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

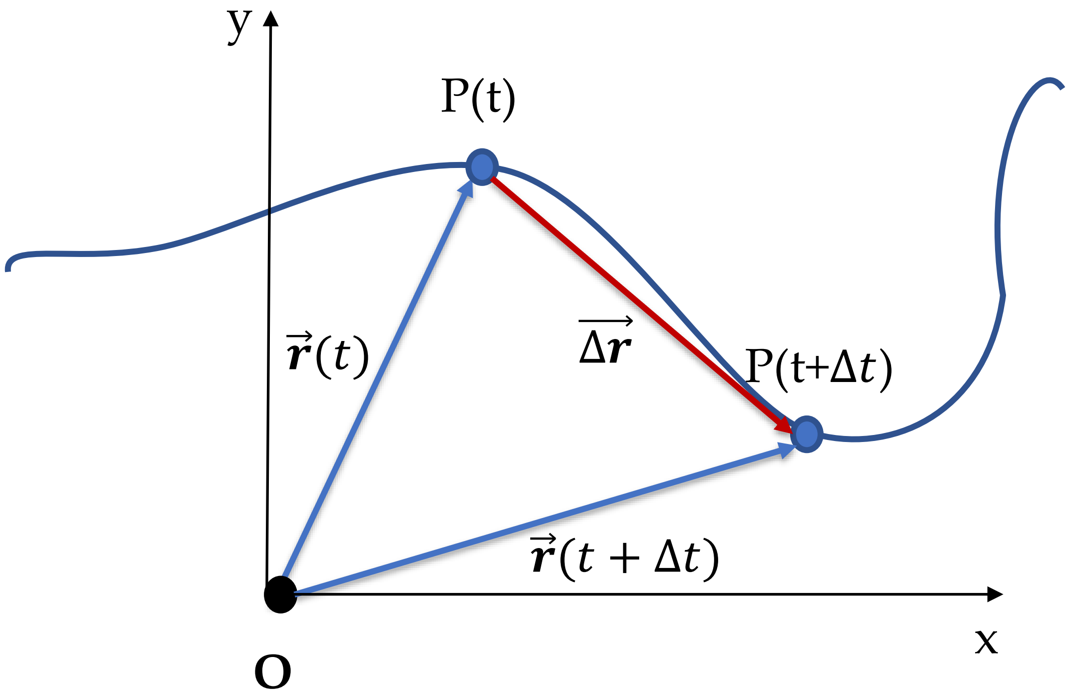
- **Sito web:** www.docenti.unina.it/annalisa.allocca
  - La registrazione al sito si può effettuare inserendo numero di matricola e pin oppure tramite SPID per chi non fosse ancora in possesso di matricola
  - Il materiale didattico si trova sulla pagina web

- **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
  - Velocità e accelerazione
  - Moto rettilineo uniforme
  - Moto uniformemente accelerato
  - Moto armonico
  - Moti su traiettoria curvilinea
  - Moto circolare

Velocità media



Vettore spostamento

$$\overrightarrow{\Delta r} = \vec{r}(t+\Delta t) - \vec{r}(t)$$

Velocità media

$$\overrightarrow{v_m} = \frac{\vec{r}(t+\Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t}$$

Vettore **parallelo** al vettore spostamento

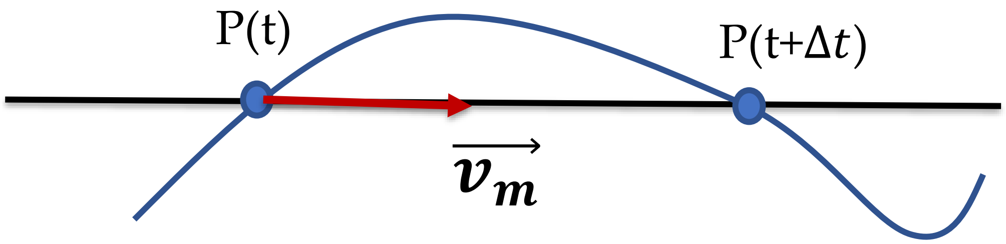
Analisi dimensionale:
[v] = [L][T^-1] = m/s

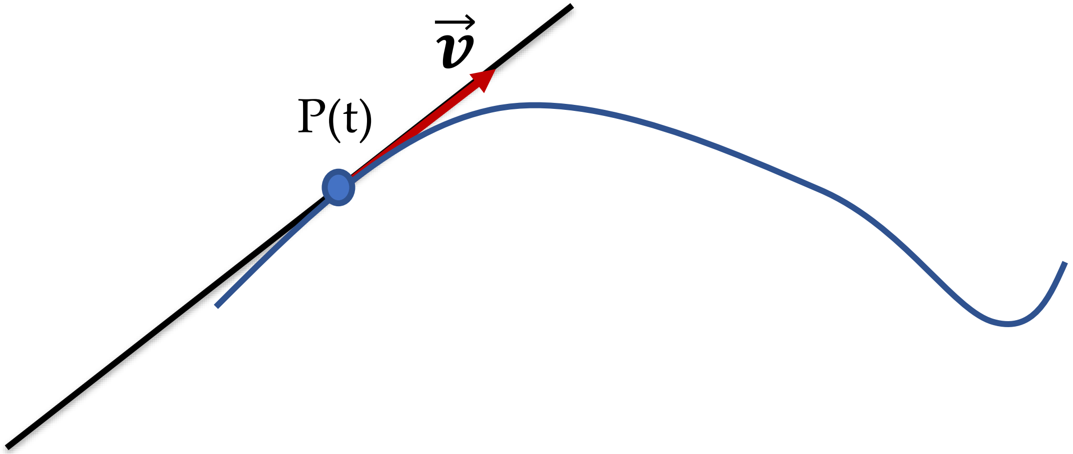
Velocità media e istantanea

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

$$\xrightarrow{\lim_{\Delta t \to 0}}$$

$$\vec{\boldsymbol{v}} = \frac{d\vec{\boldsymbol{r}}(t)}{dt}$$





Ricavare la posizione a partire dalla velocità

Problema inverso: nota la dipendenza dal tempo della velocità istantanea $\vec{\boldsymbol{v}}(t)$, ricavare la funzione $\vec{\boldsymbol{r}}(t)$

