Università deli Studi di Napoli
Federico II

Fisica Applicata

Anno 2023/2024

**Docente:**
Prof. Altucci Carlo

# Lezione I

## Informazioni Docente:

Prof. Carlo Altucci

Professore Ordinario di Fisica Medica

Email: carlo.altucci@unina.it

Studio: Edificio 20, II Piano, Stanza 248 (II Policlinico)

Telefono Policlinico: 081-7464855

Telefono Laboratorio: 081-676293

## Informazioni Corso:

Modulo: Fisica Applicata

Crediti: 2

Esame: Prova Scritta & Colloquio Orale

## Libri di Testo Consigliati:

- Fisica Biomedica - D. Scannicchio, EdiSES (IV Edizione), Napoli 2020
- Dispense online delle lezioni e delle esercitazioni (a cura del Prof. Altucci)
- Esercizi di Fisica Generale – L'ABC della Fisica Multilivello

  F. Bajardi, C. Altucci, S. Capozziello, EdiSES, Napoli 2021

  (Per gli Esercizi)

# Parte 1: Grandezze  Fisiche

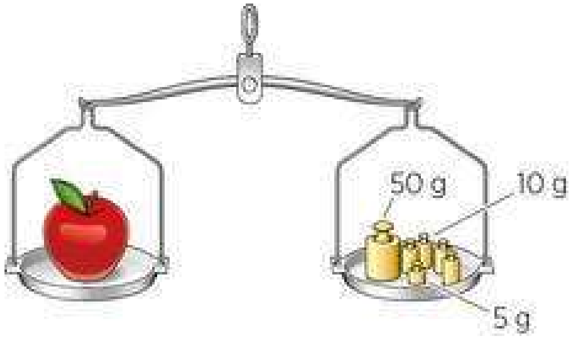
# Grandezze Fisiche

Sono misurabili con un processo di misura **codificato** e **verificabile**.

Ci sono grandezze FONDAMENTALI e grandezze DERIVATE.
Le prime sono misurate DIRETTAMENTE con una **procedura di comparazione** rispetto ad un'unità standard. Le seconde sono misurate combinando le prime con prodotti e quozienti (mai con la somma, non si possono sommare grandezze fisiche diverse!!)

Le grandezze FONDAMENTALI sono:

1. La LUNGHEZZA
2. La MASSA
3. Il TEMPO
4. L'INTENSITA' di CORRENTE



# Sistemi di unità di misura

I più comuni sistemi di unità di misura sono MKSA e CGS, quest'ultimo spesso usato nelle scienze biomediche.

**CGS E MKSA**

**MKSA (SI ovvero Sistema Internazionale):**

**M (m) per la lunghezza in metri**
**K (kg) per la massa in kg**
**S (s) per il tempo in secondi**
**A (Ampère) per l'intensità di corrente in Ampère appunto**

**CGS:**

**C (cm) per la lunghezza in cm**
**G (g) per la massa in grammi**
**S ( s) per il tempo in secondi**

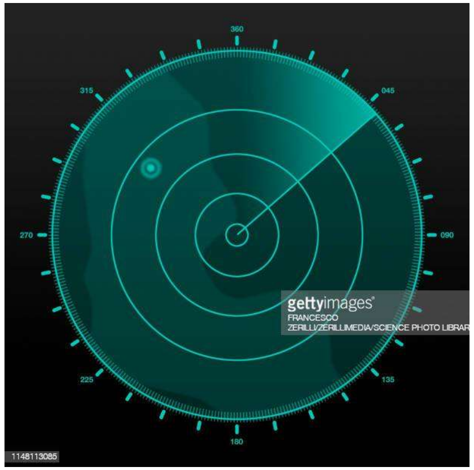
# Parte 2:
# Cinematica del Punto Materiale

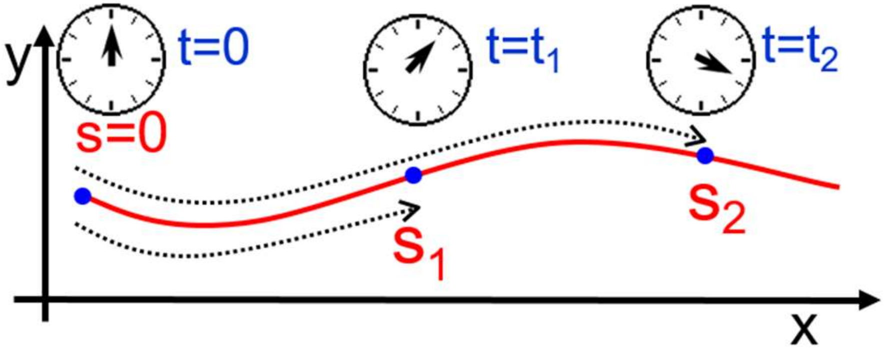
- Moto in 1-Dimensione
  - Velocità Media ed Istantanea
  - Accelerazione Media ed Istantanea
  - Moto Uniforme e Moto Uniformemente Accelerato
- Calcolo Vettoriale
- Moto Curvilineo
  - Velocità Media ed Istantanea
  - Accelerazione Tangenziale e Centripeta

# Concetti di Base

Cinematica:

Quel ramo della fisica che si occupa di descrivere quantitativamente il moto dei corpi, ricorrendo esclusivamente alle nozioni di **spazio** e **tempo**, indipendentemente dalle cause (forze) del moto stesso.




Punto Materiale:

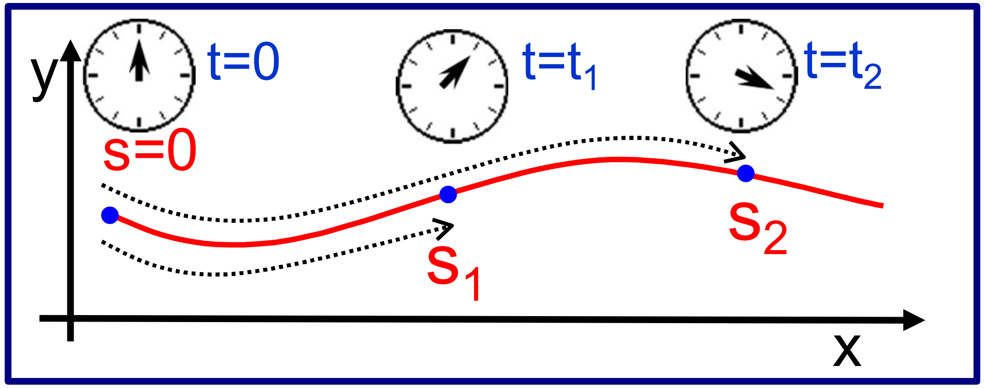
Modello che permette di studiare il moto di un oggetto quando le sue dimensioni sono trascurabili rispetto alla distanza percorsa

Traiettoria:

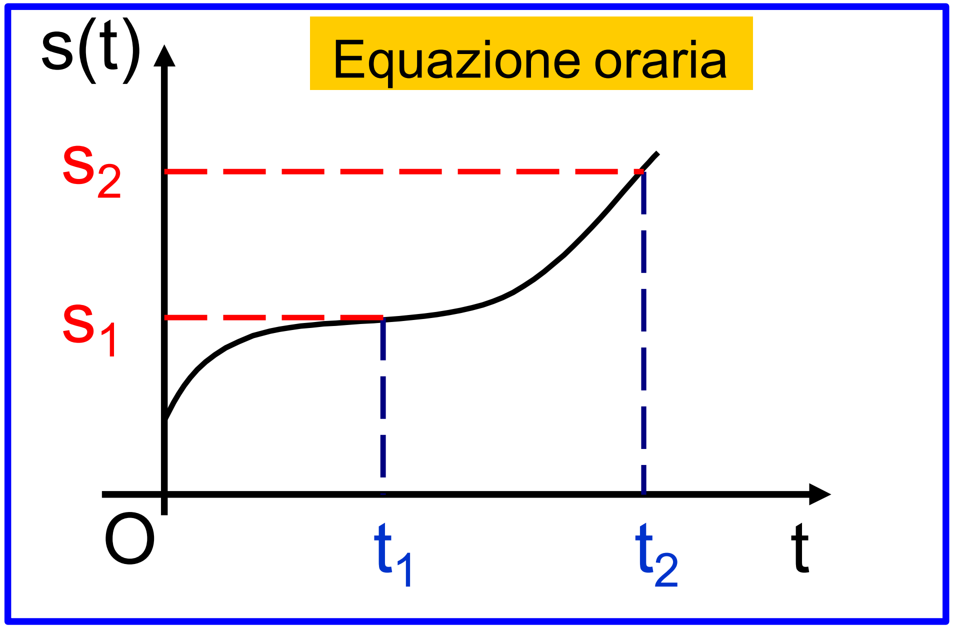
Linea che individua la successione delle posizioni assunte dal corpo al variare del tempo

# Moto in una dimensione

Traiettoria




Equazione oraria



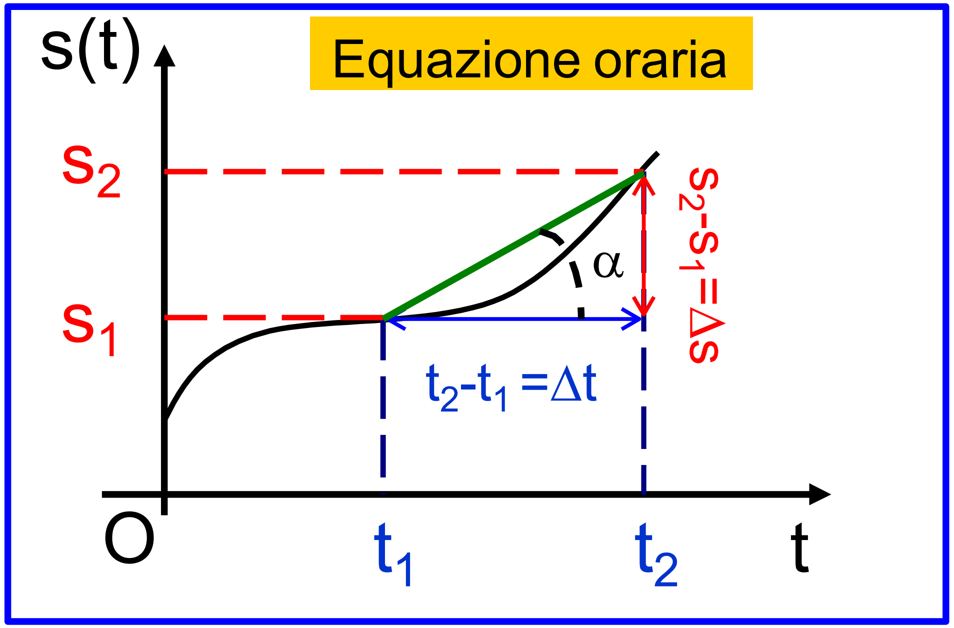

Per "misurare" il moto di un corpo bisogna misurare gli spazi percorsi (lunghezze) e i tempi impiegati a percorrerli. Bisogna disporre di un righello (pieghevole) e di un orologio.

