

Problema di: Cinematica - IC0062a**Testo** [IC0062a] [2★ 2🕒 2a📖]

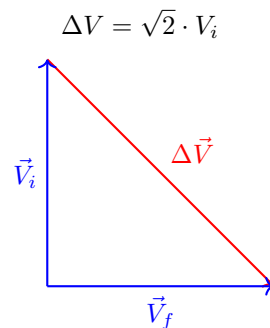
Una palla da tennis urta contro un muro con velocità $v = 20 \frac{m}{s}$. Tale velocità a seguito dell'urto subisce una deviazione di $\Delta\theta = 90^\circ$, senza modificare il modulo. L'urto dura un tempo $\Delta t = 0,05 s$. Calcola l'accelerazione media subita dalla pallina.

Spiegazione In questo problema semplicemente si applica la definizione di accelerazione

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Bisogna solo stare attenti a capire quanto vale la variazione di velocità, in quanto stiamo parlando di vettori e la velocità finale differisce da quella iniziale solo per la sua direzione.

Svolgimento La velocità iniziale e finale formano tra loro un angolo retto. Vista la geometria del problema, la variazione di velocità $\Delta \vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$ forma con gli altri due vettori un triangolo rettangolo isoscele. Posso quindi trovare il suo valore con il teorema di Pitagora



Calcolo infine l'accelerazione

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 20\sqrt{2} \frac{m}{s}}{0,05 s} = 1131 \frac{m}{s^2}$$

5.2 Velocità media**Problema di: grandezze fisiche cinematiche- IC0001****Testo** [IC0001] [2★ 2🕒 1a📖]

Un'automobile viaggia alla velocità costante $v_1 = 120 \frac{km}{h}$ per un tempo $\Delta t_1 = 2 h$; successivamente si ferma per un tempo $\Delta t = 1 h$, ed infine riparte viaggiando alla velocità costante $v_2 = 90 \frac{km}{h}$ per un tempo $\Delta t_2 = 4 h$. A quale velocità media ha viaggiato l'automobile?

Spiegazione Il percorso del ciclista è suddiviso in due fasi, in ognuna delle quali si muove di moto rettilineo uniforme. Indipendentemente da questo, per il calcolo della velocità media serve conoscere lo spazio complessivamente percorso dall'auto, ed il tempo totale da essa impiegato a percorrerlo.

Svolgimento La lunghezza del primo tratto vale

$$\Delta S_1 = v_1 \cdot \Delta t_1 = 240 km$$

La lunghezza del secondo tratto vale

$$\Delta S_2 = v_2 \cdot \Delta t_2 = 360 km$$

La velocità media tenuta dall'automobile sul percorso complessivo vale:

$$v_{media} = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{\Delta t_1 + \Delta t + \Delta t_2} = \frac{240 km + 360 km}{2 h + 1 h + 4 h} = 85,71 \frac{km}{h}$$

Questo calcolo tiene anche conto del fatto che la macchina è stata ferma per un certo periodo di tempo.

Esercizi concettualmente identici

- Una persona percorre un tratto di strada lungo $\Delta S_1 = 50 metri$ in un tempo $\Delta t_1 = 20 secondi$; successivamente percorre un secondo tratto lungo $\Delta S_2 = 30 metri$ in un tempo $\Delta t_2 = 15 secondi$. Quale velocità media ha tenuto nel primo tratto? Quale nel secondo tratto? Quale su tutto il percorso? [$v_{m1} = 2,5 \frac{m}{s}$; $v_{m2} = 2 \frac{m}{s}$; $v_{mt} = 2,286 \frac{m}{s}$]

2. Un ciclista affronta una salita lunga $\Delta S_1 = 10 \text{ km}$ in un tempo $\Delta t_1 = 2 \text{ h}$ e la successiva discesa lunga $\Delta S_2 = 30 \text{ km}$ in un tempo $\Delta t_1 = 0.5 \text{ h}$. Quale velocità media ha tenuto in salita? Quale in discesa? Quale sull'intero percorso?

$$[U_{ms} = 5 \frac{\text{km}}{\text{h}}; U_{md} = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}; U_{mt} = 16 \frac{\text{km}}{\text{h}}]$$

Problema di: grandezze fisiche cinematiche - IC0001a

Testo [IC0001a] [1★ 1🕒 1a📖]

Una persona percorre un tragitto $\Delta S_a = 100 \text{ m}$ in un tempo $\Delta t_a = 20 \text{ s}$; poi si ferma per un tempo $\Delta t_b = 10 \text{ s}$ e infine percorre un tragitto $\Delta S_c = 50 \text{ m}$ in un tempo $\Delta t_c = 25 \text{ s}$. Calcola la velocità media tenuta nei tratti ΔS_a e ΔS_c . Calcola la velocità media complessiva.

Spiegazione In questo problema non è possibile specificare in quale tipo di moto stia viaggiando la persona; è però possibile calcolare la velocità media tenuta dalla persona in un certo tratto. Attenzione a non fare il classico errore di confondere la velocità media con la media delle velocità.

Svolgimento Nel primo tratto la velocità media vale

$$U_{m-a} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{100 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Nel secondo tratto la velocità media vale

$$U_{m-c} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{50 \text{ m}}{25 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Complessivamente, contando quindi anche la pausa tenuta dalla persona tra i due tragitti, avremo che

$$U_{m-abc} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{100 \text{ m} + 50 \text{ m}}{20 \text{ s} + 10 \text{ s} + 25 \text{ s}} = 2,73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - IC0030**Testo** [IC0030] [2★ 2🕒 1a📖]

Una bicicletta viaggia per un tempo $\Delta t_1 = 2\text{ h}$ alla velocità $v_1 = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ e successivamente per un tempo $\Delta t_2 = 3\text{ h}$ alla velocità $v_2 = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Quale velocità media ha tenuto?

Spiegazione La bicicletta percorre due tratti di strada differenti a due velocità differenti. Dal momento che per calcolare una velocità media devo calcolarmi la lunghezza del percorso totale e la durata del percorso totale, devo prima calcolarmi le distanze percorse dalla bicicletta.

Svolgimento La lunghezza del primo percorso è

$$\Delta S_1 = v_1 \cdot \Delta t_1 = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 2\text{ h} = 40\text{ km}$$

La lunghezza del secondo percorso è

$$\Delta S_2 = v_2 \cdot \Delta t_2 = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 3\text{ h} = 90\text{ km}$$

La velocità media su tutto il percorso vale

$$v_m = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{130\text{ km}}{5\text{ h}} = 26 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Problema di: Cinematica - IC0030a**Testo** [IC0030a] [2★ 2🕒 1a📖]

Un ciclista affronta una salita lunga $\Delta S_1 = 10\text{ km}$ ad una velocità media $v_{m1} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e la successiva discesa lunga $\Delta S_2 = 30\text{ km}$ in un tempo $\Delta t_2 = 40\text{ min}$. In quanto tempo ha percorso il tratto in salita? Quale velocità media ha tenuto in discesa? Quale sull'intero percorso?

Spiegazione Il percorso del ciclista è suddiviso in due fasi, ognuna delle quali vede il ciclista muoversi con una velocità differente. Indipendentemente da questo, per il calcolo della velocità media serve conoscere lo spazio complessivamente percorso dal ciclista, ed il tempo totale da egli impiegato a percorrerlo.

Svolgimento Il tempo impiegato dal ciclista a percorrere il primo tratto vale

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{10000\text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1000\text{ s}$$

La velocità media tenuta nel primo tratto vale

$$v_2 = \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2} = \frac{30000\text{ m}}{40 \cdot 60\text{ s}} = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocità media tenuta dall'automobile sul percorso complessivo vale:

$$v_{media} = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{10\text{ km} + 30\text{ km}}{1000\text{ s} + 40 \cdot 60\text{ s}} = 11,76 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - IC0030b**Testo** [IC0030b] [2★ 2🕒 1a📖]

Un ciclista affronta una salita lunga $\Delta S_1 = 21 \text{ km}$ alla velocità media $U_{m1} = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e la successiva discesa lunga $\Delta S_2 = 30 \text{ km}$ alla velocità media $U_{m2} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. In quanto tempo ha percorso la salita? In quanto tempo ha percorso la discesa? Calcola la velocità media sull'intero percorso.

Spiegazione In questo esercizio abbiamo un ciclista che si muove con una velocità media differente per ognuno dei vari tratti di strada. Bisogna calcolare la velocità media complessiva.

Svolgimento Per il tempo impiegato in salita avremo:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{U_1} = \frac{21000 \text{ m}}{7 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3000 \text{ s}$$

Per il tempo impiegato in discesa avremo:

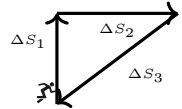
$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{U_2} = \frac{30000 \text{ m}}{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2000 \text{ s}$$

La velocità media su tutto il percorso sarà

$$U_m = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{51000 \text{ m}}{5000 \text{ s}} = 10,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - IC0071a**Testo** [IC0071a] [2★ 2🕒 1a📖]

Un ragazzo cammina lungo il perimetro di un triangolo rettangolo. Percorre il primo cateto lungo $\Delta S_1 = 30 \text{ m}$ alla velocità $U_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, il secondo cateto lungo $\Delta S_2 = 40 \text{ m}$ alla velocità $U_2 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, ed infine l'ipotenusa alla velocità $U_3 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Calcola la velocità media sull'intero tragitto.



Spiegazione Il ragazzo in questione fa tre tratti di strada a tre differenti velocità. La velocità media scalare la possiamo trovare facendo il rapporto tra la lunghezza del percorso fatto ed il tempo impiegato.

Svolgimento La lunghezza dell'ipotenusa del triangolo è

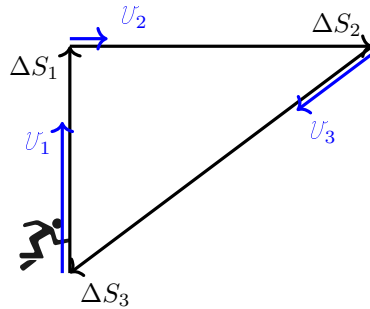
$$\Delta S_3 = \sqrt{\Delta S_1^2 + \Delta S_2^2} = \sqrt{900 \text{ m}^2 + 1600 \text{ m}^2} = 50 \text{ m}$$

I tempi impiegati a percorrere i tre lati del triangolo sono:

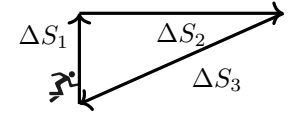
$$\begin{cases} \Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{U_1} = \frac{30 \text{ m}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 3 \text{ s} \\ \Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{U_2} = \frac{40 \text{ m}}{2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 20 \text{ s} \\ \Delta t_3 = \frac{\Delta S_3}{U_3} = \frac{50 \text{ m}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10 \text{ s} \end{cases}$$

La velocità media scalare è quindi

$$U_m = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3} = \frac{120 \text{ m}}{33 \text{ s}} = \frac{40}{11} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$


Problema di: Cinematica - IC0071b
Testo [IC0071b] [2★ 2⌚ 1a📖]

Un ragazzo cammina $\Delta S_1 = 5\text{ m}$ verso nord, $\Delta S_2 = 12\text{ m}$ verso est e poi torna indietro in linea retta. Il ragazzo viaggia a velocità $v_1 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il primo tratto, $v_2 = 3\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il secondo tratto, ed $v_3 = 5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ al ritorno. Calcola la sua velocità scalare media.



Spiegazione La persona in questione fa un percorso di forma triangolare. IN particolare è un triangolo rettangolo. IL calcolo della velocità media si effettua sapendo la strada complessivamente fatta ed il tempo impiegato a farla.

Svolgimento La lunghezza dell'ipotenusa del triangolo è

$$\Delta S_3 = \sqrt{\Delta S_1^2 + \Delta S_2^2} = \sqrt{25\text{ m}^2 + 144\text{ m}^2} = 13\text{ m}$$

I tempi impiegati a percorrere i tre lati del triangolo sono:

$$\begin{cases} \Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{5\text{ m}}{2\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2,5\text{ s} \\ \Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{12\text{ m}}{3\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 4\text{ s} \\ \Delta t_3 = \frac{\Delta S_3}{v_3} = \frac{13\text{ m}}{5\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 2,6\text{ s} \end{cases}$$

La velocità media scalare è quindi

$$v_m = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3} = \frac{30\text{ m}}{9,1\text{ s}} = 3,3\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - IC0052**Testo** [IC0052] [3★ 3🕒 2a📖]

Un oggetto percorre quattro quinti di un tragitto alla velocità $U = 12 \frac{m}{s}$ e l'ultimo quinto del tragitto a metà di quella velocità. Quale velocità media ha tenuto?

Spiegazione La velocità media di un corpo è data dal rapporto tra lo spostamento effettuato ed il tempo impiegato ad effettuarlo

$$U_m = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}}$$

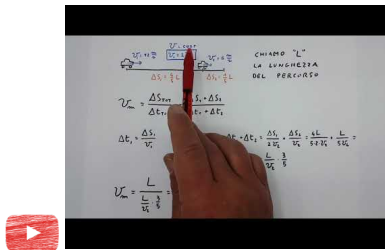


Fig. 5.1: Guarda il video youtu.be/G0etnW8Z9Rc

Svolgimento Il percorso in questione è diviso in due parti di cui una è il quadruplo dell'altra. Il percorso totale è quindi

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 4d + d$$

Il primo tratto di strada viene percorso in un tempo

$$\Delta t_1 = \frac{4d}{U}$$

ed il secondo tratto di strada in un tempo

$$\Delta t_2 = \frac{d}{\frac{1}{2}U} = \frac{2d}{U}$$

A questo punto possiamo calcolare la velocità media

$$U_m = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{5d}{\frac{6d}{U}} = \frac{5}{6}U$$

$$U_m = 10 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - IC0110**Testo** [IC0110] [2★ 3🕒 1a📖]

Se mi muovo verso nord di $\Delta S_1 = 600\text{ m}$, e poi verso est di $\Delta S_2 = 300\text{ m}$, ed infine verso sud di $\Delta S_3 = 200\text{ m}$, quanti metri ho percorso? Di quanti metri mi sono spostato rispetto al punto di partenza? Disegna i tre spostamenti e lo spostamento totale. Sapendo che ho impiegato in tutto $\Delta t = 10\text{ h}$, calcola la mia velocità media scalare e vettoriale.

Spiegazione La grandezza fisica chiamata *Spostamento* è una grandezza vettoriale, cioè ha tre caratteristiche (modulo, direzione e verso) e si può rappresentare con un vettore che parte dal punto di partenza ed arriva nel punto di arrivo. La velocità media scalare si calcola tenendo conto della lunghezza del percorso; quella vettoriale tenendo invece conto della lunghezza dello spostamento.

Svolgimento La lunghezza del percorso fatto (cioè il numero di metri percorsi) è la somma delle lunghezze dei tre spostamenti

$$L_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 1100\text{ m}$$

Corrispondente ad una velocità media scalare

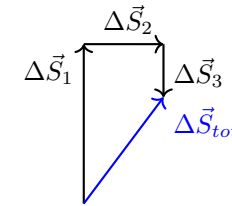
$$v_{ms} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{1,1\text{ km}}{10\text{ h}} = 0,11 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Lo spostamento totale è la somma vettoriale dei tre spostamenti. Per calcolarla dobbiamo osservare che lo spostamento richiesto è l'ipotenusa di un triangolo rettangolo di cateti rispettivamente $a = \Delta S_2 = 300\text{ m}$ e $b = \Delta S_1 - \Delta S_3 = 400\text{ m}$

$$\Delta S_{tot} = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2} = \sqrt{90000\text{ m}^2 + 160000\text{ m}^2} = 500\text{ m}$$

Corrispondente ad una velocità media vettoriale

$$v_{mv} = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{0,5\text{ km}}{10\text{ h}} = 0,05 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$



Problema di: Cinematica - IC0112**Testo** [\[IC0112\]](#) [2★ 3⌚ 1a📖]

Un corridore comincia una gara mantenendo una velocità $v_1 = 4 \frac{m}{s}$ per $\Delta t_1 = 20 s$, successivamente riduce la velocità del 60% e la mantiene per $\Delta t_2 = 30 s$. Infine riduce ulteriormente la velocità del 20% e la mantiene per $\Delta t_3 = 60 s$. calcola la velocità media dell'atleta e la distanza che ha percorso.

Spiegazione [...]**Svolgimento** [...]**Problema di: Cinematica - IC0113****Testo** [\[IC0113\]](#) [2★ 3⌚ 1a📖]

Alle ore $t_1 = 7 : 25$ ti trovi a $\Delta S_1 = 100 m$ da scuola. Alle ore $t_2 = 7 : 55$ ti trovi a $\Delta S_2 = 30 m$ da scuola. Calcola la tua velocità media e l'ora di arrivo a scuola.

Spiegazione [...]**Svolgimento** [...]

5.3 Baricentro di un sistema

Problema di: Baricentro - IC0010a

Testo [IC0010a] [1½★ 1½🕒 1a📖]

Tre libri sono posizionati uno sull'altro. I libri hanno rispettivamente massa $m_1 = 1 \text{ hg}$, $m_2 = 2 \text{ hg}$, $m_3 = 3 \text{ hg}$ ed hanno tutti lo stesso spessore $S = 3 \text{ cm}$. A che altezza si trova il baricentro del sistema?

Spiegazione In questo problema abbiamo un sistema formato da tre oggetti distinti posti uno sull'altro. Il baricentro del sistema sarà la media pesata sulla massa, delle posizioni dei baricentri dei singoli oggetti.

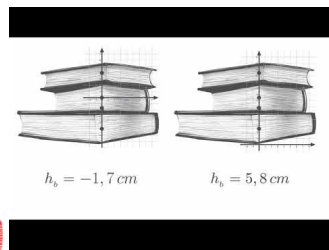


Fig. 5.2: Guarda il video youtu.be/IJHMqtdsfCE

Svolgimento La posizione dei baricentri dei singoli oggetti è:

$$h_1 = 1,5 \text{ cm}$$

$$h_2 = 4,5 \text{ cm}$$

$$h_3 = 7,5 \text{ cm}$$

Quindi l'altezza da terra del baricentro del sistema sarà

$$h_b = \frac{h_1 m_1 + h_2 m_2 + h_3 m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$h_b = \frac{1,5 \text{ hg} \cdot \text{cm} + 9 \text{ hg} \cdot \text{cm} + 22,5 \text{ hg} \cdot \text{cm}}{6 \text{ hg}} = 5,5 \text{ cm}$$

Problema di: Posizione - IC0010

Testo [IC0010] [1½★ 1½🕒 1a📖]

Tre cubi omogenei di lato $l = 10 \text{ cm}$ e di massa $m_1 = 9 \text{ kg}$, $m_2 = 5 \text{ kg}$, $m_3 = 2 \text{ kg}$, sono posti nell'ordine uno sopra all'altro. A quale altezza si trova il baricentro del sistema?

Spiegazione Il baricentro di un sistema di corpi è il centro delle masse del sistema. I tre cubi hanno stessa forma e volume, ma masse differenti in quanto fatti di materiali differenti. Il baricentro di ogni cubo si trova nel centro geometrico del cubo stesso, quindi per trovare il baricentro del sistema basta utilizzare l'opportuna formula.

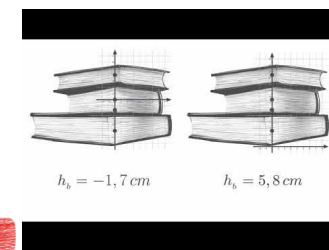


Fig. 5.3: Guarda il video youtu.be/IJHMqtdsfCE

Svolgimento Le altezze dei baricentri dei singoli cubi sono

$$y_1 = 5 \text{ cm}$$

$$y_2 = 15 \text{ cm}$$

$$y_3 = 25 \text{ cm}$$

Il baricentro del sistema si trova all'altezza

$$y_b = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2 + m_3 y_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{45 \text{ kg cm} + 75 \text{ kg cm} + 50 \text{ kg cm}}{16 \text{ kg}} = 10,625 \text{ cm}$$

Problema di: Baricentro - IC0010b**Testo** [IC0010b] [1½★ 1½🕒 1a📖]

Tre libri sono posizionati uno sull'altro. I libri hanno rispettivamente massa $m_1 = 5 \text{ hg}$, $m_2 = 3 \text{ hg}$, $m_3 = 2 \text{ hg}$. I primi due libri hanno lo stesso spessore $S_1 = 5 \text{ cm}$ e $S_2 = 5 \text{ cm}$, mentre l'ultimo ha uno spessore $S_3 = 3 \text{ cm}$. A che altezza si trova il baricentro del sistema?

Spiegazione In questo problema abbiamo un sistema formato da tre oggetti distinti posti uno sull'altro. Il baricentro del sistema sarà la media pesata sulla massa, delle posizioni dei baricentri dei singoli oggetti.

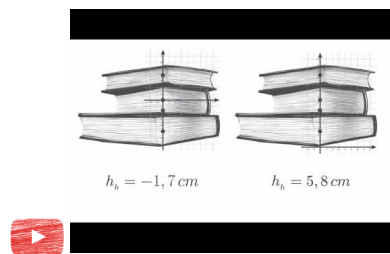


Fig. 5.4: Guarda il video youtu.be/IJHMqtdsfCE

Svolgimento Dal momento che il problema chiede l'altezza del baricentro dal luogo dove sono appoggiati i libri, scegliamo di mettere il sistema di riferimento sul lato inferiore del primo libro.

La posizione dei baricentri dei singoli oggetti è:

$$h_1 = 2,5 \text{ cm}$$

$$h_2 = 7,5 \text{ cm}$$

$$h_3 = 11,5 \text{ cm}$$

Quindi l'altezza da terra del baricentro del sistema sarà

$$h_b = \frac{h_1 m_1 + h_2 m_2 + h_3 m_3}{m_1 + m_2 + m_3}$$

$$h_b = \frac{12,5 \text{ hg} \cdot \text{cm} + 22,5 \text{ hg} \cdot \text{cm} + 23 \text{ hg} \cdot \text{cm}}{10 \text{ hg}} = 5,8 \text{ cm}$$

Problema di: grandezze fisiche cinematiche- IC0001**Testo** [IC0001] [2★ 2👤 1a📖]

Un'automobile viaggia alla velocità costante $U_1 = 120 \frac{km}{h}$ per un tempo $\Delta t_1 = 2 h$; successivamente si ferma per un tempo $\Delta t = 1 h$, ed infine riparte viaggiando alla velocità costante $U_2 = 90 \frac{km}{h}$ per un tempo $\Delta t_2 = 4 h$. A quale velocità media ha viaggiato l'automobile?

Spiegazione Il percorso del ciclista è suddiviso in due fasi, in ognuna delle quali si muove di moto rettilineo uniforme. Indipendentemente da questo, per il calcolo della velocità media serve conoscere lo spazio complessivamente percorso dall'auto, ed il tempo totale da essa impiegato a percorrerlo.

Svolgimento La lunghezza del primo tratto vale

$$\Delta S_1 = U_1 \cdot \Delta t_1 = 240 km$$

La lunghezza del secondo tratto vale

$$\Delta S_2 = U_2 \cdot \Delta t_2 = 360 km$$

La velocità media tenuta dall'automobile sul percorso complessivo vale:

$$U_{media} = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{\Delta t_1 + \Delta t + \Delta t_2} = \frac{240 km + 360 km}{2 h + 1 h + 4 h} = 85,71 \frac{km}{h}$$

Questo calcolo tiene anche conto del fatto che la macchina è stata ferma per un certo periodo di tempo.

Esercizi concettualmente identici

- Una persona percorre un tratto di strada lungo $\Delta S_1 = 50 metri$ in un tempo $\Delta t_1 = 20 secondi$; successivamente percorre un secondo tratto lungo $\Delta S_2 = 30 metri$ in un tempo $\Delta t_2 = 15 secondi$. Quale velocità media ha tenuto nel primo tratto? Quale nel secondo tratto? Quale su tutto il percorso? [$U_{m1} = 2,5 \frac{m}{s}$; $U_{m2} = 2 \frac{m}{s}$; $U_{mt} = 2,286 \frac{m}{s}$]

- Un ciclista affronta una salita lunga $\Delta S_1 = 10 km$ in un tempo $\Delta t_1 = 2 h$ e la successiva discesa lunga $\Delta S_2 = 30 km$ in un tempo $\Delta t_1 = 0,5 h$. Quale velocità media ha tenuto in salita? Quale in discesa? Quale sull'intero percorso?

$$[U_{ms} = 5 \frac{km}{h}; U_{md} = 60 \frac{km}{h}; U_{mt} = 16 \frac{km}{h}]$$

Problema di: cinematica - C0068**Testo** [C0068] [3★ 3⌚ 2a📖]

Un proiettile di massa $m_1 = 20\text{ g}$ si muove con velocità $U_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ verso un oggetto fermo di massa $m_2 = 80\text{ g}$. Con quale velocità si muove il baricentro del sistema?

Spiegazione In questo problema, utilizzando l'equazione del moto degli oggetti, si ottiene l'equazione del moto del baricentro e di conseguenza la sua velocità.

Svolgimento La posizione del baricentro del sistema è

$$X_b = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

Utilizzando le equazioni del moto avremo

$$X_b = \frac{m_1 (x_{1i} + U_1 \Delta t) + m_2 x_{i2}}{m_1 + m_2}$$

$$X_b = \frac{m_1 U_1}{m_1 + m_2} \Delta t + \frac{m_2}{m_1 + m_2} x_{i2}$$

da cui si deduce che

$$U_b = \frac{m_1}{m_1 + m_2} U_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: cinematica - C0068a**Testo** [C0068a] [3★ 3⌚ 2a📖]

Un proiettile di massa $m_1 = 20\text{ g}$ si muove con velocità $U_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ verso un oggetto di massa $m_2 = 80\text{ g}$ che si muove con velocità $U_2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ nello stesso verso. Con quale velocità si muove il baricentro del sistema?

Spiegazione In questo problema, utilizzando l'equazione del moto degli oggetti, si ottiene l'equazione del moto del baricentro e di conseguenza la sua velocità.

Svolgimento Lavoriamo in un sistema di riferimento orizzontale rivolto verso destra; metteremo i vettori verso destra con valore positivo e quelli verso sinistra con valore negativo.

La posizione del baricentro del sistema è

$$X_b = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

Utilizzando le equazioni del moto avremo

$$X_b = \frac{m_1 (x_{1i} + U_1 \Delta t) + m_2 (x_{2i} + U_2 \Delta t)}{m_1 + m_2}$$

$$X_b = \frac{m_1 U_1 + m_2 U_2}{m_1 + m_2} \Delta t + \frac{m_1 x_{i1} + m_2 x_{i2}}{m_1 + m_2}$$

da cui si deduce che

$$U_b = \frac{m_1 U_1 + m_2 U_2}{m_1 + m_2} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: cinematica - C0068b**Testo** [C0068b] [3★ 3⌚ 2a📖]

Un proiettile di massa $m_1 = 20\text{ g}$ si muove con velocità $U_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ verso un oggetto di massa $m_2 = 80\text{ g}$ che si muove con velocità $U_2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ nel verso opposto. Con quale velocità si muove il baricentro del sistema?

Spiegazione In questo problema, utilizzando l'equazione del moto degli oggetti, si ottiene l'equazione del moto del baricentro e di conseguenza la sua velocità.

Svolgimento Lavoriamo in un sistema di riferimento orizzontale rivolto verso destra; metteremo i vettori verso destra con valore positivo e quelli verso sinistra con valore negativo.

La posizione del baricentro del sistema è

$$X_b = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}$$

Utilizzando le equazioni del moto avremo

$$X_b = \frac{m_1 (x_{1i} + U_1 \Delta t) + m_2 (x_{2i} + U_2 \Delta t)}{m_1 + m_2}$$

$$X_b = \frac{m_1 U_1 + m_2 U_2}{m_1 + m_2} \Delta t + \frac{m_1 x_{1i} + m_2 x_{2i}}{m_1 + m_2}$$

da cui si deduce che

$$U_b = \frac{m_1 U_1 + m_2 U_2}{m_1 + m_2}$$

Considerando che il secondo oggetto viaggia in direzione opposta al primo, avremo

$$U_b = \frac{20\text{ g} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 80\text{ g} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{m_1 + m_2} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

il che significa che il baricentro si muove nello stesso verso del secondo oggetto.

