



Fisica

Medicina Veterinaria — Semestre Aperto
2026

Prof. Francesco de Pasquale

Lezioni 2,3

Outline

Lezione 3

- Esempi ed esercizi su vettori e operazioni vettoriali di base
- Cinematica del punto materiale

Lezione 4

- Definizione spostamento nel tempo. Concetto di traiettoria e legge oraria
- Velocità media e velocità istantanea, accelerazione media e accelerazione istantanea.

Riprendiamo i vettori..

In fisica, un vettore è una grandezza che, oltre a un valore numerico, possiede una direzione e un verso specifici nello spazio, a differenza delle grandezze scalari.

Grandezze Scalari

- Definite solo da **modulo** (intensità).
- Esempi: Massa, Temperatura, Tempo, Volume.

Grandezze Vettoriali

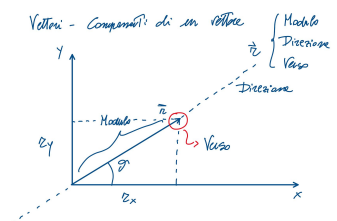
- Definite da **modulo, direzione e verso**.
- Esempi: Forza, Velocità, Spostamento.

Le tre caratteristiche di un vettore:

- **Modulo (o Intensità):** Il valore numerico della grandezza (es. 10 Newton).
- **Direzione:** La retta lungo la quale agisce il vettore (es. orizzontale, verticale).
- **Verso:** L'orientamento lungo la direzione (es. destra, sinistra, Nord, Sud).

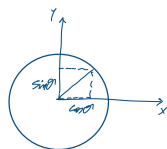
Notazione: $\vec{r}$ oppure in grassetto $\mathbf{r}$ ed il modulo si indica con $|\mathbf{r}|$.





$$\text{Modulo} = r = |\vec{r}|$$

$$\begin{cases} r_x = r \cos \theta \\ r_y = r \sin \theta \end{cases}$$

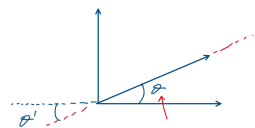


- Se voglio ottenere $|\vec{r}|$ dalle componenti:

$$\vec{r}: (r_x; r_y)$$

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2}$$

Direzione e Verso



$$\begin{cases} r_y = r \sin \theta \\ r_x = r \cos \theta \end{cases}$$

$$\frac{r \sin \theta}{r \cos \theta} = \frac{r_y}{r_x}$$



$$\arctan \left(\frac{r_y}{r_x} \right) = \theta$$

$$\theta = \arctan \frac{r_y}{r_x}$$

Appunti:

Somma e differenza vettoriale

Esempi

Somma e Differenza Vettoriale

$$\vec{r}_{TOT} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 + \dots + \vec{r}_n = \sum_{i=1}^n \vec{r}_i$$

$$\vec{r}_{TOT} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2$$

$$e \quad \begin{cases} \vec{r}_1 = (r_{1x}; r_{1y}) \\ \vec{r}_2 = (r_{2x}; r_{2y}) \end{cases}$$

$$TOT \quad \begin{cases} r_{TOT,x} = r_{1x} + r_{2x} \\ r_{TOT,y} = r_{1y} + r_{2y} \end{cases}$$

$$r_{TOT} = |\vec{r}_{TOT}| = \sqrt{r_{TOT,x}^2 + r_{TOT,y}^2}$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{r_{TOT,y}}{r_{TOT,x}}\right)$$

$$\vec{r}_{TOT} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2 = \vec{r}_1 + \underbrace{(-\vec{r}_2)}$$

$$\vec{r}_{TOT} \quad \begin{cases} r_{TOT,x} = r_{1x} - r_{2x} \\ r_{TOT,y} = r_{1y} - r_{2y} \end{cases}$$

Valori di Seno e Coseno per Angoli Noti

Angolo (Gradi)	Seno (sin)	Coseno (cos)
0°	0	1
30°	0.5 $\frac{1}{2}$	0.866 $\frac{\sqrt{3}}{2}$
45°	0.707 $\frac{\sqrt{2}}{2}$	0.707 $\frac{\sqrt{2}}{2}$
60°	0.866 $\frac{\sqrt{3}}{2}$	0.5 $\frac{1}{2}$
90°	1	0
180°	0	-1

Operazioni sui Vettori: Somma e Differenza

I vettori, pur avendo direzione e verso, possono essere combinati attraverso operazioni fondamentali come la somma e la differenza, essenziali per descrivere fenomeni fisici complessi.