s = spazio percorso lungo una qualsiasi ***traiettoria*** (rettilinea o curvilinea), misurato rispetto ad un punto scelto come origine.

t = tempo misurato rispetto ad un istante iniziale scelto come origine

s(t) = ***equazione oraria del moto*** = funzione che descrive lo spazio percorso s ad ogni istante t

# Moto in una dimensione: velocità media



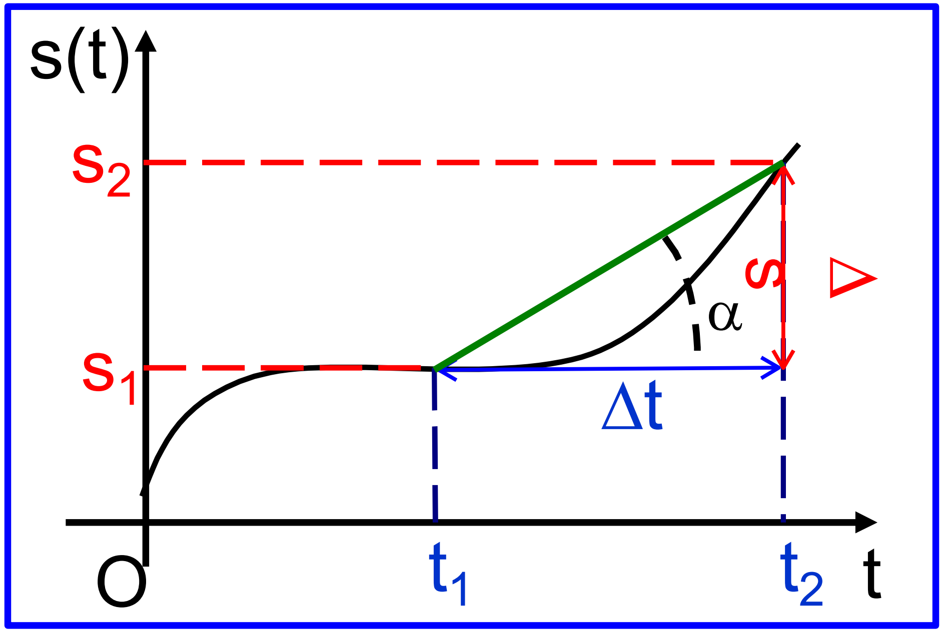

$v_m$ = velocità media nell'intervallo ($t_1$, $t_2$) =

$(s_2-s_1)/(t_2-t_1) = \Delta s/\Delta t$

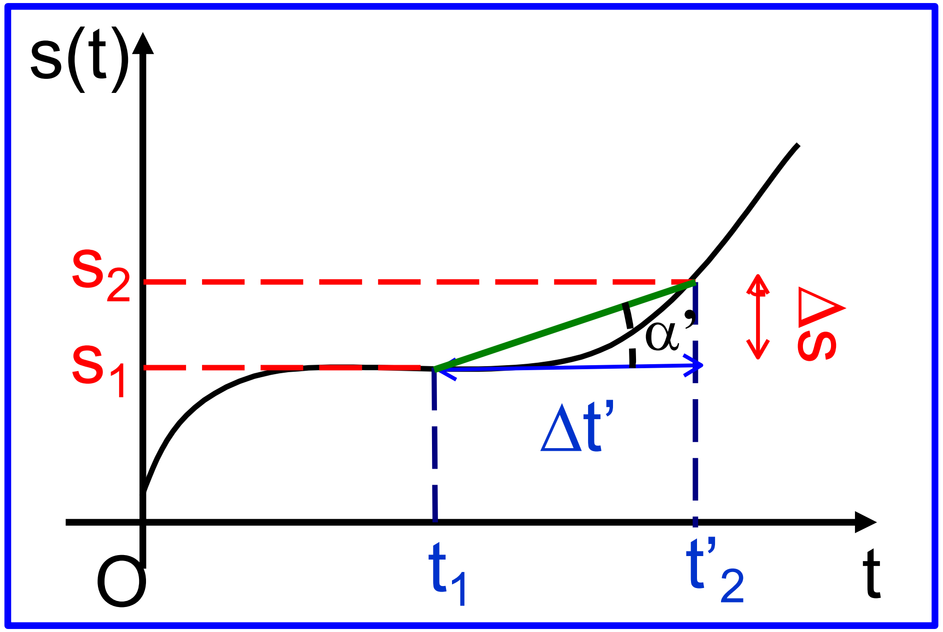
Interpretazione geometrica della velocità media

$$v_m = \Delta s/\Delta t = tg(\alpha)$$

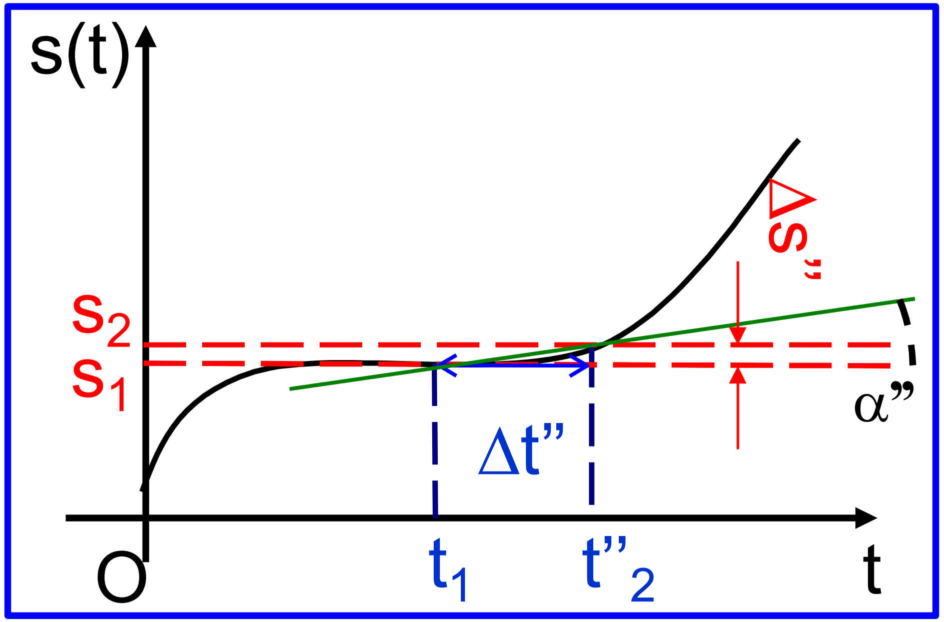
# Moto in una dimensione: velocità istantanea




velocità media tra $t_1$ e $t_2 = tg(\alpha)$




velocità media tra $t_1$ e $t'_2 = tg(\alpha')$






velocità media tra $t_1$ e $t''_2 = tg(\alpha'')$

La velocità ***istantanea*** al tempo $t_1$ è la velocità media nell'intervallo di tempo ( $t_1$, $t_2 = t_1+\Delta t$ ) con $\Delta t$ molto piccolo (come nella figura a fianco).

La retta verde rappresenta la retta tangente alla curva nel punto di ascissa $t_1$.

REGOLA: la velocità istantanea rappresenta tangente trigonometrica dell'angolo $\alpha$" (pendenza della curva o derivata della curva).

**C1** - La velocità di 108 Km/h corrisponde nel sistema MKS

$$1 \text{ Km} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$108 \text{ Km/h} = 108 \; 10^3 \text{ m/ } 3600 \text{ s} = (108 / 3.6) \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ Km / h} = 10^3 \text{ m / } 3600 \text{ s} = (1 / 3.6) \text{ m/s}$$

$$3.6 \text{ Km / h} = 1 \text{ m/s}$$

Per trasformare una velocità espressa in Km/h in m/s basta dividere per 3.6.

Per trasformare una velocità espressa in m/s in Km/h basta moltiplicare per 3.6.

**C2** - L'equazione oraria del moto di un corpo è

$$s(t) = 1.5\ t + 4$$

In cui s é espresso in metri e t in secondi.

Calcolare la velocità media nell'intervallo di tempo ( $t_1 = 3$ s, $t_2 = 5$ s) e la velocità istantanea al tempo t = 5 s.