5.4 Moto Rettilineo uniforme**Problema di: Cinematica - C0116****Testo** [C0116] [1★ 1⌚ 1a📖]

Il continente europeo ed americano si stanno allontanando alla velocità costante $U = 6,4 \cdot 10^{-10} \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Di quanto si saranno allontanati in un anno?

Spiegazione [...]**Svolgimento** [...]

Problema di: Cinematica - C0072**Testo** [C0072] [2★ 1⌚ 1a📖]

Una palla da tennis urta perpendicolarmente contro un muro con velocità $v = 20 \frac{m}{s}$ e rimbalza tornando indietro. L'urto dura un tempo $\Delta t = 0,01 s$. Calcola l'accelerazione media subita dalla pallina.

Spiegazione In questo problema semplicemente si applica la definizione di accelerazione

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Svolgimento L'accelerazione fa cambiare la sola componente della velocità perpendicolare al muro. Quindi

$$a = \frac{\Delta v_{\perp}}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 20 \frac{m}{s}}{0,01 s} = 4000 \frac{m}{s^2}$$

Problema di: Cinematica - C0080**Testo** [C0080] [1★ 1⌚ 1a📖]

Un'auto percorre un tragitto lungo $\Delta S = 120 km$ alla velocità $v_1 = 110 \frac{km}{h}$. Il ritorno lo percorre alla velocità $v_2 = 130 \frac{km}{h}$. Quanto tempo ha risparmiato al ritorno rispetto all'andata?

Spiegazione Un semplice moto rettilineo uniforme.

Svolgimento All'andata l'auto ha impiegato

$$\Delta t = \frac{120 km}{110 \frac{km}{h}} = 1,091 h = 3927 s$$

Al ritorno l'auto ha impiegato

$$\Delta t = \frac{120 km}{130 \frac{km}{h}} = 0,923 h = 3323 s$$

Quindi il tempo risparmiato è

$$\Delta T = \Delta t_2 - \Delta t_1 = -604 s = -10,1 min$$

Problema di: Cinematica - C0024**Testo** [C0024] [1★ 2🕒 1a📖]

Giorgio percorre $\Delta S_1 = 7 \text{ hm}$ e successivamente si muove per un tempo $\Delta t_1 = 3 \text{ min}$ alla velocità $v_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Marco percorre una distanza $\Delta S_2 = 0,6 \text{ Miglia}$ e successivamente si muove per un tempo $\Delta t_2 = 0,1 \text{ h}$ alla velocità $v_2 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Chi ha percorso più strada?

Spiegazione In questo problema due persone si muovono... basta calcolare per entrambe quanta strada hanno fatto.

Svolgimento La distanza che ha percorso Giorgio vale:

$$\Delta S = \Delta S_1 + v_1 \cdot \Delta t_1$$

$$\Delta S = 7 \text{ hm} + 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \text{ min} = 700 \text{ m} + 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 180 \text{ s} = 1420 \text{ m}$$

La distanza che ha percorso Marco vale:

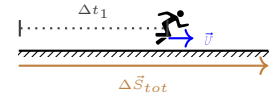
$$\Delta S = \Delta S_1 + v_1 \cdot \Delta t_1$$

$$\Delta S = 0,6 \text{ Miglia} + 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,1 \text{ h} = 0,6 \cdot 1600 \text{ m} + 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,1 \cdot 3600 \text{ s} = 1680 \text{ m}$$

Marco ha fatto un po' più di strada.

Problema di: Cinematica - C0005**Testo** [C0005] [1★ 1🕒 1a📖]

Un atleta sta correndo una gara sulla distanza $\Delta S_{tot} = 10 \text{ km}$ viaggiando a velocità costante $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Se ha già corso per un tempo $\Delta t_1 = 8 \text{ min}$ quanti metri gli mancano al traguardo?



Spiegazione L'atleta si sta muovendo di moto rettilineo uniforme in quanto la sua velocità è costante. Calcolandoci quanti metri ha già percorso, per differenza possiamo trovare quanti metri mancano al traguardo

Svolgimento Prima di tutto convertiamo il tempo di gara in secondi

$$\Delta t_1 = 8 \text{ min} = 480 \text{ s}$$

Lo spazio già percorso dall'atleta è

$$\Delta S_1 = v \cdot \Delta t_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 480 \text{ s} = 2400 \text{ m}$$

La distanza ancora da percorrere è

$$\Delta S_2 = \Delta S_{tot} - \Delta S_1 = 10000 \text{ m} - 2400 \text{ m} = 7600 \text{ m}$$

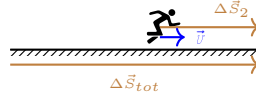
Esercizi concettualmente identici

1. Ipotizziamo che un centometrista corra i 100 m della sua gara ad una velocità costante $v = 9,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; quanto dista dal traguardo dopo un tempo $\Delta t = 3 \text{ s}$ dalla partenza?

[$\Delta S_r = 70,3 \text{ m}$]

Problema di: Cinematica - C0005a**Testo** [C0005a] [1★ 1🕒 1a📖]

Un atleta corre una gara lunga $\Delta S_{tot} = 10000\text{ m}$ alla velocità $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Sapendo che al traguardo manca $\Delta S_2 = 4000\text{ m}$, da quanto tempo la gara è iniziata?



Spiegazione L'atleta si sta muovendo di moto rettilineo uniforme in quanto la sua velocità è costante. Calcolandoci quanti metri ha già percorso, e successivamente quanto tempo è stato impiegato a percorrerli.

Svolgimento La distanza già percorsa è

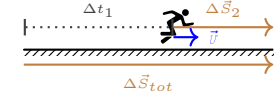
$$D = \Delta S_{tot} - \Delta S_2 = 10000\text{ m} - 4000\text{ m} = 6000\text{ m}$$

Essa è stata percorsa in un tempo

$$\Delta t = \frac{D}{v} = 1500\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0005b**Testo** [C0005b] [1★ 1🕒 1a📖]

Un atleta corre una gara alla velocità costante $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Sapendo che al traguardo manca $\Delta S_2 = 3800\text{ m}$, e che la gara è iniziata da $\Delta t = 5\text{ min}$, quanti metri è lunga tutta la gara?



Spiegazione Nel testo del problema viene specificato che l'atleta si muove con velocità costante, e quindi di moto rettilineo uniforme. Sapendo da quanto tempo è iniziata la gara e sapendo la velocità dell'atleta ci si può calcolare la distanza già percorsa. Sapendo poi la distanza rimanente, possiamo calcolare la lunghezza totale della gara.

Svolgimento La distanza già percorsa dall'atleta è

$$\Delta S_1 = v \cdot \Delta t = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 5\text{ min} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 300\text{ s} = 1200\text{ m}$$

La lunghezza totale della gara è quindi

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 1200\text{ m} + 3800\text{ m} = 5000\text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0070**Testo** [C0070] [1★ 2🕒 1a📖]

Su di un campo di calcio rettangolare, di dimensioni $a = 70\text{ m}$ e $b = 105\text{ m}$, due atleti corrono da un vertice verso il vertice opposto. Il primo con velocità $v_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il perimetro; il secondo con velocità $v_2 = 5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo la diagonale. Quanto vantaggio, il termini di tempo, avrà l'atleta che arriva prima su quello che perde?

Spiegazione I due atleti si muovono di moto rettilineo uniforme, percorrendo distanze differenti con velocità differenti. Calcolando quanto tempo impiegano ad arrivare dall'altra parte del campo possiamo indicare la risposta al quesito del problema.

Svolgimento Per il primo giocatore

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{175\text{ m}}{4\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 43,75\text{ s}$$

Per il secondo giocatore

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{126,2\text{ m}}{5\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 25,24\text{ s}$$

Quindi il secondo atleta arriva dopo un tempo

$$T = \Delta t_1 - \Delta t_2 = 18,51\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0070a**Testo** [C0070a] [1★ 2🕒 1a📖]

Su di un campo quadrato, di lato $L = 70\text{ m}$, due persone corrono da un vertice verso il vertice opposto. Il primo con velocità $v_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il perimetro; il secondo con velocità $v_2 = 5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo la diagonale. Calcola la lunghezza del percorso che fanno ed il tempo che ci impiegano. Quanto vantaggio, il termini di tempo, avrà l'atleta che arriva prima su quello che perde?

Spiegazione I due atleti si muovono di moto rettilineo uniforme, percorrendo distanze differenti con velocità differenti. Calcolando quanto tempo impiegano ad arrivare dall'altra parte del campo possiamo indicare la risposta al quesito del problema.

Svolgimento Per il primo giocatore percorre due dei quattro lati del quadrato, quindi

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{140\text{ m}}{4\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 35\text{ s}$$

Il secondo giocatore percorre la diagonale, quindi prima dobbiamo calcolarci la lunghezza della diagonale

$$\Delta S_2 = \sqrt{L^2 + L^2} \simeq 99\text{ m}$$

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{99\text{ m}}{5\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 19,8\text{ s}$$

Quindi il secondo atleta arriva dopo un tempo

$$T = \Delta t_1 - \Delta t_2 = 15,2\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0070b**Testo** [C0070b] [1★ 2🕒 1a📖]

Su di un campo circolare, di raggio $r = 70\text{ m}$, due atleti corrono da un punto verso il punto opposto sulla circonferenza. Il primo con velocità $v_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo la circonferenza; il secondo con velocità $v_2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il diametro. Disegna le due persone ed il percorso che fanno. Calcola la lunghezza del percorso che fanno. Calcola il tempo che impiegano ad arrivare. Quanto vantaggio, in termini di tempo, avrà l'atleta che arriva prima su quello che perde?

Spiegazione I due atleti si muovono con velocità in modulo costante, percorrendo distanze differenti con velocità differenti. Calcolando quanto tempo impiegano ad arrivare dall'altra parte del campo possiamo indicare la risposta al quesito del problema.

Svolgimento Il primo giocatore percorre metà della circonferenza, quindi

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{\pi \cdot 70\text{ m}}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \simeq 55\text{ s}$$

Il secondo giocatore percorre il diametro della circonferenza, quindi

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{2 \cdot 70\text{ m}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 28\text{ s}$$

Quindi il secondo atleta arriva dopo un tempo

$$T = \Delta t_1 - \Delta t_2 = 27\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0070c**Testo** [C0070c] [1★ 2🕒 1a📖]

Su di un campo quadrato, di lato $L = 20\text{ m}$, due persone corrono da un vertice verso il vertice opposto. Il primo con velocità $v_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il perimetro; il secondo con velocità v_2 lungo la diagonale arriva a destinazione impiegando lo stesso tempo del primo. Disegna le due persone ed il percorso che fanno. Calcola la lunghezza del percorso che fanno. Calcola il tempo che impiega il primo ad arrivare. Calcola la velocità del secondo.

Spiegazione I due atleti si muovono con velocità in modulo costante, percorrendo distanze differenti con velocità differenti. Calcolando quanto tempo impiegano ad arrivare dall'altra parte del campo possiamo indicare la risposta al quesito del problema.

Svolgimento Il primo giocatore percorre metà del perimetro del quadrato, quindi

$$\Delta S_1 = 2L$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{2L}{v_1} = \frac{40\text{ m}}{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10\text{ s}$$

Il secondo giocatore percorre la diagonale del quadrato impiegando lo stesso tempo, quindi

$$\Delta S_2 = \sqrt{L^2 + L^2} = 28,3\text{ m}$$

$$v_2 = \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2} = \frac{\sqrt{L^2 + L^2}}{\Delta t_2} = \frac{28,3\text{ m}}{10\text{ s}} = 2,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - C0070d**Testo** [C0070d] [1★ 2🕒 1a📖]

Su di un campo rettangolare, di lati $L = 10\text{ m}$ e $H = 24\text{ m}$, due persone corrono da un vertice verso il vertice opposto. Il primo con velocità $v_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$ lungo il perimetro; il secondo con velocità v_2 lungo la diagonale arriva a destinazione impiegando lo stesso tempo del primo. Disegna le due persone ed il percorso che fanno. Calcola la lunghezza del percorso che fanno. Calcola il tempo che impiega il primo ad arrivare. Calcola la velocità del secondo.

Spiegazione I due atleti si muovono con velocità in modulo costante, percorrendo distanze differenti con velocità differenti. Calcolando quanto tempo impiegano ad arrivare dall'altra parte del campo possiamo indicare la risposta al quesito del problema.

Svolgimento Il primo giocatore percorre metà del perimetro del quadrato, quindi

$$\Delta S_1 = L + H = 34\text{ m}$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{34\text{ m}}{4\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 8,5\text{ s}$$

Il secondo giocatore percorre la diagonale del quadrato impiegando lo stesso tempo, quindi

$$\Delta S_2 = \sqrt{L^2 + H^2} = 26\text{ m}$$

$$v_2 = \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2} = \frac{26\text{ m}}{8,5\text{ s}} = 3,06\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - C0070e**Testo** [C0070e] [1★ 2🕒 1a📖]

Un ragazzo cammina $\Delta S_1 = 8\text{ km}$ verso nord e poi gira di 90° e cammina $\Delta S_2 = 15\text{ km}$ verso est, viaggiando alla velocità $v_a = 17\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Un amico parte ed arriva negli stessi punti, ma muovendosi in linea retta e viaggiando alla velocità $v_b = 5\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Dopo quanto tempo arriva il primo rispetto al secondo?

Spiegazione I due atleti si muovono con velocità in modulo costante, percorrendo distanze differenti con velocità differenti. Calcolando quanto tempo impiegano ad arrivare dall'altra parte del campo possiamo indicare la risposta al quesito del problema.

Svolgimento Il primo giocatore percorre metà del perimetro del rettangolo, quindi

$$\Delta S_a = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 23\text{ km}$$

$$\Delta t_a = \frac{\Delta S_a}{v_a} = \frac{23\text{ km}}{17\frac{\text{km}}{\text{h}}} = 1,35\text{ h}$$

Il secondo giocatore percorre l'ipotenusa del rettangolo che si viene a formare disegnando i due percorsi, quindi

$$\Delta S_b = \sqrt{\Delta S_1^2 + \Delta S_2^2} = 17\text{ km}$$

$$\Delta t_b = \frac{\Delta S_b}{v_b} = \frac{17\text{ km}}{5\frac{\text{km}}{\text{h}}} = 3,4\text{ h}$$

Il primo arriva quindi

$$\Delta t_x = \Delta t_b - \Delta t_a = 2,05\text{ h}$$

Problema di: Cinematica - C0070f**Testo** [C0070f] [1★ 3🕒 1a📖]

Un ragazzo cammina $\Delta S_1 = 8 \text{ km}$ verso nord e poi gira di 90° e cammina $\Delta S_2 = 15 \text{ km}$ verso est, infine gira di 90° e cammina $\Delta S_3 = 8 \text{ km}$ verso sud, il tutto viaggiando alla velocità $v_a = 5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Un amico parte ed arriva negli stessi punti, ma muovendosi in linea retta e viaggiando alla velocità $v_b = 10 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Dopo quanto tempo arriva il primo rispetto al secondo?

Spiegazione Per rispondere alla domanda dobbiamo sapere in quanto tempo le due persone percorrono il loro rispettivo percorso. È necessario disegnare tale percorso.

Svolgimento Il primo ragazzo percorre in tutto $\Delta S_1 = 31 \text{ km}$ e quindi ci impiega un tempo

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = 6,2 \text{ h}$$

L'amico percorre invece una distanza pari a $\Delta S_2 = 15 \text{ km}$ e quindi ci impiega un tempo

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = 1,5 \text{ h}$$

Quindi il primo ragazzo arriva alla fine del percorso $\Delta t = 6,2 \text{ h} - 1,5 \text{ h} = 4,7 \text{ h}$

Problema di: Cinematica - C0070g**Testo** [C0070g] [1★ 2🕒 1a📖]

Su di un campo da calcio rettangolare di dimensioni $l = 100 \text{ m}$ e $h = 70 \text{ m}$, Marco e Luigi si muovono da un vertice del rettangolo a quello opposto. Marco si muove lungo il perimetro, mentre Luigi si muove lungo la diagonale del campo. Sapendo che Marco corre alla velocità $v_M = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e che Luigi corre più lento alla velocità $v_L = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, chi arriva prima?

Spiegazione Marco percorre un certo tratto di strada ad una certa velocità. Luigi percorre un tratto di strada più corto viaggiando ad una velocità minore. Per sapere chi arriva prima a destinazione bisogna calcolare i tempi che ci impiegano.

Svolgimento La distanza percorsa da Marco è

$$\Delta S_M = l + h = 170 \text{ m}$$

La distanza percorsa da Luigi è pari alla lunghezza della diagonale del rettangolo

$$\Delta S_L = \sqrt{l^2 + h^2} \sim 122 \text{ m}$$

Il tempo impiegato da Marco è

$$\Delta t_M = \frac{\Delta S_M}{v_M} = \frac{170 \text{ m}}{6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 28,3 \text{ s}$$

Il tempo impiegato da Luigi è

$$\Delta t_L = \frac{\Delta S_L}{v_L} = \frac{122 \text{ m}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 24,4 \text{ s}$$

Luigi Arriva prima di Marco

Problema di: Cinematica - C0065**Testo** [C0065] [2★ 2⌚ 1a📖]

Un'auto da corsa alla fine di una gara dista dal traguardo $\Delta S_{1t} = 600\text{ m}$ e viaggia a velocità costante $v_1 = 80 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; una seconda auto dista dal traguardo $\Delta S_{2t} = 500\text{ m}$ e viaggia a velocità costante $v_2 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Quando l'auto che vince taglia il traguardo, a che distanza dal traguardo si trova l'auto che perde?

Spiegazione In questo problema entrambe le auto viaggiano a velocità costante, quindi si muovono di moto rettilineo uniforme. L'unica formula da usare sarà quindi $\Delta S = v \cdot \Delta t$.

Svolgimento Troviamo quale automobile impiega meno tempo ad arrivare al traguardo.

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{600\text{ m}}{80 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7,5\text{ s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{500\text{ m}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10\text{ s}$$

Vince quindi la prima macchina, in quanto, anche se più lontana, ci impiega meno tempo a raggiungere il traguardo.

Se l'auto vincitrice taglia il traguardo dopo $\Delta t_1 = 7,5\text{ s}$; in quello stesso tempo l'auto più lenta percorre

$$\Delta S_2 = v_2 \cdot \Delta t_1 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 7,5\text{ s} = 375\text{ m}$$

L'auto dista quindi dal traguardo

$$d = \Delta S_{2t} - \Delta S_2 = 500\text{ m} - 375\text{ m} = 125\text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0047**Testo** [C0047] [2★ 2⌚ 1a📖]

Due automobili si muovono perpendicolarmente tra loro partendo dalla stessa posizione con velocità costanti rispettivamente $v_a = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e $v_b = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Quanto distano tra loro dopo un tempo $\Delta t = 5\text{ s}$?

Spiegazione In questo problema due auto viaggiano con velocità costante in direzioni perpendicolari tra loro. Il moto è quindi moto rettilineo uniforme. La distanza tra loro sarà quindi il segmento che unisce le loro posizioni. Questo segmento è l'ipotenusa di un triangolo rettangolo i cui cateti sono gli spostamenti dal punto di partenza.

Svolgimento Lo spostamento delle due auto vale:

$$\Delta S_a = v_a \cdot \Delta t = 60\text{ m}$$

$$\Delta S_b = v_b \cdot \Delta t = 80\text{ m}$$

La distanza tra le due auto varrà

$$L = \sqrt{\Delta S_a^2 + \Delta S_b^2} = 100\text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0047a**Testo** [C0047a] [2★ 2🕒 1a📖]

Due automobili si trovano affiancate su due strade parallele, viaggiando entrambe a velocità costante $U = 6 \frac{m}{s}$ in verso opposto. Le due strade distano tra loro $d = 5 m$. A quale distanza si trovano dopo $\Delta t = 1 s$?

Spiegazione Moto rettilineo uniforme su due percorsi paralleli ad una certa distanza tra loro.

Svolgimento Scomponendo il problema su due assi, possiamo affermare che sull'asse perpendicolare alla strada la distanza delle due auto è costante e vale

$$\Delta S_y = d$$

Sull'asse orizzontale le auto si trovavano nello stesso punto, e dopo $\Delta t = 1 s$ si trovano alla distanza $\Delta S_x = (U_1 + U_2) \Delta t = 12 m$

La distanza tra le due auto risulta

$$r = \sqrt{(5)^2 + (12)^2} m = 13 m$$

Problema di: Cinematica - C0012**Testo** [C0012] [2★ 2🕒 1a📖]

Due automobili percorrono a velocità costante due strade che si incrociano. La prima dista dall'incrocio $\Delta S_1 = 600 m$ e viaggia a velocità $U_1 = 30 \frac{m}{s}$. La seconda dista dall'incrocio $\Delta S_2 = 800 m$. A quale velocità deve viaggiare la seconda automobile affinché si scontri con la prima?

Spiegazione Per prima cosa osserviamo che le due automobili viaggiano a velocità costante e quindi si muovono di moto rettilineo uniforme. Questo ci permette di stabilire che l'unica formula da utilizzare è quella del moto uniforme $\Delta S = V \cdot \Delta t$. Osserviamo inoltre che affinché le due auto si scontrino devono arrivare all'incrocio nello stesso istante, quindi il tempo impiegato dalla prima auto ad arrivare all'incrocio deve essere uguale al tempo impiegato dalla seconda auto.

Svolgimento Cominciamo con il calcolare quanto tempo impiega la prima auto per arrivare all'incrocio

$$\begin{aligned} \Delta S_1 &= U_1 \Delta t_1 \\ \Delta t_1 &= \frac{\Delta S_1}{U_1} = \frac{600 m}{30 \frac{m}{s}} = 20 s \end{aligned}$$

Sapendo che affinché ci sia uno scontro le due auto devono impiegare lo stesso tempo per arrivare all'incrocio

$$\Delta t_2 = \Delta t_1 = 20 s$$

quindi la seconda automobile deve viaggiare alla velocità

$$U_2 = \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2} = \frac{800 m}{20 s} = 40 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0038**Testo** [C0038] [2½★ 2½🕒 2a📖]

Un treno sta percorrendo a velocità costante $v = 160 \frac{km}{h}$ una linea ferroviaria. All'istante $t_i = 900 s$ il treno si trova a $S_i = 50 km$ dal punto di riferimento. Dove si troverà il treno all'istante $t_1 = 1800 s$? Dove si troverà quando sarà trascorso in tempo $\Delta t = 1,5 h$ dopo l'istante t_1 ?

Spiegazione In questo esercizio parliamo di moto rettilineo uniforme in quanto la velocità è stata definita costante. L'unica formula da utilizzare sarà l'equazione oraria del moto.

Svolgimento Cominciamo con lo scrivere l'equazione del moto $\Delta S = v \cdot \Delta t$ per cui

$$S_f - S_i = v \cdot (t_f - t_i)$$

Se l'asse cartesiano su cui avviene il movimento lo indichiamo con la lettera x , la generica posizione x al tempo t la indichiamo con

$$x_f - x_i = v \cdot (t_f - t_i)$$

$$x - x_i = v \cdot (t - t_i)$$

$$x = 160 \frac{km}{h} \cdot (t - 0,25 h) + 50 km$$

$$x = 160 \frac{km}{h} \cdot t + 10 km$$

All'istante t_1 il treno si troverà nella posizione

$$x_1 = 160 \frac{km}{h} \cdot 0,5 h + 10 km = 90 km$$

All'istante $t_2 = t_1 + \Delta t = 7200 s$ il treno si troverà nel punto

$$x_2 = 160 \frac{km}{h} \cdot 2 h + 10 km = 330 km$$

5.5 Velocità relativa**Problema di: cinematica del baricentro - C0003****Testo** [C0003] [3★ 4🕒 2a📖]

Due oggetti di massa $m_1 = 3 kg$ ed $m_2 = 1 kg$, entrambi nell'origine degli assi al tempo $t_0 = 0$, si muovono rispettivamente con velocità costante $\vec{v}_1 = 3 \frac{m}{s} \vec{i} + 4 \frac{m}{s} \vec{j}$ e $\vec{v}_2 = 15 \frac{m}{s} \vec{i} + 8 \frac{m}{s} \vec{j}$. Con quale velocità si muove il baricentro del sistema? Se immaginiamo di metterci nel sistema di riferimento del baricentro, con quale velocità si muoveranno i due oggetti?

Spiegazione Per prima cosa bisogna trovare la velocità del baricentro; successivamente si applicano le trasformazioni di Galileo per cambiare sistema di riferimento

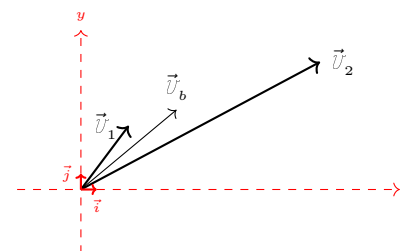
Svolgimento La velocità del baricentro è

$$\vec{v}_b = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_{tot}} = \frac{24 \frac{m}{s} \vec{i} + 20 \frac{m}{s} \vec{j}}{4 kg} = 6 \frac{m}{s} \vec{i} + 5 \frac{m}{s} \vec{j}$$

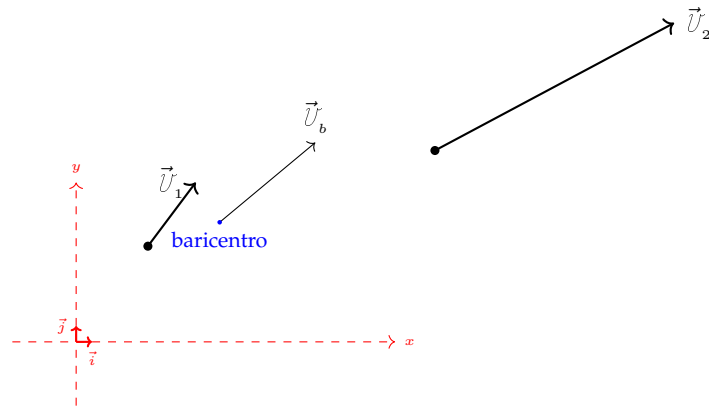
La velocità del baricentro vale quindi

$$|\vec{v}_b| = \sqrt{36 \frac{m^2}{s^2} + 25 \frac{m^2}{s^2}} = \sqrt{61} \frac{m}{s}$$

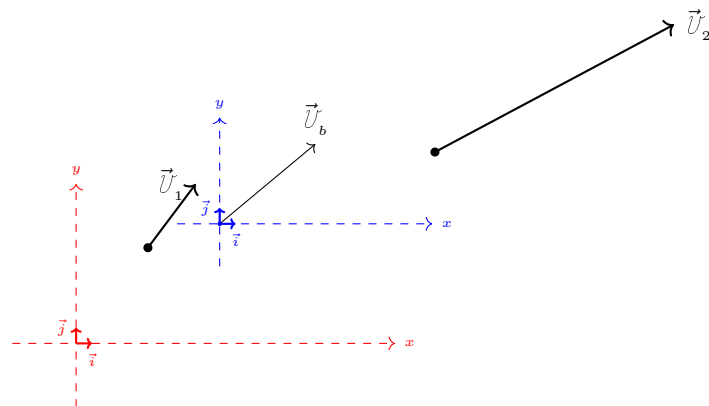
La cosa più utile da fare come passo iniziale è quella di visualizzare il sistema fisico disegnando su di un piano cartesiano le velocità dei due oggetti e la velocità del loro baricentro.