Somma Vettoriale

Per sommare due vettori, si usano principalmente due metodi grafici:

- **Regola del parallelogramma:** I vettori partono dallo stesso punto e la diagonale è la somma.
- **Regola punta-coda:** Il vettore successivo parte dalla "punta" del precedente.

La somma vettoriale gode delle proprietà commutativa e associativa.

Differenza Vettoriale

La differenza tra due vettori ($\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1$) è equivalente alla somma del primo vettore con l'opposto del secondo: $\mathbf{v}_2 + (-\mathbf{v}_1)$.

- **Vettore opposto:** Ha lo stesso modulo e direzione, ma verso opposto.

Graficamente, si trasforma la sottrazione in una somma, rendendo il calcolo intuitivo.



La Formica del Deserto

Esercitazione sulla Scomposizione dei Vettori

La formica del deserto (*Cataglyphis bicolor*) è famosa per la sua capacità di navigare in linea retta verso il nido dopo percorsi tortuosi.

Questo fenomeno — detto **dead reckoning** — è un perfetto esempio fisico di **somma e scomposizione di vettori**.

La formica integra continuamente direzione e distanza percorsa, calcolando il vettore spostamento risultante.



 YouTube

Can These Ants Survive the Scorching Desert Heat? | Narrated by David Attenbor...

In the Sahara desert, these silver ants can tolerate temperatures that would kill any other land animal. However, they can still only survive the desert heat for less than ten minutes!...



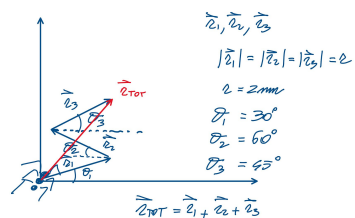
 04:17

Esercizio formica del deserto;

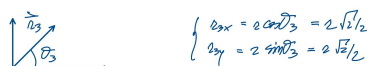
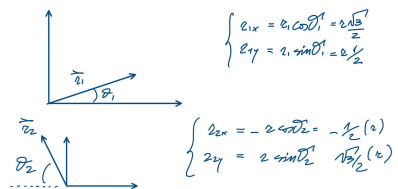
Una formica del deserto compie tre passi, rappresentati dai vettori $\vec{r}_1$, $\vec{r}_2$ ed $\vec{r}_3$. Ogni vettore ha modulo pari a 2mm. Calcolare la distanza percorsa all'andata e quanto risparmia nel viaggio di ritorno.

Soluzione esercizio Formica del deserto

- Esercizio desert ant: -



Calcolare $|\vec{e}_{TOT}|$ e la sua direzione



$$\begin{cases} e_{TOTx} = l \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \sqrt{3} - 1 + \sqrt{2} \\ e_{TOTy} = l \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = 1 + \sqrt{3} + \sqrt{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} e_{TOTx} = 2,14 \text{ mm} \\ e_{TOTy} = 4,15 \text{ mm} \end{cases}$$

$$e_{TOT} = \sqrt{e_{TOTx}^2 + e_{TOTy}^2} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Quanto ha propagato la formica?

$$6 \cdot 10^{-3} \text{ m} \quad \text{vs} \quad 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

ha propagato $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ rispetto all'andare

(45%)

Moltiplicazione per uno Scalare e Vettori Unitari

Approfondiamo come i vettori interagiscono con le grandezze scalari e introduciamo i versori, elementi fondamentali per la rappresentazione e i calcoli vettoriali.



Moltiplicazione Scalare

Modifica solo il **modulo** del vettore. Il **verso** rimane uguale se lo scalare è positivo, si inverte se negativo.



