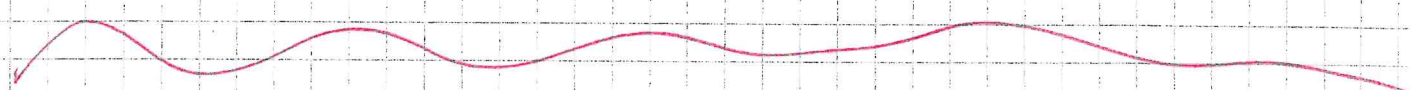


Anno Scolastico

2025/2026

2^a CAT



Cinematica

La cinematica è la parte della fisica che studia il moto dei corpi senza tenere conto della loro natura e delle cose.

Poiché in cinematica la natura dei corpi non è significativa, ogni corpo viene detto **punto materiale** cioè un'entità astratta priva di massa e volume.

Comunque nei problemi verrà sempre specificata la natura dei corpi allo scopo di renderli più realistici.

Concetto di movimento

Un corpo è in movimento quando occupa posizioni diverse in tempi diversi rispetto ad un **osservatore o sistema di riferimento**.

Quindi il concetto di movimento è relativo cioè dipende dall'osservatore.

Traettoria: è la linea immaginaria che si ottiene congiungendo le diverse posizioni che un corpo occupa nel tempo durante il suo movimento.

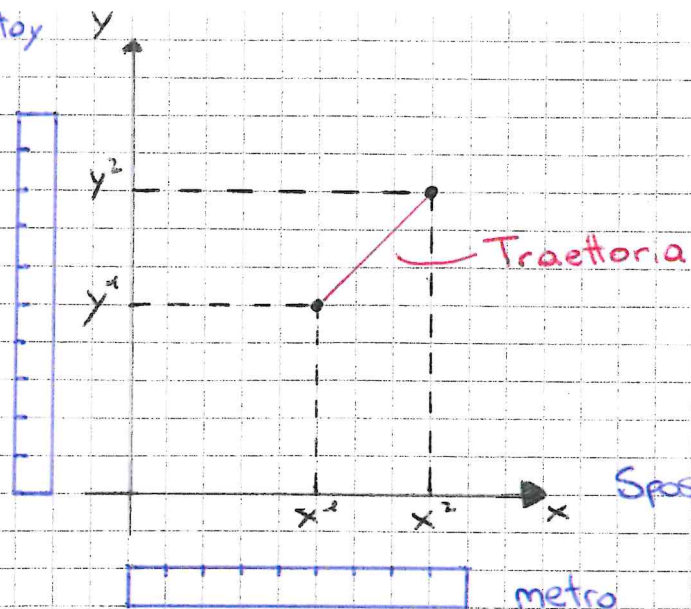
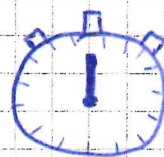
Sistema di riferimento

Serve per rappresentare il moto di un corpo è costituito da

- 1) Piano cartesiano
- 2) Metro per misurare lo spazio
- 3) Cronometro (Tempo)

Spostamento y

metro



Cronometro

Velocità

È la grandezza fisica vettoriale che quantifica la rapidità con cui un corpo cambia la sua posizione, rispetto all'osservatore.

Anche la velocità è un concetto relativo.

È una grandezza derivata data dal rapporto Spazio/tempo.

$$\text{Velocità} = \frac{\text{Variazione Spazio}}{\text{Variazione tempo}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Unità di misura: $[m/s]$ metro / Secondo

$$\left[\frac{m}{s} \right] \xrightarrow{\text{moltiplica } 3,6} \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$\left[\frac{km}{h} \right] \xrightarrow{\text{divido } 3,6} \left[\frac{m}{s} \right]$$

Velocità istantanea

Velocità in un istante preciso si ottiene facendo tendere a 0 l'intervallo di tempo.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t \rightarrow 0} \text{Vel. istantanea}$$

Velocità media

È la velocità di un intero percorso o una parte di esso

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \text{Vel. media}$$

s_f = Spazio finale s_i = Spazio iniziale

t_f = tempo finale t_i = tempo iniziale

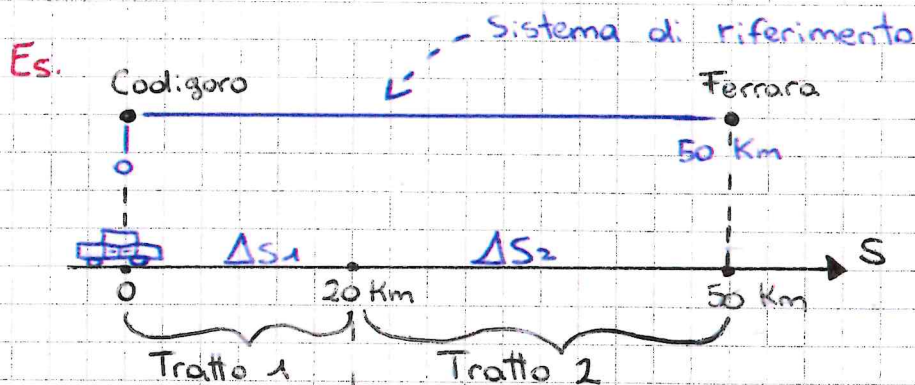
Es. $t_i = 0 \text{ s}$ $t_f = 5 \text{ s}$

s_i ——— $\Delta t = 5 \text{ s}$ ——— s_f



$$v_{\text{media}} = \bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{8 - 1}{5 - 0} = \frac{7}{5} = 1.4 \text{ [m/s]}$$

$$(1.4 \text{ m/s}) : 3.6 = 0.38 \text{ [km/h]}$$



$$\Delta s_1 = 20 \text{ km} \quad \Delta s_2 = s_f - s_i = 50 - 20 = 30 \text{ km}$$

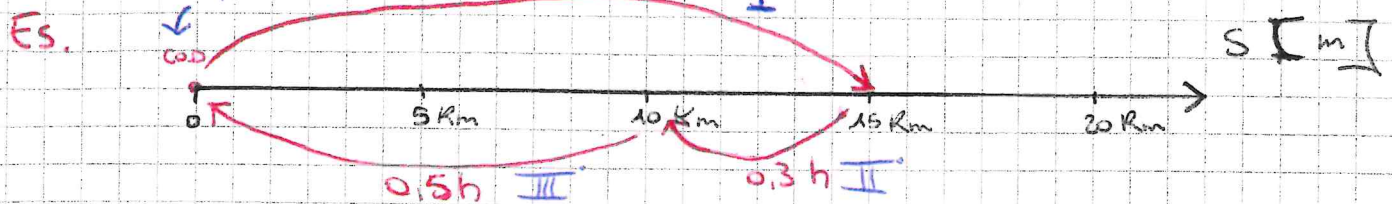
$$\Delta t_1 = 1 \text{ h} \quad \Delta t_2 = \text{mezzora} = \frac{1}{2} \text{ h} = 0.5 \text{ h}$$

$$v_m = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = v_m = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{30}{1/2} = 60 \text{ km/h}$$

$$= \frac{20 - 0}{1 - 0} = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$v_{m \text{ Tot}} = \frac{\text{Spazio Totale}}{\text{Tempo Totale}} = \frac{50}{1 + 1/2} = 33.3 \text{ km/h}$$

↗ (s_f - s_i)



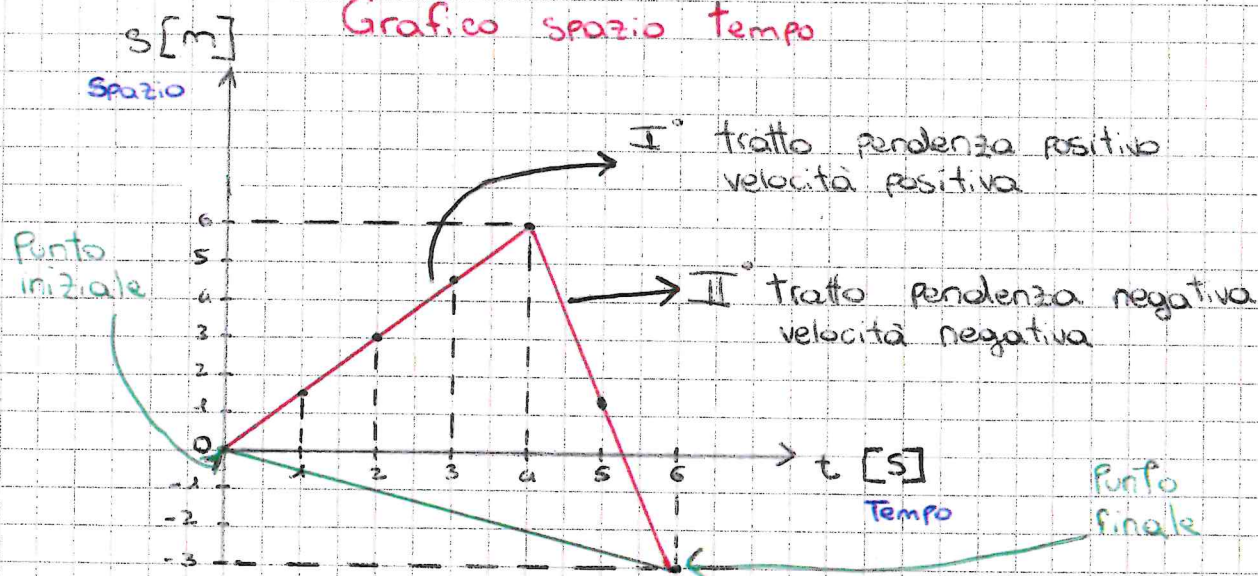
$$V_{m_I} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{15 - 0}{0.3} = 15 \text{ Km/h}$$

$$V_{m_{II}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 15}{0.5} = \frac{-15}{0.5} = -30 \text{ Km/h}$$

$$V_{m_{III}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 10}{0.5} = \frac{-10}{0.5} = -20 \text{ Km/h}$$

$$V_{m_{TOT}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{0 + 0}{1 + 0.3 + 0.5} = 0$$

Grafico spazio tempo



Il grafico Spazio - Tempo ci dà tutte le informazioni sul tipo di movimento effettuato dal corpo:

- Direzione
- Verso
- Velocità
- Tipo di moto

Esempi

$$V_{m_{\text{Trotto 1}}} = \frac{S_f - S_i}{T_f - T_i} = \frac{6 - 0}{4 - 0} = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ [m/s]}$$

$$V_{m_{\text{Trotto 2}}} = \frac{S_f - S_i}{T_f - T_i} = \frac{-3 - 6}{6 - 4} = \frac{-9}{2} = -4.5 \text{ [m/s]}$$

$$V_{m_{\text{Tot}}} = \frac{S_f - S_i}{T_f - T_i} = \frac{-3 - 0}{6 - 0} = -\frac{3}{6} = -\frac{1}{2} \text{ m/s}$$

0.5 m/s

Accelerazione

È la grandezza fisica vettoriale che quantifica la rapidità con cui un corpo cambia la sua velocità.

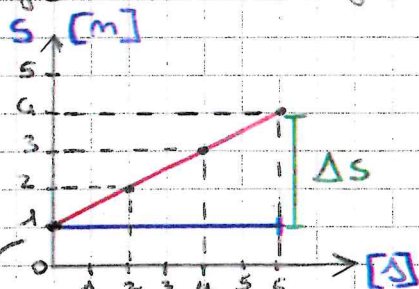
$$\text{Accelerazione} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

unità di misura

N.B. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
Acc. e Vel. sono grandezze vettoriali e andrebbero scritte così $\vec{a}$ e $\vec{v}$, mentre con i simboli a e v indichiamo i loro valori numerici. L'accel. può essere positiva o negativa.

Velocità e coefficiente Angolare

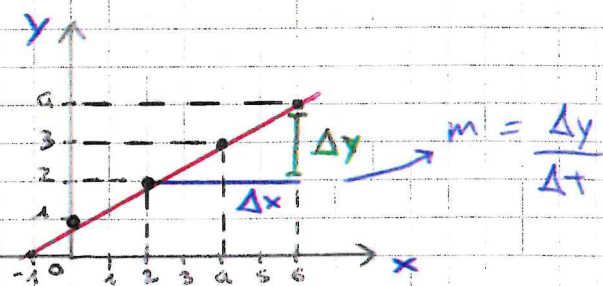
Ragioniamo sul grafico spazio tempo



$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2} \text{ m/s}$$

vel. media

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \text{coefficiente angolare della retta spazio-tempo}$$



In matematica il grafico rapp. una retta passante per il punto (0; 1) Tale retta l'equazione

$$y = c + m \cdot x$$

intercetta

coefficiente angolare

⑥

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

- La velocità rappresenta il coefficiente angolare del grafico spazio tempo

Moto rettilineo uniforme M.R.U.

È il moto di un corpo su traiettoria rettilinea a velocità costante. Qui

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t - t_0} \leftarrow s_0$$

Se ricavo la posizione finale

$$v = \frac{s_f - s_0}{t - t_0} \rightarrow s_f = s_0 + v(t - t_0)$$

Possiamo dargli una veste più generale

$$s(t) = s_0 + v(t - t_0)$$

Legge
oraria

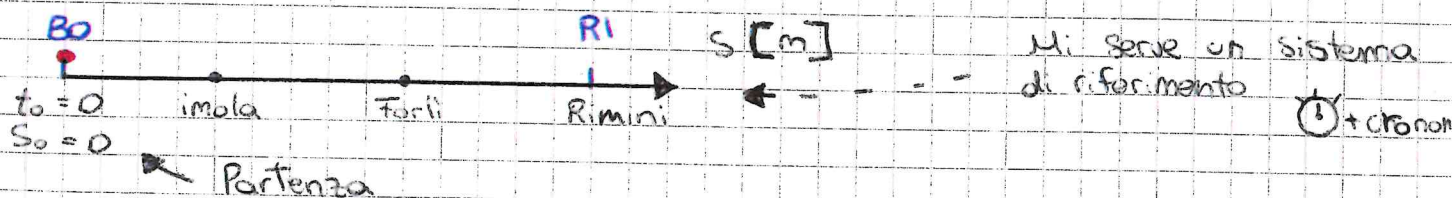
Posizione corpo
all'istante
t (finale)

Posizione
corpo all'istante
t₀ = iniziale

Velocità corpo
val. costante

Es.

Un motociclista percorre una autostrada rettilinea (BO - RI) con moto M.R.U. alla velocità $v = 35 \text{ [m/s]}$



Dopo 100 s dove è arrivato?

Uso la legge oraria

$$s(t) = \cancel{s_0} + v(t - \cancel{t_0})$$

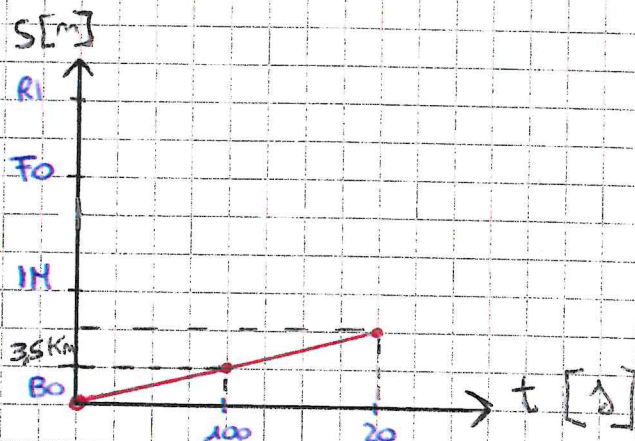
$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

100 0 35 100 0

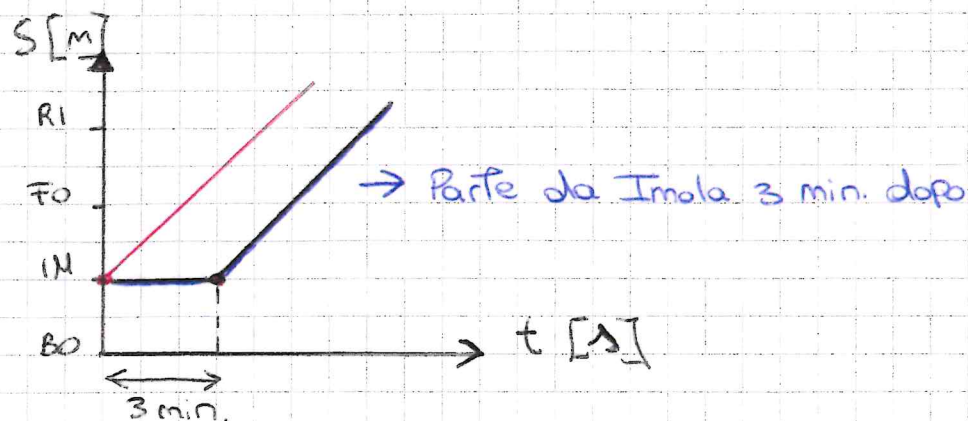
$$s(t=100) = 35 \cdot 100 = 3500 \text{ m}$$

ist. finale

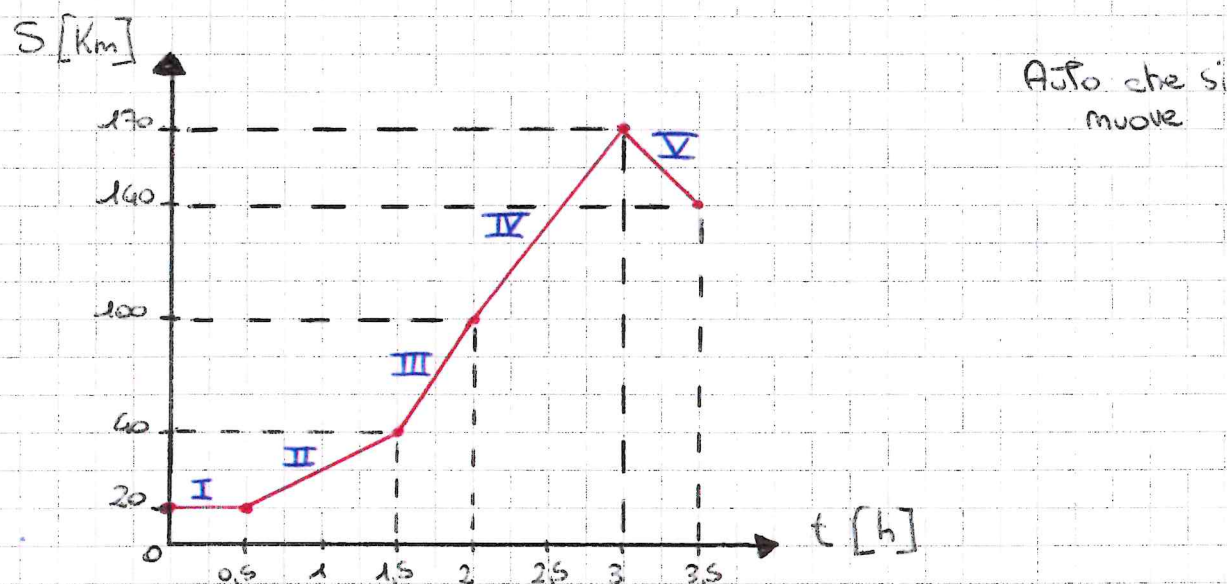
$$35 \text{ m/s} \xrightarrow{\cdot 3.6} 126 \text{ Km/h}$$



Mantenendo il sistema di Riferimento uguale stessi dati, ma il motociclista parte da Imola



Es. 64 P. 216



1) In quale Tratto l'auto è ferma? I° tratto

2) In quale tratto la vel. è maggiore? III° tratto

3) Quanto vale la vel. max? 120 Km/h

4) Cosa succede ultimo tratto? Torna indietro

5) Calcola la vel. totale? 34.2 Km/h

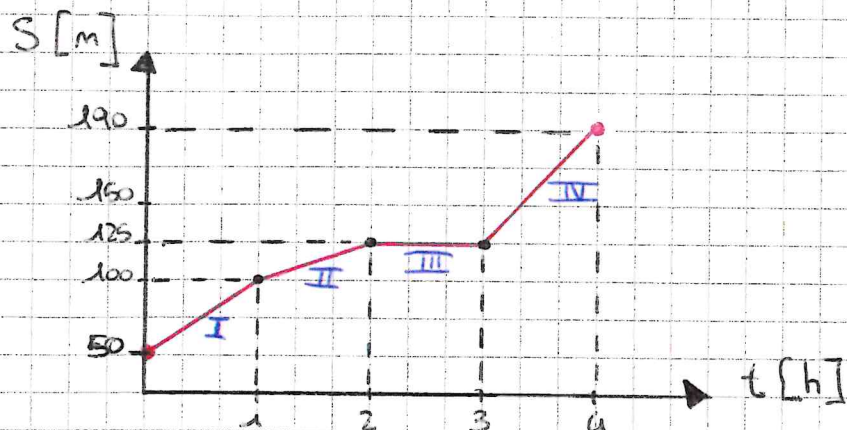
$$V_{m_{III}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{100 - 40}{2 - 1.5} = \frac{60}{0.5} = 120 \text{ Km/h}$$

$$V_{m_{IV}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{170 - 100}{3 - 2} = \frac{70}{1} = 70 \text{ Km/h}$$

$$V_{m_{II}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{170 - 140}{3,5 - 3} = \frac{30}{0,5} = -60 \text{ Km/h}$$

$$5) V_{m_{TOT}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{140 - 20}{3,5 - 0} = 34,2 \text{ Km/h}$$

Es.



