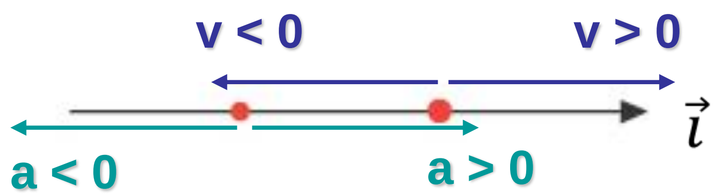
Moti in 2 e 3 dimensioni

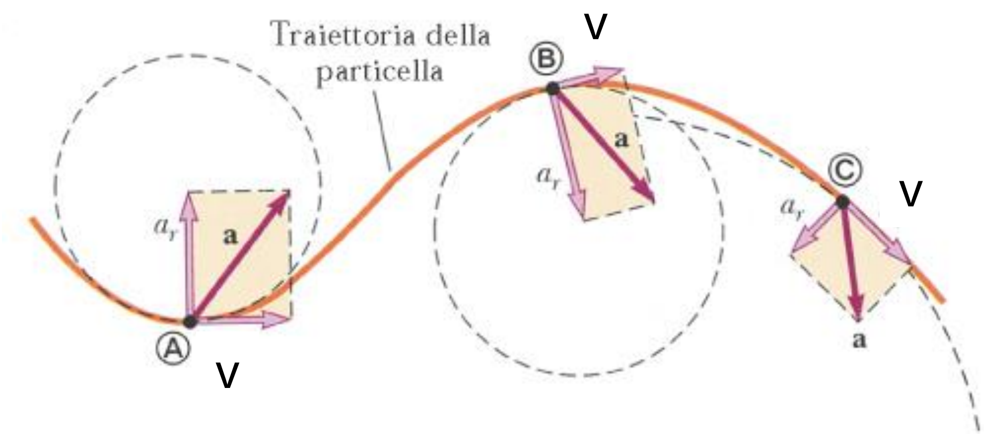
1D



$\Delta\vec{x};\ \vec{v};\ \vec{a}$

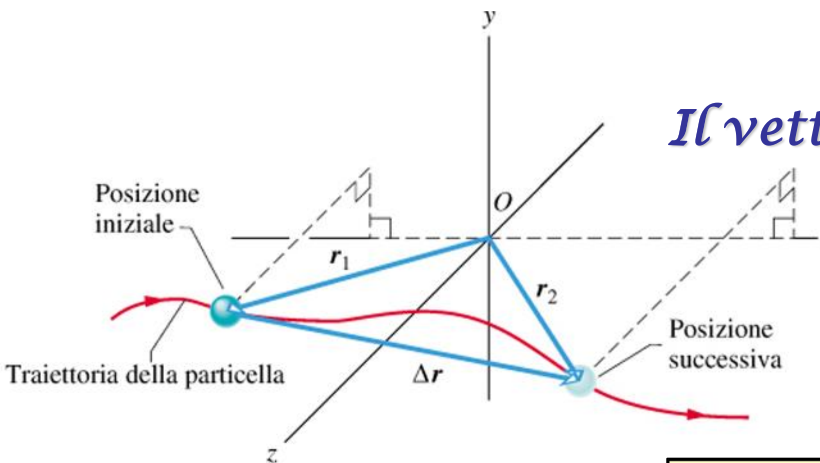
Sono diretti come $\vec{i}$

3D



$\Delta\vec{x};\ \vec{v};\ \vec{a}$

Non sono sempre concordi, ma nel tempo mutano di direzione (oltre che di modulo e verso)



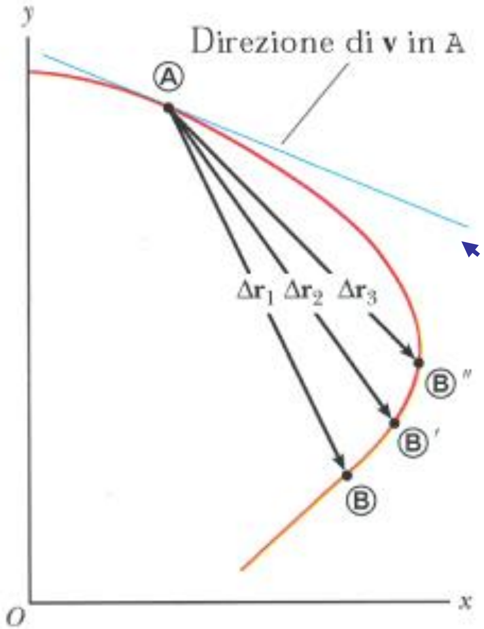
Il vettore posizione sarà: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

Sia:

$\vec{r_1} = \vec{r_1}(t) \quad \vec{r_2} = \vec{r_2}(t)$ Con $t_2 = t_1 + \Delta t$

Si avrà che:

$$\boxed{\Delta\vec{r} = \vec{r_2} - \vec{r_1} = \Delta x \cdot \vec{i} + \Delta y \cdot \vec{j} + \Delta z \cdot \vec{k}}$$



Possiamo così definire :

$$\vec{v}_{media} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$ *Ha stessa direzione e verso di* Δr

$$\vec{v}_{ist} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

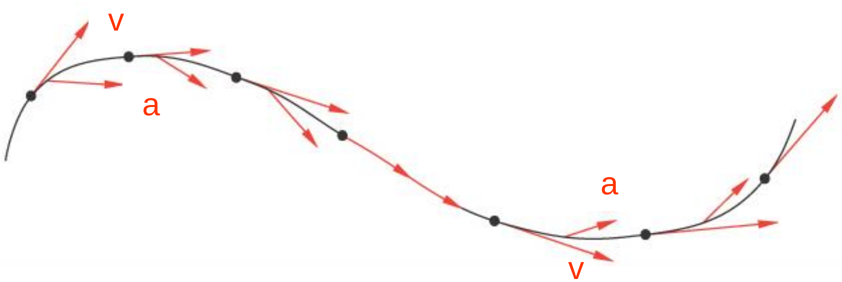
Ovviamente

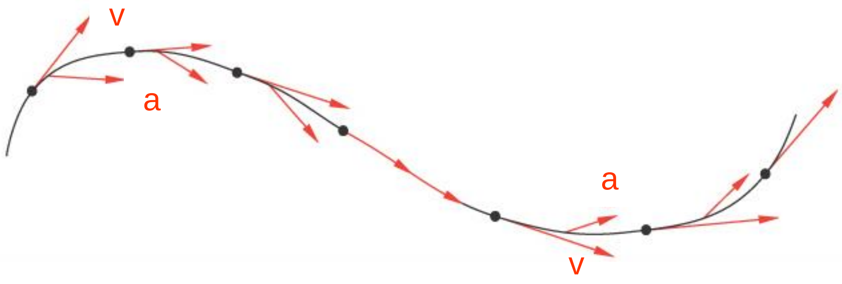
$$\vec{v}_{media} = \frac{\Delta x}{\Delta t}\vec{i} + \frac{\Delta y}{\Delta t}\vec{j} + \frac{\Delta z}{\Delta t}\vec{k} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

$$\vec{v}_{ist} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

Se $\vec{r}_1 \to \vec{r}_2 \ (\Delta t \to 0)$ ⇨ $\Delta\vec{r} \to d\vec{r}$ *direzione della tangente*

e $\vec{v}_{ist} = \lim_{\nabla t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ *Ha direzione della tangente alla traiettoria*





