◀ Siri 12:22 Mar 30 giu 9%

27 Durante una corsa sui 400 m, un'atleta percorre 300 metri in 33,4 secondi e i rimanenti 100 metri in 10,7 secondi.
- Calcola la velocità media dell'atleta.

[9,07 m/s]

Gli strumenti del mestiere
Per risolvere un esercizio a volte bisogna usare una grandezza (per esempio uno spostamento) di cui non viene fornito il valore perché non serve per calcolare il risultato finale.
In questi casi lascia indicata questa grandezza con una **variabile letterale** (per esempio Δs oppure x): nel corso dei calcoli scomparirà tramite **semplificazioni**.

28 **QUANTI SU 100?**
Due ciclisti percorrono la stessa distanza. Il primo impiega 40 minuti, il secondo impiega un tempo inferiore del 15% al tempo del primo.



- Calcola il tempo impiegato dal secondo ciclista.
- Calcola il rapporto percentuale fra la velocità media del secondo ciclista e quella del primo. Di quanto in percentuale la velocità media del secondo ciclista è maggiore di quella del primo?

[34 min; 18%]

29 **QUANTI SU 100?**
Due atleti percorrono la stessa distanza. Il primo impiega un tempo superiore del 20% al tempo impiegato dal secondo.
- Stabilisci di quanto, in percentuale, la velocità media del primo atleta è minore di quella del secondo.

[17%]

30 **CON LE LETTERE, SENZA NUMERI**
Un'automobile percorre in sequenza due spostamenti Δs_1 e Δs_2 impiegando gli intervalli di tempo Δt_1 e Δt_2.
- Dimostra che la velocità media $\overline{v}$ calcolata sullo spostamento totale $\Delta s_1 + \Delta s_2$ è uguale alla media delle due velocità nei due spostamenti, ovvero $v_m = (v_1 + v_2)/2$, solo se $\Delta t_1 = \Delta t_2$ oppure se $v_1 = v_2$. Per comodità scrivi gli spostamenti e gli intervalli di tempo come s_1, s_2, t_1, t_2.

Suggerimento Ricorda che, per la legge di annullamento del prodotto, il prodotto di più fattori è nullo solo se almeno uno dei fattori è uguale a zero.

Come si arriva al risultato
1. Scrivi l'espressione di $\overline{v}$, ovvero la velocità media sullo spostamento totale, utilizzando i simboli s_1, s_2, t_1, t_2.
2. Scrivi l'espressione di v_m, ovvero la media delle due velocità v_1 e v_2; fai in modo che v_m sia espressa come somma di due frazioni (cioè ingloba il divisore 2 nei denominatori delle due velocità).
3. Uguaglia le due espressioni, poi sposta i termini del lato destro sul lato sinistro cambiandone il segno: in questo modo ottieni un'espressione che deve essere uguale a zero.
4. Calcola il denominatore comune, poi imponi che il numeratore risultante sia uguale a zero.
5. Raccogli i fattori comuni ottenendo l'equazione $(s_1t_2 - s_2t_2)(t_1 - t_2) = 0$ e trai le conclusioni della dimostrazione.

31 Un'automobile percorre una certa distanza alla velocità media di 64 km/h, poi percorre 3/4 della stessa distanza alla velocità media di 112 km/h.
- Qual è la velocità media sull'intero percorso?

[78 km/h]

4 Il calcolo dello spostamento e del tempo

Problema guidato

32 Giorgia corre lungo una strada rettilinea alla velocità media di 2,4 m/s.
- Quale distanza percorre in 20 minuti?
- Quanto tempo impiega per percorrere 200 m?