Calcola le velocità nei 4 tratti e la vel. media totale.

$$I^o) V_{m_I} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{100 - 50}{1 - 0} = \frac{50}{1} = 50 \text{ [Km/h]}$$

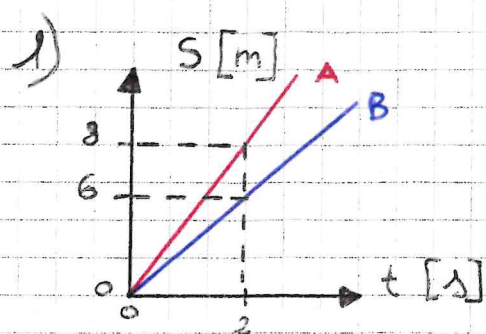
$$II^o) V_{m_{II}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{125 - 100}{2 - 1} = \frac{25}{1} = 25 \text{ [Km/h]}$$

$$III^o) V_{m_{III}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{125 - 125}{3 - 2} = \frac{0}{1} = 0 \text{ [Km/h]}$$

$$IV^o) V_{m_{IV}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{190 - 125}{4 - 3} = \frac{65}{1} = 65 \text{ [Km/h]}$$

$$V_{m_{TOT}} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{190 - 50}{4 - 0} = \frac{140}{4} = 35 \text{ [Km/h]}$$

Legge oraria ↔ Grafici spazio-tempo Velocità - tempo



"A" si muove di M.R.U.

Ricavo la legge oraria

$$S(t) = S_0 + v(t - t_0) \rightarrow \text{importante!}$$

Quindi "A"

$$S_A(t) = \underset{\downarrow 0}{S_0} + \underset{\downarrow 0}{v}(t - \underset{\downarrow 0}{t_0})$$

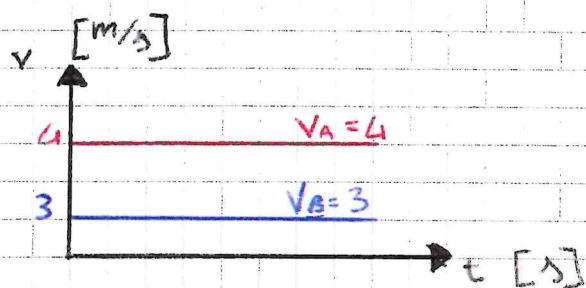
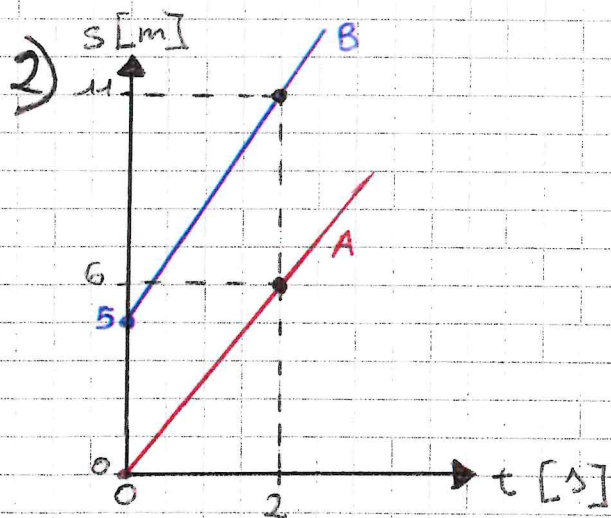
$$V_A = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{8}{2} = 4 \text{ [m/s]}$$

$$\underline{S_A(t) = 4 \cdot t}$$

Legge oraria che descrive il moto di "A"

$$\underline{S_B(t) = 3 \cdot t}$$

legge oraria di "B" perché $V_B = \frac{6}{2} = 3 \text{ [m/s]}$



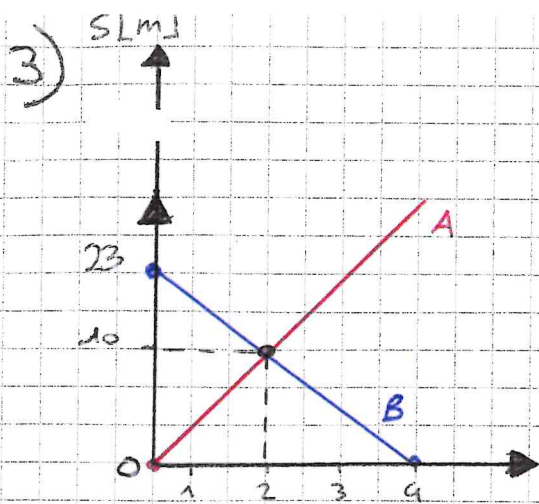
$$V_A = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{6}{2} = 3 \text{ m/s}$$

$$S_A(t) = 0 + 3t$$

$$\boxed{S_A(t) = 3t}$$

$$\boxed{S_B(t) = 5 + 3t}$$

$$V_B = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{11 - 5}{2} = \frac{6}{2} = 3$$

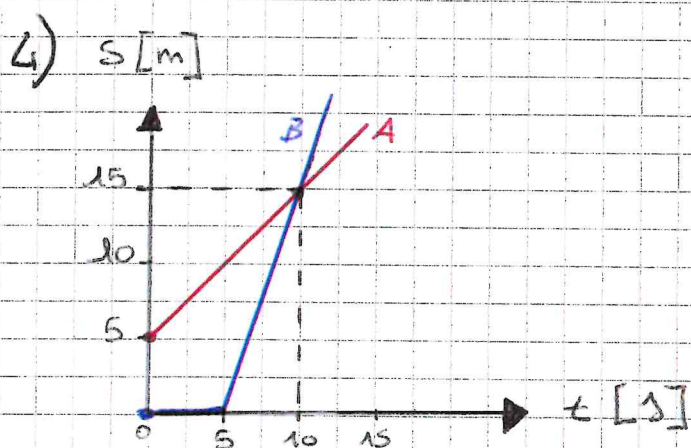


$$V_A = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10}{2} = 5 \text{ [m/s]}$$

$$V_B = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 23}{4 - 0} = -\frac{23}{4} = -5.75 \text{ m/s}$$

$$S_A(t) = 5 \cdot t$$

$$S_B(t) = 23 - 5.75t$$



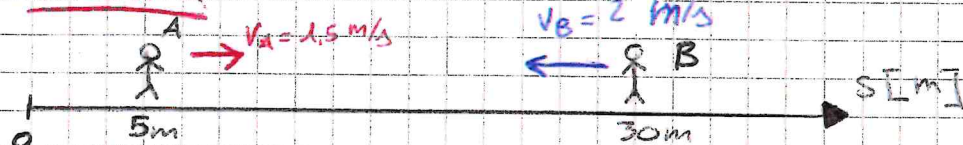
$$V_A = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{15 - 5}{10 - 0} = 1 \text{ m/s}$$

$$V_B = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{15}{10 - 5} = 3 \text{ m/s}$$

$$S_A(t) = 5 + 1 \cdot t$$

$$S_B(t) = 0 + 3(t - 5) \quad \rightarrow \quad t_0 = \text{tempo di ritardo sulla partenza del cronometro}$$

Problema



{ Dove e dopo
quanto tempo
si incontrano?
A e B partono
contemporaneamente }

Soluzione

Scrivere le leggi orarie di tutti i soggetti

$$S_A(t) = 5 + 1.5 \cdot t$$

$$S_B(t) = 30 - 2 \cdot t$$

Si trovano nello stesso posto
allo stesso tempo

$$S_A(t) = S_B(t)$$

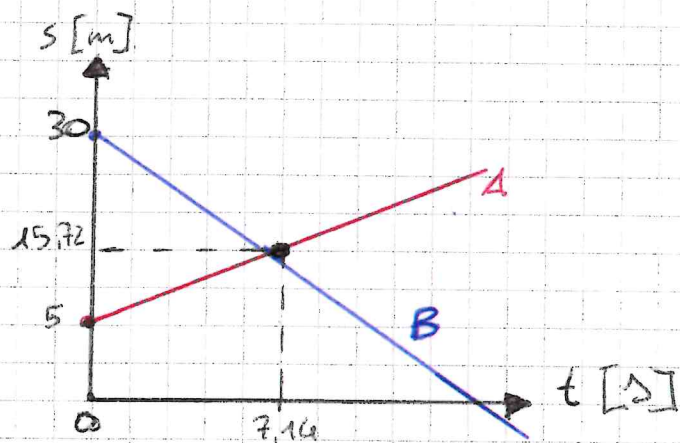
$$\hookrightarrow 5 + 1.5 \cdot t = 30 - 2 \cdot t$$

$$1.5t + 2t = 30 - 5 \rightarrow 3.5t = 25$$

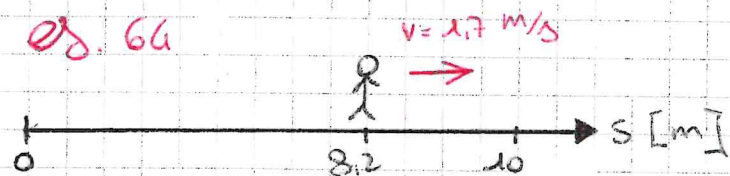
$$\frac{25}{3.5} = 7.14 \text{ [s]}$$

$$S_A(7.14) = 5 + 1.5 \cdot 7.14 = 15.71$$

$$S_B(7.14) = 30 - 2 \cdot 7.14 = 15.72$$



es. 64



1) Legge Oraria $S(t) = 8.2 + 1.7 \cdot t$

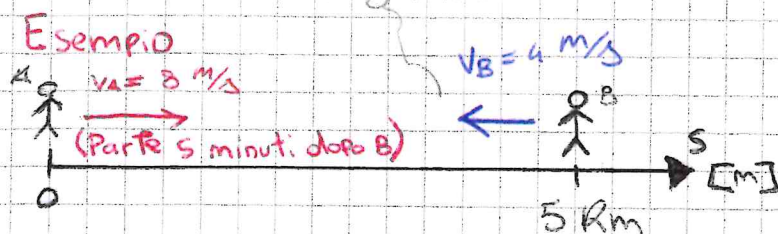
2) Dopo 5 s $S(5) = 8.2 + 1.7 \cdot 5 = 16.7 \text{ [m]}$

3) Dopo quanto tempo raggiunge 10 m

Uso ancora la legge oraria

$$10 = 8.2 + 1.7 \cdot t$$

$$t = \frac{10 - 8.2}{1.7} = 1.1 \text{ s}$$



Dove e quando si incontrano sapendo che "A" parte dopo 5 min rispetto "B"

$$\{ S(t) = S_0 + v \cdot (t - t_0) \}$$

$$S_A(t) = 0 + 8 \cdot (t - 300)$$

$$5 \text{ minuti} \rightarrow \Delta = 5 \cdot 60 = 300 \text{ s}$$

$$S_B(t) = 5000 - 4 \cdot t$$

$$5 \text{ Km} \rightarrow m = 5 \cdot 1000 = 5000 \text{ m}$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

$$8 \cdot (t - 300) = 5000 - 4 \cdot t$$

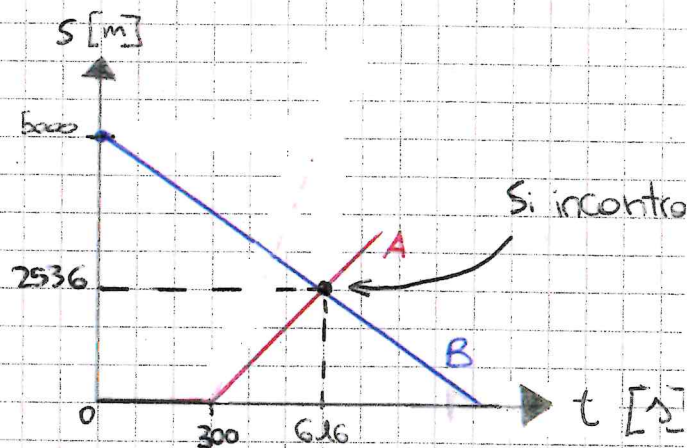
$$8 \cdot (t - 300) + 4t = 5000$$

$$8t - 2400 + 4t = 5000$$

$$8t + 4t = 5000 + 2400$$

$$12t = 7400$$

$$\frac{7400}{12} \approx 616 \text{ [s]}$$

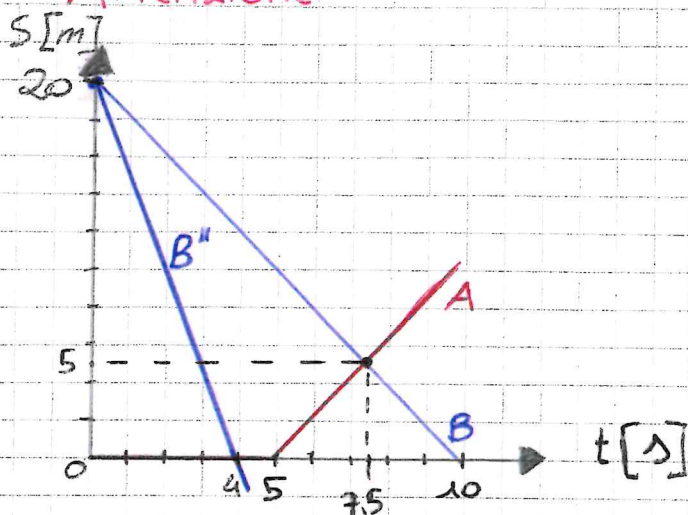


$$S_A(616,7) = 0 + 8 \cdot (616,7 - 300) = 2528 \text{ [m]}$$

$$S_B(616,7) = 5000 - 4 \cdot 616 = 2536 \text{ [m]}$$

Si può scegliere uno dei due, è indifferente

Attenzione



$$V_A = \frac{5}{2.5} = 2 \text{ m/s}$$

$$I^\circ \quad V_B = -\frac{20}{10} = -2 \text{ m/s}$$

$$S_A(t) = 0 + 2 \cdot (t - 5)$$

$$S_B(t) = 20 - 2 \cdot t$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

$$2 \cdot (t - 5) = 20 - 2t$$

$$2t - 10 = 20 - 2t$$

$$2t + 2t = +10 + 20$$

$$\frac{4t}{4} = \frac{30}{4}$$

$$\frac{30}{4} = 7.5 \text{ s}$$

$$S_B(7.5) = 20 - 2 \cdot 7.5 = 5 \text{ m}$$

$$S_A(t) \begin{cases} 0 & t \leq 5 \\ 0 + V_A \cdot (t - 5) & t \geq 5 \end{cases}$$

II°

$$V_B = -\frac{20}{4} = -5 \text{ m/s}$$

$$\begin{cases} V_A = 2(t - 5) \\ V_B = 20 - 5t \end{cases}$$

$$2(t - 5) = 20 - 5t$$

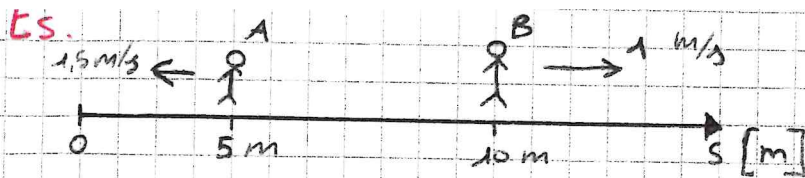
$$2t - 10 = 20 - 5t$$

$$2t + 5t = +10 + 20$$

$$7t = 30$$

$$7t = 30$$

$$\frac{30}{7} = 4.28 \text{ s}$$



$$S_A(t) = 5 - 1.5 \cdot t$$

$$S_B(t) = 10 + 1 \cdot t$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

$$5 - 1.5t = 10 + 1t$$

$$-1.5t - 1t = -5 + 10$$

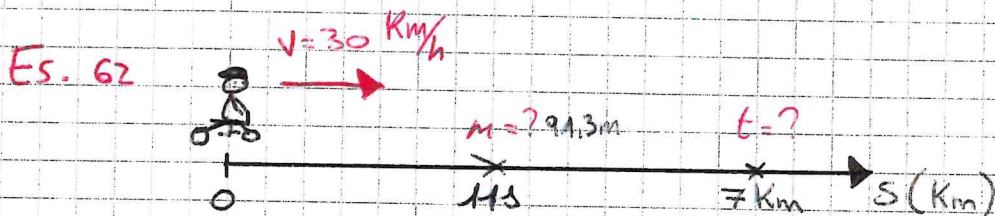
$$-2.5t = 5$$

$$2.5t = -5$$

$$-\frac{5}{2.5} = -2 \text{ s}$$

$$t = -2 \text{ s}$$

↓
impossibile



* $30\text{ Km/h} \xrightarrow{3.6} 8.3\text{ m/s}$

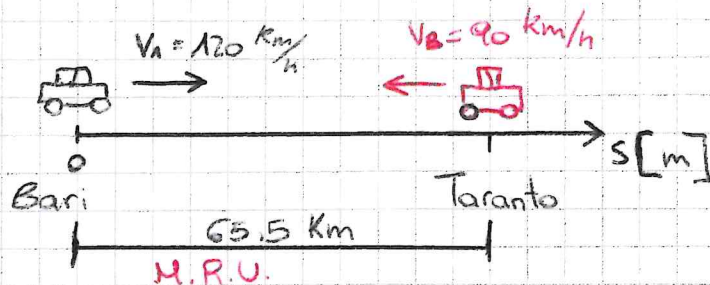
* $S(t) = 0 + 8.3 \cdot t$

* $S(11) = 8.3 \cdot 11 = 91.3\text{ [m]}$

* $S(7\text{ Km}) = 8.3 \cdot t \Rightarrow t = \frac{7000}{8.3} = 843\text{ s}$

$7\text{ Km} \rightarrow 7000\text{ m}$

Es. 69



$$S_A(t) = 0 + 33,3 \cdot t$$

$$120 \text{ km/h} \xrightarrow{3,6} 33,3 \text{ m/s}$$

$$S_B(t) = 65600 - 25 \cdot t$$

$$90 \text{ km/h} \xrightarrow{3,6} 25 \text{ m/s}$$

$$65,6 \text{ km} \rightarrow 65600 \text{ m}$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

