

Fisica

Tutela e Benessere Animale 2026

Prof. Francesco de Pasquale

21/10/2026 - Lezione 3

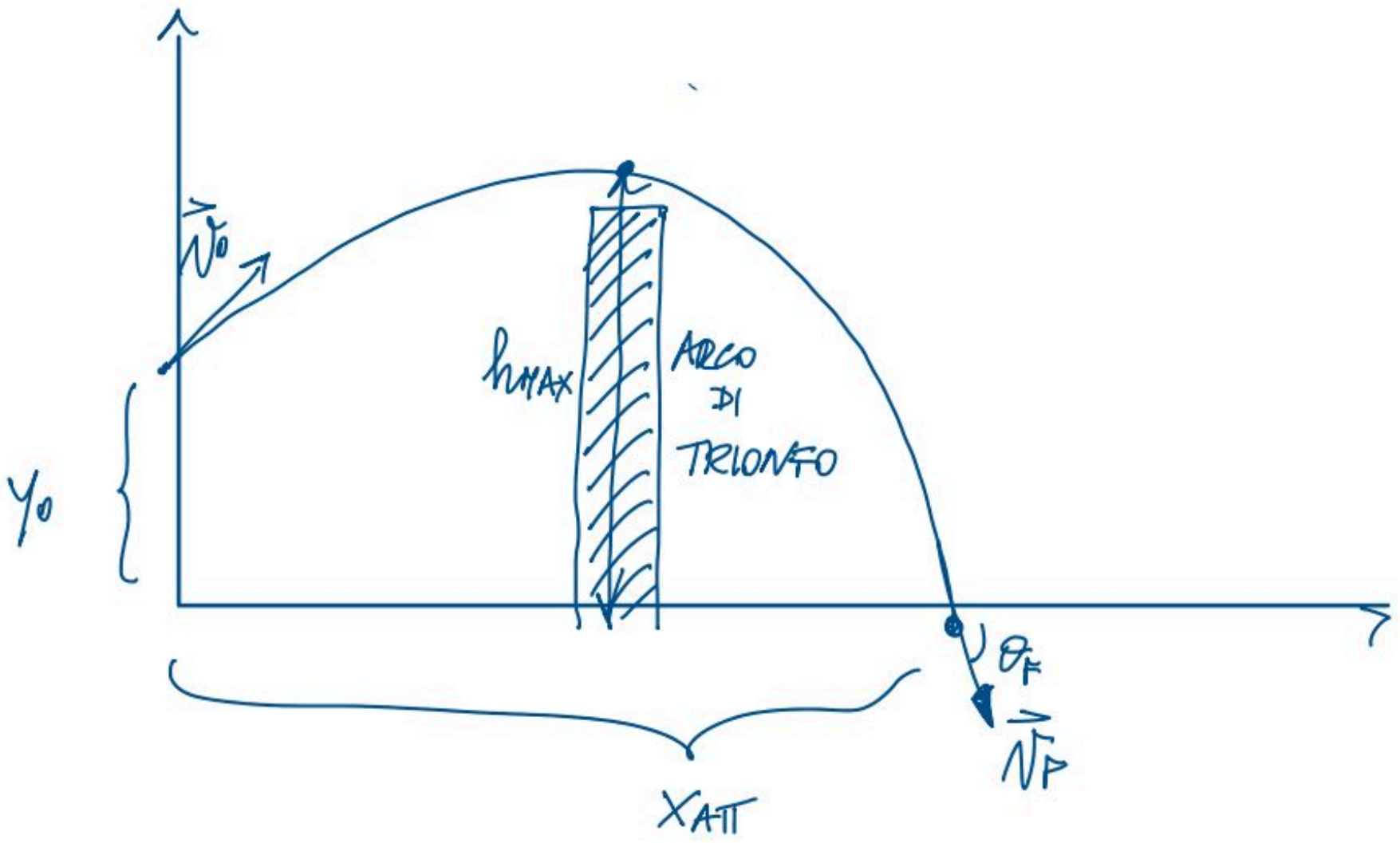
Terminiamo esercizio precedente (Appunti)

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:

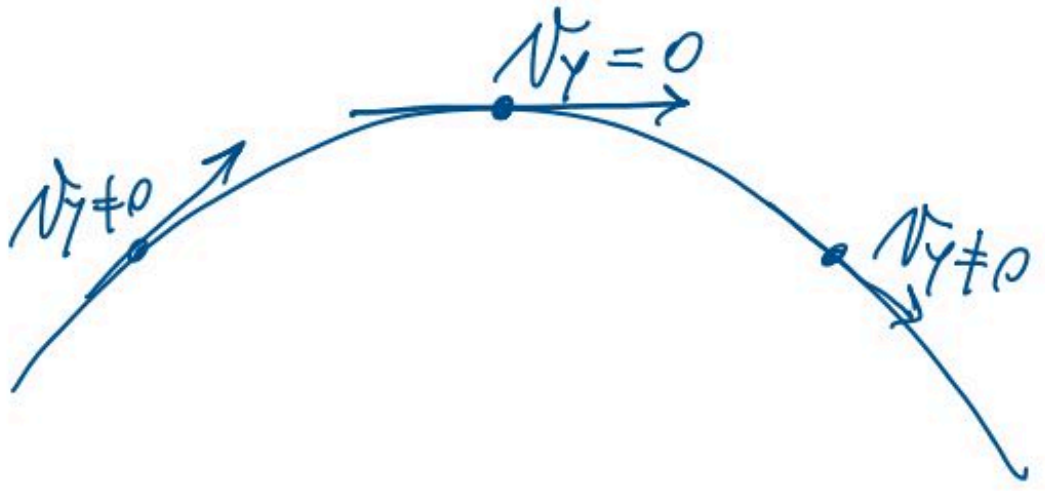
1. Altezza massima raggiunta. Riesce a superare l'Arco?
2. La distanza di atterraggio
3. Il modulo, direzione e verso della sua velocità finale (all'atterraggio)

(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

$$v_y = 0$$



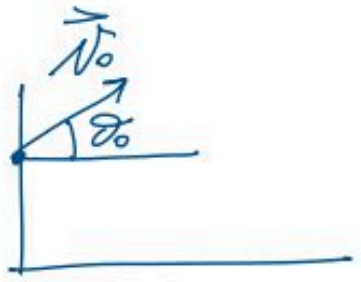
$$v_y = v_{0y} - g t = 0$$

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

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

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

$$t_{MAX} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin\vartheta_0}{g}$$