$s(t = 3\ s) = (1.5 \cdot 3) + 4 = 8.5\ m$ $\qquad$ $s(t = 5\ s) = (1.5 \cdot 5) + 4 = 11.5\ m$

$$\Delta s = s(t = 5\ s) - s(t = 3\ s) = 11.5\ m - 8.5\ m = 3\ m$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 5\ s - 3\ s = 2\ s$$

$$v_m = \Delta s / \Delta t = 3\ m/2\ s = 1.5\ m/s$$

Per trovare la velocità istantanea al tempo t = 5 s, consideriamo un istante di tempo molto vicino a 5 s, per es. $(5 + \Delta t)$ s e calcoliamo al velocità media nell'intervallo di tempo (5 s, $(5 + \Delta t)$ s ):

$$s(t = (5 + \Delta t)\ s\ ) = (1.5 \cdot (5 + \Delta t)\ s\ ) + 4 = 11.5\ m + (1.5\ \Delta t)$$

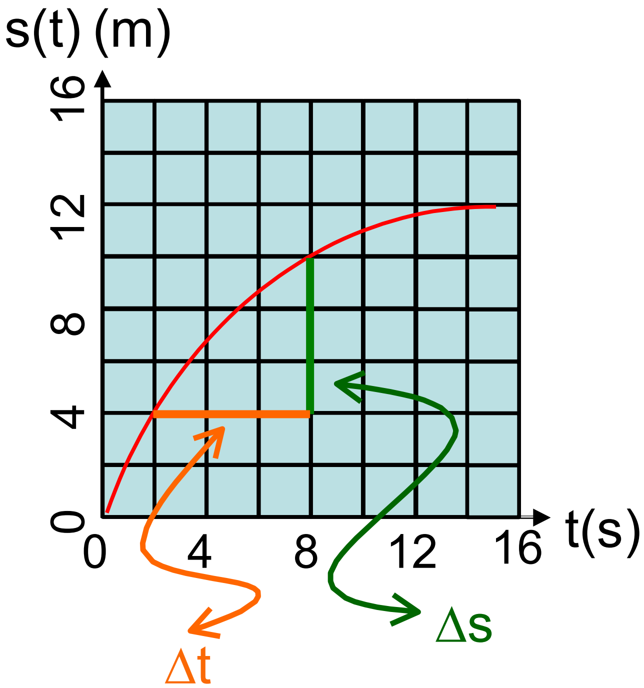
$$\Delta s = s(t = (5 + \Delta t)\ s\ ) - s(t = 5\ s) = 11.5\ m + (1.5\ \Delta t) - 11.5\ m = (1.5\ \Delta t)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = (5 + \Delta t)\ s - 5\ s = \Delta t\ \ s$$

$v_m = 1.5\ \Delta t / \Delta t = 1.5\ m/s$ $\qquad$ Qualunque sia il valore di $\Delta t$

Per cui per $\Delta t \rightarrow 0$ $\qquad$ $v_m \rightarrow v_i = 1.5\ m/s$

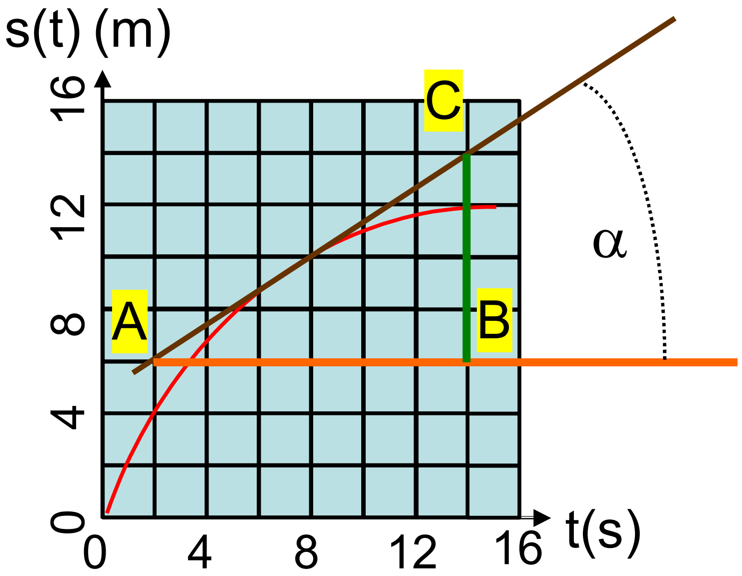
**C3** - Dal grafico dell'equazione oraria determinare la velocità media nell'intervallo (2 s , 8 s) e la velocità istantanea all'istante t = 8 s.




$$\Delta t = t_2 - t_1 = 8\ s - 2\ s = 6\ s$$

$$v_m = \Delta s / \Delta t = 6\ m/6\ s = 1\ m/s$$

**C3** - Dal grafico dell'equazione oraria determinare la velocità media nell'intervallo (2 s , 8 s) e la velocità istantanea all'istante t = 8 s.




Per trovare la velocità istantanea a t = 8 s bisogna

a) disegnare la tangente alla curva per t = 8 s

b) trovare la pendenza di questa retta

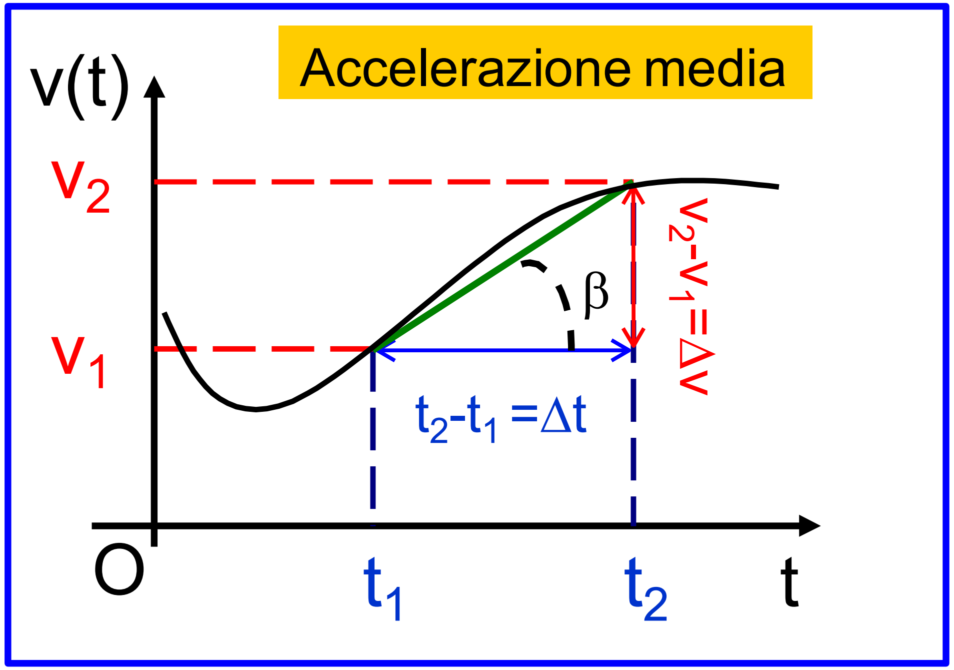
La pendenza della retta è uguale alla tangente trigonometrica dell'angolo $\alpha$ che la retta forma con l'asse dei tempi.

$$\text{Pendenza} = \text{tg}\,(\alpha)$$

Per trovare il valore di tg($\alpha$) si trova un triangolo rettangolo in cui uno degli angoli è proprio $\alpha$ e si trova tg($\alpha$) dalla trigonometria.

$$\text{tg}\,(\alpha) = CB/AB = 8\ \text{m}/12\ \text{s} = 2/3\ \text{m/s} = 0.67\ \text{m/s}$$

# Moto in una dimensione: accelerazione media ed istantanea

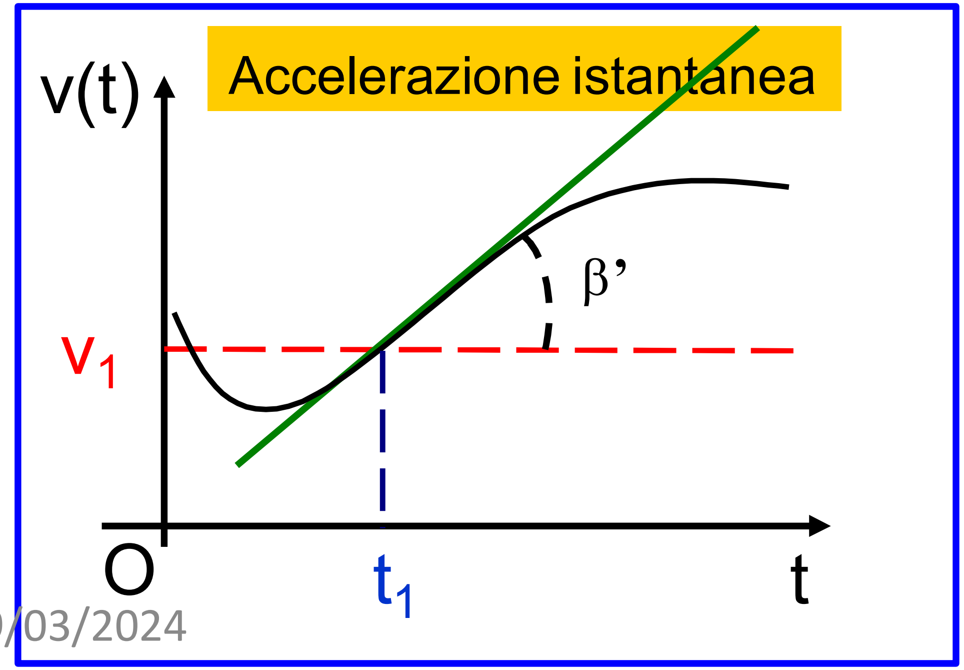



v(t) = andamento del modulo della velocità al variare del tempo.

$a_m$ = accelerazione media nell'intervallo ($t_1$, $t_2$)
= $(v_2-v_1)/(t_2-t_1) = \Delta v/\Delta t$

Significato geometrico dell' accelerazione media

$a_m = \Delta v/\Delta t = tg\ (\beta)$



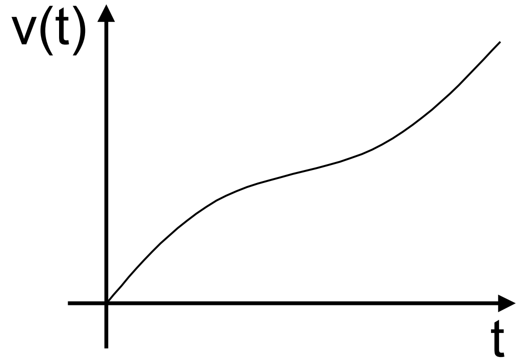

La retta verde rappresenta la tangente alla curva nel punto di ascissa $t_1$.