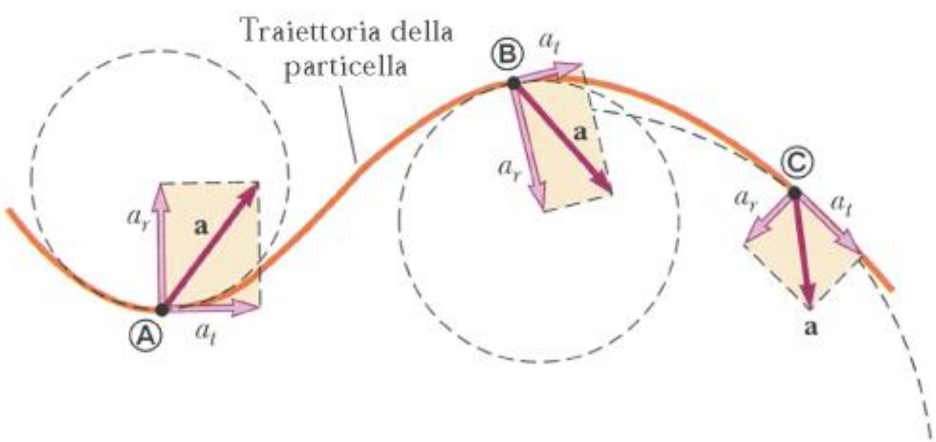
In modo analogo possiamo così definire :

$$\vec{a}_{media} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

$$\vec{a}_{ist} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i} + \frac{dv_y}{dt}\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}\vec{k} =$$

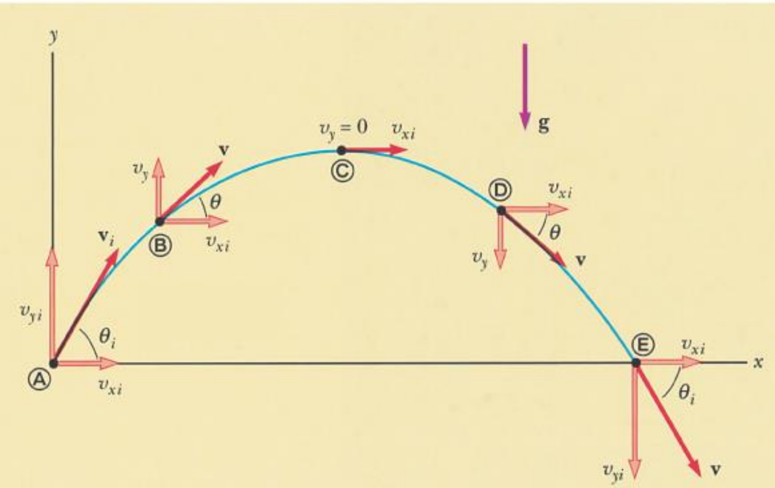
$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2\vec{y}}{dt^2}\vec{j} + \frac{d^2\vec{z}}{dt^2}\vec{k} =$$

$$a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$$



Ad esempio: nel moto di una particella lungo una traiettoria curva arbitraria nel piano xy, la velocità sarà sempre tangente alla traiettoria mentre l'accelerazione avrà una componente radiale ed una tangenziale alla traiettoria

Moto dei proiettili (2-Dim)
(corpi nel campo di gravità)



Ogni corpo dotato di massa cade con una accelerazione $\vec{a}$=- g$\vec{\imath}$ *(g=9.8 m/s²)*

La velocità iniziale è:

$$\vec{v}_0 = v_{0x}\vec{\imath} + v_{0y}\vec{\jmath} = v_0 \cos\theta\,\vec{\imath} + v_0 \,\mathrm{sen}\,\theta\,\vec{\jmath}$$

Occorre quindi conoscere due dati (ad es. v_o *e* θ*)*

Conviene scomporre il moto lungo le due componenti verticale (y) e orizzontale (x)

$$\mathbf{y}\ \begin{cases} a_y = -g \\ v_y = v_{0y} - g\cdot t = v_0 \sin\theta - g\cdot t \\ y = y_0 + v_0 \sin\theta\cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$$\mathbf{x}\ \begin{cases} a_x = 0 \\ v_x = v_{0x} = v_0 \cos\theta\ (\text{cost.}) \\ x = x_0 + v_0 \cos\theta\cdot t \end{cases}$$

$$\mathbf{y}\begin{cases} a_y = -g \\ v_y = v_{0y} - g \cdot t = v_0 \sin\theta - g \cdot t \\ y = y_0 + v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases} \qquad \mathbf{x}\begin{cases} a_x = 0 \\ v_x = v_{0x} = v_0 \cos\theta \text{ (cost.)} \\ x = x_0 + v_0 \cos\theta \cdot t \end{cases}$$

Eliminando (per sostituzione) la variabile t ottengo l'equazione della ***TRAIETTORIA***

$$\begin{cases} t = \dfrac{x - x_0}{v_0 \cos\vartheta} \\ y - y_0 = v_0 \sin\theta \cdot \left(\dfrac{x - x_0}{v_0 \cos\theta} \right) - \dfrac{1}{2} g \cdot \left(\dfrac{x - x_0}{v_0 \cos\theta} \right)^2 \end{cases}$$

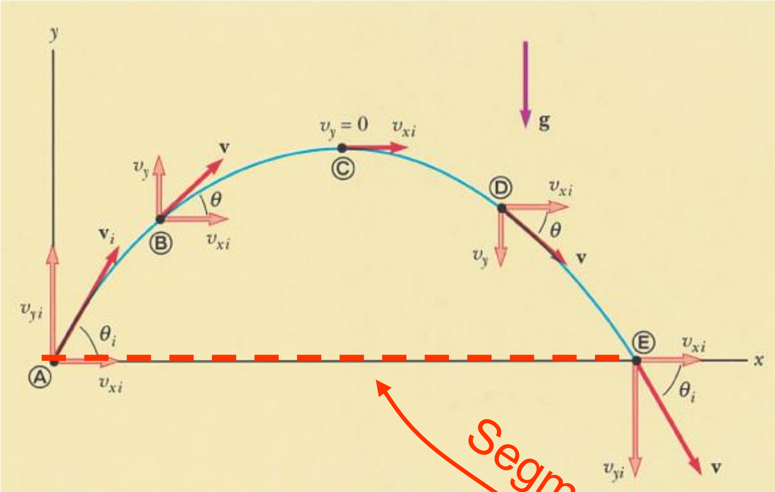
Semplificando si ottiene

$$y - y_0 = tg\theta \cdot (x - x_0) - \frac{1}{2} g \cdot \frac{(x - x_0)^2}{(v_0 \cos\theta)^2}$$

Supponendo che a t=0 il corpo sia nell'origine (x_o=0; y_o=0) si ottiene

$$\boxed{y = tg\theta \cdot x - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2\theta} x^2}$$

Ovvero l'equazione di una parabola



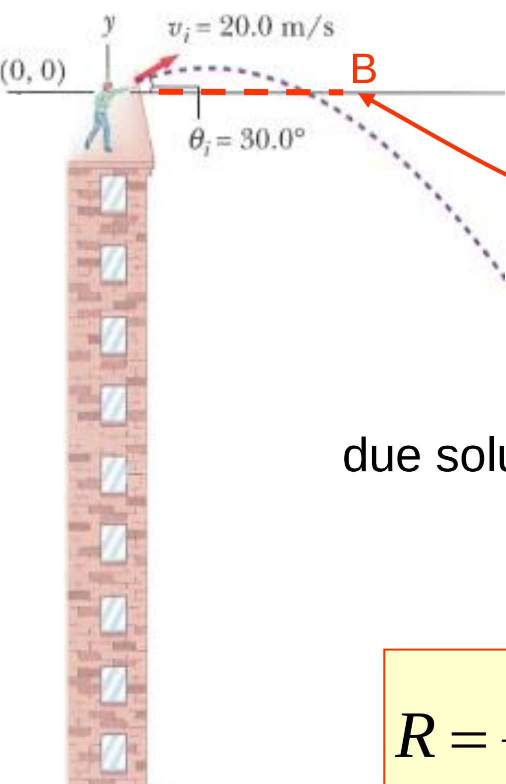
$$y = tg\theta \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta} x^2$$