$$\boxed{t_{MAX} = \frac{v_0 \sin\vartheta_0}{g}}$$

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

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

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

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

$\downarrow$

tempo a cui raggiungo h_{MAX}

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

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

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}

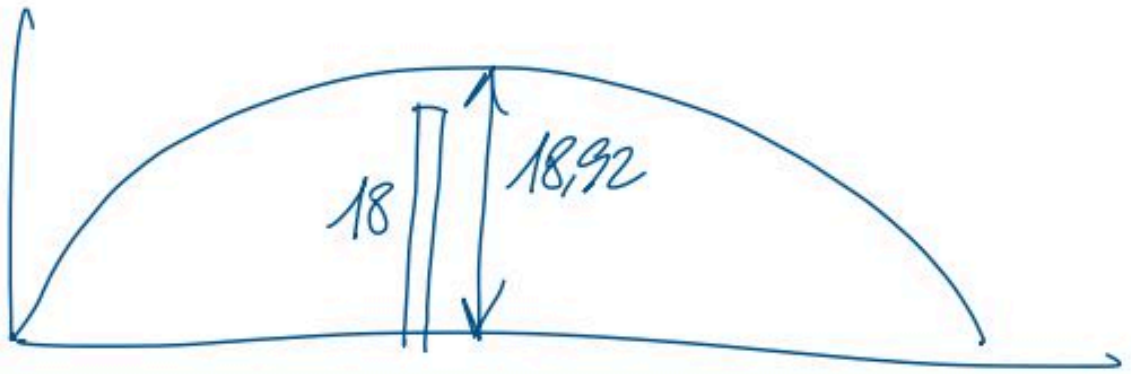
$$h_{MAX} \Rightarrow y(t_{MAX})$$

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

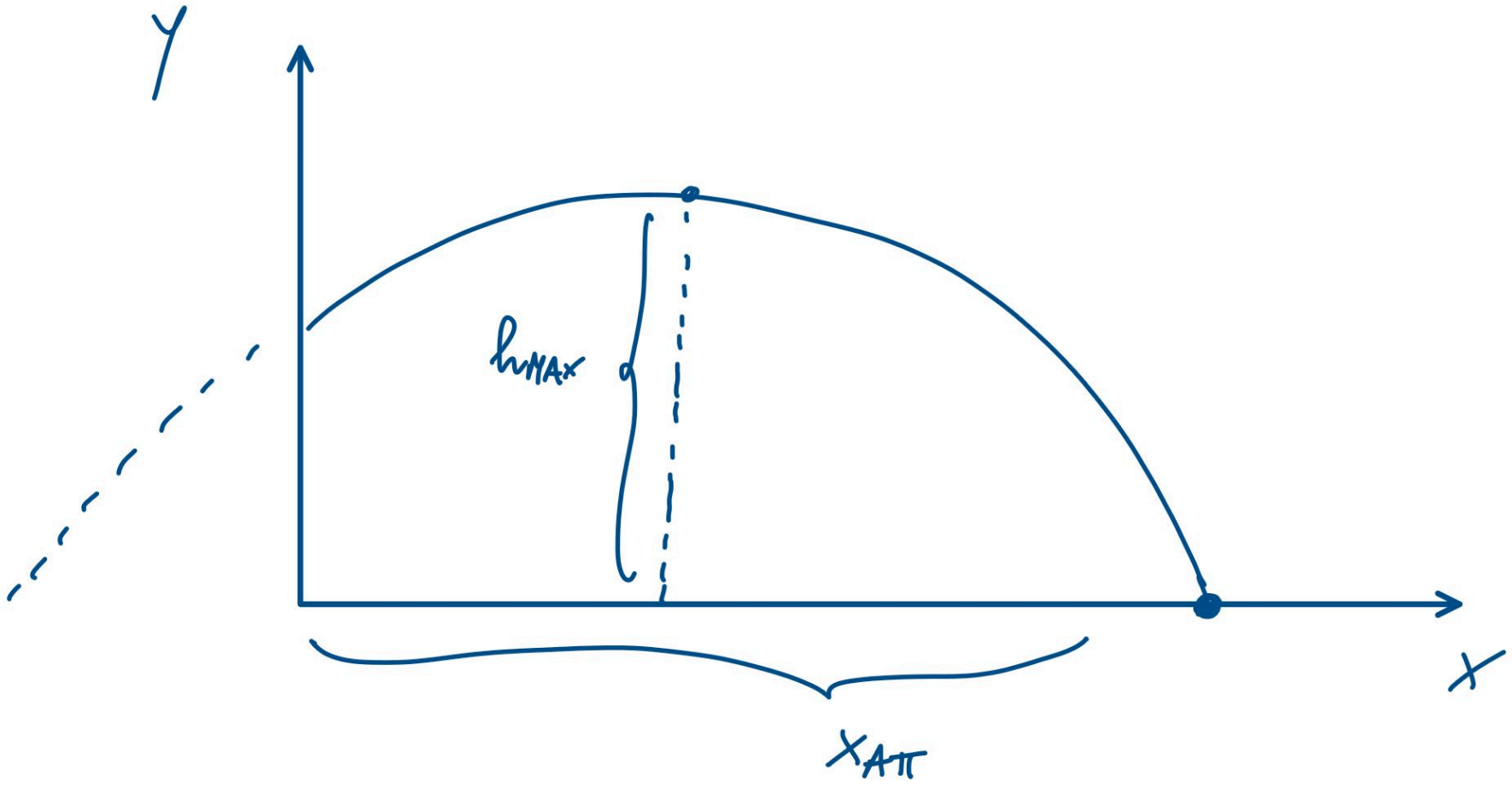
$$h_{MAX} = 3 + 25 \cdot \sin(45°) \cdot 1{,}8020 - \tfrac{1}{2}(9{,}81)(1{,}8020)^2$$

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

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



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



Atterraggio $\Rightarrow$ $y = 0$

$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 = y_0 + v_{0y} t_{ATT} - \frac{1}{2} g t_{ATT}^2 \qquad \text{Trovare } t_{ATT}$$

$$t_{ATT}^2 \left(-\frac{1}{2} g\right) + t_{ATT} \left(v_{0y}\right) + y_0 = 0$$

a b c

$$t_{A\pi} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$a = -4{,}905$

$b = v_0 \sin\theta = 17{,}677$

$c = 3$

$$t_{A\pi} = \frac{-17{,}677 \pm \sqrt{312{,}476 - 4(-4{,}905)(3)}}{2(-4{,}905)}$$

$$= \frac{-17{,}677 \pm \sqrt{371{,}336}}{-9{,}81} \quad (\sqrt{371{,}336} = 19{,}27008)$$