Vettore Unitario (Versore)

Vettore di modulo unitario ($|\hat{u}| = 1$) che indica la **direzione** e il **verso** di un altro vettore ($\hat{u} = \vec{v}/|\vec{v}|$).



Versori Cartesiani

I versori $\hat{i}$, $\hat{j}$ e $\hat{k}$ definiscono gli assi **x**, **y** e **z** di un sistema di coordinate.



Forma Componente

Un vettore può essere espresso come somma dei suoi componenti lungo gli assi: $\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j}$.



Utilità Pratica

La forma componente semplifica notevolmente i calcoli e le analisi vettoriali in problemi complessi.

La cinematica del punto materiale

 **Definizione formale:** la cinematica è il ramo della meccanica classica che studia il moto dei corpi senza considerare le cause che lo producono

Punto materiale

Un **punto materiale** è un corpo la cui dimensione fisica è trascurabile rispetto alle scale del problema. È un'idealizzazione che permette di descrivere il moto con un solo punto nello spazio.

Ipotesi di validità della cinematica classica

Velocità molto minori di c

$v \ll c$, con $c \approx 3 \times 10^8$ m/s.

Se la velocità è confrontabile con c , bisogna usare la **relatività speciale** di Einstein.

Distanze molto maggiori delle scale subatomiche

$d \gg 10^{-10}$ m.

A scale atomiche e subatomiche la meccanica classica non è valida e bisogna usare la **meccanica quantistica**.

Cosa studia

- La descrizione del moto nel tempo
- La posizione di un corpo in un sistema di riferimento
- Lo spostamento compiuto durante il movimento
- La velocità e l'accelerazione

Cosa non studia

- Le cause del moto
- Le forze che agiscono sul corpo
- Le interazioni responsabili del movimento



Applicazioni della Cinematica in Medicina Veterinaria

La cinematica, lo studio del movimento, trova svariate applicazioni pratiche e cruciali nel campo della medicina veterinaria, migliorando diagnosi, trattamenti e prevenzione degli infortuni.



Biomeccanica Locomotoria

Analisi dettagliata del passo e del galoppo per identificare zoppie, valutare l'efficienza del movimento e progettare piani di riabilitazione.



Balistica Forense

Calcolo della traiettoria di proiettili e frammenti in casi di infortuni o crimini, essenziale per ricostruire gli eventi e determinare la causa del danno.



Analisi del Salto

Studio della meccanica del salto negli equini da ostacoli, ottimizzando l'allenamento e prevenendo stress e lesioni articolari.



Studi su Cadute e Infortuni

Valutazione delle forze in gioco durante cadute o impatti per comprendere i meccanismi degli infortuni e sviluppare strategie protettive.



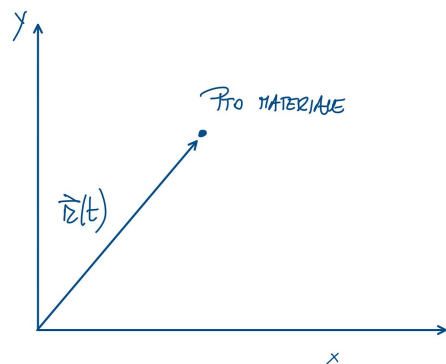
Cinematica del Volo

Analisi del movimento delle ali e del corpo negli uccelli rapaci per la riabilitazione dopo infortuni o per studi comportamentali e conservazionistici.

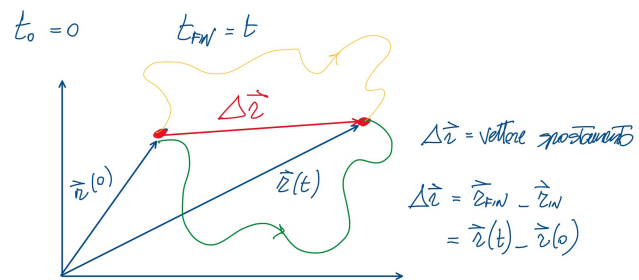
Queste applicazioni sottolineano come una solida comprensione dei principi fisici sia indispensabile per il veterinario moderno, trasformando la teoria in strumenti diagnostici e terapeutici all'avanguardia.

