

UNIVERSITÁ DEGLI STUDI DI TERAMO

Fisica

Tutela e Benessere Animale 2026

Prof. Francesco de Pasquale

15/10/2026 - Lezione 2

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 $c \approx 3 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$.

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

Distanze molto maggiori delle scale subatomiche

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

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

Cosa studia

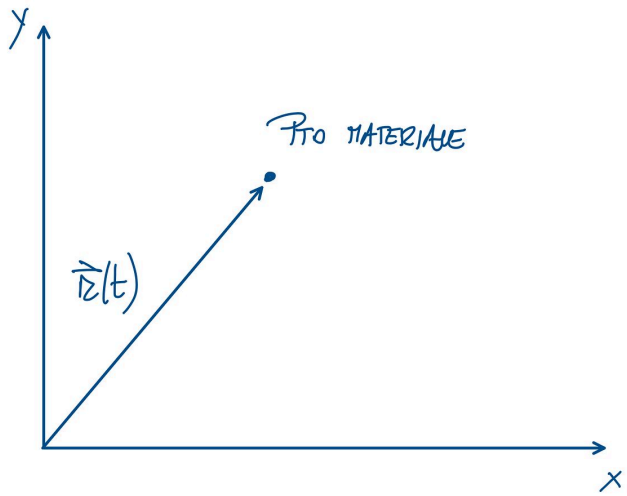
- La descrizione del moto nel tempo
- La posizione di un corpo in un sistema di riferimento
- Lo spostamento compiuto durante il movimento
- La velocità e l'accelerazione