[2900 m; 83 s]

Soluzione
- Conosciamo la velocità media di Giorgia, che vale $\overline{v} =$ ..... m/s, e l'intervallo di tempo, che convertiamo in secondi:
$$\Delta t = 20 \text{ min} = 20 \cdot (\text{.....} \text{ s}) = \text{.....} \text{ s}$$
- Poiché il moto è rettilineo, la distanza percorsa è uguale allo spostamento e vale:
$$\Delta s = \overline{v} \cdot \Delta t = (\text{.....} \text{ m/s}) \cdot (\text{.....} \text{ s}) = \text{.....} \text{ m}$$
- Se Giorgia compie uno spostamento $\Delta s = 200$ m con la stessa velocità media, il tempo impiegato è:
$$\Delta t = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \frac{\text{..... m}}{\text{..... m/s}} = \text{.....} \text{ s}$$

33 Alessia percorre una pista rettilinea in 90 s con una velocità media di 4,5 m/s.
- Calcola la lunghezza della pista.

[400 m]

34 Un aereo rimane in volo con una velocità media di 720 km/h per 2 ore e mezza.
- Calcola la distanza percorsa dall'aereo.

[1800 km]

35 In una persona alta 1,8 m, un impulso nervoso generato nei piedi viaggia attraverso il sistema nervoso e raggiunge il cervello in 16 ms.
- Quanto tempo impiega a raggiungere il cervello un impulso che parte dalle mani (che distano 1,0 m)?

[8,9 ms]

36 Gli stimoli nervosi viaggiano a una velocità dell'ordine di 100 m/s.
- Stima l'ordine di grandezza del tempo impiegato da uno stimolo nervoso ad andare dalla punta delle dita al cervello.

[10^{-2} s]

Problema guidato

37 Durante una corsa sui 400 m, un atleta percorre i primi 300 m alla velocità media di 9,0 m/s e i rimanenti 100 m alla velocità media di 10 m/s.
- Calcola la velocità media dell'atleta su tutto il percorso.

[9,2 m/s]

Soluzione
- La velocità media in generale *non* è la media aritmetica delle velocità nei vari tratti, bensì si calcola a partire dalla sua definizione, ovvero come rapporto tra ..... totale e ..... .
- Conosciamo lo spostamento totale, che vale:
$$\Delta s_{tot} = \text{.....} \text{ m}$$
- Per calcolare l'intervallo di tempo totale calcoliamo prima i tempi di percorrenza dei due tratti.
Per percorrere i primi 300 m, l'atleta impiega:
$$\Delta t_1 = \frac{\Delta s_1}{\overline{v}_1} = \frac{\text{..... m}}{\text{..... m/s}} = \text{.....} \text{ s}$$
Per percorrere i restanti 100 m, l'atleta impiega:
$$\Delta t_2 = \frac{\Delta s_2}{\overline{v}_2} = \frac{\text{..... m}}{\text{..... m/s}} = \text{.....} \text{ s}$$
L'intervallo di tempo totale è:
$$\Delta t_{tot} = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \text{.....} \text{ s} + \text{.....} \text{ s} = \text{.....} \text{ s}$$
- Calcoliamo la velocità media su tutto il percorso:
$$\overline{v}_{tot} = \frac{\Delta s_{tot}}{\Delta t_{tot}} = \frac{\text{..... m}}{\text{..... s}} = \text{.....} \text{ m/s}$$

38 Un bagnino deve soccorrere una persona che si trova in mare. Percorre i primi 25,0 m sulla sabbia alla velocità media di 8,50 m/s, poi 15,0 m in acqua nuotando alla velocità di 1,40 m/s.
- Quanto tempo impiega per arrivare al bagnante?
- Qual è la velocità media del bagnino su tutto il percorso?

[13,7 s; 2,92 m/s]

39 Una ciclista percorre un rettilineo diviso in tre parti. Nella prima parte pedala per 22 minuti alla velocità media di 7,2 m/s. Nella seconda parte, pedala per 36 minuti alla velocità media di 5,1 m/s. Nella terza parte pedala per 8 minuti alla velocità media di 13 m/s.
- Che distanza ha percorso la ciclista in totale?
- Qual è stata la sua velocità media?

Guarda come si risolve

40 Ai giochi paralimpici di Tokyo del 2021, Ambra Sabatini si è aggiudicata la medaglia d'oro nei 100 metri piani con un tempo di 14,11 s.
- Calcola la velocità media di Ambra.
- La medaglia d'argento Martina Caironi ha tagliato il traguardo 0,35 s dopo Ambra. Calcola la velocità media di Martina.
- La medaglia di bronzo Monica Contraffatto ha corso invece con una velocità media di 6,789 m/s. Calcola il tempo di gara di Monica.