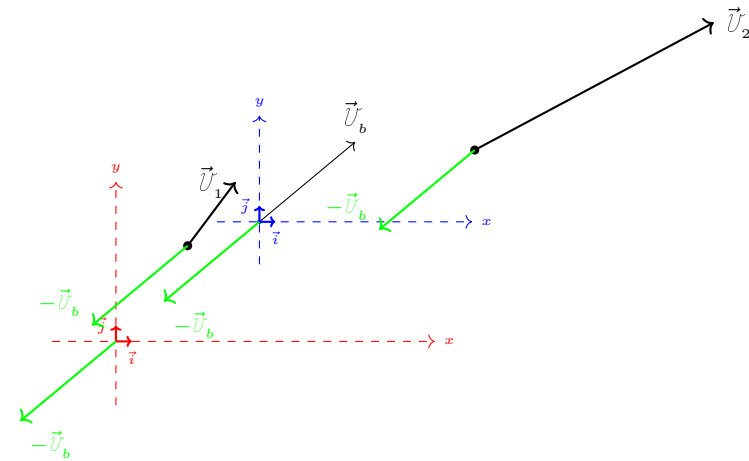
Probabilmente troverete più chiaro lo stesso identico disegno fatto per un tempo successivo in cui i due oggetti si sono spostati un po' più avanti.



Cominciamo con il visualizzare (in blu nel disegno) il sistema di riferimento del baricentro.



Per mettersi nel sistema di riferimento del baricentro bisogna applicare al sistema una velocità uguale ed opposta a quella del baricentro. Cioè bisogna aggiungere a tutte le velocità del sistema il vettore $-\vec{v}_b$.



Risulta quindi evidente che nel sistema di riferimento del baricentro, il baricentro è fermo. Le velocità dei due corpi in questo sistema saranno quindi:

$$\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 - \vec{v}_b = -3 \frac{m}{s} \vec{i} - 1 \frac{m}{s} \vec{j}$$

$$|\vec{v}'_1| = \sqrt{10} \frac{m}{s}$$

$$\vec{v}'_2 = \vec{v}_2 - \vec{v}_b = 9 \frac{m}{s} \vec{i} + 3 \frac{m}{s} \vec{j}$$

$$|\vec{v}'_2| = 3\sqrt{10} \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0097**Testo** [C0097] [1½★ 1🕒 1a📖]

Giorgio sta camminando in direzione nord alla velocità $U_1 = 4 \frac{km}{h}$ e guarda Marco seduto su di un autobus che viaggia sempre in direzione nord alla velocità $U_a = 10 \frac{km}{h}$. Marco si alza e si sposta verso il conducente alla velocità $U_2 = 2 \frac{km}{h}$ rispetto al conducente. Con quale velocità Giorgio vede Marco muoversi relativamente a se?

Spiegazione Per questo esercizio è conveniente fare due successivi cambi di sistema di riferimento. Prima chiedetevi a che velocità si muove l'autobus rispetto a Marco, e poi considerate il movimento di Giorgio.

Svolgimento Marco vede l'autobus allontanarsi alla velocità

$$U_{aG} = 10 \frac{km}{h} - 4 \frac{km}{h} = 6 \frac{km}{h}$$

Di conseguenza Giorgio viene visto da marco allontanarsi più rapidamente. La velocità di Giorgio vista da Marco è

$$U_{GM} = 6 \frac{km}{h} + 2 \frac{km}{h} = 8 \frac{km}{h}$$

Problema di: Cinematica - C0074**Testo** [C0074] [3★ 3🕒 2a📖]

Una barca percorre su di un fiume un tragitto $\Delta S = 75 km$. Quando viaggia a favore di corrente impiega un tempo $\Delta t_1 = 3 h$. Quando viaggia controcorrente impiega un tempo $\Delta t_2 = 5 h$. Quali sono le velocità della barca rispetto all'acqua e dell'acqua rispetto al terreno?

Spiegazione La velocità del fiume si somma o si sottrae alla velocità della barca a seconda che si viaggi a favore o controcorrente.

Svolgimento Andando a favore di corrente la velocità della barca rispetto al terreno è data da

$$V_+ = V_b + V_f = \frac{75 km}{3 h} = 25 \frac{km}{h}$$

Andando controcorrente la velocità della barca rispetto al terreno è data da

$$V_- = V_b - V_f = \frac{75 km}{5 h} = 15 \frac{km}{h}$$

Avremo quindi

$$\begin{cases} V_b + V_f = 25 \frac{km}{h} \\ V_b - V_f = 15 \frac{km}{h} \end{cases}$$

da cui

$$\begin{cases} 2V_b = 40 \frac{km}{h} \\ 2V_f = 10 \frac{km}{h} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_b = 20 \frac{km}{h} \\ V_f = 5 \frac{km}{h} \end{cases}$$

Problema di: Cinematica - C0074a**Testo** [C0074a] [3★ 3🕒 2a📖]

Una barca percorre su di un fiume un tragitto $\Delta S = 150 \text{ km}$. Quando viaggia a favore di corrente impiega un tempo $\Delta t_1 = 6 \text{ h}$. Raddoppiando la potenza del motore, raddoppia la sua velocità rispetto all'acqua e quindi impiega un tempo $\Delta t_2 = 5 \text{ h}$. Quali sono le velocità della barca rispetto all'acqua e dell'acqua rispetto al terreno?

Spiegazione La velocità del fiume si somma o si sottrae alla velocità della barca a seconda che si viaggia a favore o controcorrente.

Svolgimento Andando a favore di corrente la velocità della barca rispetto al terreno è data da

$$V_+ = V_b + V_f = \frac{150 \text{ km}}{6 \text{ h}} = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Andando al doppio della velocità, la velocità della barca rispetto al terreno è data da

$$V_{++} = V_b + 2V_f = \frac{150 \text{ km}}{5 \text{ h}} = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Avremo quindi

$$\begin{cases} V_b + V_f = 25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ 2V_b + V_f = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} \end{cases}$$

da cui

$$\begin{cases} V_b = 5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ V_f = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} \end{cases}$$

Problema di: Cinematica - C0022**Testo** [C0022] [1½★ 1🕒 1a📖]

Due persone si rincorrono rispettivamente alla velocità costante $U_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ e $U_2 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, e distano inizialmente $\Delta S = 12 \text{ m}$. Dopo quanto tempo il più veloce raggiunge il più lento?



Spiegazione In questo problema abbiamo due persone che si muovono entrambe di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. La persona più veloce insegue la più lenta raggiungendola.

Svolgimento La persona veloce si avvicina a quella lenta con una velocità relativa

$$U_{rel} = U_1 - U_2 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Quindi lo raggiunge dopo un tempo

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{U_{rel}} = \frac{12 \text{ m}}{2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6 \text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0022a**Testo** [C0022a] [1½★ 1⌚ 1a📖]

Due persone, distanti tra loro $\Delta S = 12\text{ m}$, corrono una verso l'altra con velocità costanti $U_1 = 5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ e $U_2 = 3\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto tempo si scontrano?



Spiegazione In questo problema abbiamo due corpi che si muovono entrambi di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. I due corpi si dirigono uno verso l'altro fino a scontrarsi.

Svolgimento Ognuna delle due persone vede l'altra venirle addosso con una velocità relativa

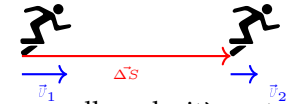
$$U_{rel} = U_1 + U_2 = 8\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Quindi si scontrano dopo un tempo

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{U_{rel}} = \frac{12\text{ m}}{8\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 1,5\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0104**Testo** [C0104] [2★ 2⌚ 1a📖]

Due persone, Marco e Andrea, partono da due posizioni distanti tra loro $\Delta S = 20\text{ m}$. Marco, più lento, si muove a velocità costante $U_2 = 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Andrea lo rincorre alla velocità costante $U_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto Andrea raggiunge Marco? Quanti metri avrà corso Andrea?



Spiegazione In questo problema abbiamo due persone che si muovono entrambe di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. La persona più veloce insegue la più lenta raggiungendola.

Svolgimento [...]

Problema di: Cinematica - C0104a**Testo** [C0104a] [2★ 2⌚ 1a📖]

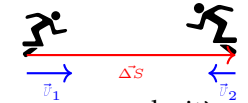
Due persone, Marco e Andrea, partono da due posizioni distanti tra loro $\Delta S = 20\text{ m}$. Marco, più lento, si muove a velocità costante $v_2 = 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Andrea gli corre incontro alla velocità costante $v_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto tempo Andrea raggiunge Marco? Quanti metri avrà corso Andrea?



Spiegazione In questo problema abbiamo due persone che si muovono entrambe di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. Le due persone corrono una contro l'altra raggiungendosi.

Svolgimento [...]**Problema di: Cinematica - C0105****Testo** [C0105] [2★ 3⌚ 1a📖]

Due persone, Marco e Andrea, partono da due posizioni distanti tra loro $\Delta S = 20\text{ m}$. Marco parte $\Delta t_x = 0.5\text{ s}$ prima di Andrea. Marco, più lento, si muove a velocità costante $v_2 = 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Andrea gli corre incontro alla velocità costante $v_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto tempo Andrea raggiunge Marco? Quanti metri avrà corso Andrea?

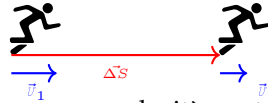


Spiegazione In questo problema abbiamo due persone che si muovono entrambe di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. Le due persone corrono una contro l'altra raggiungendosi. Attenzione che la distanza iniziale tra le due persone, dove per istante iniziale si intende l'istante iniziale in cui entrambi si muovono, non è quella indicata numericamente nel testo.

Svolgimento [...]

Problema di: Cinematica - C0105a**Testo** [C0105a] [2★ 3🕒 1a📖]

Due persone, Marco e Andrea, partono da due posizioni distanti tra loro $\Delta S = 20\text{ m}$. Marco parte $\Delta t_x = 0.5\text{ s}$ prima di Andrea. Marco, più lento, si muove a velocità costante $v_2 = 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Andrea lo rincorre alla velocità costante $v_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto Andrea raggiunge Marco? Quanti metri avrà corso Andrea?



Spiegazione In questo problema abbiamo due persone che si muovono entrambe di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. Le due persone corrono una contro l'altra raggiungendosi. Attenzione che la distanza iniziale tra le due persone, dove per istante iniziale si intende l'istante iniziale in cui entrambi si muovono, non è quella indicata numericamente nel testo.

Svolgimento [...]**Problema di: Cinematica - C0022b****Testo** [C0022b] [1½★ 1🕒 1a📖]

Dopo quanto tempo si scontrano due auto, distanti tra loro $\Delta S = 2\text{ km}$, se entrambe viaggiano una contro l'altra a velocità costante $V = 80\frac{\text{km}}{\text{h}}$?

Spiegazione In questo problema due auto viaggiano con velocità costante una contro l'altra. Il moto è quindi moto rettilineo uniforme.

Svolgimento Le due auto si avvicinano alla velocità

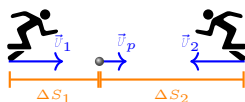
$$v_{rel} = v + v = 160\frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Il tempo che impiegheranno quindi a scontrarsi è

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{v_{rel}} = \frac{2\text{ km}}{160\frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,0125\text{ h}$$

Problema di: Cinematica - C0006
Testo [C0006] [2★ 2🕒 1a📖]

In una partita di calcio un attaccante si dirige verso il difensore avversario con velocità $U_1 = 6 \frac{m}{s}$; il pallone è tra i due giocatori e si muove verso il difensore con velocità $U_p = 2 \frac{m}{s}$; il difensore si muove verso il pallone con velocità $U_2 = 5 \frac{m}{s}$. L'attaccante dista dal pallone $\Delta S_1 = 4 m$; il pallone dista dal difensore $\Delta S_2 = 8 m$. Chi arriva prima sul pallone?



Spiegazione In questo esercizio ci sono due giocatori che si muovono verso un oggetto anch'esso in movimento. Ognuno dei due giocatori si avvicina al pallone con una velocità data dalla composizione delle velocità del giocatore e del pallone. Per stabilire chi arriva prima sul pallone bisogna stabilire chi impiega meno tempo a raggiungerlo.

Svolgimento Il pallone si muove allontanandosi dall'attaccante, quindi la velocità con cui l'attaccante **si avvicina** al pallone è minore della velocità con cui l'attaccante si muove rispetto al terreno.

La velocità con cui l'attaccante **si avvicina** al pallone vale

$$U_{1p} = U_1 - U_p = 4 \frac{m}{s}$$

Il pallone si muove invece verso il difensore avvicinandosi ad esso. La velocità con cui il difensore ed il pallone **si avvicinano** è quindi maggiore della velocità con cui il difensore si muove rispetto al terreno.

La velocità con cui il difensore **si avvicina** al pallone vale

$$U_{2p} = U_2 + U_p = 7 \frac{m}{s}$$

Il tempo impiegato dall'attaccante a raggiungere il pallone vale

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{U_{1p}} = \frac{4 m}{4 \frac{m}{s}} = 1 s$$

Il tempo che impiegherebbe il difensore a raggiungere il pallone vale

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{U_{2p}} = \frac{8 m}{7 \frac{m}{s}} = 1,14 s$$

Per questo motivo l'attaccante arriva prima.

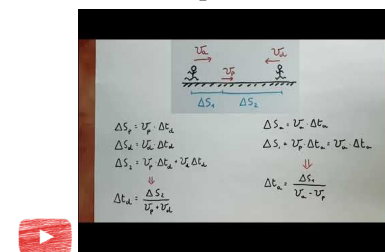


Fig. 5.5: Guarda il video youtu.be/Q0THC2G7r4o

Esercizi concettualmente identici

- Due ciclisti si stanno dirigendo verso il traguardo della corsa. Il ciclista in testa viaggia ad una velocità $U_1 = 65 \frac{km}{h}$, quello che lo segue viaggia ad una velocità $U_2 = 70 \frac{km}{h}$. Con quale velocità l'inseguitore si sta avvicinando al ciclista davanti a lui? [$U_{rel} = 5 \frac{km}{h}$]
- In un incidente stradale due auto si scontrano frontalmente. Entrambe viaggiavano ad una velocità $U = 45 \frac{km}{h}$. A quale velocità relativa è avvenuto lo scontro? [$U_{rel} = 90 \frac{km}{h}$]
- In un incidente stradale due auto si tamponano. L'auto che viene tamponata viaggiava ad una velocità $U = 45 \frac{km}{h}$, l'altra viaggiava ad una velocità $U = 65 \frac{km}{h}$. A quale velocità relativa è avvenuto lo scontro? [$U_{rel} = 20 \frac{km}{h}$]
- Un treno che viaggia alla velocità $U = 30 \frac{km}{h}$ passa in stazione senza fermarsi. Sul treno un passeggero sta camminando alla velocità $U = 30 \frac{km}{h}$ nello stesso verso in cui si muove il treno. Le persone in stazione, guardando il passeggero attraverso i vetri, a quale velocità lo vedono muoversi? [$U_{rel} = 60 \frac{km}{h}$]

Problema di: Cinematica - C0018**Testo** [C0018] [2★ 2🕒 1a📖]

Un'auto da corsa alla fine di una gara dista dal traguardo $\Delta S_{1t} = 700\text{ m}$ e viaggia a velocità costante $v_1 = 90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; una seconda auto dista dal traguardo $\Delta S_{2t} = 500\text{ m}$ e viaggia a velocità costante $v_2 = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Chi vince la gara? Dopo quanto tempo l'auto più veloce sorpassa quella più lenta?

Spiegazione In questo problema entrambe le auto viaggiano a velocità costante, quindi si muovono di moto rettilineo uniforme. L'unica formula da usare sarà quindi $\Delta S = v \cdot \Delta t$.

Svolgimento Alla prima domanda si risponde stabilendo quale automobile impiega meno tempo ad arrivare al traguardo.

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta S_1}{v_1} = \frac{700\text{ m}}{90 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 7,78\text{ s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_2} = \frac{500\text{ m}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10\text{ s}$$

Vince quindi la prima macchina, in quanto, anche se più lontana, ci impiega meno tempo a raggiungere il traguardo.

La macchina più veloce si sta avvicinando a quella più lenta, da lei distante

$$\Delta S_{rel} = S_1 - S_2 = 200\text{ m}$$

con una velocità relativa

$$v_{rel} = v_1 - v_2 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Il sorpasso avverrà dopo un tempo

$$\Delta t_{sorp} = \frac{\Delta S_{rel}}{v_{rel}} = \frac{200\text{ m}}{40 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0105b**Testo** [C0105b] [2★ 3🕒 1a📖]

Due treni viaggiano, sulla stessa linea ferroviaria e nello stesso verso, con velocità costante $v_1 = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ e $v_2 = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ partendo da due stazioni distanti tra loro $L = 300\text{ km}$. Il treno più avanti è quello più lento. Il treno più avanti parte dalla stazione $\Delta t = 1,5\text{ h}$ dopo il treno che segue. Dopo quanto tempo i due treni si incontrano, dalla partenza del secondo?

Spiegazione I due treni si muovono di moto rettilineo uniforme. Utilizzeremo quindi la relativa legge oraria per risolvere il problema.

Svolgimento Mentre il secondo treno è fermo, il primo percorre un tragitto

$$\Delta S_1 = v_1 \Delta t = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 1,5\text{ h} = 180\text{ km}$$

Nell'istante in cui il secondo treno parte, i due treni distano $\Delta S_2 = \Delta S - \Delta S_1 = 120\text{ km}$

La velocità relativa tra i due treni è $v_{rel} = 40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Il tempo che passa affinché i due treni si incontrino è quindi $\Delta t = \frac{\Delta S_2}{v_{rel}} = 3\text{ h}$

Problema di: Cinematica - C0021**Testo** [C0021] [2★ 3⌚ 1a📖]

Una moto si muove con velocità costante $U_1 = 72 \frac{km}{h}$ inseguendo un'auto che si muove con velocità costante $U_2 = 54 \frac{km}{h}$. L'auto è partita dalla stessa posizione della moto, $\Delta t = 10 \text{ min}$ prima della moto. Quanti metri di distanza ci sono tra l'auto e la moto dopo il tempo Δt ? Dopo quanto tempo, da quando la moto è partita, essa raggiunge l'auto?

Spiegazione In questo problema abbiamo due corpi che si muovono entrambi di moto rettilineo uniforme a differenti velocità. La moto insegue l'auto e, visto che si muove più velocemente, prima o poi la raggiunge.

Svolgimento Sappiamo che all'istante iniziale l'auto ha $\Delta t = 10 \text{ min}$ di vantaggio sulla moto, quindi l'auto ha già percorso

$$\Delta S = U_{auto} \Delta t = 54 \frac{km}{h} \cdot 10 \text{ min} = 54 \frac{km}{h} \cdot \frac{1}{6} = 9 \text{ km}$$

e questo valore è il vantaggio dell'auto sulla moto.

La moto si avvicina all'auto con una velocità relativa

$$U_{rel} = U_{moto} - U_{auto} = 18 \frac{km}{h}$$

Quindi la moto raggiunge l'auto dopo un tempo

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{U_{rel}} = \frac{9 \text{ km}}{18 \frac{km}{h}} = 0,5 \text{ h} = 30 \text{ min}$$

Problema di: Cinematica - C0002**Testo** [C0002] [2★ 2⌚ 2a📖]

Un'automobile viaggia alla velocità costante $U_1 = 120 \frac{km}{h}$ e deve superare un camion che viaggia alla velocità costante $U_2 = 90 \frac{km}{h}$. Sapendo che il camion è lungo $l_2 = 11 \text{ m}$ e che la macchina è lunga $l_1 = 4 \text{ m}$, quanto tempo dura il sorpasso? [disegna la posizione dell'auto all'inizio e alla fine del sorpasso]

Spiegazione Viaggiando sia l'automobile che il camion a velocità costante l'unica equazione che ci serve è quella del moto rettilineo uniforme. Per eseguire il sorpasso, la macchina deve percorrere un tratto di strada pari alla somma tra la lunghezza della macchina e del camion; la macchina avrà, rispetto al camion, una velocità relativa pari alla differenza tra la velocità dell'auto e quella del camion.

Svolgimento dalla legge del moto rettilineo uniforme avremo

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{U_{rel}} = \frac{l_1 + l_2}{U_1 - U_2} = \frac{15 \text{ m}}{30 \frac{km}{h}} = \frac{15 \text{ m}}{30 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}} = 1,8 \text{ secondi}$$

Problema di: Cinematica - C0106**Testo** [C0106] [2★ 3⌚ 2a📖]

Giorgio sta osservando un gatto che si allontana da lui con una velocità $U = 4 \frac{m}{s}$ lungo una direzione che forma un angolo $\alpha = 45^\circ$ rispetto all'asse delle x. Giorgio osserva anche un cane che corre con una velocità $U = 5 \frac{m}{s}$ con direzione parallela e concorde con l'asse delle x. Utilizzando le trasformazioni di Galileo indica quale sia la velocità del gatto, nel sistema di riferimento del cane. Mostra i vettori in un opportuno grafico cartesiano.

Spiegazione In questo esercizio semplicemente si applicano le trasformazioni di Galileo per la velocità. Il calcolo è vettoriale, quindi è necessario disegnare i vettori e svolgere anche l'operazione graficamente. Cercate di non perdere una comprensione intuitiva di quanto richiesto.

Svolgimento [...]**Problema di: Cinematica - C0106a****Testo** [C0106a] [2★ 3⌚ 2a📖]

Giorgio sta osservando un gatto che si allontana da lui con una velocità $U = 4 \frac{m}{s}$ lungo una direzione che forma un angolo $\alpha = 45^\circ$ rispetto all'asse delle x. Giorgio osserva anche un cane che corre con una velocità $U = 5 \frac{m}{s}$ con direzione che forma un angolo $\beta = 135^\circ$ rispetto all'asse delle x. Utilizzando le trasformazioni di Galileo indica quale sia la velocità del gatto, nel sistema di riferimento del cane. Mostra i vettori in un opportuno grafico cartesiano.

Spiegazione In questo esercizio semplicemente si applicano le trasformazioni di Galileo per la velocità. Il calcolo è vettoriale, quindi è necessario disegnare i vettori e svolgere anche l'operazione graficamente. Cercate di non perdere una comprensione intuitiva di quanto richiesto.

Svolgimento [...]

Problema di: Cinematica - C0107**Testo** [C0107] [2★ 3⌚ 3a📖]

Nel sistema di riferimento di Giorgia, la quale è in quiete, mostra due persone in movimento: Marco e Andrea. Marco ha una velocità $\vec{v}_1 = 4 \frac{m}{s} \vec{i}$ ed Andrea $\vec{v}_2 = 3 \frac{m}{s} \vec{j}$. Mostra nel diagramma come passi nel sistema di riferimento Marco e calcola, in questo sistema, la velocità di Andrea. Indicane il modulo e l'angolo che forma con l'asse delle x

Spiegazione [...]**Svolgimento** [...]**5.6 Moto uniformemente accelerato****Problema di: Cinematica - C0026****Testo** [C0026] [1★ 1⌚ 1a📖]

Un oggetto viene lasciato cadere, partendo da fermo, in un pozzo, e ne tocca il fondo dopo un tempo $\Delta t = 2 \text{ s}$. Quanto è profondo il pozzo?

Spiegazione In questo problema sul moto uniformemente accelerato viene chiesto di trovare di quanto si è spostato l'oggetto in questione nell'intervallo di tempo indicato. E' sufficiente applicare la formula del moto uniformemente accelerato.

Svolgimento L'equazione del moto uniformemente accelerato è:

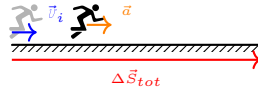
$$\Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_i \Delta t$$

L'accelerazione in questione è l'accelerazione di gravità.

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 4 \text{ s}^2 + 0 = 19,6 \text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0023**Testo** [C0023] [1★ 2🕒 1a📖]

Un atleta deve correre una gara lunga $\Delta S_{tot} = 60\text{ m}$. Partendo con una velocità iniziale $v_i = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$, ha già corso per un tempo $\Delta t = 3\text{ s}$ con un'accelerazione costante $a = 0,5\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Quanti metri mancano al traguardo?



Spiegazione In questo problema l'atleta ha già percorso un certo tratto di strada. Per sapere quanti metri mancano al traguardo è necessario calcolarsi quanti metri ha già percorso e sottrarre questo valore alla lunghezza complessiva della gara. Sapendo che l'atleta si muove con accelerazione costante, se ne deduce che si muove di moto uniformemente accelerato; questa informazione è determinante per sapere quali formule utilizzare per calcolarsi quanti metri ha già percorso.

Svolgimento La strada che l'atleta ha già percorso vale:

$$\Delta S = \frac{1}{2}a\Delta t^2 + v_i\Delta t$$

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot 0,5\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9\text{ s}^2 + 4\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3\text{ s} = 14,25\text{ m}$$

La strada che deve ancora percorrere vale:

$$\Delta S_{mancante} = \Delta S_{tot} - \Delta S = 60\text{ m} - 14,25\text{ m} = 45,75\text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0009**Testo** [C0009] [2★ 2🕒 1a📖]

Un oggetto si trova ad una certa altezza e viene sparato verso l'alto con una velocità iniziale $v_i = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Sapendo che arriverà a terra dopo un tempo $\Delta t = 2\text{ sec}$, quanto si trovava in alto?

Spiegazione In questo esercizio è facile capire che l'oggetto si muove di moto uniformemente accelerato dal momento che agisce l'accelerazione di gravità. Bisogna però stare attenti alla scelta del sistema di riferimento e mantenere i conti coerenti con tale scelta. Se scegliamo di posizionare il sistema di riferimento rivolto verso l'alto, allora tutti i vettori verso l'alto devono essere scritti nelle formule con il segno positivo e tutti i vettori verso il basso con il segno negativo.

Svolgimento Per sapere l'altezza iniziale dell'oggetto, sapendo che da tale altezza arriva fino a terra, sarà sufficiente calcolare il suo spostamento ΔS , tenendo presente che tale spostamento, essendo un vettore verso il basso, risulterà di valore negativo.

$$\Delta S = \frac{1}{2}g\Delta t^2 + v_i\Delta t$$

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot \left(-9,8\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot 4\text{ s}^2 + 4\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2\text{ s}$$

$$\Delta S = -19,6\text{ m} + 8\text{ m} = -11,6\text{ m}$$

L'oggetto ha quindi percorso un certo tragitto (si è mosso verso l'alto per poi ricadere) ma si è spostato di $11,6\text{ m}$ dal punto di partenza fino a terra. L'oggetto si trovava quindi all'altezza di $11,6\text{ m}$

Problema di: Cinematica - C0079**Testo** [C0079] [1½★ 2🕒 1a📖]

Calcola in quanto tempo un oggetto che cade partendo da fermo percorre i primi $\Delta S_a = 50 \text{ cm}$ ed in quanto tempo percorre i secondi $\Delta S_b = 50 \text{ cm}$.

Spiegazione Un semplice moto uniformemente accelerato.**Svolgimento** Chiamiamo Δt_a e Δt_b i due tempi che il problema chiede di calcolare.

L'equazione oraria del moto uniformemente accelerato per un oggetto che parte da fermo è

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

da cui

$$\Delta t_a = \sqrt{\frac{2\Delta S_a}{a}} = 0,32 \text{ s}$$

Per un percorso lungo $\Delta S_t = \Delta S_a + \Delta S_b = 1 \text{ m}$ l'oggetto impiegherebbe

$$\Delta t_2 = \sqrt{\frac{2\Delta S_t}{a}} = 0,45 \text{ s}$$

per cui

$$\Delta t_b = 0,13 \text{ s}$$

Si vede che il tempo impiegato a percorrere il secondo tratto di strada, nonostante tale tratto sia della stessa lunghezza, è molto minore. Infatti man mano che passa il tempo l'oggetto è sempre più veloce.

Problema di: Cinematica - C0025**Testo** [C0025] [3★ 4🕒 2a📖]

Un oggetto viene lanciato verso l'alto da un'altezza $h_i = 30 \text{ m}$ con una velocità iniziale $v_i = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto tempo arriva a terra?

