# ARGOMENTI DEL PRE-CORSO

1. **Introduzione:**
   a. Grandezze fisiche e unità di misura
   b. Richiami di matematica
2. **Vettori**
3. **Meccanica**
   a. Cinematica (velocità e accelerazione)
   b. Dinamica del punto materiale, Lavoro ed Energia
   c. Meccanica dei Fluidi
4. **Calorimetria e Termodinamica**
   a. Temperatura, scambi di calore
   b. Principi della Termodinamica

# CINEMATICA

Dott. Nicola Nicassio
Dipartimento Interateneo di Fisica
E-mail: nicola.nicassio@uniba.it

# COSA E' LA MECCANICA?



- Studio del MOTO DEI CORPI e delle CAUSE che lo DETERMINANO.

# COSA E' LA MECCANICA?



Viene tradizionalmente suddivisa in:

- CINEMATICA
- DINAMICA
- STATICA

# CINEMATICA



- STUDIO del MOTO INDIPENDENTEMENTE dalle CAUSE che lo hanno GENERATO

# DINAMICA



- STUDIO del MOTO e delle CAUSE  che lo hanno GENERATO

- Vedremo che la CAUSA del moto è la FORZA

# STATICA

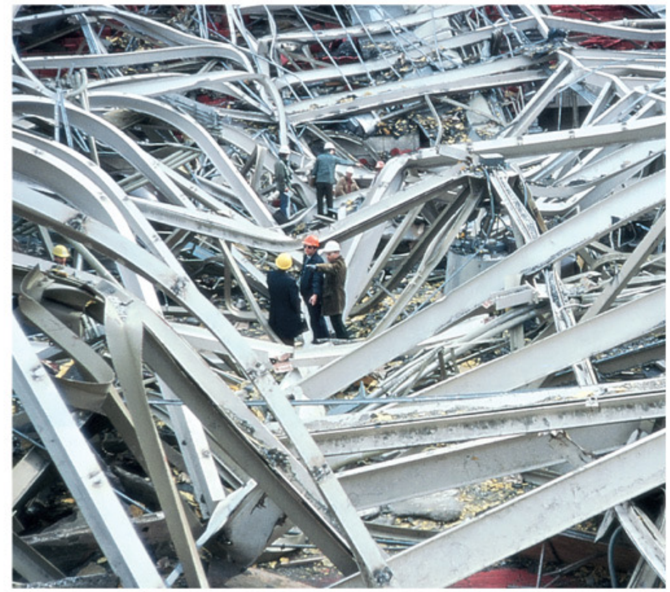


- STUDIO delle CONDIZIONI DI EQUILIBRIO

# STATICA



(a)



(b)

- …la lasciamo studiare agli Ingegneri ☺!!!

# …si parte dalla CINEMATICA



- STUDIO del MOTO INDIPENDENTEMENTE dalle CAUSE che lo hanno GENERATO
- Ricordiamo l’esempio usato per introdurre il concetto di lunghezza nella prima lezione: MOTO DELLA BICICLETTA
- Possiamo partire da questo???
- NO! E’ troppo complicato!!!

# Approssimazione di PUNTO MATERIALE



- CONSIDERIAMO GLI OGGETTI PUNTIFORMI: quindi possono solo TRASLARE e non RUOTARE.

# Cosa è la CINEMATICA?



- La cinematica è quel ramo della meccanica che si occupa di descrivere il moto dei corpi a prescindere dalle cause che lo producono.
- La cinematica si basa sui concetti di posizione, velocità e accelerazione.
- La velocità ci dice quanto rapidamente cambia la posizione nel tempo, mentre l’accelerazione ci dice quanto rapidamente varia la velocità nel tempo.

# Iniziamo col parlare di …



- **Sistemi di riferimento.**
- Moto unidimensionale.
- Tabella oraria, Diagramma orario ed equazione oraria.
- Velocità ed accelerazione scalare, media ed istantanea.
- Moto uniforme e moto uniformemente accelerato.

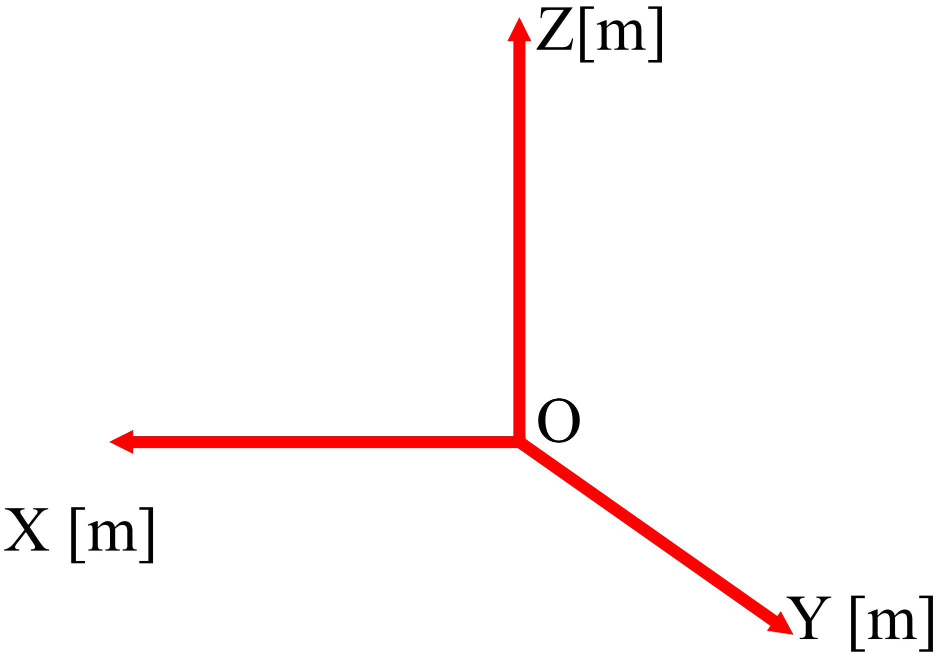
# Sistemi di riferimento (I).



- La **posizione** di un punto materiale ha senso solo se **definita rispetto** alla posizione di **altri corpi** presi come **riferimento**.
- Per descrivere il moto occorre servirsi di un **sistema di riferimento** rispetto al quale si definisce la posizione del corpo studiato e il suo movimento.
- La scelta del sistema di riferimento è del tutto **arbitraria** e si fa in base al tipo di problema.

-La scelta di un opportuno **sistema di coordinate** permette la **descrizione matematica del movimento** rispetto al sistema di riferimento.

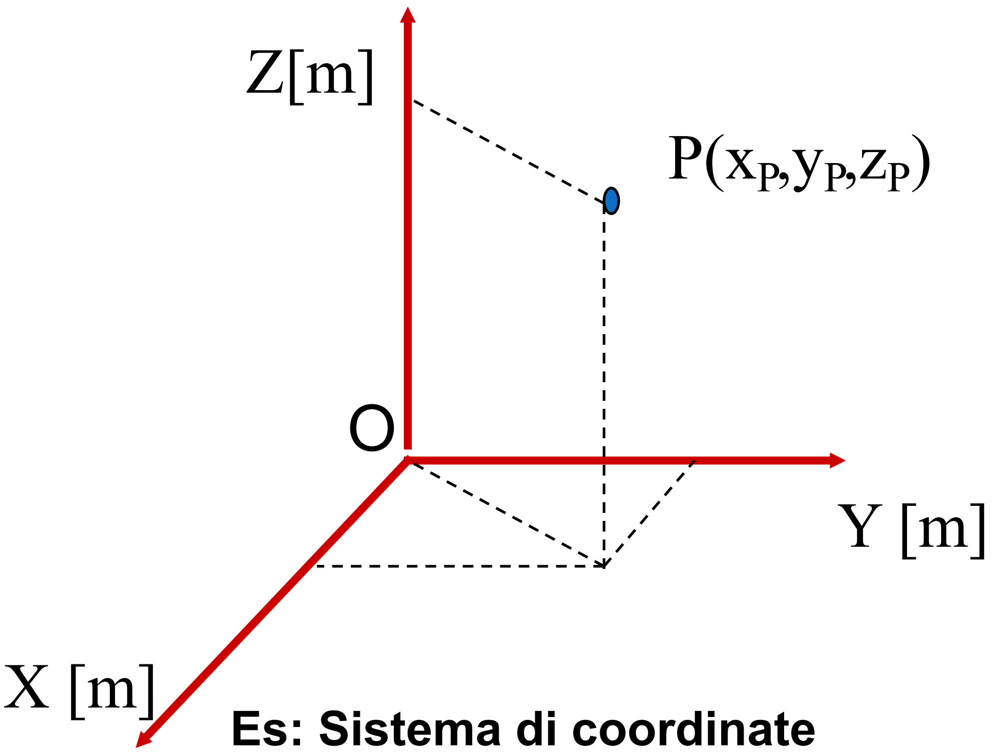
Es: Sistema di coordinate cartesiano ortogonale



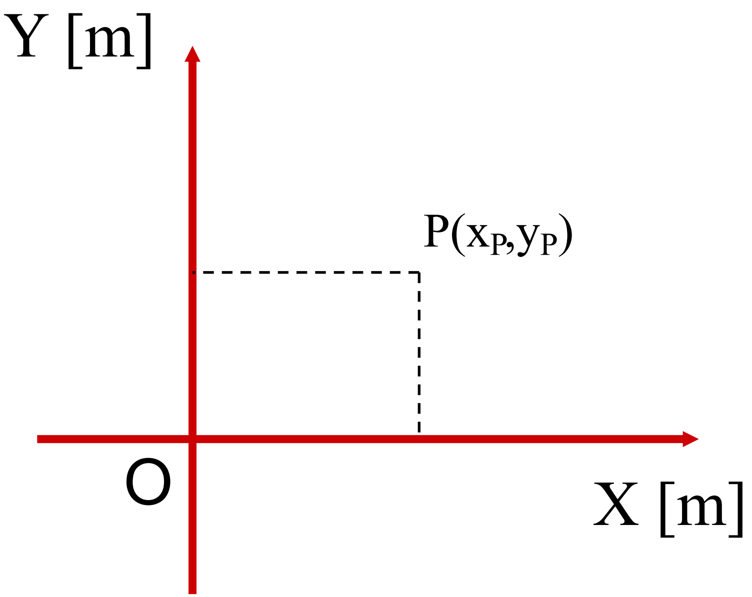
# Sistemi di riferimento (II).



La **posizione di** un punto materiale **P** in un sistema di riferimento cartesiano (3D, 2D o 1D) **è individuata dalle sue coordinate cartesiane!**



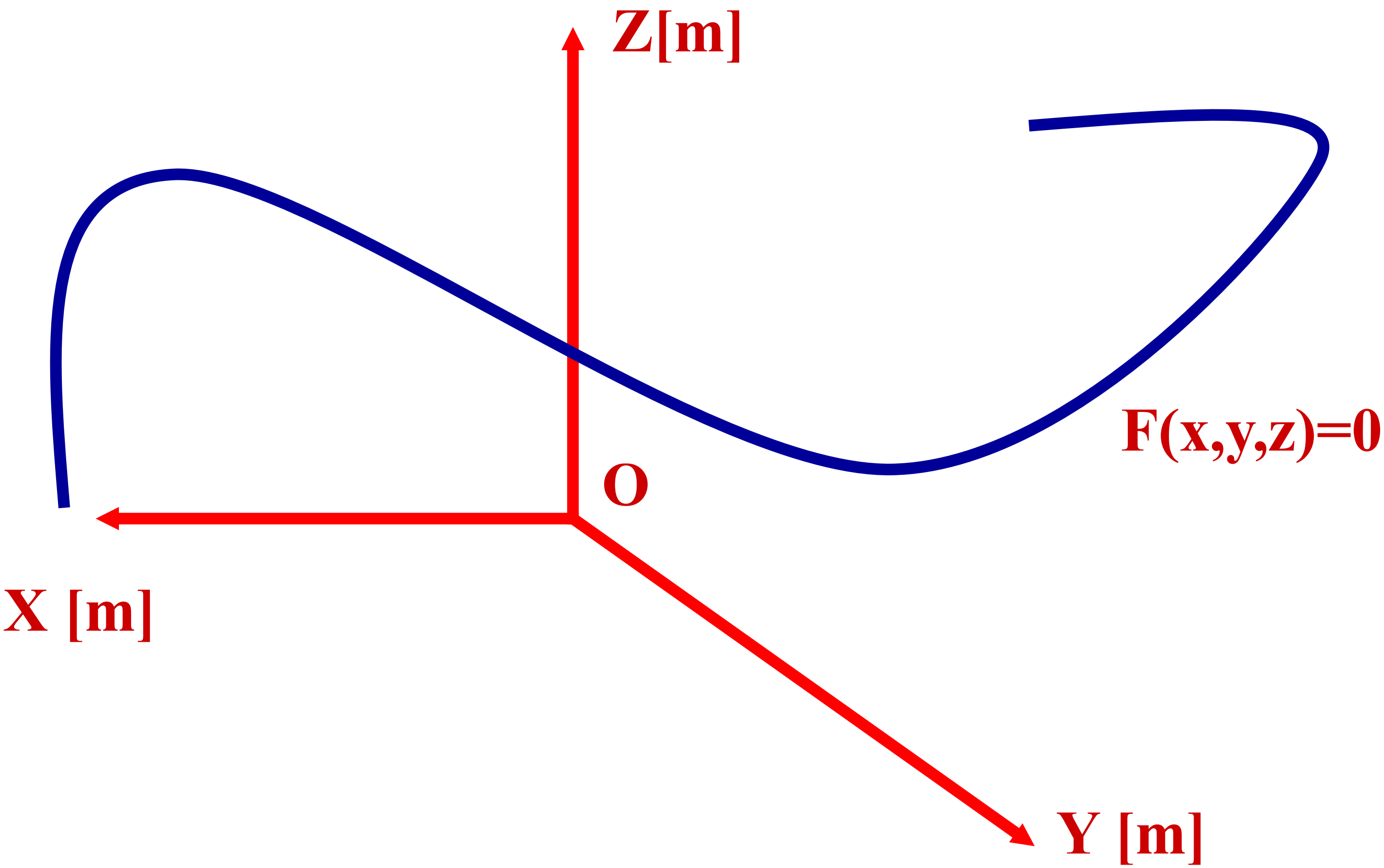

**Es: Sistema di coordinate cartesiano ortogonale nello Spazio (3D)**




**Es: Sistema di coordinate cartesiano ortogonale nel Piano (2D)**

- **Traiettoria: Successione delle POSIZIONI occupate dal PUNTO MATERIALE.**





# Traiettoria: CASI PARTICOLARI:



- MOTO PIANO: $f(x,y)=0$

- MOTO RETTILINEO: $f(x)=0$

# Iniziamo col parlare di …



- Sistemi di riferimento.
- **Moto unidimensionale.**
- Tabella oraria, Diagramma orario ed equazione oraria.
- Velocità ed accelerazione scalare, media ed istantanea.
- Moto uniforme e moto uniformemente accelerato.

