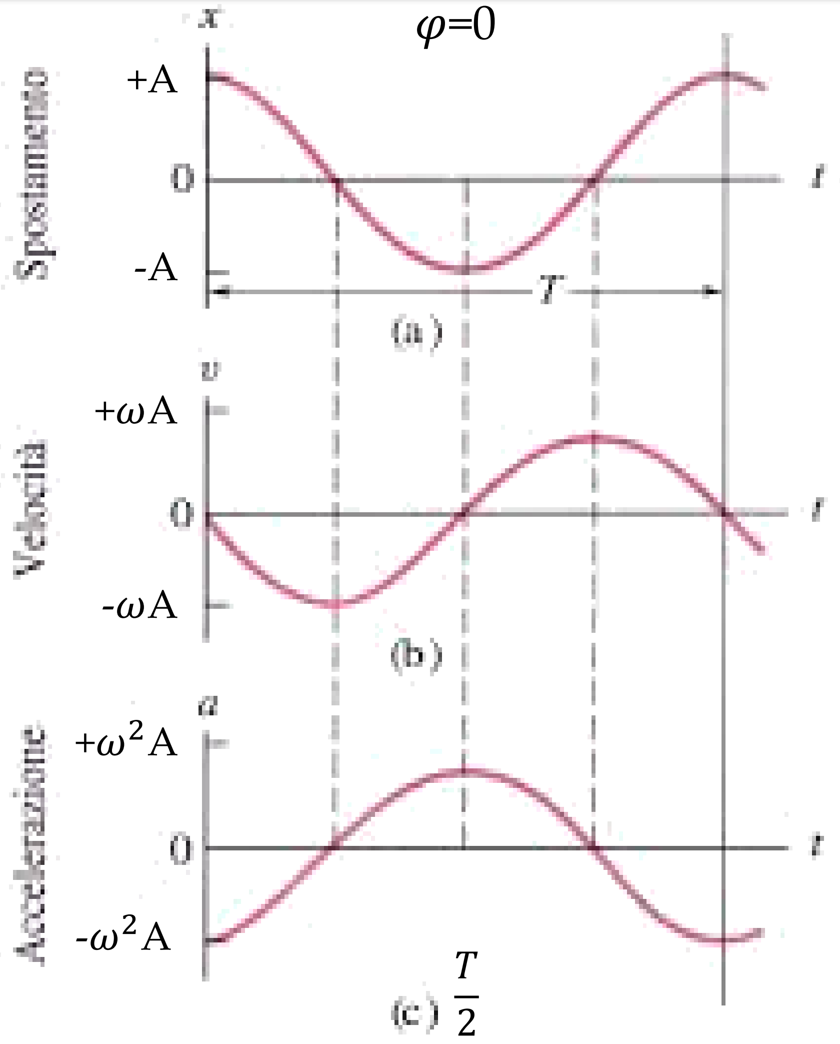
$$\frac{dx}{dt}$$

- Accelerazione:

$$\frac{d^2x}{dt^2}$$

Equazione differenziale del moto armonico

$$\boxed{\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \omega^2 x(t) = 0}$$



Moto armonico semplice

- Spostamento:

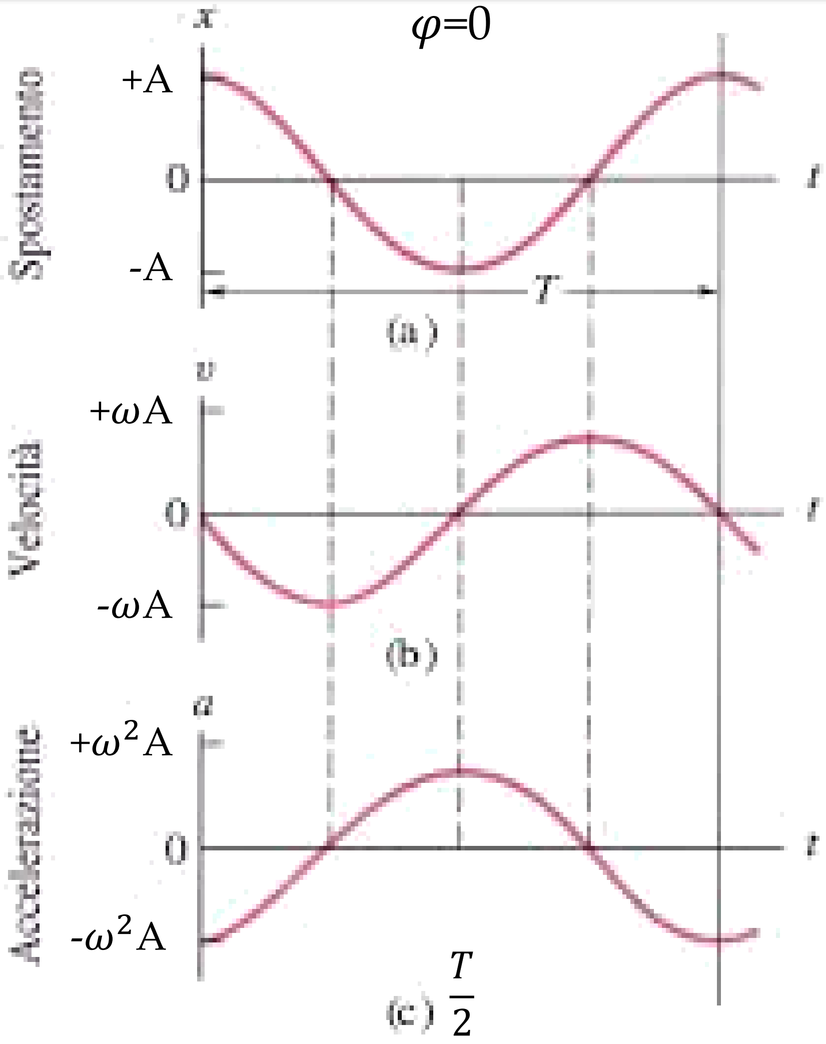
$$x(t) = A\,cos(\,\omega t + \ \varphi)$$

- Velocità:

$$\mathrm{v}(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -A\omega\,sin(\,\omega t + \ \varphi)$$

- Accelerazione:

$$\mathrm{a}(t) = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2x(t)}{dt^2} = -A\omega^2\,cos(\,\omega t + \ \varphi) = -\omega^2 x(t)$$



Equazione differenziale del moto armonico

$$\boxed{\frac{d^2x(t)}{dt^2} + \omega^2\,x(t) = 0}$$

Moto armonico semplice

Le costanti A e φ determinano le condizioni iniziali:

Viceversa, note le condizioni iniziali possiamo ricavare A e φ

Moto armonico semplice

Le costanti A e φ determinano le condizioni iniziali:

$x(t=0) = x_0 = A\,cos(\varphi)$ $\qquad$ $\mathrm{v}(t=0) = v_0 = -A\omega\,sin(\varphi)$