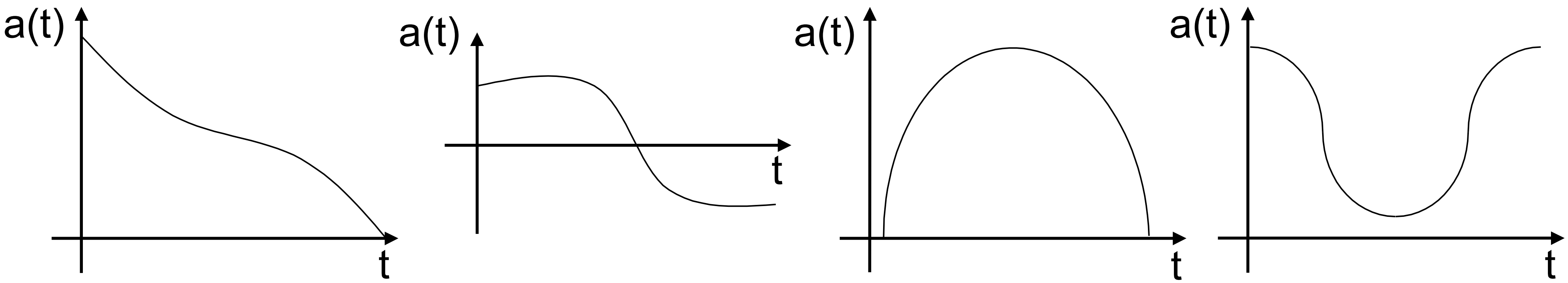
a ($t_1$) = accelerazione istantanea al tempo $t_1$ = tg ($\beta$').

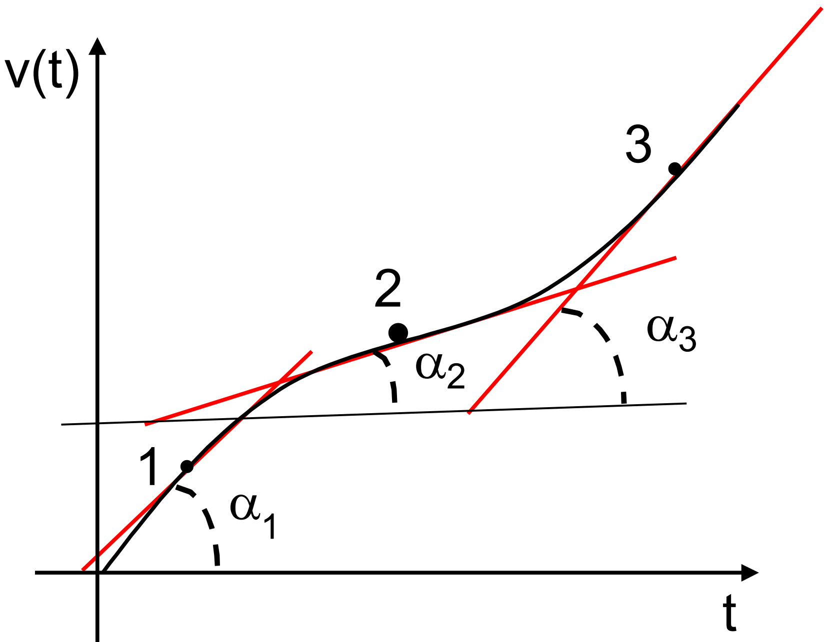
a ($t_1$) = pendenza della curva v(t) nel punto di ascissa $t_1$.

a ($t_1$) = derivata della curva v(t) nel punto di ascissa $t_1$.

**C4** - Il grafico accanto rappresenta l’andamento temporale della velocità istantanea. Quale dei grafici sottostanti può rappresentare l’andamento temporale dell’accelerazione istantanea?




L’accelerazione in un certo istante t è data dalla pendenza della curva v(t) al tempo t.

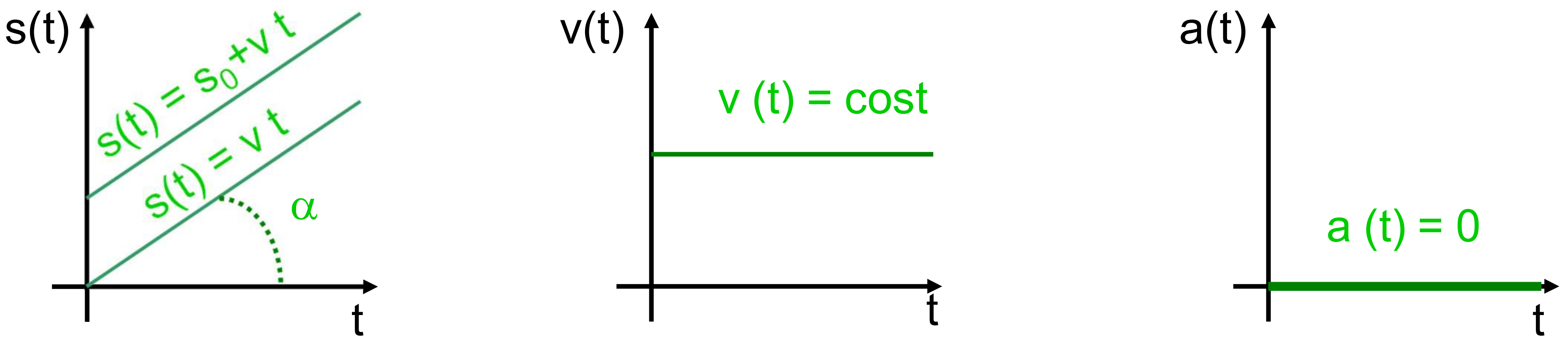
$\alpha_1 > \alpha_2$ $\qquad$ $\alpha_2 < \alpha_3$

$tg(\alpha_1) > tg(\alpha_2)$ $\qquad$ $tg(\alpha_2) < tg(\alpha_3)$

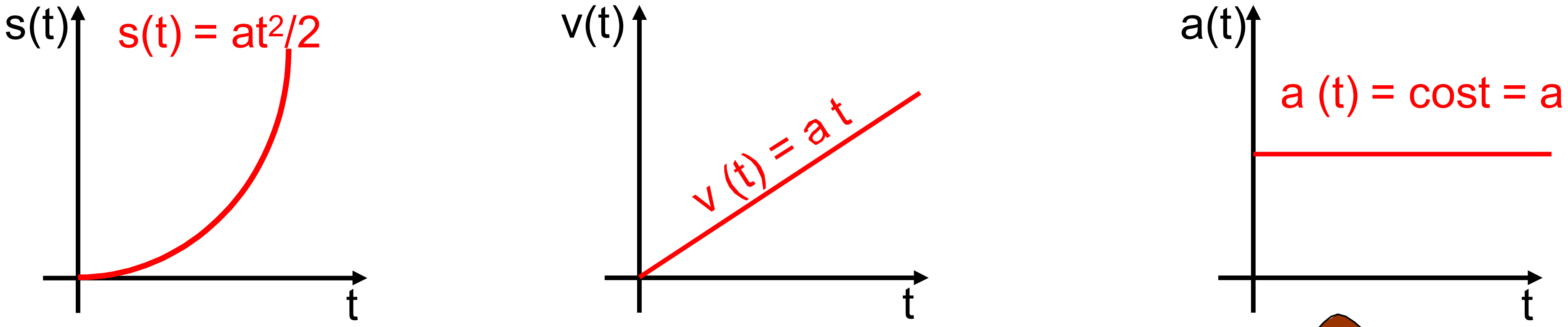
Al crescere del tempo la pendenza prima decresce e poi cresce.

# Moto in una dimensione

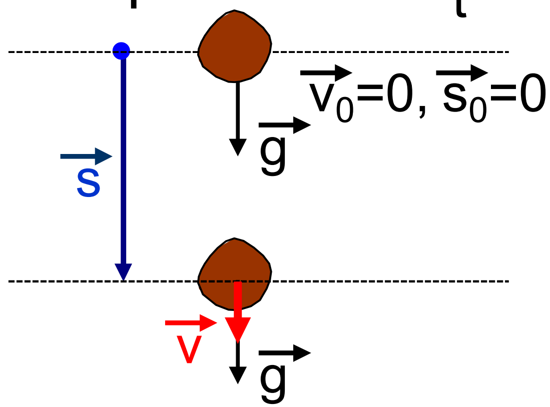
## Moto uniforme




## Moto uniformemente accelerato ; $v_0 = 0$ ; $s_0 = 0$

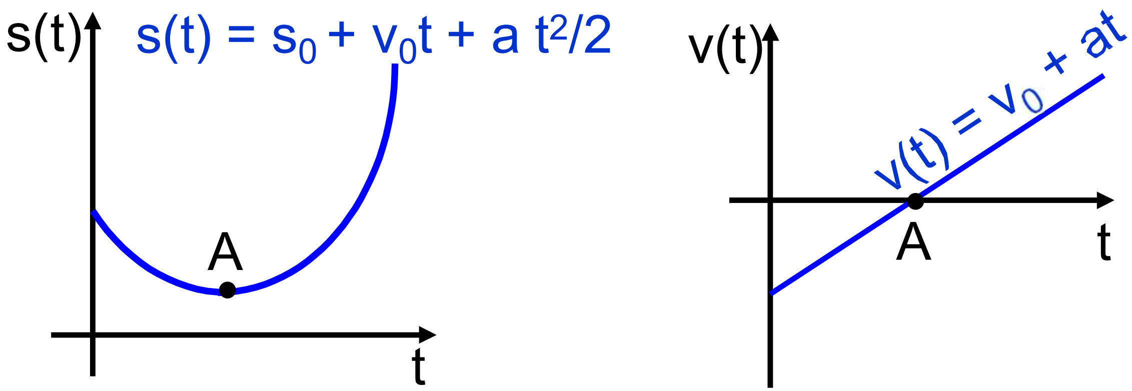



## Moto di caduta di un grave che parte da fermo (a=g)




$\vec{s}$, $\vec{v}$, $\vec{g}$ sono vettori che hanno la stessa direzione e verso e, se scegliamo come positiva la direzione orientata verso il basso, hanno tutti modulo positivo.