[7,087 m/s; 6,916 m/s; 14,73 s]



GUARDA!
Inquadrami per vedere il video in cui un insegnante svolge il problema

41 **UN DATO IN PIÙ**
Per via degli effetti gravitazionali e delle maree, la distanza tra la Luna e la Terra, che attualmente è circa 384 400 km, aumenta di 19 cm ogni 5 anni.
- Fra quanto tempo la Luna si sarà allontanata di 1000 km?

[$26 \cdot 10^4$ anni]

42 Nel tennis maschile, il record di servizio più veloce appartiene all'australiano Samuel Groth, registrato durante un incontro in Corea del Sud nel 2012. La velocità del suo servizio fu di 263 km/h. Supponi che la pallina abbia percorso una delle diagonali dell'area di gioco di larghezza 9,60 m e lunghezza 18,30 m.
- Calcola per quanto tempo la pallina è rimasta in volo.

[0,283 s]

43 I capelli di un uomo crescono in media di 9,0 mm al mese.
- Calcola la velocità media espressa in cm/anno.
- Quale lunghezza raggiungono dopo 1,5 anni dei capelli lunghi inizialmente 1,8 cm?

[11 cm/anno; 18 cm]

44 Il bradipo tridattilo è il più lento mammifero terrestre. Sul terreno, il bradipo si muove alla velocità media di 0,037 m/s. Per confronto, una tartaruga gigante si muove a una velocità media di 0,076 m/s.



- Calcola la differenza tra le distanze percorse in 12 minuti da un bradipo e da una tartaruga.

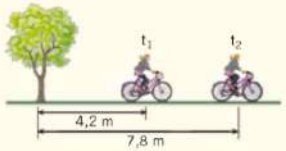
[28 m]

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

◀ Siri 12:23 Mar 30 giu 8%

Problema guidato

55 Roberta corre in bici a velocità costante lungo un viale alberato. Prende come riferimento un albero (vedi figura) e misura una distanza di 4,2 m quando il cronometro segna $t_1 = 4{,}3$ s e 7,8 m quando il cronometro segna $t_2 = 7{,}3$ s. Fissa l'albero come origine e scegli come verso positivo quello del moto.



▶ Determina la legge oraria del moto di Roberta.

Soluzione

- Calcoliamo la velocità di Roberta a partire dagli istanti di tempo e dalle posizioni fornite:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\ldots\ldots\ \text{m} - 4{,}2\ \text{m}}{7{,}3\ \text{s} - \ldots\ldots\ \text{s}} = \ldots\ldots\ \text{m/s}$$

- Nell'istante iniziale Roberta *si trova/non si trova* nell'origine, quindi la sua legge oraria è del tipo:

$$s(t) = s_0 + (\ldots\ldots\ \text{m/s})t$$

- Per determinare la posizione iniziale, inseriamo nell'espressione precedente la coppia di valori $t_1 = 4{,}3$ s e $s_1 = 4{,}2$ m:

$$\ldots\ldots\ \text{m} = s_0 + (\ldots\ldots\ \text{m/s})\ (4{,}3\ \text{s})$$

da cui ricaviamo s_0:

$$s_0 = \ldots\ldots\ \text{m} - (\ldots\ldots\ \text{m/s})(4{,}3\ \text{s}) = -\ldots\ldots\ \text{m}$$

- Quindi la legge oraria è:

$$s = (-\ \ldots\ldots\ \text{m}) + (\ldots\ldots\ \text{m/s})t$$

56 Un oggetto si muove di moto rettilineo uniforme secondo la legge oraria $s(t) = (12{,}5\ \text{m}) + (-3{,}7\ \text{m/s})t$.

▶ Dove si trova dopo 2,7 s?

▶ In quale istante la posizione è 6,5 m? [2,5 m; 1,6 s]

Guarda come si risolve

57 Nei primi giorni di gennaio, la Terra raggiunge il punto della sua orbita più vicino al Sole, chiamato perielio. In questo punto la Terra dista 147 milioni di kilometri dal Sole. Considera un raggio di luce che viene emesso dal Sole e viaggia verso la Terra con una velocità di $3{,}00 \cdot 10^8$ m/s.