Ricavare la posizione a partire dalla velocità

Problema inverso: nota la dipendenza dal tempo della velocità istantanea $\vec{\boldsymbol{v}}(t)$, ricavare la funzione $\vec{\boldsymbol{r}}(t)$

$$\vec{\boldsymbol{r}}(t) = \vec{\boldsymbol{r}}(t_0) + \int_{t_0}^{t} \vec{\boldsymbol{v}}(t)dt$$

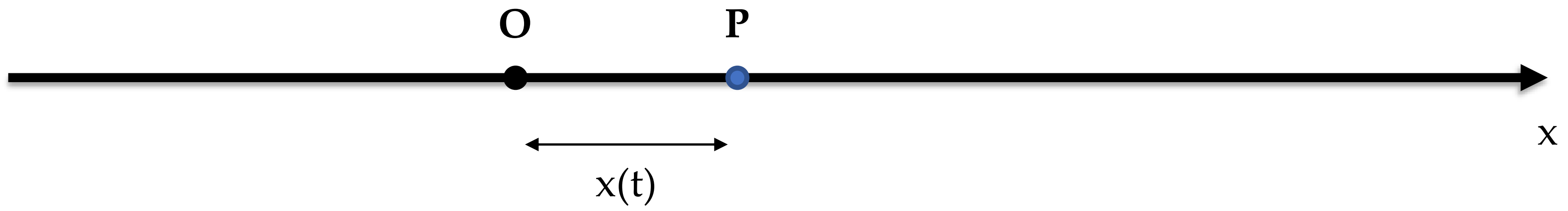
Relazione generale che permette il calcolo della posizione a partire dalla velocità (nota la posizione iniziale)

$$\boldsymbol{v}_m = \frac{1}{t - t_0}\int_{t_0}^{t} \vec{\boldsymbol{v}}(t)dt$$

Velocità media

Moto rettilineo - velocità

Moto unidimensionale

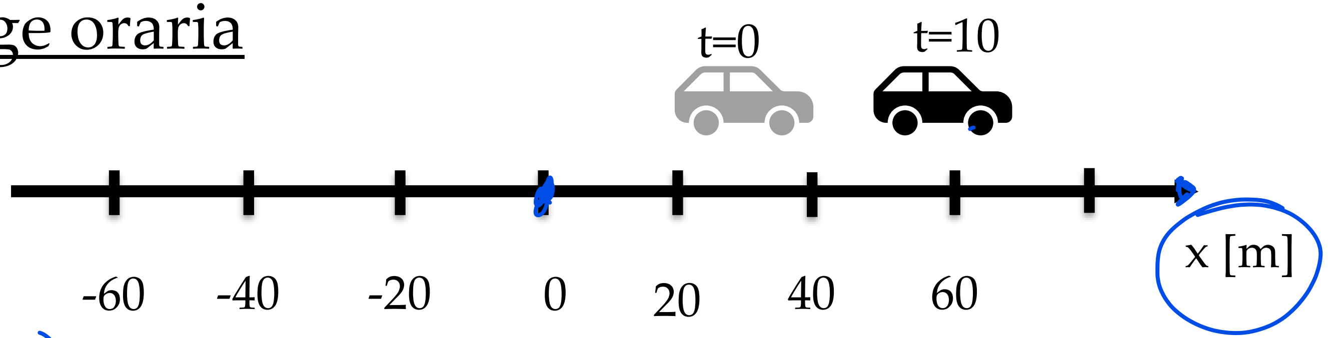


$\vec{\boldsymbol{r}}$ e $\vec{\boldsymbol{v}}$ hanno la stessa direzione e hanno una sola componente:

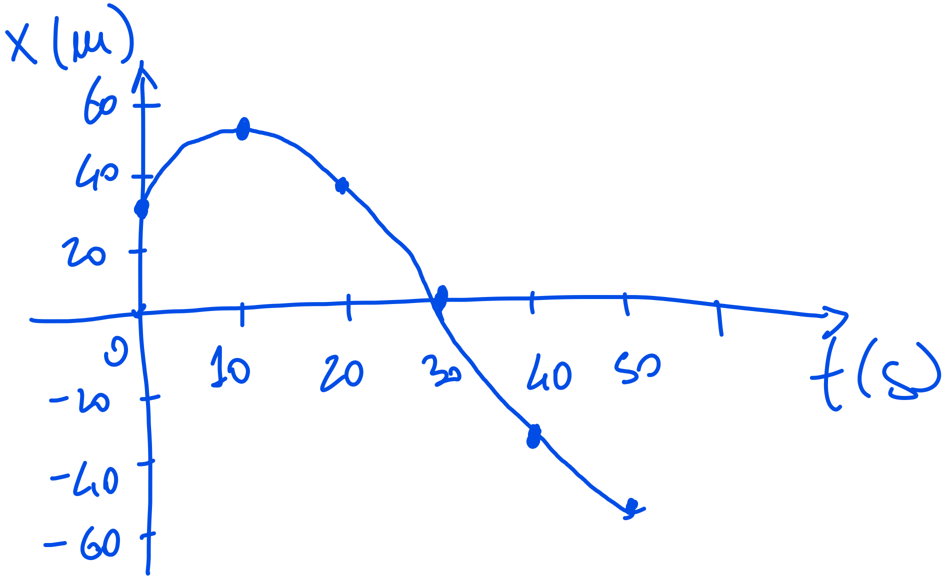
$$v_x = \frac{dx}{dt} \qquad \mathrm{x(t)} = \mathrm{x}(t_0) + \int_{t_0}^{t} v_x(t)dt$$