GITTATA "R":

distanza percorsa orizzontalmente fra punto iniziale e quello in cui ripassa dalla quota di partenza (<u>stessa altezza</u>)

Segmento AE

Segmento AB



Supponendo che a t=0 il corpo sia nell'origine (x_0=0; y_0=0) si ottiene che agli ***estremi della gittata R*** *y=0*

$$0 = tg\theta \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta} x^2 = x\left(tg\theta - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta} x \right)$$

due soluzioni :

$$x_1 = 0 \quad \text{Posizione iniziale}$$

$$x_2 = \frac{2}{g}\left(v_0^2 \cos^2\theta\right) \cdot tg\theta = R$$

$$\boxed{R = \frac{2}{g} v_0^2 \cos^2\theta \cdot \frac{\sin\theta}{\cos\vartheta} = \frac{v_0^2}{g} 2\cos\theta \sin\theta = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\vartheta}$$

La GITTATA massima si ha quando l'angolo di lancio è 45°

$$R_{Max} \rightarrow \vartheta = 45°$$

$$R_{Max} = \frac{v_0^2}{g}$$

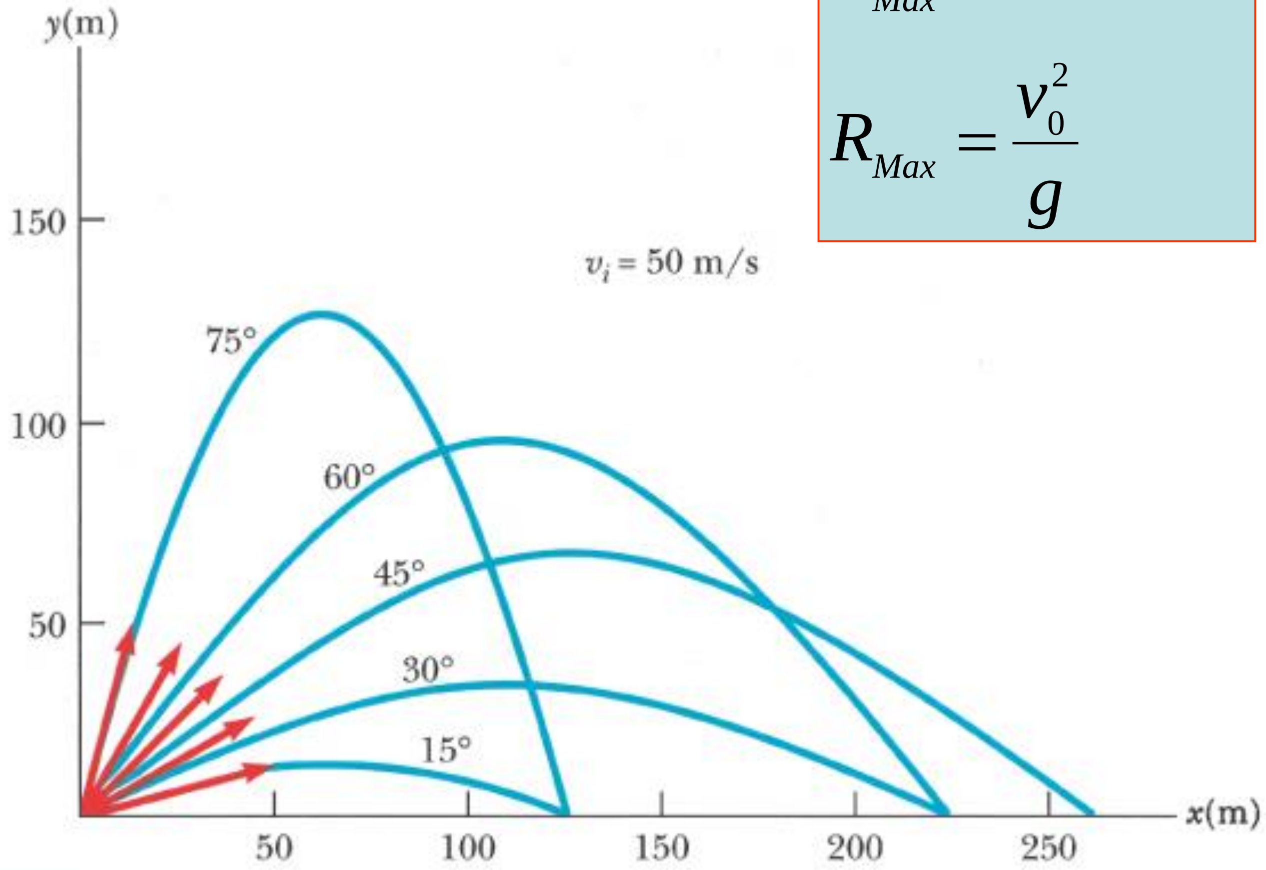
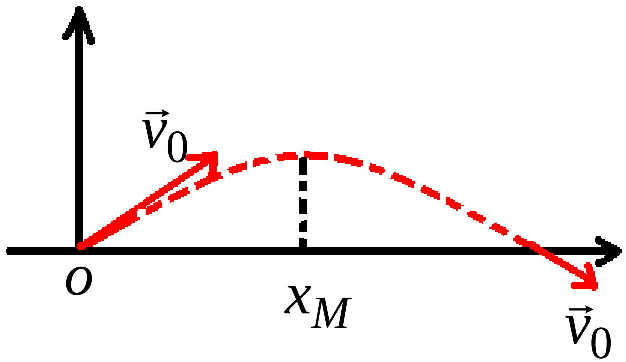


Figura 3.8

Un proiettile lanciato dall'origine con un modulo della velocità iniziale di 50 m/s a vari angoli di lancio. Si noti che per valori complementari di u_i si otterrà lo stesso valore di R (gittata del proiettile).

Moto parabolico



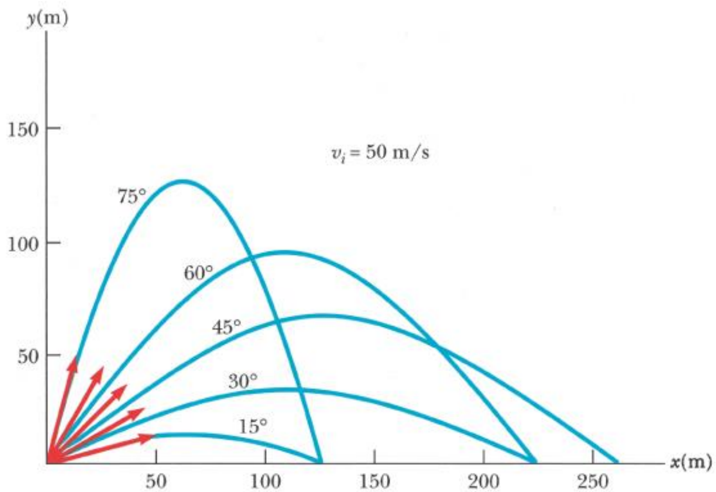


Figura 3.8

Un proiettile lanciato dall'origine con un modulo della velocità iniziale di 50 m/s a vari angoli di lancio. Si noti che per valori complementari di ϑ_i si otterrà lo stesso valore di R (gittata del proiettile).