▶ Scrivi la legge oraria del moto del raggio di luce in un sistema di riferimento centrato sul Sole verso la Terra.

▶ Scrivi la legge oraria del moto in un sistema centrato sulla Terra verso il Sole.

▶ Calcola il tempo con cui un raggio di luce emesso dal Sole arriva sulla Terra al perielio. [490 s]



GUARDA!
Inquadrami per vedere il video in cui un insegnante svolge il problema

58 Anna corre al parco con una velocità di 2,8 m/s per 5 minuti, poi si ferma per 30 s a bere da una fontanella e riparte a una velocità di 2,1 m/s.

▶ Scrivi la legge oraria del moto di Anna.

Suggerimento La legge oraria ha un'espressione diversa in ciascuno dei tre intervalli che compongono il moto.

Gli strumenti del mestiere
Per risolvere esercizi che riguardano **incontri e sorpassi** tra corpi in moto, ricorda che due corpi si incontrano nell'istante in cui si trovano simultaneamente nella **stessa posizione**, calcolata utilizzando le rispettive leggi orarie.

Problem solving — Le leggi orarie e l'incontro

59 Gianna e Mario cominciano a correre nello stesso momento e dallo stesso punto. Mario corre a velocità $v_M = 2{,}4$ m/s per 40 secondi, poi si ferma per 30 secondi per allacciare una scarpa, e quindi riparte, con la stessa velocità di prima. Gianna corre più lentamente, alla velocità $v_G = 1{,}8$ m/s, senza fermarsi.

▶ Scrivi le leggi orarie del moto di Mario e Gianna

▶ Dove si trovano Mario e Gianna 50 secondi dopo l'inizio della corsa?

▶ Dopo che Mario è ripartito, c'è un punto in cui incontra Gianna. Quando e dove avviene l'incontro?

TRADUCIAMO IL TESTO

LO SCHEMA



I DATI

$v_M = 2{,}4$ m/s
$v_G = 1{,}8$ m/s
$\Delta t_1 = 40$ s
$\Delta t_2 = 30$ s

I DATI NASCOSTI

$s_{0,M} = s_{0,G} = 0$ m
$t_{0,M} = t_{0,G} = 0$ s
$v'_M = 0$ m/s

LE INCOGNITE

Leggi orarie:
$s_G(t) = ?$
$s_M(t) = ?$

All'istante 50 s:
$s_G(t = 50\ \text{s}) = ?$
$s_M(t = 50\ \text{s}) = ?$

Incontro:
$s = ?$
$t = ?$

RISOLVIAMO PER PASSI

• LE LEGGI ORARIE

La legge oraria di Mario

Il moto di Mario è composto da tre moti diversi:

1. un moto rettilineo uniforme che dura $\Delta t_1 = 40$ s, con:
   - $s_{0,M} = 0$ m — parte dall'origine
   - $t_{0,M} = 0$ s — parte all'istante iniziale
   - $v_M = 2{,}4$ m/s
2. una sosta che dura $\Delta t_2 = 30$ s, durante la quale la posizione di Mario non cambia:
   $$s_{2,M} = \Delta s_{1,M} = 96\ \text{m}$$
3. un moto rettilineo uniforme con:
   - $s'_{0,M} = s_{2,M} = 96$ m — parte dalla posizione raggiunta nella fase precedente
   - $t'_{0,M} = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 40\ \text{s} + 30\ \text{s} = 70\ \text{s}$
   - $v_M = 2{,}4$ m/s

La legge oraria di Mario ha un'espressione diversa in ciascun tratto:

$$s_M(t) = \begin{cases} (2{,}4\ \text{m/s})t & 0\ \text{s} \le t < 40\ \text{s} \\ 96\ \text{m} & 40\ \text{s} \le t < 70\ \text{s} \\ 96\ \text{m} + (2{,}4\ \text{m/s})(t - 70\ \text{s}) & t > 70\ \text{s} \end{cases}$$

La legge oraria di Gianna

Gianna si muove di moto rettilineo uniforme con:

- $s_{0,G} = 0$ m — parte dall'origine
- $t_{0,G} = 0$ s — parte all'istante iniziale
- $v_G = 1{,}8$ m/s

Dunque la sua legge oraria è:

$$s_G(t) = s_{0,G} + v_G t = (1{,}8\ \text{m/s})t$$

• L'INCONTRO

Quando si incontrano?

