

Università degli Studi di Milano
Facoltà di Medicina e Chirurgia

Corso di laurea

Tecniche Audiometriche – Tecniche Audioprotesiche

Corso di Fisica A.A. 2022-2023

Docente: Marie Claire Cantone

2. MECCANICA

MECCANICA

CINEMATICA – descrive il moto a prescindere dalle cause.

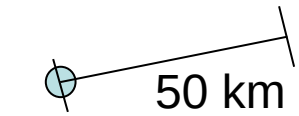
DINAMICA – studia le equazioni del moto note le forze applicate.

STATICA – studia le condizioni di equilibrio per i corpi rigidi.

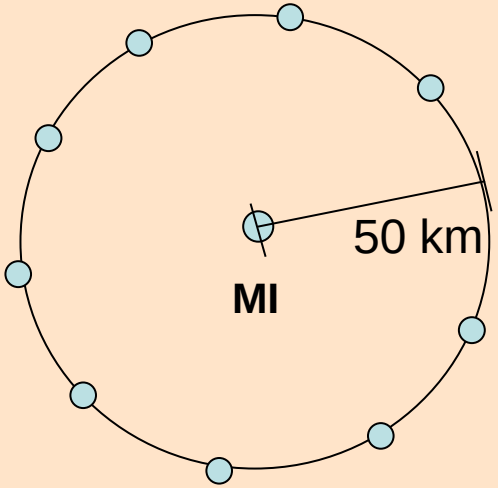
2.1 CINEMATICA

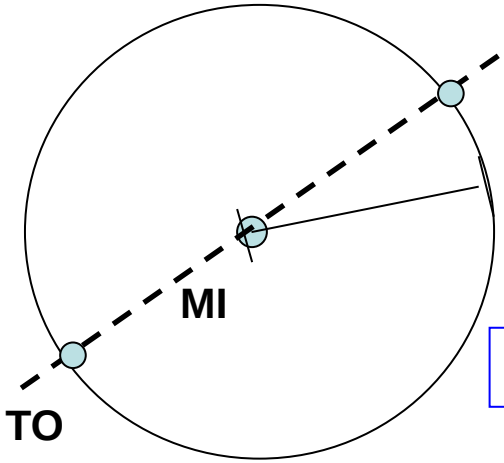
Cinematica

Lo spostamento $\vec{s}$ è un vettore.

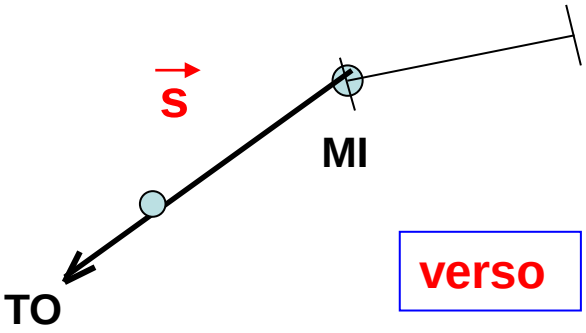


modulo





direzione



verso

VELOCITA’

- esprime la rapidità di movimento di un corpo;
- è definita come rapporto fra la variazione di posizione del corpo (spostamento) e l’intervallo di tempo in cui essa avviene.

velocità media $\vec{v}_m = \dfrac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$

velocità istantanea

unità di misura S.I. $m\ s^{-1}$

dimensioni fisiche $[v] = [LT^{-1}]$

VELOCITA’

- esprime la rapidità di movimento di un corpo;
- è definita come rapporto fra la variazione di posizione del corpo (spostamento) e l’intervallo di tempo in cui essa avviene.

velocità media

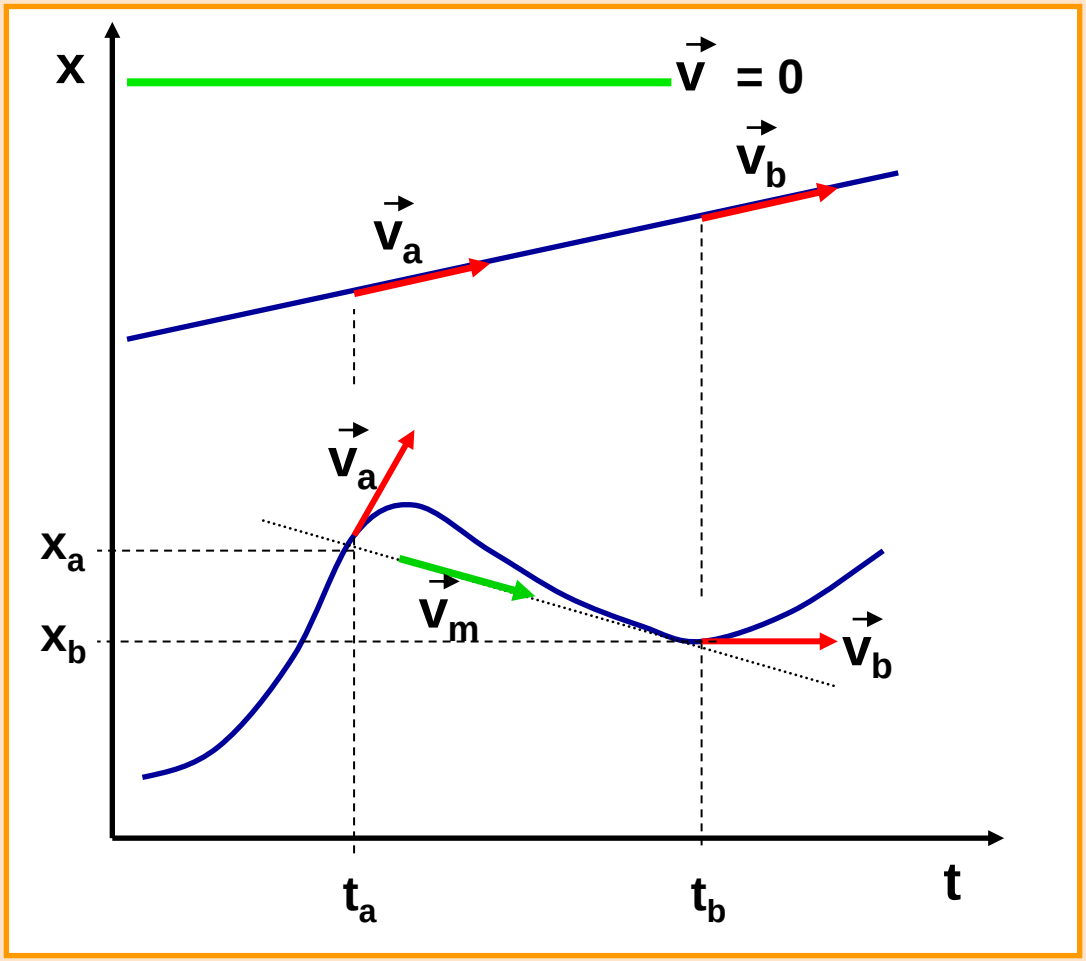
$$\vec{v}_m = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t}$$

velocità istantanea

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{v}_m = \frac{d\vec{x}}{dt}$$

unità di misura S.I. $m\ s^{-1}$

dimensioni fisiche $[v] = [LT^{-1}]$



moto rettilineo uniforme

$$\vec{v}_m = \vec{v}_a = \vec{v}_b = \vec{v}$$

moto a velocità variabile

La velocità di un corpo in un certo istante è indicata dalla pendenza della funzione x(t) in quell'istante, ovvero è rappresentata geometricamente dalla tangente alla curva.