Diagramma orario spazio-tempo

Definisce la posizione in funzione del tempo sugli assi cartesiani; rappresenta la <u>legge oraria</u>



Es.: Fototraguardi lungo la direzione del moto collegati ad un cronometro

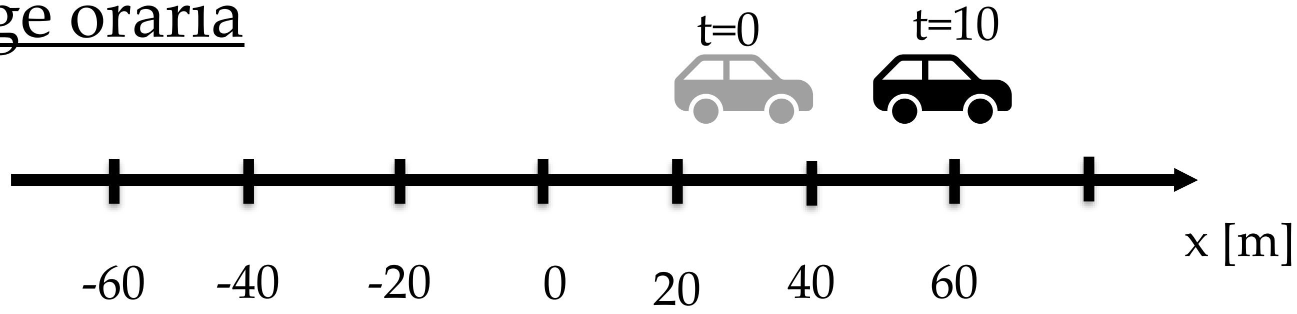


	Tempo (s)	Posizione (m)
1	**0**	**30**
2	**10**	**57**
3	**20**	**38**
4	**30**	**0**
5	**40**	**-35**
6	**50**	**-57**

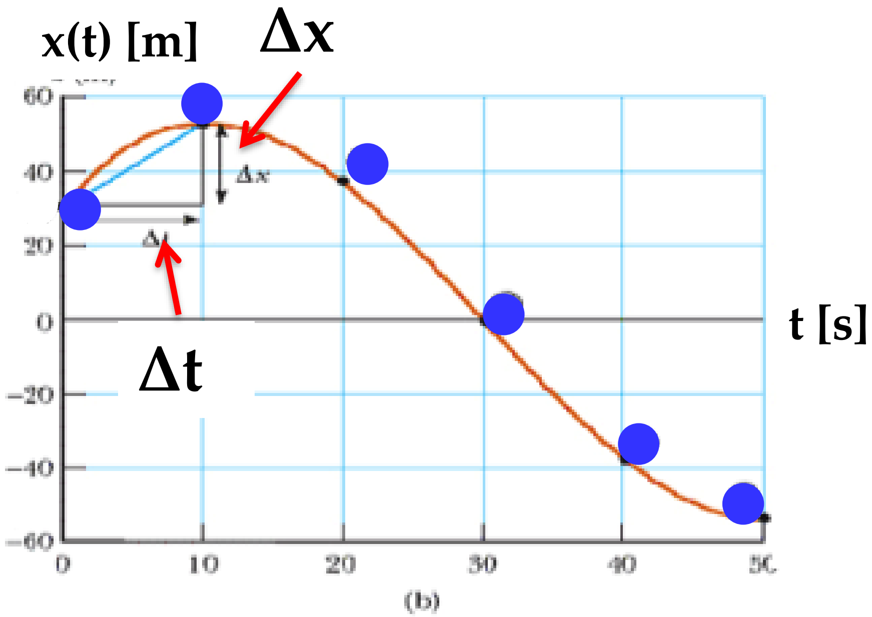
Bisogna introdurre un'unità di misura per ciascun asse, perché i due assi rappresentano grandezze fisiche diverse

Diagramma orario spazio-tempo

Definisce la posizione in funzione del tempo sugli assi cartesiani; rappresenta la legge oraria



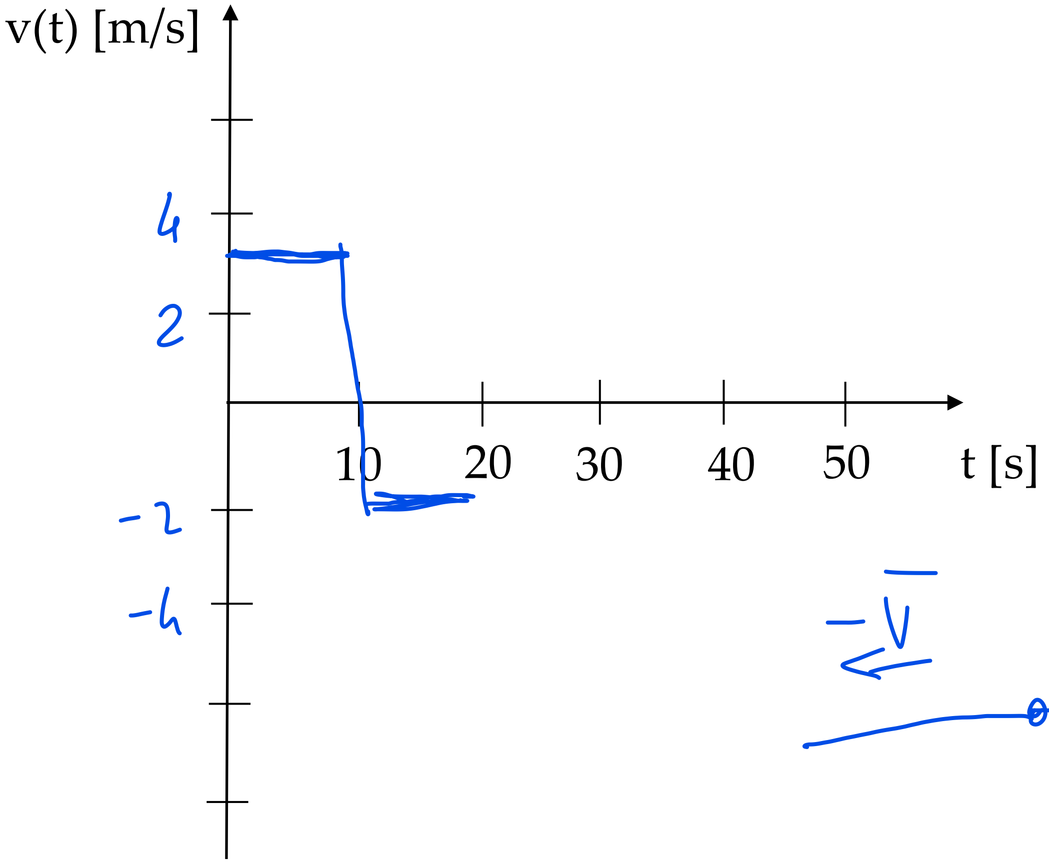
Es.: Fototraguardi lungo la direzione del moto collegati ad un cronometro