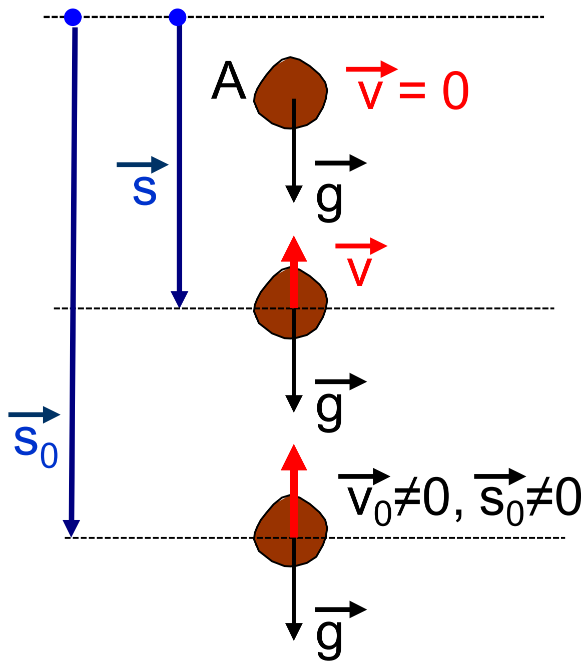
# Moto uniformemente accelerato ; $v_0 \neq 0$ ; $\vec{s}_0 \neq 0$; g ha verso opposto a $\vec{v}_0$




## Moto di un grave lanciato verso l'alto

Se scegliamo come positiva la direzione orientata verso il basso:

a) l'accelerazione è sempre costante e positiva
b) la velocità è negativa e decresce in valore assoluto fino al punto più alto della traiettoria A dove si annulla; poi diventa positiva e crescente
c) lo spostamento diminuisce fino al punto A e poi cresce.



# Un'altra formula per il moto uniformemente accelerato

$$\boxed{v = v_0 + at} \Rightarrow t = (v - v_0) / a$$

$$\boxed{s = s_0 + v_0 t + a\, t^2/2} \Rightarrow s = s_0 + v_0\, (v - v_0)/a + a\, (v - v_0)^2/2\, a^2$$

$$s - s_0 = (v^2 - v_0^2)/\, 2\, a \Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2\, a\, (s - s_0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v = \sqrt{v_0^2 + 2\, a\, (s - s_0)}}$$

$$s_0 = 0;\ v_0 = 0 \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{2\, a\, s}}$$

**C5** - Un corpo cade da fermo in assenza di resistenza dell'aria e giunge al suolo con una velocità di 108 km/h. Quanto vale il tempo di caduta?

$$v = \cancel{v_0} + gt \Longrightarrow t = v/g = 30\ m/s\ /9.8\ m/s^2 \cong 3\ s$$

**C6** - Un corpo viene lanciato verticalmente verso l'alto con una velocità iniziale di 20 m/s. Quale altezza massima raggiunge in assenza di resistenza dell'aria?

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2\ a\ (s - s_0)}$$

in cui si è supposto che il sistema di riferimento sia diretto verso l'alto. Se il sistema ha l'origine nella posizione di lancio del corpo ($s_0 = 0$), nel punto più alto della traiettoria v = 0 si ha che

$$0 = \sqrt{v_0^2 - 2\ a\ s} \Longrightarrow v_0^2 - 2\ a\ s = 0 \Longrightarrow s = v_0^2 / 2\ a$$

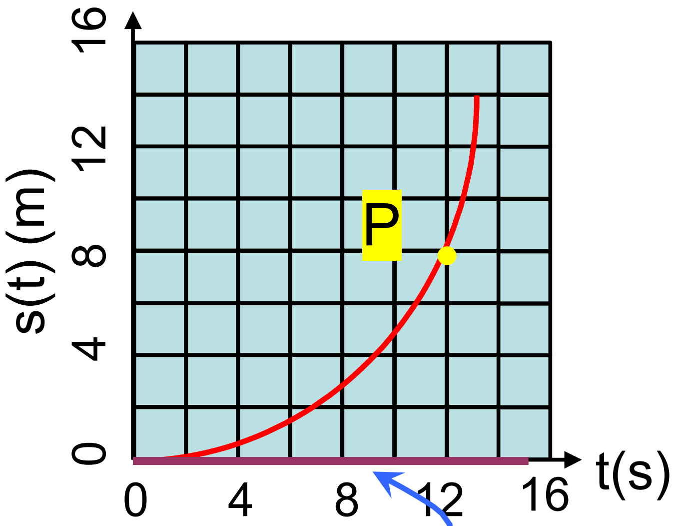
$$s = v_0^2 / 2\ a = 400\ m^2/s^2 / (2 \cdot 9.8\ m/s^2) \cong 20\ m$$

**C7** - Un corpo, inizialmente fermo, cade da 20 m di altezza fino a giungere a terra. Quale è la sua velocità media durante la caduta in assenza di resistenza dell'aria?

$$\left.\begin{array}{l} s = s_0 + v_0 t + a\ t^2/2 \\ s_0 = 0; \quad v_0 = 0 \end{array}\right\} \Longrightarrow s = a\ t^2/2 \Longrightarrow t = \sqrt{2s/a} \cong 2\ s$$

$$v_m = \Delta s/\Delta t = 20\ m\ /2\ s = 10\ m/s$$

**C8** - Nel grafico è rappresentato lo spazio percorso da un corpo come funzione quadratica del tempo. Valutare l'accelerazione di questo moto.




tangente geometrica
alla parabola per t=0

$$s(t) = s_0 + v_0 t + at^2/2$$

$$s(t=0) = s_0 = 0$$

$v(t=0) = v_0 =$ pendenza della curva per t=0

$$v(t=0) = v_0 = 0$$

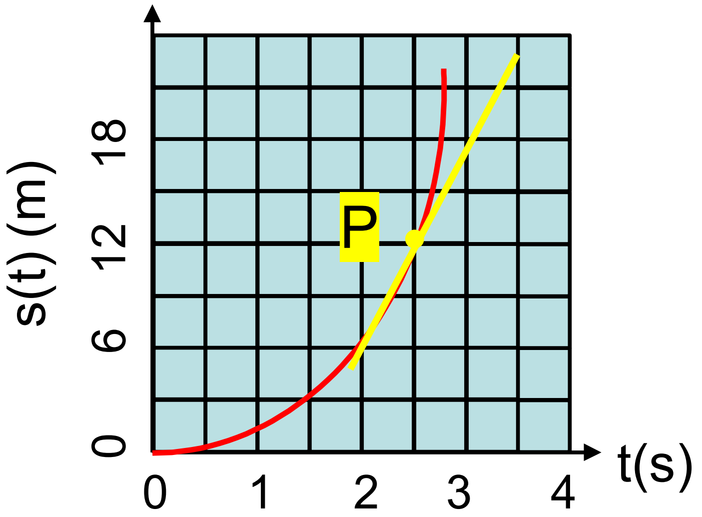
$$s(t) = at^2/2$$

Consideriamo il punto P di coordinate

$t = 12$ s $\quad\quad$ $s(t) = 8$ m

$$8 \text{ m} = a\, 12^2 \text{ s}^2 / 2 = a\, 144/2 \text{ s}^2 = a\, 72 \text{ s}^2$$

$$a = (8/72) \text{ m/s}^2 = 0.11 \text{ m/s}^2$$




**C9** - Un velocista, durante una gara dei 100 m piani, si muove in modo che l'andamento dello spazio percorso in funzione del tempo é quello in figura (linea rossa fino al punto P e poi linea gialla). Quale é il tempo realizzato dall'atleta in quella gara?

L'atleta descrive un moto uniformemente accelerato fino a t = 2.5 s e successivamente un moto uniforme.

Per trovare l'accelerazione del moto uniformemente accelerato si usa lo stesso metodo dell'esercizio precedente.

$s = a\,t^2/2 \Rightarrow a = 2\,s/t^2 \Rightarrow a = 2 \bullet 12 / 6.25 = 24/6.25 = 3.8\ m/s^2$

Per trovare la velocitá alla fine del moto uniformemente accelerato, cioé dopo 2.5 s

$$v(t) = v_0 + a\,t \quad \Rightarrow \quad v(t=2.5\ s) = 3.8\ m/s^2 \cdot 2.5\ s = 9.5\ m/s$$

Dopo il moto uniformemente accelerato, l'atleta si muove di moto uniforme per 88 m alla velocitá di 9.5 m/s, impiegando il tempo di

$$\Delta t = \Delta s / v = 88\ m / 9.5\ m/s = 9.26\ s$$

Il tempo totale realizzato sará la somma del tempo impiegato durante il moto uniformemente accelerato e durante il moto uniforme:

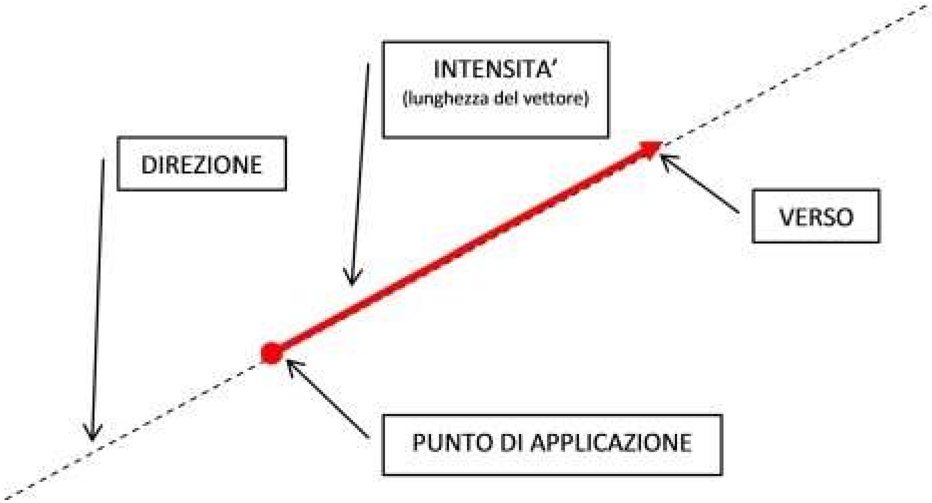
$$\Delta t = 2.5\ s + 9.26\ s = 11.76\ s$$