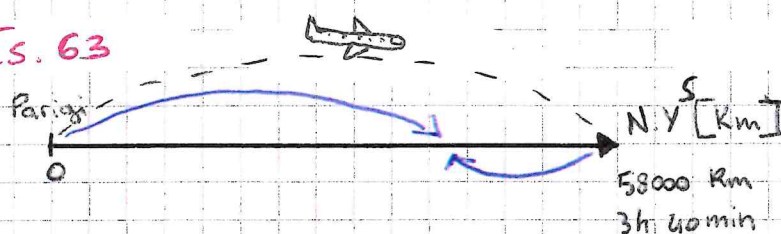
$$33,3t = 65600 - 25t$$

$$33,3t + 25t = 65600$$

$$58,3t = 65600$$

$$\frac{65600}{58,3} = 1125 \text{ s} \approx 19 \text{ minuti}$$

Es. 63



$$* V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{58000 \text{ km}}{\underbrace{(3 \cdot 60 \cdot 60 + 40 \cdot 60)}_{13200 \text{ s}}} = 439,4 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ h} &\rightarrow 180 \text{ min} \\ 180 + 40 &= 220 \text{ min} \\ 220 \text{ min} \cdot 60 &= 13200 \text{ s} \end{aligned}$$

$$* S(2700) = 0 + 439,4 \cdot 2700 = 1186380 \text{ m}$$

$$45 \text{ min} \rightarrow 2700 \text{ s}$$

$$\downarrow$$

$$1186,38 \text{ km}$$

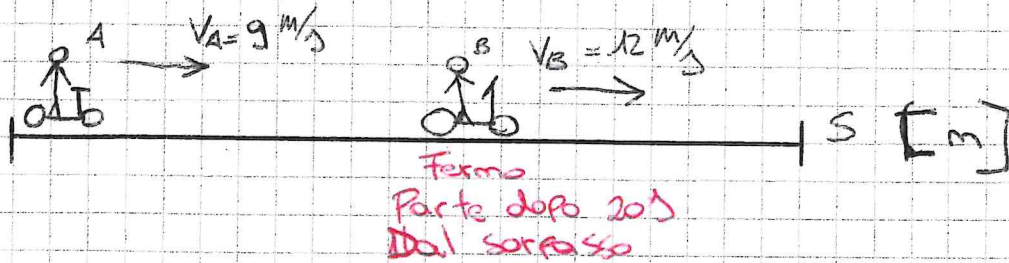
$$* 3 \text{ h } 40 \text{ min} - 1 \text{ h } 35 \text{ min} = 2 \text{ h } 5 \text{ min} \quad (2 \cdot 60 \cdot 60 + 5 \cdot 60) = 7500 \text{ s}$$

$$S(7500) = 439,4 \cdot 7500 = 329,55 \cdot 10^3 \text{ km}$$

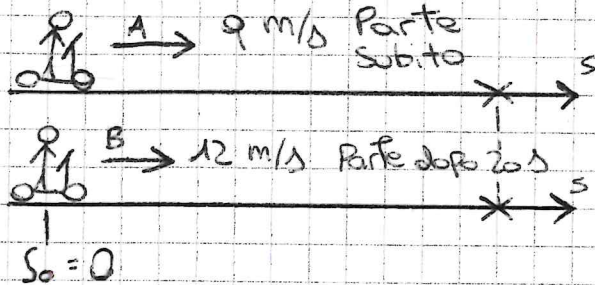
↳ fare inci

(16)

es. 68



1) Faccio partire il cronometro nell'istante del sorpasso



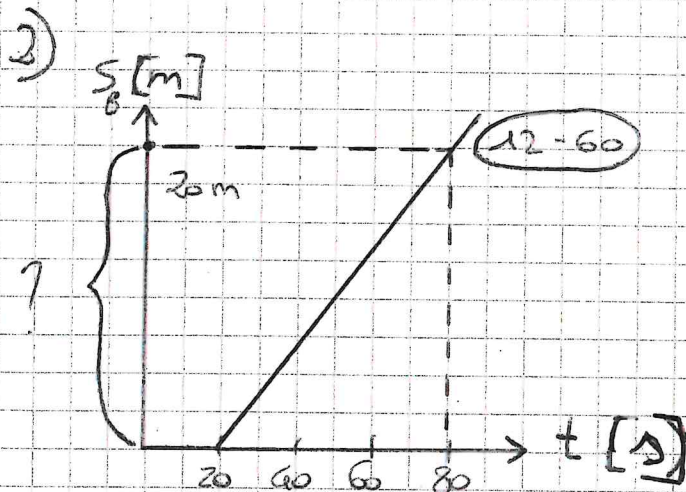
$$\begin{cases} S_A(t) = 0 + 9 \cdot t \\ S_B(t) = 0 + 12 \cdot (t - 20) \end{cases}$$

$$9t = 12 \cdot (t - 20)$$

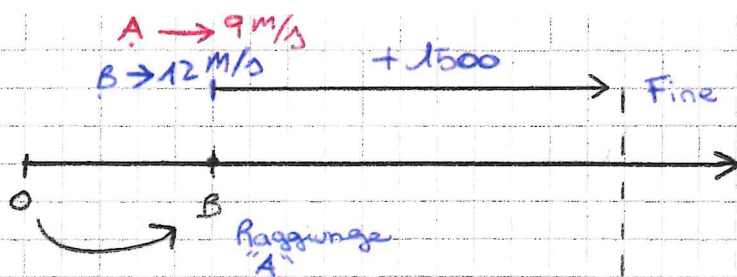
$$9t = 12t - 240$$

$$9t - 12t = -240$$

$$-3t = -240 \rightarrow t = -\frac{-240}{-3} = 80$$



3)



$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



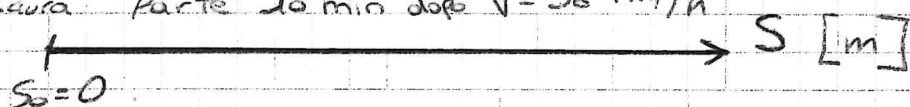
$$\Delta t_A = \frac{1500}{9} = 167$$

$$\Delta t = 167 - 125 = 42 \text{ s}$$

$$\Delta t_B = \frac{1500}{12} = 125$$

Problema

es. 72

A Martina $V = 4 \text{ m/s}$ B Laura Parte 10 min dopo $V = 36 \text{ Km/h}$ 

$$10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

$$36 \text{ Km/h} \xrightarrow{3,6} 10 \text{ m/s}$$

$$\begin{cases} S_A(t) = 0 + 4 \cdot t \\ S_B(t) = 0 + 10 \cdot (t - 600) \end{cases}$$

$$4t = 10(t - 600)$$

$$4t = 10t - 6000$$

$$4t - 10t = -6000$$

$$-6t = -6000 \rightarrow t = \frac{-6000}{-6} = 1000 \text{ s}$$

Problema 99



• Dove si incontrano?

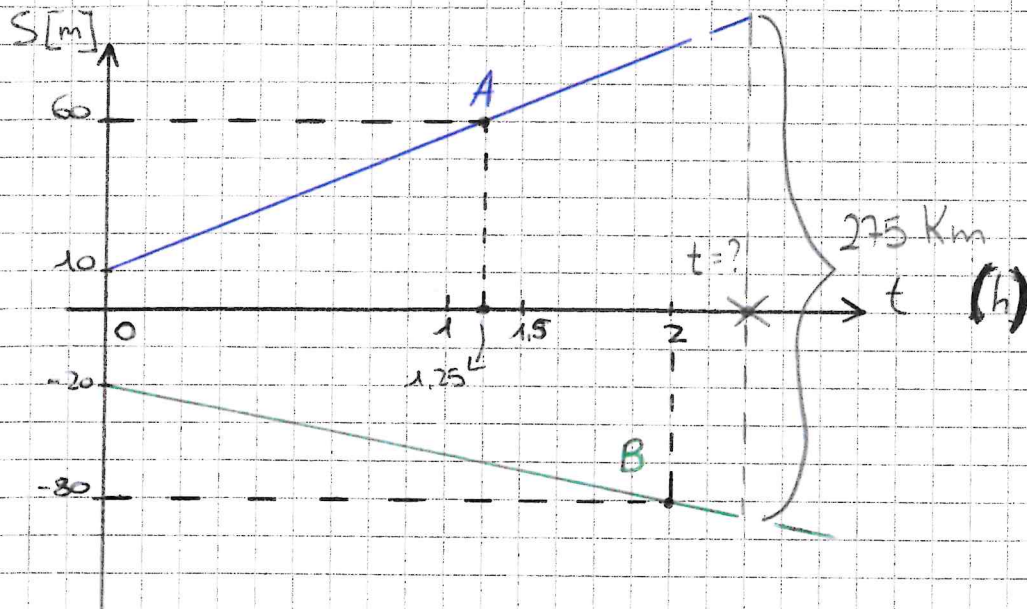
• Velocità di y

$$V_x = 100 = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Km}$$

$\leftarrow 2$

$$V_y = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{150}{2} = -75 \text{ Km/h}$$

Problema 81.



$$V_A = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{60 - 10}{1.25 - 0} = 40 \text{ Km/h}$$

$$V_B = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{-80 - (-20)}{2 - 0} = -30 \text{ Km/h}$$

$$S_A = 10 + 40t$$

$$S(t) = S_0 + v(t - t_0)$$

$$S_B = -20 - 30 \cdot t$$

$$S_A(t) - S_B(t) = 275$$

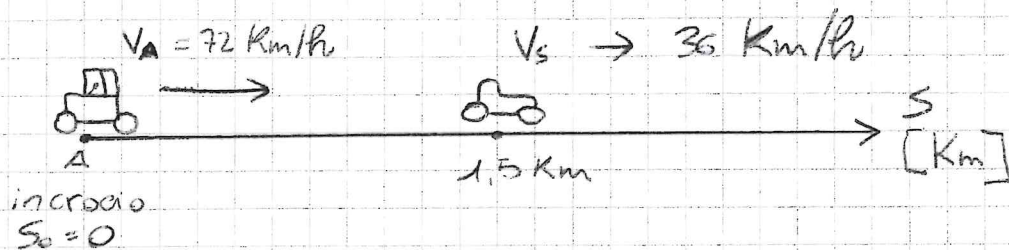
$$(10 + 40t) - (-20 - 30t) = 275$$

$$40t + 30t = -20 - 10 + 275$$

$$\begin{aligned} 70t &= 245 \\ t &= \frac{245}{70} \end{aligned}$$

$$t = \frac{245}{70} = 3,5 \text{ h}$$

Problema 100



$$S_A = 0 + 72 \cdot t$$

$$S_B = 1.5 + 36 \cdot t$$

Quando si incontrano

$$72 \cdot t = 1.5 + 36 \cdot t$$

$$72 \cdot t - 36 \cdot t = 1.5$$

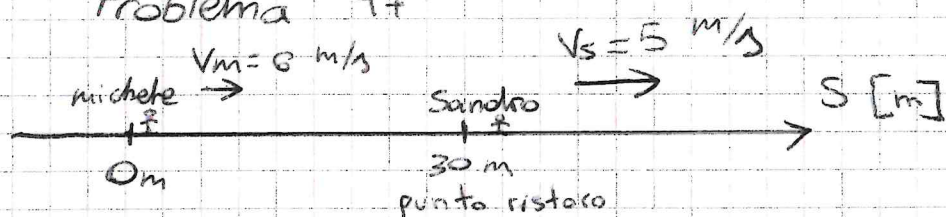
$$36 \cdot t = 1.5 \quad t = \frac{1.5}{36} = 0.047 \text{ [h]}$$

$$0.047 : 1 \text{ h} = x : 60 \text{ min}$$

$$x = 60 \cdot 0.047 = 2.8 \text{ min}$$

$$S_A(0.047 \text{ h}) = 72 \cdot 0.047 = 3.4 \text{ [Km]}$$

Problema 97



$$S(m) = 0 + 6t$$

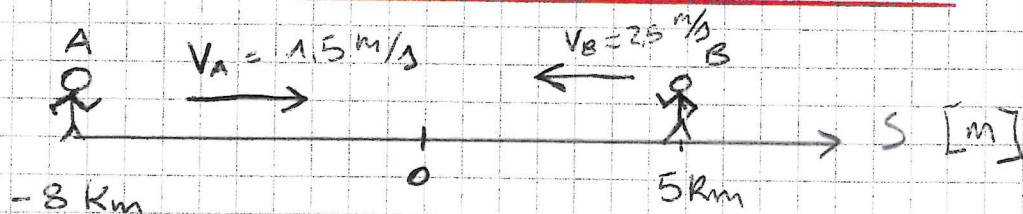
$$S(s) = 30 + 5t$$

$$6t = 30 + 5t$$

$$6t - 5t = 30$$

$$t = 30 \text{ s}$$

Problema (Potrebbe esserci nel compito)



Dove e quando si incontrano

$$S_A = -8000 + 1.5 \cdot t$$

$$S_B = 5000 - 2.5 \cdot t$$

$$-8000 + 1.5t = 5000 - 2.5t$$

$$1.5t + 2.5t = +8 + 5$$

$$4t = 13$$

Test fisica (Simulazione)

2) $t_1 = 2h$ $S_1 = 18 Km$ casa

$t_2 = 5h$ $S_2 = 6 Km$ da casa

$$V_{media} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{6 - 18}{5 - 2} = -4 Km/h$$

3) $S_1 = 17 Km$

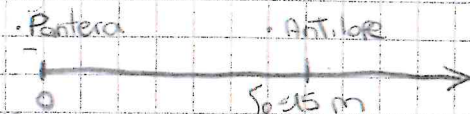
$t_1 = 0.25 h$

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{17}{0.25} = 68 Km/h$$

$$68 Km/h \xrightarrow{\cdot 3.6} \approx 24 m/s$$

5) $V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{180 - 20}{100 - 0} = 1.6 m/s$

$$\Delta s = V \cdot \Delta t = 1.6 \cdot 100 = 160 m$$

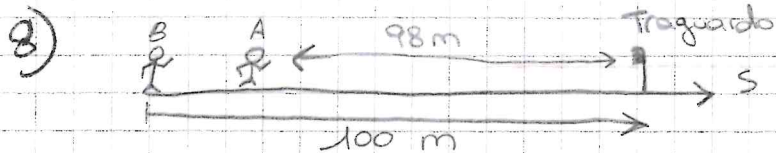


6) Pantera $\rightarrow V = 100 Km/h$ $t = 20s$ $\xrightarrow{\cdot 3.6} 28 m/s$

Antilope $\rightarrow V = 85 Km/h$ $\xrightarrow{\cdot 3.6} 24 m/s$

$S_p(t) = 0 + 28 \cdot t \rightarrow$ dove si incontrano $0 + 28 \cdot 20 = 560 m$

$S_A(t) = 15 + 24 \cdot t \rightarrow 15 + 24 \cdot 20 = 495 m$



$$S_B(t) = 0 + 8,40 \cdot t$$

$$S_A(t) = 2 + 8,10 \cdot t$$

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta t \begin{cases} A \Delta t = \frac{98}{8,1} = 12,1 \text{ s} \\ B \Delta t = \frac{100}{8,4} = 11,9 \text{ s} \end{cases} \left. \begin{array}{l} \text{m di distacco} \\ \text{in secondi} \end{array} \right\}$$

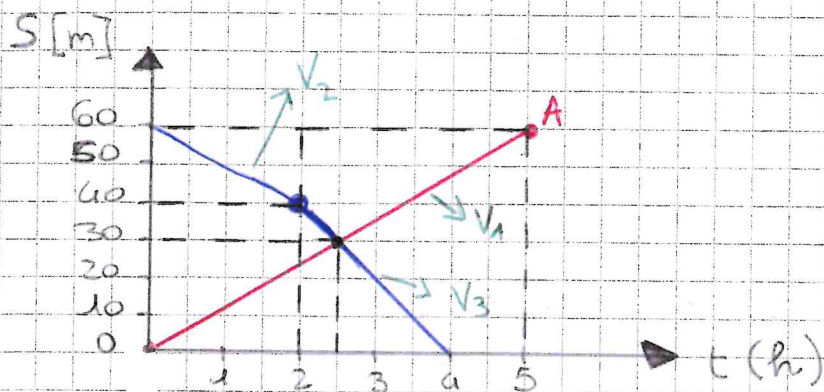
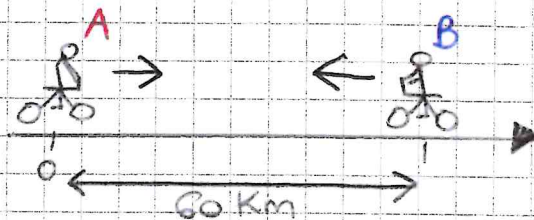
$$S_B = 0 + 8,4 \cdot t$$

$$S_A(11,9) = 2 + 8,1 \cdot (11,9) = 98,4 \text{ m}$$

$$100 - 98,4 = 1,6 \text{ m}$$

di distacco
che ha preso
A da B che
è già arrivato
al traguardo

Problema



Due ciclisti percorrono la stessa strada in versi opposti

- 1) Descrivi cosa succede
- 2) Disegna i grafici velocità tempo
- 3) In quale istante e posizione

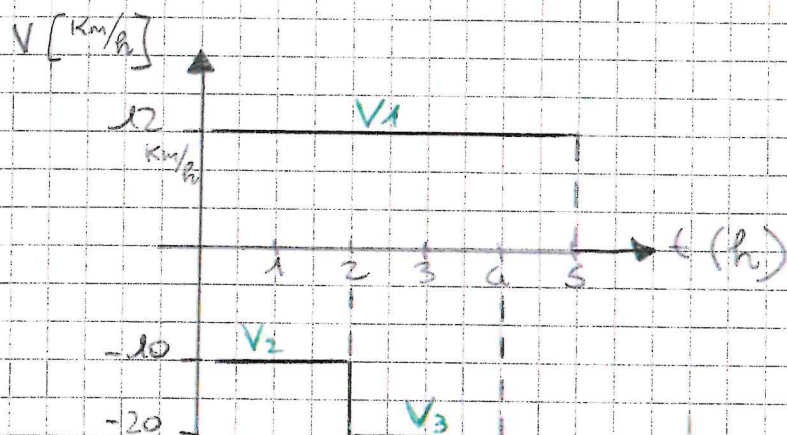
1)

$$V_1 = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{60 - 0}{5 - 0} = \frac{60}{5} = 12 \text{ Km/h}$$

$$V_2 = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{40 - 60}{2 - 0} = \frac{-20}{2} = -10 \text{ Km/h}$$

$$V_3 = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 40}{4 - 2} = \frac{-40}{2} = -20 \text{ Km/h}$$

2)



$$S_A(t) = 0 + 12 \cdot t$$

$$S_B(t) = 60 - 20 \cdot (t - 2)$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

$$0 + 12 \cdot t = 60 - 20 \cdot (t - 2)$$

$$12t + 20t = 60 + 40$$

$$\frac{32t}{32} = \frac{100}{32}$$

$$t = 2.5 \text{ h}$$

$$S_A(2.5) = 12 \cdot 2.5 = 30 \text{ Km}$$

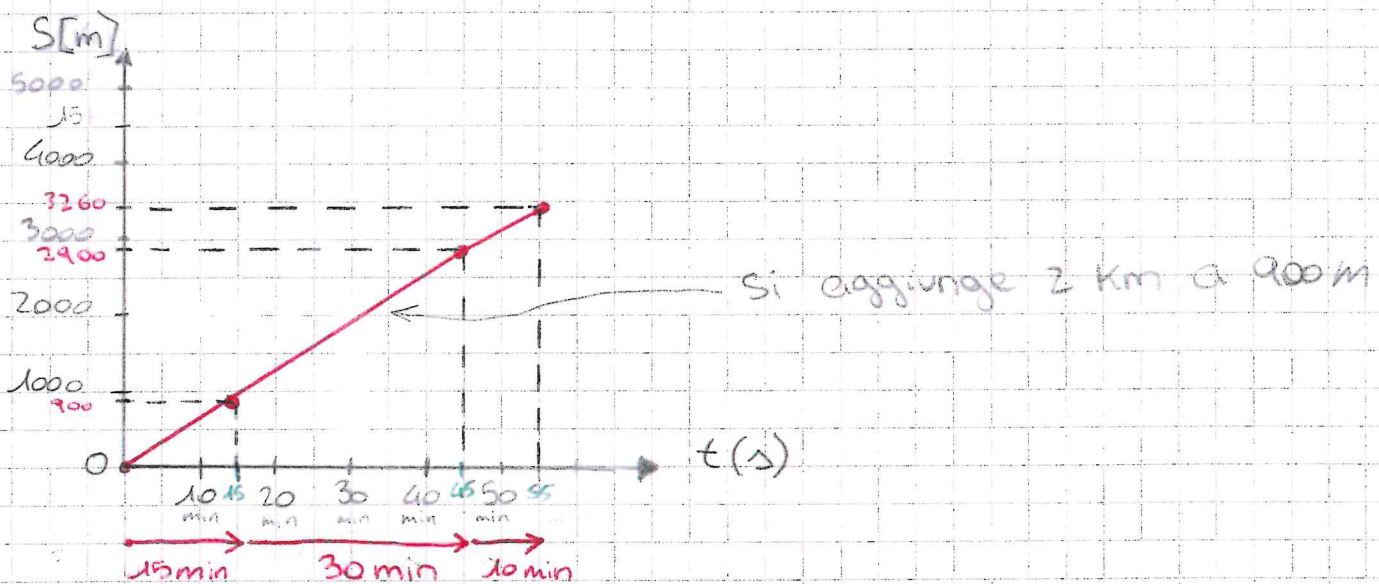
Calcoliamo Velocità media di B

$$V_m = \frac{0-60}{0-0} = -\frac{60}{0} = -15 \text{ Km/h}$$

Problema

Marco esce di casa e Per 15 minuti tiene una velocità di 1 m/s , Poi Per 30 minuti Percorre 2 Km , Poi Per 10 minuti si muove con velocità 2 Km/h .