Viceversa, note le condizioni iniziali possiamo ricavare A e φ

$\mathrm{tg}\,\varphi = -\frac{v_0}{\omega\,x_0}$ $\qquad$ $A^2 = x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}$

Moto armonico semplice

Le costanti A e φ determinano le condizioni iniziali:

$x(t = 0) = x_0 = A\, cos(\varphi)$ $\qquad$ $\mathrm{v}(t = 0) = v_0 = -A\omega\, sin(\varphi)$

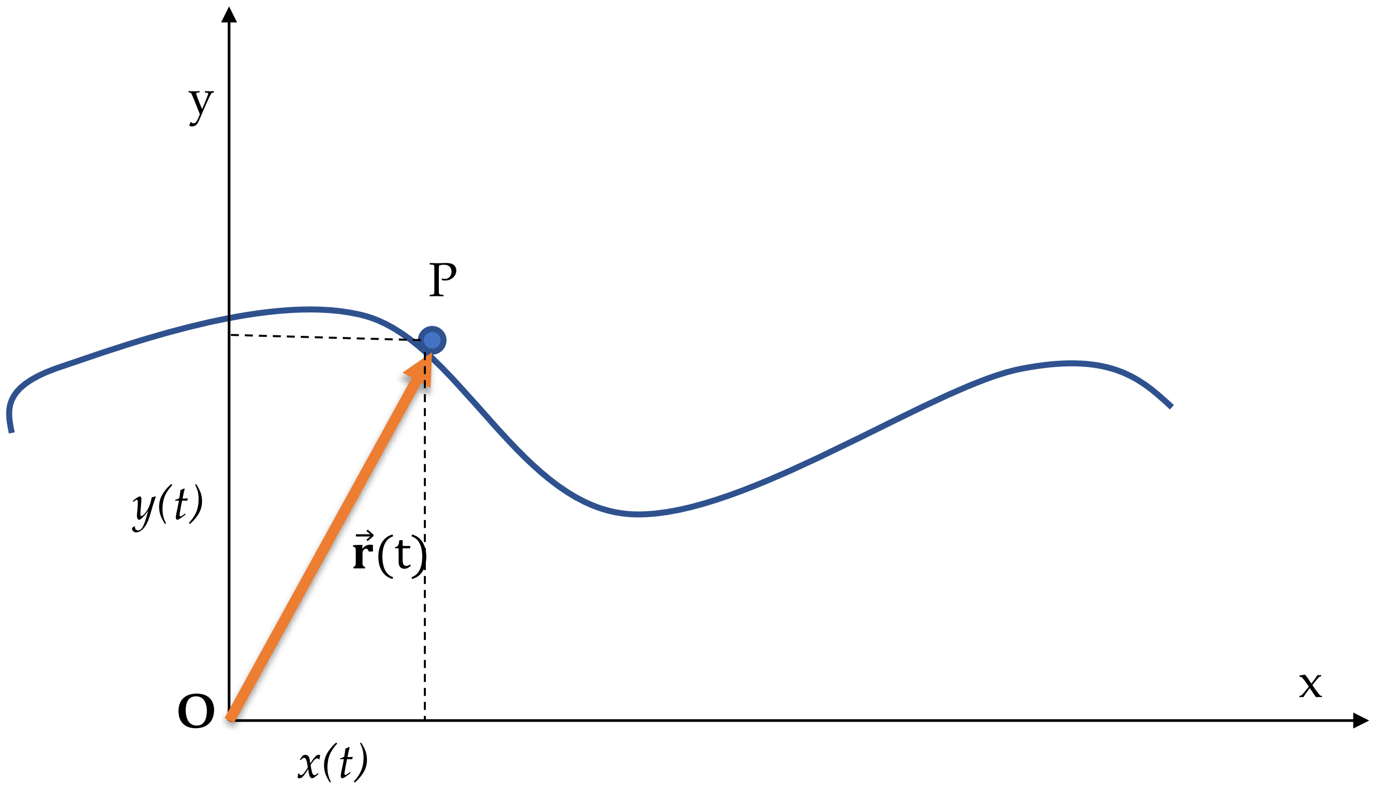
Viceversa, note le condizioni iniziali possiamo ricavare A e φ

$\mathrm{tg}\,\varphi = -\dfrac{v_0}{\omega\, x_0}$ $\qquad$ $A^2 = x_0^2 + \dfrac{v_0^2}{\omega^2}$

Accelerazione e velocità in funzione della posizione:

$$\int_{x_0}^{x} a(x)dx = -\omega^2 \int_{x_0}^{x} x\, dx = \frac{1}{2}\omega^2(x_0^2 - x^2) = \frac{1}{2}v^2 - \frac{1}{2}v_0^2$$

Moto su traiettoria curvilinea



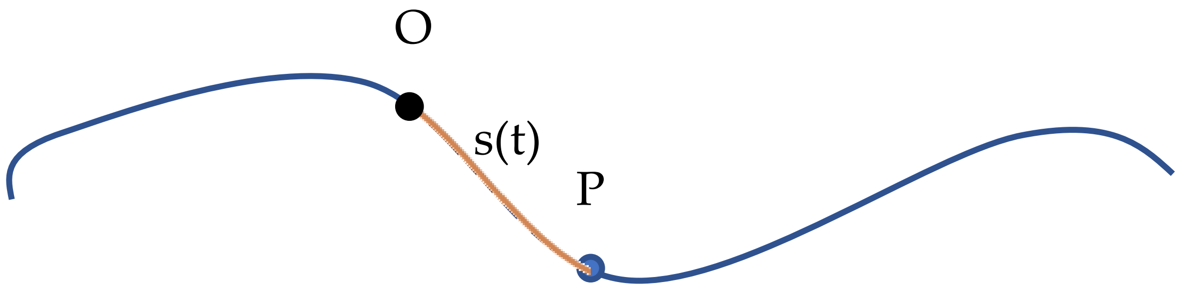
$$\vec{\mathbf{r}}(t) = x(t)\widehat{\boldsymbol{u}_x} + y(t)\widehat{\boldsymbol{u}_y}$$