	Tempo (s)	Posizione (m)
1	**0**	**30**
2	**10**	**57**
3	**20**	**38**
4	**30**	**0**
5	**40**	**-35**
6	**50**	**-57**

Bisogna introdurre un'unità di misura per ciascun asse, perché i due assi rappresentano grandezze fisiche diverse

Diagramma orario velocità-tempo

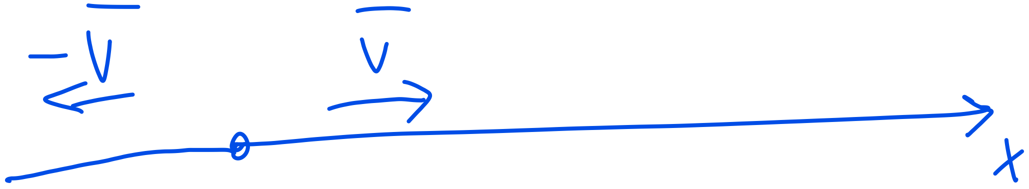


$$v_{12} = \frac{57-30}{10} = 2{,}7 \frac{m}{s}$$

$$v_{23} = \frac{38-57}{10} = -1{,}9 \frac{m}{s}$$

$$\vdots$$

	Tempo (s)	Posizione (m)
1	**0**	**30**
2	**10**	**57**
3	**20**	**38**
4	**30**	**0**
5	**40**	**-35**
6	**50**	**-57**



Moto rettilineo

Nota la **legge oraria x(t)**, si può ottenere la velocità istantanea con l'operazione di <u>derivazione</u>
Viceversa, nota la velocità, otteniamo la posizione ad un certo istante di tempo con l'operazione di <u>integrazione</u>

- x al tempo *t*
- x + *dx* al tempo *t* + *dt*

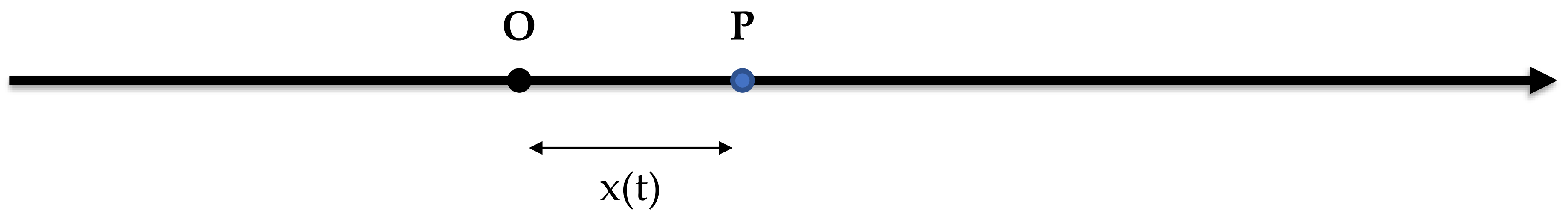
Spostamento complessivo $\Delta x = \int_{x_0}^{x} dx$

$$dx = v(t)dt$$

$$\Delta x = \int_{x_0}^{x} dx = \int_{t_0}^{t} v(t)dt$$

Moto rettilineo uniforme

Moto unidimensionale a **velocità costante nel tempo → v(t) = v**



$$x(t) = x(t_0) + \int_{t_0}^{t} v\,dt = x_0 + v\int_{t_0}^{t} dt$$

$$= \boldsymbol{x_0 + v\,(t - t_0)} \longrightarrow$$

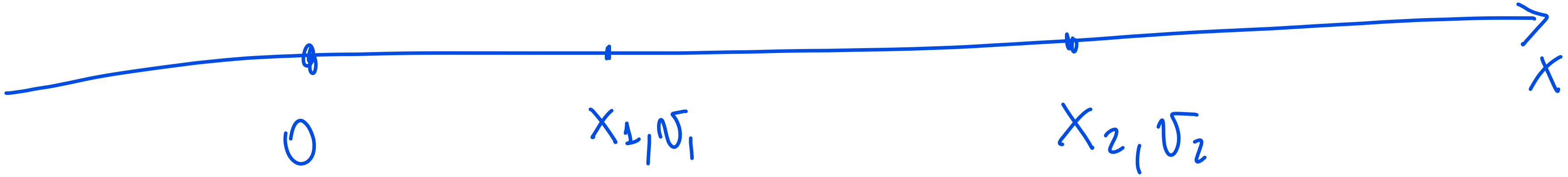
Legge oraria del moto rettilineo uniforme