# Cinematica Unidimensionale



**Indipendentemente dal sistema cartesiano di riferimento, possiamo studiare il moto fissando sulla traiettoria un sistema di ascisse curvilinee.**


$s = s(t)$
legge oraria

Il punto A sulla traiettoria viene individuato da $+\overset{\frown}{OA}$
Il punto B sulla traiettoria viene individuato da $-\overset{\frown}{OB}$

Il moto unidimensionale più semplice è quello RETTILINEO, in cui il punto materiale si muove lungo una retta

# Iniziamo col parlare di …



- Sistemi di riferimento.
- Moto unidimensionale.
- **Tabella oraria, Diagramma orario ed equazione oraria.**
- Velocità ed accelerazione scalare, media ed istantanea.
- Moto uniforme e moto uniformemente accelerato.

# Tabella Oraria



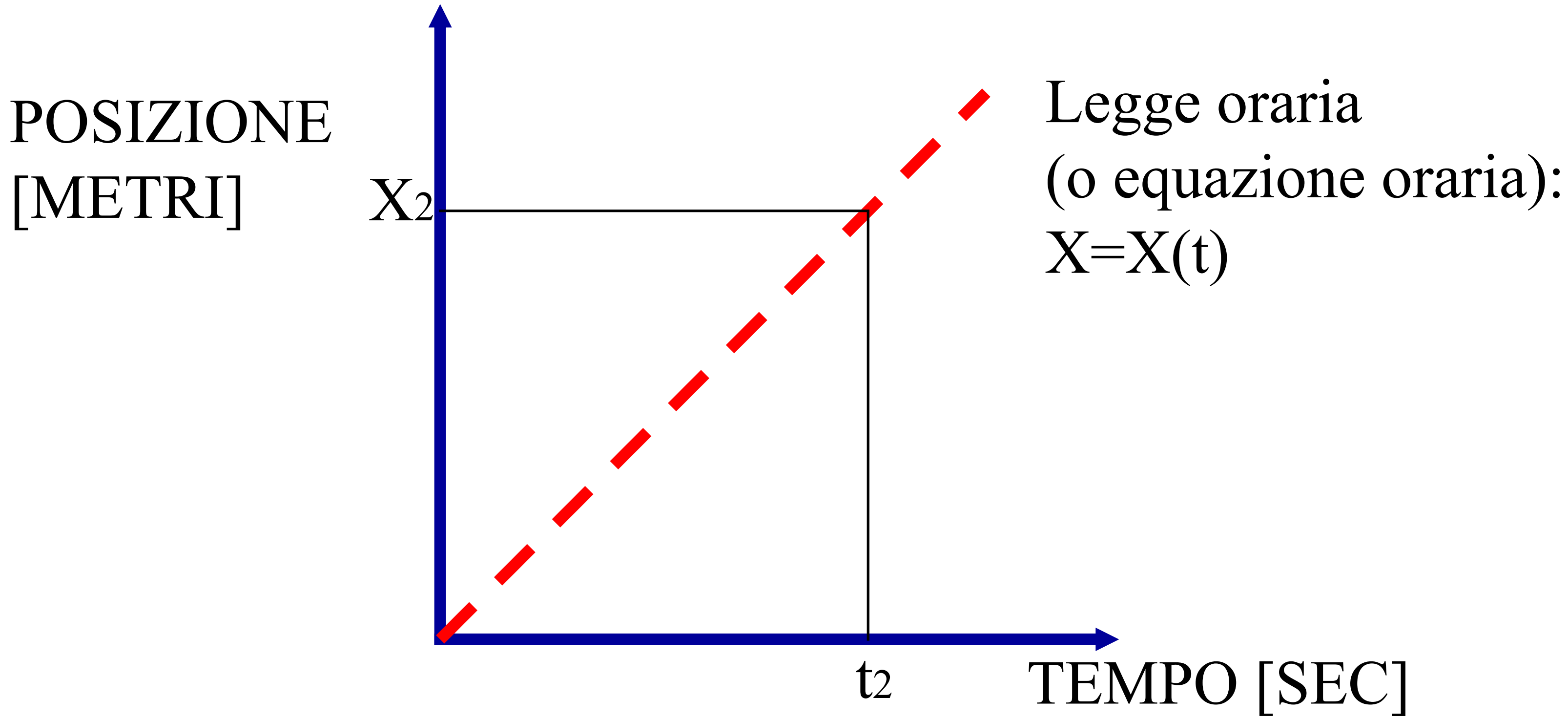
| posizione | TEMPO |
| --- | --- |
| $X_0$ | $t_0$ |
| $X_1$ | $t_1$ |
| $X_2$ | $t_2$ |
| $X_3$ | $t_3$ |

Si studia come varia la posizione del punto materiale nel sistema di riferimento
in funzione della GRANDEZZA FONDAMENTALE TEMPO [SEC].

# Diagramma Orario e Legge oraria del moto

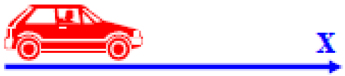


Si studia come varia la posizione del punto materiale nel sistema di riferimento in funzione della GRANDEZZA FONDAMENTALE TEMPO [SEC].




N.B. Il diagramma orario NON è la traiettoria del punto materiale!!

# Moto rettilineo: Tabella Oraria






**Consideriamo tre corpi che si muovono in linea retta, con la seguente tabella oraria.**

| TEMPO [sec] | SPOSTAMENTO CORPO 1 [METRI] | SPOSTAMENTO CORPO 2 [METRI] | SPOSTAMENTO CORPO 3 [METRI] |
|---:|---:|---:|---:|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 15 | 20 |
| 10 | 10 | 30 | 40 |
| 15 | 15 | 45 | 60 |

# Moto rettilineo: Velocità scalare media (1)



Fissiamo l'attenzione all'istante t = 10 sec.
Il corpo 1 ha percorso 10 metri;
Il corpo 2 ha percorso 30 metri;
Il corpo 3 ha percorso 40 metri.

| TEMPO [sec] | CORPO 1 [METRI] | CORPO 2 [METRI] | CORPO 3 [METRI] |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 15 | 20 |
| 10 | 10 | 30 | 40 |
| 15 | 15 | 45 | 60 |

**Il corpo 3 cambia posizione più rapidamente di corpo 2 e corpo 1.**

Osserviamo che il valore Spostamento/Tempo per corpo 3 è maggiore che per corpo 2 1 per corpo 1.

Definiamo: velocità scalare media di un corpo il rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato a percorrerlo.

# Moto rettilineo: Velocità scalare media (2)



Quindi:
La velocità media tra due istanti $t_2$ e $t_1$ si calcola come:

$$V_{media} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

**Dopo 10 sec:**
**$V_1$=1 m/s, $V_2$=3 m/s, $V_3$=4 m/s**

**Esaminiamo ora il significato della velocità scalare media da un punto di vista grafico.**

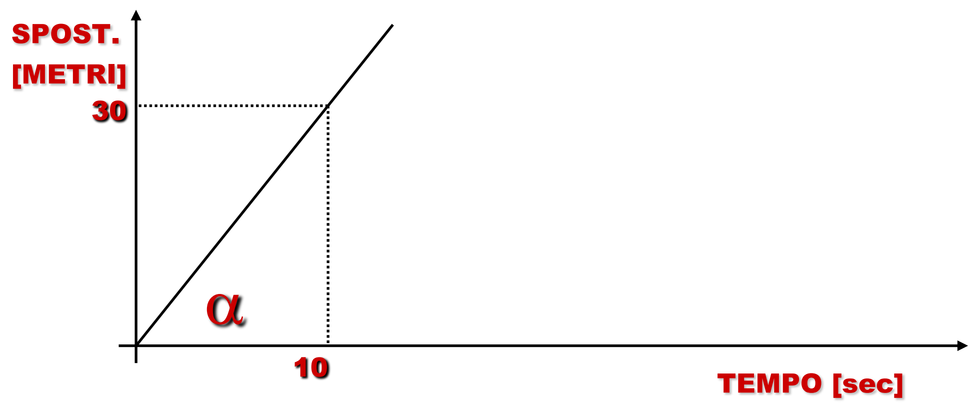
**Consideriamo, ad esempio, Il corpo 2.**

| TEMPO [sec] | CORPO 1 [METRI] | CORPO 2 [METRI] | CORPO 3 [METRI] |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 5 | 15 | 20 |
| 10 | 10 | 30 | 40 |
| 15 | 15 | 45 | 60 |

# Moto rettilineo: Velocità scalare media (3)



| TEMPO [sec] | | CORPO 2 [METRI] | |
|---|---|---|---|
| 0 | | 0 | |
| 5 | | 15 | |
| 10 | | 30 | |
| 15 | | 45 | |

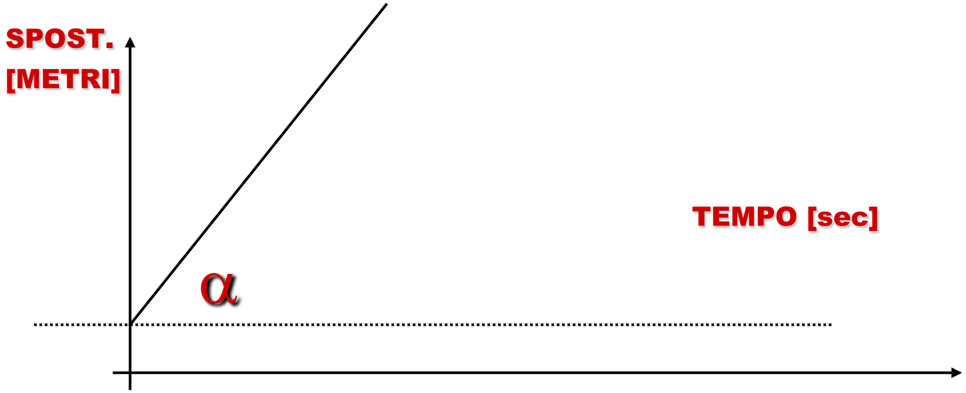



**$v = \Delta x / \Delta t = tg\alpha$**
**con α angolo formato dalla retta con asse dei tempi (ASCISSA)**

$\Delta x = v * \Delta t$ → $x_0 = 0m,\ t_0 = 0sec$ → $x(t) = v\ t$

**v = coefficiente angolare della retta**

# Moto rettilineo: Velocità scalare media (4)




| TEMPO [sec] | | CORPO 4 [METRI] | |
|---|---|---|---|
| 0 | | 3 | |
| 5 | | 18 | |
| 10 | | 33 | |
| 15 | | 48 | |

**Se all'istante t=0 il corpo non si trova nell'origine (x = 0) si ha:**

**In generale $x(t)=vt+x_0$**

# Moto rettilineo: Velocità scalare istantanea (1)



| TEMPO [sec] | | CORPO 5 [METRI] | |
|---|---|---|---|
| 0 | | 0 | |
| 5 | | 32 | |
| 10 | | 48 | |
| 15 | | 56 | |

**Calcoliamo la velocità scalare media del corpo 5, in vari intervalli di tempo**

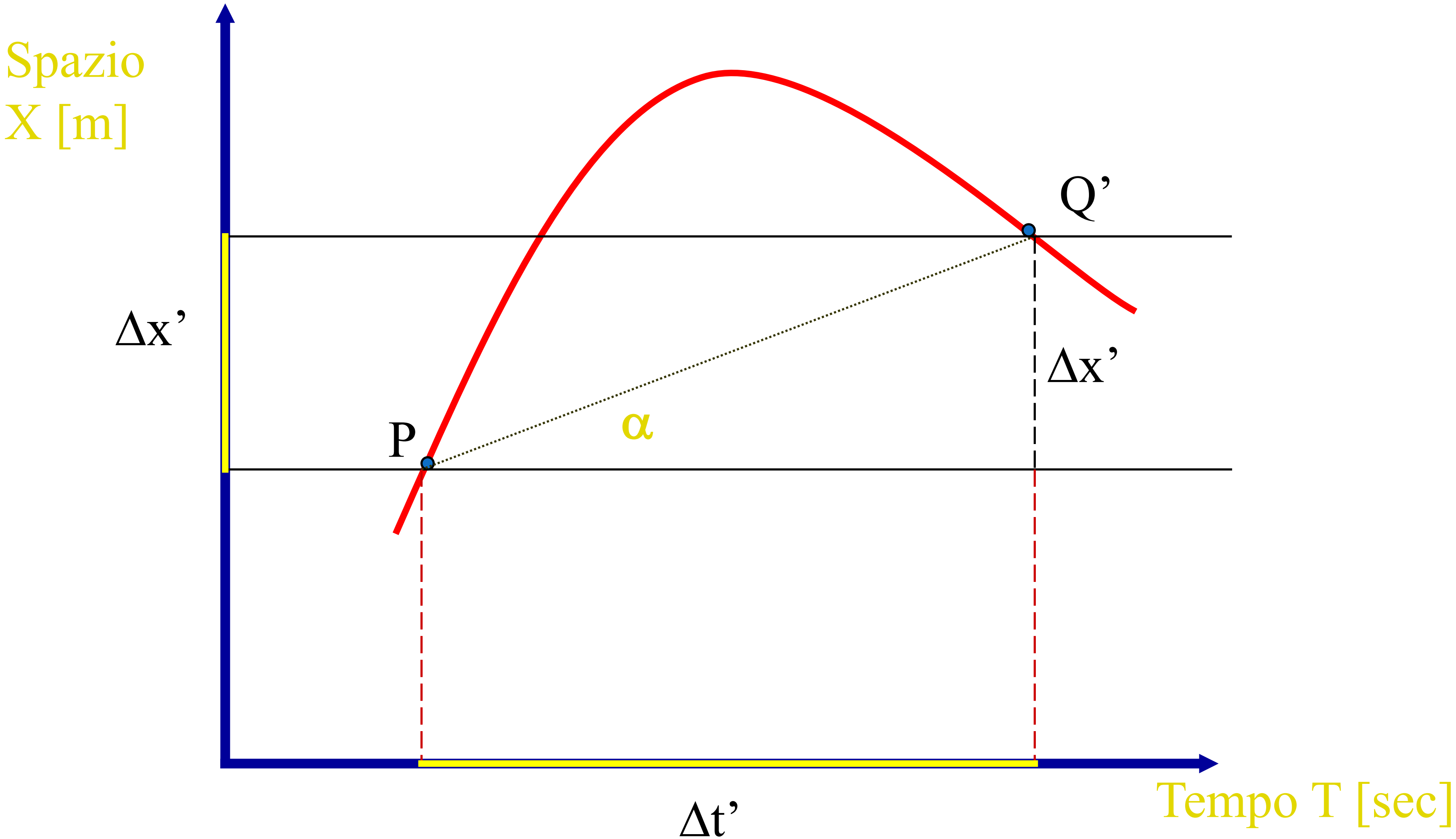
**Nei primi 5 sec.** $V_{0,5}$= 32/5 m/s =6.4 m/s