$t_{A\pi} \nearrow -0{,}16239\ s$

$t_{A\pi} \searrow +3{,}7662\ s$

$t_{A\pi} \nearrow$ ~~$-0{,}1623\ s$~~

$t_{A\pi} \searrow +3{,}766\ s$

$$x = x_0 + v_{0x} t \quad \Rightarrow \quad x_{A\pi} = v_{0x} t_{A\pi}$$

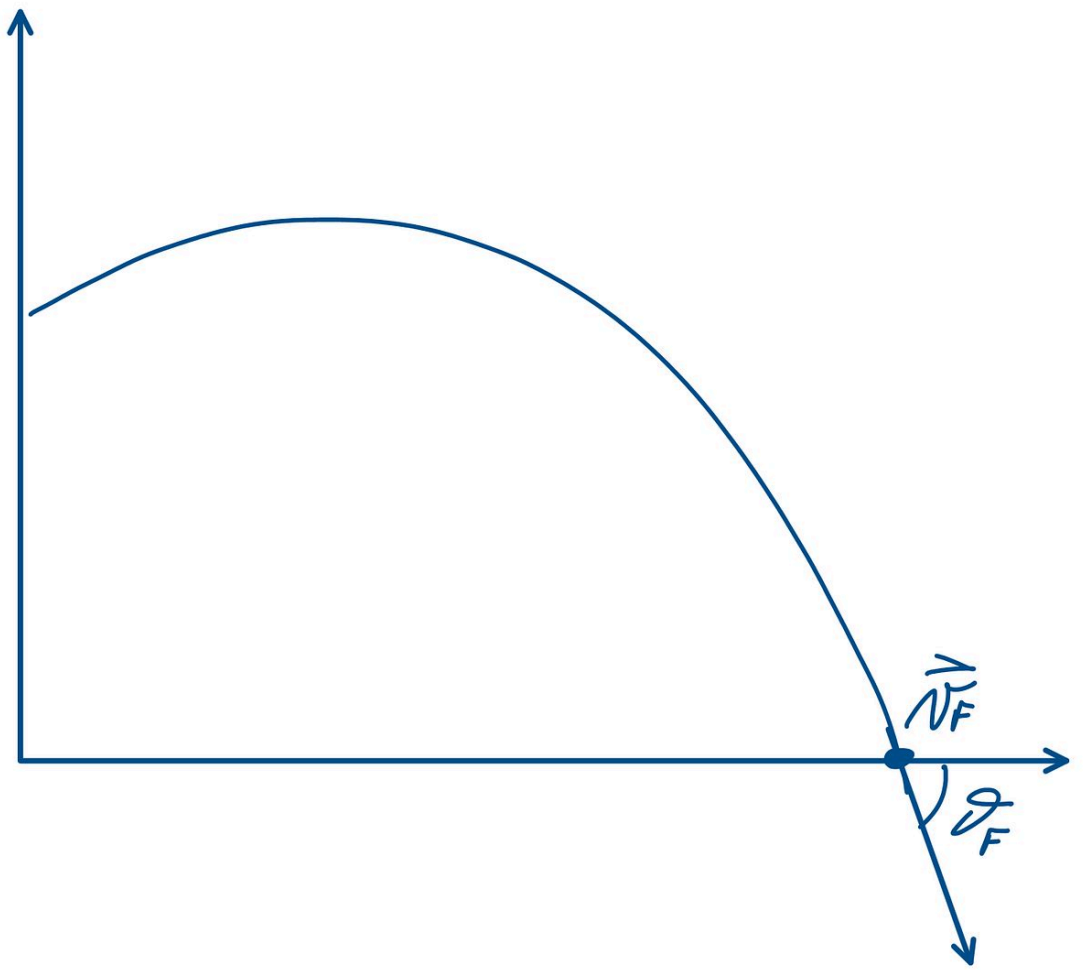
$$\| \qquad\qquad = v_0 \cos\vartheta \cdot t_{A\pi}$$

0

$$x_{A\pi} = 25 \cdot \sqrt{2}/2 \cdot 3{,}766$$

$$x_{A\pi} = 239{,}72 \text{ m} \simeq 200 \text{ m} \quad (1 \text{ c.s.})$$

3) $\vec{v}_F$



$t = t_{A\Pi}$

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} = v_0 \cos\vartheta \\ v_y = v_{0y} - g t = v_0 \sin\vartheta - g t_{A\Pi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x = 17{,}677 \ \ m/s \\ v_y = 17{,}677 - (9{,}81)(3{,}766) = -19{,}2667 \ m/s \end{cases}$$