Spiegazione In questo problema sul moto uniformemente accelerato viene chiesto di trovare in quanto tempo l'oggetto in questione ha fatto un certo spostamento. dal momento che il tempo, nell'equazione oraria del moto uniformemente accelerato, compare al secondo grado, allora per risolvere il problema serve saper risolvere le equazioni di secondo grado.

Svolgimento Consideriamo il sistema di riferimento con l'origine nel terreno e rivolto verso l'alto.

L'equazione del moto uniformemente accelerato è:

$$\Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_i \Delta t$$

altrimenti scrivibile come

$$\frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_i \Delta t - \Delta S = 0$$

Risolvendo l'equazione in funzione del tempo avremo che:

$$\Delta t_{1,2} = \frac{-v_i \pm \sqrt{v_i^2 + 2a\Delta S}}{a}$$

In questo esercizio lo spostamento richiesto all'oggetto è $\Delta S = -30 \text{ m}$; l'accelerazione di gravità è $a = g = -9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

$$\Delta t_1 = -2,02 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = 3,04 \text{ s}$$

Da notare che il valore dell'accelerazione di gravità è stato messo negativo in quanto diretta dalla parte opposta rispetto al verso del sistema di riferimento. Guardiamo adesso i valori ottenuti: la soluzione positiva è la risposta al problema; il

risultato negativo afferma che nel suo movimento l'oggetto si trovava a terra in un certo istante nel passato. Visto che l'oggetto all'istante iniziale si muoveva verso l'alto, questo vuol dire in effetti che proveniva da un punto più basso.

Problema di: Cinematica - C0115**Testo** [C0115] [2★ 2⌚ 2a📖]

Un oggetto viene lasciato cadere da fermo, da un'altezza $h_i = 10\text{ m}$. Trascurando l'attrito con l'aria, calcola il tempo per arrivare a terra e la velocità finale all'impatto.

Spiegazione [...]**Svolgimento** [...]

Problema di: Cinematica - C0016**Testo** [C0016] [2★ 3🕒 1a📖]

Due oggetti vengono lanciati con una velocità iniziale $U_i = 5 \frac{m}{s}$, uno verso il basso e l'altro verso l'alto. Entrambi arrivano a terra dopo un tempo $\Delta t = 4 s$. Quanto si trovavano in alto?

Spiegazione In questo problema due oggetti vengono lanciati con la stessa velocità in due direzioni opposte. Dal momento che arrivano entrambi a terra contemporaneamente, se ne deduce che quello lanciato verso il basso doveva trovarsi più in alto. La particolarità di questo esercizio è che i dati numerici del problema sono gli stessi per entrambi gli oggetti, ma le due situazioni sono di fatto differenti.

Svolgimento L'altezza a cui si trovano i due oggetti coincide con lo spostamento che fanno.

Per il primo oggetto:

$$h_a = \Delta S_a = \frac{1}{2}g\Delta t^2 + U_{i-a}\Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 16 s^2 + 5 \frac{m}{s} \cdot 4 s = 98,4 m$$

Per il secondo oggetto:

$$h_b = \Delta S_b = \frac{1}{2}g\Delta t^2 + U_{i-b}\Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 16 s^2 - 5 \frac{m}{s} \cdot 4 s = 58,4 m$$

In questo caso il valore della velocità iniziale viene messo negativo in quanto è un vettore opposto ai vettori spostamento ed accelerazione, i quali sono stati messi positivi.

Problema di: Cinematica - C0017**Testo** [C0017] [2★ 2🕒 2a📖]

Un pallone viene lanciato verso l'alto con una velocità iniziale $U_i = 10 \frac{m}{s}$. Dopo quanto tempo non si è spostato?

Spiegazione In questo problema sul moto uniformemente accelerato viene chiesto di trovare in quanto tempo l'oggetto in questione ha fatto un certo spostamento. dal momento che il tempo, nell'equazione oraria del moto uniformemente accelerato, compare al secondo grado, allora per risolvere il problema serve saper risolvere le equazioni di secondo grado.

Svolgimento L'equazione del moto uniformemente accelerato è:

$$\Delta S = \frac{1}{2}a\Delta t^2 + U_i\Delta t$$

altrimenti scrivibile come

$$\frac{1}{2}a\Delta t^2 + U_i\Delta t - \Delta S = 0$$

Risolvendo l'equazione in funzione del tempo avremo che:

$$\Delta t_{1,2} = \frac{-U_i \pm \sqrt{U_i^2 + 2a\Delta S}}{a}$$

Lo spostamento fatto dall'oggetto è zero, $\Delta S = 0$, quindi

$$\Delta t_1 = 0 \quad \Delta t_2 = \frac{-2U_i}{a} = \frac{-2 \cdot 10 \frac{m}{s}}{-9,8 \frac{m}{s^2}} = 2,04 s$$

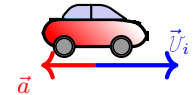
Il valore dell'accelerazione di gravità è stato messo negativo in quanto diretta dalla parte opposta rispetto alla velocità iniziale. Guardiamo i valori ottenuti: la prima soluzione indica che l'oggetto non si è spostato nel momento stesso della partenza... e questa è la soluzione ovvia. Il secondo risultato riguarda il caso in cui l'oggetto, lanciato in aria, nel ricadere a terra per un singolo istante si trova nella posizione iniziale, e quindi in quell'istante il suo spostamento è nullo.

Problema di: Cinematica - C0111**Testo** [C0111] [2★ 3🕒 1a📖]

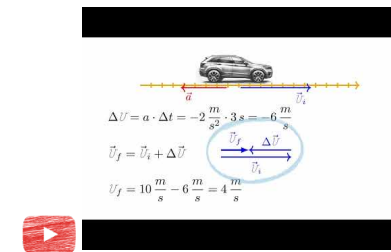
Due auto stanno accelerando partendo da ferme. La prima raggiunge una velocità $U_{f1} = 121 \frac{km}{h}$ in $\Delta S_1 = 200 m$. La seconda una velocità $U_{f2} = 100 \frac{km}{h}$ in $\Delta t_2 = 10 s$. Quale auto ha accelerato maggiormente?

Spiegazione [...]**Svolgimento** [...]**Problema di: Cinematica - C0037****Testo** [C0037] [2★ 1🕒 1a📖]

Un oggetto si muove con velocità iniziale $U_i = 10 \frac{m}{s}$, e subisce un'accelerazione costante $a = 2 \frac{m}{s^2}$, nella stessa direzione della velocità ma con verso opposto, per un tempo $\Delta t = 3 s$. Quale sarà la sua velocità finale?



Spiegazione In questo esercizio il corpo si muove con accelerazione costante, e quindi di moto uniformemente accelerato.

Fig. 5.6: Guarda il video youtu.be/zseY4w9faZI

Svolgimento Indichiamo positivi i valori dei vettori con verso uguale alla velocità iniziale dell'oggetto. La variazione di velocità causata dalla presenza dell'accelerazione è

$$\Delta U = a \cdot \Delta t = -2 \frac{m}{s^2} \cdot 3 s = -6 \frac{m}{s}$$

cioè un vettore opposto alla velocità iniziale del corpo.

La velocità finale sarà

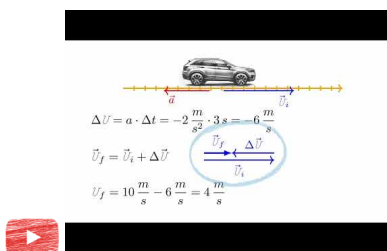
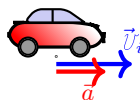
$$\vec{U}_f = \vec{U}_i + \Delta \vec{U}$$

cioè

$$U_f = 10 \frac{m}{s} - 6 \frac{m}{s} = 4 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0037a
Testo [C0037a] [2★ 1⌚ 1a📖]

Un oggetto si sta muovendo con velocità iniziale $U_i = 10 \frac{m}{s}$ e subisce un'accelerazione costante $a = 2 \frac{m}{s^2}$, nella stessa direzione della velocità e con lo stesso verso, per un tempo $\Delta t = 3 s$. Quale sarà la sua velocità finale?


 Fig. 5.7: Guarda il video youtu.be/zseY4w9faZI

Svolgimento La variazione di velocità causata dalla presenza dell'accelerazione è

$$\Delta U = a \cdot \Delta t = 2 \frac{m}{s^2} \cdot 3 s = 6 \frac{m}{s}$$

nella stessa direzione e verso dell'accelerazione. La velocità finale sarà

$$U_f = U_i + \Delta U$$

cioè

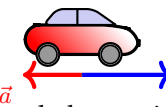
$$U_f = 10 \frac{m}{s} + 6 \frac{m}{s} = 16 \frac{m}{s}$$

Il segno più è stato messo in quanto la variazione di velocità è un vettore con lo stesso verso della velocità iniziale del corpo.

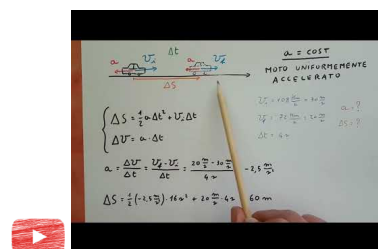
Problema di: Cinematica - C0036
Testo [C0036] [2½★ 2⌚ 1a📖]

Un'automobile sta viaggiando alla velocità $U_i = 36 \frac{km}{h}$ e comincia a frenare con accelerazione costante $a = 0.5 \frac{m}{s^2}$.

Dopo quanto tempo si ferma? Quanto spazio ha percorso da quando ha cominciato a frenare?



Spiegazione Questo problema parla di un'automobile che si muove con accelerazione costante, quindi di moto uniformemente accelerato. Il problema si risolverà utilizzando le equazioni del moto uniformemente accelerato. Sarà importante ricordarsi di convertire l'unità di misura della velocità per poi eseguire i conti. Fate attenzione ai segni da assegnare alle grandezze fisiche.


 Fig. 5.8: Guarda il video youtu.be/2splm7qyhj8

Svolgimento Cominciamo con il convertire il valore della velocità:

$$U_i = 36 \frac{km}{h} = 36 \frac{1000 m}{3600 s} = 10 \frac{m}{s}$$

Le equazioni del moto uniformemente accelerato sono:

$$\Delta U = a \Delta t \quad \Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_i \Delta t$$

dalla prima equazione possiamo ricavare la durata della frenata

$$\Delta t = \frac{\Delta U}{a} = \frac{U_f - U_i}{a} = \frac{0 \frac{m}{s} - 10 \frac{m}{s}}{-0,5 \frac{m}{s^2}} = 20 s$$

il segno meno dato all'accelerazione indica che essa è opposta alla velocità iniziale dell'automobile, ed è per questo motivo che l'automobile sta rallentando.

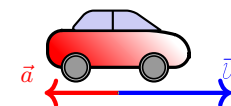
Utilizzando adesso la seconda equazione

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot \left(-0,5 \frac{m}{s^2}\right) \cdot 400 s^2 + 10 \frac{m}{s} \cdot 20 s = 100 m$$

Problema di: Cinematica - C0036a

Testo [C0036a] [2½★ 2🕒 1a📖]

Un'automobile ha inizialmente velocità $U_i = 108 \frac{km}{h}$ e comincia a rallentare fino alla velocità $U_f = 72 \frac{km}{h}$. Questo avviene in un tempo $\Delta t = 4 sec$. Calcola l'accelerazione dell'auto e indicane il verso. Quanta strada ha fatto l'auto durante la frenata?



Spiegazione Questo problema parla di un'automobile che si muove con accelerazione costante, quindi di moto uniformemente accelerato. Il problema si risolverà utilizzando le equazioni del moto uniformemente accelerato. Sarà importante ricordarsi di convertire l'unità di misura della velocità per poi eseguire i conti.

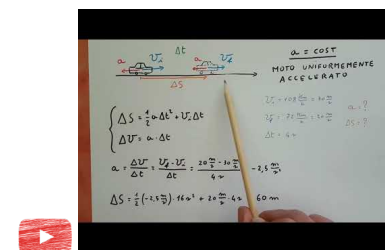


Fig. 5.9: Guarda il video youtu.be/2splm7qyhj8

Svolgimento Cominciamo con il convertire i valori delle velocità:

$$U_i = 108 \frac{km}{h} = 108 \frac{1000 m}{3600 s} = 30 \frac{m}{s}$$

$$U_f = 72 \frac{km}{h} = 72 \frac{1000 m}{3600 s} = 20 \frac{m}{s}$$

Le equazioni del moto uniformemente accelerato sono:

$$\Delta U = a \Delta t \quad \Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_i \Delta t$$

dalla prima equazione possiamo ricavare l'accelerazione subita dall'automobile

$$a = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{U_f - U_i}{\Delta t} = \frac{20 \frac{m}{s} - 30 \frac{m}{s}}{4 s} = \frac{-10 \frac{m}{s}}{4 s} = -2,5 \frac{m}{s^2}$$

il segno meno indica che l'accelerazione è opposta alla velocità iniziale dell'automobile, ed è per questo motivo che l'automobile sta rallentando.

Utilizzando adesso la seconda equazione

$$\Delta S = \frac{1}{2} \cdot \left(-2,5 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 16 s^2 + 30 \frac{m}{s} \cdot 4 s = 100 m$$

Problema di: Cinematica - C0004

Testo [C0004] [3★ 3🕒 1a📖]

Una automobile, partendo da ferma, percorre un tratto di strada ΔS_1 muovendosi per un tempo $\Delta t_1 = 10 s$ con un'accelerazione $a = 1,2 \frac{m}{s^2}$. Successivamente percorre un tratto di strada ΔS_2 con velocità costante per un tempo $\Delta t_2 = 30 s$. Quanto è lungo il tratto di strada complessivamente percorso dalla macchina? A quale velocità media ha viaggiato la macchina?

Spiegazione L'automobile si muove inizialmente di moto uniformemente accelerato partendo da ferma fino ad una certa velocità alla fine del primo tratto. Poi mantiene tale velocità costante nel secondo tratto di strada (moto rettilineo uniforme). La lunghezza del tratto di strada complessivamente percorso è pari alla somma delle lunghezze dei due tratti percorsi.

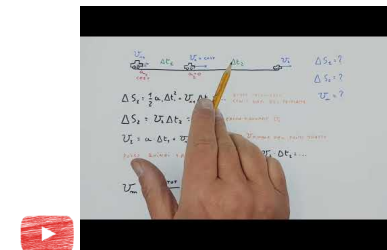


Fig. 5.10: Guarda il video youtu.be/Xr0IPGKAEEs

Svolgimento Con le equazioni del moto uniformemente accelerato possiamo calcolare quanto è lungo il primo tratto di strada e quale velocità raggiunge l'automobile.

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} a \Delta t_1^2 + v_i \Delta t_1$$

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{m}{s^2} \cdot 100 s^2 + 0 m = 60 m$$

$$v_f = v_i + \Delta v = v_i + a \cdot \Delta t_1$$

$$v_f = 0 \frac{m}{s} + 1,2 \frac{m}{s^2} \cdot 10 s = 12 \frac{m}{s}$$

Raggiunta questa velocità, l'auto si muove con velocità costante e quindi di moto rettilineo uniforme:

$$\Delta S_2 = v_f \cdot \Delta t_2 = 12 \frac{m}{s} \cdot 30 s = 360 m$$

Il tratto di strada complessivamente percorso sarà dato dalla somma dei due tratti di strada, e la velocità media tenuta sarà:

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 420 m$$

$$v_{media} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{420 m}{40 s}$$

$$v_{media} = 10,5 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0004a

Testo [C0004a] [3★ 3🕒 1a📖]

Un'auto parte con velocità iniziale $v_i = 1 \frac{m}{s}$ e percorre un tratto di strada ΔS_1 in un tempo $\Delta t_1 = 10 s$ con accelerazione $a = 1,2 \frac{m}{s^2}$ nel verso del moto. Percorre poi un tratto di strada ΔS_2 con velocità costante in un tempo $\Delta t_2 = 30 s$. Quanta strada ha percorso l'auto nel primo e nel secondo tratto? A quale velocità media ha viaggiato?

Spiegazione L'automobile si muove inizialmente di moto uniformemente accelerato partendo con una certa velocità iniziale, fino ad una certa velocità alla fine del primo tratto. Poi mantiene tale velocità costante nel secondo tratto di strada (moto rettilineo uniforme). La lunghezza del tratto di strada complessivamente percorso è pari alla somma delle lunghezze dei due tratti percorsi.

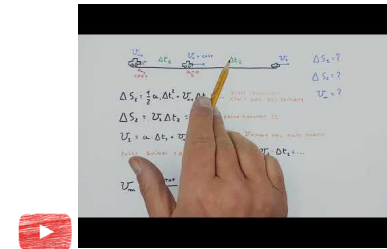


Fig. 5.11: Guarda il video youtu.be/Xr0IPGKAEEs

Svolgimento Con le equazioni del moto uniformemente accelerato possiamo calcolare quanto è lungo il primo tratto di strada e quale velocità raggiunge l'automobile.

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} a \Delta t_1^2 + v_i \Delta t_1$$

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{m}{s^2} \cdot 100 s^2 + 10 m = 70 m$$

$$v_f = v_i + \Delta v = v_i + a \cdot \Delta t_1$$

$$v_f = 1 \frac{m}{s} + 1,2 \frac{m}{s^2} \cdot 10 s = 13 \frac{m}{s}$$

Raggiunta questa velocità, l'auto si muove con velocità costante e quindi di moto rettilineo uniforme:

$$\Delta S_2 = v_f \cdot \Delta t_2 = 13 \frac{m}{s} \cdot 30 s = 390 m$$

Il tratto di strada complessivamente percorso sarà dato dalla somma dei due tratti di strada, e la velocità media tenuta sarà:

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 460 m$$

$$v_{media} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{460 m}{40 s}$$

$$v_{media} = 11,5 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0004b

Testo [C0004b] [3★ 3👤 1a📖]

Un'auto parte con velocità iniziale $v_i = 20 \frac{m}{s}$ e percorre un tratto di strada ΔS_1 in un tempo $\Delta t_1 = 10 s$ con accelerazione $a = 1,2 \frac{m}{s^2}$ opposta al verso nel moto. Percorre poi un tratto di strada ΔS_2 con velocità costante per un tempo $\Delta t_2 = 30 s$. Quanta strada ha complessivamente percorso l'auto? A quale velocità media ha viaggiato?

Spiegazione L'automobile si muove inizialmente di moto uniformemente accelerato partendo con una certa velocità iniziale, fino ad una certa velocità alla fine del primo tratto. Essendo l'accelerazione opposta alla velocità iniziale, la macchina sta frenando. Poi mantiene tale velocità costante nel secondo tratto di strada (moto rettilineo uniforme). La lunghezza del tratto di strada complessivamente percorso è pari alla somma delle lunghezze dei due tratti percorsi.

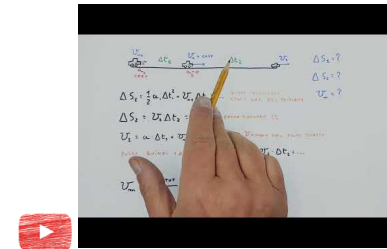


Fig. 5.12: Guarda il video youtu.be/Xr0IPGKAEEs

Svolgimento Con le equazioni del moto uniformemente accelerato possiamo calcolare quanto è lungo il primo tratto di strada e quale velocità raggiunge l'automobile.

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} a \Delta t_1^2 + v_i \Delta t_1$$

$$\Delta S_1 = -\frac{1}{2} \cdot 1,2 \frac{m}{s^2} \cdot 100 s^2 + 200 m = 140 m$$

$$v_f = v_i + \Delta v = v_i + a \cdot \Delta t_1$$

$$v_f = 20 \frac{m}{s} - 1,2 \frac{m}{s^2} \cdot 10 s = 8 \frac{m}{s}$$

Raggiunta questa velocità, l'auto si muove con velocità costante e quindi di moto rettilineo uniforme:

$$\Delta S_2 = v_f \cdot \Delta t_2 = 8 \frac{m}{s} \cdot 30 s = 240 m$$

Il tratto di strada complessivamente percorso sarà dato dalla somma dei due tratti di strada, e la velocità media tenuta sarà:

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 380 m$$

$$v_{media} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{380 m}{40 s}$$

$$v_{media} = 9,5 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0048

Testo [C0048] [3★ 4👤 2a📖]

Un automobilista sta viaggiando alla velocità $v_i = 90 \frac{km}{h}$. Ad un certo punto si accorge di un ostacolo sulla strada alla distanza $d = 140 m$. A causa dei tempi di reazione, comincia a frenare dopo un tempo $\Delta t_1 = 0,2 s$ e impiega un tempo $\Delta t_2 = 10 s$ per fermarsi. Colpirà l'ostacolo?

Spiegazione In questo esercizio, l'auto si muove di moto rettilineo uniforme nel tempo in cui l'autista si accorge che deve frenare. Successivamente l'auto si muove di moto uniformemente accelerato.

Svolgimento Prima di cominciare a frenare, l'auto percorrerà un tragitto

$$\Delta S_1 = v_i \cdot \Delta t_1 = 90 \frac{km}{h} \cdot 0,2 s = 25 \frac{m}{s} \cdot 0,2 s = 5 m$$

L'auto comincia adesso a frenare. Indicando con Δv_2 la variazione di velocità avuta dall'auto nella fase di decelerazione, l'accelerazione con cui l'auto frena è

$$a = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{(0 - 25) \frac{m}{s}}{10 s} = -2,5 \frac{m}{s^2}$$

L'auto quindi percorre un tragitto

$$\Delta S_2 = \frac{1}{2} a \Delta t_2^2 + v_i \Delta t_2$$

$$\Delta S_2 = -\frac{1}{2} \cdot 2,5 \frac{m}{s^2} \cdot 100 s^2 + 25 \frac{m}{s} \cdot 10 s = 125 m$$

L'auto quindi, dal momento in cui l'autista si accorge dell'ostacolo, fino al momento in cui si ferma, percorre in tutto

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 130 m$$

Quindi l'auto riesce a fermarsi prima di colpire l'ostacolo.

Problema di: Cinematica - C0049**Testo** [C0049] [3½★ 4🕒 3a📖]

Dalla terrazza di un palazzo, alta $S_{i1} = 40\text{ m}$ da terra, viene lanciato un oggetto verso il basso con velocità iniziale $U_{i1} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Contemporaneamente viene lanciato da terra un secondo oggetto con velocità iniziale verso l'alto pari a $U_{i2} = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. A quale altezza da terra si scontrano?

Spiegazione Entrambi gli oggetti si muovono di moto uniformemente accelerato.**Svolgimento** Gli oggetti si scontreranno nell'istante in cui si troveranno nella stessa posizione. Quindi

$$S_1 = S_2$$

$$-\frac{1}{2}g\Delta t^2 + U_{i2}\Delta t = -\frac{1}{2}g\Delta t^2 - U_{i1}\Delta t + S_{i1}$$

$$U_{i2}\Delta t = -U_{i1}\Delta t + S_{i1}$$

Quindi i due oggetti si scontrano dopo un tempo

$$\Delta t = \frac{S_{i1}}{(U_{i2} + U_{i1})} = 2\text{ s}$$

La posizione degli oggetti dopo due secondi di volo è quindi

$$S_2 = -\frac{1}{2}g\Delta t^2 + U_{i2}\Delta t = -19,6\text{ m} + 30\text{ m} = 10,4\text{ m}$$

Ovviamente la scelta dell'equazione del moto del secondo oggetto è del tutto equivalente alla scelta dell'equazione del moto del primo oggetto.

Problema di: Cinematica - C0057**Testo** [C0057] [4★ 7🕒 2a📖]

Un'auto viaggia a velocità costante $U_i = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Di colpo si trova davanti a lei un ostacolo alla distanza $d = 100\text{ m}$. Tenuto conto che comincia a frenare dopo un tempo di reazione $\Delta t_r = 0,2\text{ s}$, e che la frenata consiste in un'accelerazione $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, con quale velocità urterà l'ostacolo?

Spiegazione Prima che l'autista cominci a frenare si muoverà di moto rettilineo uniforme. Da quando comincia a frenare si muoverà di moto uniformemente accelerato.**Svolgimento** Da quando l'autista vede l'ostacolo fino a quando inizia a frenare, lo spazio percorso è

$$\Delta S_1 = U_i \cdot \Delta t = 90 \frac{1000\text{ m}}{3600\text{ s}} \cdot 0,2\text{ s} = 5\text{ m}$$

A questo punto l'autista inizia la frenata ed il moto dell'auto è rappresentabile con

$$\begin{cases} \Delta S = \frac{1}{2}a\Delta t^2 + U_i\Delta t \\ \Delta U = a\Delta t \end{cases}$$

In assenza di ostacoli l'auto percorrerebbe, fino a fermarsi, un tragitto così calcolabile:

$$\begin{cases} \Delta t_{\text{arresto}} = \frac{\Delta V}{a} = \frac{0 - U_i}{a} = -\frac{U_i}{a} = 12,5\text{ s} \\ \Delta S_{\text{arresto}} = \frac{1}{2}a\left(\frac{U_i}{a}\right)^2 - U_i \cdot \left(\frac{U_i}{a}\right) = -\frac{U_i^2}{a} = 312,5\text{ m} \end{cases}$$

Risulta evidente che l'auto urterà l'ostacolo. Calcoliamo adesso la velocità dell'impatto.

Il tempo che l'auto impiega a raggiungere l'ostacolo è dato da

$$\Delta t = \frac{-U_i \pm \sqrt{U_i^2 + 2a\Delta S}}{a}$$

$$\Delta t = \frac{-25 \frac{m}{s} \pm \sqrt{625 \frac{m^2}{s^2} - 2 \cdot 2 \frac{m}{s^2} \cdot 95 m}}{-2 \frac{m^2}{s^2}} = \begin{cases} 4,67 s \\ 20,33 s \end{cases}$$

La soluzione accettabile è quella che prevede un tempo inferiore a quello che comporta la fermata dell'auto. quindi

$$\Delta t_{\text{impatto}} = 4,67 s$$

La velocità dell'impatto sarà quindi

$$v_f = v_i + a \cdot \Delta t_{\text{impatto}} = v_i - v_i + \sqrt{v_i^2 + 2a\Delta S} = \sqrt{v_i^2 + 2a\Delta S} = 15,65 \frac{m}{s} = 56,35 \frac{km}{h}$$

Se considerassimo per esempio una velocità iniziale $v_i' = 108 \frac{km}{h} = 30 \frac{m}{s}$ allora avremmo una velocità di impatto

$$v_f' = 22,89 \frac{m}{s} = 82,41 \frac{km}{h}$$

Problema di: Cinematica - C0045

Testo [C0045] [4★ 5🕒 2a📖]

Un'automobile esce da un parcheggio partendo da ferma con una accelerazione costante. Contemporaneamente un camion le si sta avvicinando, e si trova $S_{ic} = 30 m$ dietro di lei viaggiando alla velocità $v_c = 20 \frac{m}{s}$. Con quale accelerazione deve muoversi l'auto per non essere tamponata dal camion?

Spiegazione In questo problema conosciamo la posizione e la velocità di due mezzi nell'istante iniziale. Possiamo quindi utilizzare le equazioni orarie del moto per sapere se i due mezzi occuperanno la stessa posizione nello stesso istante.