Cosa non studia

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

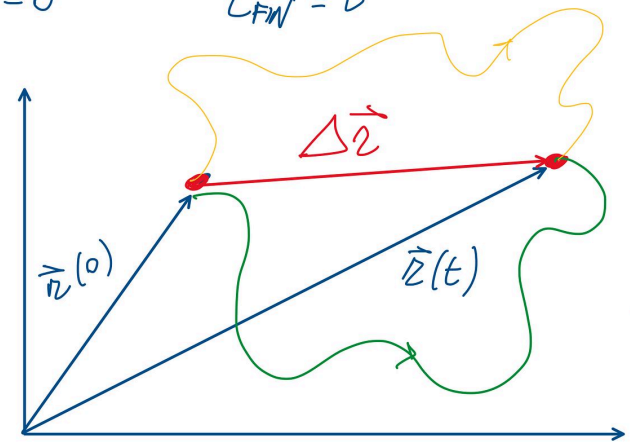
CINEMATICA

Posizione e Spostamento



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

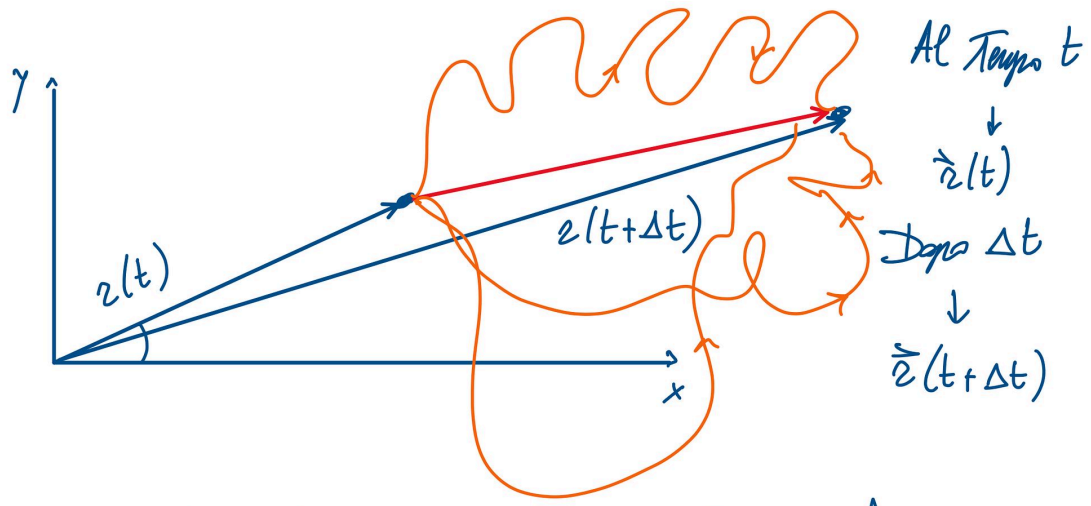
$t_0 = 0$ $\quad t_{FIN} = t$



$\Delta\vec{r}$ = vettore spostamento

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_{FIN} - \vec{r}_{IN}$$
$$= \vec{r}(t) - \vec{r}(0)$$

Lo spostamento $\Delta\vec{r}$ dipende solo dalla posizione iniziale



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

Dipende da Stato finale e iniziale

NON DAL PERCORSO/TRAIETTORIA

- VELOCITÀ MEDIA -

$$\begin{cases} t_{INIZIALE} = t_0 = 0 \\ t_{FINALE} = t \end{cases}$$

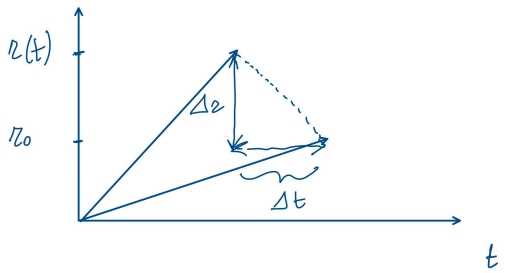
$$\begin{cases} \vec{r}_{INIZ.} = \vec{r}_0 \\ \vec{r}_{FIN.} = \vec{r} \end{cases}$$

Definizione di velocità media e istantanea

Velocità media

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

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



$$\vec{v}_M = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \Rightarrow \lim_{\Delta t \to 0} \vec{v}_M = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

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

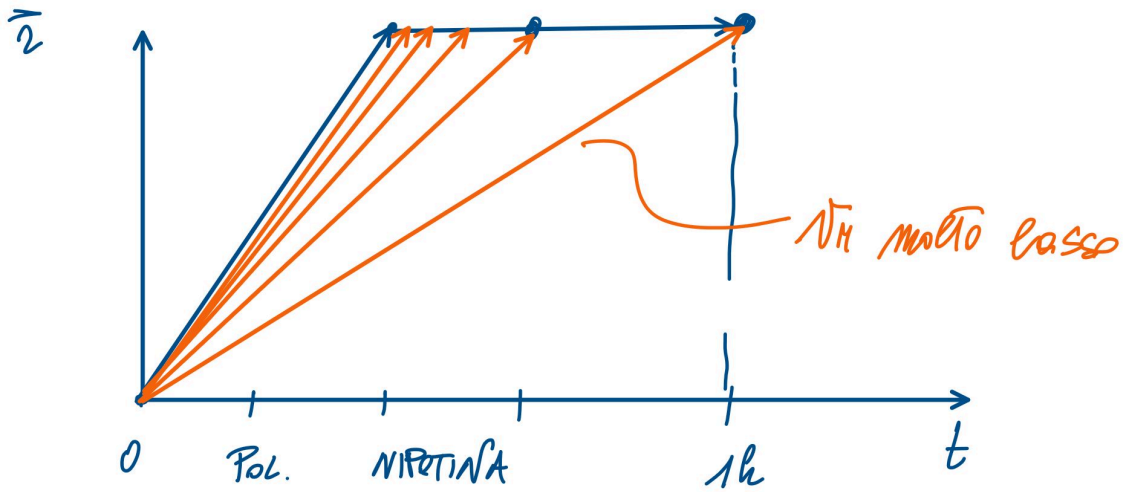
$$\left[\vec{v}_{IST.} \right] = m/s$$

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



$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

$\Delta t \to 0$



$\Delta t \to 0$

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \vec{v}_{ist.}$$

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

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:

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

- 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)

Accelerazione:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \left(\frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t - t_0} \right)$$

$$t - t_0 \uparrow 0$$

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

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

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: $\vec{a}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ (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 → **a ≈ 3.5 m/s²**