ACCELERAZIONE

- esprime la rapidità di variazione della velocità (>0 se la velocità aumenta, <0 se la velocità diminuisce).
- è definita come rapporto fra la variazione di velocità e l'intervallo di tempo in cui essa avviene.

accelerazione media

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

accelerazione istantanea

unità di misura S.I. $m\ s^{-2}$

dimensioni fisiche $[a] = [LT^{-2}]$

ACCELERAZIONE

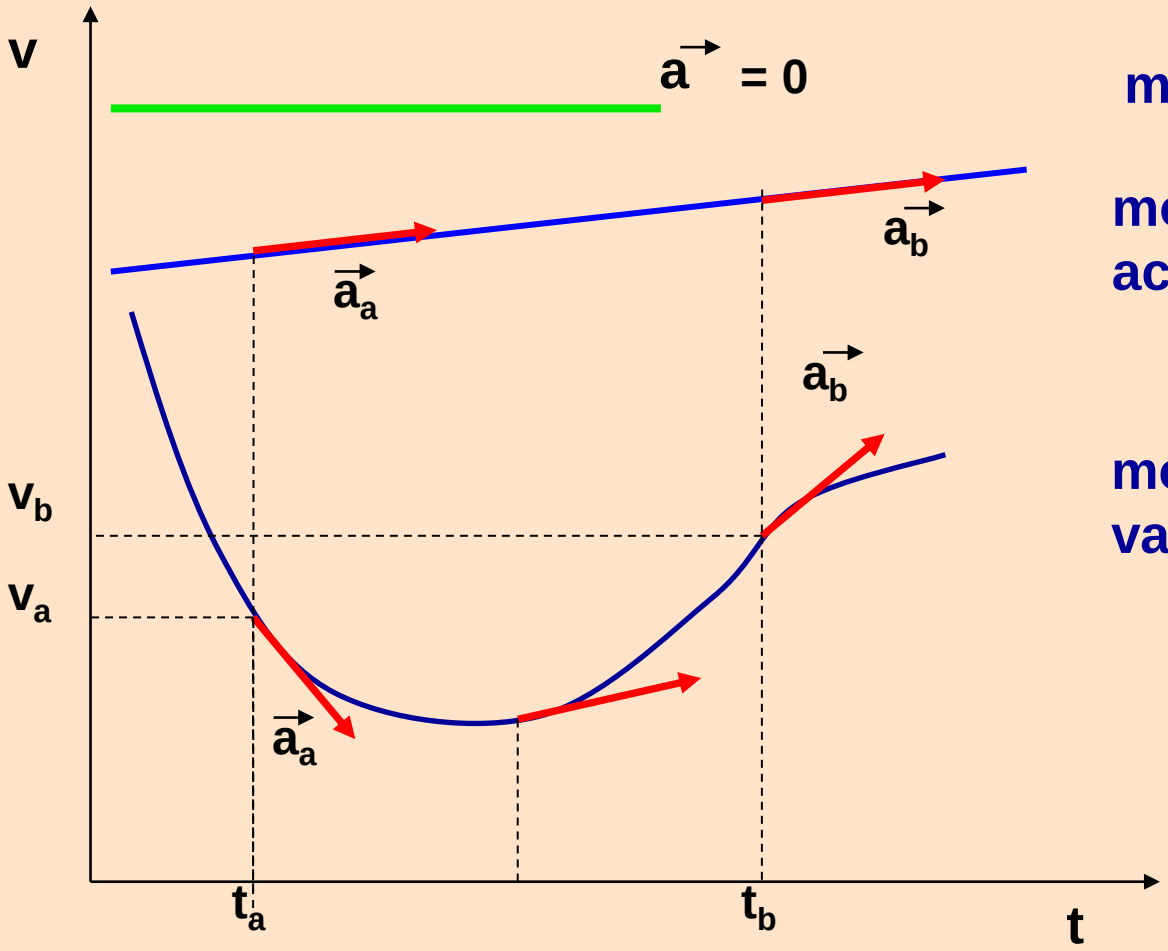
- esprime la rapidità di variazione della velocità (>0 se la velocità aumenta, <0 se la velocità diminuisce).
- è definita come rapporto fra la variazione di velocità e l'intervallo di tempo in cui essa avviene.

accelerazione media $\vec{a}_m = \dfrac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

accelerazione istantanea $\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{a}_m = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$

unità di misura S.I. $m\ s^{-2}$

dimensioni fisiche $[a] = [LT^{-2}]$



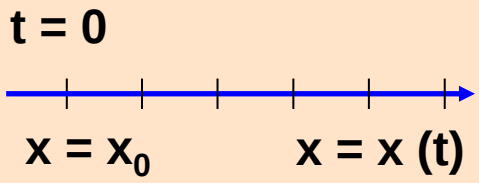
moto rettilineo uniforme

moto uniformemente accelerato

moto ad accelerazione variabile

L'accelerazione di un corpo in un certo istante è indicata dalla pendenza della funzione v(t) in quell'istante, ovvero è rappresentata geometricamente dalla tangente alla curva .

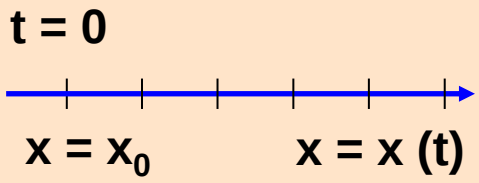
Moto rettilineo uniforme

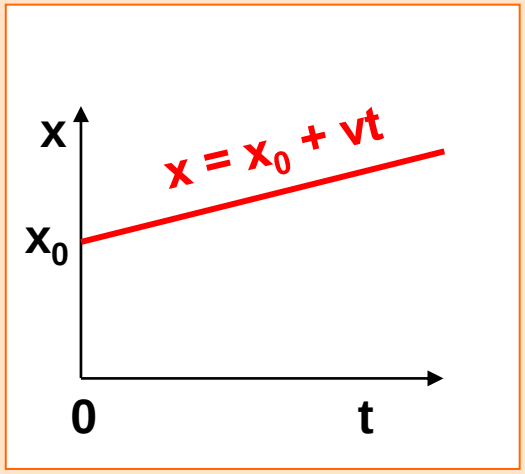


$$x = x_0 + vt$$

- $\vec{v}$ è cost in modulo, direzione e verso;
- la traiettoria è rettilinea;
- $\vec{a}$ è nulla;
- il grafico spazio-tempo è una retta;
- la legge oraria è una funzione lineare del tempo.

Moto rettilineo uniforme

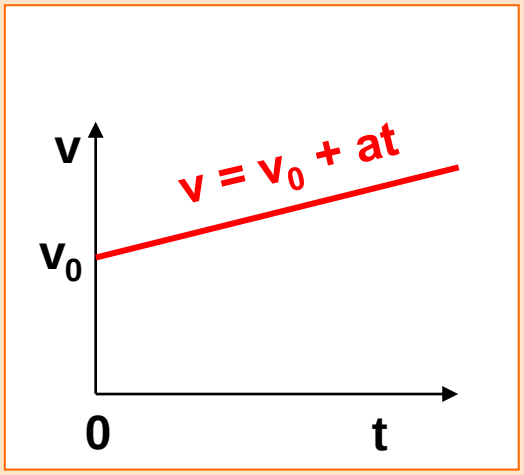




$$x = x_0 + vt$$

- $\vec{v}$ è cost in modulo, direzione e verso;
- la traiettoria è rettilinea;
- $\vec{a}$ è nulla;
- il grafico spazio-tempo è una retta;
- la legge oraria è una funzione lineare del tempo.

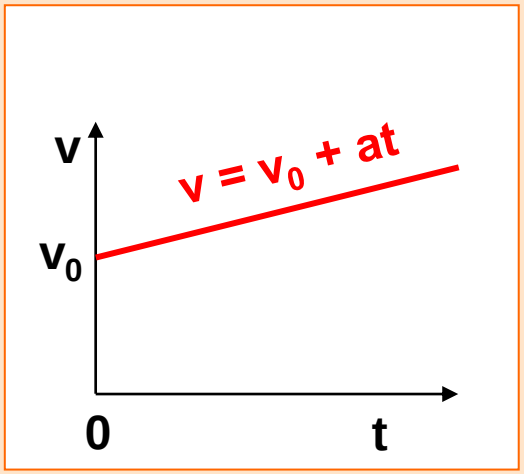
Moto rettilineo uniformemente accelerato



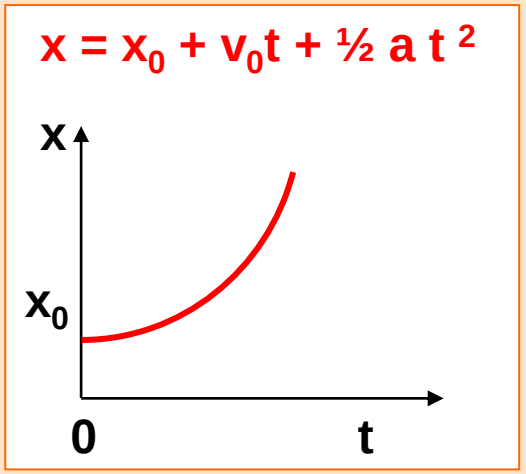
$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$

- $\vec{a}$ è cost in modulo, direzione e verso;
- la traiettoria è rettilinea;
- $\vec{v}$ è diretta come $\vec{a}$ se $v_0 = 0$ o se $\vec{v_0}$ è diretta come $\vec{a}$;
- il grafico velocità-tempo è una retta;
- la legge oraria è una funzione parabolica del tempo.