Altezza massima

$$y(x_M) = \frac{v_0^2 \sin^2 \vartheta}{2g}$$

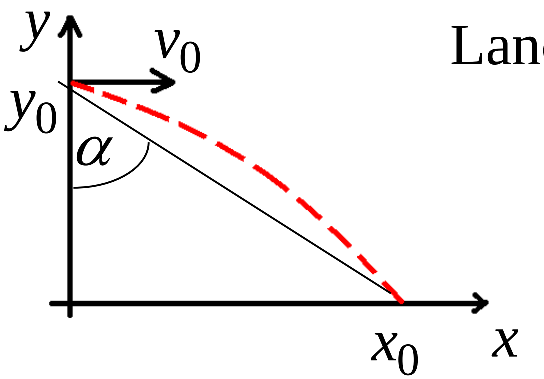
Tempo di volo

$$t_G = \frac{2x_M}{v_0 \cos\vartheta} = \frac{2x_M}{v_x} = \frac{2v_0 \sin\vartheta}{g}$$

$$t_{G/2} = \text{tempo di salita}$$

$$t_{G/2} = \text{tempo di discesa}$$

Colpisci un bersaglio



Lanciamo un proiettile con velocità v_0 orizzontale.

Vogliamo colpire il punto x_0

$$y = y_0 + \cancel{v_{0y}} t - \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y_0}{g}}$$

$\Downarrow$

0

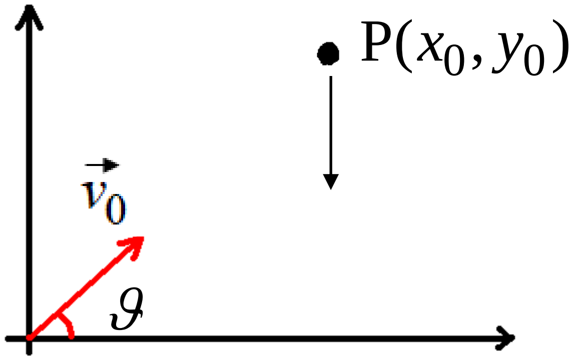
$$x_0 = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2y_0}{g}}$$

$$\tan\alpha = \frac{x_0}{y_0} = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g y_0}}$$

Bisogna lanciare il proiettile quando l’angolo α è

$$\alpha = \arctan\left[\sqrt{\frac{2v_0^2}{g y_0}}\right]$$

Colpisci un bersaglio



Proiettile

$$y_1 = v_{oy}t - \frac{1}{2} g\, t^2$$

Bersaglio

$$y_2 = y_0 - \frac{1}{2} g\, t^2$$

$$y_1 = y_2$$

$$v_{0y}t - \frac{1}{2} g\, t^2 = y_0 - \frac{1}{2} g\, t^2 \Rightarrow t = \frac{y_0}{v_{0y}}$$

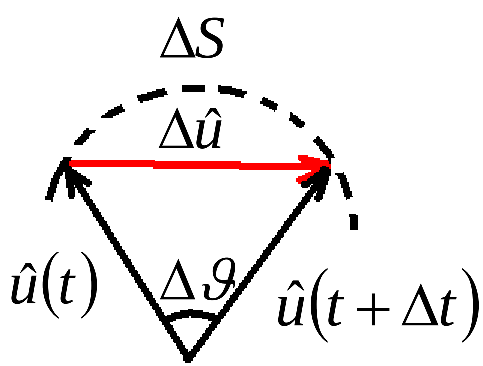
nel tempo:

$$t = \frac{y_0}{v_{0y}}; \quad x_1 = v_{0x}t = \frac{v_{0x}}{v_{0y}} y_0; \quad x_2 = x_0$$

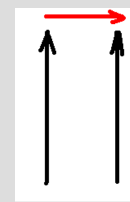
se imponiamo $x_1 = x_2 \Rightarrow \dfrac{v_{0x}}{v_{0y}} y_0 = x_0 \Rightarrow \dfrac{v_{0x}}{v_{0y}} = \dfrac{x_0}{y_0}$

Colpisci un bersaglio

Derivata di un versore



$$d\hat{u} \perp \hat{u}$$



$$\Delta\hat{u} = \hat{u}(t+\Delta t) - \hat{u}(t) \qquad \Rightarrow \Delta\hat{u} = d\hat{u}$$

$$\Delta\vartheta \rightarrow \vartheta \text{ (oppure } \Delta t \rightarrow 0)$$

$$\Delta S = |\hat{u}|\Delta\vartheta \qquad \Rightarrow \qquad dS = |\hat{u}|d\vartheta$$

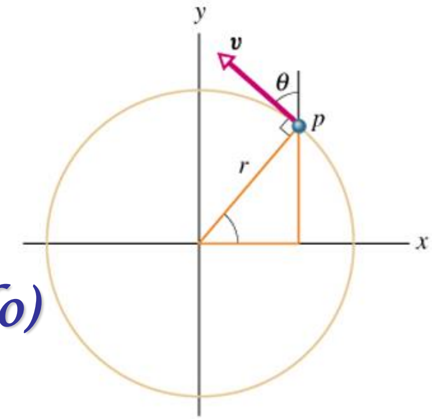
$\boxed{\text{ma per angoli piccoli } dS \equiv |d\hat{u}|}$ da cui $|d\hat{u}| = |\underbrace{\cancel{\hat{u}}}_{1}|d\vartheta$ $\qquad |d\hat{u}| = d\vartheta$

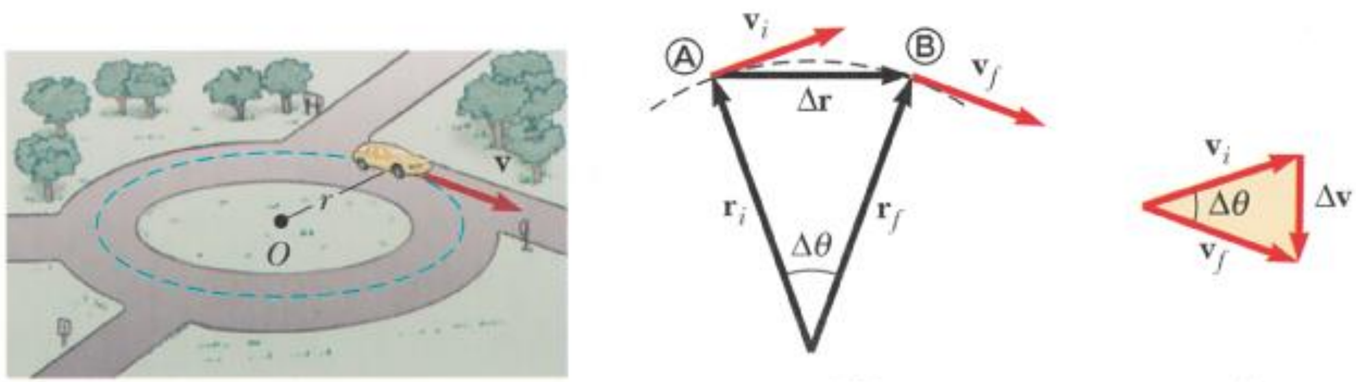
$$\boxed{\frac{d\hat{u}}{dt} \perp \hat{u}} \qquad \boxed{\left|\frac{d\hat{u}}{dt}\right| = \frac{d\vartheta}{dt}}$$

Moto Circolare Uniforme

TRAIETTORIA

Ogni giro nel medesimo Tempo (Periodo)





(a) (b) (c)