**Nei primi 10 sec** $V_{0,10}$ = 48/10 m/s =4.8 m/s

**Nei primi 15 sec** $V_{0,15}$= 56/15 m/s = 3.7 m/s

**In questo caso il rapporto tra spazio percorso e tempo impiegato NON è COSTANTE e la rappresentazione NON è una retta !!!**

# Moto rettilineo: Velocità scalare istantanea (2)



# Moto rettilineo: Velocità scalare istantanea (3)



La velocità media tra due istanti $t_2$ e $t_1$ si calcola come:

$$\mathrm{v_{media}} = \frac{\mathrm{x_2 - x_1}}{\mathrm{t_2 - t_1}}$$

Come fare per avere una stima precisa della velocità del corpo nell'istante $t_1$ ?

E' necessario considerare un piccolo intervallo di tempo vicino a $t_1$, cioè $t_2 \rightarrow t_1$

Più rigorosamente,

$$\mathrm{v_{istantanea}(t_1)} = \left.\frac{dx}{dt}\right|_{t=t_1}$$

# Moto rettilineo: Velocità scalare istantanea (4)

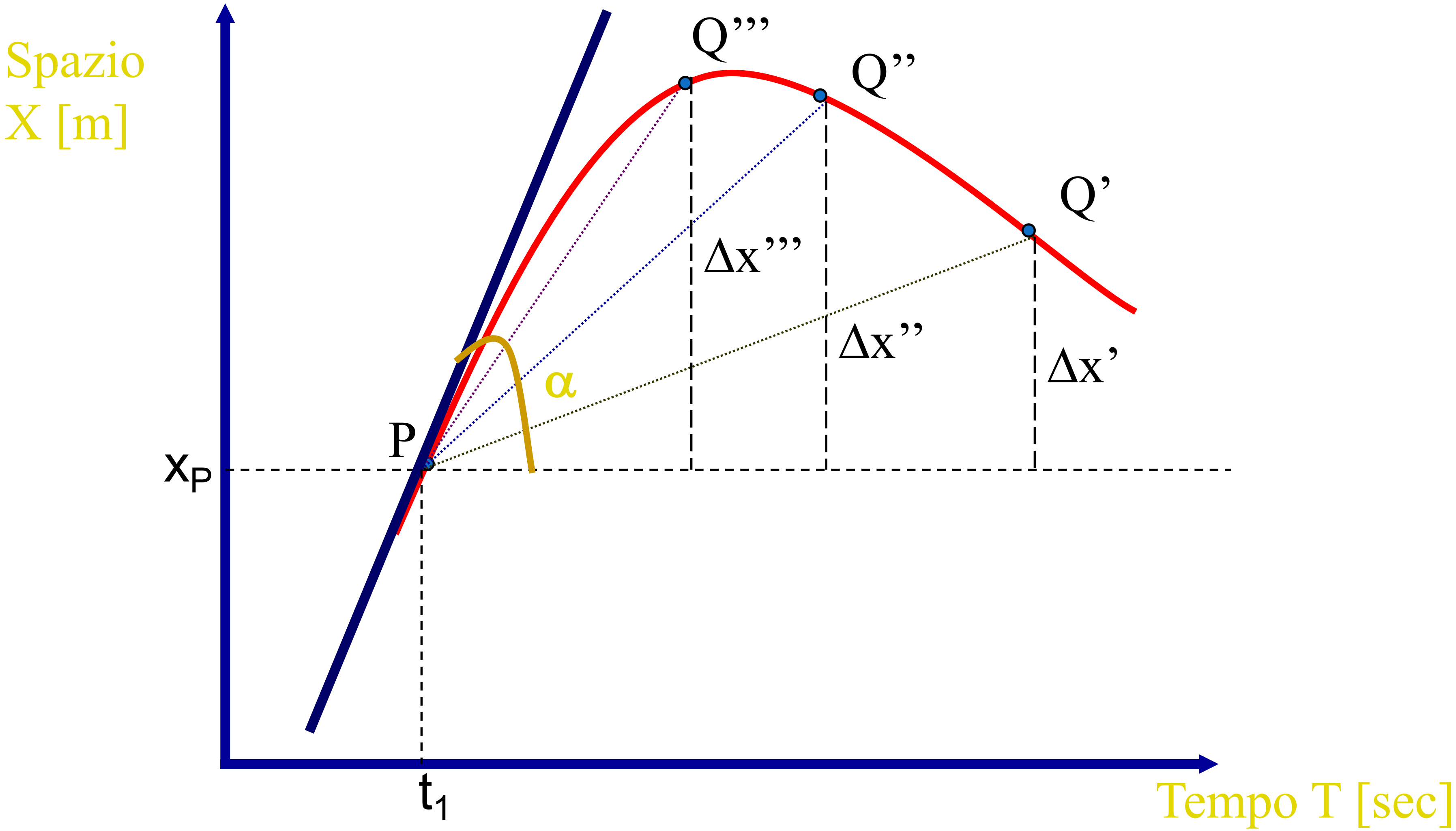


Come fare per avere una stima più precisa della velocità del corpo nell'istante $t_1$ ?

E' necessario considerare un piccolo intervallo di tempo vicino a $t_1$, cioè $t_2 \rightarrow t_1$

Graficamente, considerare intervalli di tempo molto piccoli ($t_2 \rightarrow t_1$) equivale a considerare la tangente alla curva nel punto di ascissa $t_1$.

# Moto rettilineo: Velocità scalare istantanea (5)




La velocità istantanea nell'istante $t_1$ è il valore della pendenza della retta tangente alla curva nel punto P

# Moto rettilineo: Accelerazione scalare media



Quando la velocità istantanea di una particella varia nel tempo si dice che la particella **accelera**.
L'accelerazione è la rapidità di variazione della velocità.

L'accelerazione scalare media è definita come la variazione della velocità del punto materiale tra gli istanti di tempo $t_2$ e $t_1$ nell'intervallo di tempo ($t_2$ - $t_1$) considerato.

Accelerazione scalare media:

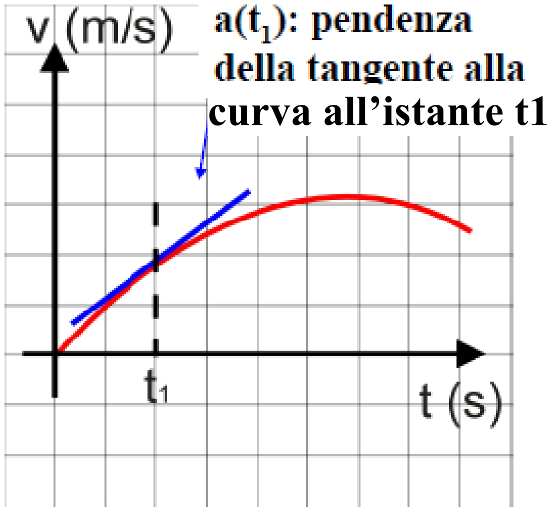
$$a_{media} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Che dimensioni ha nel SI? Risposta: $\frac{m}{s^2}$

# Moto rettilineo: Accelerazione scalare istantanea



Se si considera un intervallo di tempo molto piccolo (prossimo a zero, $t_2 \rightarrow t_1$) si parla di accelerazione istantanea.




Se la velocità istantanea è costante l'accelerazione (media ed istantanea) è nulla.

Perché? Perché v(t) sarebbe piatta e la pendenza sarebbe nulla !!!

# Iniziamo col parlare di …



- Sistemi di riferimento.
- Moto unidimensionale.
- Tabella oraria, Diagramma orario ed equazione oraria.
- **Velocità ed accelerazione scalare, media ed istantanea.**
- Moto uniforme e moto uniformemente accelerato.

# Ricapitoliamo le definizioni:



Velocità scalare media:

$$v_{media} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Accelerazione scalare media:

$$a_{media} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

Velocità ed accelerazioni istantanee si ottengono per

$$t_2 - t_1 \rightarrow 0$$

# Iniziamo col parlare di …



- Sistemi di riferimento.
- Moto unidimensionale.
- Tabella oraria, Diagramma orario ed equazione oraria.
- Velocità ed accelerazione scalare, media ed istantanea.
- **Moto rettilineo uniforme e**

  **moto rettilineo uniformemente accelerato.**

# Moto rettilineo uniforme (1)



Velocità scalare istantanea v = cost.

Poiché è sempre: $v_2 = v_1$ (per qualsiasi punto)

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = 0$$

(MOTO UNIFORME)

Possiamo anche scrivere:

$\boxed{v_2 = v_1 = v = cost}$

Ricordiamo:

$$v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

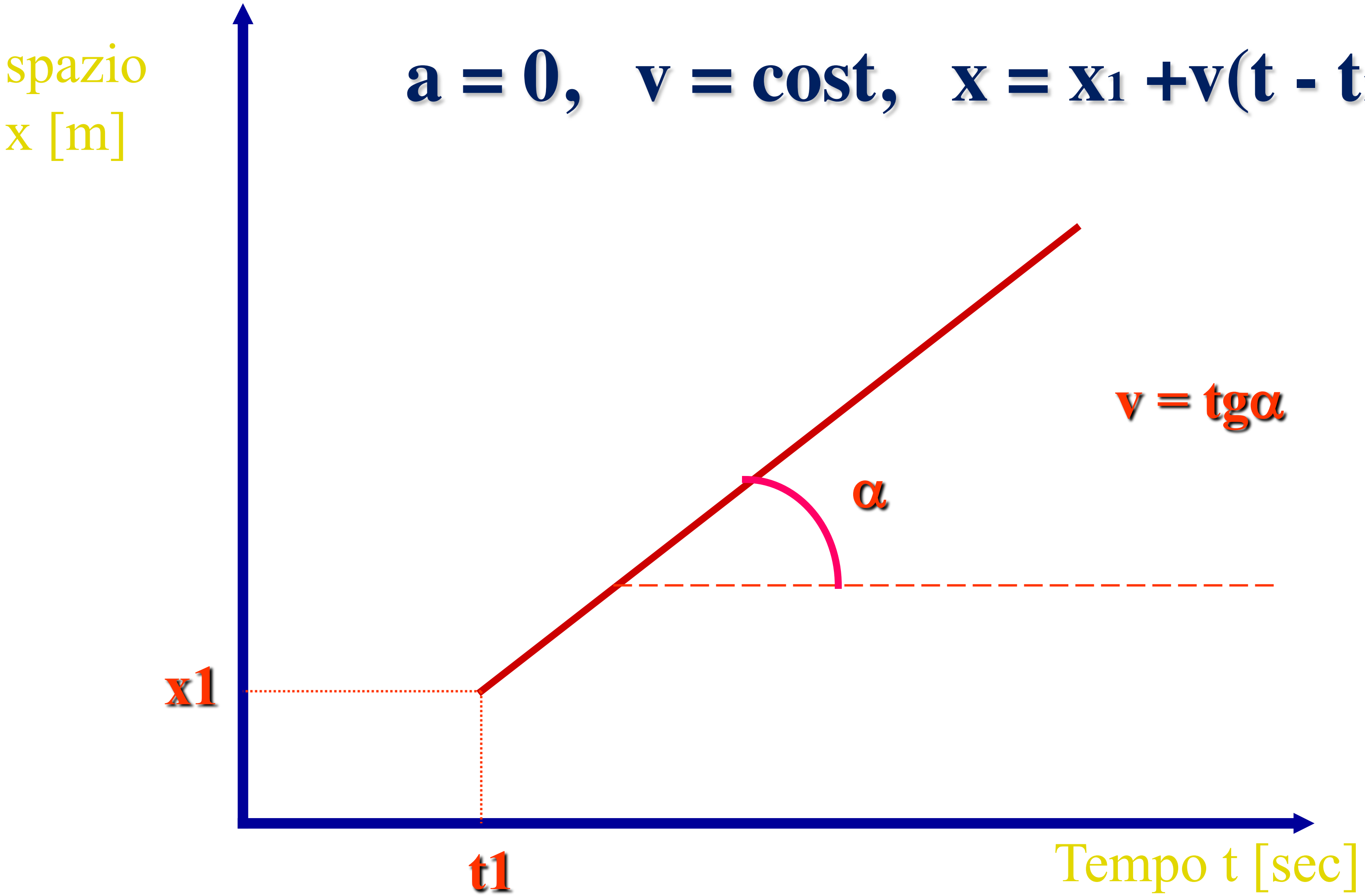
Consideriamo un generico istante di tempo t

$$v = \frac{x - x_1}{t - t_1} \rightarrow \boxed{x = x_1 + v(t - t_1)}$$

(legge oraria)