Moto rettilineo uniformemente accelerato



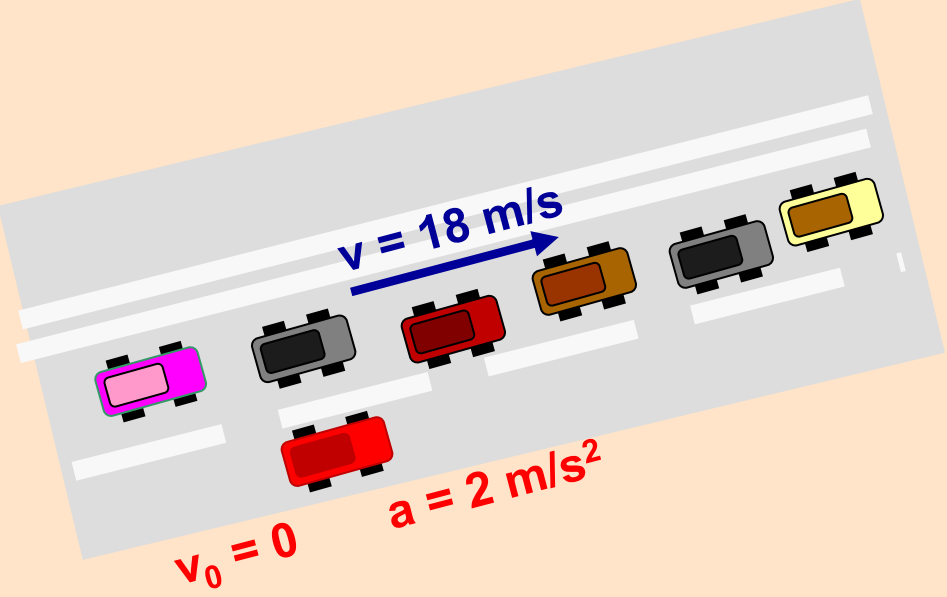
$$x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2} a t^2$$



- $\vec{a}$ è cost in modulo, direzione e verso;
- la traiettoria è rettilinea;
- $\vec{v}$ è diretta come $\vec{a}$ se $v_0 = 0$ o se $\vec{v_0}$ è diretta come $\vec{a}$;
- il grafico velocità-tempo è una retta;
- la legge oraria è una funzione parabolica del tempo.

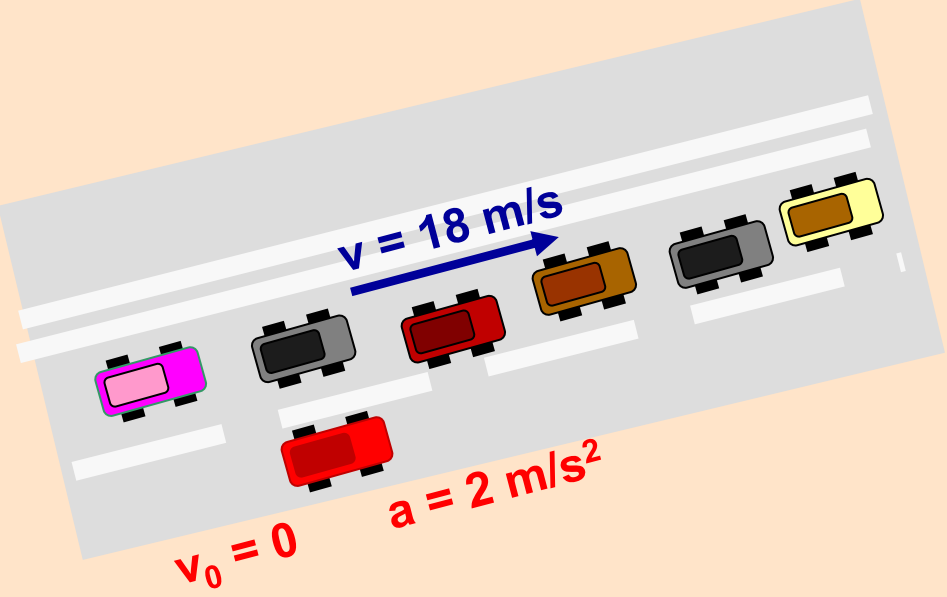
Un' automobile, inizialmente ferma, accelera con un'accelerazione costante di $2\ ms^{-2}$ su una strada rettilinea dove il traffico si muove ad una velocità costante di $18\ ms^{-1}$.

Calcolare quanto tempo l'automobile impiega a raggiungere tale velocità e quanta strada percorre in quel intervallo di tempo.



Un' automobile, inizialmente ferma, accelera con un'accelerazione costante di 2 ms^{-2} su una strada rettilinea dove il traffico si muove ad una velocità costante di 18 ms^{-1}.

Calcolare quanto tempo l'automobile impiega a raggiungere tale velocità e quanta strada percorre in quel intervallo di tempo.



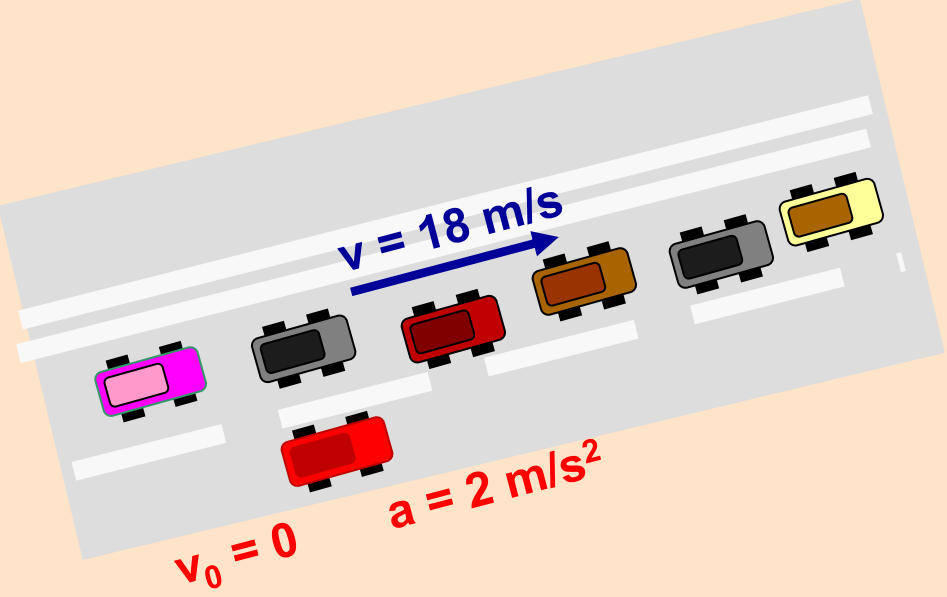
$a = (v - v_0) / \Delta t$

$t = v / a$

tempo impiegato per raggiungere v = 18 ms^{-1}

Un' automobile, inizialmente ferma, accelera con un'accelerazione costante di 2 ms^{-2} su una strada rettilinea dove il traffico si muove ad una velocità costante di 18 ms^{-1}.