CINEMATICA

Posizione e Spostamento



$\vec{r}(t)$ = vettore
posizione



Lo spostamento $\Delta \vec{r}$ dipende solo dalla posizione iniziale e finale e NON DAL PERCORSO SEGUITO!!!

$$[\vec{r}(t)] = m$$

$$[\Delta \vec{r}] = m$$

$$t_0 = 0 \quad t_{FN} = t \quad \Delta t = t_{FN} - t_I = t$$

$$\vec{r}(0) = \vec{r}_0 \quad \vec{r}(t_{FN}) = \vec{r}(t)$$

Vettore Posizione

Il vettore posizione $\vec{r}(t)$ indica la posizione di un punto materiale rispetto all'origine del sistema di riferimento in un dato istante t .

In 2D

$$\vec{r} = x \hat{i} + y \hat{j}$$

Le componenti cartesiane sono x e y .

Il modulo è $|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2}$.

In 3D

$$\vec{r} = x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}$$

Le componenti cartesiane sono x , y e z .

Il modulo è $|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

Componenti nel tempo

Le componenti $x(t)$, $y(t)$ e $z(t)$ sono funzioni scalari del tempo.

Direzione

L'angolo θ rispetto all'asse x è dato da $\theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right)$.

Posizione e traiettoria

Il vettore posizione cambia nel tempo: per questo descrive la traiettoria del punto materiale.

Posizione

È assoluta e dipende dall'origine scelta del sistema di riferimento.

Spostamento

È relativo e non dipende dall'origine: misura la variazione tra due posizioni.

Vettore Spostamento

Definizione: il vettore spostamento $\Delta\vec{r}$ è la differenza tra il vettore posizione finale e quello iniziale:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)$$

In componenti:

- $\Delta x = x_2 - x_1$
- $\Delta y = y_2 - y_1$
- $\Delta\vec{r} = \Delta x \hat{i} + \Delta y \hat{j}$

❗ Proprietà fondamentale — indipendenza dalla traiettoria:

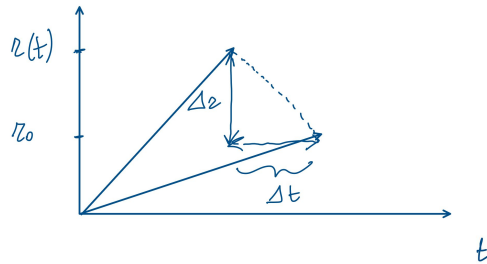
Lo spostamento dipende SOLO dal punto iniziale A e dal punto finale B, NON dal percorso seguito. Due oggetti che partono da A e arrivano a B hanno lo stesso vettore spostamento, anche se hanno percorso traiettorie completamente diverse.

Definizione di velocità media e istantanea

Velocità media

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t) - \vec{r}_0}{t}$$

$$[\vec{v}_m] = \left[\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \right] = m/s$$