Per ciascuna coordinata va risolta l'equazione del moto

Il moto è scomposto nei moti rettilinei proiettati sui due (o tre) assi

Ascissa curvilinea

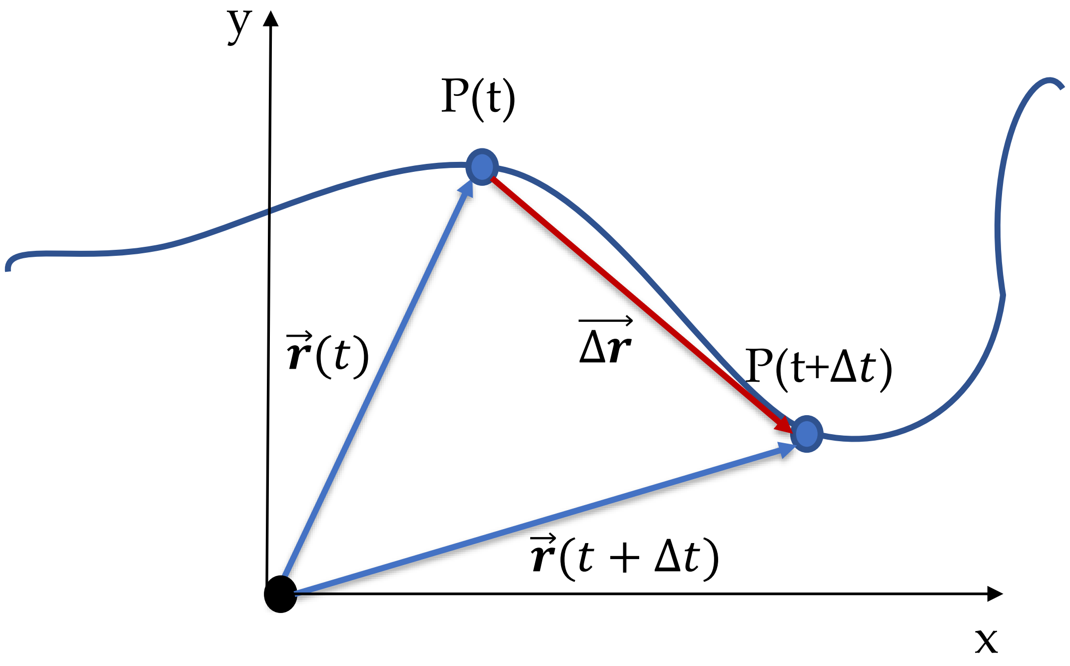
Nota la traiettoria, la posizione del punto nello spazio può essere individuata da una singola coordinata curvilinea *s*, detta **ascissa curvilinea**



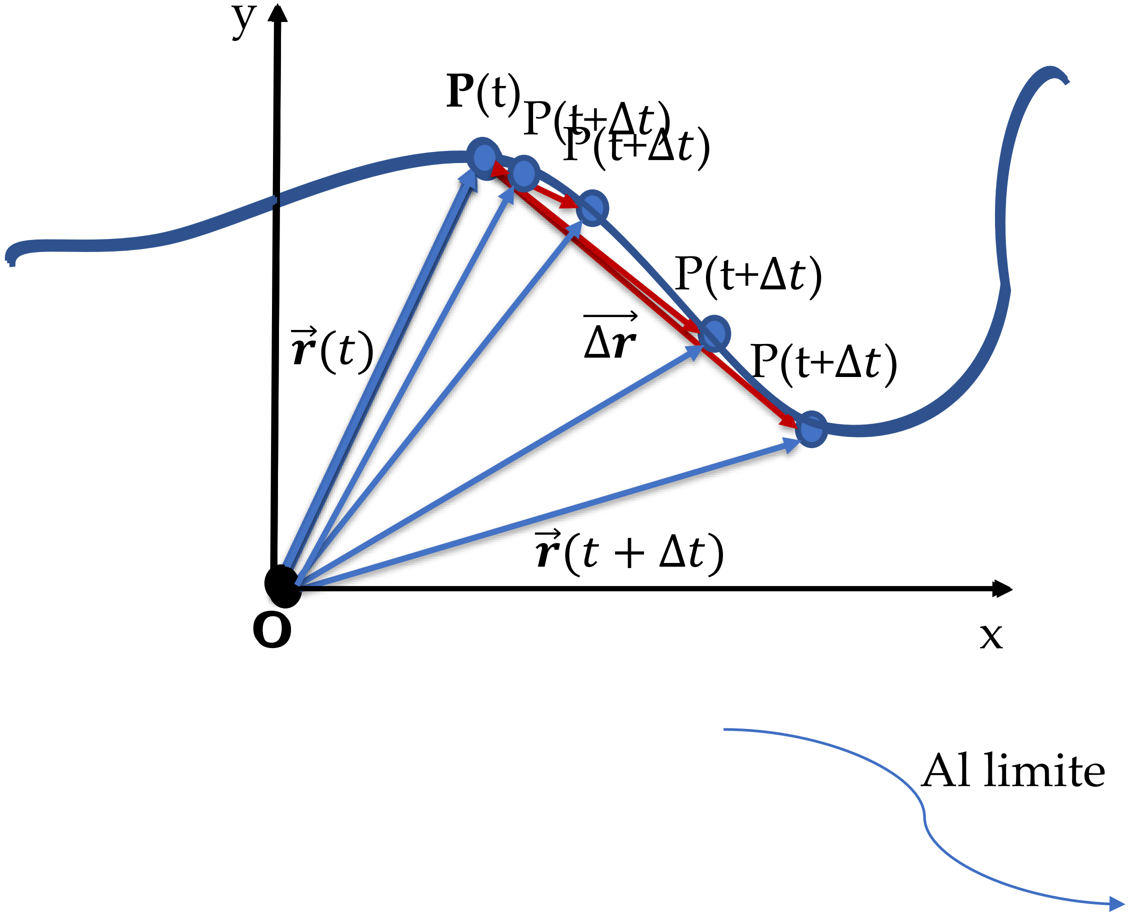
'*s*' esprime la lunghezza del tratto di traiettoria tra un'origine arbitraria **O** e la posizione del punto **P**.

Nota la forma della traiettoria e la s(t), abbiamo una descrizione completa del moto: velocità e accelerazione si ricavano da s(t) e dalla geometria della traiettoria

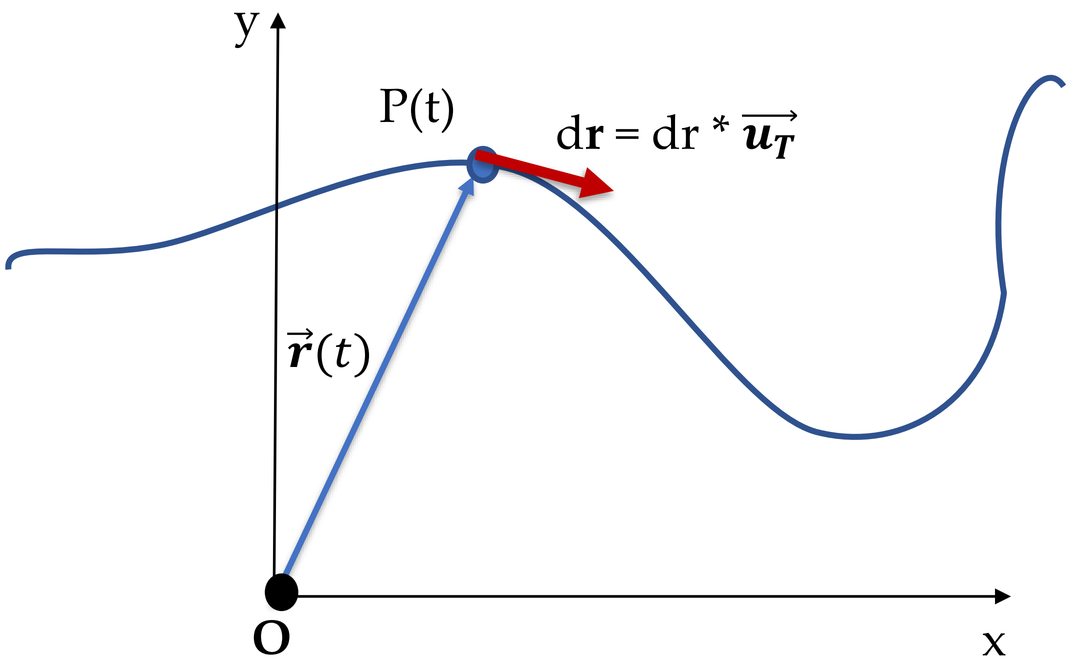
Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea



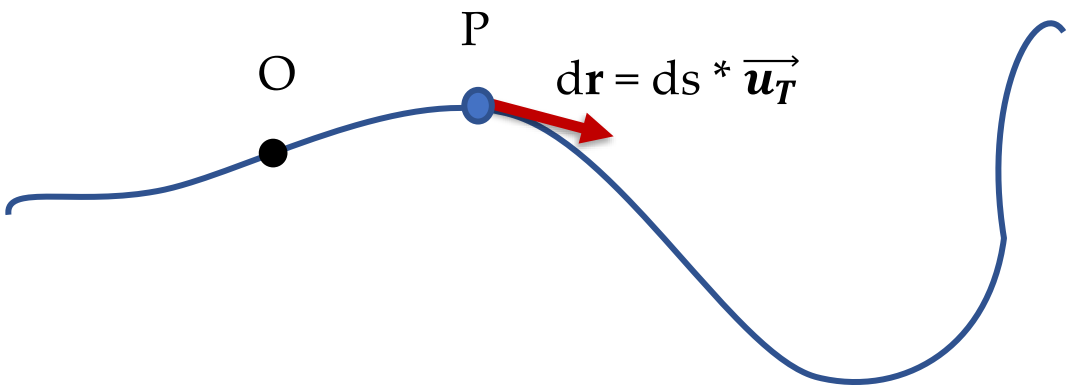
Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea



L'incremento d**r** del raggio vettore è tangente alla traiettoria nel punto P



Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea



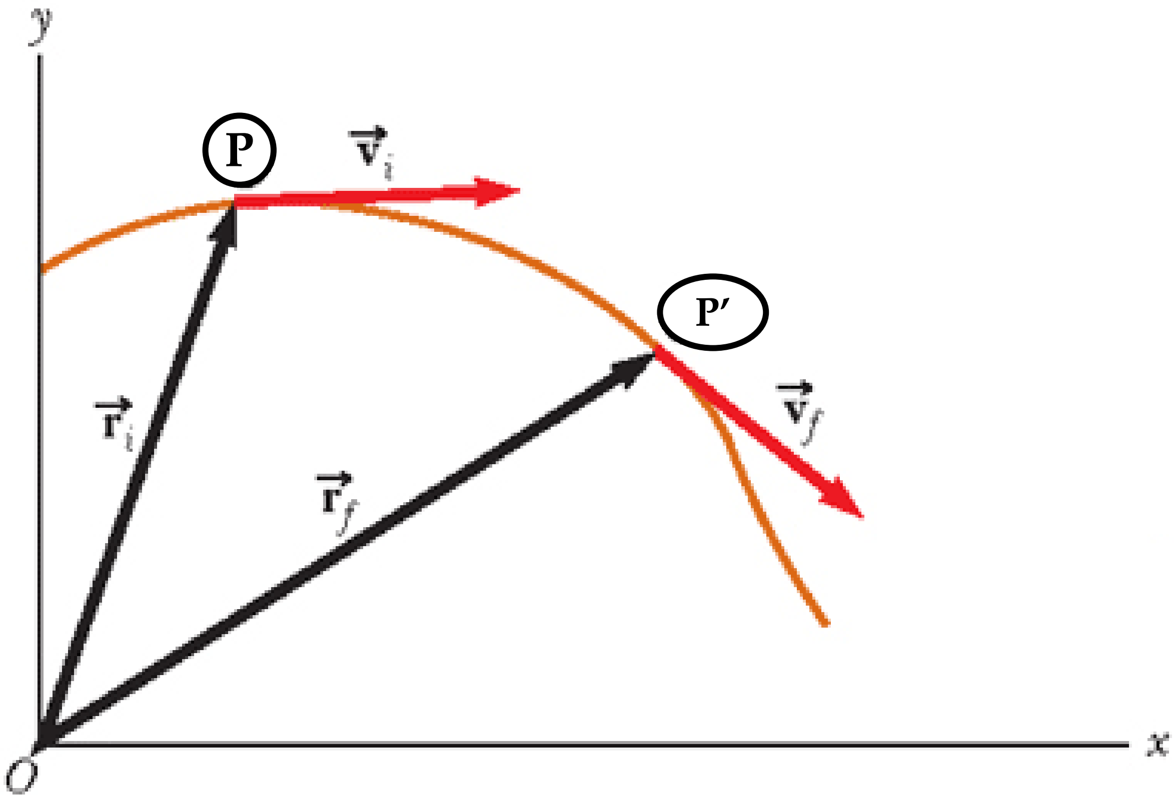
Scomponiamo il moto in una successione di spostamenti infinitesimi d**r**, ciascuno tangente alla traiettoria

→ La direzione istantanea del moto coincide con quella della tangente alla traiettoria nel punto occupato da P nell'istante considerato

Velocità

$$\vec{\boldsymbol{v}} = \frac{ds}{dt}\overrightarrow{\boldsymbol{u_T}} = v\overrightarrow{\boldsymbol{u_T}}$$

Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea



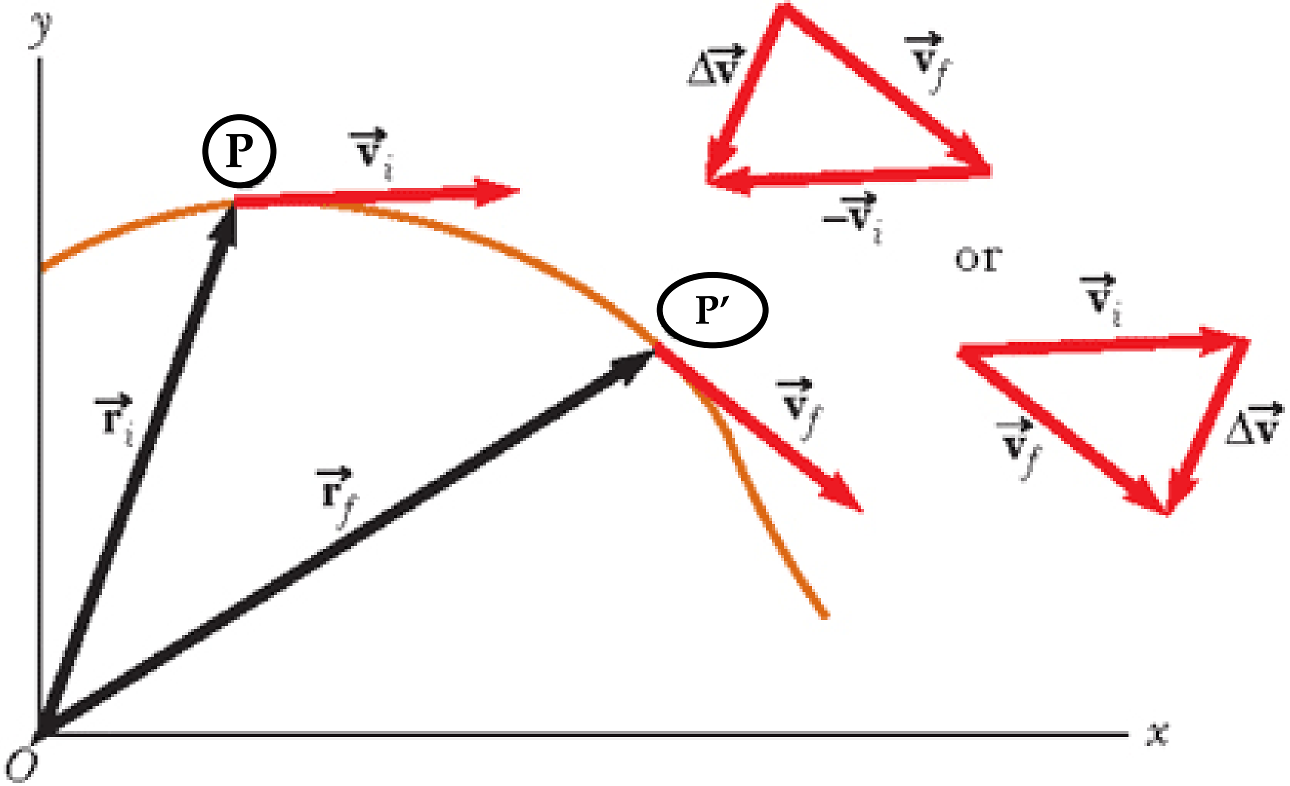
Anche se il modulo della velocità è costante, lungo una traiettoria curvilinea la sua **direzione cambia** continuamente

Variazione di velocità → accelerazione

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Che **direzione** ha il vettore accelerazione su una traiettoria curvilinea?

Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea



Anche se il modulo della velocità è costante, lungo una traiettoria curvilinea la sua **direzione cambia** continuamente

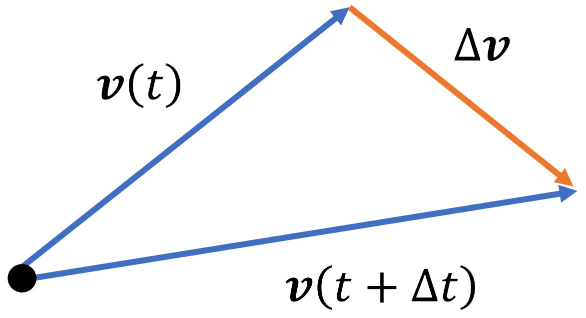
Variazione di velocità → accelerazione

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Che **direzione** ha il vettore accelerazione su una traiettoria curvilinea?

Derivata di un vettore

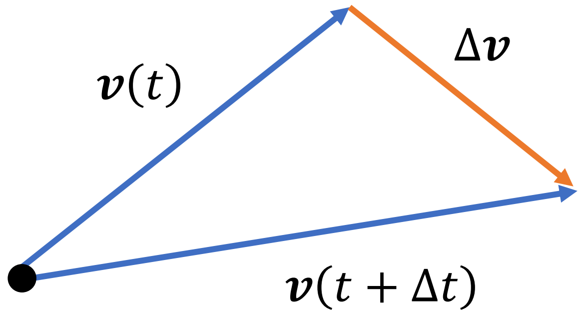
- Derivata di un vettore $$\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\boldsymbol{v}(t+\Delta t) - \boldsymbol{v}(t)}{\Delta t}$$



In un sistema di assi cartesiani ortogonali:

Derivata di un vettore

- Derivata di un vettore $$\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\boldsymbol{v}(t+\Delta t) - \boldsymbol{v}(t)}{\Delta t}$$

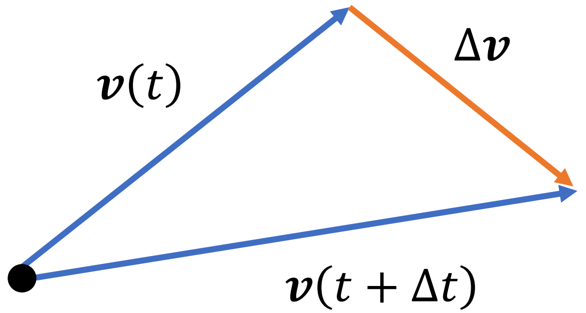


In un sistema di assi cartesiani ortogonali: $$\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_x + \frac{dv_y}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_y + \frac{dv_z}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_z$$

Versori fissi, non variabili nel tempo

Derivata di un vettore

- Derivata di un vettore $\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\boldsymbol{v}(t+\Delta t) - \boldsymbol{v}(t)}{\Delta t}$



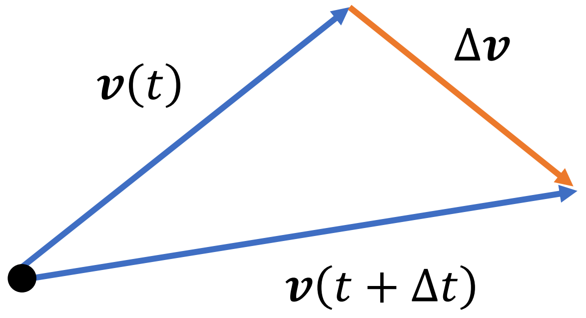
In un sistema di assi cartesiani ortogonali (dove i versori non cambiano nel tempo): $\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_x + \frac{dv_y}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_y + \frac{dv_z}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_z$

- Se anche il versore cambia: derivata di un versore ($|\boldsymbol{u}| = 1$)

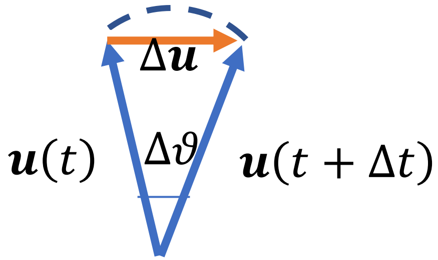
Derivata di un vettore

- Derivata di un vettore $\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\boldsymbol{v}(t+\Delta t) - \boldsymbol{v}(t)}{\Delta t}$

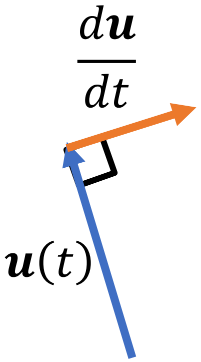
In un sistema di assi cartesiani ortogonali (dove i versori non cambiano nel tempo): $\frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_x + \frac{dv_y}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_y + \frac{dv_z}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_z$