Calcolare quanto tempo l'automobile impiega a raggiungere tale velocità e quanta strada percorre in quel intervallo di tempo.



$$a = (v - v_0) / \Delta t$$

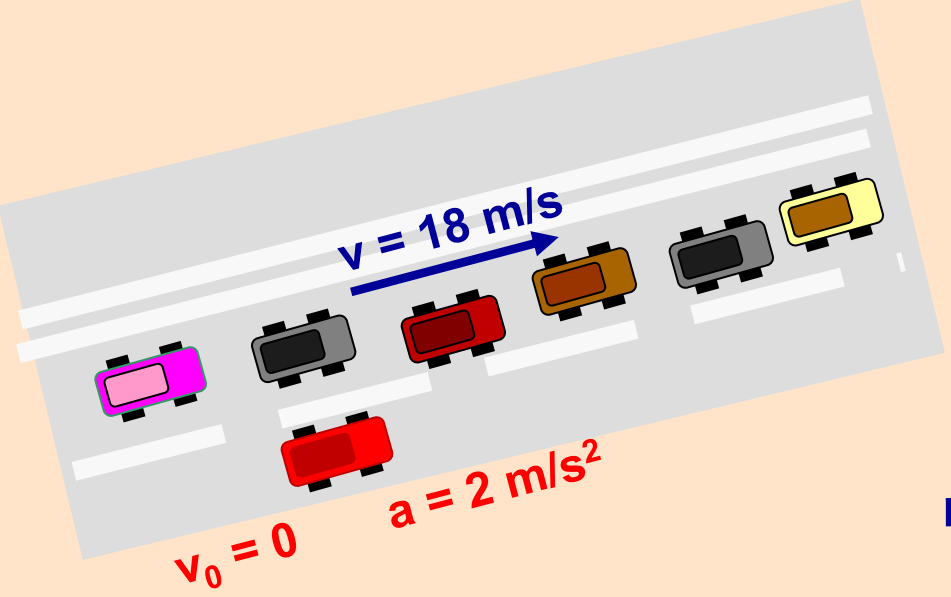
$$t = v / a$$

tempo impiegato per raggiungere v = 18 ms^{-1}

$$t = \frac{18\ ms^{-1}}{2\ ms^{-2}} = 9\ s$$

Un' automobile, inizialmente ferma, accelera con un'accelerazione costante di 2 ms^{-2} su una strada rettilinea dove il traffico si muove ad una velocità costante di 18 ms^{-1}.

Calcolare quanto tempo l'automobile impiega a raggiungere tale velocità e quanta strada percorre in quel intervallo di tempo.



$a = (v - v_0) / \Delta t$

$t = v / a$

tempo impiegato per raggiungere $v = 18\ ms^{-1}$

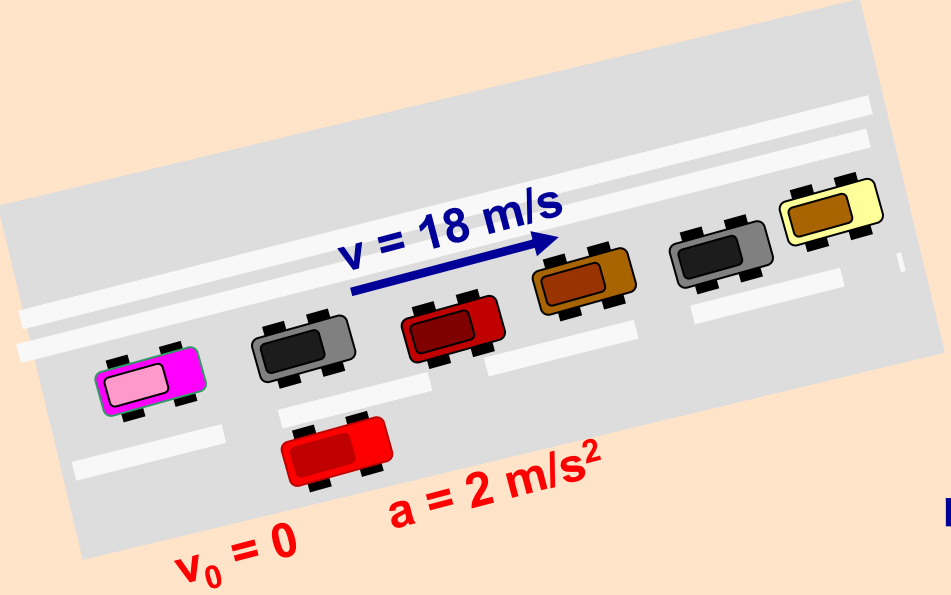
$$t = \frac{18\ ms^{-1}}{2\ ms^{-2}} = 9\ s$$

moto con accelerazione costante (uniformemente accelerato)

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

Un' automobile, inizialmente ferma, accelera con un'accelerazione costante di 2 ms^{-2} su una strada rettilinea dove il traffico si muove ad una velocità costante di 18 ms^{-1}.

Calcolare quanto tempo l'automobile impiega a raggiungere tale velocità e quanta strada percorre in quel intervallo di tempo.



$a = (v - v_0) / \Delta t$

$t = v / a$

tempo impiegato per raggiungere $v = 18\ ms^{-1}$

$$t = \frac{18\ ms^{-1}}{2\ ms^{-2}} = 9\ s$$

moto con accelerazione costante (uniformemente accelerato)

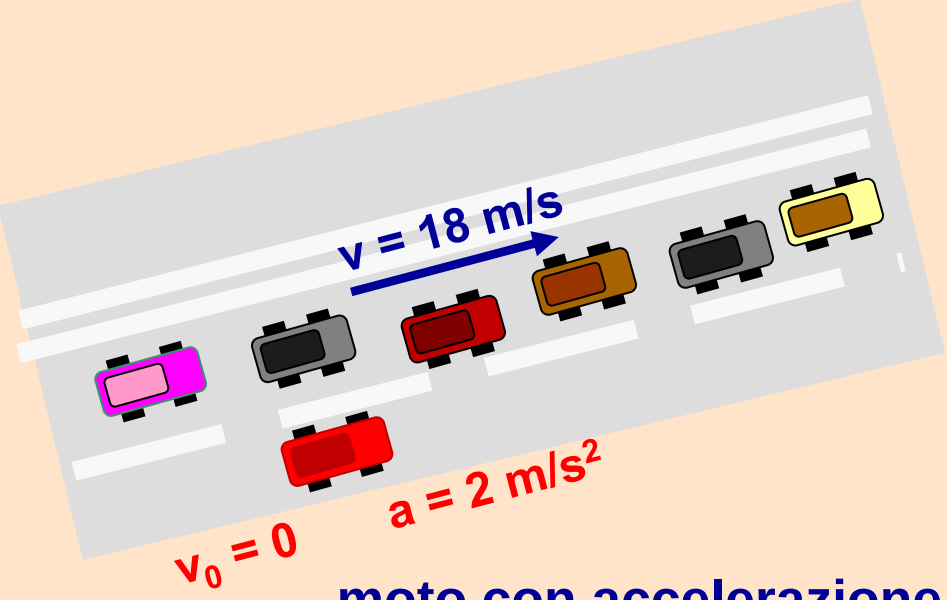
$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

$x = \frac{1}{2} a\ \Delta t^2$

$x = \frac{1}{2}\ (2\ ms^{-2})\ (9\ s)^2 = 81\ m$

Un' automobile, inizialmente ferma, accelera con un'accelerazione costante di 2 ms^{-2} su una strada rettilinea dove il traffico si muove ad una velocità costante di 18 ms^{-1}.

Calcolare quanto tempo l'automobile impiega a raggiungere tale velocità e quanta strada percorre in quel intervallo di tempo.



$$a = (v - v_0) / \Delta t$$

$$t = v / a$$

tempo impiegato per raggiungere v = 18 ms^{-1}

$$t = \frac{18\ ms^{-1}}{2\ ms^{-2}} = 9\ s$$

moto con accelerazione costante (uniformemente accelerato)

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

$$x = \tfrac{1}{2}\, a\, \Delta t^2 \qquad x = \tfrac{1}{2}\ (2\ ms^{-2})\ (9\ s)^2 = 81\ m$$

Un’automobile passa dalla velocità di 50 km/h alla velocità di 20 km/h con una frenata uniforme che dura un minuto. Calcolare l’accelerazione e lo spazio percorso.