A $: \vec{r}_1, t_1$

B $: \vec{r}_2, t_2$

Se $t_2 \to t_1$ ($\Delta t \to 0$) allora $\Delta\mathbf{r}$ ($d\mathbf{r}$) è tangente alla circonferenza

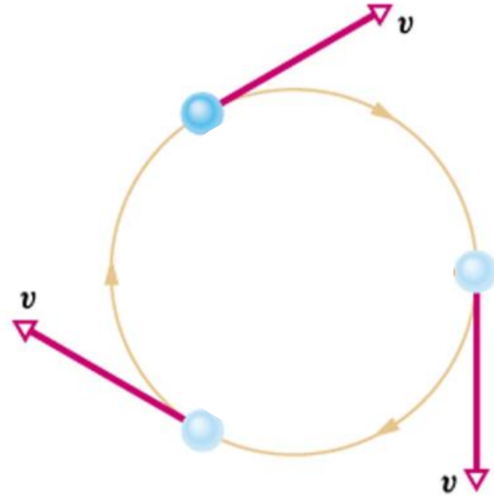
Ora: $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt} \quad |d\vec{r}| = r \cdot d\theta \Longrightarrow |\vec{v}| = r \cdot \dfrac{d\theta}{dt} = r \cdot \omega$

Velocità angolare

Ogni giro (2π radianti) nel medesimo Tempo T (Periodo)

$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T} \quad costante \to v = \omega \cdot r \quad costante}$$

Tuttavia $\vec{v}$ non è costante nel tempo , in quanto cambia la sua direzione e dunque l'accelerazione a≠0



Ora: $\vec{r}(t) = R\cos\theta\,\vec{i} + R\sin\theta\,\vec{j}$

Siccome $\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}}{dt}$ avremo

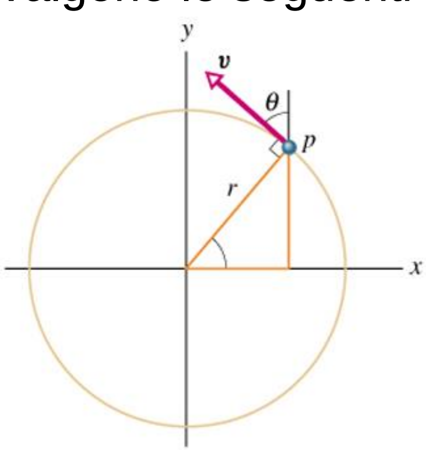
$$\vec{v} = R \cdot -\sin\theta(t)\frac{d\theta}{dt}\vec{i} + R \cdot \cos\theta(t)\frac{d\theta}{dt}\vec{j} =$$

$$= R\omega \cdot \{-\sin\theta\,(t)\vec{i} + \cos\theta\,(t)\vec{j}\} = \underline{R\omega}\,\vec{u}_t$$

Versore tangente

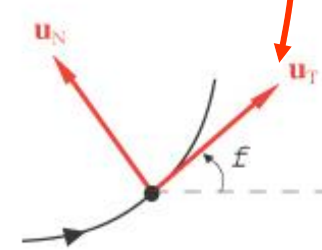
Modulo

Valgono le seguenti equazioni



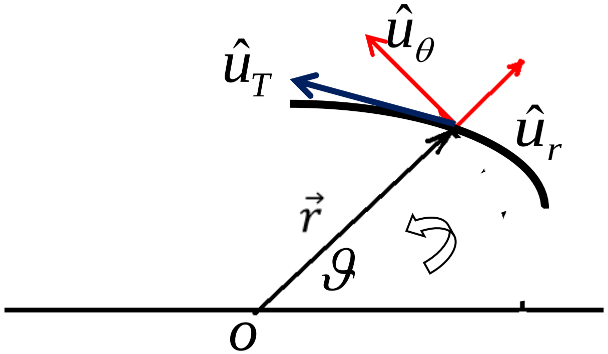
1 $|\vec{u}_t| = 1$

2 $\vec{u}_t \cdot \vec{r} = 0 \quad (\vec{u} \perp \vec{r})$



Cioè $\vec{v}$ è sempre ⊥ a $\vec{r}$ ovvero è tangente alla traiettoria

Coordinate polari



In questo caso $\vec{r} = r \cdot \vec{u}_r$

$$\vec{v} = \frac{dr}{dt}\vec{u}_r + r\frac{d\vec{u}_r}{dt}$$

Derivata di un versore!

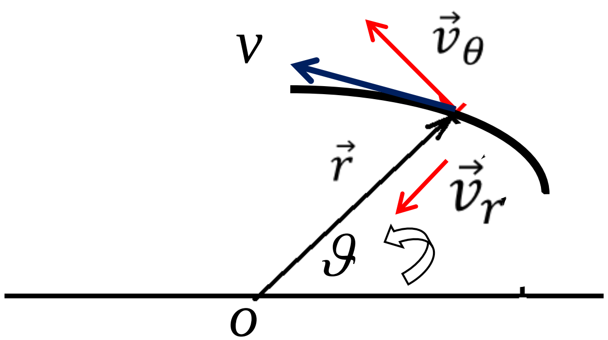
$$\vec{v} = \frac{dr}{dt}\vec{u}_r + r\frac{d\theta}{dt}\vec{u}_\theta$$

Componente normale

(Velocità radiale)

Componente tangenziale

(Velocità trasversa)



Modulo della velocità

$$v = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2}$$

Moto circolare uniforme *r = cost.*

$$\boxed{v = \frac{ds}{dt} = r\left(\frac{d\theta}{dt}\right) = r\omega}$$

Calcoliamo ora in maniera analoga l'accelerazione

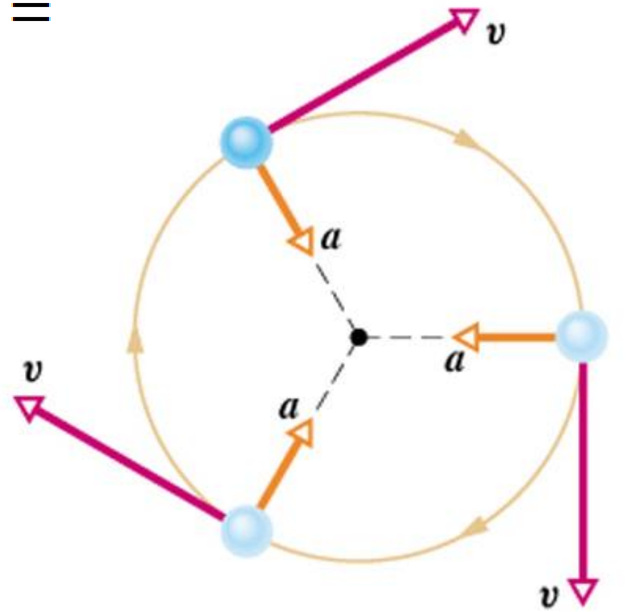
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}\left[\underbrace{R\omega}_{\text{costante}}\underbrace{\left(-\sin\theta(t)\vec{i} + \cos\theta(t)\vec{j}\right)}_{\vec{u}_t \text{ variabile}}\right]$$

$$= R\omega \cdot \left[-\vec{i}\cos\theta(t)\frac{d\theta}{dt} + \vec{j}\left(-\sin\theta(t)\right)\frac{d\theta}{dt}\right] =$$

$$= R\omega^2 \cdot \left[-\cos\theta(t)\vec{i} - \sin\theta(t)\vec{j}\right] =$$

$$= -R\omega^2 \cdot \left[\cos\theta(t)\vec{i} + \sin\theta(t)\vec{j}\right] =$$

$$= -\omega^2 \cdot \left[\underbrace{R\cos\theta(t)\vec{i} + R\sin\theta(t)\vec{j}}_{\vec{r}(t)}\right] = -\omega^2\vec{r}$$