- Disegna il grafico spazio tempo (Prendi la casa come posizione zero).
- Calcola la vel. media totale



15 min $\rightarrow 900 \text{ s}$ (fa 900 m perché $\rightarrow 1 \text{ m/s}$)

$$2 \text{ Km/h} : 3,6 = 0,6 \text{ m/s}$$

10 min $\rightarrow 600 \text{ s}$

$$600 \cdot 0,6 = 360 \text{ m}$$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{S_f - S_i}{t_f - t_i} = \frac{3260}{(55-0)} \approx 1 \text{ m/s}$$

Moto Rettilineo Uniformemente Accelerato

È il moto di un corpo su traiettoria rettilinea ad accelerazione costante.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \text{accelerazione media} \quad [m/s^2] \quad \text{unità di misura}$$

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \quad \text{ricavo } v(t)$$

" costante " 0

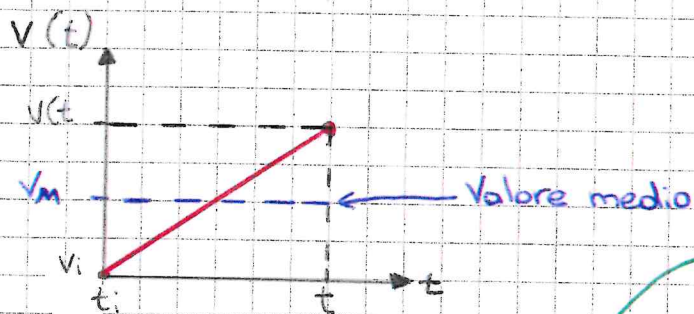
$$v(t) = v_i + a \cdot t$$

Legge oraria della velocità

Seconda legge oraria

v_i all'istante t_i
 a costante
 v_i Vel. iniziale
 t Variabile tempo

Se $a = \text{costante}$, la velocità varia in maniera lineare.



$$v_m = \frac{v_i + v(t)}{2}$$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_f - s_i}{t}$$

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{v_i + v(t)}{2} \rightarrow v(t) = v_i + a \cdot t$$

$$s(t) = s_0 + v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Legge oraria dello spazio
 1ª legge oraria

$$\frac{\Delta s}{t} = \frac{v_i + v_i + a \cdot t}{2}$$

$$\frac{\Delta s}{t} = \frac{2v_i + a \cdot t}{2}$$

$$\frac{\Delta s}{t} = \frac{2v_i}{2} + \frac{a \cdot t}{2}$$

$$\frac{\Delta s}{t} = v_i + \frac{1}{2} a \cdot t$$

$$t \left(\frac{s(t) - s_0}{t} \right) = \left(v_i + \frac{1}{2} a \cdot t \right) \cdot t$$

$$\Delta s = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

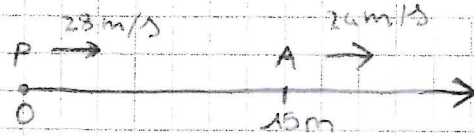
Terza formula

Problemi:

1)

$$P = 100 \text{ Km/h}$$

$$A = 85 \text{ Km/h}$$



$$S_P(t) = 0 + 28 \cdot t$$

$$S_A(t) = 15 + 24 \cdot t$$

$$100 \text{ Km/h} \xrightarrow{3,6} 28 \text{ m/s}$$

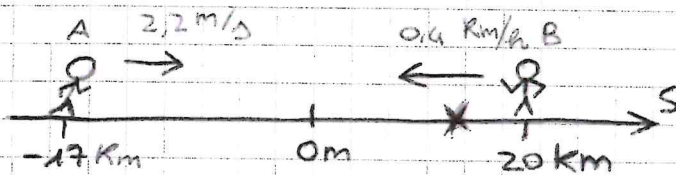
$$85 \text{ Km/h} \xrightarrow{3,6} 24 \text{ m/s}$$

• Dopo 20 s $\rightarrow$ dove si trova?

$$S_P(20) = 0 + 28 \cdot 20 = 560 \text{ m}$$

$$S_A(20) = 15 + 24 \cdot 20 = 495 \text{ m}$$

2)



A parte 5 min dopo B

• Dove si incontrano e quando?

$$S_A(t) = -17000 + 2,2 \cdot (t - 300)$$

$$S_B(t) = 20000 - 0,11 \cdot t$$

$$-17 \text{ Km} = -17000 \text{ m}$$

$$-0,4 \text{ Km/h} \xrightarrow{3,6} -0,11 \text{ m/s}$$

$$20 \text{ Km} = 20000 \text{ m}$$

$$5 \text{ min} \rightarrow 300 \text{ s}$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

$$-17000 + 2,2 \cdot (t - 300) = 20000 - 0,11 \cdot t$$

$$-17000 + 2,2t - 660 = 20000 - 0,11t$$

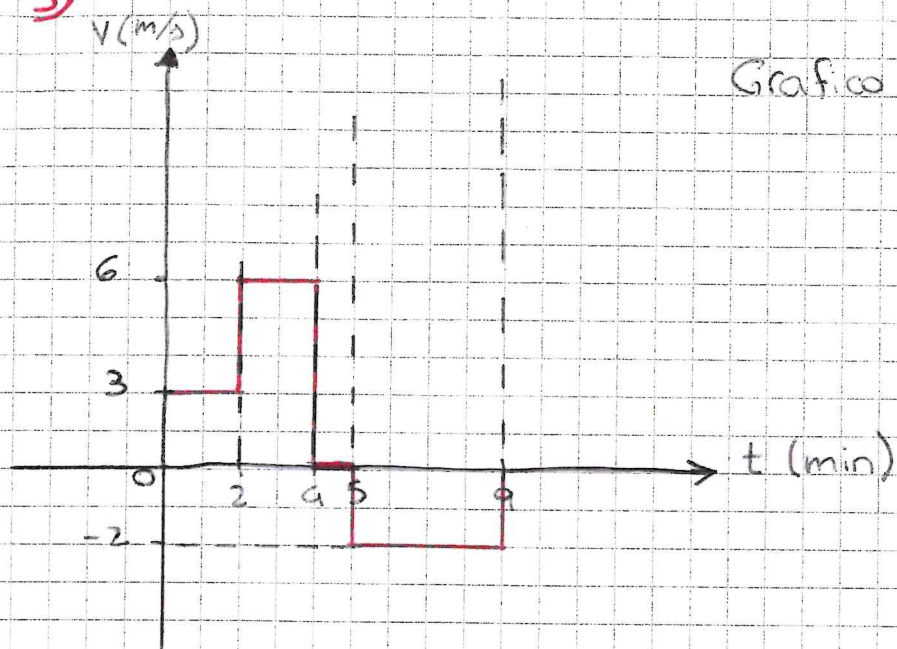
$$+2,2t + 0,11t = +17000 + 660 + 20000$$

$$2,31t = 37660$$

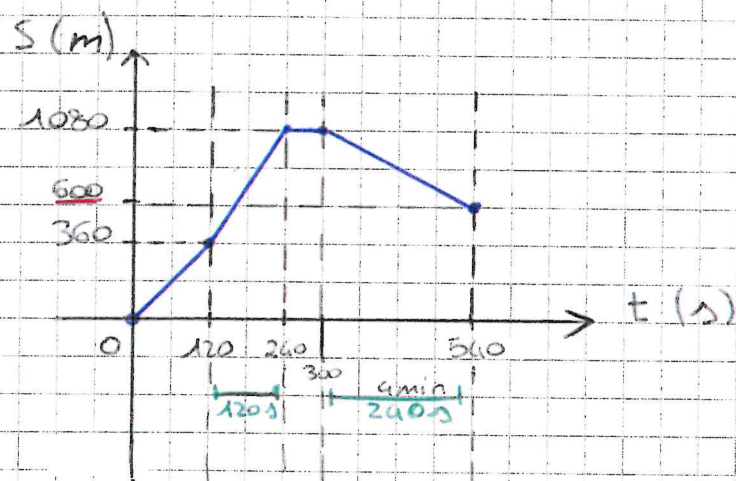
$$\frac{37660}{2,31} \cong 16303 \text{ s} \cong 271 \text{ min} \cong 4,52 \text{ h}$$

$$S_B(16303) = 20000 - 0,11 \cdot 16303 = 18206,67 \text{ m}$$

3)



Spazio - tempo



$$2 \cdot 60 = 120 \text{ s}$$

$$4 \cdot 60 = 240 \text{ s}$$

$$5 \cdot 60 = 300 \text{ s}$$

$$9 \cdot 60 = 540 \text{ s}$$

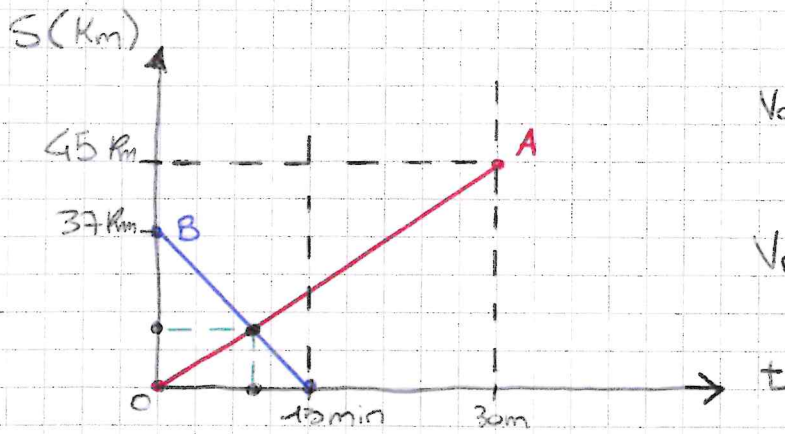
$$3 \cdot 120 = 360 \text{ m}$$

$$6 \cdot 120 = 720 \text{ m} \rightarrow 720 + 360 = 1080$$

$$240 \cdot (-2) = -480$$

$$1080 - 480 = \underline{600} \text{ m (Torna indietro di 600 m)}$$

4)



$$V_A = \frac{45000 \text{ m}}{1800 \text{ s}} = 25 \text{ m/s}$$

$$V_B = \frac{-37000}{900} = -41.1 \text{ m/s}$$

$$S_A(t) = 0 + 25 \cdot t$$

$$S_B(t) = 37000 - 41.1 \cdot t$$

$$S_A(t) = S_B(t)$$

$$25t = 37000 - 41.1t$$

$$25t + 41.1t = 37000$$

$$66.1t = 37000$$

$$t = \frac{37000}{66.1} = 559 \text{ s}$$

$$S_A(559) = 25 \cdot 559 = 13975 \text{ m}$$

N.B. CONVERTIRE SEMPRE IN m/s

Titolo = M.R.U.

Obiettivo = Caratteristiche del moto rettilineo uniforme (M.R.U.)

Concetti teorici = Che cos'è l'M.R.U., formule → spiegare

$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ e legge oraria $S(t) = S_0 + v \cdot (t - t_0)$

Strumenti =

- Metro Sensibilità → 1 mm
- Cronometro $\Delta t \rightarrow 1/1000$ sec

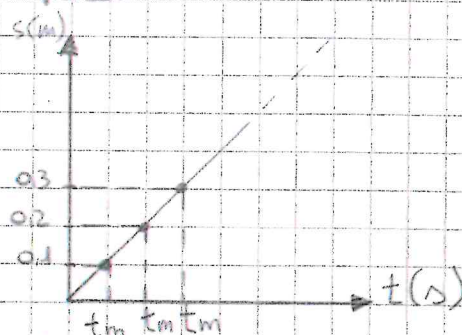
Materiali =

- Guidovia ad aria
- Banco
- Fototraguardi
- Slitta (oggetto che si muove)
- Compressore
- Peso
- Sgabello

Condotta pratica = Eliminare l'attrito, creare un cuscinetto d'aria

Fra la guidovia ad aria e la slitta, ripetere le misure 3 volte fare punto per punto e spiegare passo passo.

Δs (m)	Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_m	$V = \frac{\Delta s}{\Delta t_m}$
0,1m					
0,2m					
0,3m					



$V = \frac{s}{t}$ Misura Spazio (s) → incertezza = $\Delta s = \pm 0,001$ m
 Misura tempo (t) → incertezza = $\Delta t = \pm 0,001$ s

Errore Relativo Velocità = $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\frac{\Delta s}{s} + \frac{\Delta t}{t}}{1}$

Prendiamo la 6° misura
 $V = \frac{0,6}{t_m}$
 $\frac{\Delta s}{s} = \frac{0,001}{0,6}$
 $\frac{\Delta t}{t} = \frac{0,001}{t_m}$

$e_{\text{relativo}} \% = e_r \cdot 100$

Esercizi M.R.U.A

Es. 1

Es. 1 Un ciclista pedala alla velocità di 10 km/h; durante gli ultimi 4 s dello sprint finale aumenta la sua velocità fino ai 15 m/s. Calcolare l'accelerazione media e lo spazio che il ciclista ha percorso in quei 4 s.

$$V_i = 10 \text{ km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 2,78 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 4 \text{ s}$$

$$a = ?$$

$$V_f = 15 \text{ m/s}$$

$$\Delta s \text{ in } 4 \text{ s} = ?$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{15 - 2,78}{4} \approx 3 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} = \frac{15^2 - 2,78^2}{2 \cdot 3} = 36,21 \text{ m}$$

Es. 2

Es. 2 Un'automobile sta viaggiando a 100 km/h. Ad un certo punto l'automobilista inizia a decelerare, con un a costante pari a -6 m/s^2 , fino a fermarsi. Quanto tempo ci mette e quanto spazio percorre?

$$V_i = 100 \text{ km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 27,8 \text{ m/s}$$

$$a = -6 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta t = ?$$

$$V_f = 0$$

$$\Delta s = ?$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} = \frac{0^2 - (27,8)^2}{2 \cdot (-6)} = 64,40 \text{ [m]}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{0 - 27,8}{-6} = 4,63 \text{ s}$$

Es. 3

Es. 3 Supponiamo che la massima decelerazione che vi sia possibile realizzare con la vostra auto sia di 5.1 m/s^2 . Se state viaggiando a 135 km/h e avvistate un posto di controllo della polizia, qual'è il tempo che vi occorre per portarvi alla velocità di 90 km/h ?

$a = -5.1 \text{ m/s}^2$

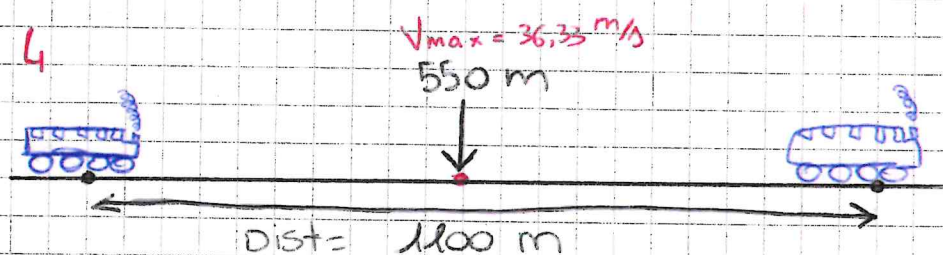
$\Delta t = ?$

$V_i = 135 \text{ km/h} \xrightarrow{\cdot 3.6} 37.5 \text{ m/s}$

$V_f = 90 \text{ km/h} \xrightarrow{\cdot 3.6} 25 \text{ m/s}$

$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{25 - 37.5}{-5.1} = 2.45 \text{ s}$

Es. 4



$\Delta s = 1100 \text{ m}$

$\Delta t_{\text{tot}} = ?$

$a = 1.2 \text{ m/s}^2$ Prima metà

$V_{\text{max}} = ?$

$a = -1.2 \text{ m/s}^2$ Seconda metà

Es. 4 Due fermate della metropolitana distano 1100 m . Supponiamo che, partendo da fermo, il convoglio acceleri con $a = 1.2 \text{ m/s}^2$ nella prima metà del tragitto, e poi decelerì con $a = -1.2 \text{ m/s}^2$ nella seconda metà. Quanto tempo ci mette a raggiungere la seconda stazione? Qual'è la velocità massima raggiunta dal convoglio?

$V_i = 0$ $V_f = 0$

$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} \xrightarrow{a = 1.2 \text{ m/s}^2}$

$550 = \frac{V_f^2 - 0}{(1.2 \cdot 2)} \rightarrow \frac{V_f^2}{2.4} = 550 \rightarrow$

$V_f = \sqrt{550 \cdot 2.4} = 36.33 \text{ m/s}$

$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{36.33}{1.2} = 30.3 \text{ s}$ (1° tempo)

$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{-36.33}{-1.2} = 30.3 \text{ s}$ (2° tempo)

tempo totale = $30.3 + 30.3 = 60.6 \text{ s}$

Es. 5

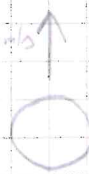
$$V_i = 100 \text{ m/s}$$

$$V_f = 0$$

$$\Delta t = ?$$

$$V_f = 0$$

$$V_i = 100 \text{ m/s}$$



$$a = -9,81 \text{ m/s}^2$$

(perché sale)

Es. 5 Un oggetto viene lanciato verso l'alto con una velocità iniziale di 100 m/s. Trascurando la resistenza dell'aria, in quanto tempo raggiunge il punto più alto della traiettoria? (Cioè il punto in cui arriva ad avere velocità nulla).

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} \rightarrow \frac{0 - 100}{-9,81} = 10,2 \text{ s}$$

Es. 6

$$t_f = 10 \text{ s}$$

$$v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$a = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$v_f = 0$$

$$\Delta s = ?$$



$$\Delta s = ?$$

$$98,1 \text{ m/s}$$

Impatto
fine.

$$V_f = a \cdot t = 9,81 \cdot 10 = 98,1 \text{ m/s}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} = \frac{98,1^2 - 0}{2 \cdot 9,81} = 490,5 \text{ m}$$

Es. 6 È possibile stimare la profondità di un dirupo lasciando cadere un sasso e misurando quanto tempo dopo lo si sente toccare terra. Per esempio, se il sasso ci mette 10 s a cadere, qual'è la profondità?

Esercizi: Scheda M.R.U. e M.R.U.A. (s. macchine)

1) $V_i = 65 \text{ Km/h} \xrightarrow{3,6} 18, \text{ m/s}$ $D1 \Rightarrow \Delta s = 210 \text{ m}$
 $V_2 = V_i$ $D2 \Rightarrow \Delta t = 15,4 \text{ s}$
 $V_3 = 28 \text{ Km/h} \xrightarrow{3,6} 7,78 \text{ m/s}$

$$V_m = \frac{\Delta s_{\text{TOT}}}{\Delta t_{\text{TOT}}} = \frac{D1 + D2}{t_1 + t_2} = \frac{210 + D2}{t_1 + 15,4}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{7,78^2 - 18^2}{2 \cdot (-0,66)} = 199,60 \text{ m (D2)}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i} = \frac{7,78 - 18}{15,4} = -0,66 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{210}{18} = 11,67 \text{ s (t}_1\text{)}$$

$$V_m = \frac{\Delta s_{\text{TOT}}}{\Delta t_{\text{TOT}}} = \frac{D1 + D2}{t_1 + t_2} = \frac{210 + 199,60}{11,67 + 15,4} = 15,13 \text{ m/s}$$

2) $V_1 = V_i = 16 \text{ m/s}$ $V_2 = 40 \text{ m/s}$ $V_3 = 40 \text{ m/s}$ $V_4 = 0 \text{ m/s}$
 $t_i = t_1 = 0$ $t_2 = 32 \text{ s}$ $t = 128 \text{ s}$ $t_f = t_4 = 164 \text{ s}$

$$V_m = \frac{\Delta s_{\text{TOT}}}{\Delta t_{\text{TOT}}} = \frac{D1 + D2 + D3}{164} = \frac{896 + 3840 + 320}{164} = 35,11 \text{ m/s}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{40^2 - 16^2}{2 \cdot 0,75} = 896 \text{ m (D1)}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i} = \frac{40 - 16}{32} = 0,75 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 40 \cdot (128 - 32) = 3840 \text{ m (D2)}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{0 - 40^2}{2 \cdot (-2,5)} = 320 \text{ m (D3)}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 40}{164 - 128} = -2,5 \text{ m/s}^2$$

$$3) V_{i1} = 85 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 23,6 \text{ m/s}$$

$$V_{f1} = 0$$

$$a_1 = -3,8 \text{ m/s}^2$$

$$V_{i2} = 105 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 29,17 \text{ m/s}$$

$$V_{f2} = 0$$

$$a_2 = -2,9 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta S_1 = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{0^2 - 23,6^2}{2 \cdot (-3,8)} = 73,3 \text{ m (D1)}$$

$$\Delta S_2 = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{0^2 - 29,17^2}{2 \cdot (-2,9)} = 146,7 \text{ m (D2)}$$

$$\text{Spazio frenata} = 73,3 + 146,7 = 220 \text{ m}$$

Con Tempi di reazione

$$\begin{cases} \Delta s = v \cdot \Delta t \end{cases}$$

$$D_1 = 0,93 \cdot 23,6 = 21,9 \text{ m}$$

$$D_2 = 0,93 \cdot 29,17 = 27,1 \text{ m}$$

$$220 + 21,9 + 27,1 = 269 \text{ m (QUINDI, SI SCONTRANO)}$$

$$4) V_{i1} = 15 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 4,17 \text{ m/s}$$

$$t_2 = 8,7 \text{ s}$$

$$1) V_{i1} = 95 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 26,39 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{26,39 - 4,17}{8,7} = 2,55 \text{ m/s}^2$$

$$V_{i2} = 23 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 6,39 \text{ m/s}$$

$$2) V_{i2} = 84 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 23,33 \text{ m/s}$$

$$S_r = 38 \text{ m}$$

$$\Delta S = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} \rightarrow a = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2\Delta S} = \frac{23,33^2 - 6,39^2}{2 \cdot 38} = 3,62 \text{ m/s}^2$$

accelera di più la 2° macchina

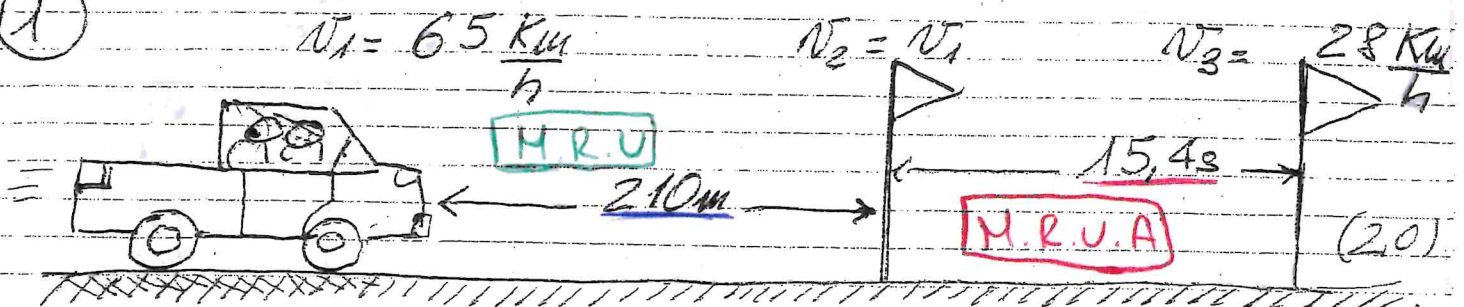
(34)