- Se anche il versore cambia: derivata di un versore ($|\boldsymbol{u}| = 1$)



$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \boldsymbol{u}}{\Delta t}$



$$\frac{d\boldsymbol{u}}{dt} = \frac{d\vartheta}{dt}\vec{\boldsymbol{u}}_N$$

Versore normale al versore **u**(t) di partenza

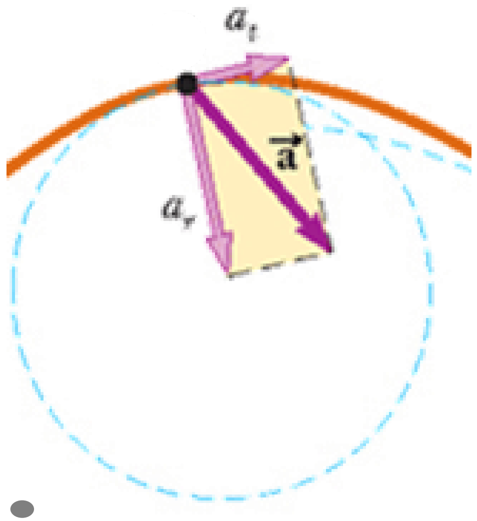
Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea

Accelerazione

Velocità e accelerazione su traiettoria curvilinea

Accelerazione: regole di derivazione dei vettori

$$\boldsymbol{a} = \frac{d}{dt}(v\boldsymbol{u_T}) = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{u_T} + v\frac{d\boldsymbol{u_T}}{dt} = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{u_T} + v\frac{d\vartheta}{dt}\boldsymbol{u_N}$$



Componente parallela alla velocità
(tangente alla traiettoria)
Variazione in modulo della velocità

Componente ortogonale alla velocità
(diretta lungo il raggio del *cerchio osculatore* alla curva)
Variazione in direzione della velocità

Accelerazione tangenziale e centripeta

$$\boldsymbol{a} = \frac{dv}{dt}\boldsymbol{u_T} + \frac{v^2}{R}\boldsymbol{u_N}$$

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a_T} + \boldsymbol{a_N}$$

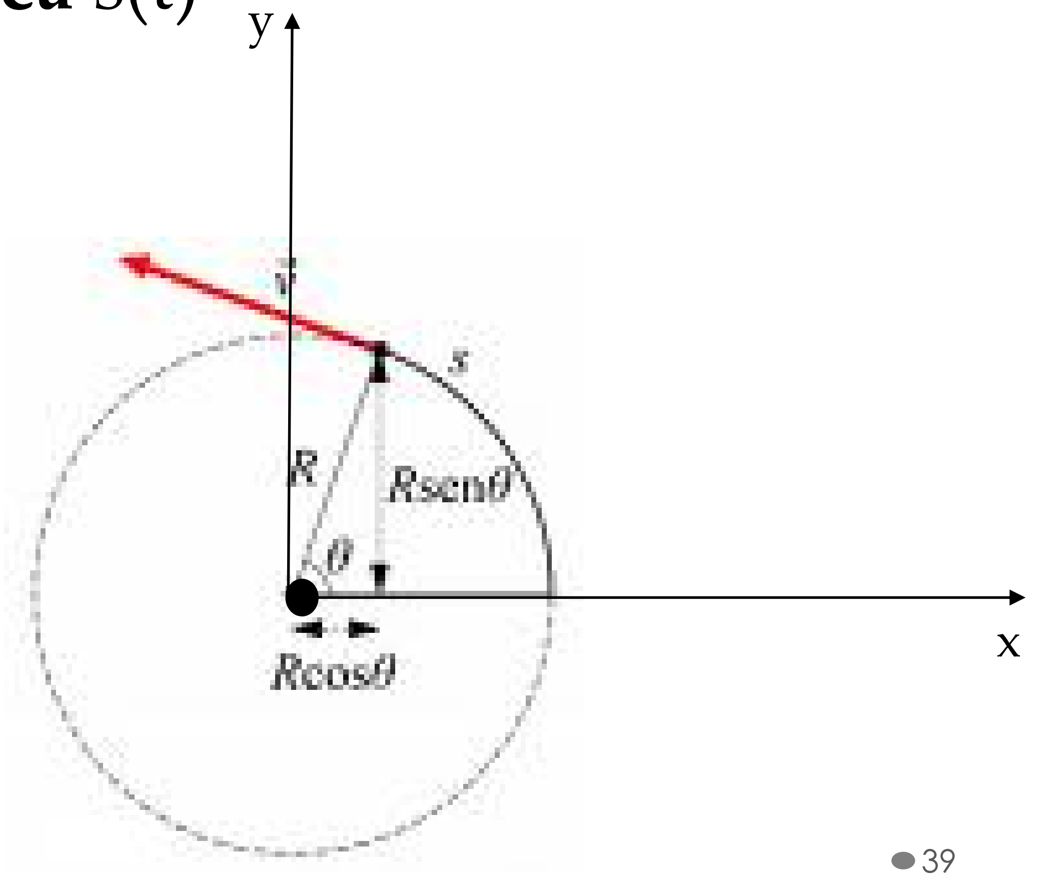
$$|\boldsymbol{a}| = \sqrt{a_T^2 + a_N^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$$

Moto circolare uniforme

Moto di un punto materiale che avviene lungo una circonferenza con **velocità costante**

Si può descrivere usando **l'ascissa curvilinea** s(t)

oppure **l'angolo** $\theta(t) = \frac{s(t)}{R}$



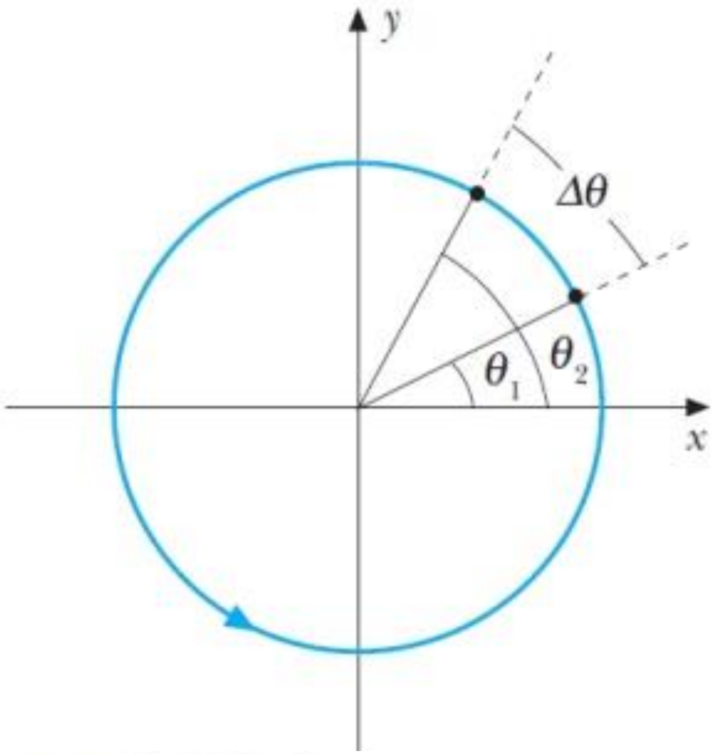
LEGGE ORARIA:

$$\begin{cases} x(t) = R \cdot \cos\theta\,(t) \\ y(t) = R \cdot sen\theta(t) \end{cases}$$

$$\boldsymbol{a} = \cancel{\frac{dv}{dt}}\boldsymbol{u_T} + \frac{v^2}{R}\boldsymbol{u_N}$$