# Calcolo Vettoriale

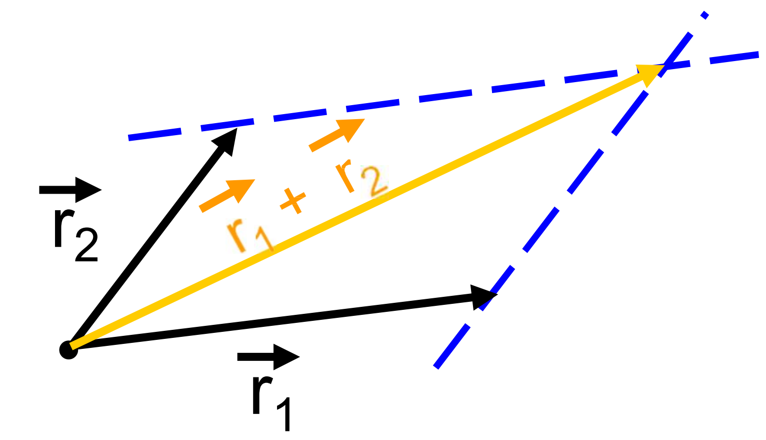
## Vettore:

Un segmento orientato definito da tre caratteristiche:

- **Direzione**: la retta su cui giace il vettore
- **Verso**: l'orientamento corrispondente al verso della freccia del segmento orientato
- **Modulo**: la lunghezza del segmento

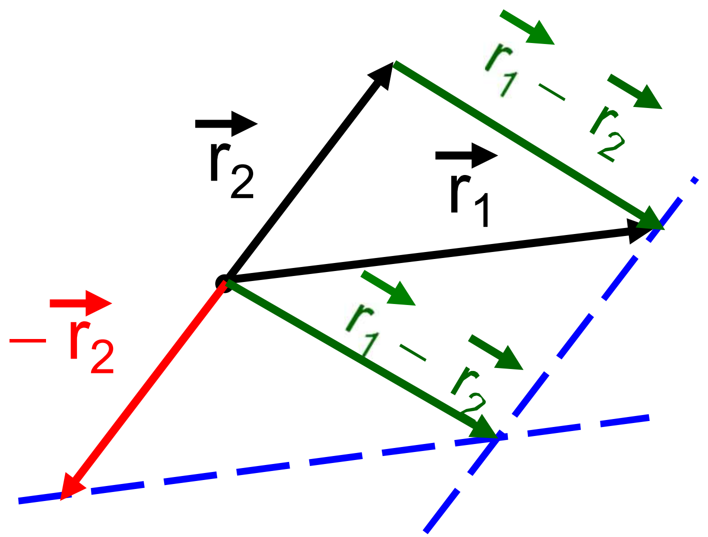


# Somma e differenza tra vettori




Per sommare due vettori si usa la regola del parallelogramma.

La somma di due vettori è il vettore il cui modulo è dato dalla diagonale maggiore del parallelogramma costruito sui due vettori, orientato dal punto di applicazione comune dei due vettori al vertice opposto del parallelogramma.




La differenza tra vettori

$$\vec{r}_1 - \vec{r}_2 \quad = \quad \vec{r}_1 + (-\vec{r}_2)$$

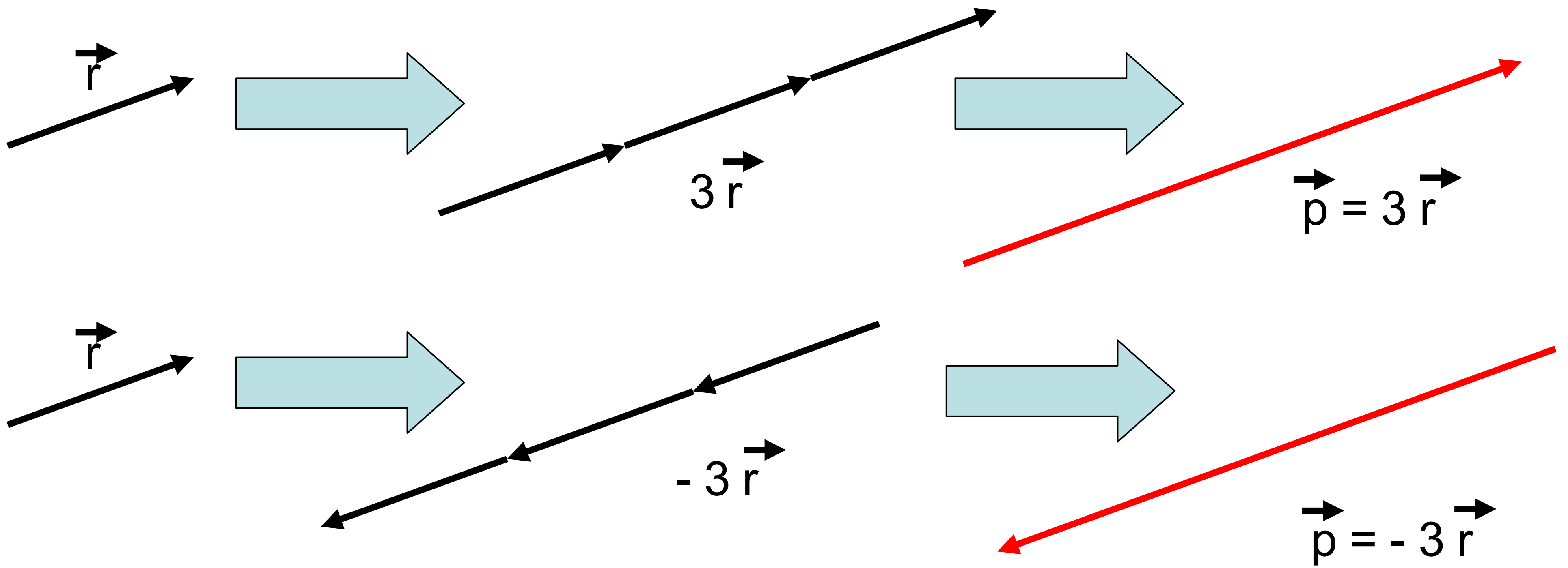
cioè la somma del vettore $\vec{r}_1$ ed il vettore $-\vec{r}_2$, opposto del vettore $\vec{r}_2$.

La differenza di due vettori è il vettore il cui modulo è dato dalla diagonale minore del parallelogramma costruito sui due vettori, orientato dall'estremità del vettore sottraendo all'estremità del vettore minuendo.

# Moltiplicazione di un vettore per un numero

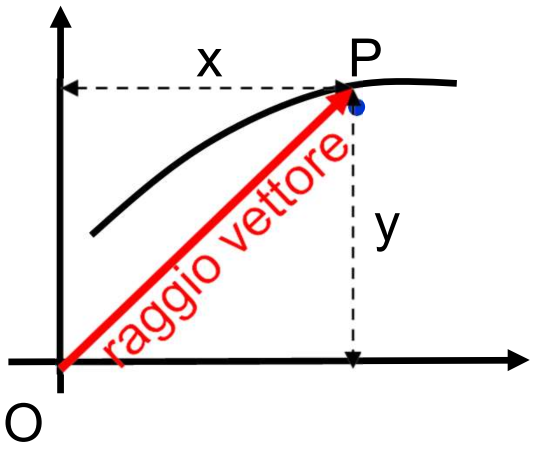
Il prodotto del vettore $\vec{r}$ per il numero k è un vettore $\vec{p}$

- con modulo uguale al modulo di $\vec{r}$ moltiplicato per il numero k
- con direzione uguale alla direzione del vettore $\vec{r}$
- con lo stesso verso di $\vec{r}$ se k è positivo, con verso opposto ad $\vec{r}$ se k è negativo.



# Moto curvilineo

Finora ci siamo occupati di determinare lo spostamento, la velocità e l'accelerazione di un punto materiale senza preoccuparci della traiettoria, che poteva avere una forma qualsiasi: abbiamo determinato lo spostamento scalare, la velocità scalare istantanea e l'accelerazione scalare istantanea.



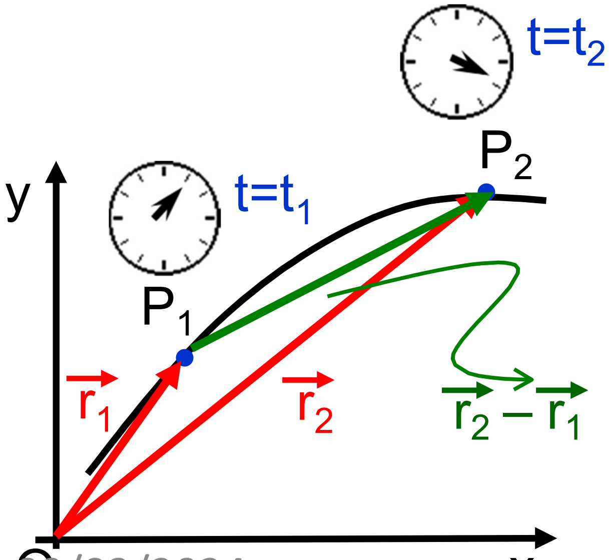

Vogliamo ora determinare direzione e verso della velocità e della accelerazione vettoriale istantanea.

Per individuare la posizione P di un punto materiale in un **moto curvilineo (in un piano)** bisogna conoscere come variano nel tempo le due coordinate x e y, cioè le due funzioni x(t) e y(t)

**OPPURE**

come varia nel tempo il raggio vettore $\vec{r}$, cioè la funzione $\vec{r}(t)$.

# Velocità vettoriale media nel moto curvilineo



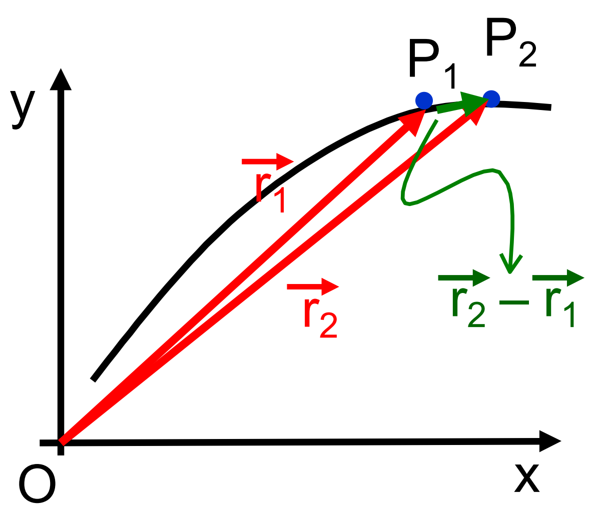

Spostamento da $P_1$ a $P_2 = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$

velocità media vettoriale nell'intervallo $t_1$, $t_2 = \vec{v}_m =$

$$= (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) / (t_2 - t_1)$$

Il vettore velocità vettoriale media ha la stessa direzione e verso e modulo proporzionale al vettore spostamento.