Mario e Gianna si incontrano quando le loro posizioni coincidono:

$$s_M(t) = s_G(t)$$

Sostituendo le espressioni delle leggi orarie otteniamo:

$$96\ \text{m} + (2{,}4\ \text{m/s})(t - 70\ \text{s}) = (1{,}8\ \text{m/s})t$$

stiamo considerando il moto dopo che Mario è ripartito: usiamo la legge oraria dell'**ultimo tratto**

Svolgendo i calcoli e portando dalla stessa parte dell'uguale tutti i termini che contengono t otteniamo:

$$(2{,}4\ \text{m/s})t - (1{,}8\ \text{m/s})t = (2{,}4\ \text{m/s})(70\ \text{s}) - 96\ \text{m}$$

$$(0{,}6\ \text{m/s})t = 72\ \text{m}$$

da cui ricaviamo l'istante t a cui avviene l'incontro:

$$t = \frac{72\ \text{m}}{0{,}6\ \text{m/s}} = 120\ \text{s}$$

Dove si incontrano?

Per determinare la posizione in cui si incontrano, basta sostituire l'istante dell'incontro nella legge oraria di Gianna:

$$s = s_M(t = 120\ \text{s}) = s_G(t = 120\ \text{s}) =$$
$$= (1{,}8\ \text{m/s})(120\ \text{s}) =$$
$$= 216\ \text{m} \approx 220\ \text{m}$$

Si ottiene lo stesso risultato se si sostituisce l'istante dell'incontro nella legge oraria di Mario, utilizzando l'espressione dell'ultimo tratto.

60 PROVA TU

Maria e Gianni partono dallo stesso punto e si dirigono nella stessa direzione. Gianni, in bicicletta, mantiene la velocità costante $v_G = 20$ km/h; Maria, in motorino, parte 15 minuti dopo, mantenendo la velocità costante $v_M = 35$ km/h.

▶ Scrivi le leggi orarie dei due moti.

▶ Quanto distano i due quando sono passati 20 minuti dalla partenza di Gianni?

▶ In quale istante Maria raggiunge Gianni?

[3,8 km; 35 min]

61 PROVA TU

In una gara di ciclismo un ciclista è in fuga dal gruppo e si muove con velocità costante $v = 12$ m/s. All'improvviso un altro ciclista si stacca dal gruppo per cercare di raggiungere il ciclista in fuga, che in quell'istante si trova 2100 m più avanti. La legge oraria del ciclista inseguitore è $s = (15\ \text{m/s})t$.

▶ Quanto tempo impiega il ciclista inseguitore per raggiungere il ciclista in fuga?

[11 min 40 s]

62 Una moto che viaggia a 50 km/h passa in corrispondenza di un autovelox. Dopo due minuti dal passaggio della moto, passa davanti all'autovelox un'automobile con velocità di 90 km/h.

▶ Qual è la distanza tra la moto e l'automobile nell'istante in cui l'automobile passa in corrispondenza dell'autovelox?

▶ A quale distanza dal punto di rilevamento della velocità l'automobile supererà la moto?

[1,7 km; 3,8 km]

63 Luisa e Zohra abitano in una via rettilinea ed escono di casa nello stesso istante per incontrarsi. La distanza tra le case delle due ragazze è di 700 m. Luisa cammina con una velocità costante di 2,0 m/s e Zohra con una velocità 1,5 m/s.

▶ A quale distanza si trovano Luisa e Zohra dopo 1,0 minuti di cammino?

▶ Quanto tempo devono ancora camminare prima di incontrarsi?

[490 m; 140 s]

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

12:26 Mar 30 giu
9%
Preferiti - myZanichelli
Preferiti - myZanichelli
ebook - La fisica di Cut
webreader.zanichelli.it
la Z Ebook
EDI
Condividi
Gestisci download
Scarica
Profilo

12 Un'auto parte da ferma alle 08:34:12 e raggiunge la velocità istantanea di 126 km/h con un'accelerazione media di 0,35 m/s².
- Calcola a che ora raggiunge questa velocità.