La velocità è costante in modulo

Velocità e accelerazione angolari

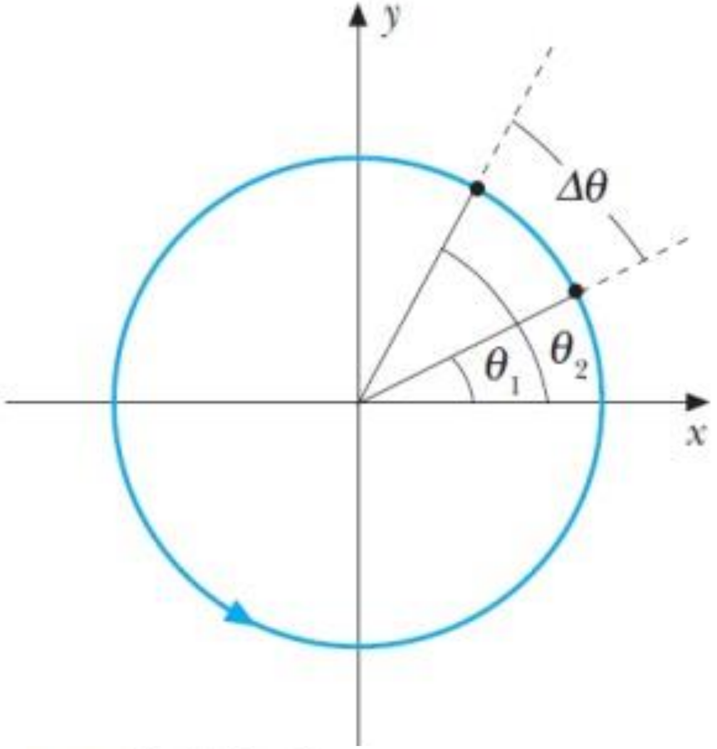


EdiSES
Mazzoldi, Nigro, Voci
Elementi di fisica. Meccanica e Termodina
EdiSES Edizioni

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \xrightarrow{\lim_{\Delta t \to 0}} \omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$d\theta = \frac{ds}{R} \Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{R}\frac{ds}{dt} = \frac{v}{R}$$

Velocità e accelerazione angolari



Mazzoldi, Nigro, Voci
Elementi di fisica. Meccanica e Termodina
EdiSES Edizioni

$$\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \xrightarrow{\lim_{\Delta t \to 0}} \omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$d\theta = \frac{ds}{R} \Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{R}\frac{ds}{dt} = \frac{v}{R}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

Moto accelerato con accelerazione costante in modulo (centripeta) perché la **direzione** della velocità cambia sempre, punto per punto

$$\alpha_N = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Moto circolare uniforme

Si definiscono:

1. Periodo T: tempo impiegato dal corpo a percorrere un'intera circonferenza (*s*).

2. Frequenza f: è il numero di giri che il corpo percorre in un s.

Si misura in **hertz** (simbolo Hz): $1\ Hz = 1\ s^{-1}$.
La frequenza di un corpo è pari a 1 Hz quando il corpo percorre 1 giro al secondo.

T e **f** sono due grandezze dipendenti:
Se il corpo impiega T = 3 s a percorrere una circonferenza vuol dire che percorre 1/3 di circonferenza al secondo, se impiega T = 4 s a percorrere una circonferenza vuol dire che percorre 1/4 di circonferenza al secondo ecc.

$$\mathbf{f = 1 / T}$$

Moto circolare uniforme

3. **Velocità tangenziale**: spazio percorso dal corpo in un certo tempo (*m/s*)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T}$$

Dato che f = 1/ T, si può anche definire come

$$v = 2\pi \cdot R \cdot f$$

4. **Velocità angolare**: angolo percorso dal corpo in un certo tempo (*rad/s*)

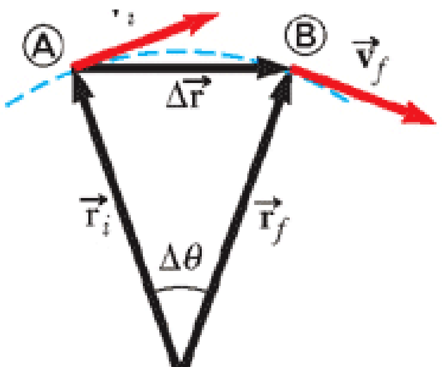
$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$

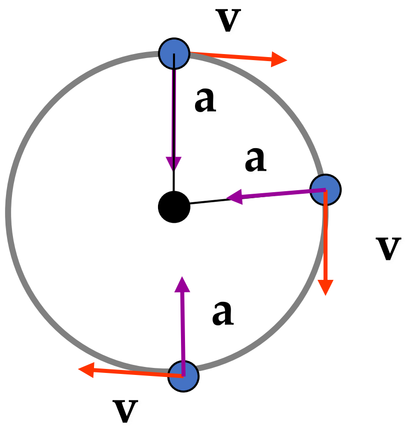
Pertanto la relazione matematica che intercorre tra velocità tangenziale e velocità angolare è $v = \omega R$.

Moto circolare uniforme

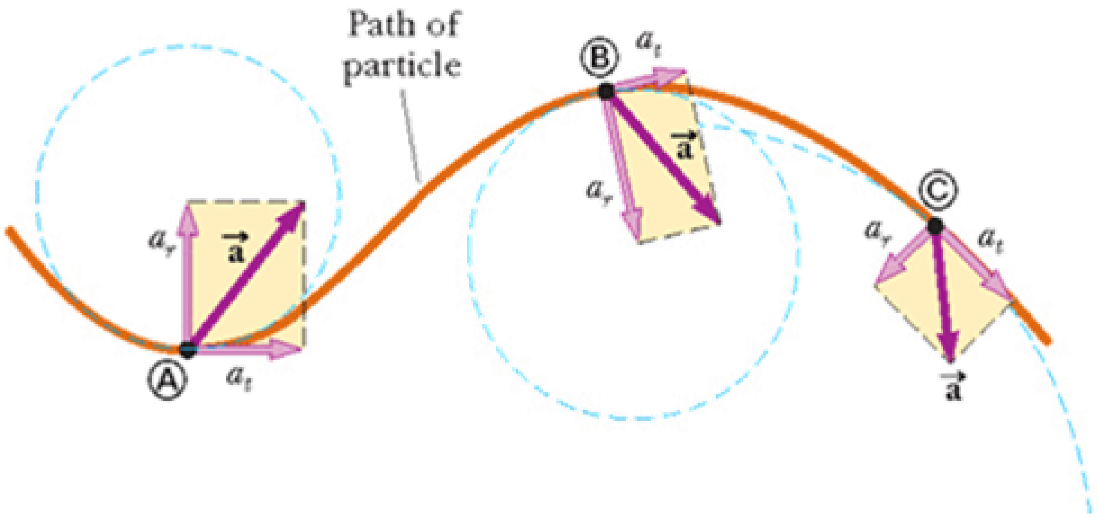
- Un punto materiale si muove di moto circolare uniforme se si muove su una circonferenza (o su un arco di circonferenza) con velocità di modulo costante.
- La velocità scalare (o modulo) non varia, varia la sua direzione!