Un’automobile passa dalla velocità di 50 km/h alla velocità di 20 km/h con una frenata uniforme che dura un minuto. Calcolare l’accelerazione e lo spazio percorso.

$$v_1 = 50 \text{ km/h} = \frac{50 \times 10^3 \text{ m}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 13.9 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_2 = 20 \text{ km/h} = 5.6 \text{ ms}^{-1}$$

Un’automobile passa dalla velocità di 50 km/h alla velocità di 20 km/h con una frenata uniforme che dura un minuto. Calcolare l’accelerazione e lo spazio percorso.

$$v_1 = 50 \text{ km/h} = \frac{50 \times 10^3 \text{ m}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 13.9 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_2 = 20 \text{ km/h} = 5.6 \text{ ms}^{-1}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$$

Un’automobile passa dalla velocità di 50 km/h alla velocità di 20 km/h con una frenata uniforme che dura un minuto. Calcolare l’accelerazione e lo spazio percorso.

$$v_1 = 50 \text{ km/h} = \frac{50 \times 10^3 \text{ m}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 13.9 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_1 = 20 \text{ km/h} = 5.6 \text{ ms}^{-1}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \qquad a = \frac{5.6 \text{ ms}^{-1} - 13.9 \text{ ms}^{-1}}{60 \text{ s}} = -0.14 \text{ m s}^{-2}$$

accelerazione negativa → decelerazione

Un'automobile passa dalla velocità di 50 km/h alla velocità di 20 km/h con una frenata uniforme che dura un minuto. Calcolare l'accelerazione e lo spazio percorso.

$$v_1 = 50 \text{ km/h} = \frac{50 \times 10^3 \text{ m}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 13.9 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_2 = 20 \text{ km/h} = 5.6 \text{ ms}^{-1}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \qquad a = \frac{5.6 \text{ ms}^{-1} - 13.9 \text{ ms}^{-1}}{60 \text{ s}} = -0.14 \text{ m s}^{-2}$$

accelerazione negativa→ decelerazione

→ **lo spazio percorso ???**

Moto uniformemente accelerato
o meglio in questo caso decelerato

Un'automobile passa dalla velocità di 50 km/h alla velocità di 20 km/h con una frenata uniforme che dura un minuto. Calcolare l'accelerazione e lo spazio percorso.

$$v_1 = 50 \text{ km/h} = \frac{50 \times 10^3 \text{ m}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 13.9 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_2 = 20 \text{ km/h} = 5.6 \text{ ms}^{-1}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \qquad a = \frac{5.6 \text{ ms}^{-1} - 13.9 \text{ ms}^{-1}}{60 \text{ s}} = -0.14 \text{ m s}^{-2}$$

accelerazione negativa → decelerazione

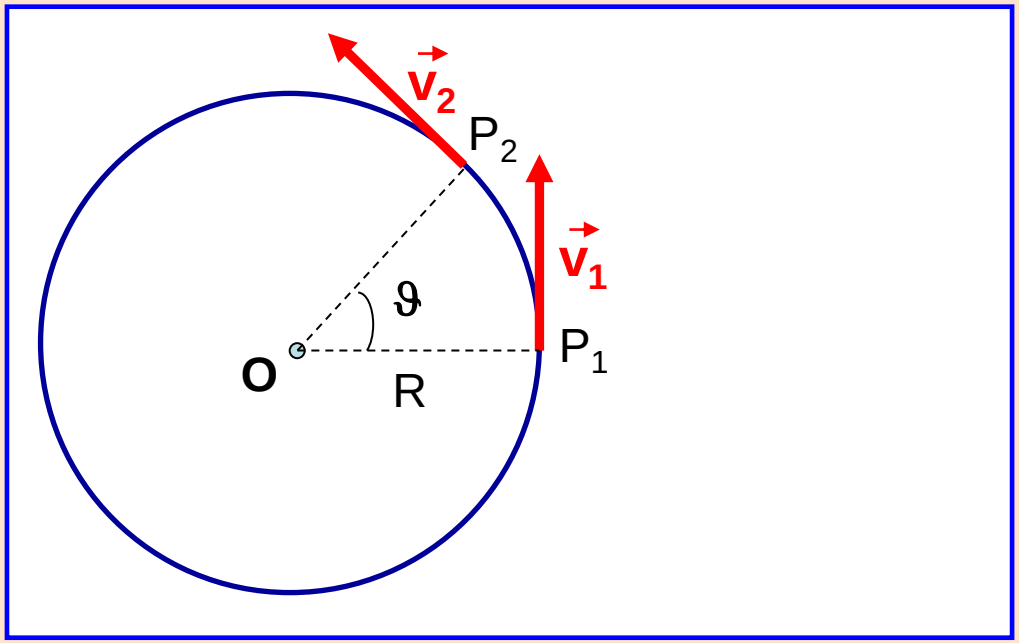
Moto uniformemente accellerato $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

$$x = \frac{1}{2} a \, \Delta t^2 + v_1 \Delta t$$

$$x = \frac{1}{2} (-0.14 \text{ ms}^{-2}) \cdot (60 \text{ s})^2 + (13.9 \text{ ms}^{-1}) \cdot (60 \text{ s}) = 582 \text{ m}$$

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;