N.B. FORMULE INVERSE = SE QUELLO CHE SI DEVE TROVARE È SOTTO SI FA DIVISO (/). SE È SOPRA SI FA PER (·)

ESERCIZI (MRU e MRUA)

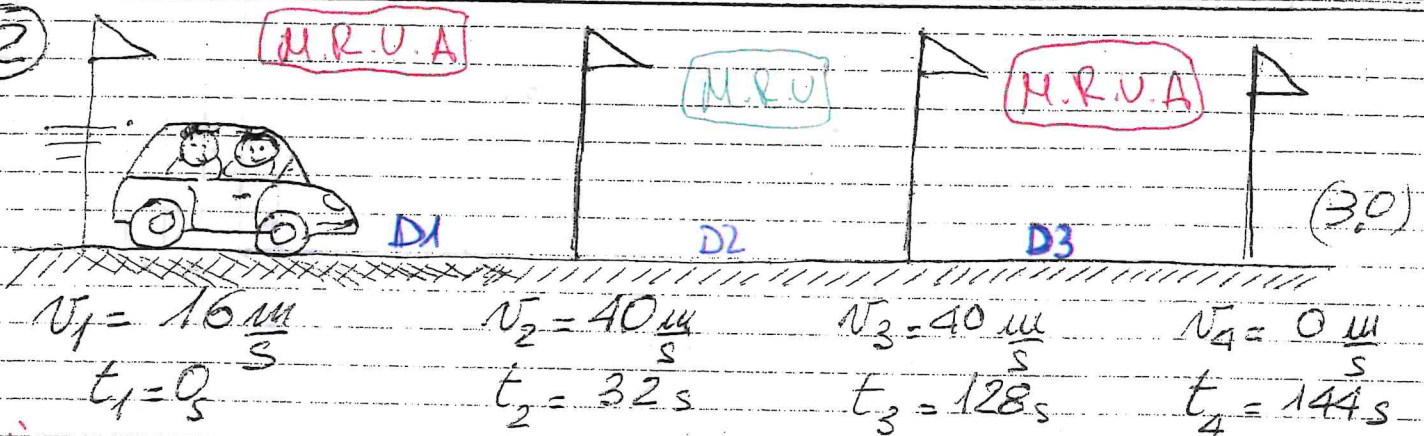
11

①



CALCOLARE LA VELOCITA' MEDIA ($v_m = ?$)
[R: 15.13 m/s]

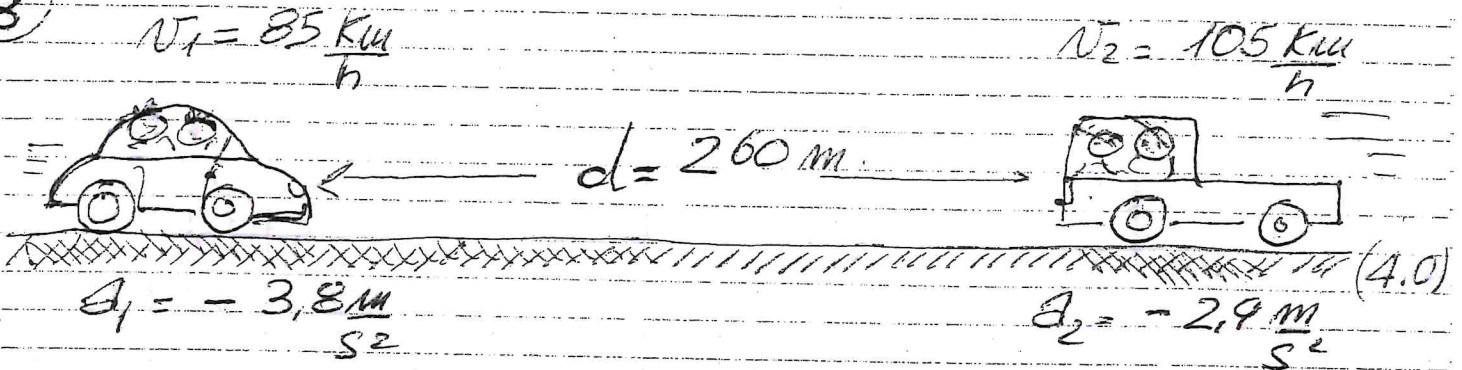
②



c'è in verifica!

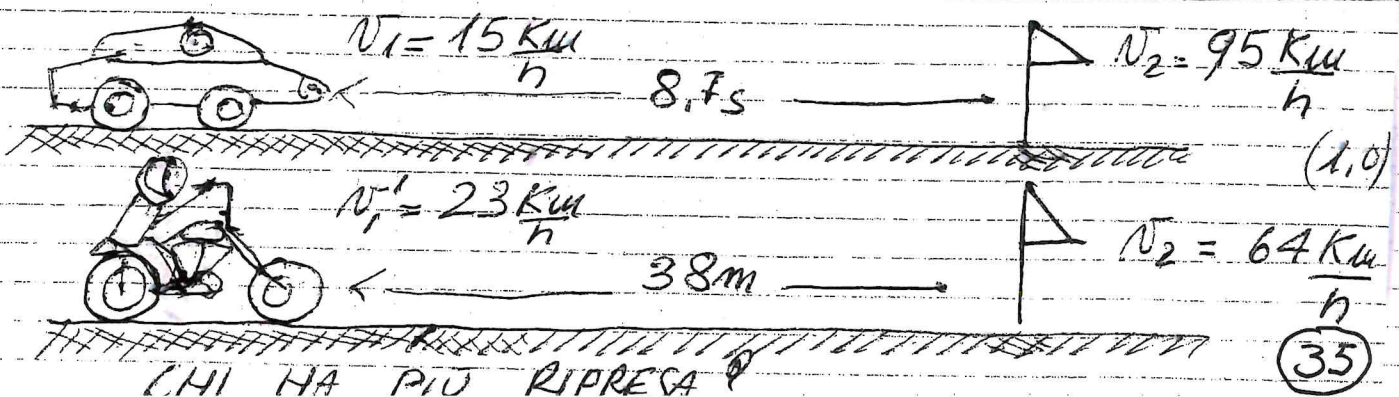
CALCOLARE LA VELOCITA' MEDIA ($v_m = ?$).
[R: 35.11 m/s]

③



VERIFICARE SE I VEICOLI SI SCONTRANO: SENZA e CON I TEMPI DI REAZIONE ($\Delta t' = 0.93\text{s}$)

④



CHI HA PIU' RIPRESA?

Grafici M.R.U.A.

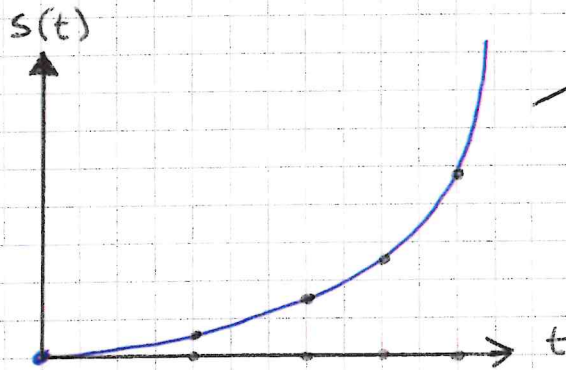
Grafici Spazio Tempo

Spazio e Tempo sono legati dalla legge

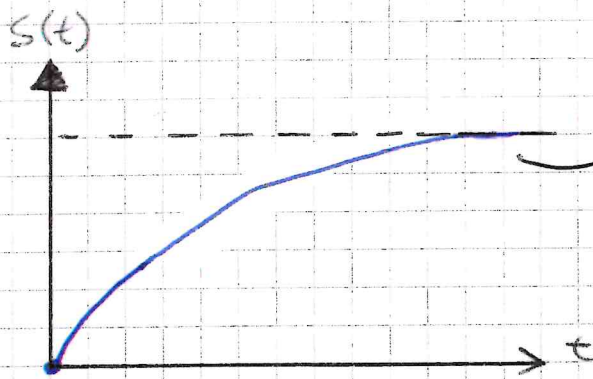
$$S(t) = S_0 + v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Spazio in funzione del tempo

Quindi:



→ In questo caso $a > 0$ cioè il corpo accelera



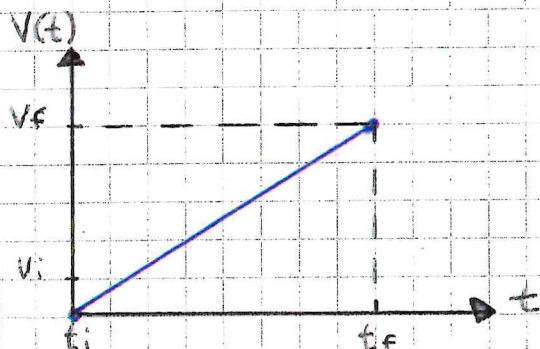
→ In questo caso $a < 0$ cioè il corpo decelera

Grafici Velocità Tempo

$$V(t) = v_i + a \cdot t$$

$$a = \frac{V(t) - v_i}{\Delta t}$$

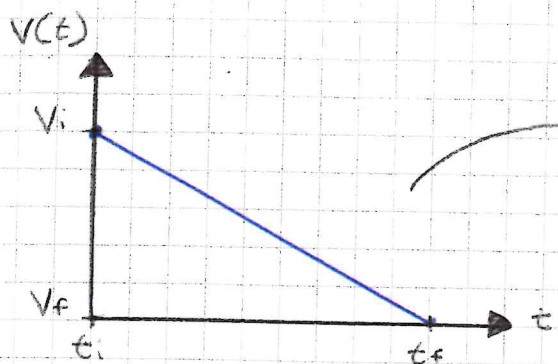
Pendenza della retta
↑
Coefficiente angolare della Retta



$$(y = mx + c)$$

↑ Coefficiente angolare

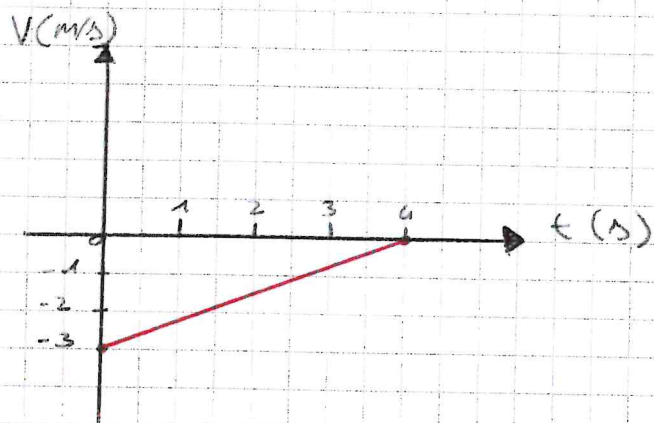
In questo caso $a > 0$ (stai accelerando)



In questo caso $a < 0$
(stai decelerando)

Problema 120 es. 269

Un'auto procede con grafico velocità-tempo. Calcola la distanza percorsa.



$$V_i = -3 \text{ m/s}$$

$$V_f = 0 \text{ m/s}$$

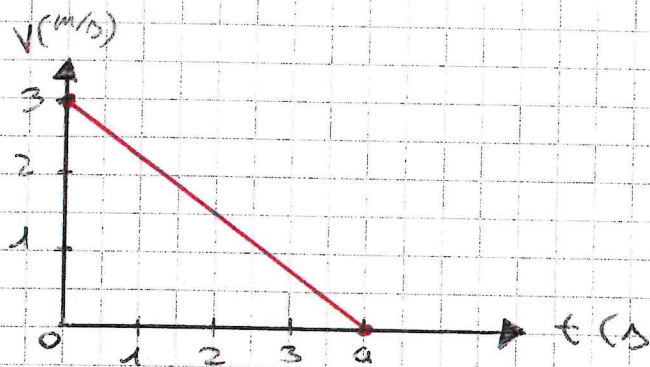
$$t = 4 \text{ s}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} = \frac{0^2 - (-3)^2}{2 \cdot (0.75)} = -6 \text{ m}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{0 - (-3)}{4} = 0.75 \text{ m/s}^2$$

Problema simile

Stessa auto $\Delta s = ?$



$$V_i = 3 \text{ m/s}$$

$$V_f = 0 \text{ m/s}$$

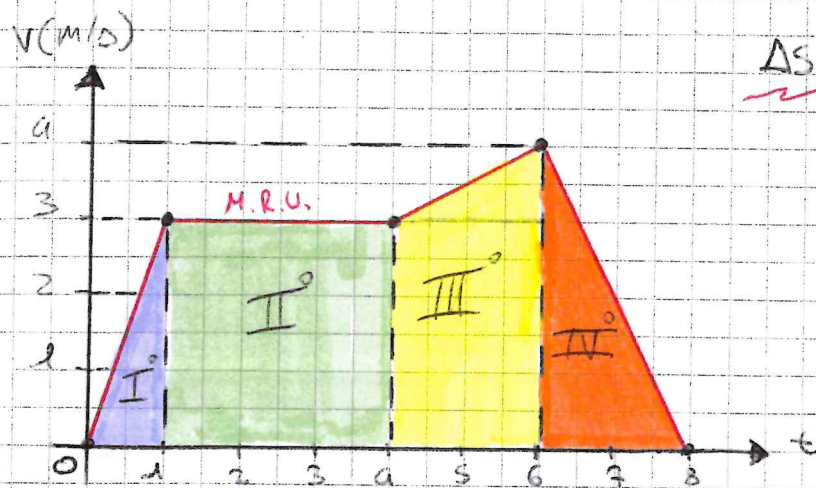
$$\Delta t = 4 \text{ s}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2a} = \frac{0^2 - 3^2}{2 \cdot (-0.75)} = 6 \text{ m}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{0 - 3}{4} = -0.75 \text{ m/s}^2$$

Problema

c'è in verifica



$$\Delta s_{\text{Tot}} = 1.5 + 9 + 7 + 4 = 21.5 \text{ m}$$

I° tratto M.R.U.A

$$V_f = 3 \text{ m/s} \quad V_i = 0 \text{ m/s} \quad \Delta t = 1 \text{ s}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{3^2 - 0^2}{2 \cdot 3} = 1.5 \text{ m}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{3 - 0}{1} = 3 \text{ m/s}^2$$

II° tratto M.R.U.

$$V_f = 3 \text{ m/s} \quad V_i = 3 \text{ m/s} \quad \Delta t = 3 \text{ s} \quad (4-1)$$

$$\Delta s = V_i \cdot \Delta t = 3 \cdot 3 = 9 \text{ m}$$

III° tratto M.R.U.A

$$V_f = 4 \text{ m/s} \quad V_i = 3 \text{ m/s} \quad \Delta t = 2 \text{ s} \quad (6-4)$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{4^2 - 3^2}{2 \cdot (0.5)} = 7 \text{ m}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{4 - 3}{2} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

IV° tratto M.R.U.A

$$V_f = 0 \text{ m/s} \quad V_i = 4 \text{ m/s} \quad \Delta t = 2 \text{ s} \quad (8-6)$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} = \frac{0^2 - 4^2}{2 \cdot (-2)} = 4 \text{ m}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{0 - 4}{2} = -2 \text{ m/s}^2$$

Area blu

$$\frac{3 \cdot 1}{2} = 1,5$$

Area verde

$$3 \cdot 3 = 9$$

Area Gialla

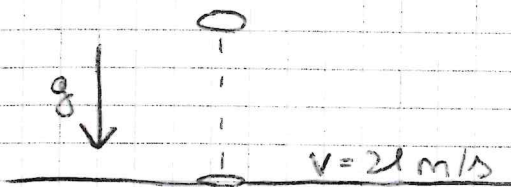
$$3 \cdot 2 + 2 \cdot \frac{1}{2} = 7$$

diviso

Area Rossa

$$\frac{2 \cdot 4}{2} = 4$$

Es. 38 P. 250



$\Delta t = ?$ Tempo caduta

$$V_f = 21 \text{ m/s}$$

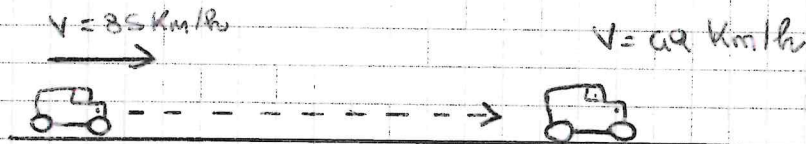
$$V_i = 0$$

$$g = 9,81$$

Il moto è M.R.U.A. Perché accelerazione è costante $= 21 \text{ m/s}$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{21 - 0}{9,81} = 2,14 \text{ sec}$$

Es. 6 P. 246



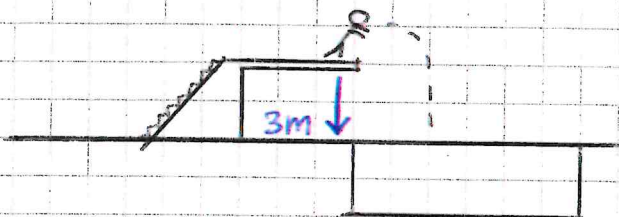
$$85 \text{ km/h} \xrightarrow{:3,6} 23,61 \text{ m/s}$$

$$0 \text{ km/h} \xrightarrow{:3,6} 0 \text{ m/s}$$

$$a = -1 \text{ m/s}^2 \quad \Delta t = ?$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{0 - 23,6}{-1} = 23,6 \text{ s}$$

Es. 47 P. 251



$$V_f = ?$$

$$V_i = 0 \quad a = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta s = 3 \text{ m}$$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a} \quad \checkmark \quad V_f = \sqrt{\Delta s \cdot 2 \cdot a} = \sqrt{3 \cdot 2 \cdot 9,81} = 7,67 \text{ m/s}$$

Si mette al posto del n^2



$$\Delta s = 30 \text{ cm} (120 - 90)$$

1) $V_i = ?$ Sale 30 cm

2) Sale di 30 cm, scende di 30 cm, calcola Δt

3) Δt tot. se la moneta arriva a Terra

1) $V_i = ? \quad V_f = 0 \quad a = -9.81 \text{ m/s}^2 \quad \Delta s = 30 \text{ cm} \rightarrow 0.3 \text{ m}$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a}$$

$$\sqrt{V_i^2} = \sqrt{0.3 \cdot 2 \cdot (+9.81)} = 2.43 \text{ m/s}$$

2) $\Delta t = ?$ Salita

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{0 - 2.43}{-9.81} = 0.25 \text{ s}$$

$\Delta t = ?$ discesa

$$V_i = 0 \quad V_f = \sqrt{2 \cdot 0.3 \cdot 9.81} = 2.43 \quad a = 9.81$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{2.43 - 0}{9.81} = 0.25 \text{ s}$$

$$\Delta t_{\text{Tot}} = 0.25 + 0.25 = 0.5 \text{ sec}$$

3) $\Delta s = 120 \text{ cm} \rightarrow 1.2 \text{ m} \quad V_i = 0 \text{ m/s} \quad a = 9.81 \quad \Delta t = ?$

$$\Delta s = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2 \cdot a}$$

$$V_f = \sqrt{1.2 \cdot 2 \cdot 9.81} = 4.86 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{V_f - V_i}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{4.86 - 0}{9.81} = 0.5 \text{ s}$$

$$\Delta t_{\text{Tot}} = 0.25 + 0.5 = 0.75 \text{ s}$$

Moto Parabolico

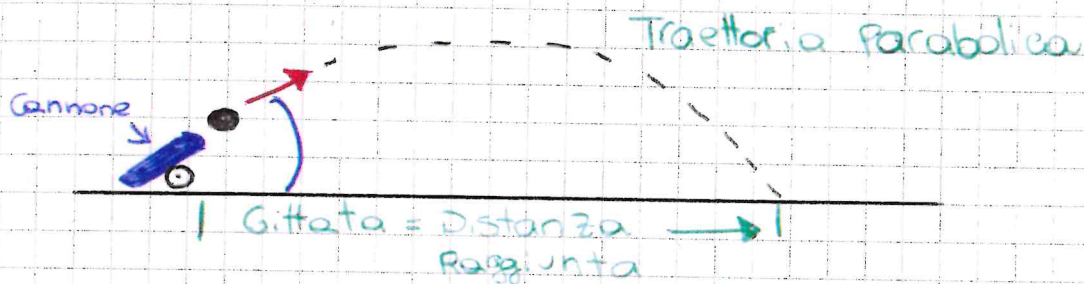
In fisica qualsiasi corpo lanciato in aria si chiama **Proiettile** (Palle, proiettili, corpo umano).