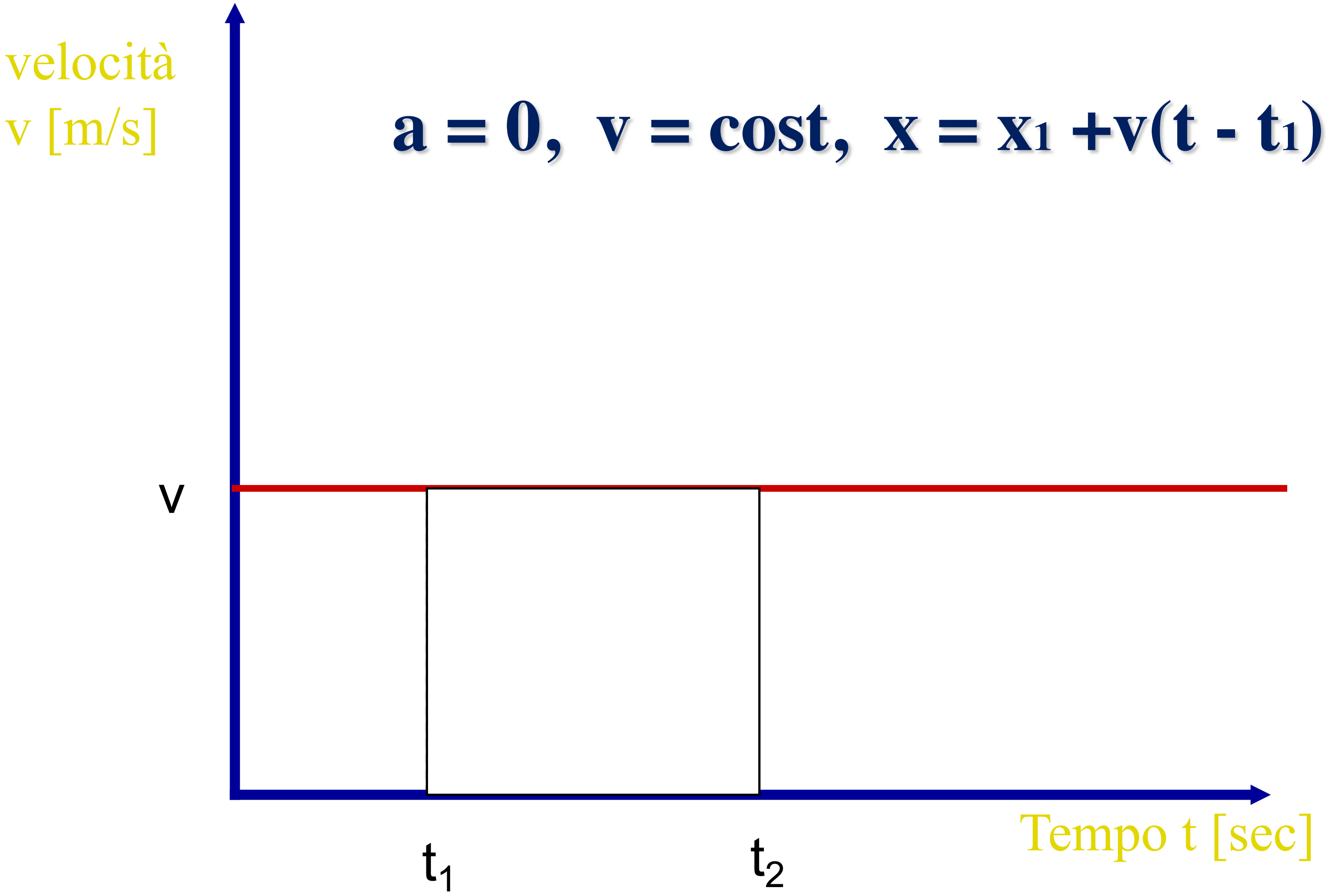
# Moto rettilineo uniforme (2)

$$a = 0, \quad v = cost, \quad x = x_1 + v(t - t_1)$$



# Moto rettilineo uniforme (3)

$$a = 0, \quad v = cost, \quad x = x_1 + v(t - t_1)$$



# Moto Rettilineo Uniformemente Accelerato



Accelerazione scalare istantanea a = cost.

Al tempo t:

$$a = \frac{v - v_1}{t - t_1} \rightarrow v = v_1 + a\,(t - t_1)$$

Se possiamo assumere $t_1 = 0$ sec

e poniamo $v_1 = v_0$

Si ha : $\boxed{v = v_0 + at}$

Conseguentemente, lo spazio percorso dopo t secondi:

$$x = x_0 + v_{MEDIA}\, t \quad \text{con} \quad v_{MEDIA} = \frac{1}{2}(v + v_0)$$

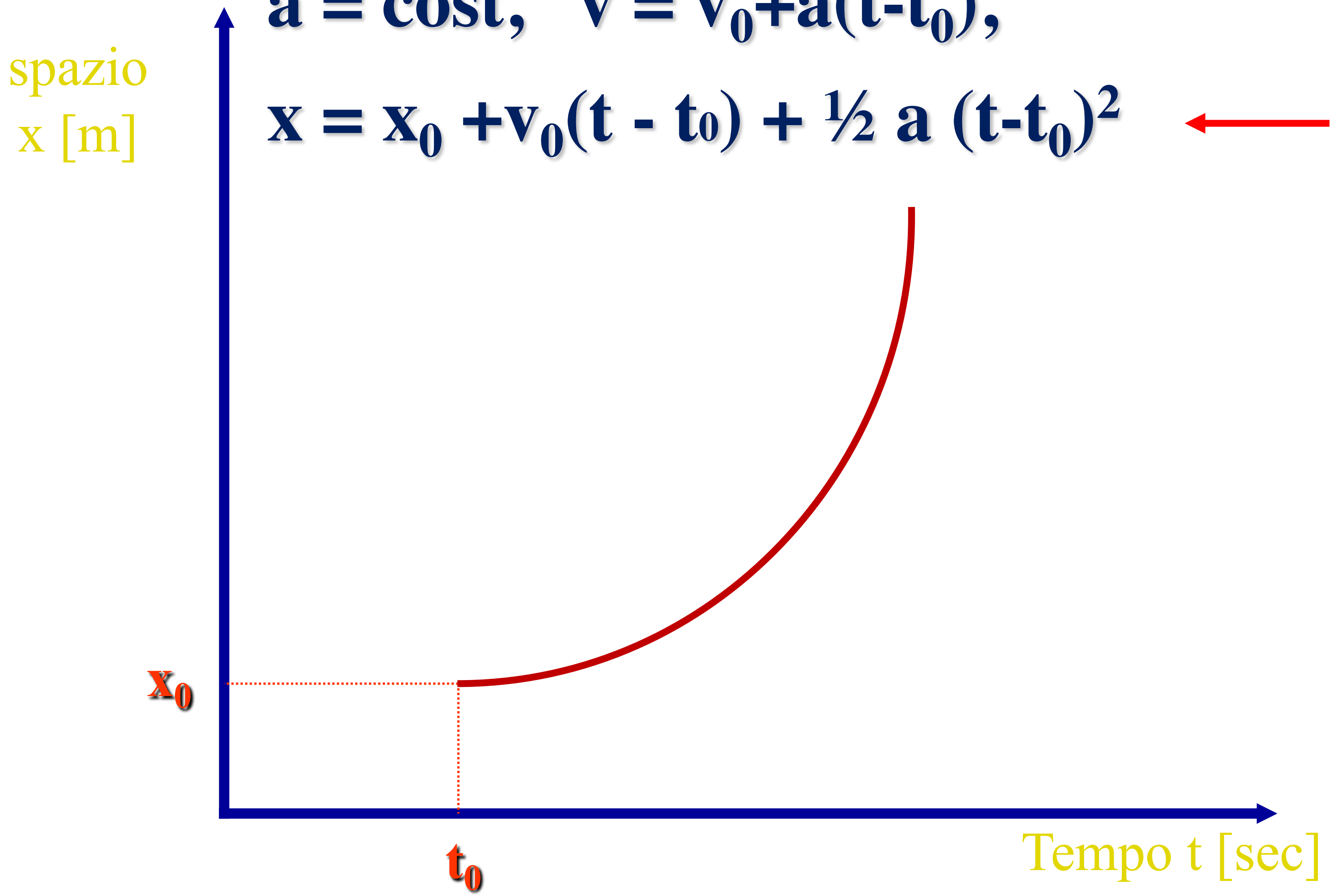
$$\boxed{x} = x_0 + \frac{1}{2}(v + v_0)\, t = x_0 + \frac{1}{2}(v_0 + at + v_0)\, t = \boxed{x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a\, t^2}$$

# Moto rettilineo uniformemente accelerato
# Posizione vs tempo

$$a = \text{cost}, \quad v = v_0 + a(t - t_0),$$

$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \tfrac{1}{2}\, a\, (t - t_0)^2$$

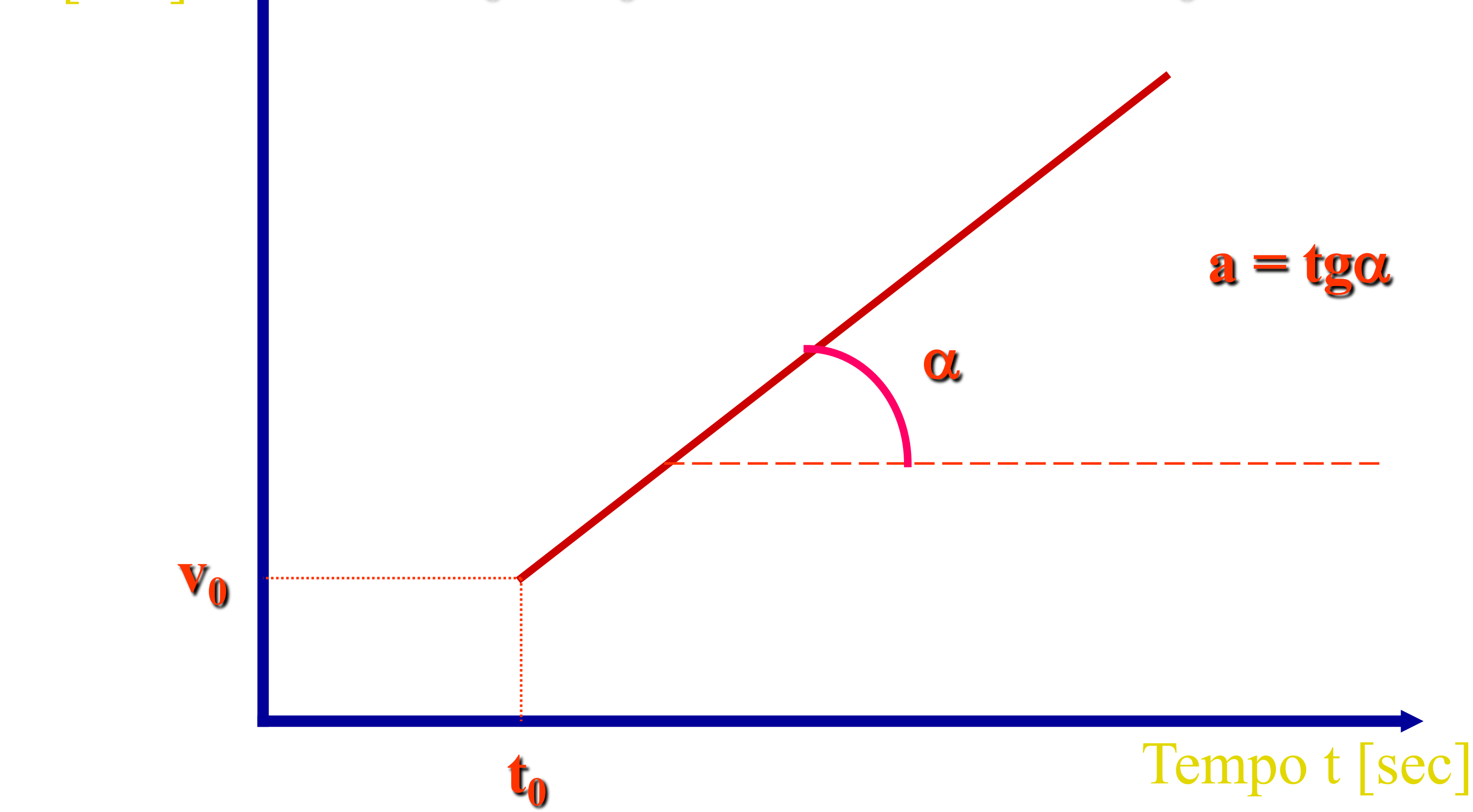
Parabola



# Moto rettilineo uniformemente accelerato
# Velocità vs tempo

$$a = \text{cost}, \quad v = v_0 + a(t-t_0),$$ Retta

$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \tfrac{1}{2}\, a\, (t-t_0)^2$$



# Riassunto moto rettilineo



## Moto rettilineo uniforme

- $a = 0$
- $v = cost$
- $x = x_0 + v\,(t - t_0)$

## Moto rettilineo uniformemente accelerato

- $a = cost$
- $v = v_0 + a(t\text{-}t_0)$
- $x = x_0 + v_0(t\text{-}t_0) + \frac{1}{2}a(t\text{-}t_0)^2$