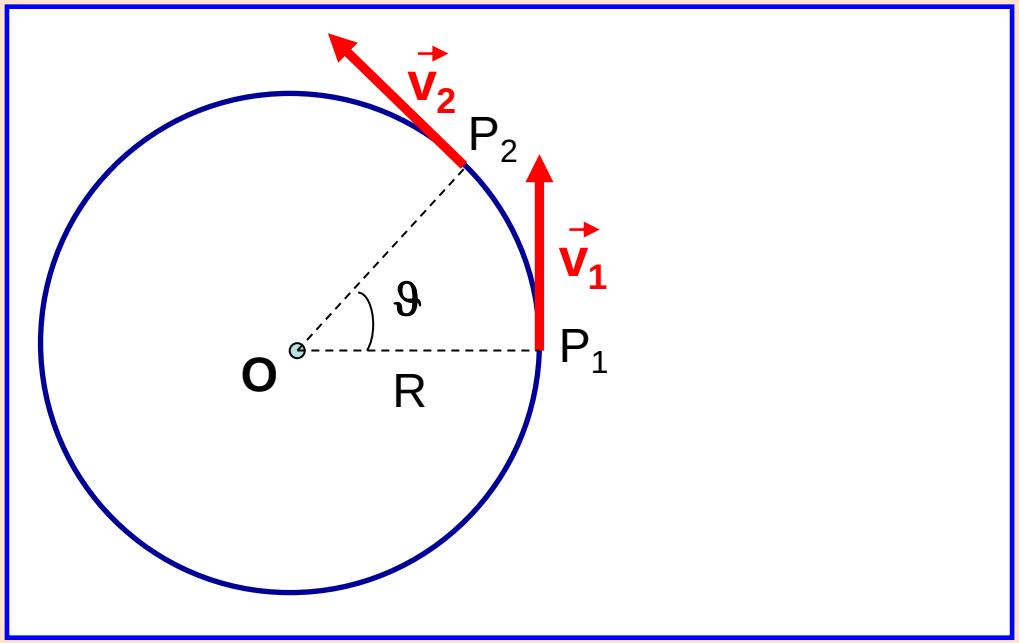


Moto circolare uniforme

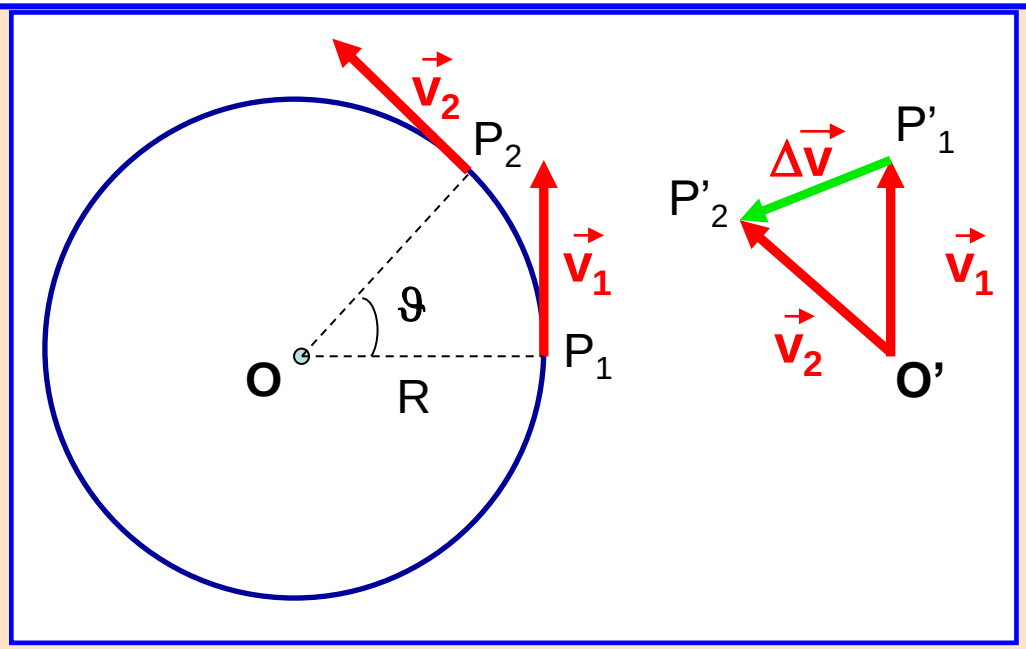
- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta

perché la velocità è cost in modulo

perpendicolare al percorso



Moto circolare uniforme



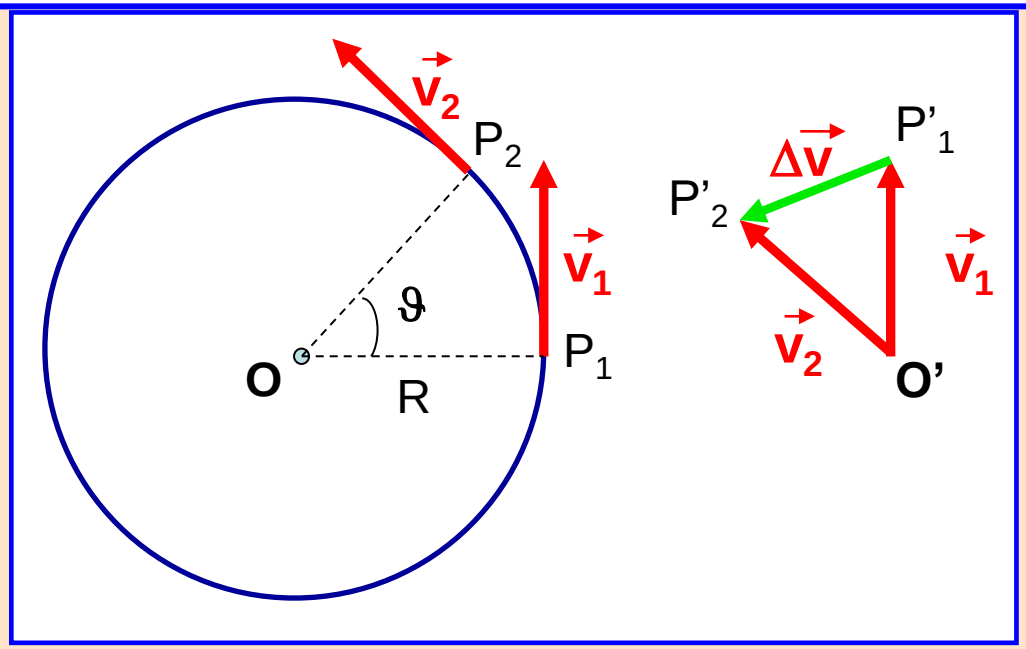
componente normale della accelerazione come Δv

i triangoli $P'_1P'_2\,O'$ $P_1P_2\,O$ sono simili

Per Δt piccolo

$$P'_1P'_2 : P_1P_2 = O'P'_1 : OP_1$$

Moto circolare uniforme



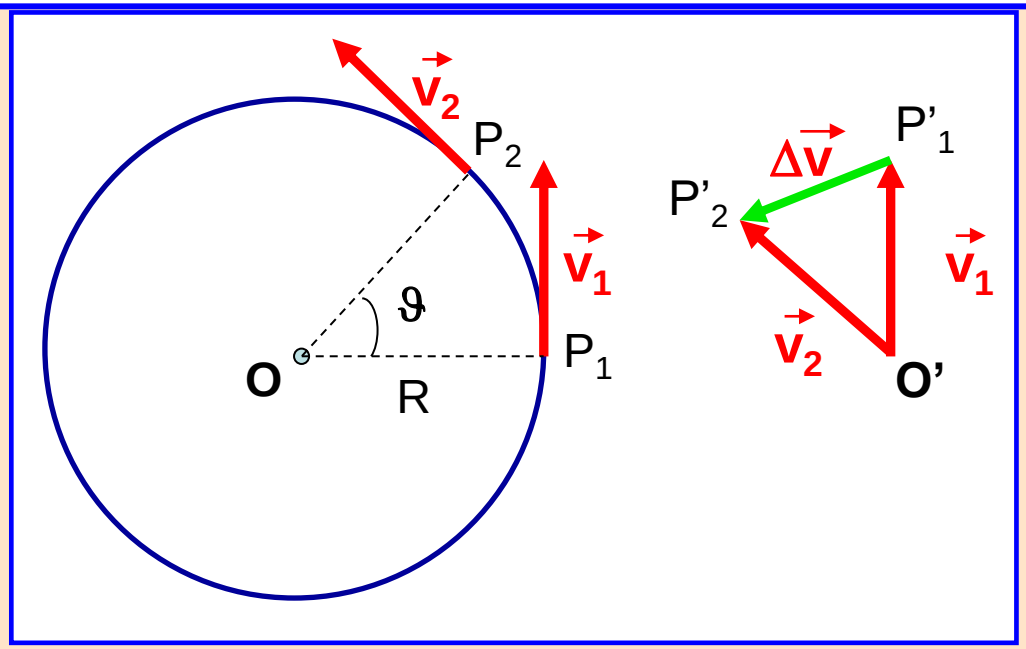
i triangoli $P'_1P'_2\,O'$ $P_1P_2\,O$ sono simili