Il moto parabolico è un moto la cui traiettoria è una parabola, è costituito dalla "somma" e/o sovrapposizione di 2 moti.

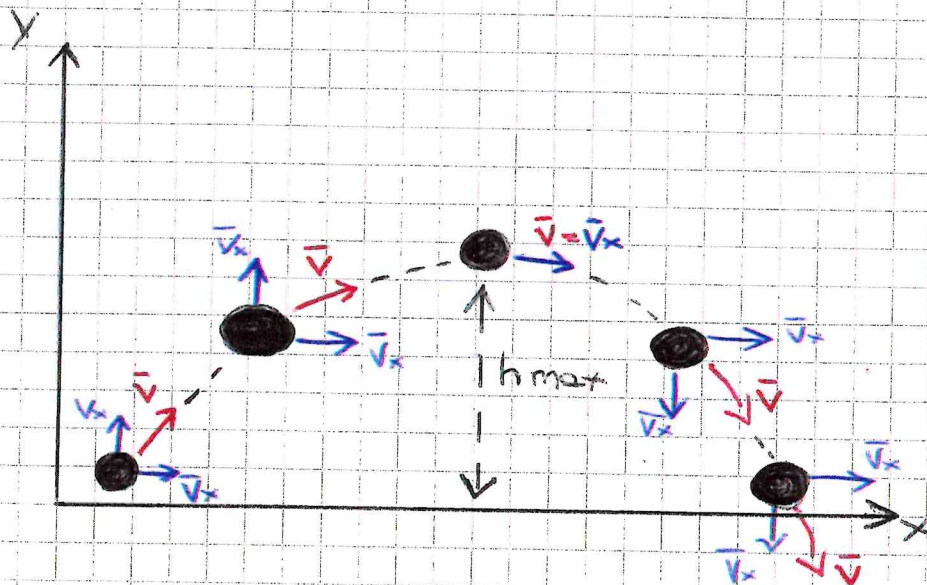
- M.R.U. sull'asse orizzontale (asse x)
- M.R.U.A. sull'asse verticale (asse y)

Es.

Lancio di palla di cannone

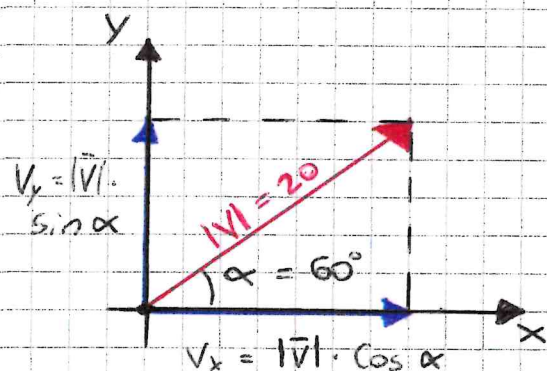


Palla che scorre e cade da un tavolo



- La Componente V_x rimane costante per tutto il moto.
- La Componente V_y varia, ed è positiva nella prima metà della parabola diminuendo fino ad annullarsi nel punto più alto. V_y è negativa nella seconda parte e aumenta dal punto più alto avvicinandosi a terra.

Le componenti V_x e V_y sono



$\vec{V}_i$ = Vettore velocità iniziale

Scomposizione del vettore $\vec{V}$ nelle componenti x e y

$$V_x = 20 \cdot \cos(60^\circ) = 10 \text{ m/s}$$

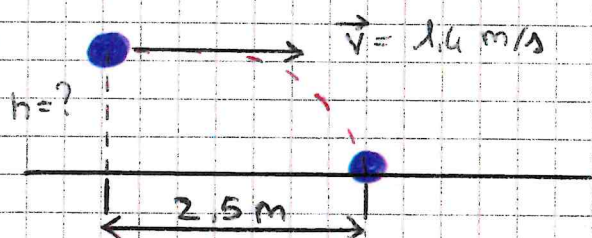
$$V_y = 20 \cdot \sin(60^\circ) = 17.3 \text{ m/s}$$

Esempio

P. 284 es. 57

Un proiettile viene lanciato orizzontalmente con velocità 1.4 m/s e percorre in orizzontale 2.5 m.

- * Calcola il tempo di caduta
- * Calcola l'altezza da cui cade



Dati:

$$V_i \text{ orizz.} = 1.4 \text{ m/s}$$

$$\Delta s \text{ orizz.} = 2.5 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \quad \text{Acc. caduta}$$

Nella direzione x **M.R.U.**

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \Delta t = \frac{\Delta s}{V} = \frac{2.5}{1.4} = 1.79 \text{ [s]}$$

Nella direzione y **M.R.U.A.**

$V_i = 0$ nella direzione y

$$s = \cancel{s_0} + \cancel{V_i} \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$\downarrow$ $\downarrow$

0 0

$$h = \frac{1}{2} \cdot 9.81 \cdot (1.79)^2 = 15.72 \text{ m}$$

P. 284 es 58

$$g = a \rightarrow 9.81$$

$$\Delta s \text{ orizz.} = 1.9 \text{ m}$$

$$h = 11 \text{ m}$$

$V_i = 0$ nella direzione x

Direzione y M.R.U.A

$$S(t) = \cancel{S_0} + \cancel{V_i} \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

$\downarrow 0 \quad \downarrow 0 \quad \downarrow 9.81$

$$11 = \frac{1}{2} \cdot 9.81 \cdot t^2$$

$$2 \cdot 11 = \cancel{\frac{2}{2}} \cdot 9.81 \cdot t^2$$

$$\frac{2 \cdot 11}{9.81} = \frac{\cancel{9.81} \cdot t^2}{\cancel{9.81}}$$

$$\frac{2 \cdot 11}{9.81} = t^2$$

$$t^2 = \frac{2 \cdot 11}{9.81}$$

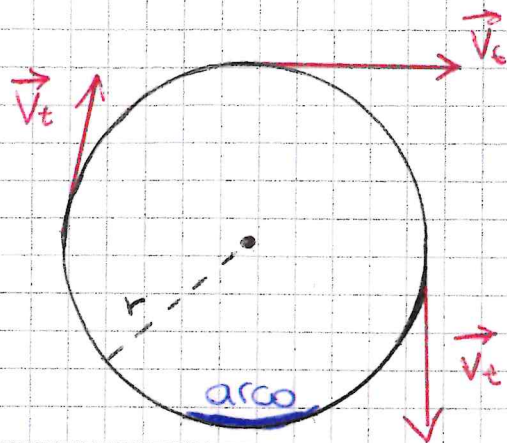
$$\sqrt{t^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11}{9.81}} = 1.5 \text{ s} \quad (\text{Il ramo ci mette } 1.5 \text{ s per cadere})$$

Direzione x M.R.U.

$V = \text{Costante}$

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1.9}{1.5} = 1.3 \text{ m/s}$$

Moto Circolare Uniforme



Definizione: Il moto circolare uniforme è il moto di un corpo la cui traiettoria è una circonferenza e la velocità è costante.

Quindi il corpo percorre archi uguali in tempi uguali.

v_t = rappresenta il vettore velocità tangenziale (il pedice t significa tangenziale).

Ed è la velocità istantanea nel punto indicato, la direzione è tangente alla circonferenza.

T = Periodo: È il tempo impiegato per percorrere un giro completo sulla circonferenza si misura in [s]

f = Frequenza: Rappresenta il numero di giri al secondo (del corpo) si misura in (Hz) = Hertz = $\left[\frac{1}{s}\right] = [s^{-1}]$

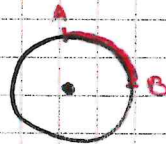
$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$1 \text{ Hz} = \frac{1 \text{ giro}}{1 \text{ s}}$$

Per determinare l'intensità della velocità v_t conviene fare riferimento al moto rettilineo uniforme

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \dots \rightarrow v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

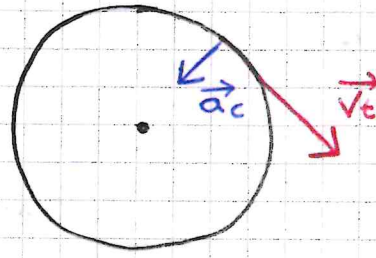


Quindi se il nostro corpo percorre la circonferenza nel tempo (periodo)

$$v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot r}{T} = 2\pi r \cdot f \quad [m/s]$$

La velocità tangenziale varia (non in intensità) in direzione istante per istante. Questo implica la presenza di una accelerazione detta **accelerazione centripeta** rivolta verso il centro del cerchio.

$$|\vec{a}_c| = \frac{v_c^2}{r}$$



Sistemi Inerziali e non Inerziali

I° **I° Principio della dinamica**, detto anche **Principio di inerzia**, afferma che un corpo mantiene il suo stato di quiete (fermo) o di M.R.U. (vel. costante) finché non interviene una forza che gli cambia stato di moto. Oppure si potrebbe dire che ogni volta che un oggetto ha un'accelerazione, ciò significa che su di esso agisce una forza. Tra la F e la $a = \text{acc.}$ vale

$$\boxed{F = m \cdot a} \quad \rightarrow \quad \boxed{a = \frac{F}{m}}$$

↓ ↓ ↓
Forza Massa acc.

Un **sistema inerziale** è un sistema in cui vale il Principio di inerzia viceversa sono sistemi non inerziali tutti quelli in cui non vale (ovvero dove c'è un'accelerazione senza che ci sia uno spostamento).

Esempio

M.R.U.



Vel = Costante
 $a = 0$

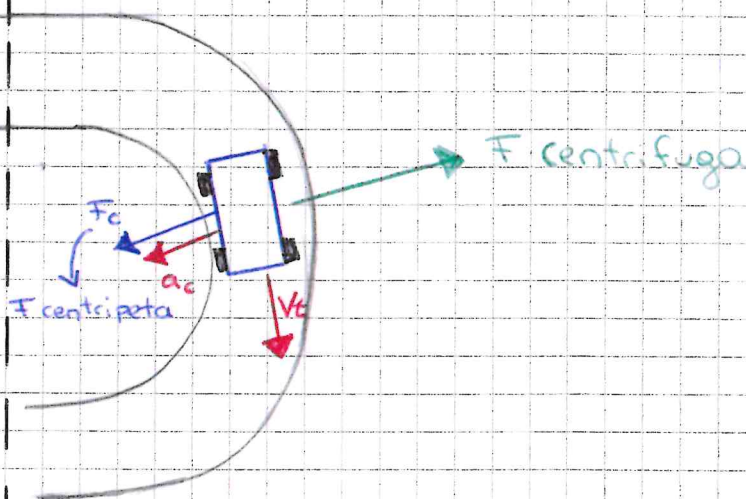
È un sistema inerziale
perché la sommatoria di
forze sull'auto è nulla

$$F = 0$$



$$a = 0$$

M.C.U.



v_t = Vel. tangenz. Costante

a_c = acc. centripeta

Esiste quindi una F . centripeta verso
il centro della curva

$$F_c = m \cdot a_c = \frac{m v^2}{R}$$

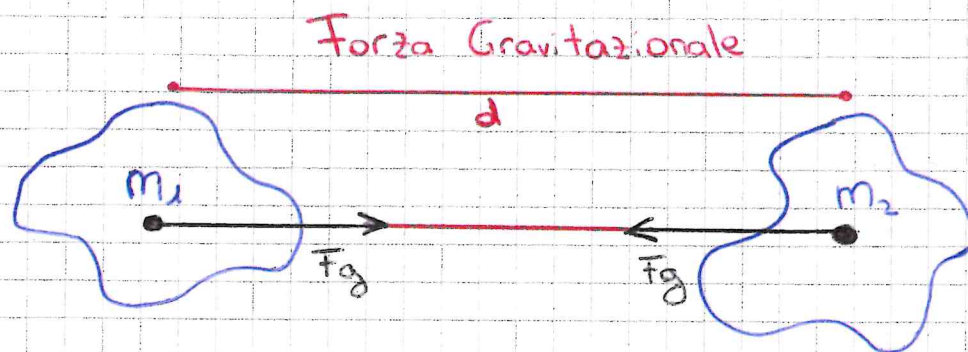
Ma se esiste la F . centripeta e a_c
l'auto dovrebbe spostarsi verso il centro
della curva, ma questo non accade in
disaccordo con il I° principio.

Quindi questo è un sistema non
inerziale

Per continuare ad usare le stesse leggi della fisica ovunque
(anche nei sistemi non inerziali) devo "inventare" una forza somma
a F_c da risultato nullo.

Questo perché l'auto non si sposta verso il centro. Questa forza
è la **forza centrifuga**.

F . centrifuga è uguale ed opposta a quella centripeta, ma esiste
solo per il corpo nel moto circolare uniforme.



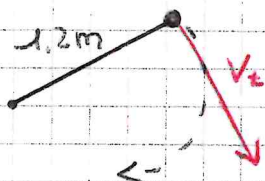
È la forza che si manifesta fra due qualsiasi masse nell'universo. È sempre attrattiva.
 La direzione è sempre coincidente con la congiungente le 2 masse fra i 2 baricentri.
 L'intensità di questa forza è data dalla seguente formula nota come "Legge di gravitazione universale" o "Legge di Newton".

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad [N]$$

G = Costante di gravitazione universale

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \quad \left[\frac{N \cdot m^2}{kg^2} \right]$$

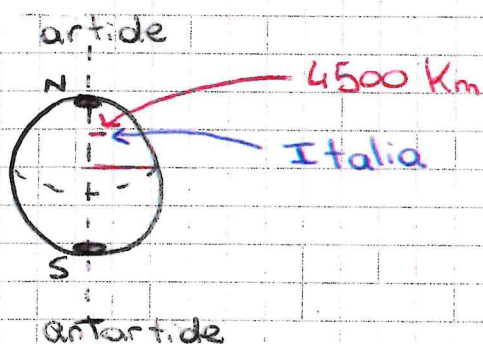
Es. 1



$$r = 1,2 \text{ m} \quad T = 2,1 \text{ s}$$

$$v_t = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot (3,14) \cdot 1,2}{2,1} = 3,6 \text{ m/s}$$

Es. 2



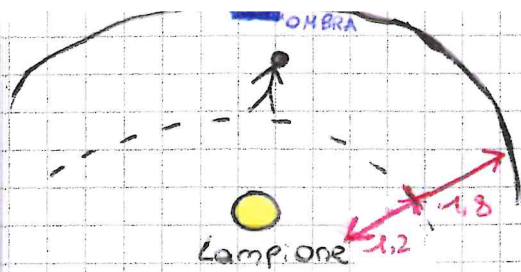
$$r_I = 4500 \text{ Km} \rightarrow 4.500.000 \text{ m} \rightarrow 4,5 \cdot 10^6$$

$$v_{Italia} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \cdot (3,14) \cdot 4,5 \cdot 10^6}{86400}$$

$$v_{Italia} = 327 \text{ m/s}$$

$$T = 24 \text{ h} \rightarrow 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400 \text{ s}$$

$$v_{EQUATORE} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot (3,14) \cdot 6,371 \cdot 10^6}{86400} = 463 \text{ m/s}$$



Es. 3

Velocità Claudio

$$V_{\text{CLAUDIO}} = V_c = 0.80 \text{ m/s}$$

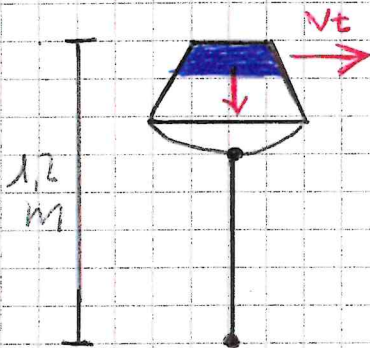
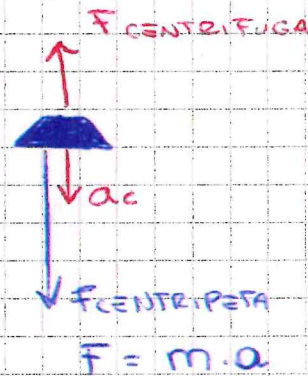
Vombra = ?

$$V_{\text{ombra}} = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot (3.14) \cdot 3}{9.42} = 2 \text{ m/s}$$

$$V_c = 0.8 = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1.2}{T}$$

$$T = \frac{2 \cdot (3.14) \cdot 1.2}{0.8} = 9.42 \text{ s}$$

Es. 4



~~g~~ gmk

$$a_c = \frac{V_t^2}{r}$$

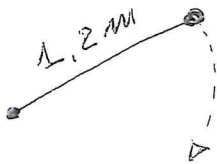
$$\frac{V_t^2}{r} \geq g$$

$$V = \sqrt{9.81 \cdot 1.2} = 3.44 \text{ m/s}$$

12 Km/h

ES 1

UN SASSO LEGATO AD UNA CORDA E FATTO GIRARE CON TRAIETTORIA CIRCOLARE E VELOCITÀ COSTANTE.

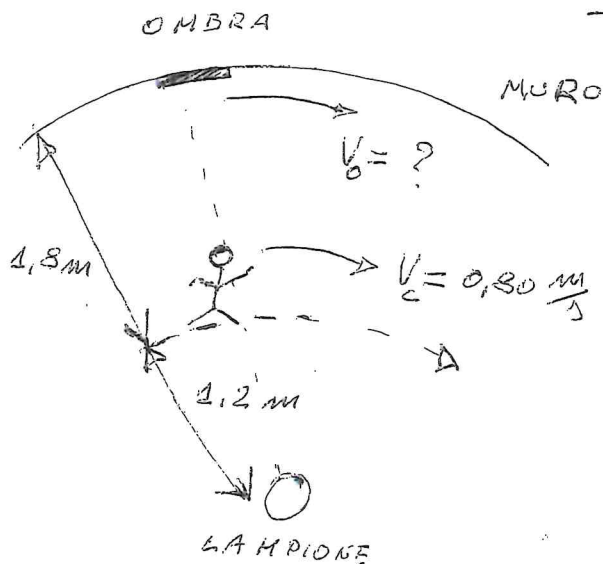


$R = \text{RAGGIO} = 1,2 \text{ m}$ $T = 2,1 \text{ s}$
CALCOLARE IL MODULO DELLA VELOCITÀ. $(3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}})$

ES 2

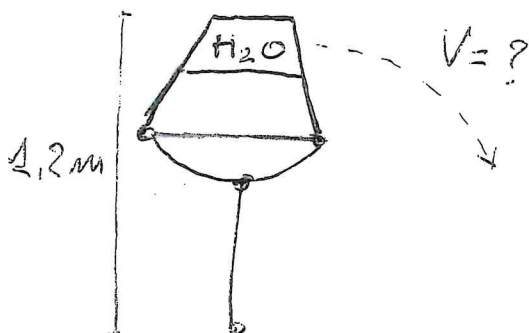
L'ITALIA DISTA CIRCA 4500 Km DALL'ASSE DI ROTAZIONE TERRESTRE. QUANTO VALE LA NOSTRA VELOCITÀ DI ROTAZIONE, SUPPONENDO DI MUOVERSI DI MOTO CIRCOLARE UNIFORME? ALL'EQUATORE QUANTO VALE LA VEL. DI ROTAZIONE TERRESTRE PERCHÉ NON AVVERTI QUESTA VELOCITÀ? $(327 \frac{\text{m}}{\text{s}}, 463 \frac{\text{m}}{\text{s}})$

ES 3



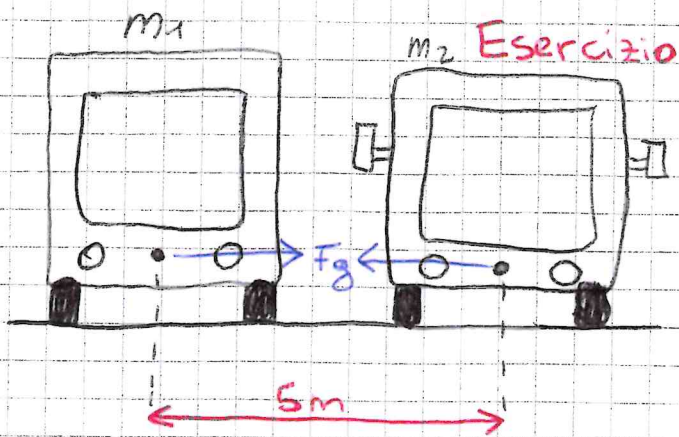
CLAUDIO CAMMINA SU UNA TRAIETTORIA CIRCOLARE DI MOTO UNIF. CON VELOCITÀ COSTANTE $V_c = 0,80 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. IL LAMPIONE PROIETTA UN'OMBRA SU UN MURO CIRCOLARE. CON I DATI DEL DISEGNO CALCOLA LA VELOCITÀ A CUI SI MUOVE L'OMBRA. $(2 \frac{\text{m}}{\text{s}})$

ES 4



UN SECCHIO PIENO DI ACQUA LEGATO AD UNA FUNE, VIENE FATTO RUOTARE DI MOTO CIRCOLARE UNIFORME. CHE VELOCITÀ TANGENZIALE DEVE AVERE AFFINCHÉ L'ACQUA NON CADA?