Caso generale, in cui l'istante iniziale $t_0$ può anche essere diverso da 0

# Cinematica nello Spazio

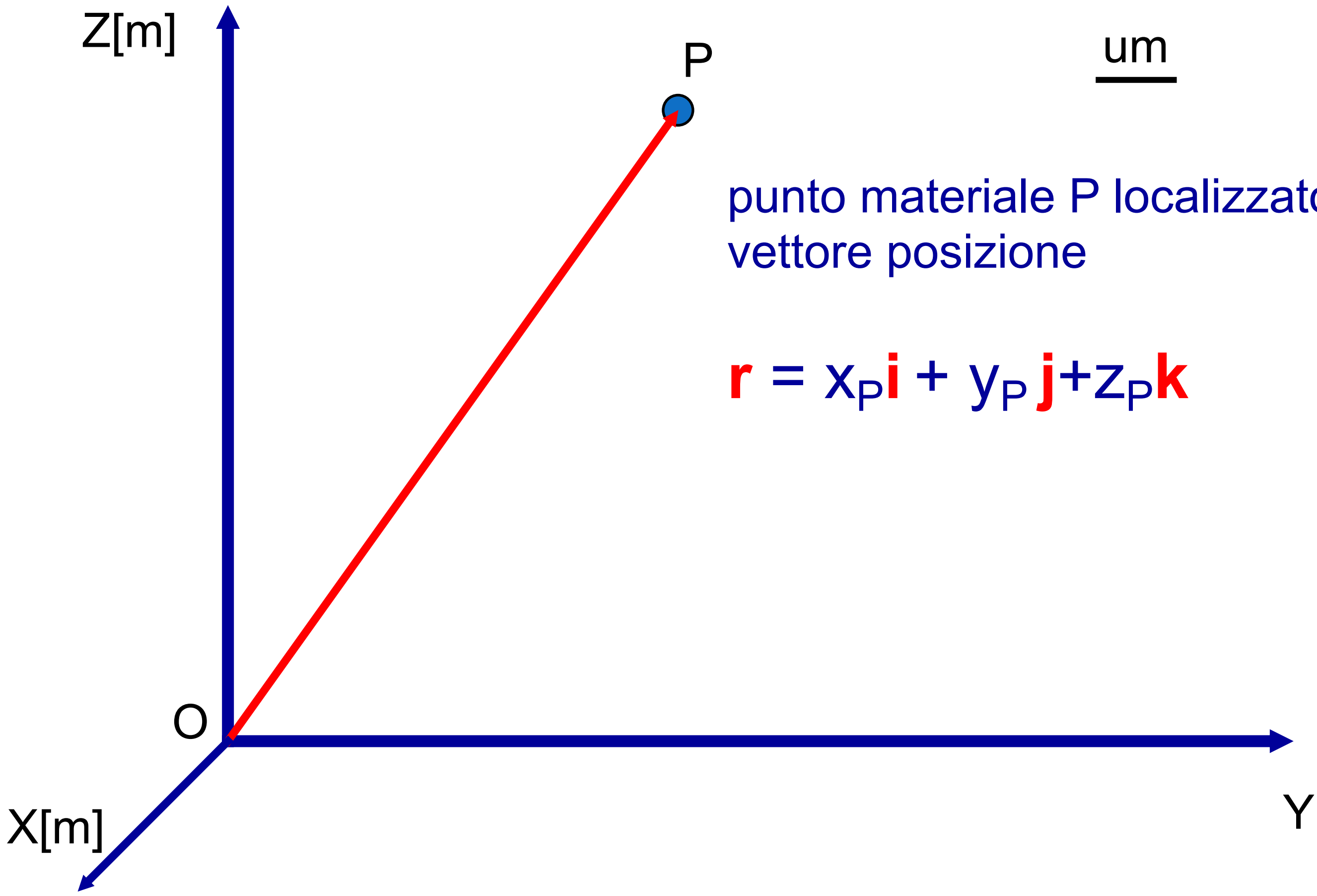


Possiamo trattare le grandezze fisiche spostamento, velocità e accelerazione come vettori

…e ricavare le equazioni del moto.

In questo modo potremmo studiare il moto dei corpi in sistemi di riferimento nello spazio

# Cinematica nello Spazio

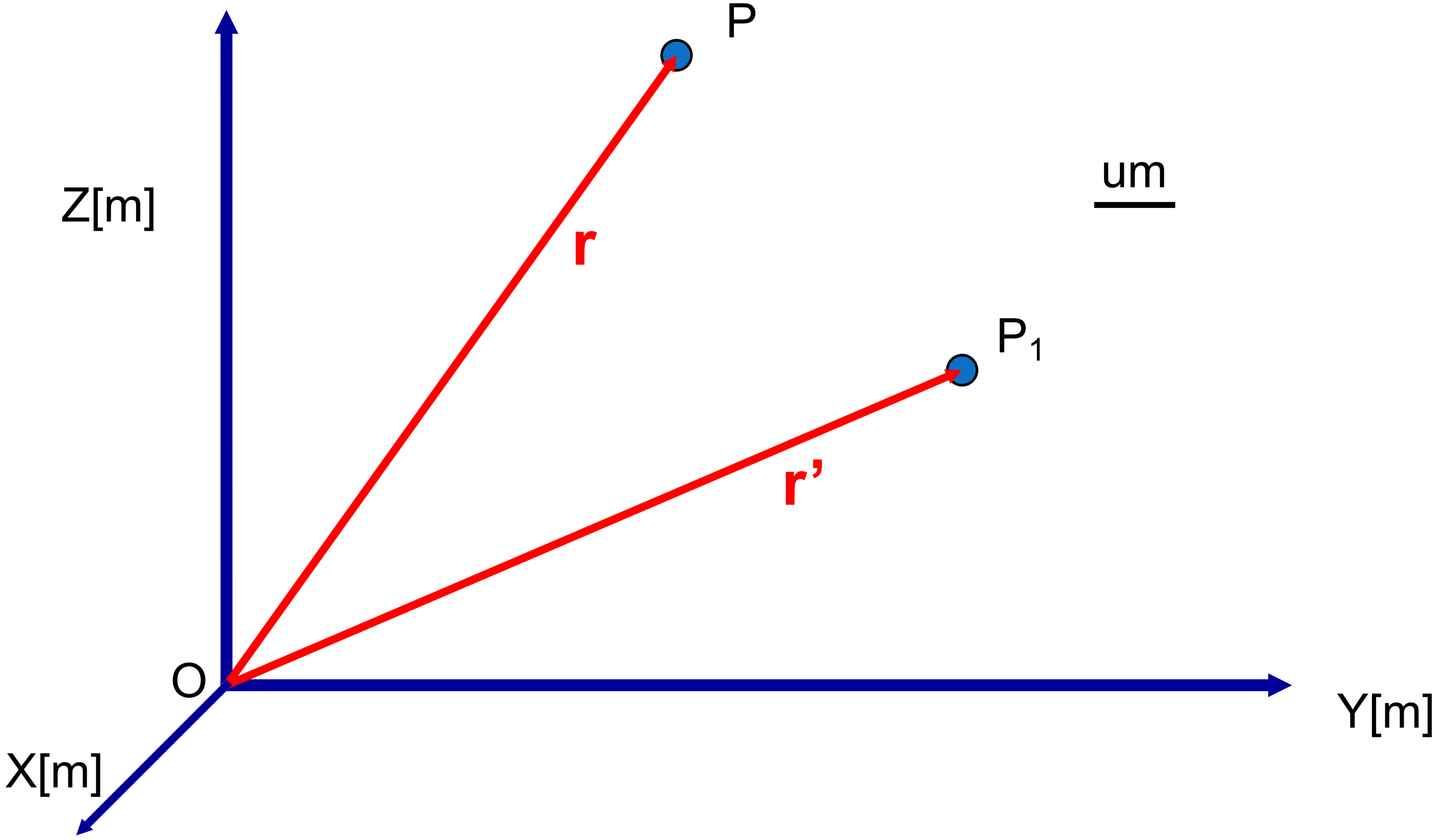



punto materiale P localizzato dal vettore posizione

$$\mathbf{r} = x_P\mathbf{i} + y_P\,\mathbf{j} + z_P\mathbf{k}$$

Possiamo localizzare un punto materiale nello spazio per mezzo del vettore posizione

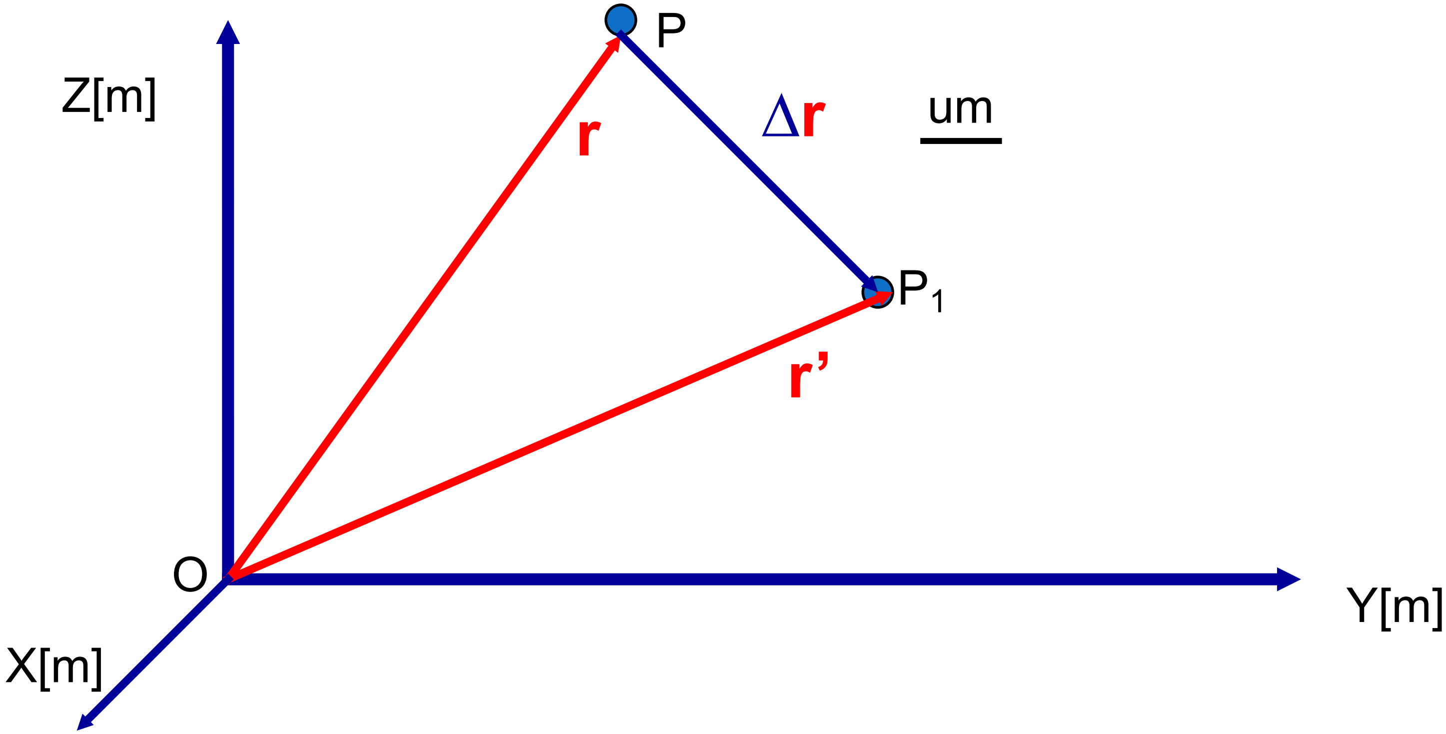
# Cinematica nello Spazio




Il punto materiale si sposta dalla posizione: $\mathbf{r} = x_P\mathbf{i} + y_P\,\mathbf{j}+z_P\mathbf{k}$

alla posizione: $\mathbf{r'} = x_{P1}\mathbf{i} + y_{P1}\mathbf{j}+z_{P1}\mathbf{k}$

# Cinematica nello Spazio

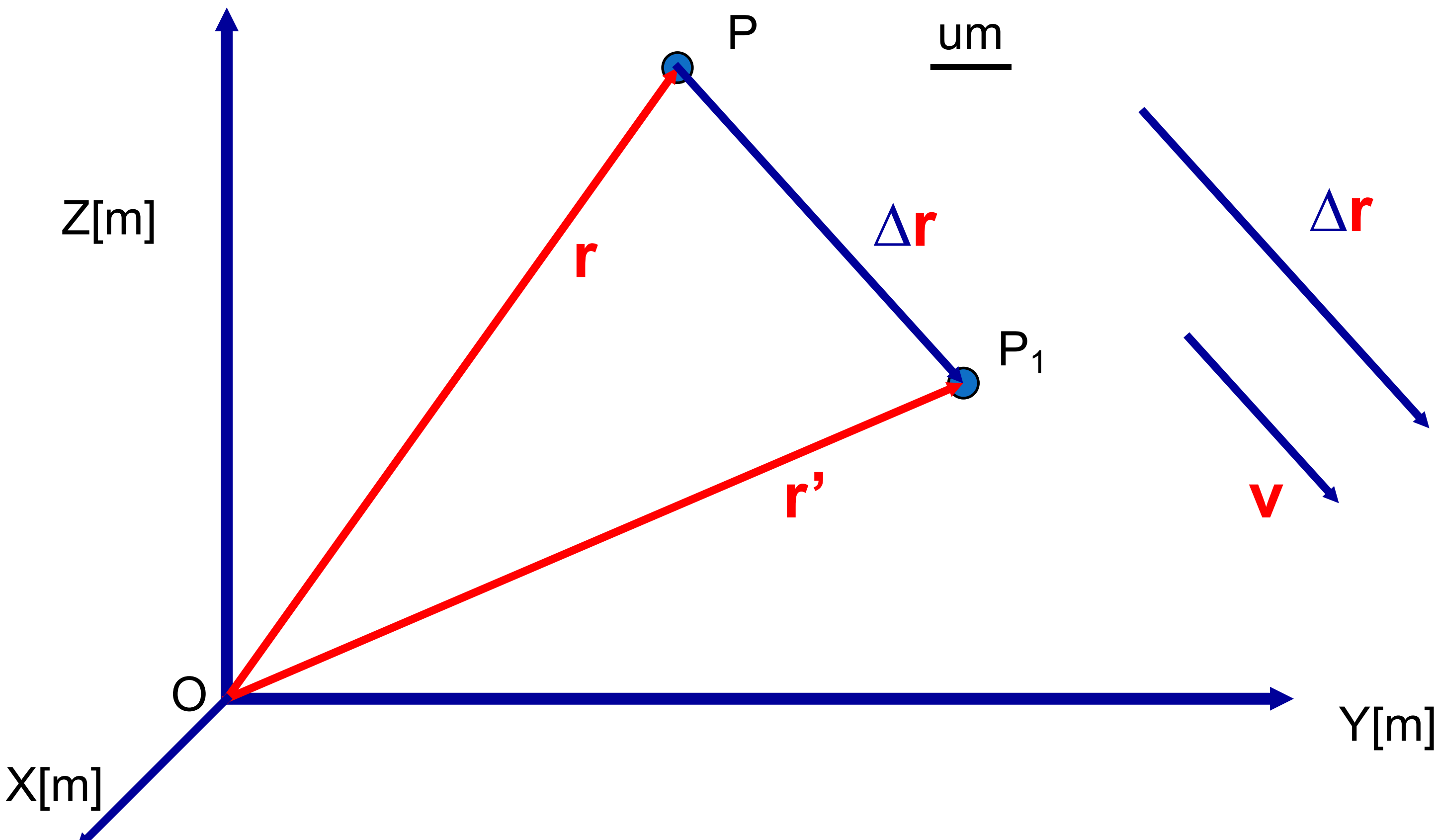



Possiamo calcolare il vettore SPOSTAMENTO **r'-r** = Δ**r**.