Esercizio 2 cinematica

Un puma è un predatore esperto in agguati. Durante un salto per raggiungere una preda, la sua velocità iniziale è pari a 37.6 km/h e la sua inclinazione (rispetto all'asse delle x) è pari a q= 25.05o. Sapendo che si stacca da una altezza iniziale pari a y0 = 75.5 cm, calcolare:



a. L'altezza massima raggiunta durante il salto;
b. Se riuscirà a colpire una preda che si trova ad una distanza lungo l'asse x di xp= 10 m (distanza d'atterraggio);
c. La sua velocità (modulo, direzione e verso) all'atterraggio.

Soluzione:

$$\begin{cases} |\vec{v}_0| = 37{,}6 \text{ km/h} & x_P \text{ (PREDA)} = 10 \text{ m} \\ \vartheta = 25{,}05° & v_0 = 37{,}6 \text{ km/h} = \frac{37{,}6}{3{,}6} = 10{,}44 \text{ m/s} \\ y_0 = 75{,}5 \text{ cm} & y_0 = 0{,}755 \text{ m} \end{cases}$$

a) $v_y = 0 \Rightarrow 0 = v_{0y} - g\, t_{MAX} \Rightarrow t_{MAX} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 \sin\vartheta}{g}$

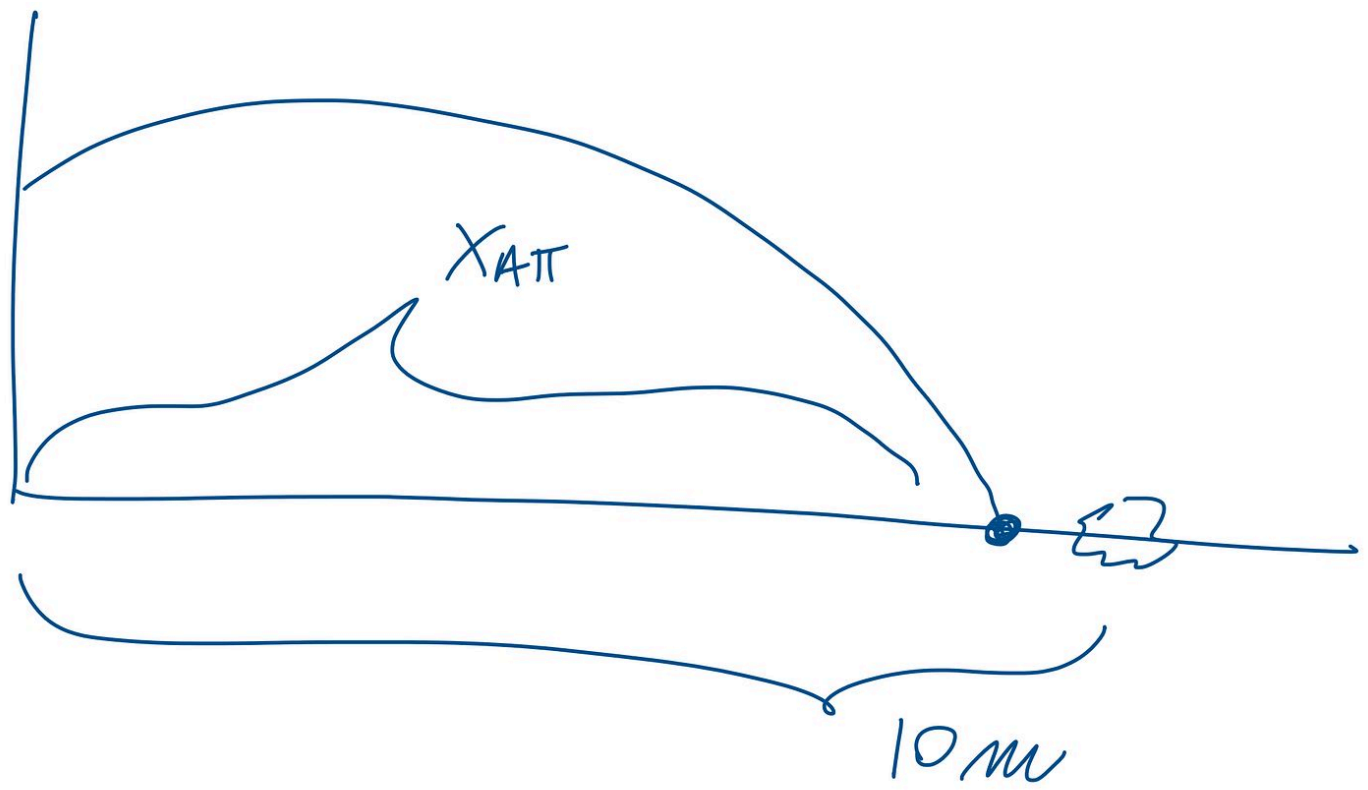
$$t_{MAX} = \frac{10{,}44 \cdot \sin(25{,}05)}{9{,}81} = 0{,}45 \text{ s}$$