02

Ghepardo

Da 0 a 30 m/s in 3 s → **a = 10 m/s²**

03

Caduta libera

a = g = 9.81 m/s² verso il basso (costante)

04

Frenata di emergenza

a ≈ −8 m/s² (decelerazione)

Il Moto Uniformemente Accelerato in 2D

MOTO UNIF. ACCELERATO IN 2D

$\vec{a} = \vec{cost}$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_F - \vec{v}_0}{t - t_0}$$

$$\begin{cases} t_0 = 0 \\ t_F = t \\ v_F = v \end{cases}$$

$$\vec{a} = (\vec{v} - \vec{v}_0)/t$$

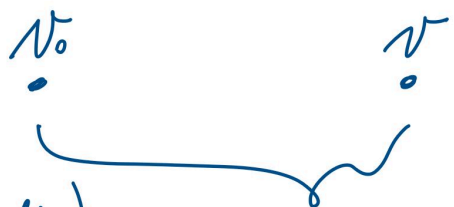
$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t}$$

$\vec{v}$ in un moto unif. accel.

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t \\ v_y = v_{0y} + a_y t \end{cases}$$

$$\vec{v}_M = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r} - \vec{r}_0}{t}$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_M t$$



$$\vec{v}_M = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2} \quad \text{(valore medio)}$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \left(\frac{\vec{v}_0 + \vec{v}}{2}\right) t = \vec{r}_0 + \frac{1}{2}\vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{v} t$$

$$(\vec{v}_0 + \vec{a} t)$$

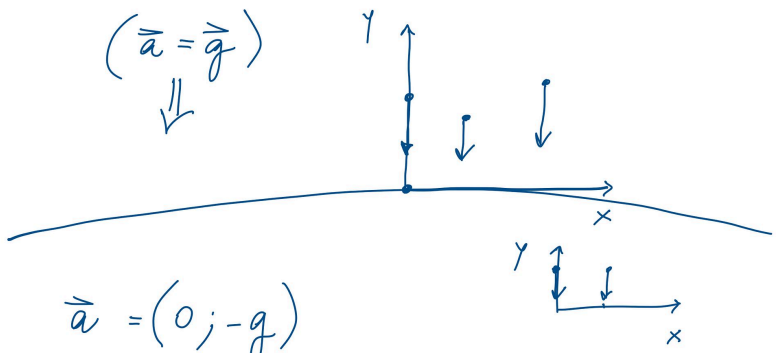
$$\vec{r} = \begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \\ y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 \end{cases}$$

Eq^ni di un moto uniformemente accelerato in 2D

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t \\ v_y = v_{0y} + a_y t \end{cases}$$