$\Delta \mathbf{r} = (x_{P1} - x_P)\,\mathbf{i} + (y_{P1} - y_P)\,\mathbf{j} + (z_{P1} - z_P)\,\mathbf{k}$

**Ogni relazione vettoriale corrisponde a tre equazioni scalari descrittive del moto rispetto agli assi coordinati**

# Cinematica nello Spazio

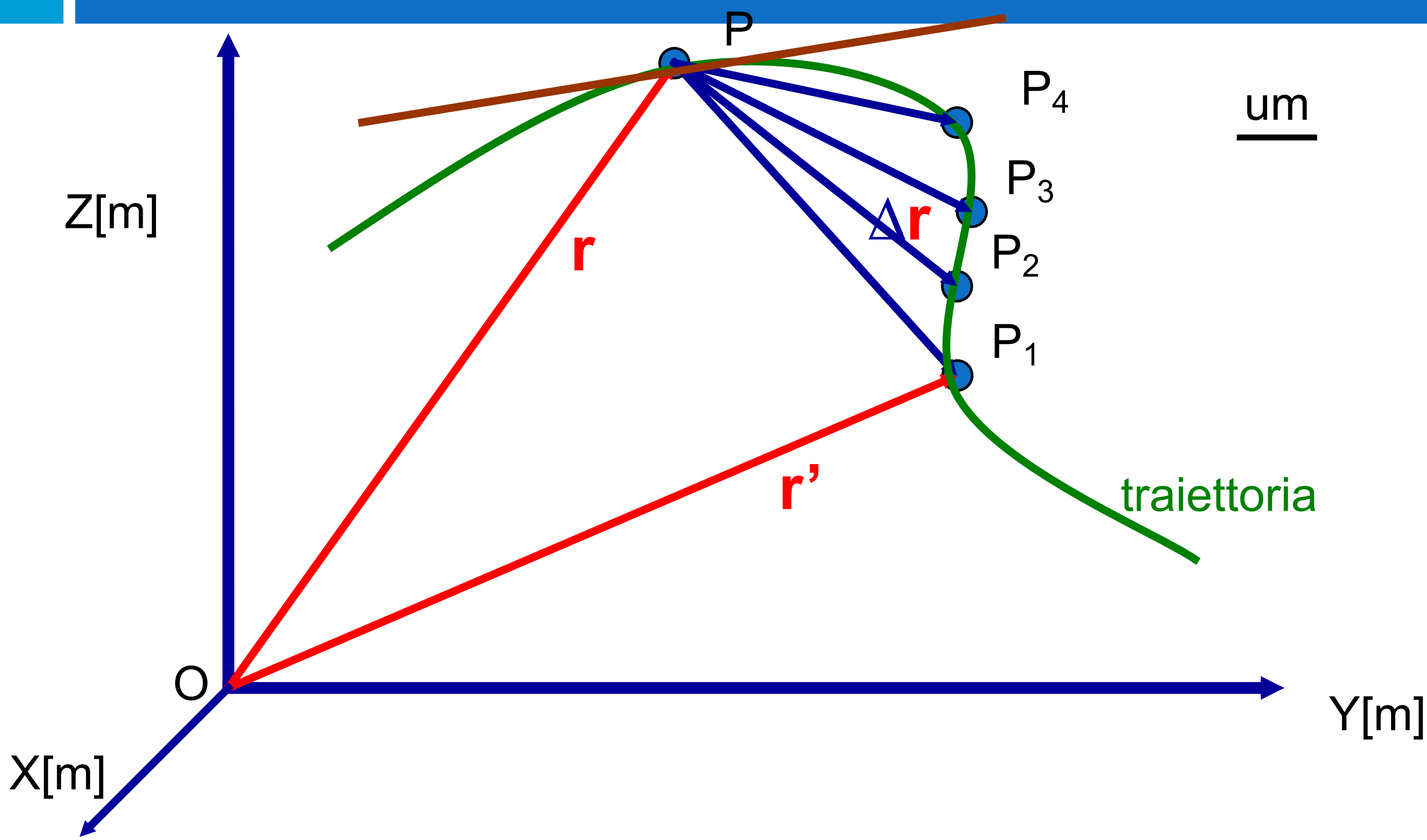



Possiamo definire la velocità vettoriale media come:

**v** = Δ**r**/Δt.

Il vettore velocità ha la stessa direzione e lo stesso verso di Δ**r**

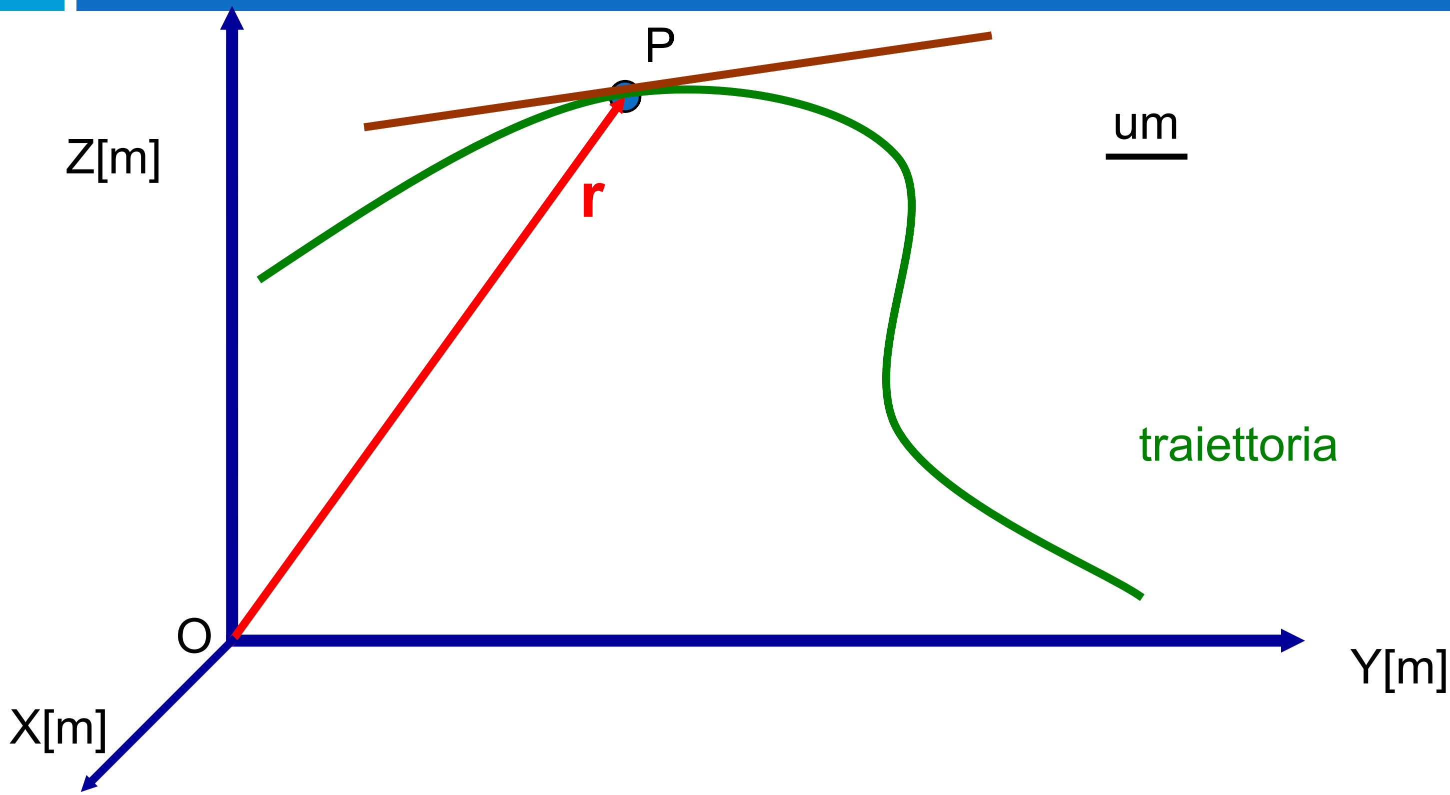
# Cinematica nello Spazio




Come nel caso UNIDIMENSIONALE, se vogliamo il valore istantaneo di velocità vettoriale dobbiamo considerare intervalli di tempo molto piccoli.

Cioè: $\mathbf{v}_{istantanea}$ se $\Delta t \rightarrow 0$; com'è fatto questo vettore?

# Cinematica nello Spazio




La direzione del vettore $\mathbf{v}_{istantanea}$ è quella della retta tangente alla TRAIETTORIA nel punto considerato.

Il verso è quello del moto.

Il modulo coincide con la velocità scalare che il corpo ha nello stesso istante.

# Cinematica nello Spazio



Analogamente possiamo definire l'accelerazione vettoriale media come:

$$\vec{\mathbf{a}} = \frac{\Delta \vec{\mathbf{v}}}{\Delta t}$$

Il vettore accelerazione **a** NON ha la stessa direzione delle velocità o dello spostamento.

# Cinematica nello Spazio



Il vettore accelerazione non ha, in generale, la stessa direzione e lo stesso verso del vettore spostamento e del vettore velocità.

Studiamo alcuni casi particolarmente significativi.

Caso 1 :

Il vettore velocità è costante.



$$\mathbf{v} = \mathrm{cost} \Rightarrow \mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_2 \Rightarrow \mathbf{a} = 0$$

Questo caso corrisponde al moto rettilineo uniforme lungo i tre assi!

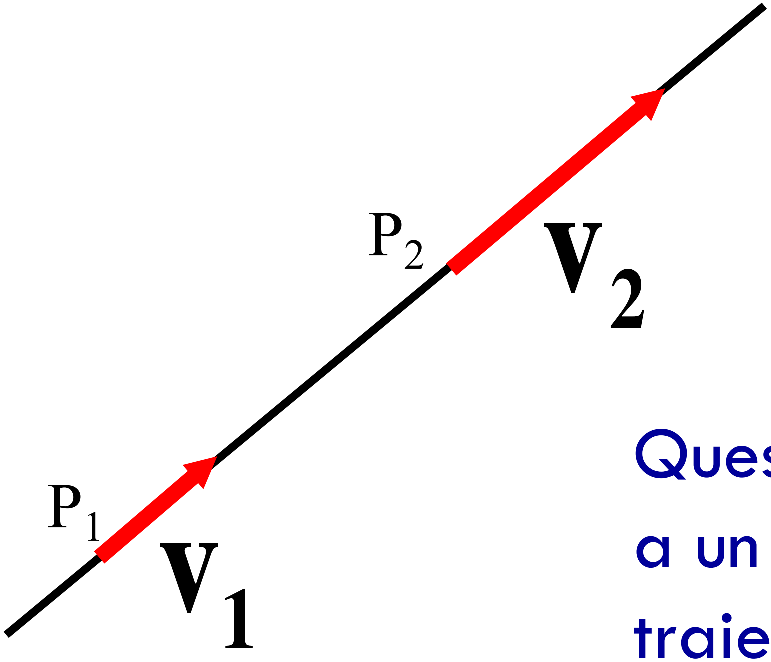
Importante:

$$v = \mathrm{cost} \not\Rightarrow \mathbf{v} = \mathrm{cost}$$

Caso 2:

# Il vettore velocità è costante in DIREZIONE e VERSO ma non in modulo.






$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1}$$

Questo caso corrisponde a un moto NON uniforme su traiettoria rettilinea.

Che direzione ha il vettore accelerazione?