Per Δt piccolo

$$P'_1P'_2 : P_1P_2 = O'P'_1 : OP_1$$

$$\Delta v : \Delta x = v : R \qquad v\,\Delta x = R\,\Delta v$$

Moto circolare uniforme



I triangoli $P'_1P'_2\,O'$ $P_1P_2\,O$ sono simili

Per Δt piccolo

$$P'_1P'_2 : P_1P_2 = O'P'_1 : OP_1$$

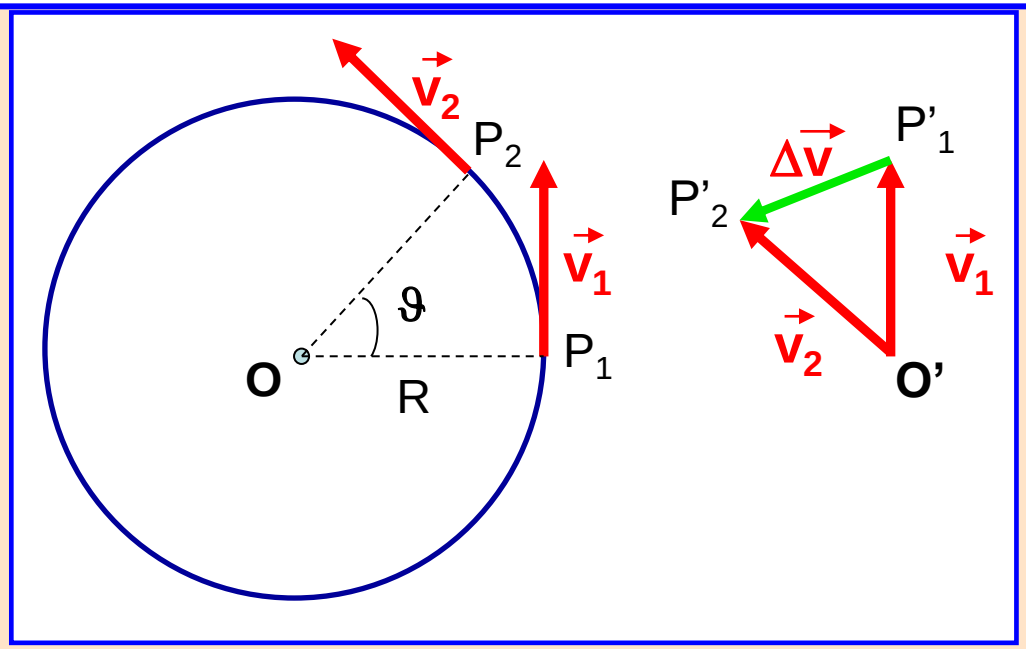
$$\Delta v : \Delta x = v : R \qquad v\,\Delta x = R\,\Delta v$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = v\,\Delta t$$

$$v\,\Delta x = v^2 \Delta t$$

Moto circolare uniforme



I triangoli $P'_1P'_2\,O'$ $P_1P_2\,O$ sono simili

Per Δt piccolo

$$P'_1P'_2 : P_1P_2 = O'P'_1 : OP_1$$

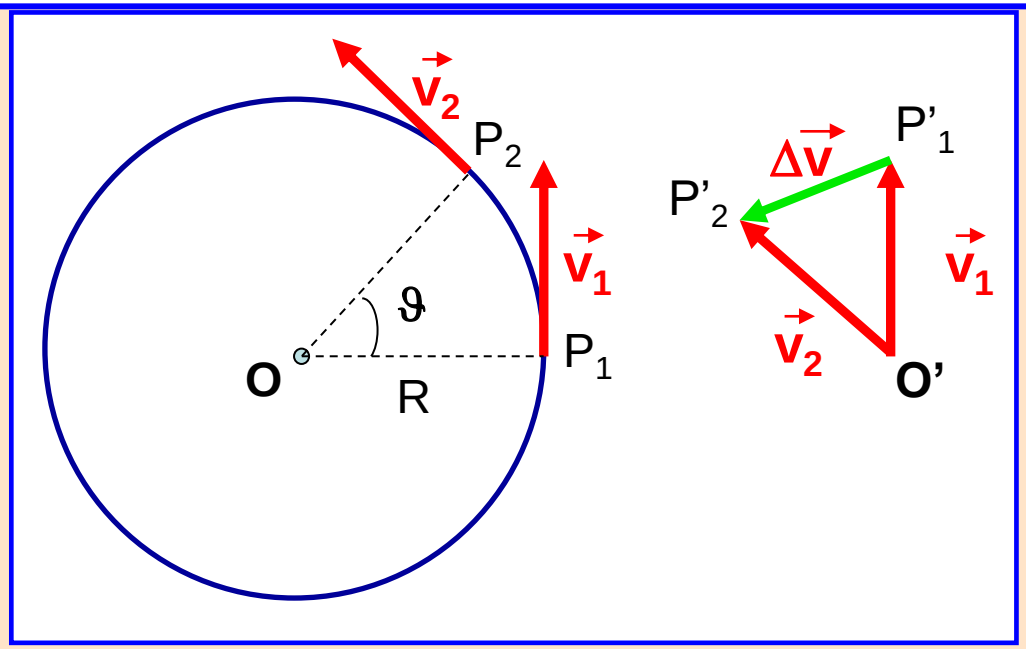
$$\Delta v : \Delta x = v : R \qquad v\,\Delta x = R\,\Delta v \qquad v^2\Delta t = R\Delta v$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

$$\Delta x = v\,\Delta t$$

$$v\,\Delta x = v^2\Delta t$$

Moto circolare uniforme



I triangoli $P'_1P'_2\,O'$ $P_1P_2\,O$ sono simili

Per Δt piccolo

$$P'_1P'_2 : P_1P_2 = O'P'_1 : OP_1$$

$$\Delta v : \Delta x = v : R \qquad v\,\Delta x = R\,\Delta v \qquad v^2\Delta t = R\Delta v$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

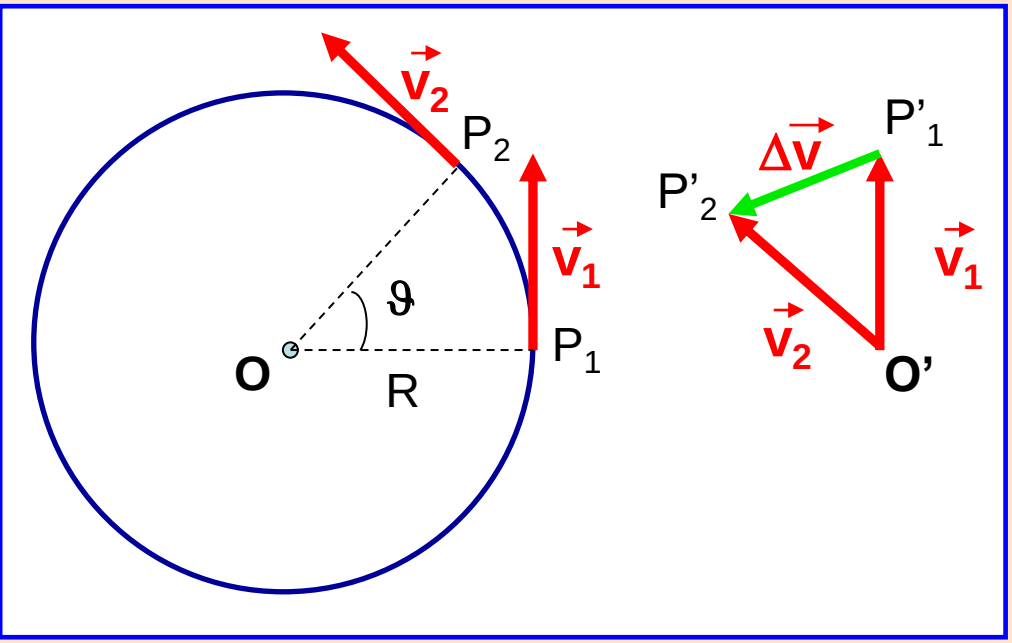
$$\Delta x = v\,\Delta t$$

$$v\,\Delta x = v^2\Delta t$$

$$a = \Delta v/\Delta t \rightarrow \boxed{a = v^2 / R}$$

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.



v = velocità periferica

ω = velocità angolare

T = periodo, tempo impiegato per percorrere una intera circonferenza

f = frequenza, numero di giri completi fatti in un secondo

Per Δt piccolo $a = v^2 / R$

Moto circolare uniforme

v = velocità periferica

ω = velocità angolare

T = periodo, tempo impiegato per percorrere una intera circonferenza

f = frequenza, numero di giri completi fatti in un secondo

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

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

$$f = 1 / T$$

$$v = \omega R$$

$$a = v^2 / R = \omega^2 R$$

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.



velocità angolare → angolo nel tempo

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.



velocità angolare → angolo nel tempo

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

velocità periferica → velocità angolare per raggio circonferenza

$$v = \omega R$$

Moto circolare uniforme

- **La traiettoria è una circonferenza;**
- **$\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;**
- **$\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;**
- **$\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.**



velocità angolare → angolo nel tempo

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

velocità periferica → velocità angolare per raggio circonferenza

$$v = \omega R$$

velocità periferica → percorso intera circonferenza /tempo necessario

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

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.



velocità angolare → angolo nel tempo

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

velocità periferica → velocità angolare per raggio circonferenza

$$v = \omega R$$

velocità periferica → percorso intera circonferenza /tempo necessario

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

Per un orologio di dimensioni diverse ??