L'accelerazione (CENTRIPETA) è diretta come il raggio ma ha verso opposto ovvero è diretta verso il centro della circonferenza

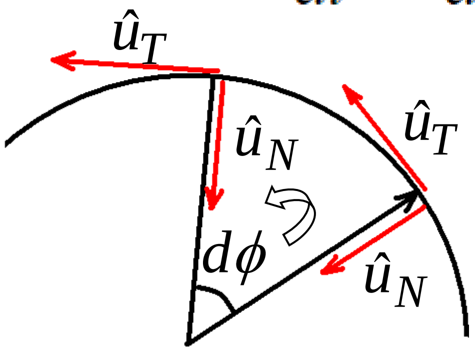
$$\boxed{\left|\vec{a}\right| = \omega^2 R = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \frac{v^2}{R}}$$

Accelerazione nel moto piano

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

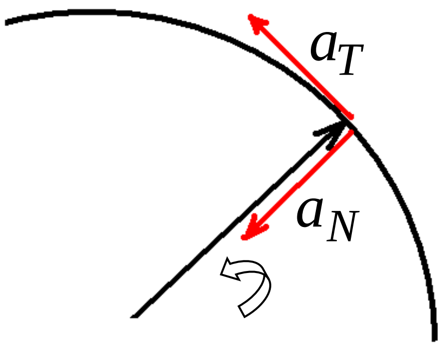
scriviamo la velocità come $\hat{v} = v \cdot \hat{u}_T$

$\hat{u}_t$ varia nel tempo



$$\hat{a} = \frac{d(v\,\hat{u}_T)}{dt} = \frac{dv}{dt}\hat{u}_T + v\boxed{\frac{d\hat{u}_T}{dt}}$$

Derivata di un versore!

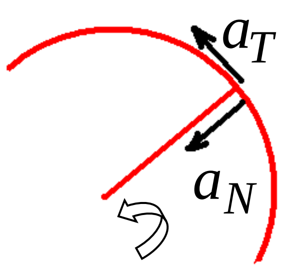


$$\hat{a} = \underbrace{\boxed{\frac{dv}{dt}}}_{a_T}\hat{u}_T + v\underbrace{\boxed{\frac{d\phi}{dt}}}_{a_N}\hat{u}_N$$

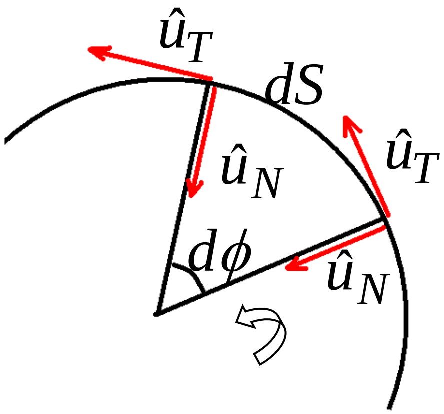
$$a = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$$

Moto circolare uniforme *v = cost.* $\Rightarrow$ $$\boxed{\hat{a} = v\frac{d\phi}{dt}\hat{u}_N = \hat{a}_N}$$

Accelerazione centripeta o normale



$$\hat{a} = \frac{dv}{dt}\hat{u}_T + v\frac{d\phi}{dt}\hat{u}_N$$



Per una circonferenza

di raggio R…

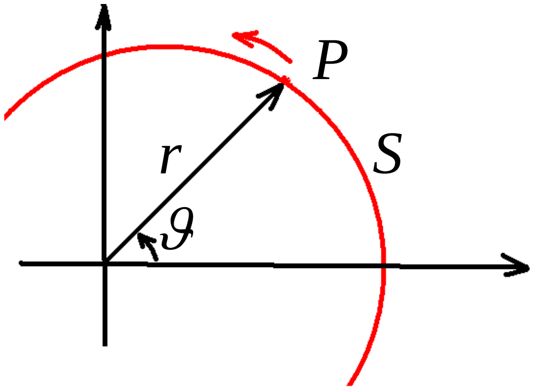
$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{d\phi}{ds}\frac{ds}{dt} = \frac{1}{R}v$$

da cui

$$a_N = \frac{v^2}{R}\hat{u}_N$$

$$\boxed{\hat{a} = \frac{dv}{dt}\hat{u}_T + \frac{v^2}{R}\hat{u}_N}$$

Moto circolare – coordinate polari



$$\vartheta(t) \qquad S(t) = \vartheta(t)\, r \qquad \text{con } r = \text{costante}$$

$$\omega = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{1}{r}\frac{dS}{dt} = \frac{v}{r} \qquad (v = \omega\, r)$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\vartheta}{dt^2} = \frac{1}{r}\frac{dv}{dt} = \frac{a_T}{r} \qquad (a_T = \alpha\, r)$$

Moto circolare – coordinate polari

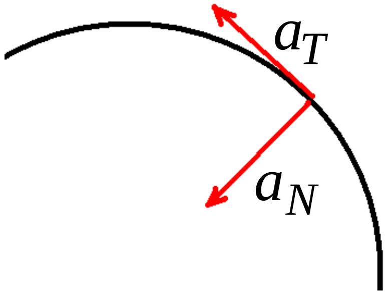
$$x \Leftrightarrow \vartheta$$

$$v \Leftrightarrow \omega$$

$$a \Leftrightarrow \alpha$$

$$a_T = \alpha\, r$$

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



Moto circolare uniformemente accelerato

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

$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha\, t$$

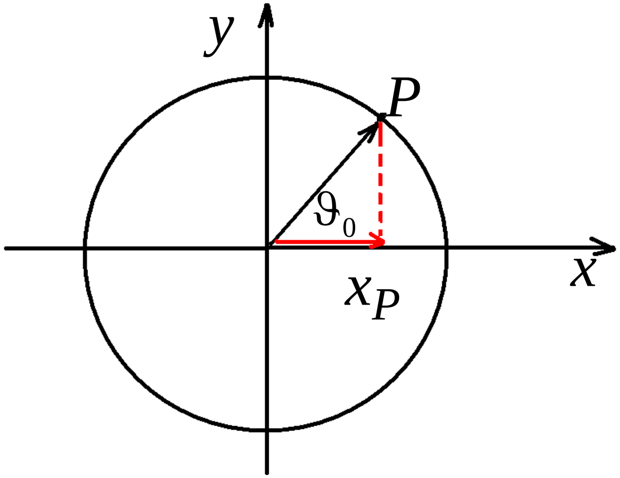
$$\alpha(t) = \text{cost}$$

Moto circolare uniforme

$$\vartheta(t) = \vartheta_0 + \omega_0 t$$

$$\omega(t) = \omega_0$$

$$\alpha(t) = 0$$



$$v = \text{cost}$$

$$x_P = r\cos\vartheta = r\cos(\omega t)$$

In generale
$$x_P = r\cos(\omega t + \vartheta_0)$$
$$y_P = r\sin(\omega t + \vartheta_0)$$