$(3,44 \frac{\text{m}}{\text{s}})$ **(49)**

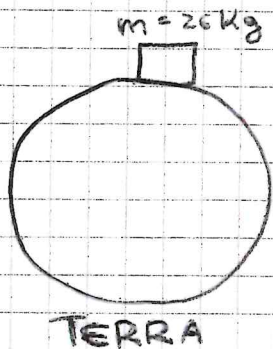


$$m_1 = 45t \rightarrow 4,5 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$m_2 = 40t \rightarrow 40 \cdot 10^3 \text{ Kg}$$

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{45 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^3}{5^2} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Esercizio 2



Calcoliamo la forza di attrazione gravitazionale

$$F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot M_{\text{TERRA}}}{r_{\text{TERRA}}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{26 \cdot 5,972 \cdot 10^{24}}{(6,371 \cdot 10^6)^2} = 255 \text{ N}$$

6371 Km

$$6,371 \cdot 10^3 \cdot 10^3 = 6,371 \cdot 10^6$$

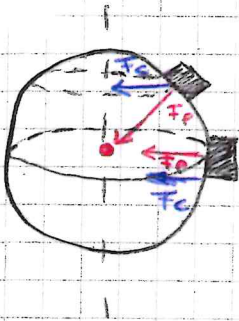
$$F_p = m \cdot g = 26 \cdot 9,81 = 255 \text{ [N]}$$

$\xrightarrow{\text{kg}}$
 $\xrightarrow{\text{m/s}^2}$

Esercizi forza gravitazionale e orbita satelliti (scheda)

Es. 1

$F_c = v_a$ verso l'asse o rotazione



$$T = 24 \text{ h}$$

$$m = 50 \text{ kg}$$

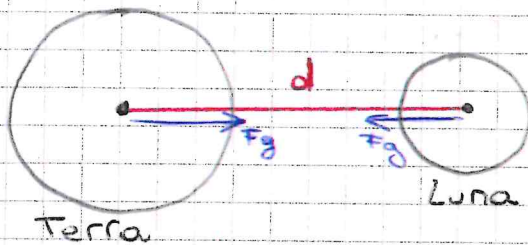
$$r = 6,371 \cdot 10^6 \text{ m} = 6371 \text{ km}$$

$$F_c = m \cdot a_c = 50 \cdot 0,03 = 1,5 \text{ N}$$

$$a_c = \frac{v_t^2}{r} = \frac{463,07^2}{6,371 \cdot 10^6} = 0,03 \text{ m/s}^2$$

$$v_t = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,371 \cdot 10^6}{(24 \cdot 60 \cdot 60)} = 463,07 \text{ m/s}$$

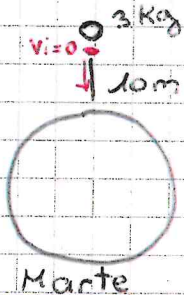
Es. 2



$$d = 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$F_g = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,972 \cdot 10^{24} \cdot 7,342 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 1,98 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

Esercizi di fisica dal libro



acce. grav.

$$g^1 = 3,72 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta s = 10 \text{ m}$$



acce. grav.

$$g^2 = 1,62 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta s = 10 \text{ m}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_f - v_i}{g}$$

$$\Delta s = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2g}$$

$$v_f = \sqrt{\Delta s \cdot 2g} \rightarrow v_f = \sqrt{10 \cdot 2 \cdot 3,72} = 8,63$$

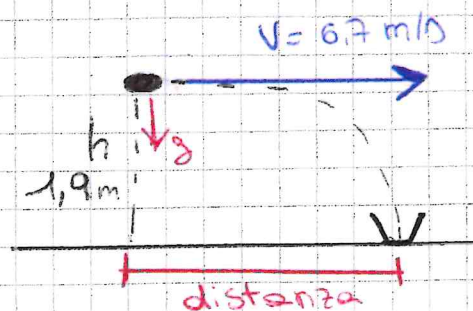
Luna

$$v_f = \sqrt{10 \cdot 2 \cdot 1,62} = 5,69 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = \frac{v_f}{g} \rightarrow \Delta t = \frac{5,69}{1,62} = 3,51 \text{ s}$$

(51)

Es. 3 (Esercizi di Fisica dal libro)



$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Moto Parabolico

Dir. x $\rightarrow$ M.R.U.

Dir. y $\rightarrow$ M.R.U.A.

Soluzione

Dir. x M.R.U. = v. costante

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = v \cdot \Delta t$$

$\Delta t = ? \rightarrow$ dir. y

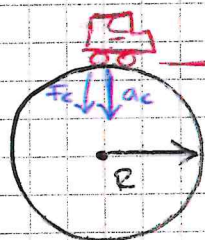
~~$$\Delta s = h = \frac{v_i^2}{2g}$$~~

~~$$\Delta s = v_i t + \frac{1}{2} g \Delta t^2 \rightarrow \text{moto 1/2 accelerato}$$~~

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.9}{9.81}} = 0.62 \text{ s}$$

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 6.7 \cdot 0.62 = 4.154 \text{ m}$$

Es. 4 (Esercizi di Fisica dal libro)



$$r = 0.8 \text{ m}$$

$$F_c = ? = m \cdot a_c$$

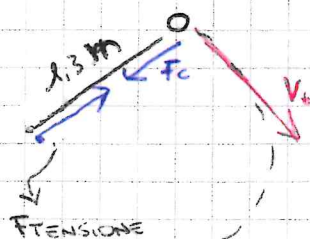
$$T = 11 \text{ s}$$

$$m = 0.105 \text{ Kg}$$

$$v_t = \frac{2\pi \cdot r}{T} = \frac{2\pi \cdot 0.8}{11} = 0.46 \text{ m/s}$$

$$a_c = \frac{v_t^2}{r} = \frac{0.46^2}{0.8} = 0.26 \text{ m/s}^2$$

Es. 5 (Esercizi di fisica dal libro)



$$r = 1.3 \text{ m}$$

$$v = 1.7 \text{ m/s}$$

$$F_{\text{CENTRIFUGA}} = F_{\text{TENSIONE}}$$

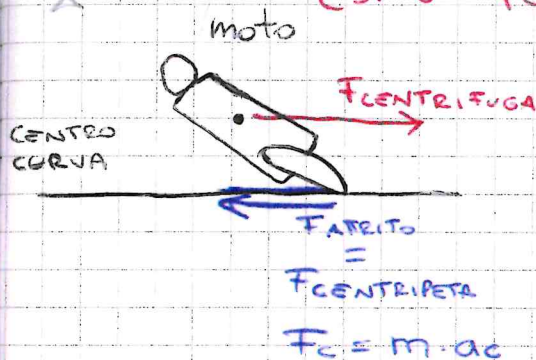
$$F_c = 4.4 \text{ N}$$

$$a_c = ? \quad m = ?$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \frac{1.7^2}{1.3} = 2.22 \text{ m/s}^2$$

$$F_c = m \cdot a_c \rightarrow m = \frac{F_c}{a_c} = \frac{4.4}{2.2} = 2 \text{ Kg}$$

Es. 6 (Es. Libro di fisica)



$$r = 75 \text{ m}$$

$$m = 250 \text{ Kg}$$

$$F_c = 5333 \text{ N}$$

$$v_{\text{max}} = ?$$

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{a_c \cdot r} = \sqrt{21.33 \cdot 75} = 40 \text{ m/s} \rightarrow 144 \text{ Km/h}$$

$$F_c = m \cdot a_c$$

$$a_c = \frac{F_c}{m} = \frac{5333}{250} = 21.33 \text{ m/s}^2$$

Es. 7 (Es. sul libro di fisica)



Sopporta $31g \rightarrow a$

$$r = 5\text{ m}$$

$$\frac{\text{giri}}{\text{min}} = ?$$

$$g = 9,81$$

$$a = 31 \cdot 9,81 = 304,11 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{a \cdot r} = \sqrt{304,11 \cdot 5} = 39 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi \cdot r}{v} = \frac{2\pi \cdot 5}{39} = 0,8 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ giri/sec}$$

$$1,25 \cdot 60 = 75 \text{ giri/minuto}$$

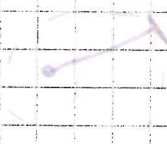
- Moto Circolare

- Satellite distanza = raggio

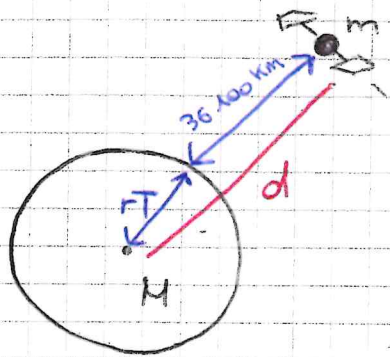
- auto in curva

- asta con punto fisso

- Bonus



ES.3 (Es. Forza gravitaz.) Satelliti



$$a_c = ?$$

$$v_t = ?$$

$$T = ?$$

$$r_T = 6371 \text{ km}$$

$$M_T = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

~~$$a_c = \frac{v_t^2}{r}$$~~

~~$$v_t = \frac{2\pi \cdot d}{T}$$~~

Soluzione

$$F_c = m_{\text{sat}} \cdot a_c$$

$$\downarrow$$

$$F_g = m_{\text{sat}} \cdot a_c$$

$$a_c \cdot m_{\text{sat}} = F_g$$



$$a_c \cdot \cancel{m_{\text{sat}}} = G \cdot \frac{\cancel{m_{\text{sat}}} \cdot M_T}{d^2}$$

$$a_c = G \cdot \frac{M_T}{d^2} \rightarrow 5,972 \cdot 10^{24}$$

$$6,67 \cdot 10^{-11}$$

$$(36 \cdot 100 \cdot 000 + 6 \cdot 371 \cdot 000)$$

d

$$a_c = G \cdot \frac{M_T}{d^2} = 0,221 \text{ m/s}^2$$

$$a_c = \frac{v_t^2}{d} \rightarrow v_t = \sqrt{a_c \cdot d} = \sqrt{0,22 \cdot (36 \cdot 100 \cdot 000 + 6 \cdot 371 \cdot 000)} = 3056,7 \text{ m/s}$$

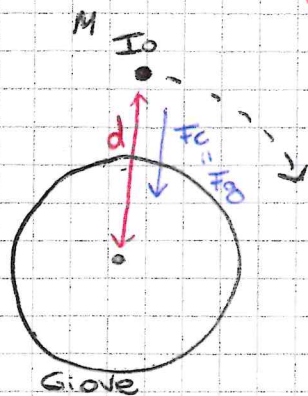
$$\cong 3 \text{ Km/s}$$

$$v_t = \frac{2\pi \cdot d}{T} \rightarrow T = \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{v_t} = \frac{2\pi \cdot (d)}{3056,7} = 87 \cdot 058 \text{ [s]}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{87 \cdot 058}{60 \cdot 60} \cong 24,18 \text{ [h]}$$

Es. 4 Satelliti



$$T = 1,77 \text{ giorni Terrestri.}$$

$$d = 4,22 \cdot 10^5 \text{ Km} \rightarrow 4,22 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$M_{\text{Giove}} ?$$

Soluzione

$$F_c = F_g = M_{\text{Io}} \cdot a_c$$

$$G \cdot \frac{M_G \cdot M_{\text{Io}}}{d^2} = M_{\text{Io}} \cdot a_c \rightarrow \cancel{G} \cdot \frac{M_G}{d^2} = \frac{a_c}{\cancel{G}} \cdot d^2$$

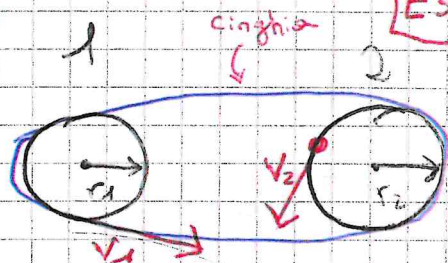
$$M_G = \frac{d^2}{G} \cdot a_c = \frac{(4,22 \cdot 10^8)^2 \cdot 0,65}{6,67 \cdot 10^{-11}} = 1,73 \cdot 10^{27} [\text{Kg}]$$

$$a_c = \frac{v^2}{d} = \frac{\left(\frac{2\pi \cdot d}{T}\right)^2}{d} = \frac{4\pi^2 \cdot d}{T^2}$$

$$a_c = \frac{4\pi^2 \cdot d}{T^2} = 0,65 \text{ m/s}^2$$

$$T = 1,77 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 159 \, 928 \text{ s}$$

Es. 93 P 289



$$r_1 = 20 \text{ cm} \rightarrow 0,2 \text{ m}$$

$$r_2 = 30 \text{ cm} \rightarrow 0,3 \text{ m} \quad T_2 = ?$$

$$\omega_1 = 3 \frac{\text{giri}}{\text{s}}$$

$$T_1 = \frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{3} = 0,33 \text{ s}$$

$$v_1 = \frac{2\pi \cdot r_1}{T_1} = \frac{2\pi \cdot 0,2}{0,33} = 3,81 \text{ m/s}$$

$$v_1 = v_2 = 3,81 = \frac{2\pi \cdot r_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{2\pi \cdot r_2}{v_1} = \frac{2\pi \cdot 0,3}{3,81} = 0,5 \text{ s}$$

56

$$T = 5333 \text{ [s]}$$

$$h = \frac{5333}{60 \cdot 60} = 1,48$$

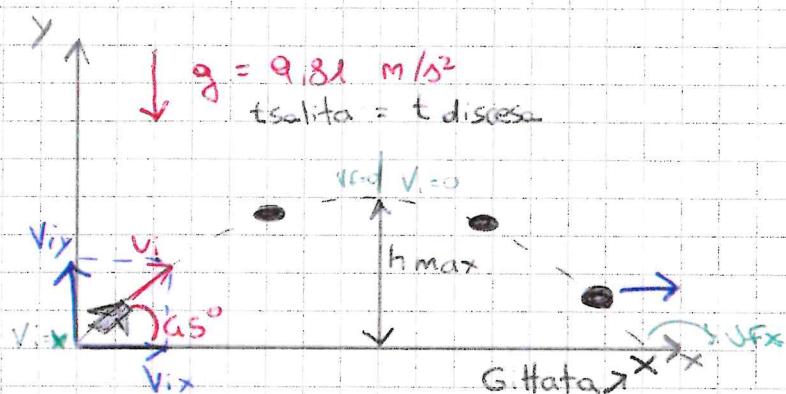
h	m	s
1	28	53

$$m = 5333 - \underbrace{3600}_{1 \text{ ora}} = \frac{1733}{60} = 28 \text{ m}$$

N.B.

$$1733 - (28 \cdot 60) = 53 \text{ s}$$

Esercizio moto Parabolico



$$V_i = 750 \text{ Km/h}$$

$$Gittata = ?$$

$$h_{max} = ?$$

Calcolo gittata e h_{max}

$$750 \text{ Km/h} \xrightarrow{\cdot 3,6} 208,33 \text{ m/s}$$

$$V_x = V_i \cdot \cos(45) = 208,33 \cdot \cos(45) = 147,3 \text{ m/s}$$

$$V_y = V_i \cdot \sin(45) = 208,33 \cdot \sin(45) = 147,3 \text{ m/s}$$

dir x MRU $\rightarrow V = \text{costante}$

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \underset{\substack{\downarrow \\ \text{gittata}}}{\Delta s} = V_x \cdot \Delta t_{\text{Tot}} = \underline{4419 \text{ m}}$$

dir y MRUA

$$V_{iy} = 147,3 \quad V_f = 0 \quad a = -9,81$$

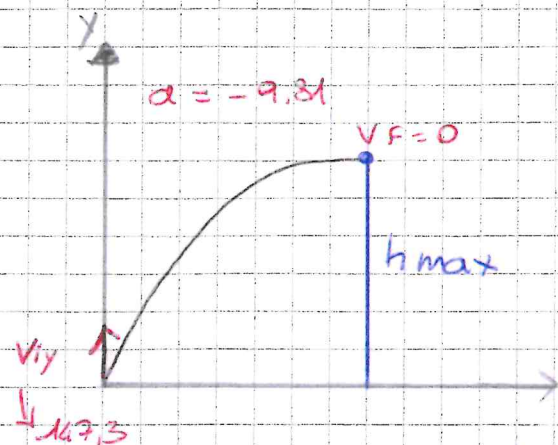
perché sale

$$\Delta t = ?$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{V_f - V_i}{a} = \frac{0 - 147,3}{-9,81} = 15 \text{ s (salita)}$$

$$\underline{\Delta t_{\text{Tot}}} = 15 \cdot 2 = \underline{30 \text{ s (salita e discesa)}}$$

per trovare l'altezza



$$\Delta s = h = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2g} = \frac{-(147.3)^2}{2 \cdot (-9.81)} = \frac{147.3^2}{2 \cdot (-9.81)} = 1105 \text{ m}$$

Dinamica

La dinamica studia il moto dei corpi considerando sia la loro natura (massa) sia la causa che ha generato il movimento (forza).

La grandezza fisica che distingue i corpi dal punto di vista dinamico è la loro massa m (Kg). Mentre la causa del movimento è la forza F (N).

Il concetto di massa in dinamica è diverso da quello considerato finora (Massa Gravitazionale), infatti in dinamica si parla di massa inerziale. Ovvero la grandezza che quantifica l'inerzia dei corpi.

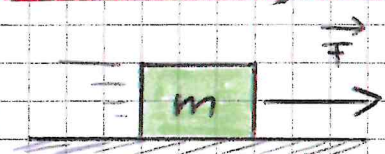
Per inerzia si intende l'opposizione di un corpo al cambiamento del suo stato dinamico. La dinamica si regge su 3 principi fondamentali:

1° Principio della Dinamica (Principio di Inerzia)

Ciascun corpo tende a mantenere il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, finché non interviene una forza esterna a modificare tale stato.

Mentre la prima parte del Principio (quiete = corpo fermo) è di facile comprensione, la seconda parte si verifica solamente in condizioni ideali, cioè in assenza di attriti.

2° Principio della Dinamica (Principio di Newton)



Se ad un corpo di massa m si applica una forza F costante il corpo si muove nella direzione e verso della forza, di moto rettilineo uniformemente accelerato e l'intensità dell'accelerazione vale

$$a = \frac{F}{m} \text{ [m/s}^2\text{]} \rightarrow \boxed{F = m \cdot a}$$

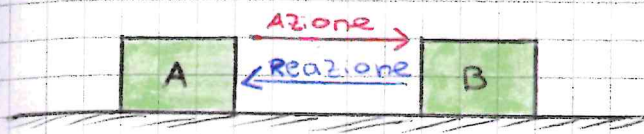
$F = \text{[N]}$ newton

$m = \text{[Kg]}$ massa

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

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

3° Principio della Dinamica (Azione e Reazione)



Se un corpo "A" esercita una forza (Azione) su un corpo B, quest'ultimo agisce su "A" con una forza (Reazione) uguale ed opposta alla prima.