La posizione è una funzione lineare del tempo:
spazi uguali sono percorsi in intervalli di tempo uguali

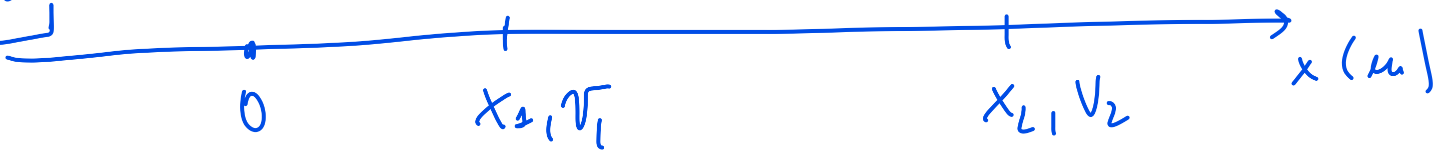
Moto rettilineo uniforme - esempio

Due punti materiali si trovano nell'istante t=0 sullo stesso asse x, rispettivamente nella posizione $x_1$con velocità v_1 e nella posizione $x_2 > x_1$con velocità v_2. Il moto dei punti è uniforme.

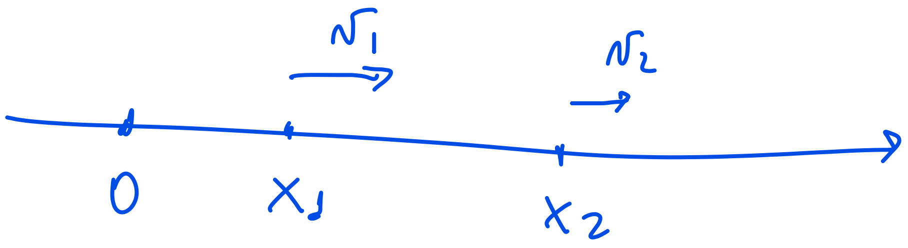
1) Discutere quali sono le situazioni in cui i punti ad un certo istante si urtano e determinare dove e quando si urtano
2) Rappresentarlo nel diagramma orario nei seguenti casi:
   a) $v_1 = 3\text{m/s}, v_2 = 2m/s, x_1 = 4m, x_2 = 6m$
   b) $v_1 = 3\text{m/s}, v_2 = -2m/s, x_1 = 4m, x_2 = 6m$
   c) $v_1 = -2\text{m/s}, v_2 = -3m/s, x_1 = 4m, x_2 = 6m$



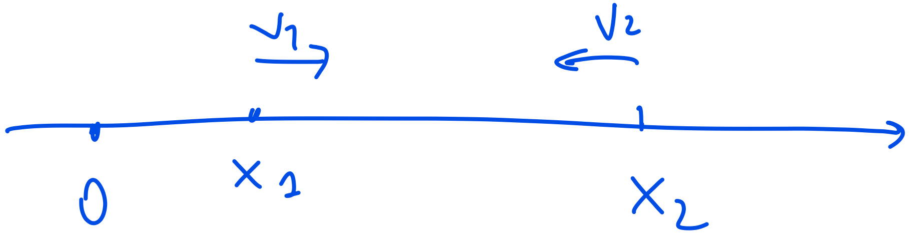
$x(t) = x_0 + vt$



a) $v_1 > 0$, $v_2 > 0$ e $v_1 > v_2$



b) $v_1 > 0$, $v_2 < 0$



c) $v_1 < 0$, $v_2 < 0$ e $|v_2| > |v_1|$

$$\tilde{x}_1(t) = x_1 + v_1 t$$
$$\parallel$$
$$x'_2(t) = x_2 + v_2 t$$

$$\Rightarrow x_1 + v_1 t^* = x_2 + v_2 t^*$$

$$x_1 - x_2 = (v_2 - v_1)\, t^* \Rightarrow \boxed{t^* = \frac{x_1 - x_2}{v_2 - v_1}}$$