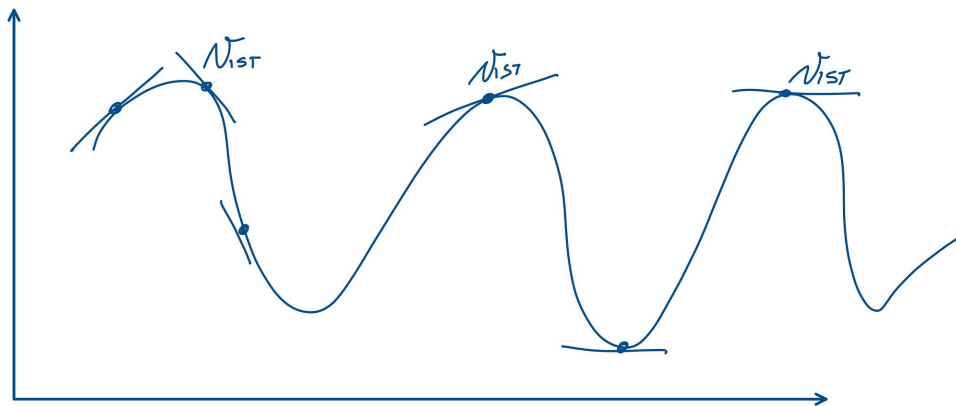
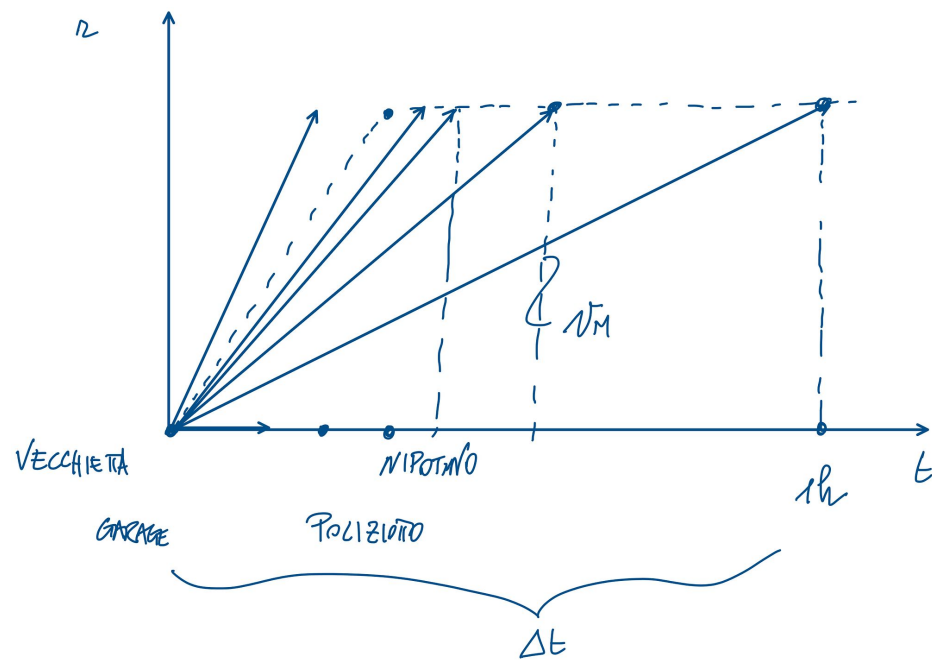
$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Rightarrow \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$$\boxed{\vec{v}_{ist.} = \frac{d\vec{r}}{dt}}$$

$$[\vec{v}_{ist.}] = m/s$$

Ma quale e' il problema della v. media? (R. Feynman)





Riepilogo: definizione di Velocità

Velocità Media

Definizione:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)}{t_2 - t_1}$$

- È un vettore parallelo allo spostamento
- Dipende dall'intervallo di tempo considerato, non dal percorso
- **Unità di misura SI:** m/s (metri al secondo)

Significato geometrico: pendenza della curva sul grafico

Velocità Istantanea

Definizione:

$$\vec{v}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

- È il limite della velocità media quando l'intervallo di tempo tende a zero
- Rappresenta la velocità in un preciso istante
- **Unità di misura SI:** m/s (stessa della velocità media)

Appunti

Definizione di accelerazione

Accelerazione



$$\boxed{\vec{a}_{\text{MEDIA}} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_{\text{FIN}} - \vec{v}_{\text{IN}}}{t} = \frac{\vec{v}(t) - \vec{v}_0}{t}}$$

$$\boxed{\vec{a}_{\text{IST.}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_{\text{MEDIA}} = \frac{d\vec{v}}{dt}}$$

$$[\vec{a}] = \frac{m}{s} \frac{1}{s} = \frac{m}{s^2}$$

Riepilogo accelerazione: Media e Istantanea

Accelerazione Media

Definizione: $\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)}{t_2 - t_1}$

- È un vettore nella direzione della variazione di velocità $\Delta \vec{v}$
- Unità di misura SI: **m/s²** (metri al secondo quadrato)

Accelerazione Istantanea

Definizione: $\vec{a}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ (derivata del vettore velocità rispetto al tempo)

- In componenti: $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$, $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$
- Unità di misura: **m/s²**

❏ L'accelerazione può essere non nulla anche se il modulo della velocità è costante. Per esempio, nel moto circolare la direzione cambia e quindi c'è accelerazione centripeta.