Moto periodico

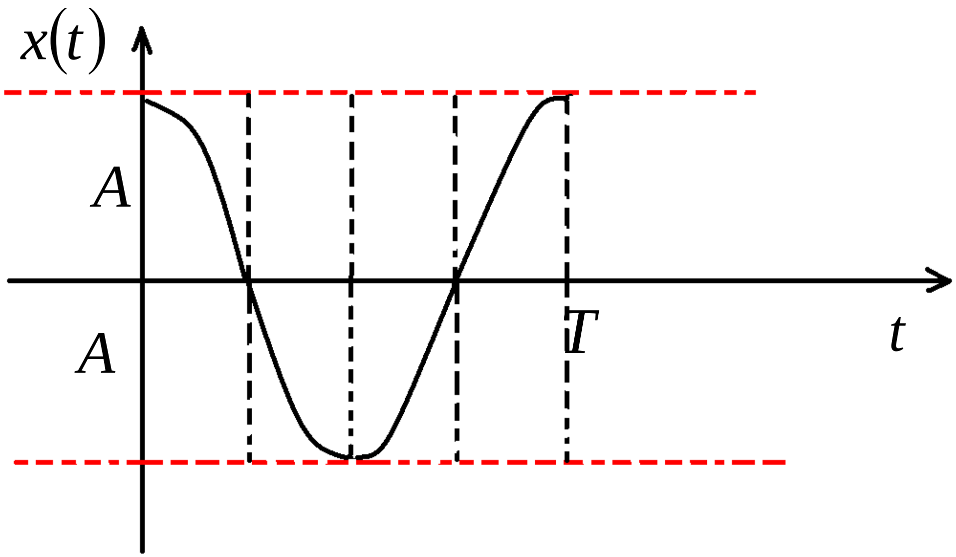
$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (v = \omega r)$$

Si definisce frequenza del moto: $f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \qquad (\text{anche}\ \omega = 2\pi f)$

$$[\vartheta] = [\text{rad}] \qquad [f] = [\text{Hertz}] \qquad [\omega] = \left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}}\right]$$

Moto armonico

$x(t) = A\sin(\omega t + \vartheta_0)$ definisce il moto armonico semplice



$A \quad = \text{ampiezza del moto}$

$\omega t + \vartheta_0 = \text{fase del moto}$

$\vartheta_0 \quad = \text{fase iniziale}$

$\omega \quad = \text{pulsazione}$

condizioni iniziali A, ϑ_0

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

$$x(t+T) = A\sin[\omega(t+T) + \vartheta_0] = A\sin(\omega t + 2\pi + \vartheta_0) = A\sin(\omega t + \vartheta_0)$$

$$x(t+T) = x(t)$$

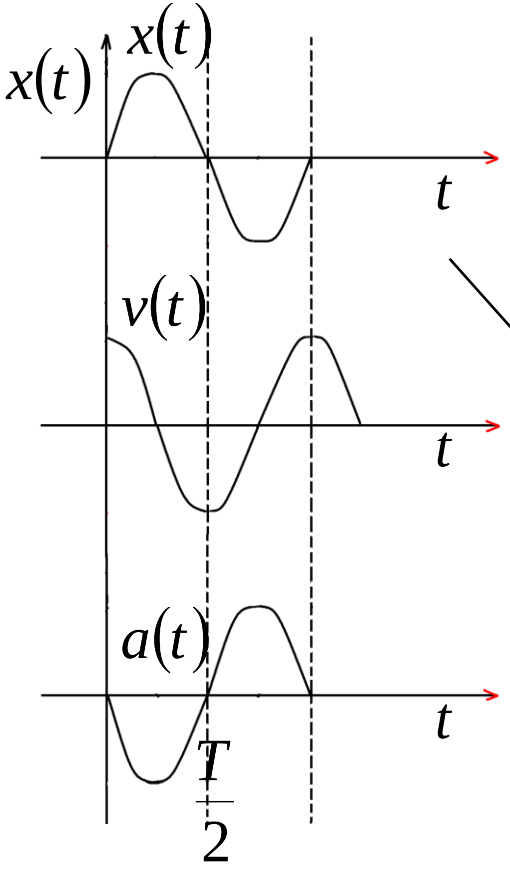
T è il periodo!!

Moto armonico

$$x(t) = A\sin(\omega t + \vartheta_0) \Rightarrow v(t) = \frac{d}{dt}x = \omega A\cos(\omega t + \vartheta_0)$$

$$a(t) = \frac{d}{dt}v = \frac{d}{dt}x^2 = -\omega^2 A\sin(\omega t + \vartheta_0)$$

$$a(t) = -\omega^2 x$$ Definisce la condizione per il moto armonico



x e v in quadratura di fase

differenza di π/2 (v anticipa x)

x e a sono in opposizione di fase

differenza di π

Moto armonico

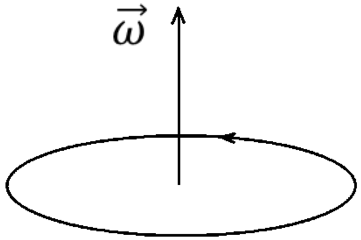
$$x(t) = A\sin(\omega t + \vartheta_0) \qquad v(t) = \frac{d}{dt}x = \omega A\cos(\omega t + \vartheta_0)$$

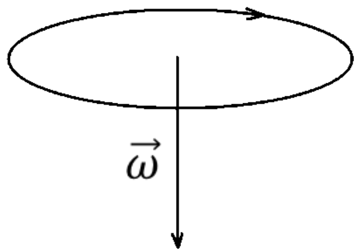
$$\text{condizioni iniziali} \begin{cases} x(0) = x_0 = A\sin\vartheta_0 \\ v(0) = v_0 = \omega A\cos\vartheta_0 \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} \tan\vartheta_0 = \dfrac{\omega\ x_0}{v_0} \\ A^2 = x_0^2 + \dfrac{v_0^2}{\omega^2} \end{cases}$$

inoltre: $a = -\omega^2 x \Rightarrow \boxed{\dfrac{d^2}{dt^2}x + \omega^2 x = 0}$

Equazione differenziale del moto armonico

Moto circolare nello spazio

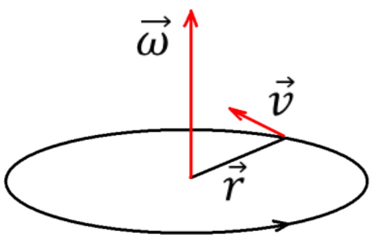




La velocità angolare è un vettore!

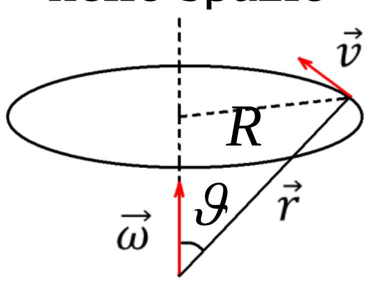
Il modulo è $\dfrac{d}{dt}\vartheta$

nel piano



$$\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r} \Rightarrow v = \omega\, r \quad (\vec{r} \perp \vec{v})$$

nello spazio



$$v = \omega \wedge r \Rightarrow v = \omega\, r \sin\vartheta = \omega\, R$$

Moto circolare nello spazio

$$\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r}$$

$$\hat{a} = \frac{d}{dt}\hat{v} = \frac{d}{dt}\left(\hat{\omega} \wedge \hat{r}\right) = \left(\frac{d}{dt}\hat{\omega}\right) \wedge \hat{r} + \hat{\omega} \wedge \frac{d}{dt}\hat{r}$$