$$t^* = \frac{x_1 - x_2}{v_2 - v_1}$$

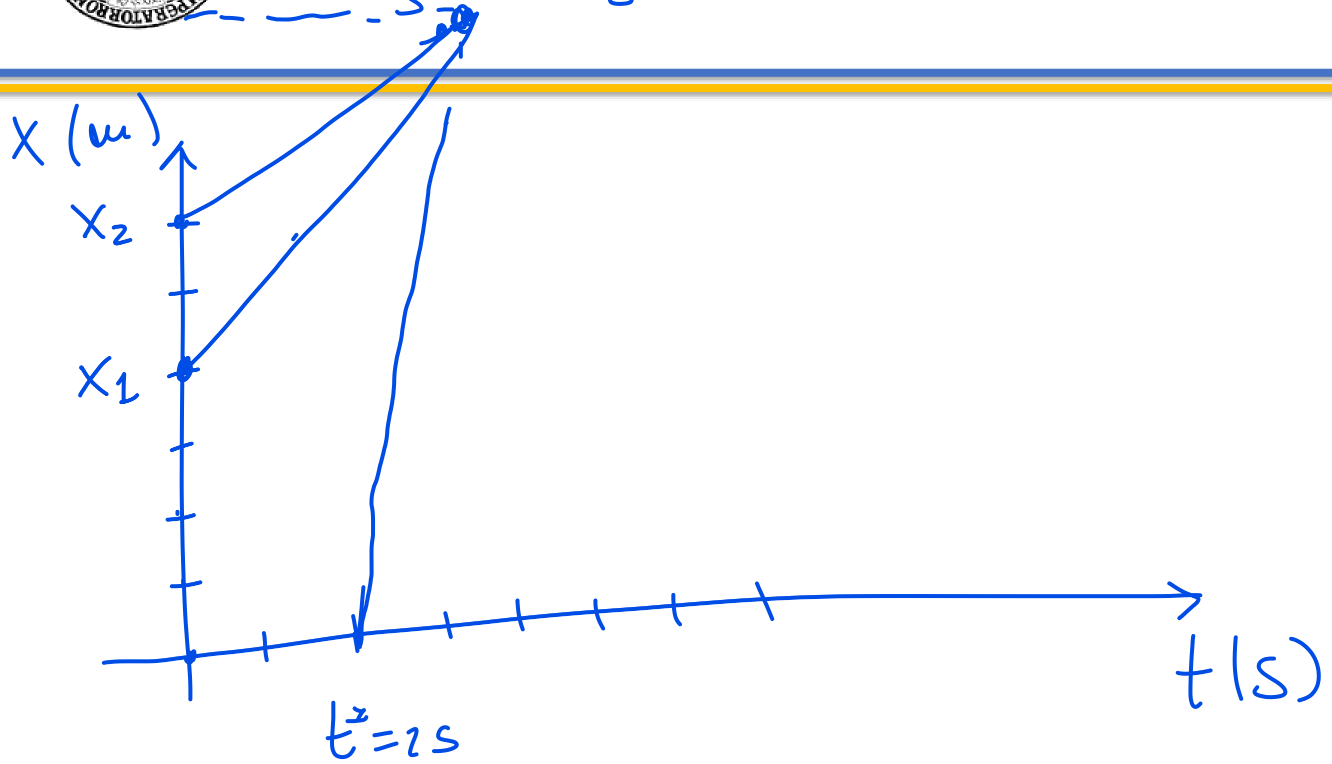
$$\tilde{x}_1(t^*) = x_1 + v_1 t^*$$

$$x^*(t^*) = x_1 + v_1\left(\frac{x_1 - x_2}{v_2 - v_1}\right) = \frac{v_2 x_1 - \cancel{v_1 x_1} + \cancel{v_1 x_1} - v_1 x_2}{v_2 - v_1} = \frac{v_2 x_1 - v_1 x_2}{v_2 - v_1}$$

$v_1 = 3\,\frac{m}{s}$, $v_2 = 2\,\frac{m}{s}$, $x_1 = 4\,m$, $x_2 = 6\,m$

$$t^* = \frac{x_1 - x_2}{v_2 - v_1} = \frac{4-6}{-1}\,s = 2s$$

$x^* =$



Accelerazione

Variazione della velocità nel tempo

Accelerazione

Variazione della velocità nel tempo

Accelerazione media

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

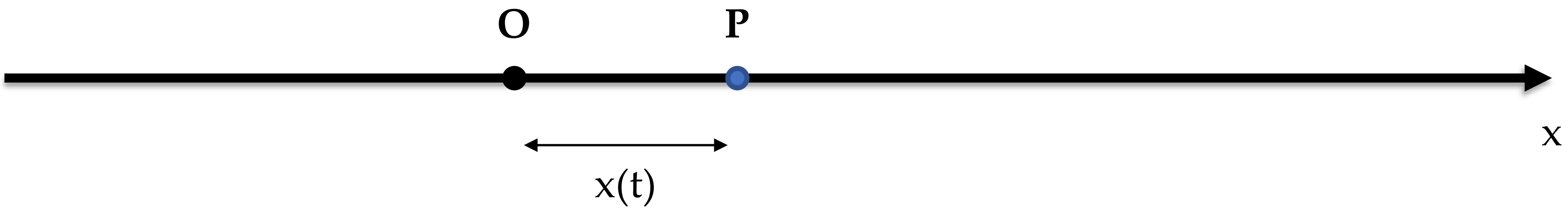
Analisi dimensionale:
$[a] = [L][T\text{^-}2] = {}^{m}/_{s^2}$