Moto in caduta libera

$(\vec{a} = \vec{g})$



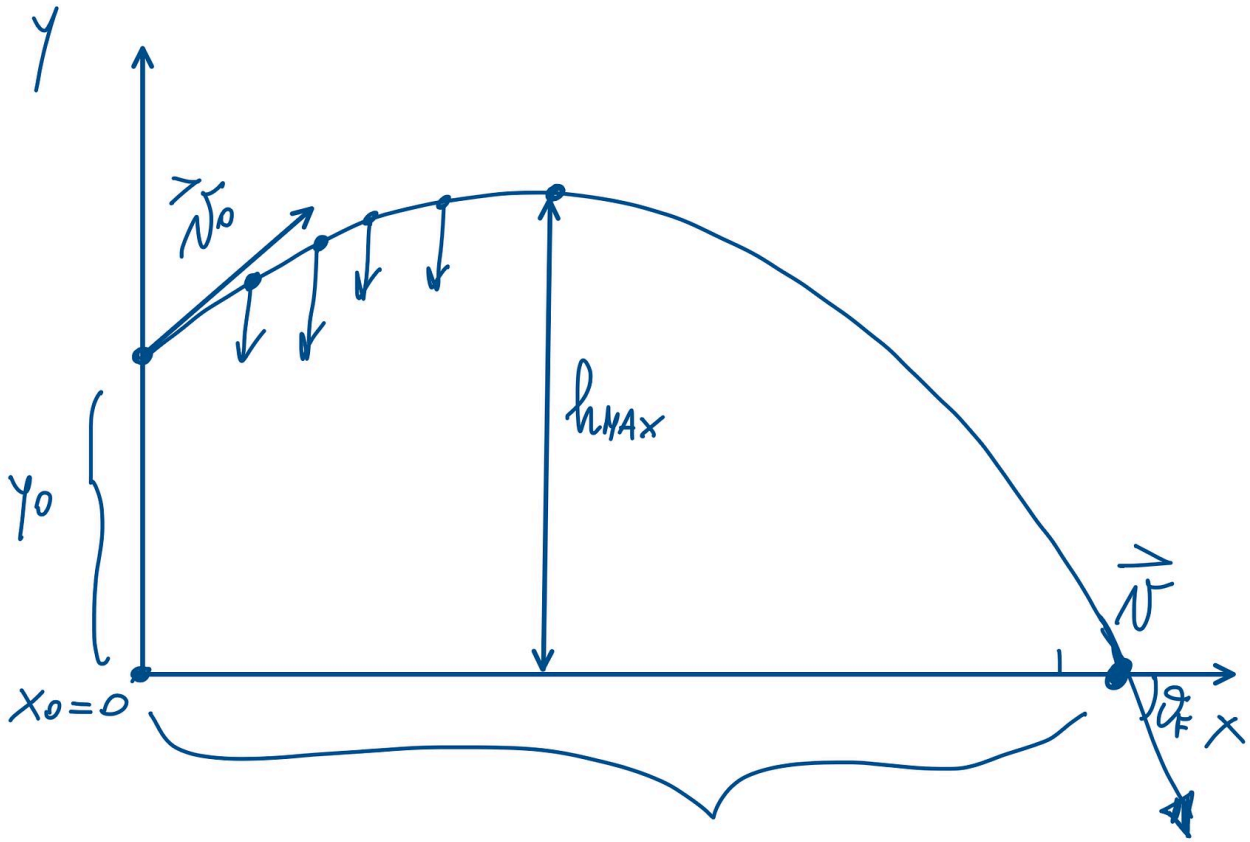
$$\vec{a} = (0; -g)$$

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t = v_{0x} \\ v_y = v_{0y} + a_y t = v_{0y} - gt \end{cases}$$

$$\vec{r} = \begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2 = x_0 + v_{0x} t \\ y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} \\ v_y = v_{0y} - gt \end{cases} \qquad \begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t \\ y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

MOTO IN CADUTA LIBERA IN 2D

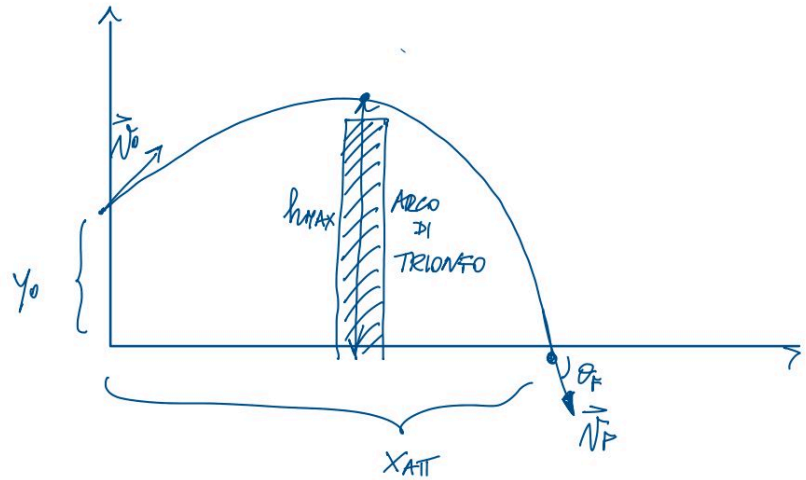


Esercizio su Moto in caduta libera

A capodanno 2007 lo stuntman Robbie Madison tentò di stabilire un nuovo record a Las Vegas cercando di superare una replica dell'Arco di Trionfo alta $18\ \mathrm{m}$. Sapendo che si lanciò con una velocità iniziale pari a $v_0 = 90\ \mathrm{km/h}$ da una rampa alta $y_0 = 3\ \mathrm{m}$ e inclinata con un angolo $\theta_0 = 45^\circ$, calcolare:

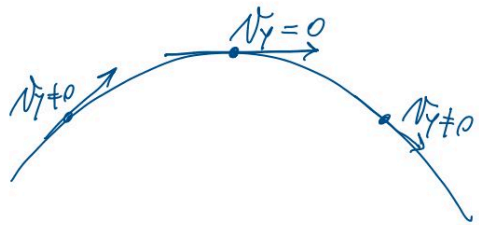
1. Altezza massima raggiunta. Riesce a superare l'Arco?
2. La distanza di atterraggio
3. Il modulo, direzione e verso della sua velocità finale (all'atterraggio)

(Lo stesso Madison, nell'impatto col terreno, si lacerò la mano tra pollice e indice e dichiarò che non avrebbe mai ripetuto tale impresa neppure per 10 milioni di dollari)



1) h_{MAX} è l'unico pto della traiettoria in cui

$$v_y = 0$$



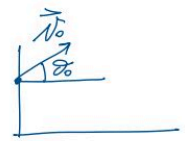
$$v_y = v_{0y} - g t = 0$$

$$v_{0y} - g t_{MAX} = 0$$

$$v_{0y} - g\,t_{MAX} = 0$$

$$g\,t_{MAX} = v_{0y}$$

$$t_{MAX} = v_{0y}/g = \frac{v_0 \sin\theta_0}{g}$$



$$\boxed{t_{MAX} = \frac{v_0 \sin\theta_0}{g}}$$

$$v_0 = 90\ km/h = 90\ \frac{10^3\ m}{3{,}6\cdot 10^3\ s} = 25\ m/s$$

$$t_{MAX} = \frac{25 \cdot \sin(45°)}{g}$$

in cui $|g| = 9{,}81\ m/s^2$

$$t_{MAX} = \frac{25\ \sin(45°)}{9{,}81} = 1{,}8020\ s$$

↓

tempo a cui raggiungo h_{MAX}

$$\vec{v}_0 = 90\ km/h = 90\ \frac{10^3\ m}{3{,}6\cdot 10^3\ s} = 25\ m/s$$

$$t_{MAX} = \frac{25 \cdot \sin(45°)}{g}$$

in cui $|g| = 9{,}81\ m/s^2$

$$t_{MAX} = \frac{25\ \sin(45°)}{9{,}81} = 1{,}8020\ s$$

t_{MAX} ↓

tempo a cui raggiungo h_{MAX}

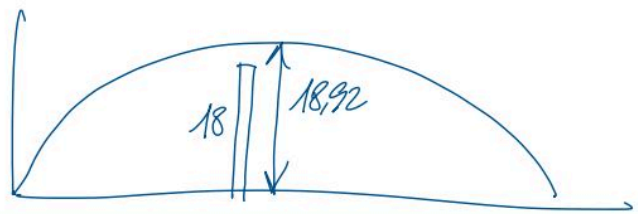
$h_{MAX} \Rightarrow y(t_{MAX})$

$$h_{MAX} = y_0 + v_{0y}\, t_{MAX} - \frac{1}{2} g\, t_{MAX}^2$$

$$h_{MAX} = 3 + 25 \cdot \sin(45°) \cdot 1{,}8020 - \tfrac{1}{2}(9{,}81)(1{,}8020)^2$$

$$h_{MAX} = 18{,}92\ m$$

Dal momento che $h_{MAX} > 18\ m$ il motociclista supera l'arco di Trionfo



$$y_{MAX} = 18{,}92 \simeq 20\ m \quad (1\ c.s.)$$