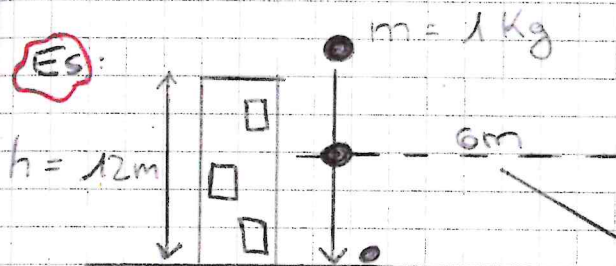
Da adesso dispense per teoria !!!

Es: Auto si muove a 5 Km/h $m = 1000 \text{ kg}$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 5^2 = 12500 \text{ J}$$

↳ energia cinetica

Es: $m = 1 \text{ kg}$



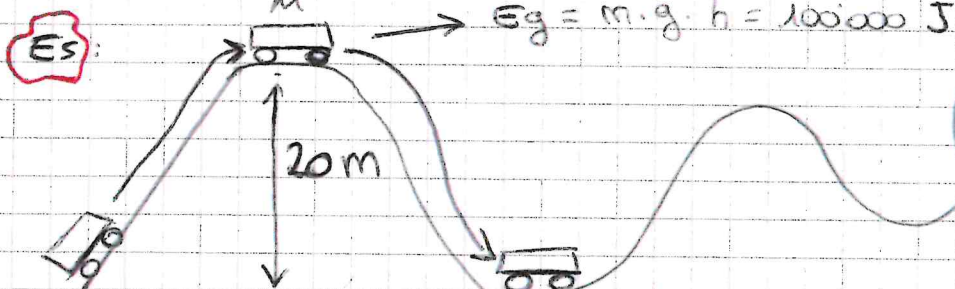
$$E_g = m \cdot g \cdot h = 1 \cdot 9,81 \cdot 12 = 117,72 \text{ J}$$

↳ energia potenziale gravitazionale

$$E_g = 58,9 \text{ J}$$

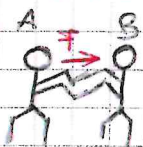
$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = 58,95 \text{ J}$$

Prima di schiantarsi,
c'è solo energia cinetica
 $E_c = 117,72 \text{ J}$



$$E_g = m \cdot g \cdot h = 100000 \text{ J}$$

P. 312 ES/64



uomo $m_A = 72 \text{ kg}$

$$F = 97 \text{ N}$$

donna $m_B = 51 \text{ kg}$

$$\Delta t = 0,8 \text{ s}$$

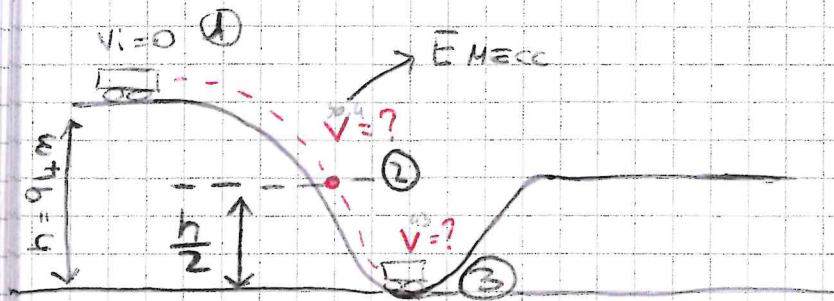
$$F = m_A \cdot a_A \rightarrow a_A = \frac{F}{m_A} = \frac{97}{72} = 1,3 \text{ m/s}^2$$

$$F = m_B \cdot a_B \rightarrow a_B = \frac{F}{m_B} = \frac{97}{51} = 1,9 \text{ m/s}^2$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \rightarrow v = a \cdot \Delta t \rightarrow \text{uomo} = 1,3 \cdot 0,8 = 1 \text{ m/s}$$

$$\rightarrow \text{donna} = 1,9 \cdot 0,8 = 1,5 \text{ m/s}$$

Es. 27 P. 370



Calcola

- 1) Velocità carrello in $\frac{h}{2}$
- 2) Velocità a fine discesa

N.B. Energia gravitazionale $U_g \rightarrow$ è solo quando c'è un'altezza

PE: potenziale gravitazionale

$$\textcircled{1} E_{MECC} = U_g = m \cdot g \cdot h \rightarrow 94$$

$$\textcircled{2} E_{MECC} = \underbrace{\frac{1}{2} m V_2^2}_{E_c} + \underbrace{m \cdot g \cdot \frac{h}{2}}_{U_g}$$

uguali

$$\frac{1}{2} m V_2^2 + m g \frac{h}{2} = m \cdot g \cdot h$$

Si toglie la massa

$$\rightarrow \frac{1}{2} V_2^2 + g \cdot \frac{h}{2} = g h$$

$$\frac{1}{2} V_2^2 = (g \frac{h}{2} - g h)$$

$\hookrightarrow$ si moltiplica dall'altra parte

$$V_2^2 = 2 (g \cdot h - g \frac{h}{2})$$

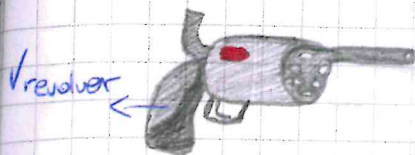
$$V_2 = \sqrt{2 (9,81 \cdot 94 - 9,81 \cdot 47)} = 30,4 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{3} E_u = E_c = \frac{1}{2} m V_3^2$$

$$\frac{1}{2} m V_3^2 = m \cdot g \cdot h$$

$$V_3 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 94} = 43 \text{ m/s}$$

Problema



$\rightarrow v_{\text{proiettile}}$

Applico Principio Conservazione
Quantità di moto

$M = \text{massa pistola} = 1,5 \text{ Kg}$

$m = \text{massa proiettile} = 60 \text{ g} \rightarrow 0,06 \text{ Kg}$

$v_{\text{pro}} = 400 \text{ m/s}$

Prima

$$P_i = (\cancel{M+m}) \cdot \underset{\parallel 0}{V}$$

Dopo

$$P_f = m \cdot v_p + M \cdot V$$

Perché la velocità della pistola è opposta

$$m \cdot v_p + M \cdot V = 0 \quad \rightarrow \quad V = -\frac{m}{M} \cdot v_p$$

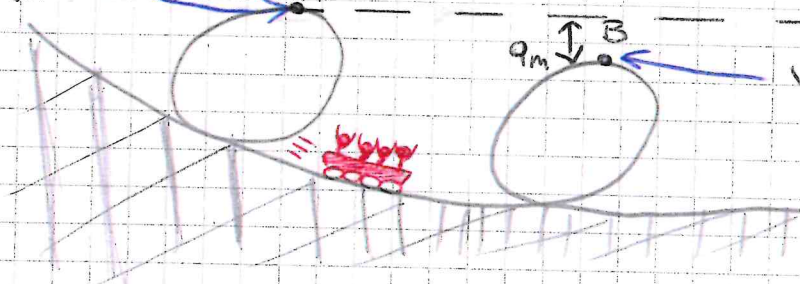
$$V = \frac{0,06}{1,5} \cdot 400 = 16 \text{ m/s}$$

Es. 96 P. 373

$v_A = 20 \text{ m/s}$

In Verifica !!!

$h_A = 43 \text{ m}$



$v_B = 17 \text{ m/s}$

$m = 2300 \text{ kg}$

Quanto vale il lavoro resistente compiuto dalle forze di attrito durante il percorso $A \rightarrow B$

1) Vale il Principio di Conservazione dell'Energia (Compresa quella persa nell'attrito)

2) $L = F \cdot \Delta s$

$$P = \frac{L}{\Delta t} = F \cdot v$$

$$E_{\text{TotA}} = E_c + U_g = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2300 \cdot 20^2 + 2300 \cdot 9,81 \cdot 43 =$$

$$L = 1430209 \text{ J}$$

Energia A) $E_{\text{TotA}} = \dots$

Energia B) $E_{\text{TotB}} = \dots$

$$\Delta E = E_A - E_B$$

$$E_{\text{TotB}} = E_c + U_g = \frac{1}{2} \cdot 2300 \cdot 17^2 + 2300 \cdot 9,81 \cdot 34 =$$

$$1099692 \text{ J}$$

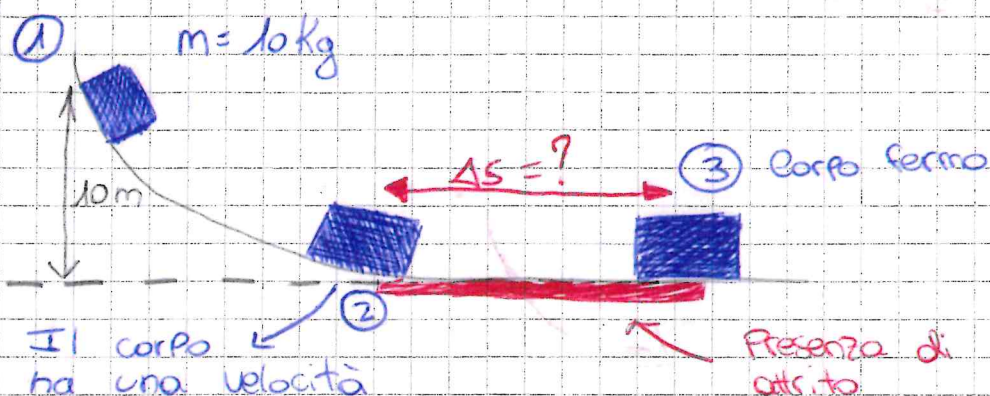
$$E_A = E_B + \Delta E \rightarrow \text{Lavoro attrito}$$

$$\Delta E = E_{\text{TotA}} - E_{\text{TotB}} = -330517 \text{ J}$$

61

Esercizio

Parte da fermo $V_i = 0$



μ = Coefficiente di attrito radente = 0.2

Dobbiamo trovare V e Δs

* Vale il principio di conservazione dell'energia

Nel Punto 1

$$E_{\text{tot}_1} = U_g = m \cdot g \cdot h = 10 \cdot 9.81 \cdot 10 = 981 \text{ J}$$

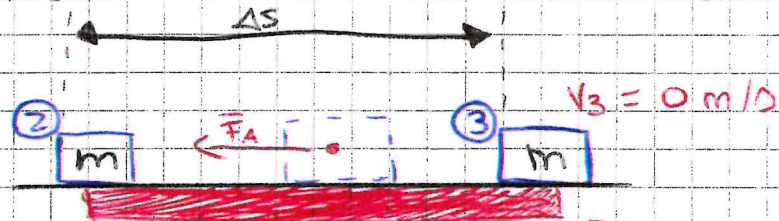
Nel Punto 2

$$E_{\text{tot}_2} = E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2 = 981 \text{ J}$$

Ricavo V

$$V = \sqrt{\frac{981 \cdot 2}{10}} = 14 \text{ m/s}$$

Nell'ultimo tratto la situazione è



F_A = forza di attrito

L'attrito è una forza che si oppone al movimento

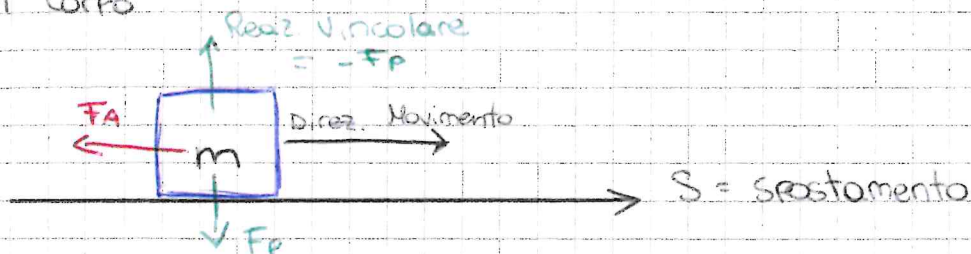
$$F_A = \mu \cdot F_{\text{reso}} = \mu \cdot m \cdot g = F_{\text{attrito}}$$

Coefficiente di attrito radente

$$F_A = \mu \cdot m \cdot g = 0.2 \cdot 10 \cdot 9.81 = 19.62 \text{ N}$$

(In realtà è negativo perché va in senso opposto)

Attenzione: Notiamo che la forza di attrito è l'unica che agisce sul corpo.



Quindi abbiamo forza e massa $\Rightarrow$ Ricaviamo l'accelerazione del corpo

$$F_A = m \cdot a \rightarrow a = \frac{F_A}{m} = \frac{-19,62}{10} = -1,962 \text{ m/s}^2$$

Si come la F_A è costante, il moto è uniformemente accelerato

$$\Delta s = s_0 + v_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$\Delta s = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a} = \frac{0 - 14^2}{2 \cdot (-1,962)} \approx 50 \text{ m}$$

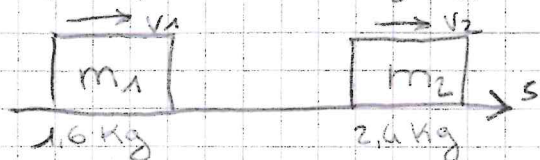
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v_f - v_i}{-1,962} = \frac{0 - 14}{-1,962} = 7,14 \text{ s}$$

$$L_{\text{Attrito}} = F \cdot \Delta s = -19,62 \cdot 50 = -981 \text{ J} \quad (\text{è uguale all'energia di Partenza})$$

in questo caso è la forza di attrito

Esercizio

Due blocchi $m_1 = 1.6 \text{ Kg}$ ed $m_2 = 2.4 \text{ Kg}$ scivolano senza attrito con velocità $v_1 = 5.5 \text{ m/s}$ e $v_2 = 2.5 \text{ m/s}$.



Prima	Dopo
$v_1 = 5.5 \text{ m/s}$	$v_2 = 4.9 \text{ m/s}$
$v_2 = 2.5 \text{ m/s}$	

$$\begin{aligned}
 \text{Prima urto} \quad P_i &= m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = 1.6 \cdot 5.5 + 2.4 \cdot 2.5 \\
 \text{Dopo urto} \quad P_f &= m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2' = 1.6 \cdot v_1' + 2.4 \cdot 4.9
 \end{aligned}$$

Cambio segno

$$\frac{1.6 \cdot 5.5 + 2.4 \cdot 2.5 - 2.4 \cdot 4.9}{1.6} = \frac{1.6 \cdot v_1'}{1.6}$$

$$v_1' = 1.9 \text{ m/s}$$

$$E_{c,i} = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2^2$$

$$E_{c,f} = \frac{1}{2} m_1 \cdot v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot v_2'^2$$

$$E_{c,i} = \frac{1}{2} 1.6 \cdot 5.5^2 + \frac{1}{2} 2.4 \cdot 2.5^2 = 31.7 \text{ J}$$

$$E_{c,f} = \frac{1}{2} 1.6 \cdot 1.9^2 + \frac{1}{2} 2.4 \cdot 4.9^2 = 31.7 \text{ J}$$

È un urto elastico perché l'energia cinetica si conserva

Esercizio

$$m = 0,650 \text{ kg}$$

$$v = 5,7 \text{ m/s}$$

$$v = 1,8 \text{ m/s}$$

$$h = ?$$

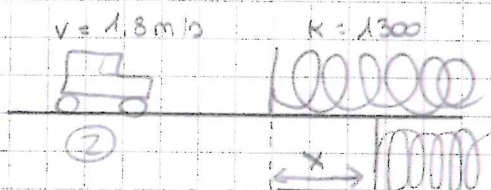


$$E_{c1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,650 \cdot (5,7)^2 = 10,56 \text{ J}$$

$$E_{c2} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,650 \cdot (1,8)^2 = 1,05 \text{ J}$$

$$U_g = E_{c1} - E_{c2} = 10,56 - 1,05 = 9,51 \text{ J}$$

$$U_g = m \cdot g \cdot h \rightarrow h = \frac{U_g}{m \cdot g} = \frac{9,51}{0,650 \cdot 9,81} = 1,50 \text{ m}$$



$$U_e = E_c \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2 = 1,05 \text{ (} E_{c2} \text{)} \Rightarrow x = \sqrt{\frac{1,05 \cdot 2}{K}}$$

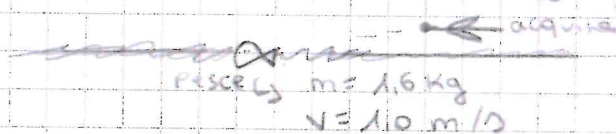
$$x = \sqrt{\frac{1,05 \cdot 2}{1300}} = \sqrt{\frac{1,05 \cdot 2}{1300}} = 0,04 \text{ m} \rightarrow 4,0 \text{ cm}$$

Esercizio

$$v = 11,11 \text{ m/s}$$

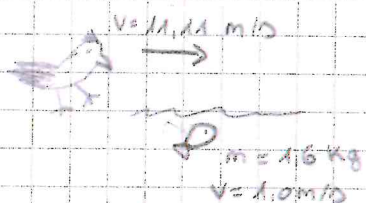
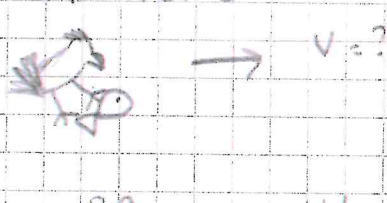
$$v = 40 \text{ km/h}$$

$$m = 8,3 \text{ kg}$$



Prima dell'urto

Dopo l'urto



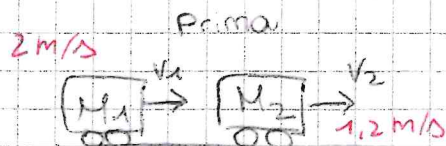
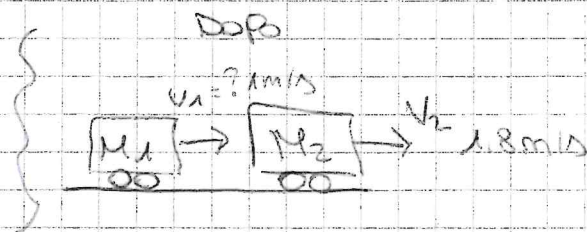
$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot V$$

$$V = \frac{8,3 \cdot 11,11 + 1,6 \cdot 1}{8,3 + 1,6} = 9,67 \text{ m/s} \rightarrow 34 \text{ km/h}$$

Conservazione Quantità di moto

65

Es. 33. P. 391



$$M_2 = 250g$$

$$M_1 = 150g$$

$$P = 0.15 \text{ Kg} \cdot 2 + 0.25 \text{ Kg} \cdot 1.2 = 0.6$$

$$PF = 0.15 \cdot 1.8 + 0.25 \cdot v_1 = 0.6$$

devono essere uguali

$$v_1 = \frac{0.6 - 0.45}{0.15} = 1 \text{ m/s}$$

$$E_{ci} = \frac{1}{2} \cdot 0.15 \cdot 2^2 + \frac{1}{2} \cdot 0.25 \cdot 1.2^2 = 0.48 \text{ J}$$

$$E_{cf} = \frac{1}{2} \cdot 0.15 \cdot 1^2 + \frac{1}{2} \cdot 0.25 \cdot 1.8^2 = 0.48 \text{ J}$$



Urto elastico

Esercizio



$$M = 1500 \text{ Kg}$$

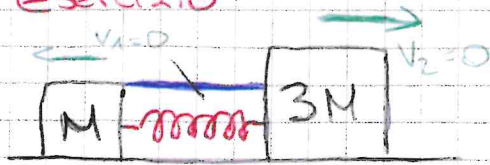
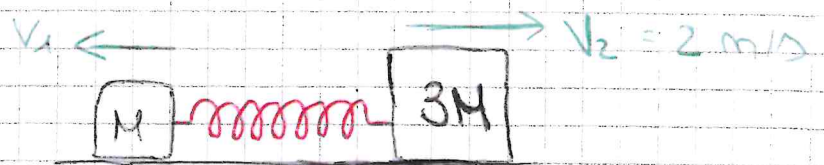
Auto frena (acc. costante)

Si ferma in 12 minuti

Determina la forza che agisce sull'auto

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m v_f - m v_i}{\Delta t} = \frac{0 - 1500 \cdot 16.67}{72} = -347 \text{ N}$$

Esercizio



$$P_i = M \cdot 0 + 3M \cdot 0 = 0$$

$$P_f = M \cdot v_1 + 3M \cdot 2 = 0$$

$$v_1 = -6 \text{ m/s}$$

Esercizio 8

$$v_f = 0 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \rightarrow \Delta p = F \cdot \Delta t = 1600 \cdot 24 = 38400 \text{ Kg m/s}$$

$$p = m \cdot v \quad v = \frac{p}{m} = \frac{38400}{1200} = 32 \text{ m/s}$$

$$\Delta x = v_m \cdot \Delta t = \frac{v_i + v_f}{2} \cdot \Delta t \rightarrow \frac{32 - 0}{2} \cdot 24 = 384 \text{ m (spazio di frenata)}$$