Accelerazione istantanea

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

Moto rettilineo - accelerazione

Moto unidimensionale



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

- Legge oraria della velocità

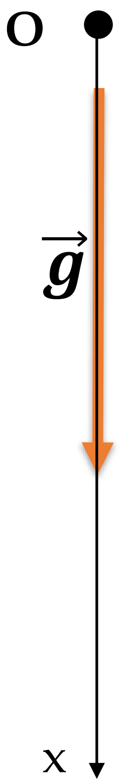
Moto uniformemente accelerato

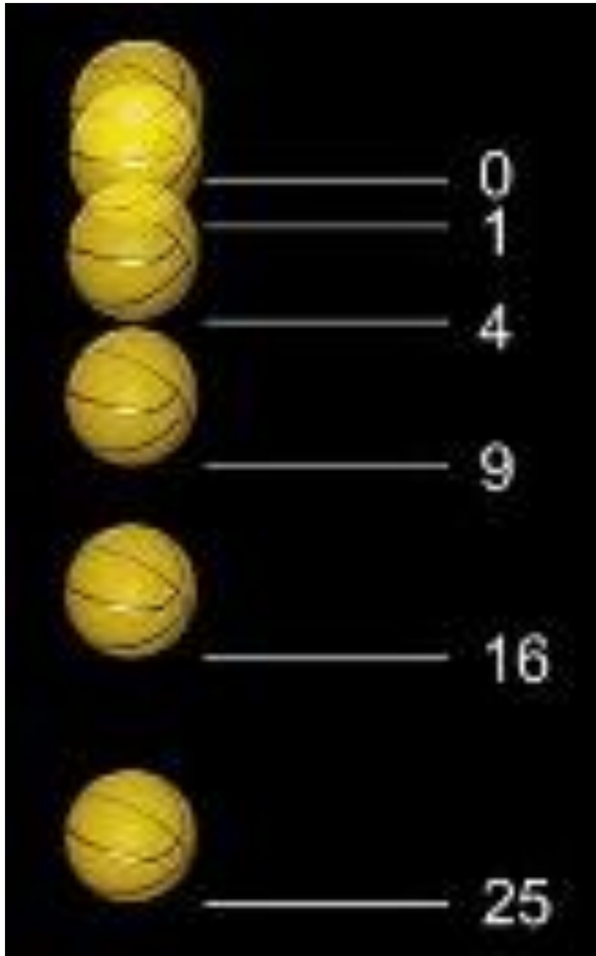
- Legge oraria della posizione

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**





__**Vettore accelerazione**__

Modulo → g

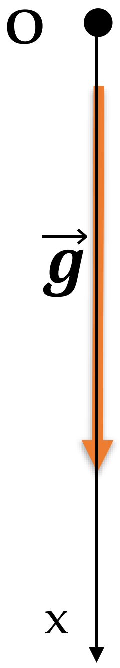
Direzione → perpendicolare alla superficie terrestre

Verso → diretta verso il centro della terra

Corpi in caduta libera

Attenzione a come è orientato il sistema di riferimento!

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



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

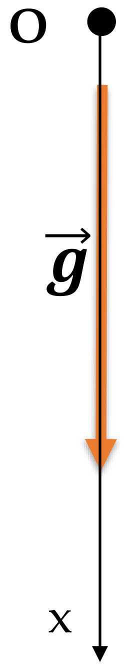
Leggi orarie del moto di caduta libera

- Velocità

- Posizione

Caduta libera da un'altezza h

- $v_0 = 0$



- $v_0 > 0$

Caduta libera da un'altezza h

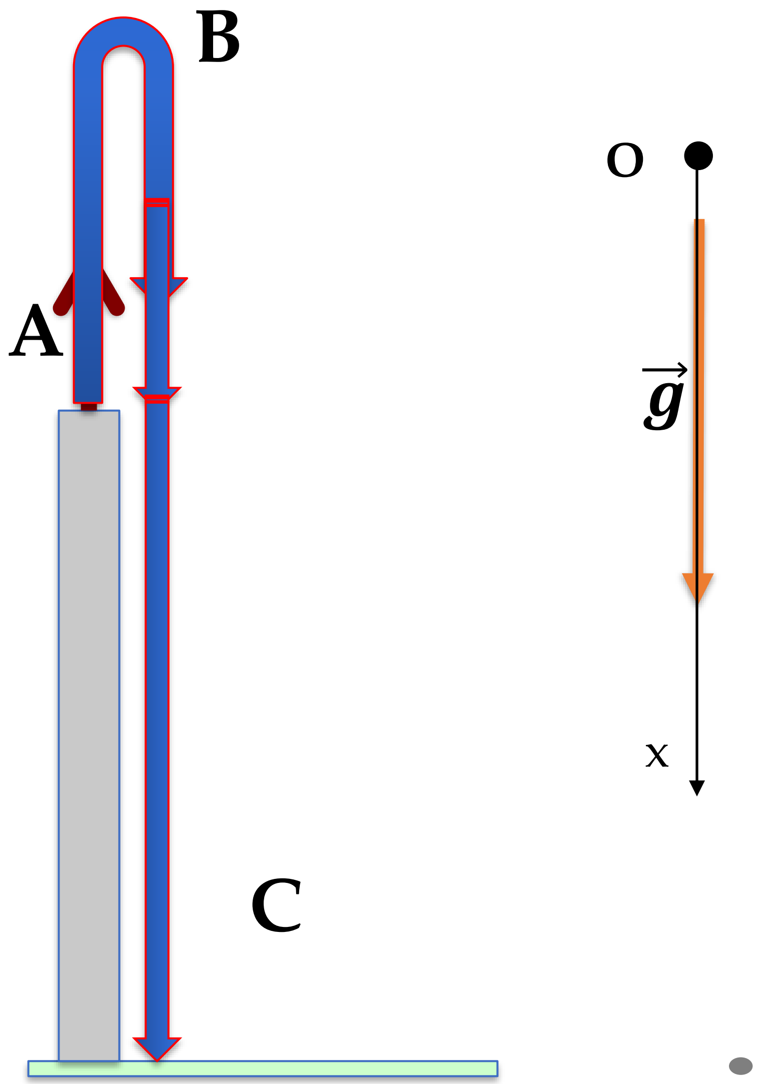
- $v_0 < 0$ (il corpo è lanciato verso l'alto)

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

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

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

Moto armonico

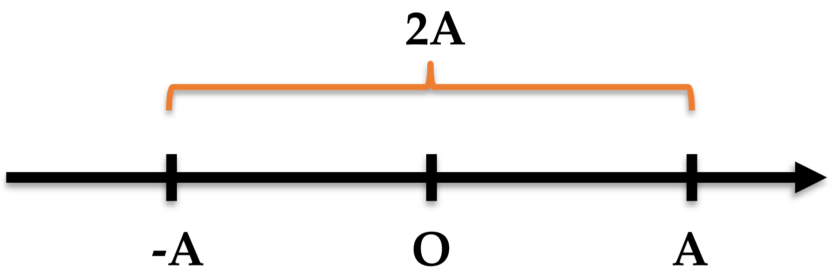
Moto oscillatorio (il corpo ripercorre avanti e indietro lo stesso tragitto)

Ampiezza del moto

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

Fase del moto

MOTO PERIODICO!