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.





velocità angolare ??

velocità periferica ??

velocità angolare → angolo nel tempo

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

velocità periferica → velocità angolare per raggio circonferenza

$$v = \omega R$$

velocità periferica → percorso intera circonferenza /tempo necessario

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

Moto circolare uniforme

- La traiettoria è una circonferenza;
- $\vec{v}$ è cost in modulo, ovvero è cost la velocità periferica v e la velocità angolare ω;
- $\vec{v}$ è tangente (direzione) alla circonferenza;
- $\vec{a}$ ha un componente tangenziale nulla ed un componente normale centripeta.





velocità angolare ??

velocità periferica ??

velocità angolare → angolo nel tempo

$$\omega = d\vartheta / dt = 2\pi / T$$

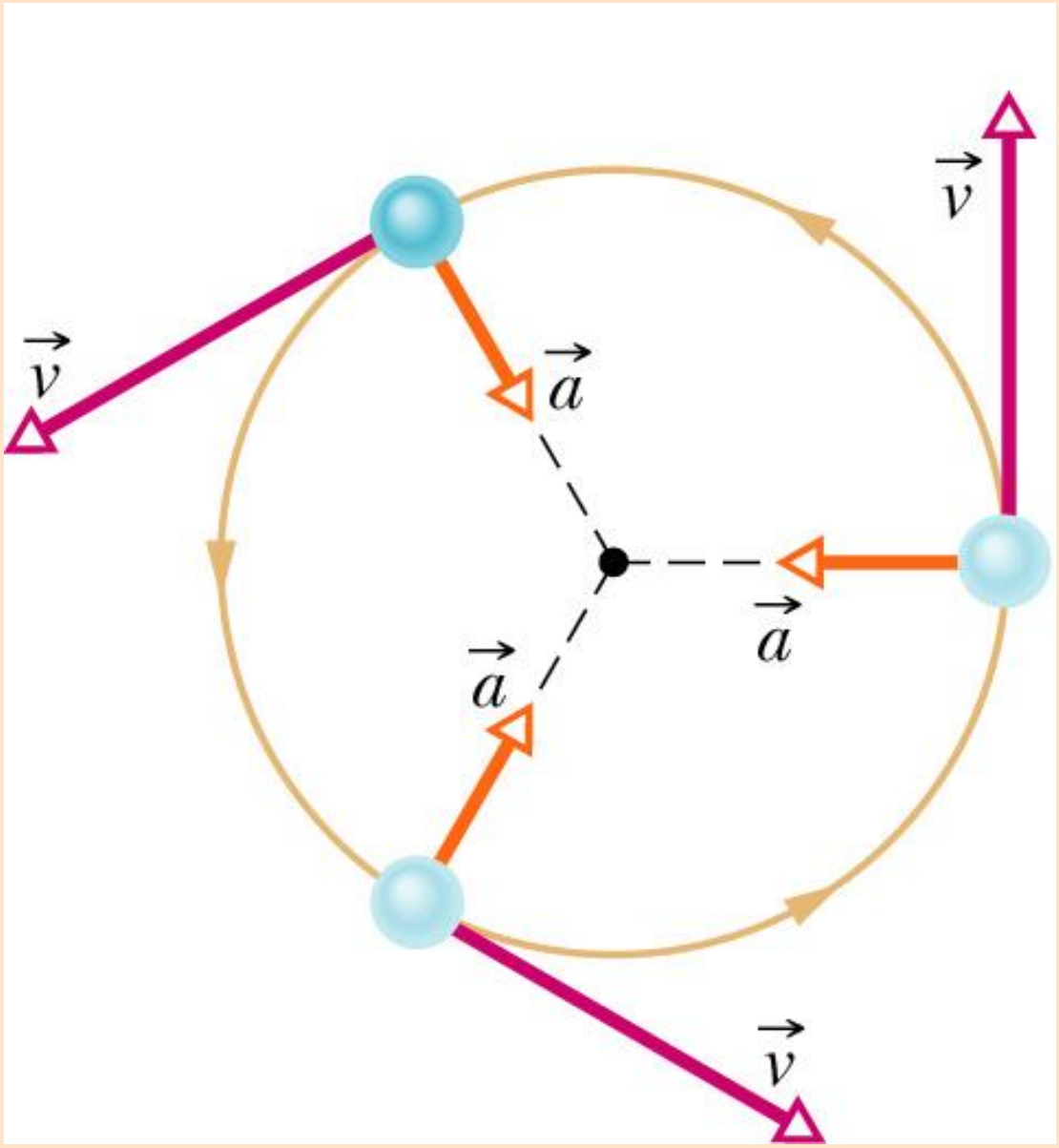
velocità periferica → velocità angolare per raggio circonferenza

$$v = \omega R$$

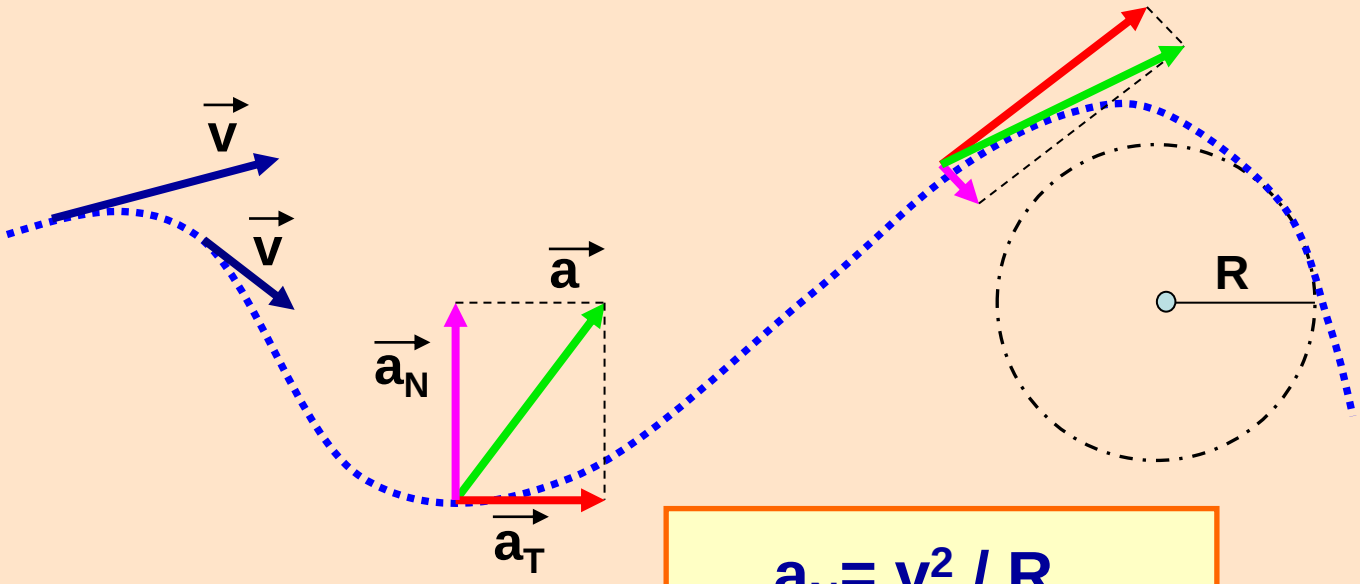
velocità periferica → percorso intera circonferenza /tempo necessario

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

- **stessa velocità angolare**
- **diversa velocità periferica**


$\vec{v}$
$\vec{v}$
$\vec{a}$
$\vec{a}$
$\vec{a}$
$\vec{v}$

Moto curvilineo in due dimensioni, non uniforme



$a_N = v^2 / R$

$a_T = dv / dt$

- $\vec{v}$ cambia in direzione e modulo;
- $\vec{a}$ ha un componente radiale $\vec{a}_N$ (dovuta alla variazione di direzione della velocità legata alla curvatura della traiettoria) e un componente tangenziale $\vec{a}_T$ (dovuta alla variazione in modulo della velocità)