Svolgimento Consideriamo come istante iniziale $t_i = 0 s$. Indichiamo con l'indice c il camion e con l'indice a l'automobile. Avremo:

$$S_c = v_c \cdot t + S_{ci}$$

$$S_a = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_{ai} \cdot t$$

Lo scontro non avviene se

$$S_a > S_c$$

$$\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_{ai} \cdot t > v_c \cdot t + S_{ci}$$

$$\frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 - v_c \cdot t - S_{ci} > 0$$

$$a \cdot t^2 - 2v_c \cdot t - 2S_{ci} > 0$$

$$t^2 - \frac{2v_c}{a} \cdot t - \frac{2S_{ci}}{a} > 0$$

I due mezzi non si scontrano se

$$\frac{\Delta}{4} = \frac{v_c^2}{a^2} + \frac{2S_{ci}}{a} < 0$$

Sapendo che l'accelerazione dell'auto deve essere positiva e che $S_{ic} < 0$

$$v_c^2 < -2S_{ci}a$$

$$a > \frac{v_c^2}{-2S_{ci}} = \frac{400 \frac{m^2}{s^2}}{60 m} = 6,67 \frac{m}{s^2}$$

Problema di: Cinematica - C0077

Testo [C0077] [3★ 3🕒 3a📖]

Un oggetto è lanciato verso l'alto da un alieno su di un pianeta sconosciuto. Sappiamo che l'oggetto ha raggiunto l'altezza massima $H = 25 m$ ed è ricaduto a terra in un tempo $T = 5 s$. Quanto vale l'accelerazione di gravità del pianeta? Con quale velocità iniziale è stato lanciato l'oggetto?

Spiegazione Un semplice moto uniformemente accelerato.

Svolgimento Sapendo che l'oggetto ha raggiunto l'altezza massima in un tempo pari a metà del tempo di volo, possiamo scrivere due equazioni:

$$\begin{cases} 0 = \frac{1}{2}aT^2 + v_iT \\ H = \frac{1}{8}aT^2 + \frac{1}{2}v_iT \end{cases}$$

Da cui

$$\begin{cases} 0 = \frac{1}{8}aT^2 + \frac{1}{4}v_iT \\ H = \frac{1}{8}aT^2 + \frac{1}{2}v_iT \end{cases}$$

Sottraendo dalla seconda la prima avremo

$$H = \frac{1}{4}v_iT$$

$$v_i = \frac{4H}{T} = 20 \frac{m}{s}$$

Ed infine

$$a = \frac{-2v_i}{T} = \frac{-8H}{T^2} = -8 \frac{m}{s^2}$$

Problema di: Cinematica - C0082**Testo** [C0082] [3★ 3🕒 2a📖]

Un monopattino elettrico raggiunge al massimo la velocità $v_{max} = 7,5 \frac{m}{s}$ ed ha, sia in partenza che in frenata, un'accelerazione $a = 1,5 \frac{m}{s^2}$. Se deve percorrere un tratto di strada lungo $\Delta S_{tot} = 100 m$, partendo da fermo ed arrivando fermo, quanto tempo ci impiega?

Spiegazione Moto uniformemente accelerato e rettilineo uniforme. La partenza e la frenata finale sono moti che avvengono tra le stesse velocità e con la stessa accelerazione, solo a valori invertiti.

Svolgimento Per il monopattino, la fase di accelerazione dura

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{7,5 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{1,5 \frac{m}{s^2}} = 5 s$$

Durante la fase di accelerazione esso percorre

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} a \Delta t^2 = 18,75 m$$

La stessa distanza e lo stesso tempo valgono anche per la fase di frenata.

Il percorso fatto a velocità costante è quindi

$$\Delta S_2 = \Delta S_{tot} - 2\Delta S_1 = 62,5 m$$

e questo percorso viene fatto in un tempo

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_{max}} = 8,3 s$$

Quindi il tempo complessivo impiegato è

$$\Delta t_{tot} = 18,3 s$$

Problema di: Cinematica - C0081**Testo** [C0081] [3½★ 5🕒 3a📖]

Due atleti, Marco e Carlo, corrono una gara di velocità. Alla partenza entrambi loro si muovono con accelerazione costante di valore rispettivamente $a_M = 3 \frac{m}{s^2}$ e $a_C = 3,5 \frac{m}{s^2}$. Raggiunta la loro velocità massima, rispettivamente $v_{xM} = 19,2 \frac{m}{s}$ e $v_{xC} = 14 \frac{m}{s}$, si muovono di moto rettilineo uniforme. Si può notare che Carlo inizialmente si troverà davanti a Marco, ma successivamente verrà da lui raggiunto. Dopo quanto tempo questo accade?

Spiegazione Moti uniformemente accelerati e rettilinei uniformi. Questo problema va scomposto in molti intervalli di tempo distinti, a seconda di quali sono i tipi di movimento dei due atleti.

Svolgimento Consideriamo la corsa di Marco. Lui accelera fino alla velocità massima in un tempo

$$\Delta t_{1M} = \frac{\Delta V_M}{a_M} = \frac{19,2 \frac{m}{s}}{3 \frac{m}{s^2}} = 6,4 s$$

Consideriamo la corsa di Carlo. Lui accelera fino alla velocità massima in un tempo

$$\Delta t_{1C} = \frac{\Delta V_C}{a_C} = \frac{14 \frac{m}{s}}{3,5 \frac{m}{s^2}} = 4 s$$

Possiamo quindi suddividere la gara in tre differenti fasi: La prima, per $0 \leq t < \Delta t_{1C}$ nella quale entrambi si muovono di moto uniformemente accelerato; la seconda per $\Delta t_{1C} \leq t < \Delta t_{1M}$ nella quale Marco si muove di moto rettilineo uniforme e Carlo di moto uniformemente accelerato; la terza per $t \geq \Delta t_{1M}$ nella quale entrambi si muovono di moto rettilineo uniforme.

Mettiamoci nel sistema di riferimento di Marco. Lui vede Carlo allontanarsi per poi riavvicinarsi. Analizziamo cosa succede nelle tre fasi di gara.

Prima fase .

L'equazione del moto di Carlo nel sistema di riferimento di Marco è

$$\Delta S = \frac{1}{2} a_{rel} \Delta t^2 + v_{i-rel} \Delta t$$

Che alla fine della prima fase mi permette di calcolare di quanto si è spostato Carlo rispetto a Marco

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \frac{m}{s^2} \cdot (4 s)^2 = 4 m$$

Quindi Carlo si trova nella posizione $S_1 = S_0 + \Delta S_1 = 4 m$ avanti a Marco.

Sempre alla fine della prima fase possiamo calcolare le velocità con cui Carlo si sta allontanando da Marco

$$v_{f1} = v_i + a_{rel} \Delta t = 0,5 \frac{m}{s^2} \cdot 4 s = 2 \frac{m}{s}$$

Seconda fase .

L'equazione del moto di Carlo nel sistema di riferimento di Marco è

$$\Delta S = \frac{1}{2} a_{rel} \Delta t^2 + v_{i-rel} \Delta t$$

La seconda fase dura un tempo

$$\Delta t_2 = 6,4 s - 4 s = 2,4 s$$

Che alla fine della seconda fase mi permette di calcolare di quanto si è spostato Carlo rispetto a Marco

$$\Delta S_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(-3 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (2,4 s)^2 + 4 \frac{m}{s} \cdot 2,4 s = 0,96 m$$

In questa fase Carlo si allontana ancora. Quindi adesso Carlo si trova nella posizione $S_2 = S_1 + \Delta S_2 = 4,96 m$ avanti a Marco

Terza fase .

Adesso entrambi viaggiano di moto rettilineo uniforme. Quindi

$$\Delta S = v_{rel} \Delta t$$

Il tempo adesso necessario a Marco per raggiungere Carlo è quindi

$$\Delta t_3 = \frac{\Delta S_3}{v_{3rel}} = \frac{-4,96 m}{-5,2 s} = 0,954 s$$

Marco raggiunge Carlo dopo un tempo complessivo di

$$\Delta t_{tot} = 6,4 s + 0,954 s = 7,354 s$$

dall'inizio della gara.

Entrambi in totale hanno percorso

$$\Delta S_{tot} = \frac{1}{2} \cdot 3 \frac{m}{s^2} \cdot (6,4 s)^2 + 19,2 \frac{m}{s} \cdot 0,95 s = 79,76 m$$

Problema di: Cinematica - C0078**Testo** [C0078] [3★ 3⌚ 3a📖]

Due treni si stanno dirigendo uno contro l'altro sullo stesso binario viaggiando rispettivamente alla velocità $U_1 = 108 \frac{km}{h}$ e $U_2 = 144 \frac{km}{h}$. Quando si trovano alla distanza di $D = 1,275 km$ vengono contemporaneamente avvertiti dai sistemi di allarme e cominciano a frenare entrambi con accelerazione $a = 1 \frac{m}{s^2}$. Si scontreranno? I tal caso calcola la velocità dell'impatto, altrimenti la distanza a cui si fermano.

Spiegazione Un semplice moto uniformemente accelerato. Questo problema è più facile da risolvere se si sceglie in modo opportuno il sistema di riferimento.

Svolgimento Cominciamo con il convertire le due velocità in unità di misura standard

$$U_1 = 108 \frac{1000 m}{3600 s} = 30 \frac{m}{s}$$

$$U_2 = 144 \frac{1000 m}{3600 s} = 40 \frac{m}{s}$$

Calcoliamo adesso quanti metri percorrono prima di fermarsi. Il tempo per arrivare a fermarsi è dato da

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{0 - U_i}{a}$$

Da cui per i due treni avremo

$$\Delta t_1 = \frac{-30 \frac{m}{s}}{-1 \frac{m}{s^2}} = 30 s$$

$$\Delta t_2 = \frac{-40 \frac{m}{s}}{-1 \frac{m}{s^2}} = 40 s$$

Lo spazio percorso prima di fermarsi è

$$\Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_i \Delta t$$

Quindi per i due treni avremo

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} \left(-1 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 900 s^2 + 30 \frac{m}{s} \cdot 30 s = 450 m$$

$$\Delta S_2 = \frac{1}{2} \left(-1 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 1600 s^2 + 40 \frac{m}{s} \cdot 40 s = 800 m$$

Dal momento che la distanza tra i due treni era inizialmente $D = 1275 m$, allora i treni si fermano a $x = 25 m$ di distanza tra loro e non si scontrano.

Problema di: Cinematica - C0078a**Testo** [C0078a] [3★ 3🕒 3a📖]

Due treni si stanno dirigendo uno contro l'altro sullo stesso binario viaggiando rispettivamente alla velocità $U_1 = 108 \frac{km}{h}$ e $U_2 = 144 \frac{km}{h}$. Quando si trovano alla distanza di $D = 1,2 km$ vengono contemporaneamente avvertiti dai sistemi di allarme e cominciano a frenare entrambi con accelerazione $a = 1 \frac{m}{s^2}$. Si scontreranno? In tal caso calcola la velocità dell'impatto, altrimenti la distanza a cui si fermano.

Spiegazione Un semplice moto uniformemente accelerato. Questo problema è più facile da risolvere se si sceglie in modo opportuno il sistema di riferimento.

Svolgimento Cominciamo con il convertire le due velocità in unità di misura standard

$$U_1 = 108 \frac{1000 m}{3600 s} = 30 \frac{m}{s}$$

$$U_2 = 144 \frac{1000 m}{3600 s} = 40 \frac{m}{s}$$

Calcoliamo adesso quanti metri percorrono prima di fermarsi. Il tempo per arrivare a fermarsi è dato da

$$\Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{0 - U_i}{a}$$

Da cui per i due treni avremo

$$\Delta t_1 = \frac{-30 \frac{m}{s}}{-1 \frac{m}{s^2}} = 30 s$$

$$\Delta t_2 = \frac{-40 \frac{m}{s}}{-1 \frac{m}{s^2}} = 40 s$$

Lo spazio percorso prima di fermarsi è

$$\Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_i \Delta t$$

Quindi per i due treni avremo

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2} \left(-1 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 900 s^2 + 30 \frac{m}{s} \cdot 30 s = 450 m$$

$$\Delta S_2 = \frac{1}{2} \left(-1 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 1600 s^2 + 40 \frac{m}{s} \cdot 40 s = 800 m$$

Dal momento che la distanza tra i due treni era inizialmente $D = 1200 m$, allora i treni si scontreranno. Cominciamo a capire quanta strada ha fatto il secondo treno quando il primo riesce a fermarsi

$$\Delta S'_2 = \frac{1}{2} \left(-1 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 900 s^2 + 40 \frac{m}{s} \cdot 30 s = 750 m$$

Capita quindi che il secondo treno urta il primo nell'esatto istante in cui il primo si è fermato. La velocità dell'impatto è quindi uguale alla velocità del secondo treno.

La variazione di velocità del secondo treno durante la frenata è stata

$$\Delta V'_2 = a \Delta t_1 = -30 \frac{m}{s}$$

La velocità del secondo treno all'impatto è quindi

$$U'_{2f} = U_{2i} + \Delta V'_2 = 10 \frac{m}{s}$$

I sensori di allarme avrebbero dovuto essere installati più distanti tra loro. La sicurezza viene prima!

Problema di: Cinematica - C0098**Testo** [C0098] [3½★ 4🕒 2a📖]

Un oggetto, cadendo da una certa altezza, passa davanti ad una finestra alta $\Delta S_2 = 1,4\text{ m}$ impiegando un tempo $\Delta t_2 = 0,2\text{ s}$ a percorrere tutta l'altezza della finestra. Quanti metri si trovava più in alto della finestra nel momento in cui è stata lasciata cadere?

Spiegazione Moto uniformemente accelerato. In questo caso il moto è descritto separando due intervalli di tempo successivi: il primo nel quale l'oggetto ancora non passa davanti alla finestra; il secondo nel quale l'oggetto si trova davanti alla finestra.

Svolgimento Consideriamo il secondo momento della caduta:

$$\Delta S_2 = \frac{1}{2}g\Delta t_2^2 + v_{2i}\Delta t_2$$

da cui

$$v_{2i} = \frac{\Delta S_2 - \frac{1}{2}g\Delta t_2^2}{\Delta t_2} = \frac{1,4\text{ m} - 0,196\text{ m}}{0,2\text{ s}} = 6,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocità iniziale con cui l'oggetto comincia a passare davanti alla finestra coincide con la velocità finale dell'oggetto durante la caduta sopra alla finestra.

$$v_{1f} = v_{2i}$$

La caduta nel primo tratto di strada è quindi

$$v_{1f} = v_{1i} + g\Delta t_1$$

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2}g\Delta t_1^2 + v_{1i}\Delta t_1$$

Nel primo tratto l'oggetto, come specificato nel testo, cade partendo da fermo; quindi

$$\Delta t_1 = \frac{v_{1f}}{g}$$

e quindi

$$\Delta S_1 = \frac{v_{1f}^2}{2g} = 1,849\text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0098a**Testo** [C0098a] [3½★ 4🕒 2a📖]

Un oggetto, sparato da terra verso l'alto con una velocità iniziale $v_i = 10 \frac{m}{s}$, passa davanti ad una finestra alta $\Delta S_2 = 1,4 m$ impiegando un tempo $\Delta t_2 = 0,2 s$ a percorrere tutta l'altezza della finestra. Quanto si trova in alto la finestra?

Spiegazione Moto uniformemente accelerato. In questo caso il moto è descritto separando due intervalli di tempo successivi: il primo nel quale l'oggetto ancora non passa davanti alla finestra; il secondo nel quale l'oggetto si trova davanti alla finestra.

Svolgimento Consideriamo il secondo momento del percorso:

$$\Delta S_2 = \frac{1}{2}g\Delta t_2^2 + v_{2i}\Delta t_2$$

da cui

$$v_{2i} = \frac{\Delta S_2 - \frac{1}{2}g\Delta t_2^2}{\Delta t_2} = \frac{1,4 m + 0,196 m}{0,2 s} = 6,48 \frac{m}{s}$$

La velocità iniziale con cui l'oggetto comincia a passare davanti alla finestra coincide con la velocità finale dell'oggetto durante la caduta sopra alla finestra.

$$v_{1f} = v_{2i}$$

La caduta nel primo tratto di strada è quindi

$$v_{1f} = v_{1i} + g\Delta t_1$$

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2}g\Delta t_1^2 + v_{1i}\Delta t_1$$

Nel primo tratto l'oggetto, come specificato nel testo, cade partendo da fermo; quindi

$$\Delta t_1 = \frac{v_{1f} - v_{1i}}{g}$$

e quindi

$$\Delta S_1 = \frac{(v_{1f}^2 + v_{1i}^2 - 2v_{1f}v_{1i})}{2g} + \frac{v_{1f}v_{1i} - v_{1i}^2}{g} = \frac{v_{1f}^2 - v_{1i}^2}{2g} = 2,96 m$$

Problema di: Cinematica - C0102**Testo** [C0102] [3★ 4🕒 2a📖]

Un atleta corre una gara lunga $L = 200\text{ m}$ partendo da fermo con un'accelerazione $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Dopo un tempo $\Delta t_1 = 4\text{ s}$ raggiunge la sua massima velocità. Dopo quanto tempo dalla partenza taglierà il traguardo?

Spiegazione Il moto dell'atleta è inizialmente uniformemente accelerato per poi trasformarsi in rettilineo uniforme alla massima velocità.

Svolgimento La lunghezza del tratto in accelerazione è

$$\Delta S_1 = \frac{1}{2}a\Delta t^2 + v_i\Delta t = \frac{1}{2} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 16\text{ s}^2 = 16\text{ m}$$

La velocità raggiunta sarà

$$v_{\text{max}} = 0 + \Delta V_1 = 0 + a \cdot \Delta t = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Il tragitto percorso a velocità costante è lungo

$$\Delta S_2 = L - \Delta S_1 = 184\text{ m}$$

Il tempo impiegato nel secondo tratto è

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta S_2}{v_{\text{max}}} = 23\text{ s}$$

La gara è durata in tutto

$$\Delta t_{\text{tot}} = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 27\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0076**Testo** [C0076] [2★ 3🕒 2a📖]

Un oggetto viene lanciato verticalmente verso l'alto. Dopo $\Delta t_1 = 3\text{ s}$ si trova all'altezza h e dopo altri $\Delta t = 2\text{ s}$ raggiunge la sua massima altezza. Calcola prima la velocità iniziale dell'oggetto e successivamente calcola h .

Spiegazione Un semplice moto uniformemente accelerato.

Svolgimento Sapendo che dopo $\Delta t = 5\text{ s}$ l'oggetto raggiunge la sua massima altezza, avremo

$$\begin{aligned}\Delta V &= 0 - v_i = a\Delta t \\ v_i &= -\left(-9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot 5\text{ s} = 49 \frac{\text{m}}{\text{s}}\end{aligned}$$

Quindi

$$h = \frac{1}{2}a\Delta t^2 + v_i\Delta t = 102,9\text{ m}$$

Problema di: Conservazione dell'energia - L0058**Testo** [L0058] [4★ 5🕒 3a📖]

Un corpo di massa $m = 2 \text{ kg}$ si muove verticalmente. All'istante iniziale le energie potenziale gravitazionale e cinetica valgono entrambe $E_i = 100 \text{ J}$ ed il corpo si sta muovendo verso l'alto. Determina dopo quanto tempo il corpo arriva a terra.

Spiegazione Un problema sul moto uniformemente accelerato, con alcuni valori ricavabili dalle informazioni sull'energia.

Svolgimento Poniamo $g = +9,8 \frac{m}{s^2}$

L'equazione oraria del moto è

$$\Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_i \Delta t$$

Utilizzando le informazioni del problema avremo:

$$mgh_i = E_i$$

$$h_i = \frac{E_i}{mg} = 5,1 \text{ m}$$

e successivamente

$$\frac{1}{2} m v_i^2 = E_i$$

$$v_i = \sqrt{\frac{2E_i}{m}} = 10 \frac{m}{s}$$

Quindi l'oggetto arriverà a terra quando

$$\Delta S = -h_i$$

$$\frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_i \Delta t = -h_i$$

$$-g \Delta t^2 + 2v_i \Delta t + 2h_i = 0$$

$$g \Delta t^2 - 2v_i \Delta t - 2h_i = 0$$

$$\Delta t = \frac{v_i \pm \sqrt{v_i^2 + 8gh_i}}{g}$$

Delle due soluzioni ci interessa quella positiva (infatti la domanda del problema chiede un istante nel futuro).

$$\Delta t = \frac{10 + \sqrt{100 + 8 \cdot 5,1 \cdot 9,8}}{9,8} \text{ s} = 3,3 \text{ s}$$

5.7 Moto Parabolico

Problema di: Cinematica - C0014

Testo [C0014] [1★ 2⌚ 1a📖]

Un cannone spara orizzontalmente un proiettile con velocità iniziale $\vec{v}_{ix} = 200 \frac{m}{s}$. Dopo un tempo $\Delta t = 2 s$ colpisce il bersaglio. Quanto distante si trova il bersaglio in linea orizzontale? Quanto più in basso rispetto all'altezza del cannone?

Spiegazione Il proiettile sparato dal cannone si muove di moto parabolico; mentre il proiettile avanza, contemporaneamente cade. Per risolvere il problema è necessario analizzare il moto rettilineo uniforme in orizzontale e il moto uniformemente accelerato in verticale.

Svolgimento Cominciamo con l'analizzare il moto rettilineo uniforme in orizzontale

$$\Delta S_x = v_{ix} \Delta t = 200 \frac{m}{s} \cdot 2 s = 400 m$$

Tenendo conto che il proiettile è stato sparato in orizzontale, per cui $v_{iy} = 0$, durante l'intervallo di tempo il proiettile cade di

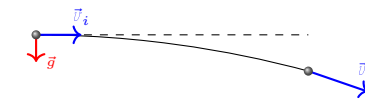
$$\Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + v_{iy} \Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 4 s^2 = 19,6 m$$



Problema di: Cinematica - C0043

Testo [C0043] [2½★ 2⌚ 1a📖]

Un cannone spara orizzontalmente un proiettile con una velocità iniziale $v_{ix} = 100 \frac{m}{s}$. Quanto vale il modulo della velocità v_f del proiettile dopo un tempo $\Delta t = 15 s$?



Spiegazione In questo problema si parla di un moto uniformemente accelerato. L'accelerazione è l'accelerazione di gravità $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$. Per sapere quanto vale il vettore velocità finale è necessario disegnare i vettori $\vec{v}_{ix}$ e $\vec{v}_y$ e sommarli tra loro.

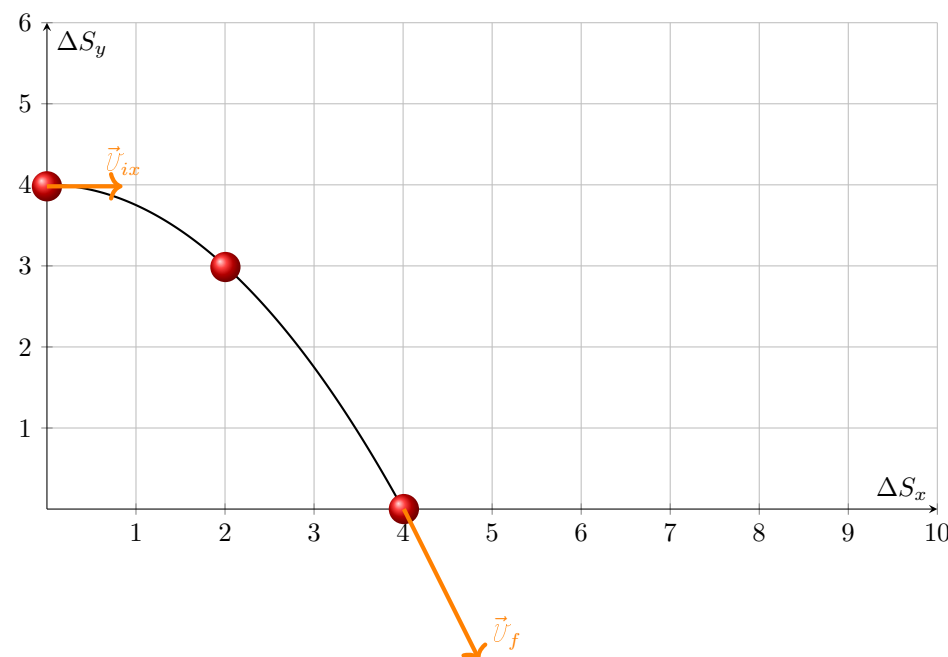


Fig. 5.13: Traiettoria di un proiettile che si muove di moto parabolico. In arancione è rappresentato il vettore velocità, sempre tangente alla traiettoria del proiettile.

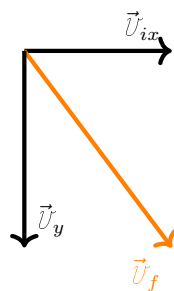
Svolgimento Un moto parabolico è la composizione di un moto rettilineo uniforme in orizzontale con un moto uniformemente accelerato in verticale. La componente orizzontale della velocità è quindi costante. Sappiamo che

$$v_y = v_{iy} + \Delta v = 0 + a \cdot \Delta t$$

E' evidente che la velocità finale è data da

$$v_f = \sqrt{v_{ix}^2 + v_y^2} = \sqrt{v_{ix}^2 + (g \cdot \Delta t)^2}$$

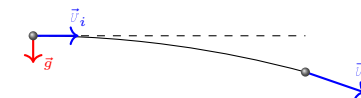
$$v_f = \sqrt{100^2 \frac{m^2}{s^2} + \left(9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 15 s\right)^2} = 178 \frac{m}{s}$$



Problema di: Cinematica - C0063

Testo [C0063] [2½★ 3⌚ 1a📖]

Un oggetto è lanciato orizzontalmente con una velocità iniziale $v_{ix} = 200 \frac{m}{s}$. Quanto vale il modulo della velocità v_f del proiettile dopo un tempo $\Delta t = 5 s$? Di quanto è sceso il proiettile?



Spiegazione In questo problema si parla di un moto uniformemente accelerato. L'accelerazione è l'accelerazione di gravità $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$. Per sapere quanto vale il vettore velocità finale è necessario disegnare i vettori $\vec{v}_{ix}$ e $\vec{v}_y$ e sommarli tra loro. Lo spostamento dell'oggetto in verticale lo si trova con l'equazione del moto.

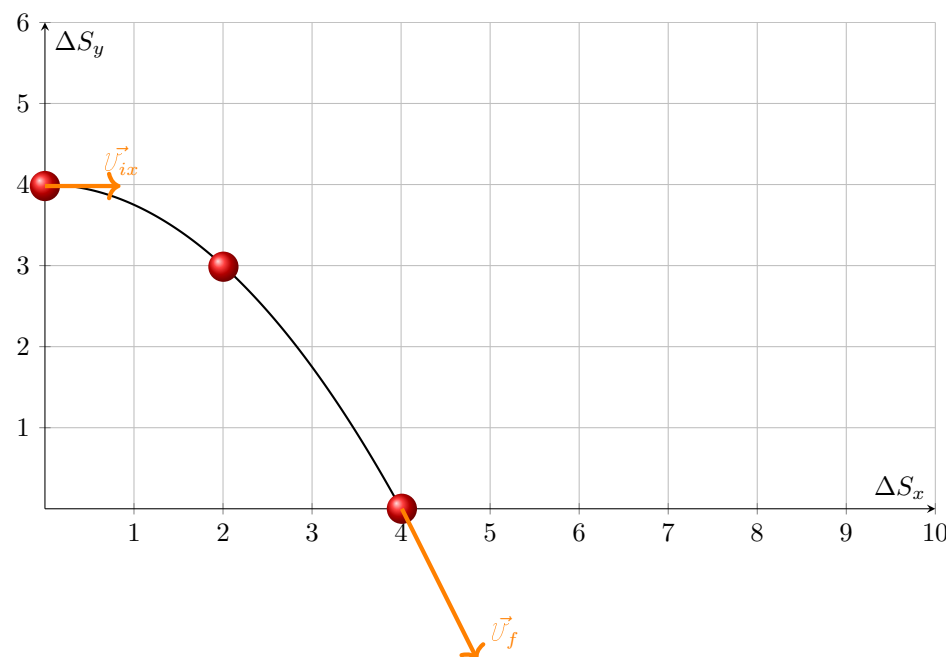


Fig. 5.14: Traiettoria di un proiettile che si muove di moto parabolico. In arancione è rappresentato il vettore velocità, sempre tangente alla traiettoria del proiettile.