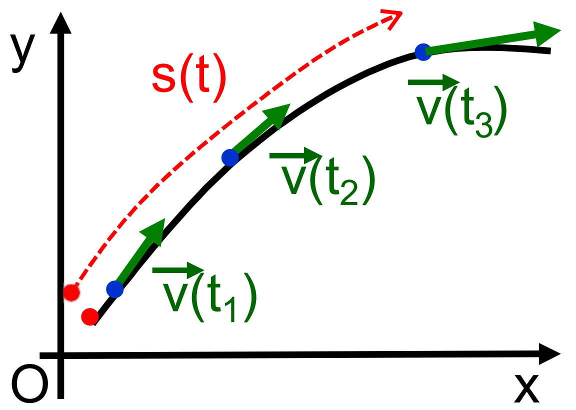
# Velocità vettoriale istantanea nel moto curvilineo



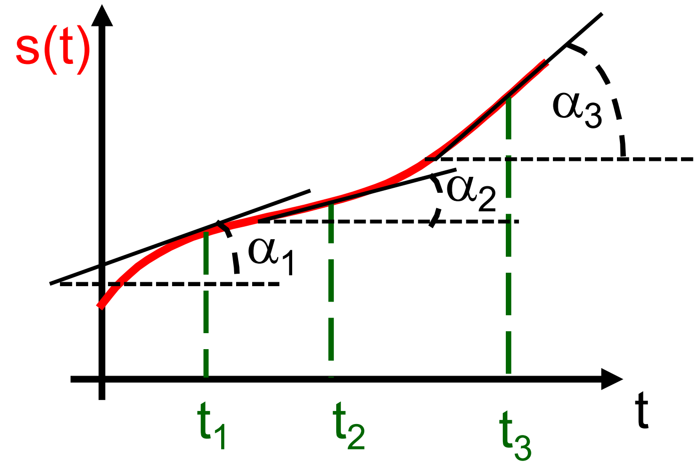

La velocità vettoriale istantanea $\vec{v}$ in un certo istante è la velocità media vettoriale in un intervallo di tempo molto piccolo intorno all'istante considerato.

Il vettore velocità istantanea si dispone nella direzione tangente alla traiettoria.

Si dimostra che il modulo della velocità *vettoriale* istantanea è dato dalla velocità *scalare* istantanea lungo la traiettoria (definita precedentemente).




La direzione della velocità istantanea è tangente alla **traiettoria.**

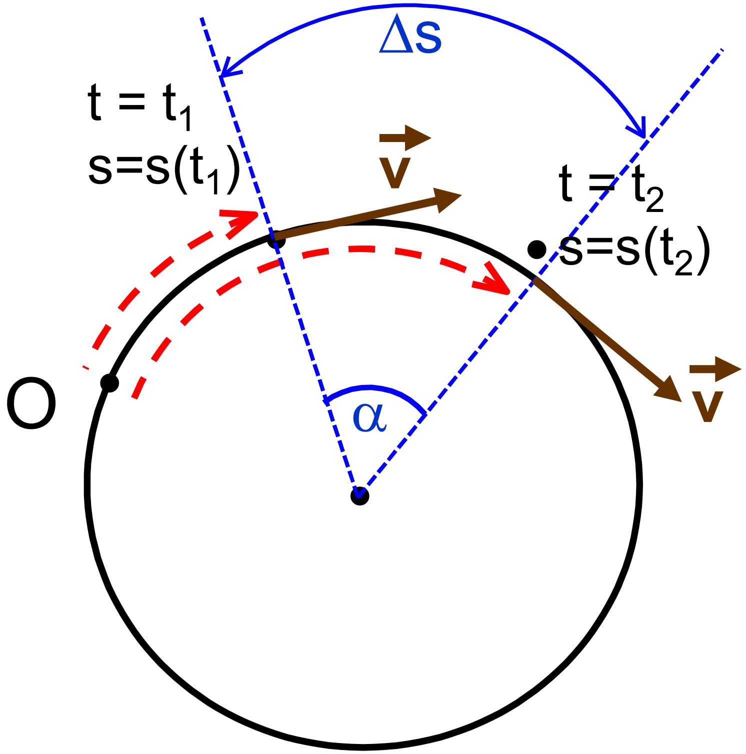



$v_1 = tg(\alpha_1)$ $\quad v_3 = tg(\alpha_3)$

$v_2 = tg(\alpha_2)$

Il modulo della velocità istantanea è la pendenza della funzione s(t).

**C10** - Un punto materiale impiega 12 s per descrivere con moto uniforme una circonferenza. Quale è l'angolo formato tra la velocità istantanea al tempo t = 4.5 s e quella al tempo t = 6 s?




La velocità del moto uniforme è

$$v = 2\,\pi\,R\,/\,T$$

in cui T = 12 s

L'equazione orario del moto è quindi

$$s(t) = v\,t$$

in cui l'origine dei tempi è stata scelta in modo che $s_0 = 0$.

Lo spazio percorso al tempo $t_1 = 4.5$ s è

$$s(t_1) = v\,t_1 = 2\,\pi\,R\,t_1\,/T$$

Lo spazio percorso al tempo $t_2 = 6$ s è $\quad s(t_2) = v\,t_2 = 2\,\pi\,R\,t_2\,/T$

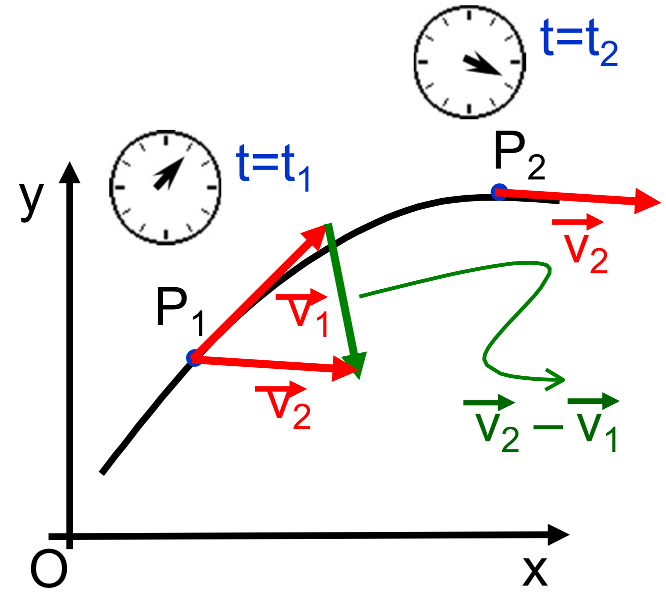
Lo spazio percorso nell'intervallo di tempo $(t_1, t_2)$ è $\quad \Delta s = v\,(t_2 - t_1) = 2\,\pi\,R\,(t_2\text{-}t_1)\,/T$

L'angolo espresso in radianti sotteso dall'arco Δs è $\quad \alpha = \Delta s\,/\,R = 2\,\pi\,(t_2\text{-}t_1)\,/\,T$

$$\alpha = \Delta s\,/\,R = 2\,\pi\,(t_2 - t_1)\,/\,T = 2\,\pi\,(6 - 4.5)\text{ s}\,/12\text{ s} = 2\,\pi\,1.5/12 = 2\,\pi/8 = \pi/4$$

L'angolo tra i due vettori è uguale all'angolo α, perché i raggi sono perpendicolari alle velocità vettoriali.

# Accelerazione vettoriale media ed istantanea nel moto curvilineo

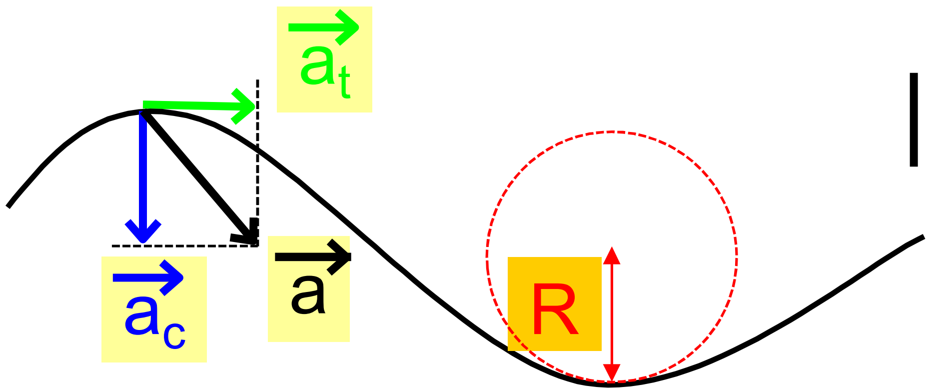



Accelerazione vettoriale media nell'intervallo $t_1$, $t_2$ = $\vec{a}_m$ =

$$= (\vec{v}_2 - \vec{v}_1) / (t_2 - t_1)$$

Accelerazione vettoriale istantanea $\vec{a}$ all'istante t è l'accelerazione vettoriale media in un intervallo di tempo molto piccolo intorno all'istante t.

L'accelerazione vettoriale istantanea $\vec{a}$ si può scrivere come somma di accelerazione tangenziale e accelerazione centripeta.