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

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

Periodo del moto

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

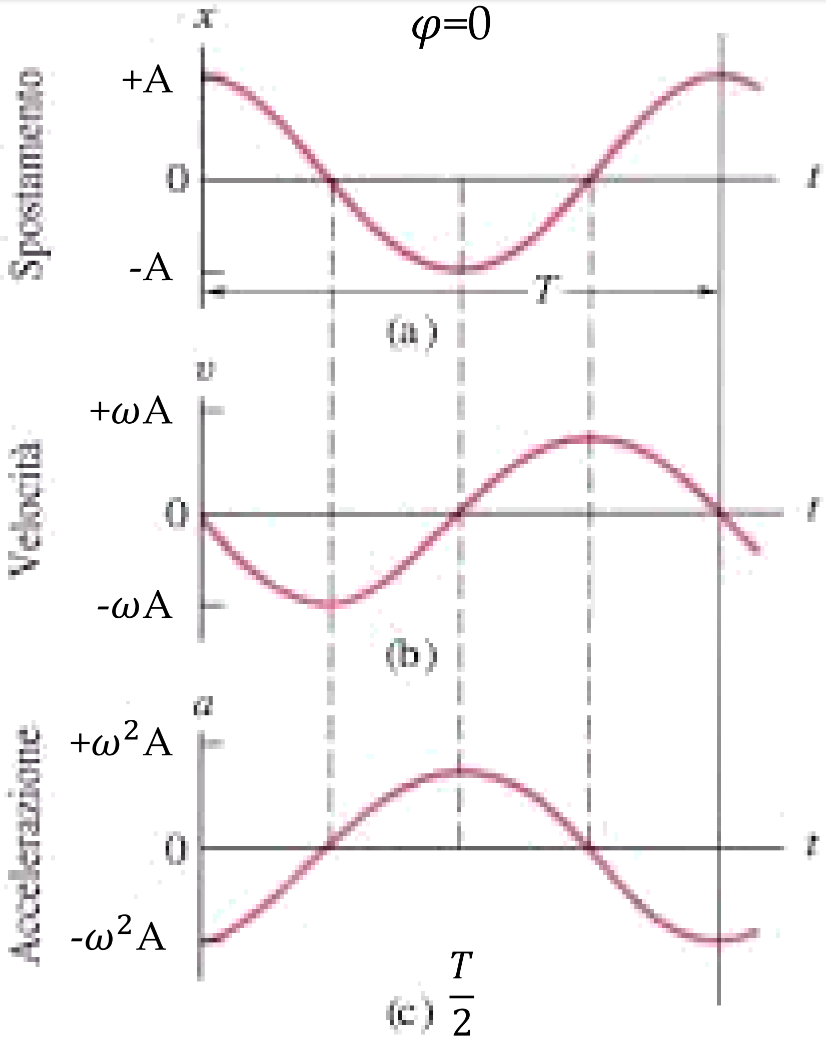
Moto armonico semplice

- Spostamento:

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

- Velocità:

- Accelerazione:



Equazione differenziale del moto armonico

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

Moto armonico semplice

- Spostamento:

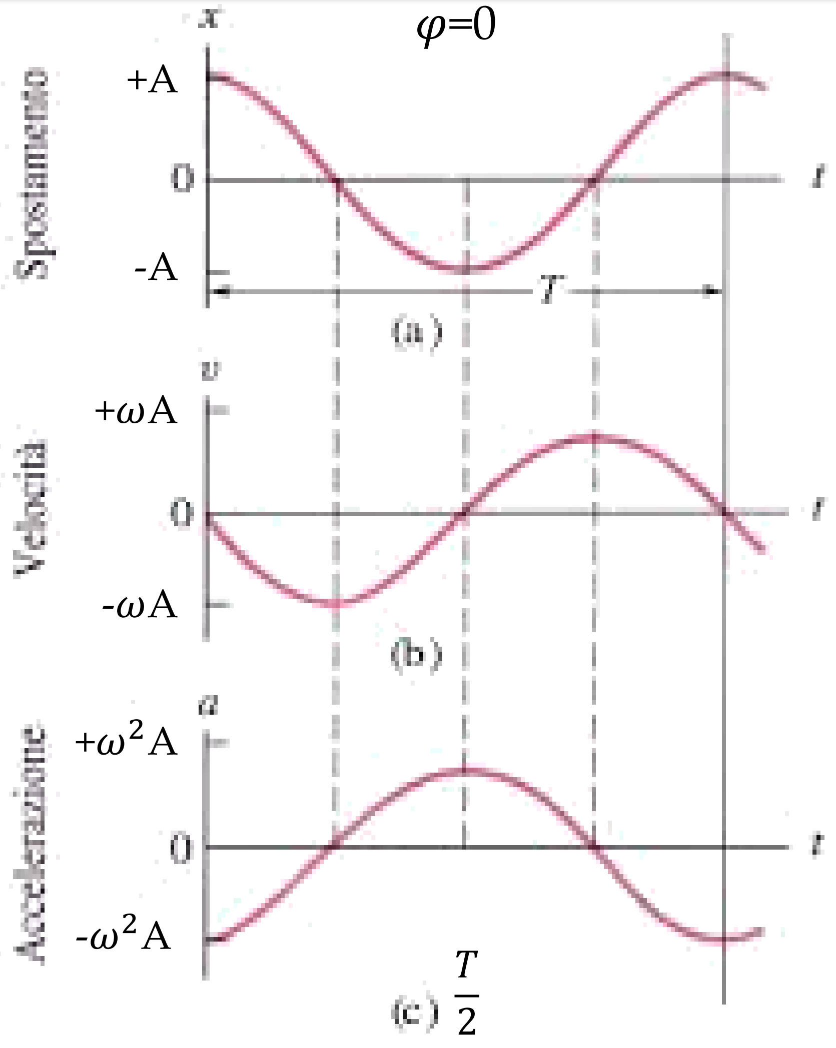
$$x(t) = A\,cos(\,\omega t + \ \varphi)$$

- 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:

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

Viceversa, note le condizioni iniziali possiamo ricavare A e φ

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

Moto armonico semplice

Le costanti A e φ determinano le condizioni iniziali:

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

Viceversa, note le condizioni iniziali possiamo ricavare A e φ

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

Accelerazione e velocità in funzione della posizione:

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