Svolgimento Un moto parabolico è la composizione di un moto rettilineo uniforme in orizzontale con un moto uniformemente accelerato in verticale. La componente orizzontale della velocità è quindi costante. Sappiamo che

$$v_y = v_{iy} + \Delta v = 0 + a \cdot \Delta t$$

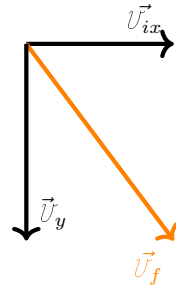
E' evidente che la velocità finale è data da

$$v_f = \sqrt{v_{ix}^2 + v_y^2} = \sqrt{v_{ix}^2 + (g \cdot \Delta t)^2}$$

$$v_f = \sqrt{200^2 \frac{m^2}{s^2} + \left(9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 5 s\right)^2} = 206 \frac{m}{s}$$

Lo spostamento in verticale del proiettile è dato da

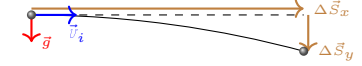
$$\Delta S = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + v_{iy} \Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 25 s = 122,5 m$$



Problema di: Cinematica - C0008

Testo [C0008] [2★ 2🕒 1a📖]

Un fucile spara in orizzontale un proiettile con velocità iniziale $v_{ix} = 800 \frac{m}{s}$ contro un bersaglio distante $\Delta S_x = 160 m$. Di quanti centimetri sotto la linea di tiro verrà colpito il bersaglio?



Spiegazione Un proiettile in volo si muove di moto parabolico, cioè di moto rettilineo uniforme in orizzontale e di moto uniformemente accelerato in verticale. Mentre il proiettile si muove in avanti, contemporaneamente cade verso il basso.

Svolgimento Nello svolgimento di questo problema, indicheremo con una x a pedice tutte le grandezze fisiche che hanno a che fare con il movimento in orizzontale, ed indicheremo con una y a pedice tutte le grandezze che hanno a che fare con il movimento in verticale.

Il proiettile si muove di moto rettilineo uniforme in orizzontale

$$\Delta S_x = v_{ix} \Delta t$$

dove con Δt si intende il tempo di volo del proiettile dal fucile al bersaglio

$$\Delta t = \frac{\Delta S_x}{v_{ix}} = \frac{160 m}{800 \frac{m}{s}} = 0,2 s$$

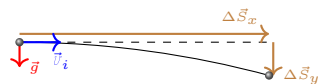
Dobbiamo chiederci adesso di quanto cade un oggetto in quell'intervallo di tempo. Ricordiamoci che il proiettile veniva sparato *orizzontalmente* e quindi la componente verticale della velocità del proiettile vale zero.

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + v_{iy} \Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,04 s^2 = 0,196 m = 19,6 cm$$

Problema di: Cinematica - C0008a

Testo [C0008a] [2★ 2🕒 1a📖]

Un fucile spara un proiettile orizzontalmente con velocità $U_{ix} = 800 \frac{m}{s}$; il bersaglio viene colpito $\Delta S_y = 19,6 \text{ cm}$ sotto la linea di tiro. Quanto si trova distante il bersaglio?



Spiegazione Un proiettile in volo si muove di moto parabolico, cioè di moto rettilineo uniforme in orizzontale e di moto uniformemente accelerato in verticale. Mentre il proiettile si muove in avanti, contemporaneamente cade verso il basso.

Svolgimento Nello svolgimento di questo problema, indicheremo con una x a pedice le grandezze fisiche relative al moto in orizzontale, e una y a pedice le grandezze relative al moto in verticale.

Il proiettile si muove di moto uniformemente accelerato in verticale, quindi

$$\Delta S_y = \frac{1}{2}g\Delta t^2 + U_{iy}\Delta t$$

dove con Δt si intende il tempo di volo del proiettile dal fucile al bersaglio. La velocità iniziale in verticale è nulla in quanto il proiettile è stato sparato in orizzontale

$$\Delta S_y = \frac{1}{2}g\Delta t^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2\Delta S_y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,196 \text{ m}}{9,8 \frac{m}{s^2}}} = 0,2 \text{ s}$$

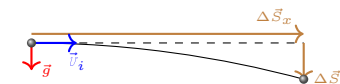
Il proiettile si muove di moto rettilineo uniforme in orizzontale. Utilizzando l'equazione del moto corrispondente avremo la risposta al problema.

$$\Delta S_x = U_{ix}\Delta t = 800 \frac{m}{s} \cdot 0,2 \text{ s} = 160 \text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0008b

Testo [C0008b] [2★ 2🕒 1a📖]

Un fucile spara orizzontalmente un proiettile con velocità iniziale $U_{ix} = 800 \frac{m}{s}$ contro un bersaglio posto alla distanza $\Delta S_x = 400 \text{ m}$. Quanti millimetri sotto la linea di tiro viene colpito il bersaglio?



Spiegazione Il proiettile si muove di moto parabolico, cioè contemporaneamente di moto rettilineo uniforme in orizzontale e di moto uniformemente accelerato in verticale. Mentre il proiettile si muove in avanti, contemporaneamente cade. Quindi si tratta di sapere di quanto cade nel tempo che impiega il proiettile a raggiungere il bersaglio

Svolgimento Considerando il moto rettilineo uniforme in orizzontale, calcoliamo in quanto tempo il proiettile raggiunge il bersaglio:

$$\Delta t = \frac{\Delta S_x}{U_{ix}} = \frac{400 \text{ m}}{800 \frac{m}{s}} = 0,5 \text{ s}$$

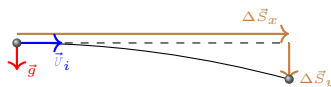
Calcoliamo adesso di quanto cade il proiettile nell'intervallo di tempo appena trovato. Teniamo presente che la velocità iniziale in verticale $U_{iy} = 0$; infatti il proiettile veniva sparato orizzontalmente.

$$\Delta S_y = \frac{1}{2}g\Delta t^2 + U_{iy}\Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,25 \text{ s}^2 = 1,225 \text{ m} = 1225 \text{ mm}$$

Problema di: Cinematica - C0008c

Testo [C0008c] [2★ 2🕒 1a📖]

Un fucile spara orizzontalmente un proiettile con velocità iniziale $U_{ix} = 800 \frac{m}{s}$ contro un bersaglio posto alla distanza $\Delta S_x = 400 m$. Il bersaglio viene colpito $\Delta S_y = 20 cm$ sotto la linea di tiro. Calcola l'accelerazione di gravità del pianeta.



Spiegazione Il proiettile si muove di moto parabolico, cioè contemporaneamente di moto rettilineo uniforme in orizzontale e di moto uniformemente accelerato in verticale. Mentre il proiettile si muove in avanti, contemporaneamente cade. Quindi si tratta di sapere di quanto cade nel tempo che impiega il proiettile a raggiungere il bersaglio

Svolgimento Considerando il moto rettilineo uniforme in orizzontale, calcoliamo in quanto tempo il proiettile raggiunge il bersaglio:

$$\Delta t = \frac{\Delta S_x}{U_{ix}} = \frac{400 m}{800 \frac{m}{s}} = 0,5 s$$

Calcoliamo adesso l'accelerazione di gravità del pianeta. Teniamo presente che la velocità iniziale in verticale $U_{iy} = 0$; infatti il proiettile veniva sparato orizzontalmente.

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t$$

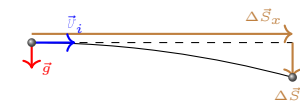
$$a = \frac{2 \Delta S_y - U_{iy} \Delta t}{\Delta t^2} = 1,6 \frac{m}{s^2}$$

Siamo sulla Luna.

Problema di: Cinematica - C0034

Testo [C0034] [2★ 2🕒 1a📖]

Un fucile spara un proiettile orizzontalmente con velocità $U_{ix} = 200 \frac{m}{s}$; il bersaglio si trova $2 cm$ sotto la linea di tiro e viene colpito nel centro. Quanto si trova distante il bersaglio?



Spiegazione Un proiettile in volo si muove di moto parabolico, cioè di moto rettilineo uniforme in orizzontale e di moto uniformemente accelerato in verticale. Mentre il proiettile si muove in avanti, contemporaneamente cade verso il basso.

Svolgimento Nello svolgimento di questo problema, indicheremo con una x a pedice tutte le grandezze fisiche che hanno a che fare con il movimento in orizzontale, ed indicheremo con una y a pedice tutte le grandezze che hanno a che fare con il movimento in verticale.

Il proiettile viene sparato *orizzontalmente* e quindi la componente verticale della velocità del proiettile vale zero. Il moto di caduta è un moto uniformemente accelerato, quindi

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t$$

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2 \Delta S_y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,02 m}{9,8 \frac{m}{s^2}}} = 0,0639 s$$

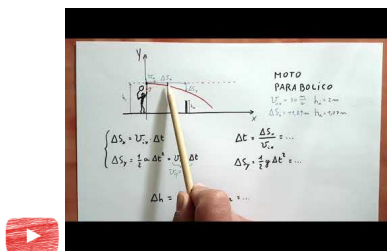
Il proiettile si muove di moto rettilineo uniforme in orizzontale

$$\Delta S_x = U_{ix} \Delta t = 200 \frac{m}{s} \cdot 0,0639 s = 12,78 m$$

Problema di: Cinematica - C0010**Testo** [C0010] [2½★ 3🕒 1a📖]

Un tennista durante il servizio colpisce orizzontalmente la pallina all'altezza $h_i = 2\text{ m}$ imprimendole una velocità iniziale $U_{ix} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Sapendo che la rete nel punto più alto è alta $h_r = 1,07\text{ m}$ e che tale rete si trova alla distanza $\Delta S_x = 11,89\text{ m}$ dalla riga di fondo, calcola quanti centimetri la pallina passa sopra la rete.

Spiegazione La pallina, lanciata orizzontalmente verso la rete, si muove di moto parabolico, cioè di moto rettilineo uniforme in orizzontale e di moto uniformemente accelerato in verticale. mentre la pallina si sposta verso la rete, contemporaneamente cade; sapendo di quanto cade rispetto all'altezza iniziale dalla quale è partita, possiamo stabilire se passa sopra la rete o no.

Fig. 5.15: Guarda il video youtu.be/NZ6cNuR5Wv4

Svolgimento Cominciamo con l'analizzare il moto rettilineo uniforme in orizzontale

$$\Delta S_x = U_{ix} \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta S_x}{U_{ix}} = \frac{11,89\text{ m}}{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,396\text{ s}$$

Durante questo intervallo di tempo la pallina cade di

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0,396\text{ s})^2 = 0,77\text{ m} = 77\text{ cm}$$

Quindi la pallina passa sopra la rete all'altezza da terra

$$h_2 = h_i - \Delta S_y = 1,23\text{ m} = 123\text{ cm}$$

e quindi 16 cm sopra la rete

Problema di: Cinematica - C0046**Testo** [C0046] [2½★ 3🕒 2a📖]

Un proiettile viene lanciato dal tetto di un palazzo, con una velocità iniziale $U_i = 15 \frac{m}{s}$ inclinata verso l'alto rispetto all'orizzontale di un angolo $\alpha = 30^\circ$, verso un palazzo di uguale altezza distante $\Delta S_x = 40 m$. Quanti metri sotto al tetto viene colpito il secondo palazzo?

Spiegazione Il proiettile si muove di moto uniformemente accelerato. Con i dati si può ricavare il valore delle componenti verticale ed orizzontale della velocità.

Svolgimento Le due componenti orizzontale e verticale della velocità iniziale sono

$$\begin{cases} U_{ix} = U_i \cos \alpha = 13 \frac{m}{s} \\ U_{iy} = U_i \sin \alpha = 7,5 \frac{m}{s} \end{cases}$$

Il problema chiede di calcolare lo spostamento verticale del proiettile quando ha raggiunto il secondo palazzo. Il tempo che ci impiega è

$$\Delta t = \frac{\Delta S_x}{U_i \cos \alpha} = \frac{40 m}{13 \frac{m}{s}} = 3,08 s$$

Ora possiamo calcolare lo spostamento verticale

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t = \frac{1}{2} \cdot \left(-9,8 \frac{m}{s^2} \right) \cdot 9,47 s^2 + 7,5 \frac{m}{s} \cdot 3,08 s = -23,28 m$$

Problema di: Cinematica - C0046**Testo** [C0046] [2½★ 3🕒 2a📖]

Un proiettile viene lanciato dal tetto di un palazzo, con una velocità iniziale $U_i = 15 \frac{m}{s}$ inclinata verso l'alto rispetto all'orizzontale di un angolo $\alpha = 30^\circ$, verso un palazzo di uguale altezza distante $\Delta S_x = 40 m$. Quanti metri sotto al tetto viene colpito il secondo palazzo?

Spiegazione Il proiettile si muove di moto uniformemente accelerato. Con i dati si può ricavare il valore delle componenti verticale ed orizzontale della velocità.

Svolgimento [...]

Problema di: Cinematica - C0073
Testo [C0073] [2★ 3🕒 2a📖]

Un proiettile è lanciato con un angolo $\alpha = 45^\circ$ rispetto all'orizzontale con una velocità iniziale $U_i = 50 \frac{m}{s}$. Calcola la sua gittata (la distanza alla quale il proiettile cade).

Spiegazione In questo problema si applicano le equazioni del moto parabolico. Calcolato il tempo di volo, si ricava la distanza orizzontale percorsa.

Svolgimento Cominciamo con il trovare i valori delle componenti orizzontale e verticale della velocità iniziale

$$\begin{cases} U_{ix} = U_i \cos \alpha = 25\sqrt{2} \frac{m}{s} \\ U_{iy} = U_i \sin \alpha = 25\sqrt{2} \frac{m}{s} \end{cases}$$

Il tempo di volo lo si ricava dal moto uniformemente accelerato in verticale imponendo che lo spostamento in verticale sia nullo

$$\begin{aligned} \Delta S &= \frac{1}{2} g \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t \\ 0 &= \left(\frac{1}{2} g \Delta t + U_{iy} \right) \Delta t \end{aligned}$$

Questa equazione ha due soluzioni:

$$\begin{aligned} \Delta t_1 &= 0 \\ \Delta t_2 &= \frac{-2U_{iy}}{g} = 7,22 \text{ s} \end{aligned}$$

La prima rappresenta il tempo trascorso dalla partenza del proiettile alla partenza per proiettile; la seconda il tempo trascorso dalla partenza del proiettile all'istante di impatto al suolo. In entrambi i casi lo spostamento in verticale risulta infatti nullo.

La distanza percorsa in orizzontale, chiamata *gittata*, è

$$\Delta S_x = U_{ix} \Delta t_2 = \frac{-2U_{ix}U_{iy}}{g} = 1020,41 \text{ m}$$

Problema di: Cinematica - C0039
Testo [C0039] [2½★ 3🕒 1a📖]

Un cannone spara un proiettile con una velocità iniziale $U_i = 500 \frac{m}{s}$; nel punto di massima altezza il proiettile ha velocità $U_f = 300 \frac{m}{s}$. Quanto vale il modulo della variazione di velocità? Quanto tempo ha impiegato il proiettile a raggiungere il punto di massima altezza?

Spiegazione In questo problema si parla di un moto uniformemente accelerato. L'accelerazione è l'accelerazione di gravità $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$. Per sapere di quanto varia il vettore velocità è necessario disegnare i vettori $\vec{U}_i$ e $\vec{U}_f$ e sottrarli tra loro. Il tempo impiegato lo si trova poi facilmente utilizzando la definizione di accelerazione

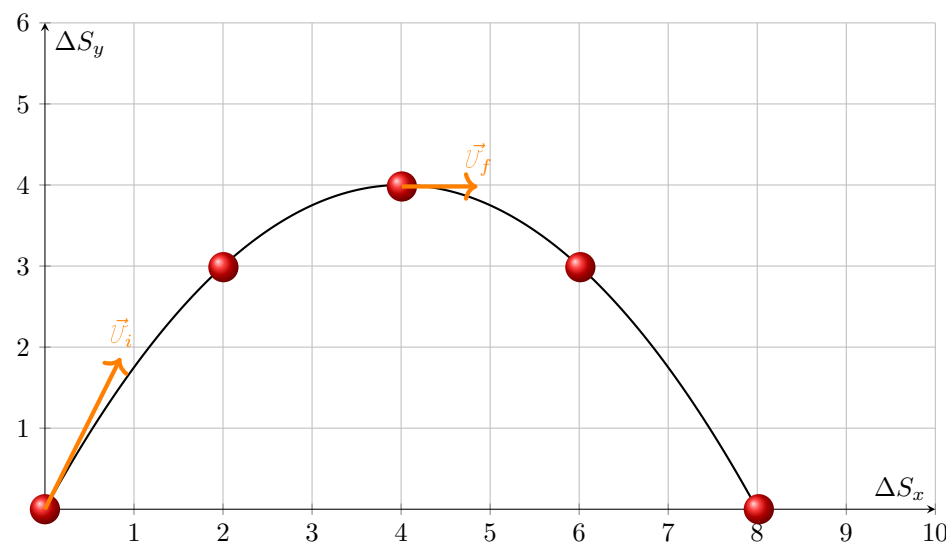
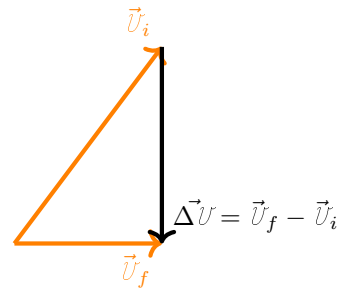


Fig. 5.16: Traiettoria di un proiettile che si muove di moto parabolico. In arancione è rappresentato il vettore velocità, sempre tangente alla traiettoria del proiettile.

Svolgimento Un moto parabolico è la composizione di un moto rettilineo uniforme in orizzontale con un moto uniformemente accelerato in verticale. La componente orizzontale della velocità è quindi costante. Nel punto di massima altezza la $\vec{v}_f$ è quindi la componente orizzontale di $\vec{v}_i$. E' evidente che la variazione di velocità corrisponde alla componente verticale della velocità iniziale



$$\Delta \vec{v} = -\vec{v}_{iy} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$$

Ne segue che il modulo della variazione di velocità lo si calcolerà

$$\Delta v = \sqrt{|v_f^2 - v_i^2|} = 400 \frac{m}{s}$$

Il tempo impiegato a raggiungere il punto di massima altezza lo si trova con

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{400 \frac{m}{s}}{9,8 \frac{m}{s^2}} = 40,8 s$$

Problema di: Cinematica - C0042

Testo [C0042] [3★ 4🕒 2a📖]

Un cannone spara un proiettile con una velocità iniziale $v_i = 500 \frac{m}{s}$; nel punto di massima altezza il proiettile ha velocità $v_h = 300 \frac{m}{s}$. Quanto vale il modulo della velocità v_f del proiettile al momento dell'impatto al suolo? Quanto vale il modulo della variazione di velocità? Quanto tempo ha impiegato il proiettile a raggiungere il punto di impatto al suolo?

Spiegazione In questo problema si parla di un moto uniformemente accelerato. L'accelerazione è l'accelerazione di gravità $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$. Per sapere di quanto varia il vettore velocità è necessario disegnare i vettori $\vec{v}_i$ e $\vec{v}_f$ e sottrarli tra loro. Il tempo impiegato lo si trova poi facilmente utilizzando la definizione di accelerazione

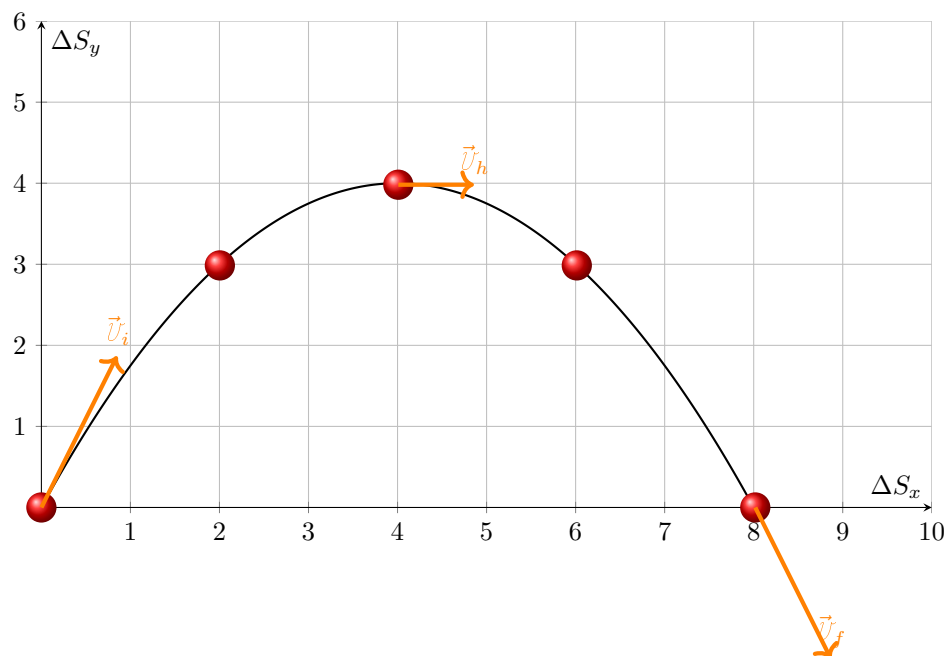


Fig. 5.17: Traiettoria di un proiettile che si muove di moto parabolico. In arancione è rappresentato il vettore velocità, sempre tangente alla traiettoria del proiettile.

Svolgimento Un moto parabolico è la composizione di un moto rettilineo uniforme in orizzontale con un moto uniformemente accelerato in verticale. La componente orizzontale della velocità è quindi costante. Nel punto di massima altezza la $\vec{v}_h$ è quindi la componente orizzontale di $\vec{v}_i$ e di $\vec{v}_f$. Inoltre sappiamo che la velocità finale del proiettile deve essere in modulo uguale alla velocità iniziale. La differenza è nel verso della componente

verticale della velocità.

$$v_f = v_i = 500 \frac{m}{s}$$

E' evidente che la variazione di velocità corrisponde al doppio della componente verticale della velocità finale

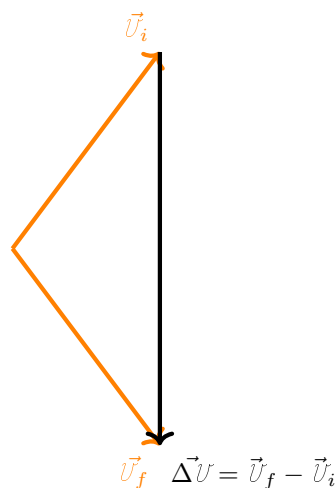
$$\Delta \vec{v} = 2 \vec{v}_{fy} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$$

Ne segue che il modulo della variazione di velocità lo si calcolerà

$$\Delta v = 2 \sqrt{v_f^2 - v_h^2} = 800 \frac{m}{s}$$

Il tempo impiegato a raggiungere il punto di massima altezza lo si trova con

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{g} = \frac{800 \frac{m}{s}}{9,8 \frac{m}{s^2}} = 81,6 s$$



Problema di: Cinematica - C0054**Testo** [C0054] [3★ 4⌚ 2a📖]

Un cannone spara un proiettile con velocità iniziale $U_i = 40 \frac{m}{s}$ ad un angolo $\alpha = 30^\circ$ rispetto all'orizzontale. Determina, rispetto al punto di partenza, le coordinate del punto più alto della traiettoria del proiettile.

Spiegazione Un moto di un proiettile è un moto parabolico in quanto l'accelerazione è un vettore costante verticale. Il moto sarà quindi con accelerazione costante sull'asse verticale e con accelerazione nulla sull'asse orizzontale. Utilizzeremo quindi le equazioni del moto rettilineo uniforme in orizzontale e del moto uniformemente accelerato in verticale

Svolgimento Essendo un moto parabolico, le equazioni del moto saranno

$$\begin{cases} \Delta S_x = U_{ix} \Delta t \\ \Delta S_y = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t \\ \Delta U_y = a \Delta t \end{cases}$$

L'equazione della traiettoria sarà quindi

$$\Delta S_y = \frac{a}{2U_{ix}^2} \Delta S_x^2 + \frac{U_{iy}}{U_{ix}} \Delta S_x$$

Il vertice di questa parabola ha come coordinate

$$\Delta S_{xv} = -\frac{U_{ix} U_{iy}}{a}$$

e per l'ordinata avremo

$$\Delta S_{yv} = \frac{a}{2U_{ix}^2} \cdot \frac{U_{ix}^2 U_{iy}^2}{a^2} - \frac{U_{iy}}{U_{ix}} \cdot \frac{U_{ix} U_{iy}}{a}$$

$$\Delta S_{yv} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_{iy}^2}{a} - \frac{U_{iy}^2}{a}$$

$$\Delta S_{yv} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{U_{iy}^2}{a}$$

Le velocità sono vettori nello stesso verso del sistema di riferimento e verranno inserite nelle formule con il segno positivo; l'accelerazione di gravità ha verso opposto a quello del sistema di riferimento e verrà inserita nelle formule con il segno negativo. Con i dati a disposizione avremo:

$$\begin{cases} U_{ix} = U_i \cos \alpha = 20\sqrt{3} \frac{m}{s} \\ U_{iy} = U_i \sin \alpha = 20 \frac{m}{s} \\ \Delta S_{xv} = \frac{400\sqrt{3} \frac{m^2}{s^2}}{9,8 \frac{m}{s^2}} = 70,7 m \\ \Delta S_{yv} = \frac{400 \frac{m^2}{s^2}}{19,6 \frac{m}{s^2}} = 20,4 m \end{cases}$$

Problema di: Cinematica - C0056**Testo** [C0056] [4★ 5🕒 3a📖]

Un proiettile viene sparato con velocità iniziale $\mathcal{V} = 100 \frac{m}{s}$ con un angolo $\alpha = 30^\circ$ rispetto all'orizzontale. Quanto tempo il proiettile si è trovato ad una quota superiore a $h = 50 m$ rispetto alla quota di partenza?

Spiegazione Questo è un problema sul moto parabolico, nel quale in realtà viene affrontata sola la parte riguardante il moto uniformemente accelerato in verticale. La richiesta prevede di identificare quando il proiettile si trova al di sopra di una certa quota, quindi tale richiesta verrà implementata con una disequazione.

Svolgimento L'equazione del moto del proiettile, ipotizzando che il proiettile parta nell'istante $t_0 = 0 s$ è

$$\Delta S = \frac{1}{2}gt^2 + \mathcal{V}\sin\alpha \cdot t$$

Per sapere in quale istante il proiettile supera la quota stabilita ed in quale istante scende al di sotto di tale quota basterà scrivere

$$\frac{1}{2}gt^2 + \mathcal{V}\sin\alpha \cdot t > h$$

$$gt^2 + 2\mathcal{V}\sin\alpha \cdot t - 2h > 0$$

Risolvi la disequazione di secondo grado

$$\frac{\Delta}{4} = \mathcal{V}^2 \sin^2 \alpha + 2gh$$

Essendo tutte grandezze positive sono sicuto che il Δ è positivo. Le due soluzioni dell'equazione associata saranno

$$t_{1,2} = \frac{-\mathcal{V}\sin\alpha \pm \sqrt{\mathcal{V}^2 \sin^2 \alpha + 2gh}}{g} = \frac{-\mathcal{V}\sin\alpha}{g} \cdot \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{2gh}{\mathcal{V}^2 \sin^2 \alpha}} \right)$$

$$t_{1,2} = 5,1 s \cdot \left(1 \pm \sqrt{1 - 0,392} \right)$$

Quindi

$$\begin{cases} t_1 = 1,1 s \\ t_2 = 9,1 s \end{cases}$$

$$1,1 s < t < 9,1 s$$

$$\Delta t = 8 s$$

Problema di: Moto circolare uniforme - C0095**Testo** [C0095] [3½★ 5👍 3a📖]

Lanciando una pallina di gomma alla velocità $U_i = 10 \frac{m}{s}$ ed un angolo $\alpha = 45^\circ$ essa colpisce un muro distante $D = 3 m$. Trascurando gli attriti e supponendo un urto perfettamente elastico, a quale distanza dal muro la pallina ricadrà a terra?