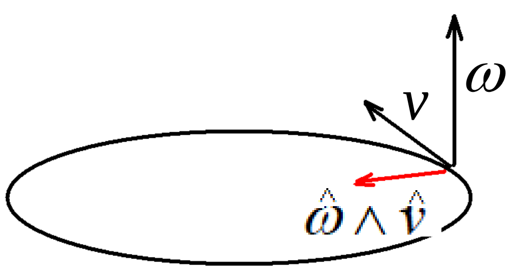
$$\hat{a} = \boxed{\hat{\alpha} \wedge \hat{r}} + \boxed{\hat{\omega} \wedge \hat{v}}$$

accelerazione centripeta

accelerazione tangenziale

$$\hat{a} = \hat{\omega} \wedge \hat{v}$$

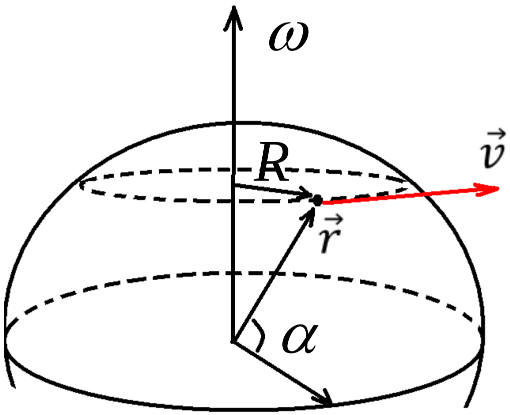
moto circolare uniforme $\alpha = 0$



$\hat{\omega} \wedge \hat{v}$ è diretto verso il centro!

accelerazione centripeta

La vostra velocità e accelerazione in questo momento



$$\omega = 7.3\times10^{-5}\,\frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \qquad r = 6.37\times10^{6}\,\text{m}$$

Il punto si muove di moto circolare uniforme con velocità ω costante e raggio R

α latitudine

$$R = r\cos\alpha$$

$$\vec{v} = \vec{\omega}\wedge\vec{r} \quad\Rightarrow\quad v = \omega\, r\cos\alpha = \omega R$$

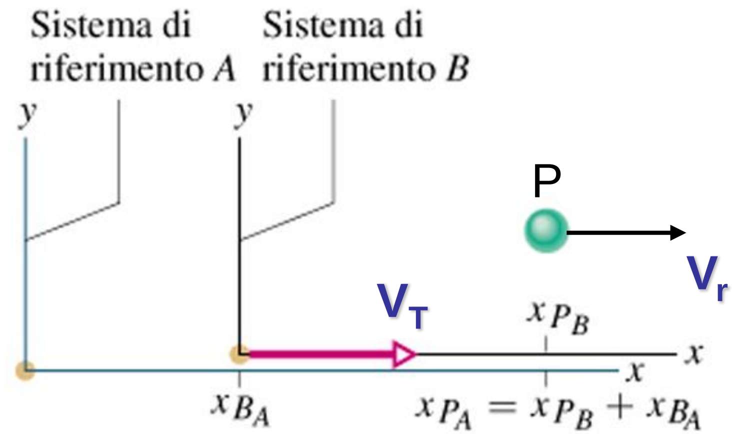
$$\vec{a}_N = \vec{\omega}\wedge\vec{v} \quad\Rightarrow\quad a_N = \omega^2 r\cos\alpha = \omega^2 R$$

$$v = 464\cos\alpha\,\frac{m}{\text{sec}}$$

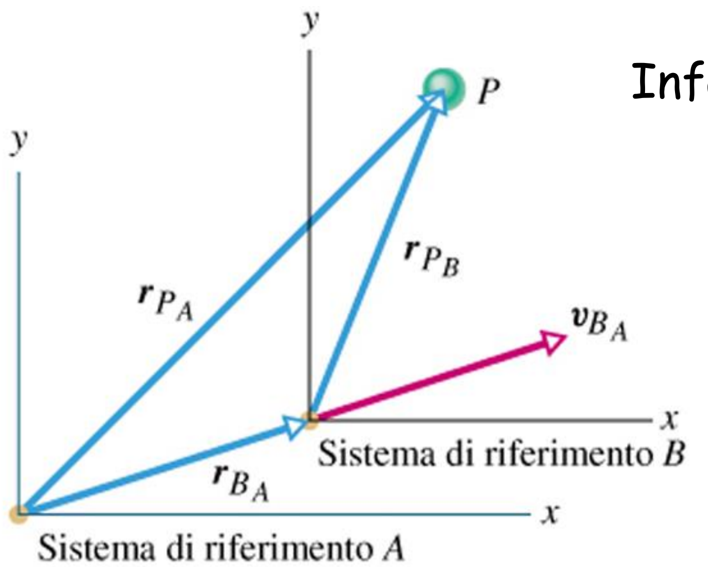
$$a_N = 34\times10^{-2}\cos\alpha\,\frac{m}{\text{sec}^2}$$

Moti Relativi

Supponiamo di avere un osservatore A fermo ed un oggetto P che si muove con velocità V_r rispetto ad un secondo osservatore B che si muove con velocità V_T



Per l' osservatore A il corpo P ha velocità V_A diversa da V_r



Infatti se consideriamo gli spostamenti effettuati si ha:

$$\vec{r}_{P_A} = \vec{r}_{B_A} + \vec{r}_{P_B}$$

$$\vec{v}_{P_A} = \vec{V}_A = \frac{d\vec{r}_{P_A}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{B_A}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{P_B}}{dt} = \vec{V}_T + \vec{V}_r$$

$$\vec{a}_{P_A} = \vec{a}_A = \frac{d\vec{v}_{P_A}}{dt} = \frac{d\vec{V}_T}{dt} + \frac{d\vec{V}_r}{dt} = \vec{a}_T + \vec{a}_r$$

Ricapitolando si ha che:

$$\begin{cases} \vec{V}_A = \vec{V}_T + \vec{V}_r \\ \vec{a}_A = \vec{a}_T + \vec{a}_r \end{cases}$$

A = assoluta
r = relativa
T = trascinamento

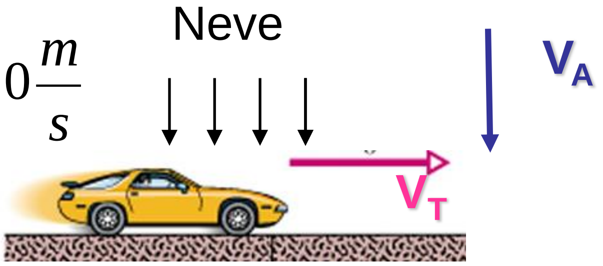
Se $\vec{a}_T = 0$ ovvero l'osservatore B si muove di M.R.U. allora si ha:

$$\vec{a}_A = \vec{a}_r$$

Per cui la accelerazione dei corpi in sistemi di riferimento in moto relativo uniforme tra loro sono IDENTICHE (SISTEMI DI RIFERIMENTO INERZIALI)

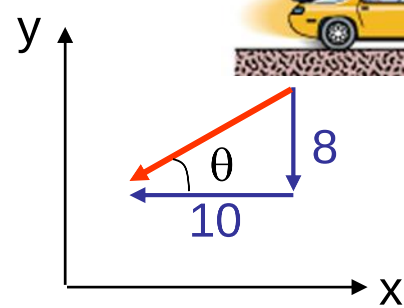
Esempio

$$V_A = 8\frac{m}{s} \quad V_T = 10\frac{m}{s}$$



$$\vec{V}_r = \vec{V}_A - \vec{V}_T = 8\frac{m}{s}(-\vec{j}) - 10\frac{m}{s}\vec{i}$$

$$\left|\vec{V}_r\right| = \sqrt{\left(8\frac{m}{s}\right)^2 + \left(10\frac{m}{s}\right)^2} \cong 12.8\frac{m}{s}$$



$$tg\vartheta = \frac{-8}{-10} = 0.8 \rightarrow \theta = 38.7^\circ$$

L'osservatore in auto vede cade la neve con una inclinazione di 38.7°