01

Auto

Da 0 a 100 km/h (≈ 27.8 m/s) in 8 s $\rightarrow \mathbf{a \approx 3.5 \text{ m/s}^2}$

02

Ghepardo

Da 0 a 30 m/s in 3 s $\rightarrow \mathbf{a = 10 \text{ m/s}^2}$

03

Caduta libera

$\mathbf{a = g = 9.81 \text{ m/s}^2}$ verso il basso (costante)

04

Frenata di emergenza

$\mathbf{a \approx -8 \text{ m/s}^2}$ (decelerazione)

Sistemi di Riferimento in Cinematica

Per descrivere il moto di un oggetto, è fondamentale stabilire un **Sistema di Riferimento (SR)**, composto da:

- Un'origine nello spazio
- Assi di coordinate (es. x , y , z)
- Un orologio per misurare il tempo

La scelta del SR è cruciale, poiché il moto è **relativo**: la stessa traiettoria può apparire diversa a seconda del punto di osservazione. Per esempio, una persona che cammina su un treno in movimento.

SR Inerziali

Sistemi fermi o in moto rettilineo uniforme. Qui valgono le leggi della dinamica di Newton.

SR Non Inerziali

Sistemi accelerati, dove servono "forze apparenti" per applicare le leggi di Newton.

Il **Principio di Relatività Galileiana** stabilisce che le leggi del moto sono identiche in tutti i sistemi di riferimento inerziali.



Domande di Autovalutazione

1. Qual è la differenza tra una grandezza scalare e una grandezza vettoriale? Fai un esempio di ciascuna.
2. Come si esegue la somma di due vettori graficamente? E in componenti?
3. Cos'è un versore? A cosa serve nella rappresentazione vettoriale?
4. Definisci il vettore posizione $\mathbf{r}(t)$ e il vettore spostamento $\Delta\mathbf{r}$. Qual è la differenza tra i due?
5. Cos'è la velocità media? In quale direzione è orientata rispetto allo spostamento?
6. Qual è la differenza tra velocità media e velocità istantanea?
7. Definisci l'accelerazione media e l'accelerazione istantanea. Quando le due coincidono?
8. Una formica compie tre spostamenti di 2 mm ciascuno. La distanza percorsa è sempre uguale al modulo dello spostamento totale? Perché?

Riepilogo — Lezioni 3 & 4

Vettori: Operazioni di Base

- Somma: regola del parallelogramma e regola punta-coda
- Differenza: somma con il vettore opposto
- Moltiplicazione scalare: modifica solo il modulo

Versori e Componenti

- Versore: vettore unitario $\hat{u} = \mathbf{v}/|\mathbf{v}|$
- Versori cartesiani: $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ (assi x, y, z)
- Forma componente: $\mathbf{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j}$

Cinematica: Posizione e Spostamento

- Vettore posizione: $\mathbf{r}(t)$ rispetto all'origine
- Vettore spostamento: $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1)$
- Distanza percorsa $\neq$ modulo dello spostamento

Velocità

- Media: $\mathbf{v}_m = \Delta \mathbf{r} / \Delta t$ (parallela allo spostamento)
- Istantanea: $\mathbf{v}(t) = d\mathbf{r}/dt$ (limite per $\Delta t \rightarrow 0$)
- Unità SI: m/s

Accelerazione

- Media: $\mathbf{a}_m = \Delta \mathbf{v} / \Delta t$
- Istantanea: $\mathbf{a}(t) = d\mathbf{v}/dt = d^2\mathbf{r}/dt^2$
- Unità SI: m/s² — può essere $\neq 0$ anche con $|\mathbf{v}|$ costante (es. moto circolare)