Spiegazione Moto parabolico. Il problema presenta due momenti differenti: il primo in cui la pallina si dirige verso il muro, ed il secondo dopo il rimbalzo.

Svolgimento Cominciamo con il calcolare l'altezza e la velocità dell'impatto sul muro.

$$\begin{aligned}
 U_x &= U \cdot \cos 45^\circ = 5\sqrt{2} \frac{m}{s} \\
 U_{iy} &= U \cdot \sin 45^\circ = 5\sqrt{2} \frac{m}{s} \\
 \Delta t &= \frac{\Delta S_x}{U_x} = \frac{3 m}{5\sqrt{2} \frac{m}{s}} = \frac{3}{5\sqrt{2}} s = 0,42 s \\
 \Delta S_y &= \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t = -4,9 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{9}{50} s^2 + 3 m = 2,12 m \\
 U_{fy} &= U_{iy} + a \Delta t = 2,91 \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

Conosciamo quindi l'altezza dell'impatto sul muro e le due componenti, orizzontale e verticale, della velocità nell'istante dell'impatto. L'impatto ha l'effetto di invertire la componente orizzontale del vettore velocità.

Calcoliamo adesso il tempo che impiega l'oggetto a ricadere a terra. Il tempo Δt_{tot} complessivo di volo non è influenzato dalla presenza del muro, il quale determina solo un cambiamento nel movimento in orizzontale.

Quindi

$$0 = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t$$

Che a parte la soluzione $\Delta t_{tot} = 0$ prevede la soluzione

$$\Delta t_{tot} = -\frac{2U_{iy}}{g} = 1,54 s$$

Il tempo di caduta è quindi il tempo totale di volo meno il tempo per raggiungere il muro

$$\Delta t_2 = \Delta t_{tot} - \Delta t = 1,11 s$$

In questo intervallo di tempo l'oggetto si allontana dal muro di

$$\Delta S_{x2} = U_x \cdot \Delta t = 7,9 m$$

Un modo molto più semplice di risolvere il problema è quello di ragionare ed analizzarlo prima di cominciare a fare calcoli. Il muro influisce solo sul movimento in orizzontale invertendo, al momento dell'impatto, la componente orizzontale della velocità. Il tempo di volo, determinato solo dal moto in verticale, non cambia e quindi non cambia la distanza percorsa in orizzontale $L = |U_x| \cdot \Delta t_{tot}$. Cambia solo lo spostamento in orizzontale ΔS_x . Dai conti precedentemente fatti sappiamo che

$$L = |U_x| \cdot \Delta t_{tot} = 10,9 m$$

Tolta la distanza percorsa per raggiungere il muro, l'oggetto cadrà a

$$\Delta S = L - D = 7,9 m$$

di distanza dal muro.

Problema di: Cinematica - C0103**Testo** [C0103] [3★ 3🕒 3a📖]

Un proiettile viene sparato con una velocità iniziale $U_i = 300 \frac{m}{s}$ e con un'inclinazione di $\alpha = 30^\circ$ rispetto alla verticale. Quanto vale il modulo della velocità dopo un tempo $\Delta t = 2 s$?

Spiegazione Moto parabolico. lo possiamo analizzare scomponendo le velocità nelle loro componenti orizzontale e verticale.

Svolgimento Le componenti della velocità iniziale sono

$$\begin{cases} U_{ix} = U_i \sin \alpha = 150 \frac{m}{s} \\ U_{iy} = U_i \cos \alpha = 259,8 \frac{m}{s} \end{cases}$$

Per la componente verticale della velocità avremo

$$\Delta V_y = a \Delta t = -9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 2 s = -19,6 \frac{m}{s^2}$$

$$U_{fy} = U_{iy} + \Delta V_y = 240,2 \frac{m}{s}$$

Quindi la velocità finale sarà

$$U_f = \sqrt{U_{fx}^2 + U_{fy}^2} = 283 \frac{m}{s}$$

Problema di: Cinematica - C0108**Testo** [C0108] [3★ 5🕒 3a📖]

Durante un'eruzione da un vulcano alla quota $h_i = 2000 m$ si è visto un lapillo percorrere un tragitto parabolico ed atterrare alla quota $h_f = 0$ dopo un tempo $\Delta t = 75 s$. Il punto di impatto dista $\Delta S_x = 10,5 km$ dalla posizione del vulcano. Calcola il valore della velocità iniziale del lapillo e l'angolo che forma con la verticale.

Spiegazione Questo è un esercizio sul moto parabolico. è sufficiente l'utilizzo corretto delle equazioni.

Svolgimento Sappiamo che, in orizzontale, il lapillo si muove di moto rettilineo uniforme; conosciamo inoltre distanza ed intervallo di tempo trascorsi, quindi

$$U_x = \frac{\Delta S_x}{\Delta t} = \frac{11000 m}{75 s} = 140 \frac{m}{s}$$

Analizzando il moto uniformemente accelerato in verticale, avremo

$$\Delta S_y = \frac{1}{2} a \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t$$

$$\Delta S_y - \frac{1}{2} a \Delta t^2 = U_{iy} \Delta t$$

$$\frac{\Delta S_y - \frac{1}{2} a \Delta t^2}{\Delta t} = U_{iy}$$

$$U_{iy} = \frac{-2000 m - \frac{1}{2} \left(-9,8 \frac{m}{s^2} \right) (75 s)^2}{75 s}$$

$$U_{iy} = \frac{-2000 m - \frac{1}{2} \left(-9,8 \frac{m}{s^2} \right) (75 s)^2}{75 s} = 341 \frac{m}{s}$$

A questo punto è possibile calcolare la velocità del lapillo

$$U = \sqrt{U_x^2 + U_{iy}^2} = 369 \frac{m}{s}$$

e l'angolo rispetto alla verticale

$$\tan \theta = \frac{U_x}{U_{iy}} = 22,3^\circ$$

Problema di: Cinematica - C0109

Testo [C0109] [3★ 5👍 3a📖]

Una funivia si muove con velocità costante $U = 5 \frac{m}{s}$, ad un'altezza costante di $h = 20 m$ dal suolo, lungo un percorso inclinato di $\theta = 45^\circ$. In un certo istante, quando la funivia si trova sulla verticale di un punto del terreno che chiameremo A , dalla funivia cade un oggetto. Tale oggetto impatta sul terreno in un punto che chiameremo B . Quanto è lungo il segmento $\overline{AB}$?

Spiegazione Questo è un esercizio sul moto parabolico. E' sufficiente l'utilizzo corretto delle equazioni. L'esercizio però risulta difficile se non scegliamo il giusto sistema di riferimento.



Fig. 5.18: Guarda il video youtu.be/nxglb1uz40M

Svolgimento Nel sistema di riferimento del terreno, questo problema è complicato. Il moto dell'oggetto sarebbe descritto dalle leggi del moto parabolico

$$\begin{cases} \Delta S_y = \frac{1}{2} g \Delta t^2 + U_{iy} \Delta t \\ \Delta S_x = U_x \Delta t \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{iy} = U \sin \theta \\ U_x = U \cos \theta \end{cases}$$

L'equazione da aggiungere è questa, e dice che lo spostamento verso il basso dell'oggetto è pari ad uno spostamento verso il basso di h meno una risalita pari alla

salita del terreno nel tragitto percorso in orizzontale. Tale salita è comunque sempre uguale alla salita fatta dalla funivia visto che il suo percorso è parallelo al terreno.

$$\Delta S_y = h + v_{iy} \Delta t$$

La quale sostituendo nell'equazione del moto in verticale fornisce

$$h = \frac{1}{2} g \Delta t^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2,02 \text{ s}$$

Le grandezze vettoriali di velocità iniziale ed accelerazione avranno nelle equazioni i seguenti valori.

$$\begin{cases} v_{iy} = \frac{5}{2} \sqrt{2} \frac{m}{s} \\ v_x = \frac{5}{2} \sqrt{2} \frac{m}{s} \\ g = -9,8 \frac{m}{s^2} \\ h = -20 \text{ m} \end{cases}$$

e quindi

$$\begin{cases} \Delta S_y = -\frac{1}{2} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot (2,02 \text{ s})^2 + \frac{5}{2} \sqrt{2} \frac{m}{s} \cdot 2,02 \text{ s} \\ \Delta S_x = \frac{5}{2} \sqrt{2} \frac{m}{s} \cdot 2,02 \text{ s} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta S_y = -12,86 \text{ m} \\ \Delta S_x = 7,14 \text{ m} \end{cases}$$

$$\Delta S_{AB} = \sqrt{(\Delta S_x)^2 + (h - \Delta S_y)^2} = 10,1 \text{ m}$$

Per svolgere il problema in modo molto più semplice, mettiamoci nel sistema di riferimento della funivia. Il terreno si trova ad una distanza costante h . L'oggetto cade partendo da fermo. Quindi posso calcolare il tempo di caduta

$$h = \frac{1}{2} g \Delta t^2$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Nell'istante della partenza la funivia si trova sopra il punto A che si muove in diagonale con velocità v , così come il punto B . Quando l'oggetto impatterà al suolo nel punto B , il punto A si sarà spostato di

$$\Delta S_{MRU} = v \Delta t = v \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

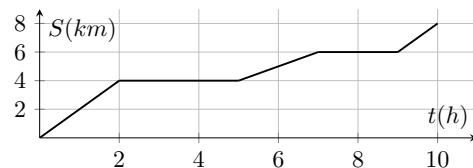
$$\Delta S_{MRU} = 10,1 \text{ m}$$

5.8 Lettura di grafici su M.R.U.

Problema di: Cinematica - C0029

Testo [C0029] [1★ 2⌚ 1a📖]

Un corpo si muove come indicato dal seguente grafico *spazio-tempo*. Indica: la massima distanza dal punto di partenza, il numero di ore complessivo in cui è stato fermo, la velocità media complessiva, la velocità massima.



Spiegazione Un grafico *spazio-tempo* indica la distanza di un corpo, in funzione del tempo, dal punto di riferimento. Linee rette indicano velocità costanti; linee verso l'alto indicano che il corpo si allontana dal punto di riferimento; linee orizzontali indicano che il corpo è fermo. La pendenza della retta indica la velocità del corpo.

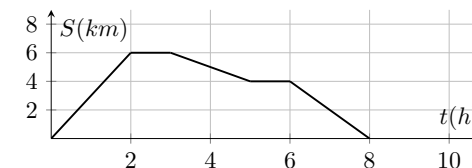
Svolgimento

- La massima distanza la si ha alla fine del quinto tratto con $\Delta S_{max} = 8 \text{ km}$
- I tratti orizzontali del grafico durano $\Delta t_{fermo} = \Delta t_2 + \Delta t_4 = 5 \text{ h}$
- La velocità media complessiva la troviamo con $U_m = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{8 \text{ km}}{10 \text{ h}} = 0,8 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
- La velocità massima del corpo la si ha nel quinto tratto in quanto è il più ripido. In quel tratto il corpo percorre $\Delta S_5 = 2 \text{ km}$ in un tempo $\Delta t_5 = 1 \text{ h}$ e quindi avremo una velocità $U_5 = \frac{\Delta S_5}{\Delta t_5} = 2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Problema di: Cinematica - C0029a

Testo [C0029a] [1★ 2⌚ 1a📖]

Un corpo si muove come indicato dal seguente grafico *spazio-tempo*. Indica: la massima distanza dal punto di partenza, il numero di ore complessivo in cui è stato fermo, la velocità media complessiva, la velocità massima.



Spiegazione Un grafico *spazio-tempo* indica la distanza di un corpo, in funzione del tempo, dal punto di riferimento. Linee rette indicano velocità costanti; linee verso l'alto indicano che il corpo si allontana dal punto di riferimento; linee orizzontali indicano che il corpo è fermo. La pendenza della retta indica la velocità del corpo.

Svolgimento

- La massima distanza la si ha alla fine del primo tratto con $\Delta S_{max} = 6 \text{ km}$
- I tratti orizzontali del grafico durano $\Delta t_{fermo} = \Delta t_2 + \Delta t_4 = 2 \text{ h}$
- La velocità scalare media nel percorso di ritorno la troviamo con

$$U_m = \frac{\Delta S_{0 \text{ h} \rightarrow 8 \text{ h}}}{\Delta t_{0 \text{ h} \rightarrow 8 \text{ h}}} = \frac{6 \text{ km} + 6 \text{ km}}{8 \text{ h}} = 1,5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

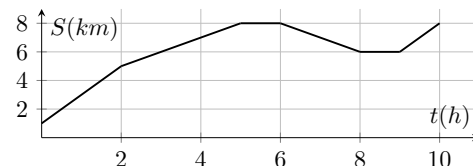
La velocità media vettoriale è invece nulla, visto che il corpo, essendo ritornato al punto di partenza, non si è spostato

$$U_m = \frac{|\Delta \vec{S}_{tot}|}{\Delta t_{tot}} = 0$$

- La velocità massima del corpo la si ha nel primo tratto in quanto è il più ripido. In quel tratto il corpo percorre $\Delta S_1 = 6 \text{ km}$ in un tempo $\Delta t_1 = 2 \text{ h}$ e quindi avremo una velocità $U_1 = \frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} = 3 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Problema di: Cinematica - C0029b
Testo [C0029b] [1★ 2🕒 1a📖]

Un corpo si muove come indicato dal seguente grafico *spazio-tempo*. Indica: la massima distanza dal punto di partenza, il numero di ore complessivo in cui è stato fermo, la velocità media complessiva, la velocità massima.



Spiegazione Un grafico *spazio-tempo* indica la distanza di un corpo, in funzione del tempo, dal punto di riferimento. Linee rette indicano velocità costanti; linee verso l'alto indicano che il corpo si allontana dal punto di riferimento; linee orizzontali indicano che il corpo è fermo. La pendenza della retta indica la velocità del corpo.

Svolgimento

- La massima distanza la si ha alla fine del secondo tratto con $\Delta S_{max} = 8 \text{ km}$
- I tratti orizzontali del grafico durano $\Delta t_{fermo} = \Delta t_3 + \Delta t_5 = 2 \text{ h}$
- La velocità media scalare nel percorso complessivo la troviamo con

$$v_m = \frac{\Delta S_{0 \rightarrow 8 \text{ h}}}{\Delta t_{0 \rightarrow 8 \text{ h}}} = \frac{11 \text{ km}}{10 \text{ h}} = 1,1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

- La velocità massima del corpo la si ha nel primo tratto e nell'ultimo in quanto sono i più ripidi. In quei tratti il corpo percorre $\Delta S_1 = 4 \text{ km}$ in un tempo $\Delta t_1 = 2 \text{ h}$ e quindi avremo una velocità $v_1 = \frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} = 2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Problema di: Cinematica - C0101
Testo [C0101] [2★ 4🕒 1a📖]

Nella seguente tabella sono mostrati i valori misurati della posizione di un corpo in funzione del tempo. Mostrate i dati su di un grafico, identificate il tipo di movimento e determinatene la velocità media. Calcolate poi quanta strada ha fatto l'oggetto nella prima metà del periodo di tempo considerato.

t[s]	0	5	10	15	20
x[m]	7	19	31	43	55

Spiegazione Un esercizio sulla rappresentazione grafica dei moti. Per risolverlo è necessario saper interpretare le informazioni contenute nella rappresentazione grafica dei moti.

Svolgimento Ogni coppia di valori nella tabella è un punto su di un grafico. Ogni due punti è possibile determinare la velocità media del corpo tra quei due punti.

$$v_{med} = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{48 \text{ m}}{20 \text{ s}} = 2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Calcolando tutte le velocità nei singoli intervalli di tempo otteniamo la seguente tabella dalla quale si evince che il moto è rettilineo uniforme, essendo la velocità costante.

$\Delta t[\text{s}]$	0 → 5	5 → 10	10 → 15	15 → 20	
$v[\frac{\text{m}}{\text{s}}]$	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

La strada percorsa in metà dell'intervallo temporale considerato è

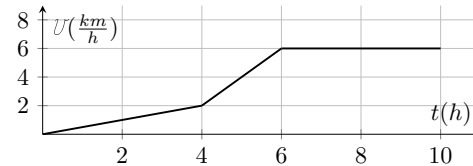
$$\Delta S = v \cdot \Delta t = 2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} = 24 \text{ m}$$

5.9 Lettura di grafici si M.U.A.

Problema di: Cinematica - C0044a

Testo [C0044a] [3★ 4🕒 2a📖]

Un corpo si muove come indicato dal seguente grafico *velocità-tempo*. Indica: la velocità massima, il numero di ore in cui l'oggetto ha velocità costante, l'accelerazione massima, la distanza percorsa, la velocità media.



Spiegazione Un grafico *velocità-tempo* indica la velocità di un corpo in movimento in funzione del tempo. Linee rette indicano accelerazioni costanti. La pendenza della retta indica l'accelerazione del corpo. Le linee verso l'alto indicano accelerazioni positive (nello stesso verso della velocità); le linee verso il basso indicano accelerazioni negative (con verso opposto della velocità); linee orizzontali indicano che il corpo ha accelerazione nulla e quindi velocità costante. Lo spostamento effettuato corrisponde all'area racchiusa sotto la curva.

Svolgimento

- Il maggior valore assunto nel grafico è $U_{max} = 6 \frac{km}{h}$
- L'oggetto ha avuto velocità costante tra l'istante $t_1 = 6 h$ e l'istante $t_2 = 10 h$ quando cioè il grafico è una retta orizzontale; quindi $\Delta t = 4 h$
- L'accelerazione massima la si ha quando il grafico ha la massima pendenza, cioè tra gli istanti $t_1 = 4 h$ e $t_2 = 6 h$ e vale

$$a_{max} = \frac{\Delta U}{\Delta t} = 2 \frac{km}{h^2}$$

- La distanza percorsa corrisponde all'area racchiusa sotto la curva, cioè:

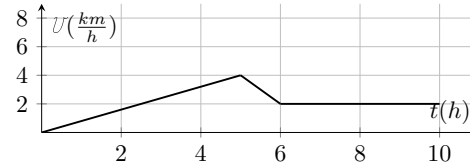
$$\Delta S = \frac{(0 \frac{km}{h} + 2 \frac{km}{h}) \cdot 4 h}{2} + \frac{(2 \frac{km}{h} + 6 \frac{km}{h}) \cdot 2 h}{2} + 6 \frac{km}{h} \cdot 4 h = 36 km$$

- La velocità media sarà quindi

$$U_m = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{36 km}{10 h} = 3,6 \frac{km}{h}$$

Problema di: Cinematica - C0044b**Testo** [C0044b] [3★ 4⌚ 2a📖]

Un corpo si muove come indicato dal seguente grafico *velocità-tempo*. Indica: la velocità massima, il numero di ore in cui l'oggetto ha velocità costante, l'accelerazione massima, la distanza percorsa, la velocità media.



Spiegazione Un grafico *velocità-tempo* indica la velocità di un corpo in movimento in funzione del tempo. Linee rette indicano accelerazioni costanti. La pendenza della retta indica l'accelerazione del corpo. Le linee verso l'alto indicano accelerazioni positive (nello stesso verso della velocità); le linee verso il basso indicano accelerazioni negative (con verso opposto della velocità); linee orizzontali indicano che il corpo ha accelerazione nulla e quindi velocità costante. Lo spostamento effettuato corrisponde all'area racchiusa sotto la curva.

Svolgimento

- Il maggior valore assunto nel grafico è $U_{max} = 4 \frac{km}{h}$
- L'oggetto ha avuto velocità costante tra l'istante $t_1 = 6 h$ e l'istante $t_2 = 10 h$ quando cioè il grafico è una retta orizzontale; quindi $\Delta t = 4 h$
- L'accelerazione massima la si ha quando il grafico ha la massima pendenza, cioè tra gli istanti $t_1 = 5 h$ e $t_2 = 6 h$ e vale

$$a_{max} = \frac{\Delta U_2}{\Delta t_2} = -2 \frac{km}{h^2}$$

- La distanza percorsa corrisponde all'area racchiusa sotto la curva, cioè:

$$\Delta S = \frac{(0 \frac{km}{h} + 4 \frac{km}{h}) \cdot 5 h}{2} + \frac{(4 \frac{km}{h} + 2 \frac{km}{h}) \cdot 1 h}{2} + 2 \frac{km}{h} \cdot 4 h = 21 km$$

- La velocità media sarà quindi

$$U_m = \frac{\Delta S_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{21 km}{10 h} = 2,1 \frac{km}{h}$$

5.10 Moto Circolare**Problema di: Moto circolare uniforme - C0094****Testo** [C0094] [1★ 2⌚ 2a📖]

Un oggetto sta facendo un percorso circolare di raggio $r = 20 m$ con velocità costante $U = 10 \frac{m}{s}$. Calcola l'accelerazione che sta subendo e la velocità a cui dovrebbe andare se l'accelerazione raddoppiasse.

Spiegazione Moto circolare uniforme: è sufficiente conoscere le formule che descrivono il moto per rispondere alle domande del problema.

Svolgimento L'accelerazione iniziale subita dall'oggetto è

$$a = \frac{U^2}{r} = 5 \frac{m}{s^2}$$

Se l'accelerazione raddoppiasse, arrivando al valore $a_2 = 10 \frac{m}{s^2}$, la velocità a cui andrebbe l'oggetto sarebbe

$$U_2^2 = a_2 \cdot r = 200 \frac{m^2}{s^2}$$

$$U = \sqrt{a_2 r} = 14,1 \frac{m}{s}$$

Problema di: Moto circolare uniforme - C0092**Testo** [C0092] [2★ 2🕒 2a📖]

Due auto stanno seguendo un percorso circolare, entrambe in senso orario, su strade concentriche di raggio rispettivamente $r_1 = 100\text{ m}$ e $r_2 = 80\text{ m}$ con velocità uguale $v = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto tempo la seconda auto avrà fatto un giro in più della prima?

Spiegazione Moto circolare uniforme: è sufficiente conoscere le formule che descrivono il moto per rispondere alle domande del problema.

Svolgimento Un giro intero corrisponde ad un angolo $\Delta\theta = 2\pi$. La velocità angolare della prima auto è

$$\omega_1 = \frac{v}{r_1} = 0,1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocità angolare della seconda auto è

$$\omega_2 = \frac{v}{r_2} = 0,125 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocità angolare relativa è

$$\omega_{rel} = \omega_2 - \omega_1 = 0,025 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Il tempo per fare un giro in più è

$$\Delta t = \frac{2\pi}{\omega_{rel}} = 251\text{ s}$$

Problema di: Moto circolare uniforme - C0092a**Testo** [C0092a] [2★ 2🕒 2a📖]

Due auto stanno seguendo un percorso circolare, in senso orario una rispetto all'altra, su strade concentriche di raggio rispettivamente $r_1 = 100\text{ m}$ e $r_2 = 80\text{ m}$ con velocità uguale $v = 10\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Dopo quanto tempo le due auto, inizialmente affiancate, saranno nuovamente affiancate?

Spiegazione Moto circolare uniforme: è sufficiente conoscere le formule che descrivono il moto per rispondere alle domande del problema.

Svolgimento Un giro intero corrisponde ad un angolo $\Delta\theta = 2\pi$. La velocità angolare della prima auto è

$$\omega_1 = \frac{v}{r_1} = 0,1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocità angolare della seconda auto è

$$\omega_2 = \frac{v}{r_2} = 0,125 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocità angolare relativa, andando in verso opposto, è

$$\omega_{rel} = \omega_2 + \omega_1 = 0,225 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Il tempo per fare un giro ed essere nuovamente affiancate è

$$\Delta t = \frac{2\pi}{\omega_{rel}} = 28\text{ s}$$

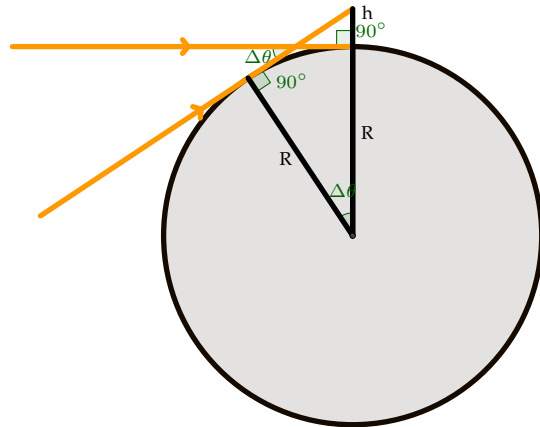
Problema di: Cinematica - C0075**Testo** [C0075] [3★ 3🕒 2a📖]

Marco e Andrea osservano il tramonto sul mare dalla spiaggia. Marco, sdraiato, vede l'ultimo raggio di sole alle ore 20:30. Andrea è in piedi accanto a lui, ed i suoi occhi si trovano a $h = 1,79 \text{ m}$ di altezza sopra quelli di Marco. Andrea vede l'ultimo raggio di sole $\Delta t = 10,3 \text{ s}$ dopo Marco. Quanto vale il raggio della Terra?

Spiegazione La Terra ruota, quindi nel sistema di riferimento della Terra il Sole le ruota intorno. Nel tempo indicato il Sole percorre un angolo facilmente calcolabile; un disegno della geometria del problema renderà facile trovare la soluzione

Svolgimento Nell'intervallo di tempo indicato la Terra ha ruotato di un angolo

$$\Delta\theta = \omega\Delta t = \frac{2\pi}{24 \cdot 3600} \cdot 10 \text{ s} = 7,27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$



Considerando il triangolo rettangolo formato con il raggio della Terra, avremo

$$(r + h) \cos(\Delta\theta) = r$$

da cui

$$r = \frac{\Delta h \cos(\Delta\theta)}{1 - \cos(\Delta\theta)} = 6380,816 \text{ km}$$

Ovviamente la precisione della misura andrebbe valutata, ma non è lo scopo di questo esercizio.

Problema di: moto circolare - C0050**Testo** [C0050] [3★ 3🕒 2a📖]

Un'auto di massa $m = 700 \text{ kg}$, mentre percorre una curva di raggio $r = 20 \text{ m}$ con velocità iniziale $v_i = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, accelera costantemente in modo da arrivare dopo un tempo $\Delta t = 4 \text{ s}$ alla velocità $v_f = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Quanto vale la sua accelerazione complessiva nell'istante finale?

Spiegazione L'auto sta facendo un percorso circolare ed è quindi soggetta ad una accelerazione centripeta che dipende dalla velocità ed ad un'accelerazione tangenziale che fa incrementare il modulo della velocità tangenziale. Ovviamente, istante per istante, la velocità tangenziale aumenta e di conseguenza aumenta anche l'accelerazione centripeta necessaria per mantenere l'auto lungo la traiettoria della curva. Istante per istante l'accelerazione sarà la somma vettoriale delle due accelerazioni.

Svolgimento L'accelerazione tangenziale è

$$a_t = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

L'accelerazione centripeta nell'istante finale sarà

$$a_{c-f} = \frac{v_f^2}{r} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

L'accelerazione complessiva sarà quindi

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_c^2} = \sqrt{26} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

5.11 Moto elicoidale**Problema di: Cinematica - C0064****Testo** [C0064] [3★ 4🕒 2a📖]

Una particella si muove di moto elicoidale con frequenza $\nu = 4 \text{ Hz}$ e raggio $r = 2 \text{ m}$, attorno ad un asse γ . Sapendo che la velocità della particella è $v = 70 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, di quanto si è spostata la particella lungo tale asse in un tempo $\Delta t = 10 \text{ s}$?

Spiegazione Un moto elicoidale è la composizione di un moto circolare uniforme su di un piano ed un moto rettilineo uniforme sull'asse perpendicolare a quel piano.