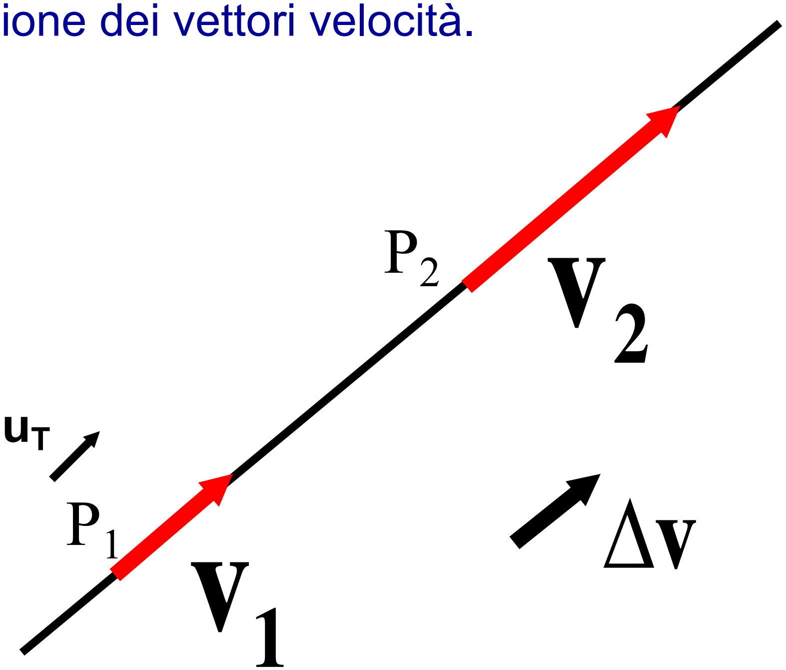
Caso 2:

# Il vettore velocità è costante in DIREZIONE e VERSO ma non in modulo.



Ha la direzione di $\Delta$**V**

In questo caso la accelerazione ha la stessa direzione dei vettori velocità.




Questo è il caso di una AUTOMOBILE che accelera su un rettilineo.

$$\Delta \mathbf{v} = \Delta v \mathbf{u_T}$$

$$\Downarrow$$

$$\mathbf{a} = \Delta v \mathbf{u_T} / \Delta t$$

Esempio di accelerazione tangenziale

## Caso 3:

## Il vettore velocità è costante in MODULO ma non in direzione e verso.



Questo caso studio corrisponde al
Moto circolare uniforme
la cui traiettoria è una circonferenza.

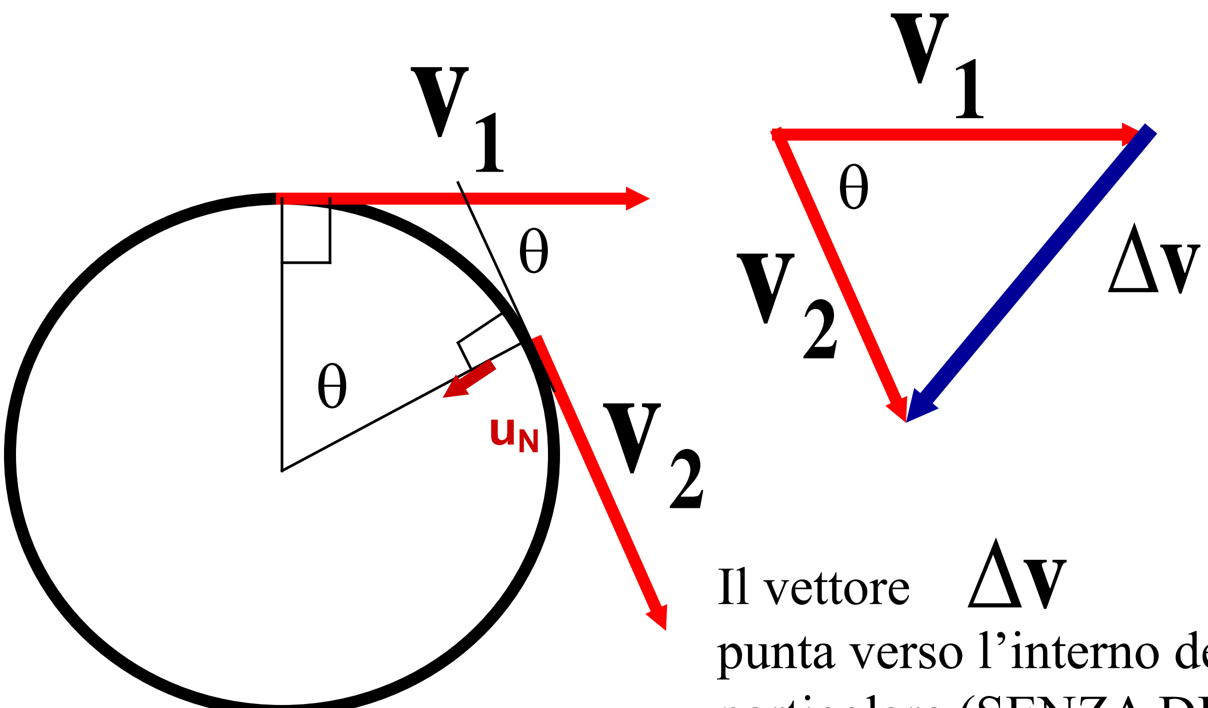
→ Moto piano!

Caso 3: MOTO CIRCOLARE UNIFORME

La traiettoria è una circonferenza.

Il vettore velocità è costante in MODULO ma non in direzione e verso.






Il vettore $\Delta\mathbf{v}$
punta verso l'interno della traiettoria, in particolare (SENZA DIMOSTRARLO) VERSO IL CENTRO DEL CERCHIO

$$\vec{a} = a\,\hat{u}_N$$

accelerazione centripeta

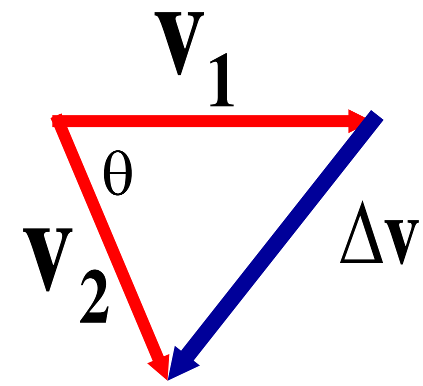
Caso 3: MOTO CIRCOLARE UNIFORME

La traiettoria è una circonferenza.

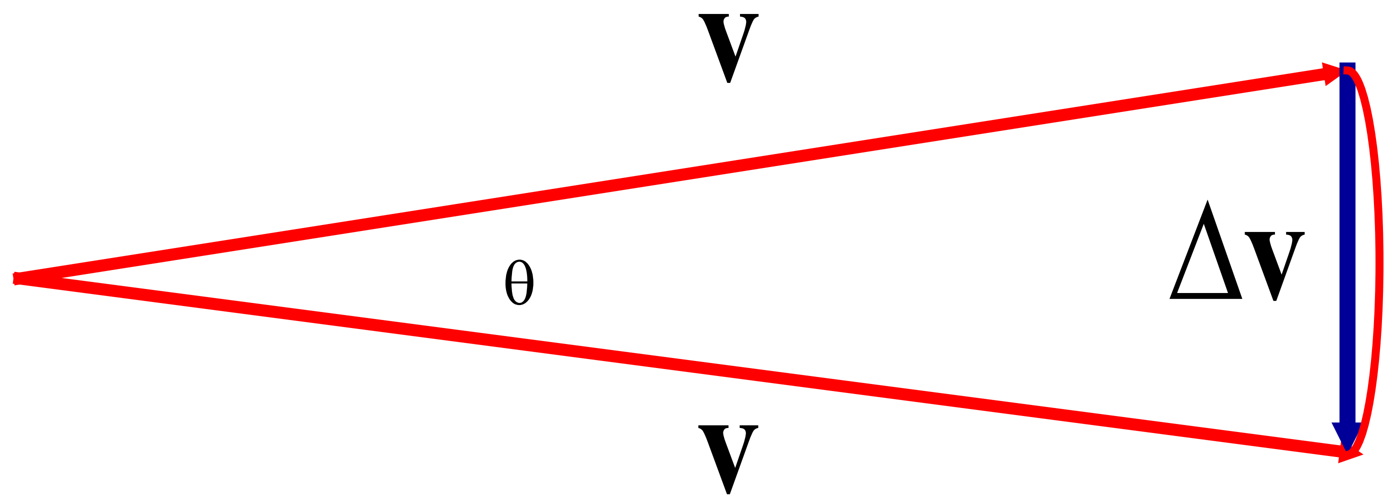
Il vettore velocità è costante in MODULO ma non in direzione e verso.



Se il vettore velocità è costante in MODULO ma non in direzione e verso, possiamo scrivere (in modulo!!): $v_1=v_2=v$



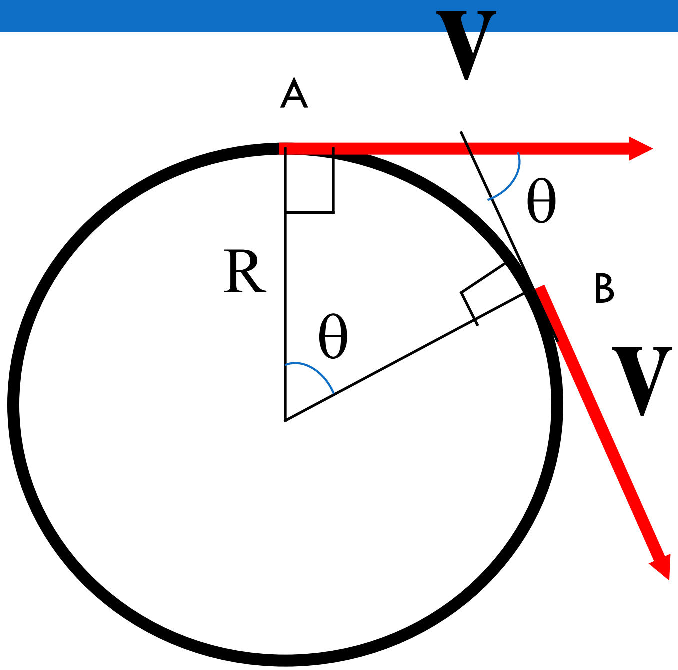

Inoltre se θ è piccolo (Δt→0) la corda Δv è approssimabile all'arco di circonferenza e quindi: $\Delta v=v*\theta$

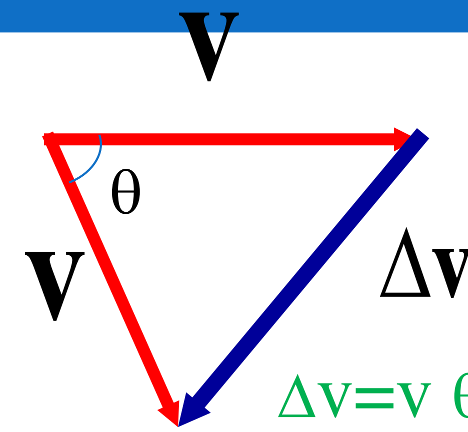


# MOTO CIRCOLARE UNIFORME (3)

Calcoliamo ora il modulo del vettore accelerazione.






$\Delta v = v\ \theta$

$\theta$ = arco(AB)/R = $v\ \Delta t/R$

Inoltre (se $\theta$ è piccolo):

$\Delta v = v\ \theta$

$v\ \Delta t/R = \Delta v/v \longrightarrow a = \Delta v/\Delta t = v^2/R$

$$\vec{\mathbf{a}} = \frac{\mathbf{v}^2}{\mathbf{R}}\hat{\mathbf{u}}_N$$

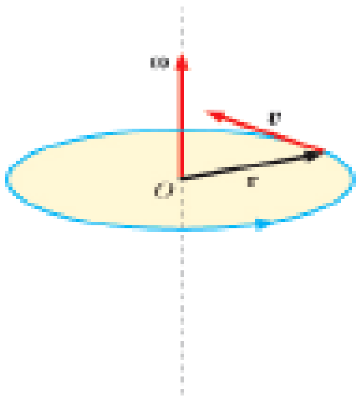
Accelerazione Centripeta (istantanea)

# MOTO CIRCOLARE UNIFORME (4)



Il moto può essere descritto facendo riferimento allo spazio percorso (arco di circonferenza) s oppure utilizzando l'angolo $\Delta\theta$ sotteso all'arco s **($\Delta\theta = s/R$)**

Possiamo scrivere: $s = R\,\Delta\theta \rightarrow v = R\,\underbrace{\Delta\theta/\Delta t} \rightarrow v = R\omega$ ed inoltre $a = \omega^2 R$




Velocità angolare $\omega$
Si misura in rad/sec, ha dimensioni $[T^{-1}]$
È un vettore tale che $\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{R}$
Nel moto circolare uniforme $\omega$ è costante

# MOTO CIRCOLARE UNIFORME (5)

Nel moto circolare uniforme il punto percorre una circonferenza di lunghezza $2\pi R$ nel tempo T (chiamato *periodo di rivoluzione* o semplicemente ***periodo***).

Si dice che il moto circolare uniforme è un moto periodico.