- Al procedere del moto i vettori v e a restano costanti in modulo ma variano le loro direzioni!





Accelerazione tangenziale e radiale



$$a_N = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$\alpha_T = \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{R}\frac{dv}{dt} = \frac{a_T}{R}$$

In questo caso varia anche il modulo della velocità e il vettore accelerazione presenta una componente radiale (dovuta alla variazione della direzione) e una tangenziale (dovuta alla variazione del modulo) rispetto alla traiettoria

Leggi orarie

- Moto circolare uniforme

$$\vartheta(t) = \vartheta_0 + \omega t$$
$$s(t) = s_0 + vt$$

con accelerazione centripeta $a_N = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

Leggi orarie

- Moto circolare non uniforme

Leggi orarie

- Moto circolare uniformemente accelerato

$$\vartheta(t) = \vartheta_0 + \omega t + \frac{1}{2}\alpha_T t^2$$
$$\omega = \omega_0 + \alpha_T t$$

dove $\alpha_T = \frac{a_T}{R}$ → accelerazione angolare

L'accelerazione totale è sempre data dalla somma $a = a_T + a_N$

Notazione vettoriale nel moto circolare

Velocità angolare come vettore

- Di modulo $|\vec{\boldsymbol{\omega}}| = \frac{d\theta}{dt}$
- Ortogonale al piano del moto
- Verso tale che dall'estremo di $\vec{\boldsymbol{\omega}}$ il moto appaia antiorario

$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}$$

Notazione vettoriale nel moto circolare

Velocità angolare come vettore

- Di modulo $|\vec{\boldsymbol{\omega}}| = \frac{d\theta}{dt}$
- Ortogonale al piano del moto
- Verso tale che dall'estremo di $\vec{\boldsymbol{\omega}}$ il moto appaia antiorario

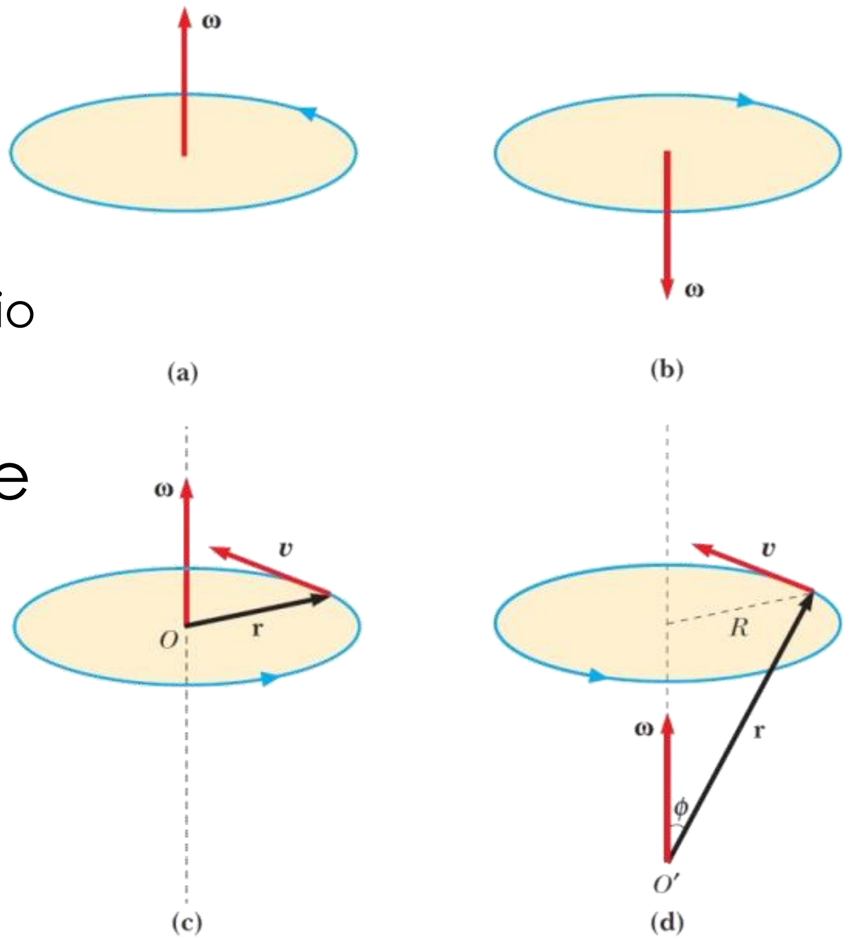
$$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{r}$$

Dato il vettore $\vec{\boldsymbol{\omega}}$ si individua l'asse di rotazione

Accelerazione:

$$\vec{\boldsymbol{a}} = \frac{d\vec{\boldsymbol{v}}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{\boldsymbol{\omega}} \times \vec{\boldsymbol{r}}) = \frac{d\vec{\boldsymbol{\omega}}}{dt} \times \vec{\boldsymbol{r}} + \vec{\boldsymbol{\omega}} \times \frac{d\vec{\boldsymbol{r}}}{dt}$$

$$= \underbrace{\vec{\boldsymbol{\alpha}} \times \vec{\boldsymbol{r}}}_{\vec{\boldsymbol{a}}_T} + \underbrace{\vec{\boldsymbol{\omega}} \times \vec{\boldsymbol{v}}}_{\vec{\boldsymbol{a}}_N}$$



Mazzoldi, Nigro, Voci
Elementi di fisica. Meccanica e Termodinamica. III ed.
EdiSES Edizioni

Moto circolare e moto armonico

Proiettiamo il moto circolare uniforme sugli assi cartesiani:

$$x(t) = R \cdot \cos\theta\,(t) = R \cdot \cos(\theta_0 + \omega t)$$

$$y(t) = R \cdot sin\theta(t) = R \cdot \sin(\theta_0 + \omega t)$$

Il moto circolare può essere scomposto in due moti armonici di eguale ampiezza, sfasati tra loro di $\frac{\pi}{2}$

http://bachecaesperimenti.blogspot.com/2016/07/il-moto-armonico.html