$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$$

$|\vec{a}_t|$ = modulo dell'accelerazione tangenziale = accelerazione scalare = pendenza della curva v(t)

R = raggio di curvatura

$|\vec{a}_c|$ = modulo dell'accelerazione centripeta o normale = $v^2/R$

# Significato dell'accelerazione tangenziale e centripeta

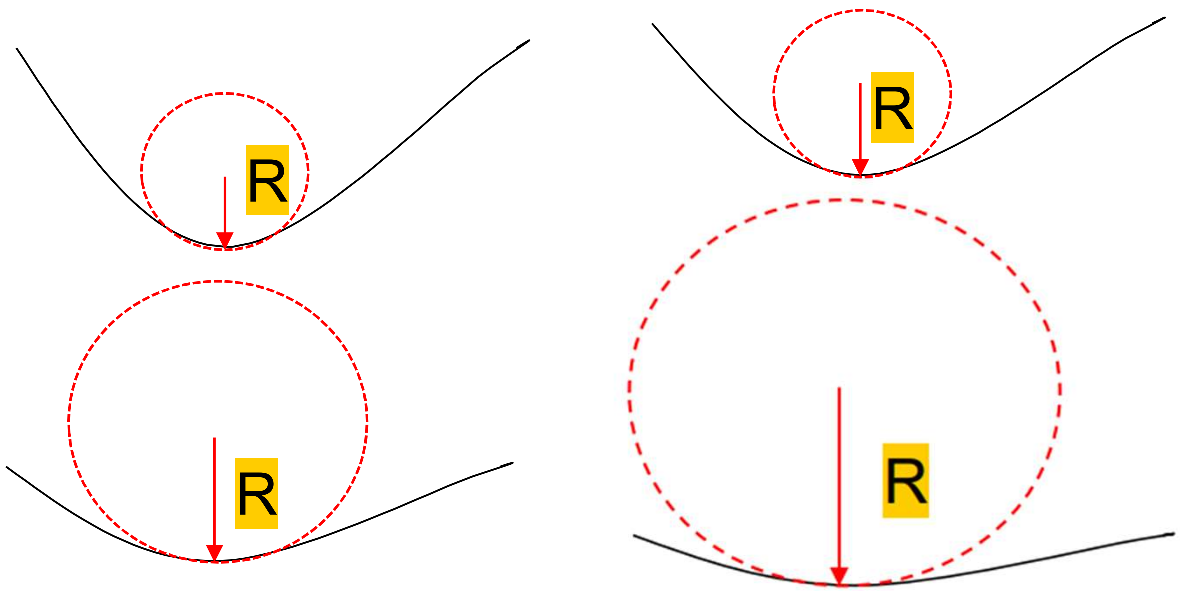
Accelerazione tangenziale = $a_t = \Delta v/\Delta t$

In cui $\Delta t$ è un intervallo di tempo molto piccolo intorno al tempo t.

L'accelerazione tangenziale è nulla quando, qualunque sia il valore $\Delta t$, $\Delta v$ è nullo, cioè non varia il modulo della velocità, cioè il moto è uniforme.

Modulo accelerazione centripeta = $a_c = v^2/R$

$a_c \longrightarrow 0$ quando $R \longrightarrow \infty$

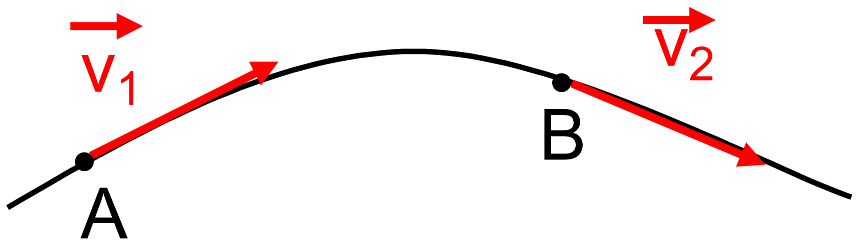


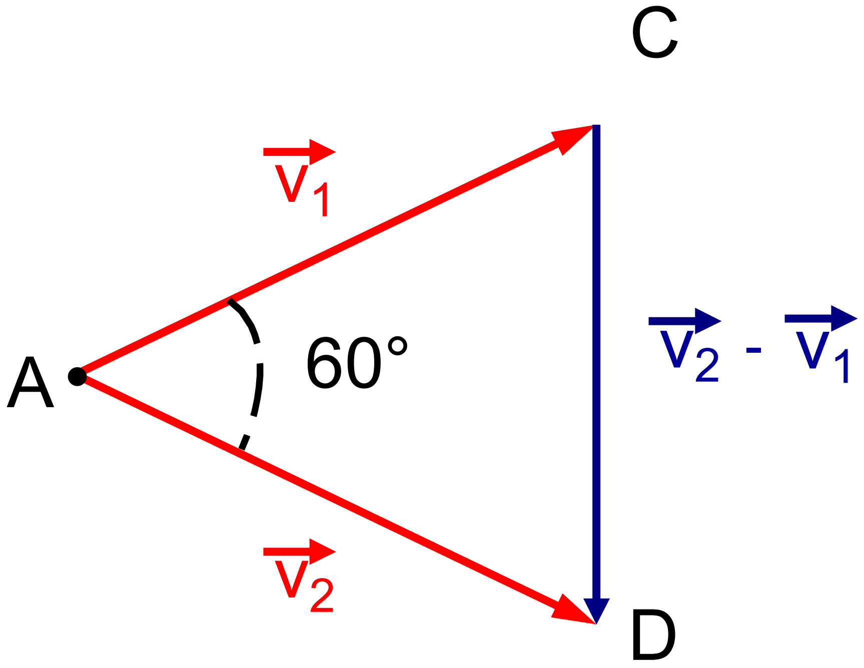

Aumentando il raggio di curvatura, la curva si appiattisce.

$R \longrightarrow \infty \Longrightarrow$ retta

L'accelerazione centripeta è nulla quando il moto è rettilineo.

**C11** - In un moto curvilineo uniforme, l'angolo formato dal vettore velocità in un punto A e il vettore velocità nel punto B è di 60° . Sapendo che il modulo v della velocità è di 5 m/s e che l'arco AB ha la lunghezza di 20 m, determinare il modulo dell'accelerazione media tra i due punti.




$$\vec{a}_m = (\vec{v}_2 - \vec{v}_1) / (t_2 - t_1)$$

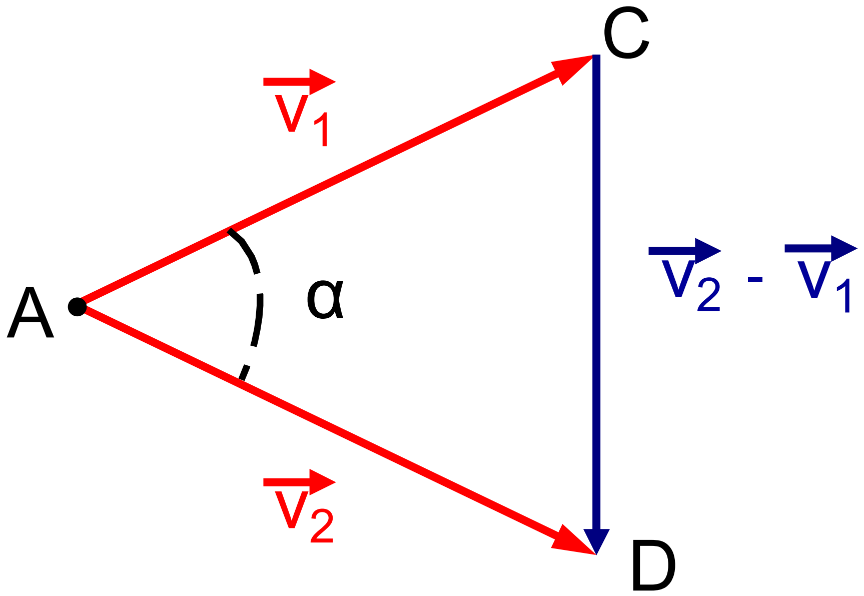
Poiché il triangolo ACD è equilatero

$$|\vec{v}_2 - \vec{v}_1| = CD = 5 \text{ m/s}$$

La velocità lungo la traiettoria si mantiene costante, allora l' e.d.m. è: $S(t) = v\,t$

$$t_2 - t_1 = AB / v = 20 \text{ m} / 5 \text{ m/s} = $$
$$= 4 \text{ s}$$

$$|\vec{a}_m| = |(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)| / (t_2 - t_1) =$$
$$= 5 \text{ m/s} / 4 \text{ s} = 1.25 \text{ m/s}^2$$

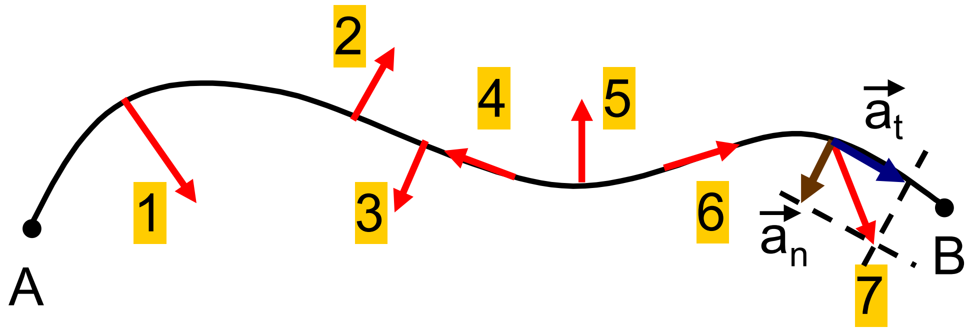



Suggerimento:

SE $|\vec{v}_2| = |\vec{v}_1|$

$$|\vec{v}_2 - \vec{v}_1| = 2\,|\vec{v}_1|\,\sin(\alpha/2)$$

**C12** - Un corpo si muove dal punto A al punto B su di un piano orizzontale di moto non uniforme lungo la traiettoria in figura. Quale (o quali) dei vettori può rappresentare l'accelerazione totale del corpo?




Poiché il moto è non uniforme è sempre presente un'accelerazione tangenziale.
Inoltre nei punti in cui la traiettoria è curva è presente anche un'accelerazione centripeta.

Vettori 1 e 5 : vettori normali alla traiettoria : solo accelerazioni radiali (o centripete) manca la componente tangenziale dell'accelerazione

Vettori 2 e 3 : vettori normali alla traiettoria rettilinea: non esiste accelerazione radiale quando la traiettoria è rettilinea

Vettore 4 : vettore accelerazione tangenziale (moto decelerato) su una traiettoria rettilinea: l'accelerazione totale è solo accelerazione tangenziale.

Vettore 6 : vettore accelerazione tangenziale (moto accelerato) su una traiettoria rettilinea: l'accelerazione totale è solo accelerazione tangenziale.

Vettore 7 : vettore somma di un vettore perpendicolare alla traiettoria (accelerazione radiale) e di uno tangente ( accelerazione tangenziale).