Svolgimento La velocità della particella è scomponibile in due componenti: quella parallela al piano e quella parallela all'asse. La prima è la velocità v_c del moto circolare, la seconda è la velocità v_r del moto rettilineo uniforme lungo l'asse. La velocità v_c è

$$v_c = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r \nu =$$

La velocità v_r è quindi

$$v_r = \sqrt{v^2 - v_c^2} =$$

La distanza percorsa dalla particella lungo l'asse è quindi

$$\Delta S = v_r \Delta t =$$

Problema di: Cinematica - C0069**Testo** [C0069] [3★ 4🕒 2a📖]

Determina la velocità di un corpo che si muove di moto elicoidale, di raggio $r = 4\text{ m}$ e passo verticale $\Delta h = 2\text{ m}$, sotto l'azione di un'accelerazione centripeta $a_c = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Spiegazione La particella si muove di moto elicoidale, quindi di moto circolare uniforme su di un piano e rettilineo uniforme lungo l'asse di quel piano. In un periodo del moto circolare l'oggetto sale di un passo Δh . La velocità della particella ha due componenti. La prima è quella parallela all'asse del piano, ed è costante. La seconda è parallela al piano ed è quella coinvolta nel moto circolare uniforme.

Svolgimento La componente della velocità parallela al piano la si trova conoscendo l'accelerazione centripeta dell'oggetto.

$$a_c = \frac{v_{\parallel}^2}{r}$$

$$v_{\parallel}^2 = a_c \cdot r = 4 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$v_{\parallel} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Il periodo del moto è

$$T = \frac{2\pi r}{v_{\parallel}}$$

quindi la componente verticale della velocità è

$$v_{\perp} = \frac{\Delta h}{T} = \frac{\Delta h \cdot v_{\parallel}}{2\pi r}$$

$$v_{\perp}^2 = \frac{\Delta h^2}{4\pi^2 r^2} \cdot v_{\parallel}^2$$

La velocità dell'oggetto è quindi

$$v^2 = v_{\perp}^2 + v_{\parallel}^2 = v_{\parallel}^2 \cdot \left(1 + \frac{\Delta h^2}{4\pi^2 r^2}\right)$$

$$v = v_{\parallel} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{\Delta h^2}{4\pi^2 r^2}\right)}$$

$$v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{4}{4\pi^2 16}\right)}$$

$$v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1,006 = 2,012 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - C0099**Testo** [C0099] [3★ 4🕒 3a📖]

Una torre alta $H = 30\text{ m}$ ha al suo interno una scala a chiocciola di raggio $r = 4\text{ m}$ che compie $n = 8$ giri per completare la salita. Sapendo che una persona impiega $\Delta t = 5\text{ min}$ per arrivare in cima, calcolate a quale velocità ha viaggiato.

Spiegazione Il moto della persona è un moto elicoidale dato dalla combinazione di un moto rettilineo uniforme con un moto circolare uniforme. La combinazione delle equazioni di questi moti porta alla soluzione del problema.

Svolgimento Cominciamo con il calcolare la componente verticale della velocità della persona.

$$v_z = \frac{\Delta S_z}{\Delta t} = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Al tempo stesso possiamo calcolare la frequenza del moto e la sua velocità angolare, sapendo che durante la salita la persona ha compiuto $n = 10$ rotazioni

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi \frac{8}{300\text{ s}} = 0,17 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocità del moto circolare uniforme è quindi data da

$$v_{xy} = \omega r = 0,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

L'effettiva velocità tenuta dalla persona è quindi

$$v = \sqrt{v_z^2 + v_{xy}^2} = 0,68 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Sapendo che la persona ha camminato per un tempo $\Delta t = 300\text{ s}$ possiamo calcolare la lunghezza in metri della scala.

$$L = v \cdot \Delta t = 203\text{ m}$$

5.12 Grandezze fisiche in sistemi non inerziali**Problema di: Cinematica - C0040****Testo** [C0040] [1★ 1🕒 1a📖]

Se un ascensore si muove con accelerazione $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ verso l'alto, calcola la somma dell'accelerazione di gravità e dell'accelerazione dovuta al moto dell'ascensore, percepita dalla persona al suo interno.

Spiegazione In questo esercizio si chiede di determinare quanto vale l'accelerazione percepita dalla persona all'interno del sistema di riferimento dell'ascensore. Visto che l'ascensore subisce un'accelerazione, la persona all'interno percepisce un'accelerazione opposta, che si va a sommare con l'accelerazione di gravità.

Svolgimento L'accelerazione percepita dalla persona è

$$a = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 11 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

verso il basso

Problema di: Cinematica - C0040a**Testo** [C0040a] [1★ 1⌚ 1a📖]

Se un ascensore si muove con accelerazione $a = 2 \frac{m}{s^2}$ verso il basso, calcola la somma dell'accelerazione di gravità e dell'accelerazione dovuta al moto dell'ascensore, percepite dalla persona al suo interno.

Spiegazione In questo esercizio si chiede di determinare quanto vale l'accelerazione percepita dalla persona all'interno del sistema di riferimento dell'ascensore. Visto che l'ascensore subisce un'accelerazione, la persona all'interno percepisce un'accelerazione opposta, che si va a sommare con l'accelerazione di gravità.

Svolgimento L'accelerazione percepita dalla persona è

$$a = 9,8 \frac{m}{s^2} - 2 \frac{m}{s^2} = 7 \frac{m}{s^2}$$

verso il basso

Problema di: Cinematica - C0020**Testo** [C0020] [1★ 1⌚ 1a📖]

Se in macchina eseguo una frenata con accelerazione $a = 6 \frac{m}{s^2}$, quanto vale e verso dove è diretta la somma tra l'accelerazione che percepisco e l'accelerazione di gravità?

Spiegazione In questo problema abbiamo una persona che subisce due accelerazioni. L'accelerazione totale sarà semplicemente la somma vettoriale delle due accelerazioni subite.

Svolgimento La prima accelerazione che la persona subisce è l'accelerazione di gravità verticale verso il basso del valore $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$

La seconda accelerazione che la persona subisce è causata dal movimento dell'auto. Visto che l'auto frena con accelerazione $a = 6 \frac{m}{s^2}$ indietro rispetto al movimento dell'auto, allora la persona all'interno dell'auto deve percepire un'accelerazione uguale in valore ma rivolta in avanti rispetto al movimento dell'auto.

I due vettori accelerazione sono tra loro perpendicolari, quindi

$$a_{tot} = \sqrt{g^2 + a^2} = 11,5 \frac{m}{s^2}$$

ed è diretta diagonalmente in avanti verso il basso, come si può constatare effettuando la somma con il metodo grafico.

Problema di: Cinematica - C0020a**Testo** [C0020a] [1★ 1🕒 1a📖]

Una macchina accelera in avanti con un'accelerazione $a = 6 \frac{m}{s^2}$. Quanto vale e verso dove è diretta la somma tra l'accelerazione che il passeggero percepisce l'accelerazione di gravità?

Spiegazione In questo problema abbiamo una persona che subisce due accelerazioni. L'accelerazione totale sarà semplicemente la somma vettoriale delle due accelerazioni subite.

Svolgimento La prima accelerazione che la persona subisce è l'accelerazione di gravità verticale verso il basso del valore $g = 9,8 \frac{m}{s^2}$

La seconda accelerazione che la persona subisce è causata dal movimento dell'auto. Visto che l'auto accelera in avanti con accelerazione $a = 6 \frac{m}{s^2}$, allora la persona all'interno dell'auto deve percepire un'accelerazione uguale in valore ma rivolta indietro rispetto al movimento dell'auto.

I due vettori accelerazione sono tra loro perpendicolari, quindi

$$a_{tot} = \sqrt{g^2 + a^2} = 11,5 \frac{m}{s^2}$$

ed è diretta diagonalmente indietro verso il basso, come si può constatare effettuando la somma con il metodo grafico.

Problema di: Cinematica - C0051**Testo** [C0051] [2★ 2🕒 1a📖]

Un pendolo in un ascensore fermo oscilla con periodo $T_0 = 1 s$. Calcola il suo periodo mentre l'ascensore si muove con accelerazione $a = 1,2 \frac{m}{s^2}$ verso l'alto.

Spiegazione Sull'ascensore in moto accelerato verso l'alto, l'accelerazione percepita è maggiore e quindi il periodo di oscillazione risulta minore

Svolgimento Dalla formula del periodo del pendolo semplice avremo

$$T_0^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

da cui

$$l = \frac{gT_0^2}{4\pi^2}$$

Il periodo del pendolo del pendolo sull'ascensore in accelerazione verso l'alto risulta

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g+a}$$

$$T^2 = \frac{g}{g+a} T_0^2$$

$$T = \sqrt{\frac{g}{g+a}} T_0 = \sqrt{\frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{11 \frac{m}{s^2}}} \cdot 1 s = 0,944 s$$

Problema di: Cinematica - C0051b**Testo** [C001b] [2★ 2⌚ 1a📖]

Calcola il periodo di oscillazione di un pendolo semplice di lunghezza $l = 1 \text{ m}$ che si trova su di un treno che accelera con $a = 2 \frac{m}{s^2}$

Spiegazione Il periodo di oscillazione di un pendolo dipende dall'accelerazione che subisce e dalla sua lunghezza. All'interno del treno l'accelerazione percepita è la somma vettoriale tra l'accelerazione di gravità e quella percepita all'interno del treno dovuta all'accelerazione del treno stesso. L'interno del treno è infatti un sistema di riferimento non inerziale.

Svolgimento L'accelerazione percepita all'interno del treno è data dalla somma dell'accelerazione di gravità verticale verso il basso e dell'accelerazione apparente orizzontale. Quindi l'accelerazione subita dal pendolo all'interno del sistema di riferimento è

$$a_p = \sqrt{g^2 + a^2} = 10 \frac{m}{s^2}$$

Il periodo del pendolo sarà quindi

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a_p}} = 2 \text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0053**Testo** [C0053] [2★ 2⌚ 2a📖]

Per costruire una base su Marte ($g_m = 3,711 \frac{m}{s^2}$), alcuni fisici hanno pensato ad una stazione circolare rotante attorno ad un asse di rotazione verticale. Quale accelerazione centrifuga è necessaria affinché all'interno della stazione si percepisca un'accelerazione di gravità pari a quella della Terra?

Spiegazione L'accelerazione percepita all'interno della stazione è la somma vettoriale dell'accelerazione di gravità di Marte con l'accelerazione centrifuga dovuta alla rotazione della stazione.

Svolgimento Considerando che l'accelerazione centrifuga è perpendicolare all'accelerazione del pianeta avremo che

$$a_c = \sqrt{g^2 - g_m^2} = \sqrt{9,807 \frac{m^2}{s^4} - 3,711 \frac{m^2}{s^4}} = 9,078 \frac{m}{s^2}$$

Problema di: Cinematica e Fluidodinamica - CF0002**Testo** [CF0002] [3★ 3⌚ 2a📖]

Un contenitore pieno di acqua è appoggiato sul bordo di un piatto rotante di raggio $r = 0,5 \text{ m}$. Il piatto rotante viene messo in rotazione con frequenza $\nu = 1 \text{ Hz}$. Quale pressione si misura ad una profondità $h = -30 \text{ cm}$ sotto il livello dell'acqua?

Spiegazione Con la legge di Stevin si calcola facilmente la pressione che si ha ad una certa profondità in un liquido fermo. Il liquido si muove di moto circolare uniforme, ma nel sistema di riferimento del liquido esso è fermo, ma subisce un'accelerazione data dalla somma dell'accelerazione di gravità con l'accelerazione centrifuga dovuta alla rotazione del piano.

Svolgimento L'accelerazione totale percepita è data dalla somma dell'accelerazione di gravità, verticale verso il basso, e dell'accelerazione centripeta, orizzontale verso l'esterno della piattaforma rotante. L'accelerazione complessiva è quindi

$$g_{tot} = \sqrt{g^2 + (4\pi^2\nu^2r)^2}$$

$$g_{tot} = 22 \frac{m}{s^2}$$

Con la legge di Stevin

$$P = P_{atm} - \rho g_{tot} \Delta h = 100000 \text{ Pa} + 6600 \text{ Pa} = 106600 \text{ Pa}$$

Problema di: Cinematica - C0060**Testo** [C0060] [3★ 3⌚ 2a📖]

Un'astronave ha la forma di un toro di raggio $r = 30 \text{ m}$ messo in rotazione attorno al suo asse centrale. In tale astronave, gli astronauti all'interno percepiscono un'accelerazione di gravità simulata attraverso una rotazione con velocità angolare ω . Quanto deve valere ω affinché l'accelerazione di gravità percepita sia pari a quella terrestre?

Spiegazione Un semplice moto circolare uniforme. L'accelerazione di gravità simulata è di fatto l'accelerazione centrifuga

Svolgimento Eguagliando l'accelerazione centrifuga al valore dell'accelerazione di gravità avremo

$$g = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{r}} = 0,57 \frac{giri}{sec}$$

5.13 Moto Armonico

Problema di: Cinematica - C0059

Testo [C0059] [3★ 3⌚ 2a📖]

Due punte di un diapason oscillano con una frequenza $\nu = 440 \text{ Hz}$. L'ampiezza dell'oscillazione è $A = 10^{-4} \text{ m}$. Con quale velocità si muovono quando sono nel loro punto di equilibrio?

Spiegazione Un semplice moto armonico.

Svolgimento La frequenza del moto armonico, con riferimento al relativo moto circolare, è data da

$$\nu = \frac{\mathcal{U}}{2\pi r}$$

dove r corrisponde all'ampiezza del moto armonico. Quindi

$$\nu = \frac{\mathcal{U}}{2\pi A}$$

$$\mathcal{U} = 2\pi A\nu = 0,276 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Cinematica - C0100

Testo [C0100] [2½★ 4⌚ 2a📖]

Un oggetto appeso ad una molla di costante elastica $k = 1 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ oscilla con frequenza $\nu = 0,5 \text{ Hz}$. Quanto vale la massa dell'oggetto? Per un motivo che non conosciamo, l'oggetto perde $\Delta m_0 = 11 \text{ g}$ ogni oscillazione. Dopo quante oscillazioni la frequenza diventa minore o uguale di $\nu_f = 2 \text{ Hz}$?

Spiegazione Cinematica del moto armonico. L'unica cosa che ci serve qui è la formula per il periodo di un moto armonico generato da una molla.

Svolgimento Sappiamo che

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

e quindi

$$m = \frac{kT^2}{4\pi^2} = \frac{100 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 4 \text{ s}^2}{4\pi^2} = 10,13 \text{ kg}$$

Affinché la frequenza diventi $\nu_f = 2 \text{ Hz}$ la massa del corpo deve diventare

$$m_f = \frac{kT_f^2}{4\pi^2} = 0,63 \text{ kg}$$

La perdita di massa è quindi pari a

$$\Delta m = |m_f - m| = 9,50 \text{ kg}$$

Il numero di oscillazioni che servono per perdere questa massa è

$$n = \frac{\Delta m}{\Delta m_0} = 863,6$$

Servono quindi $n = 864$ oscillazioni.

Problema di: Dinamica - D0111**Testo** [D0111] [3★ 8👍 3a📖]

Un carrello è libero di oscillare senza attrito attaccato ad una molla di costante elastica K . Il carrello vuoto oscilla con un periodo $T = 10\text{ s}$. Lo stesso carrello caricato con un peso di $m = 10\text{ kg}$, oscilla con un periodo $T_c = 12\text{ s}$. Quanto vale la massa del carrello? Quanto vale la costante elastica della molla?

Spiegazione Parliamo dell'oscillazione di un corpo di massa M collegato ad una molla.

Svolgimento Sappiamo che il periodo di oscillazione di un corpo di massa M , in questo caso il nostro carrello, collegato ad una molla di costante elastica K è

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$

In modo analogo possiamo scrivere

$$T_c = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{K}}$$

Dobbiamo quindi risolvere il sistema

$$\begin{cases} T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}} \\ T_c = 2\pi\sqrt{\frac{M+m}{K}} \end{cases}$$

Quindi, elevando al quadrato entrambe le equazioni e dividendo la seconda equazione con la prima, otteniamo

$$\begin{cases} T^2 = 4\pi^2 \frac{M}{K} \\ \frac{T_c^2}{T^2} = \frac{M+m}{M} \end{cases}$$

$$\begin{cases} K = 4\pi^2 \frac{M}{T^2} \\ M \left(\frac{T_c^2}{T^2} - 1 \right) = m \end{cases}$$

$$\left\{ M = m \frac{T^2}{(T_c^2 - T^2)} = 50\text{ kg} \right. \quad K = 4\pi^2 \frac{M}{T^2} = 2\pi^2 \frac{N}{m}$$

Problema di: Cinematica - CD0017**Testo** [CD0017] [2½★ 3🕒 2a📖]

Un oggetto di massa $m = 100\text{ g}$ viene appeso ad una molla, la quale di conseguenza si allunga di $\Delta l = 20\text{ cm}$. Se l'oggetto viene spostato e poi lasciato libero, con quale frequenza oscilla?

Spiegazione L'oggetto è in equilibrio. Con questa informazione possiamo calcolare la costante elastica della molla e di conseguenza calcolare la frequenza del moto armonico.

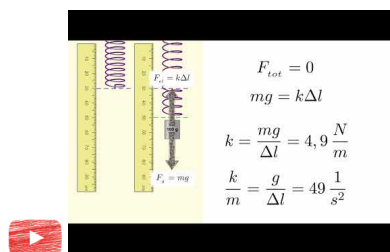


Fig. 5.19: Guarda il video youtu.be/GcIv0Ghg-Ks

Svolgimento Sull'oggetto appeso agiscono due forze: la forza di gravità $F_g = mg$ verso il basso e la forza elastica $F_{el} = k\Delta l$ verso l'alto.

Considerando l'equilibrio iniziale avremo che la forza totale è nulla

$$F_{tot} = 0$$

$$mg = k\Delta l$$

dalla cui equazione ricaviamo la costante elastica della molla

$$k = \frac{mg}{\Delta l} = 4,9 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Da questa espressione possiamo anche ricavare il rapporto tra la costante elastica e la massa appesa

$$\frac{k}{m} = \frac{g}{\Delta l} = 49 \frac{1}{\text{s}^2}$$

Il periodo del moto armonico è

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0,898\text{ s}$$

La frequenza del moto armonico è

$$\nu = \frac{1}{T} = 1,114\text{ Hz}$$

5.14 Moto del pendolo

Problema di: cinematica - C0067

Testo [C0067] [2★ 3⌚ 1a📖]

Sulla Terra un pendolo ha periodo $T_{Terra} = 1\text{ s}$. Quale periodo ha lo stesso pendolo sulla Luna, dove l'accelerazione di gravità è $g_{Luna} = 1,6 \frac{m}{s^2}$?

Spiegazione Un pendolo si muove di moto periodico con periodo

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Svolgimento Il periodo del pendolo sulla Luna e sulla Terra può essere scritto come:

$$\begin{cases} T_{Terra} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_{Terra}}} \\ T_{Luna} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_{Luna}}} \end{cases}$$

da cui, dividendo la seconda per la prima

$$T_{Luna} = T_{Terra} \cdot \sqrt{\frac{g_{Terra}}{g_{Luna}}} = 2,5\text{ s}$$

Problema di: Cinematica - C0051a

Testo [C0051a] [2★ 2⌚ 1a📖]

Un pendolo in un ascensore fermo oscilla con periodo $T_0 = 1\text{ s}$. Calcola il suo periodo mentre l'ascensore si muove con accelerazione $a = 1,2 \frac{m}{s^2}$ verso il basso.

Spiegazione Sull'ascensore in moto accelerato verso l'alto, l'accelerazione percepita è maggiore e quindi il periodo di oscillazione risulta minore

Svolgimento Dalla formula del periodo del pendolo semplice avremo

$$T_0^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

da cui

$$l = \frac{gT_0^2}{4\pi^2}$$

Il periodo del pendolo del pendolo sull'ascensore in accelerazione verso l'alto risulta

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g - a}$$

$$T^2 = \frac{g}{g - a} T_0^2$$

$$T = \sqrt{\frac{g}{g - a}} T_0 = \sqrt{\frac{9,8 \frac{m}{s^2}}{8,6 \frac{m}{s^2}}} \cdot 1\text{ s} = 1,14\text{ s}$$

5.15 Esercizi con integrali

Problema di: Cinematica - C0093

Testo [C0093] [5★ 5⌚ 5a📖]

Un suono si sta propagando da un punto A verso un punto B distante $\Delta S = 500 \text{ m}$. I due punti sono a temperatura differente $T_A = 0^\circ\text{C}$ e $T_B = 20^\circ\text{C}$. Supponendo che la temperatura vari linearmente tra i due punti e che la velocità del suono segua la legge $v_{\text{suono}} = \alpha\sqrt{T}$, con $\alpha = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}\sqrt{\text{K}}}$, indicare quanto tempo impiega il suono ad arrivare in B.

Spiegazione Un problema di cinematica in cui la velocità del moto cambia linearmente con la posizione del corpo. Serve quindi il calcolo integrale.

Svolgimento Cominciamo con lo scrivere l'equazione della temperatura in funzione della distanza x dal punto di partenza, tenendo conto che è una relazione lineare:

$$T = T_A + \frac{\Delta T}{\Delta S}x$$

La velocità della particella è quindi

$$v = \alpha\sqrt{T}$$

$$v = \alpha\sqrt{T_A + \frac{\Delta T}{\Delta S}x}$$

$$\frac{dx}{dt} = \alpha\sqrt{T_A + \frac{\Delta T}{\Delta S}x}$$

$$\frac{dx}{\sqrt{T_A + \frac{\Delta T}{\Delta S}x}} = \alpha dt$$

$$\int_0^{\Delta S} \frac{dx}{\sqrt{T_A + \frac{\Delta T}{\Delta S}x}} = \int_0^{\Delta t} \alpha dt$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta T} \sqrt{T_A + \frac{\Delta T}{\Delta S}x} \Big|_0^{\Delta S} = \alpha t \Big|_0^{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta S}{\Delta T} \sqrt{T_A + \Delta T} - \frac{\Delta S}{\Delta T} \sqrt{T_A} = \alpha \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{\Delta S}{\Delta T} \sqrt{T_B} - \frac{\Delta S}{\Delta T} \sqrt{T_A} \right)$$

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{\alpha \Delta T} \left(\sqrt{T_B} - \sqrt{T_A} \right)$$

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{\alpha (\sqrt{T_B} + \sqrt{T_A})}$$

Problema di: Oscillatore armonico - L0057**Testo** [L0057] [3★ 5🕒 3a📖]

Un corpo di massa $m = 600\text{ g}$ si muove di moto armonico semplice. All'istante iniziale le energie potenziale e cinetica valgono entrambe $E_i = 0,01\text{ J}$. Il periodo del moto è $T = 2\text{ s}$. Determinare la costante elastica della molla, la massima velocità del corpo, l'ampiezza dell'oscillazione.

Spiegazione Un problema sull'oscillatore armonico nel quale, a parte la formula per il periodo dell'oscillatore, è necessario ragionare in termini di conservazione dell'energia.

Svolgimento Il periodo dell'oscillatore è dato da

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$$

quindi

$$k = \frac{mT^2}{4\pi^2} = 6,1 \cdot 10^{-2} \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Sappiamo che l'energia totale dell'oscillatore è la somma della sua energia cinetica e di quella potenziale.

$$E_{tot} = 0,02\text{ J}$$

Nel punto di massima distanza dal punto di equilibrio, cioè quando la distanza corrisponde all'ampiezza dell'oscillazione, e nel quale l'oscillatore ha solo energia potenziale, avremo:

$$\frac{1}{2}kA^2 = E_{tot}$$

$$A = \sqrt{\frac{2E_{tot}}{k}} = 0,81\text{ m}$$

Lo stesso ragionamento lo possiamo fare per calcolare la velocità massima dell'oggetto scegliendo di lavorare nel punto di equilibrio, nel quale l'oggetto ha solo energia cinetica

$$\frac{1}{2}mv_{max}^2 = E_{tot}$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2E_{tot}}{m}} = 0,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema di: Moto vario - C0096**Testo** [C0096] [3★ 3🕒 5a📖]

Un punto materiale si muove lungo un asse rettilineo secondo la legge oraria espressa in metri in funzione del tempo espresso in secondi, $X(t) = -\frac{1}{2}(t-2)^3 - 6(t-2) + 8$. Determina se si tratta di moto uniformemente accelerato e calcola la velocità media del corpo nei primi 4 secondi del moto.

Spiegazione Moto vario nel quale bisogna conoscere la relazione tra posizione, velocità ed accelerazione

Svolgimento Sapendo che la posizione del corpo è data da $X(t) = -\frac{1}{2}(t-2)^3 - 6(t-2) + 8$

la velocità del moto è data dall'equazione

$$v(t) = -\frac{3}{2}(t-2)^2 - 6$$

e l'accelerazione del moto è data dall'equazione

$$a(t) = -3(t-2)$$

Visto che l'accelerazione non è costante nel tempo, il moto non è uniformemente accelerato.

la velocità media del corpo la calcolo con

$$\bar{v} = \frac{1}{4} \int_0^4 \left(-\frac{3}{2}(t-2)^2 - 6 \right) dt$$

$$\bar{v} = \frac{1}{4} [X(4) - X(0)] = 4$$

-  [\[youtu.be/DejaKlkaVc0\]](https://youtu.be/DejaKlkaVc0) Sistemi di riferimento (fino a $t = 13:06$). Sistemi di riferimento inerziali (da $t = 13:06$)
-  [\[youtu.be/kme1DLcp6IA\]](https://youtu.be/kme1DLcp6IA) I tre principi della dinamica
-  [\[youtu.be/pd3yucxCbIA\]](https://youtu.be/pd3yucxCbIA) La forza NON indica dove va l'oggetto
-  [\[youtu.be/yqS0a8rVPWs\]](https://youtu.be/yqS0a8rVPWs) Forza di gravità
-  [\[youtu.be/xEnyXhGU1-o\]](https://youtu.be/xEnyXhGU1-o) Reazione vincolare
-  [\[youtu.be/r324y33uCIU\]](https://youtu.be/r324y33uCIU) Forza elastica
-  [\[youtu.be/lwVlb0m1Ys4\]](https://youtu.be/lwVlb0m1Ys4) Forza di Archimede
-  [\[youtu.be/zVjjGvmCFPg\]](https://youtu.be/zVjjGvmCFPg) Forza di Archimede e terzo principio della dinamica
-  [\[youtu.be/ls17iKrVfR0\]](https://youtu.be/ls17iKrVfR0) Attrito radente dinamico
-  [\[youtu.be/22tp0dlUvxY\]](https://youtu.be/22tp0dlUvxY) Attrito radente statico
-  [\[youtu.be/hn7xSJRvk-M\]](https://youtu.be/hn7xSJRvk-M) Forza di attrito viscoso
-  [\[youtu.be/-n5QypLoJTw\]](https://youtu.be/-n5QypLoJTw) Legge di gravitazione universale
-  [\[youtu.be/H_Bz5Xs_b9Q\]](https://youtu.be/H_Bz5Xs_b9Q) Galleggiamento di un oggetto
-  [\[youtu.be/3t2IOWLjqrw\]](https://youtu.be/3t2IOWLjqrw) Equilibrio rotazionale: schema di lavoro
-  [\[youtu.be/iVJC7FNCOBo\]](https://youtu.be/iVJC7FNCOBo) Momento di una forza
-  [\[youtu.be/HSiL5RfMLNM\]](https://youtu.be/HSiL5RfMLNM) Equilibrio traslazionale: uno schema di lavoro
-  [\[youtu.be/WIYzwPk_Mj4\]](https://youtu.be/WIYzwPk_Mj4) Dinamica del piano inclinato
-  [\[youtu.be/d7kSQry7qhg\]](https://youtu.be/d7kSQry7qhg) Pressione

-  [\[youtu.be/GEGWXjsog1s\]](https://youtu.be/GEGWXjsog1s) Dinamica del puro rotolamento
-  [\[youtu.be/Rb2q7immyr4\]](https://youtu.be/Rb2q7immyr4) Tensione superficiale