$$\boxed{t_{MAX} = 0{,}45 \text{ s}}$$

POSSIBILITÀ 1

$$h_{MAX} = y_0 + v_0 \sin\vartheta\, t_{MAX} - \frac{1}{2} g\, t_{MAX}^2 = 0{,}755 + 10{,}44 \cdot \sin(25{,}05) \cdot 0{,}45 + \\ - \frac{1}{2}(9{,}81)(0{,}45^2)$$

$$\boxed{h_{MAX} = 1{,}75 \text{ m} \ (3 \text{ c.s.})}$$



$$X_{A\Pi} \Rightarrow \quad y = 0 \quad \Rightarrow \quad 0 = y_0 + v_{0y}\, t_{A\Pi} - \frac{1}{2} g\, t_{A\Pi}^2$$

$$\underbrace{t_{A\Pi}^2}_{a}\left(\underbrace{-\tfrac{1}{2}g}_{a}\right) + \underbrace{t_{A\Pi}}_{b}\left(\underbrace{v_0 \sin\theta}_{b}\right) + \underbrace{y_0}_{c} = 0$$

$$\begin{cases} a = -4{,}905 \\ b = 10{,}44 \sin(25{,}0°) \\ b = 4{,}42 \\ c = 0{,}755 \end{cases}$$

$$t_{A\Pi\,1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-4{,}42 \pm \sqrt{(4{,}42)^2 - 4(-4{,}91)(0{,}755)}}{2.(-4{,}91)}$$

$$t_{A\Pi,1,2} \begin{cases} -0{,}14\ s \\ 1{,}04\ s \end{cases}$$

$$\boxed{t_{A\Pi} = 1{,}04\ s}$$

$$X_{ATT} = v_{0x}\, t_{ATT} = 10{,}44 \cdot \cos(25{,}05) \cdot 1{,}04$$

$$\boxed{X_{ATT} = 9{,}84\ m \quad (3\ c.s.)}$$

3) v_{FINALE}

$$\begin{cases} v_{F,x} = v_0 \cos\theta = 10{,}44 \cdot \cos(25{,}05) = \\ \qquad = 9{,}46\ m/s \\ \\ v_{F,y} = v_0 \sin\theta - g\, t_{ATT} \end{cases}$$

$$= 10{,}44 \cdot \sin(25{,}05) - 9{,}81 \cdot 1{,}04$$

$$= -5{,}78\ m/s$$

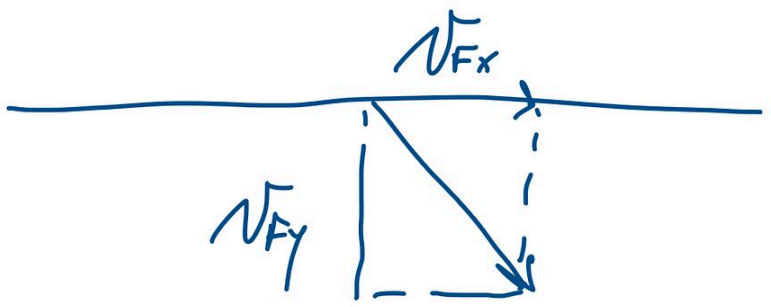
$$|\vec{v}_F| = \sqrt{(9{,}46^2) + (-5{,}78^2)} = 11{,}06\ m/s$$

$$\boxed{|\vec{v}_F| = 11{,}06\ m/s \simeq 11{,}1\ m/s \quad (3\ c.s.)}$$

$$\theta_{FIN} = \arctg\left(\frac{v_{F,y}}{v_{F,x}}\right) = \arctg\left(\frac{-5{,}78}{9{,}46}\right)$$