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

Si definisce frequenza del moto la quantita':

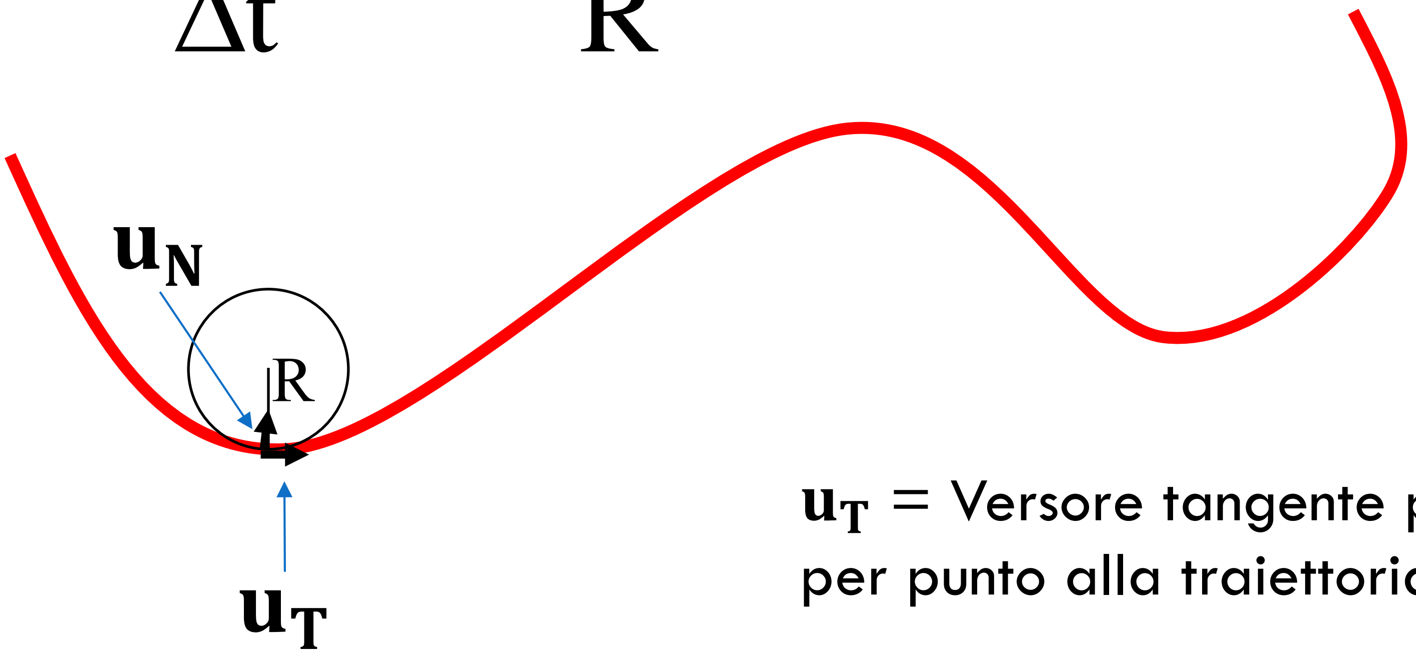
$\nu = 1/T$

$[\nu] = [T^{-1}]$ e si misura in $s^{-1}$ o Hertz (simbolo Hz)

# CASO GENERALE: CENNI



$$\mathbf{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}\mathbf{u}_T + \frac{v^2}{R}\mathbf{u}_N$$




$\mathbf{u}_T$ = Versore tangente punto per punto alla traiettoria

$\mathbf{u}_N$ = Versore perpendicolare punto per punto alla traiettoria

# ESERCITAZIONI

# CINEMATICA DEL PUNTO MATERIALE

# 1. MOTO UNIFORME

Due automobili A e B percorrono lo stesso rettilineo nei due modi seguenti:

- A al tempo $t = 0$ h è nella posizione $s = 2.4$ km e si sta muovendo con una velocità costante $v_A = 40$ km/h.
- B al tempo $t = 0.5$ h è nella posizione $s = 0$ km e si sta muovendo con una velocità costante $v_B = 70$ km/h

C'è un sorpasso? In caso affermativo, chi sorpassa chi? In quale istante? In quale posizione avviene il sorpasso?

**Soluzioni**

- **B sorpassa A**
- **$x = 52.4$ km**
- **$t = 1.25$ h**

# Esercizio 1 – Parte 1

**Leggi orarie del moto rettilineo uniforme delle auto:**

$$s_A = s_{0A} + v_A\,(t - t_{0A})$$

$v_A = 40$ km/h

$$s_B = s_{0B} + v_B\,(t - t_{0B})$$

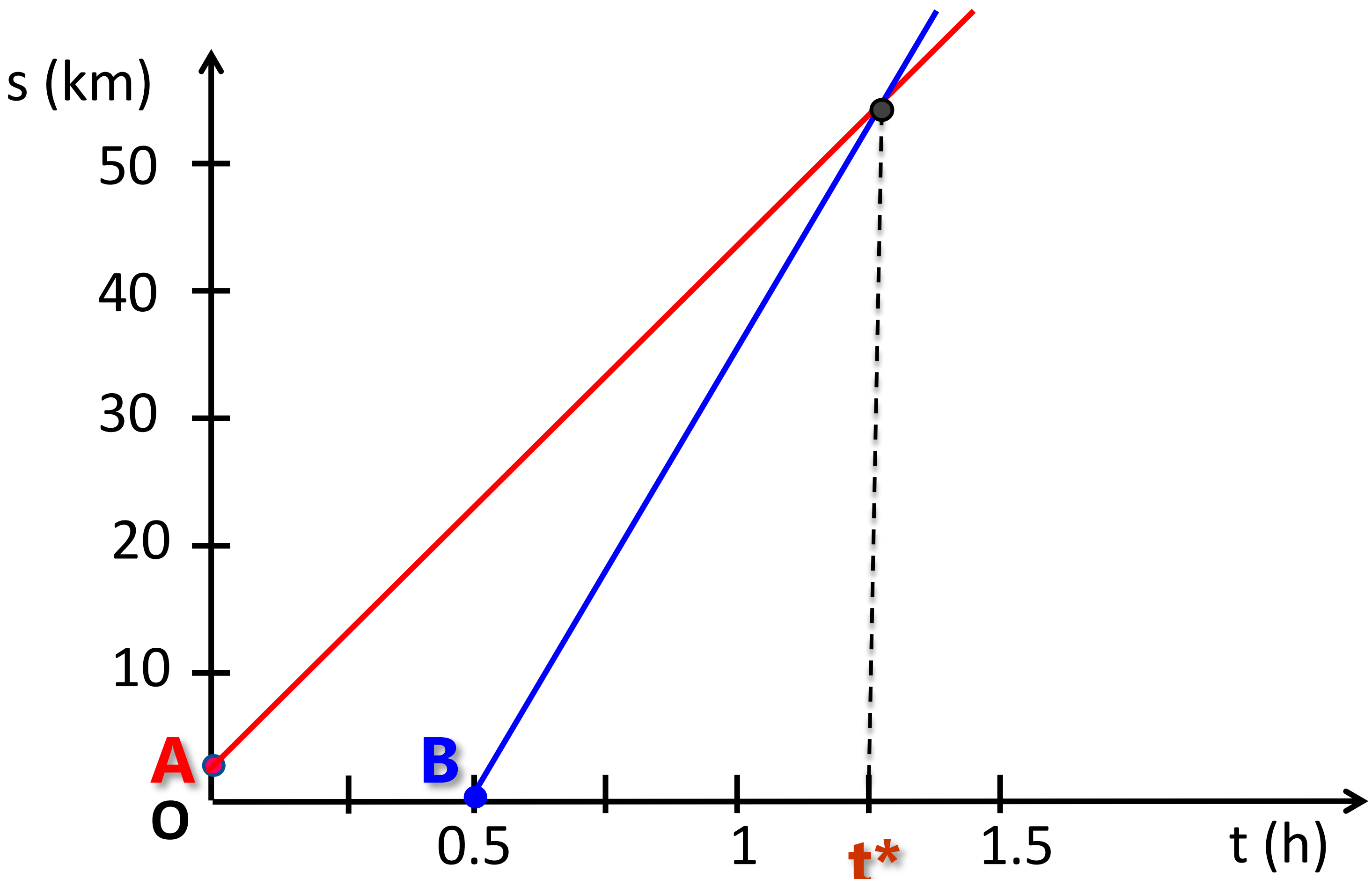
$v_B = 70$ km/h

**Condizioni iniziali:**

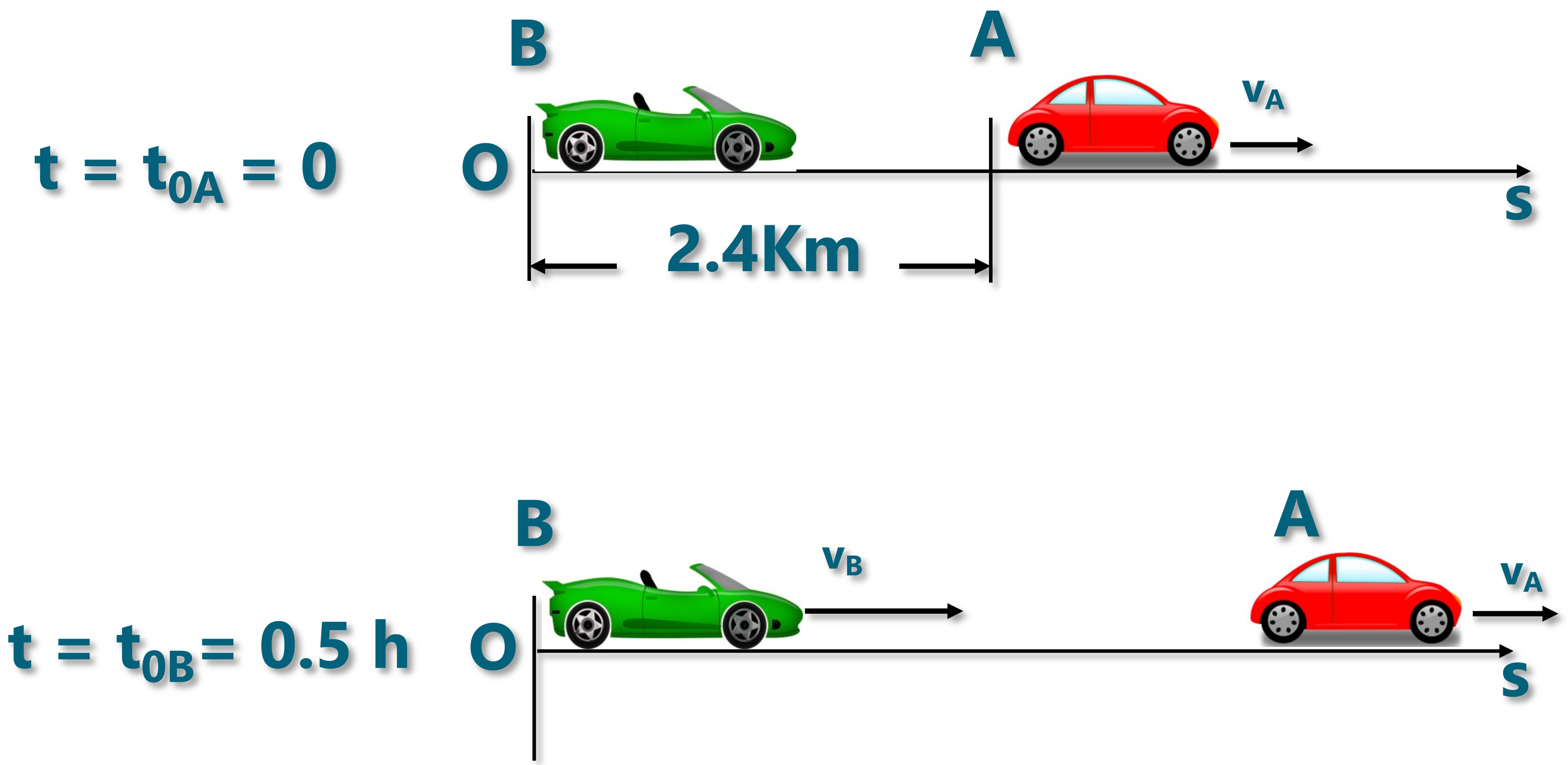
- $t_{0A} = 0$ h  $s_{0A} = 2.4$ Km
- $t_{0B} = 0.5$ h  $s_{0B} = 0$ km

# Esercizio 1 – Parte 2

## Diagramma orario dei due moti



# Esercizio 1 – Parte 3



# Esercizio 1 – Parte 4

**Il sorpasso avviene quando le due auto si trovano nella stessa posizione:**

$$s_A(t^*) = s_B\,(t^*)$$

**avendo indicato con t* l'istante in cui avviene il sorpasso**

$$s_{0A} + v_A\,(t^* - t_{0A}) = s_{0B} + v_B\,(t^* - t_{0B})$$

$t_{0A}=0$
$s_{0B}=0$

$$\Rightarrow \quad s_{0A} + v_A\,t^* = v_B\,(t^* - t_{0B})$$

# Esercizio 1 – Parte 5

**Allora l'istante in cui avviene il sorpasso è:**

$$t^* = \frac{v_B \cdot t_{0B} + s_{0A}}{v_B - v_A} = \frac{70\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 0.5\text{h} + 2.4\text{km}}{(70-40)\,\frac{\text{km}}{\text{h}}} = 1.25\text{h}$$

**La posizione in cui avviene il sorpasso può essere determinata calcolando $s_A(t^*)$ o equivalentemente $s_B(t^*)$, dall'equazione del moto di A (o di B):**

$$s_A(t^*) = s_{0A} + v_A t^* =$$

$$= 2.4\text{ km} + 40\text{ km/h} \cdot 1.25\text{ h} = 52.4\text{ km}$$

# 2. MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

**Un'automobile parte da ferma con una accelerazione costante di 8 m/s$^2$:**

1. **A che velocità viaggia dopo 10 secondi?**
2. **Quanta strada percorre in quell'intervallo di tempo?**
3. **Qual è la velocità media nell'intervallo di tempo tra t = 0 s e t = 10 s?**

**Soluzioni**

1) velocità a t = 10 s: 80 m/s;
2) strada percorsa = 400 m
3) velocità media = 40 m/s

# Esercizio 2 – Soluzione

**$v_0$ = 0 m/s (automobile parte da ferma a $t_0$ = 0)**
**a = 8 m/s$^2$ (accelerazione costante)**

**1) Ricordando che per il moto uniformemente accelerato**
$v = v_0 + a \cdot (t-t_0) = a \cdot t$ **(poiché $v_0$=0 e $t_0$ = 0):**

$$v(t=10s) = 8 m/s^2 \cdot 10\ s = 80\ ms^{-2}s = 80\ m/s$$

**2) Lo spazio percorso è** $x = x_0 + v_0(t-t_0) + 1/2\ a(t-t_0)^2 = 1/2\ at^2$ **assumendo l'origine del nostro sistema di riferimento coincidente con il punto di partenza dell'auto, $x_0$=0**

$$x = 1/2\ at^2 = 0.5 \cdot 8\ m/s^2 \cdot (10s)^2 = 400\ m$$

**3) La velocità media è data da** $v_{MEDIA} = \Delta x/\Delta t$:

$$v_{media} = (400-0)/10\ \ m/s = 40\ m/s$$