$$\theta_{-1} = -31{,}51^\circ$$

$$\boxed{\theta_{FIN} \simeq -31{,}6^\circ \ (3\ c.s.)}$$



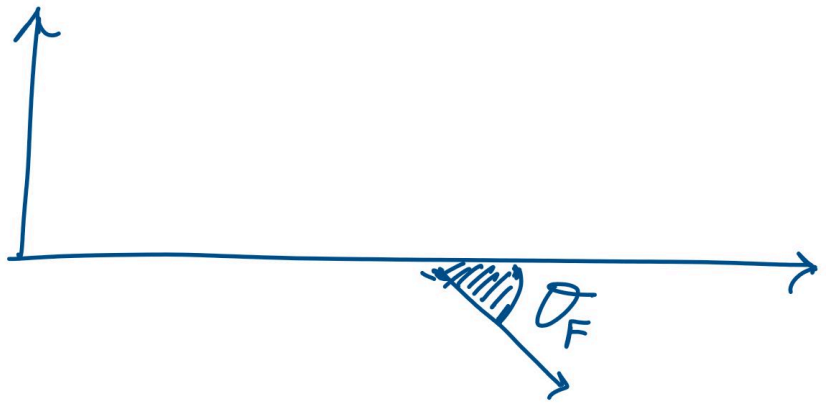
$$|\vec{v}_F| = \sqrt{v_{F,x}^2 + v_{F,y}^2} = 26,14731 \ m/s$$

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{v_{F,y}}{v_{F,x}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{-19,2667}{17,677}\right)$$

$$\varphi = -47,463°$$

$$|\vec{v}_F| = 26,147 \triangleq 30 \ m/s \ (1 \text{ c.s.})$$

$$\vartheta_F = -47,46 \triangleq -50° \ (1 \text{ c.s.})$$



Introduzione sulle cause del moto

I Legge di Newton — Principio di Inerzia

Enunciato

Se la risultante delle forze agenti su un sistema è nulla, $\vec{F}^{Ris} = \vec{0}$, allora $\vec{v}$ non può cambiare.

In particolare, se il corpo è fermo ($\vec{v} = \vec{0}$), rimane fermo.

Nota fondamentale

La condizione $\vec{a} \neq \vec{0}$ implica necessariamente la presenza di una forza risultante non nulla.

L'inerzia è la tendenza naturale di ogni corpo a mantenere il proprio stato di moto.





II Legge di Newton

Enunciato:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

La forza risultante applicata a un corpo è proporzionale all'accelerazione che produce: $\vec{F} \propto \vec{a}$.

All'aumentare di F, aumenta a.

L'unità di misura della forza è il **Newton**: $[F] = N$.

Massa Inerziale

Definizione

La massa m è una **grandezza scalare** con unità $[m] = kg$.

Significato fisico

La **massa inerziale** è la proprietà intrinseca del sistema che misura la sua resistenza alla variazione del moto.

Relazione F–a

A parità di forza, una massa maggiore produce un'accelerazione minore: $a = F/m$.

Esercizio

Un treno ETR1000 (FrecciaRossa) viaggia ad una velocità $v_0 = 300\ km/h$ ed ha una massa pari a $m = 5,01 \cdot 10^5\ kg$. Sapendo che i freni esercitano una forza frenante pari a $F_x = 4,5 \cdot 10^5\ N$, calcolare:

1. il tempo di arresto del treno;
2. Lo spazio percorso prima di fermarsi



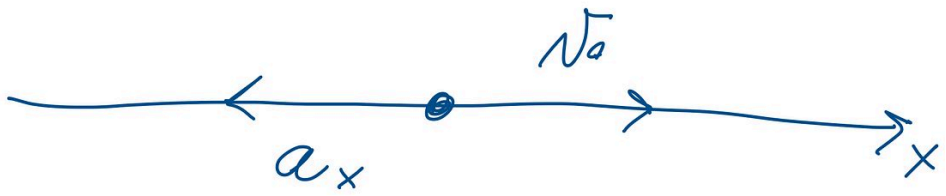


$\Delta t_{ARRESTO}$: $v_F = 0$ $\qquad$ $v_{F_x} = v_{0_x} + a_x t_F$

$\downarrow$ $\qquad$ $\downarrow$

t_F $\qquad$ $0 = v_{0x} + a_x t_F$

$$\boxed{t_F = - v_{0x} / a_x}$$



$a_x = ?$ $\Rightarrow$ $F = m_T a$

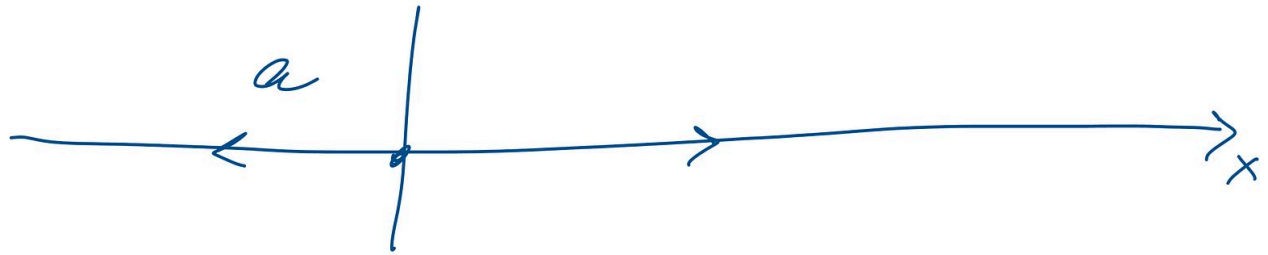
$$\boxed{a = - \frac{F_x}{m}}$$

$$a = \frac{(-4{,}5 \cancel{10^5})}{5{,}01 \cancel{10^5}} = -0{,}89 \ m/s^2$$

$v_{0x} = 300 \ km/h = 83{,}33 \ m/s$

$$t_F = + \frac{83{,}33}{(+0{,}89)} = 92{,}7 \ s$$

$$\boxed{\Delta t_{ARRESTO} = 93{,}7 \ s}$$



$$x = \underset{\parallel}{x_0}^{0} + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$x = 83{,}33 \cdot 9{,}7 + \frac{1}{2}(-0{,}89)(9{,}7)^2$$

$$x \simeq 391 \ m$$

Spazio ovesto

II Legge di Newton — Scomposizione Vettoriale

La seconda legge di Newton si applica componente per componente. La forza risultante è la somma vettoriale di tutte le forze applicate:

$$\vec{F}^{Ris} = \sum_{i}^{n} \vec{F}_i$$

Componente x

$$F_x^{Ris} = \sum F_{ix} = ma_x$$

Componente y

$$F_y^{Ris} = \sum F_{iy} = ma_y$$

Come calcolare la risultante delle forze

$$\vec{F}^{Ris} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i$$

$$\begin{cases} F_x^{Ris} = F_{1x} + F_{2x} + \cdots + F_{nx} = ma_x \\ F_y^{Ris} = F_{1y} + F_{2y} + \cdots + F_{ny} = ma_y \end{cases}$$

Questa formulazione è valida in 2D. In 3D si aggiunge la componente $F_z^{Ris} = ma_z$.

Riepilogo della lezione

Cinematica del moto in 2D

Moto in caduta libera e moto del proiettile: altezza massima, gittata (distanza di atterraggio) e velocità finale (modulo, direzione e verso).

Esercizi: lo stuntman Robbie Madison e il puma.

I Legge di Newton – Inerzia

Se la risultante delle forze è nulla, la velocità non cambia.

Se a ≠ 0, la forza risultante non è nulla.

II Legge di Newton

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Unità di misura: Newton [N]. La massa inerziale è la resistenza alla variazione del moto, con a = F/m.

Risultante delle forze e scomposizione

$$\vec{F}^{Ris} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i$$

Si applica per componenti: $F_x = ma_x$, $F_y = ma_y$ (in 3D anche z).

Esercizio: il treno ETR1000 (tempo e spazio di frenata).

Domande di autovalutazione

1. Nel moto del proiettile, quali sono le componenti della velocità lungo x e lungo y e come variano nel tempo?
2. Come si calcolano l'altezza massima e la distanza di atterraggio in un lancio con velocità iniziale v0 e angolo θ0?
3. Enuncia la I legge di Newton: cosa si può dire della velocità di un corpo se la risultante delle forze è nulla?
4. Che cosa afferma la II legge di Newton? Qual è l'unità di misura della forza?
5. Che cos'è la massa inerziale? Che cosa accade all'accelerazione se, a parità di forza, la massa raddoppia?
6. Un treno di massa m viaggia con velocità v0 e viene frenato da una forza costante F: come si calcolano il tempo di arresto e lo spazio percorso prima di fermarsi?