[08:35:52]

13 Un'auto aumenta la sua velocità di 1,0 m/min ogni secondo; una moto aumenta la sua velocità di 1,0 km/h ogni minuto.
- Accelera di più l'auto o la moto?

[Auto]

14 **OCCHIO ALL'INCERTEZZA**
La velocità di un'auto è $v_1 = (6{,}5 \pm 0{,}1)$ m/s. Dopo una frenata che dura $(1{,}5 \pm 0{,}1)$ s raggiunge la velocità di $v_2 = (3{,}2 \pm 0{,}1)$ m/s.
- Calcola l'accelerazione media dell'auto e la sua incertezza assoluta.

[$(-2{,}2 \pm 0{,}3)$ m/s²]

15 **COMPLETA**
Il passeggero di un'automobile registra la velocità indicata dal tachimetro ogni 20 s e ottiene la seguente tabella:

t (s)	0	20	40	60
v (km/h)	30	65	105	90
$\bar{a}$ (m/s²)				

- In quale intervallo di tempo si ha l'accelerazione massima? Qual è il suo valore?
- Quanto vale l'accelerazione media nell'ultimo intervallo di tempo?

[0,56 m/s²; −0,21 m/s²]

16 **SPIEGA PERCHÉ**
Considera due corpi che hanno un moto vario. La differenza tra le loro velocità resta costante nel tempo: $v_2 - v_1 = k$.
- Dimostra che i due corpi hanno la stessa accelerazione.

Suggerimento Calcola l'accelerazione dei due corpi in uno stesso intervallo di tempo fissato Δt.

17 Un motoscafo che si sta muovendo alla velocità di 23 nodi (1 nodo = 1,852 km/h) accelera per 35 s con un'accelerazione media di 0,13 m/s². Quindi decelera per 67 s con una accelerazione di −0,18 m/s². Infine accelera con un'accelerazione di 1,2 m/s².
- In quale istante di tempo il motoscafo raggiunge la velocità di 75 nodi?

[131 s]

Come si arriva al risultato
1. Calcola la velocità finale in nodi al termine della prima fase di accelerazione.
2. Calcola la velocità finale in nodi al termine della fase con accelerazione negativa.
3. A partire dalla velocità che hai appena ricavato, calcola la durata del terzo tratto del moto necessario per raggiungere i 75 nodi e ricava l'istante finale.

18 Maria sta guidando la sua auto quando passa davanti a un lampione e inizia a frenare. La frenata dura 2,3 s e l'auto subisce un'accelerazione media pari a −3,6 m/s², finendo per fermarsi vicino a una panchina. Maria inserisce quindi la retromarcia e ripassa davanti al lampione alla velocità di 14,4 km/h con un'accelerazione media di −1,9 m/s².
- Calcola la velocità istantanea dell'auto quando passa per la prima volta davanti al lampione.
- Calcola quanto tempo ha impiegato l'auto per andare dalla panchina al lampione.
- Calcola l'accelerazione media dell'auto da quando raggiunge il lampione per la prima volta a quando ritorna al lampione.

[30 km/h; 2,1 s; −2,8 m/s²]

19 Un'auto della polizia sta percorrendo una strada stretta alla velocità di 54 km/h. All'improvviso riceve una chiamata d'emergenza e inizia una rapida manovra per imboccare una stradina laterale che ha oltrepassato da poco. L'auto frena, fermandosi in 1,8 s. Poi ingrana la retromarcia aumentando la velocità per 3,0 s fino a raggiungere la velocità di 21,6 km/h. Infine rallenta fino a fermarsi in altri 2,0 s: da qui è in grado di imboccare la stradina.
- Calcola le accelerazioni medie dell'auto della polizia durante le diverse manovre e confrontane il segno con quello della velocità.

[−8,3 m/s²; −2,0 m/s²; 3,0 m/s²]

2 Il moto rettilineo uniformemente accelerato

Problema guidato

20 Una moto parte da ferma e raggiunge la velocità di 110 km/h mantenendo un'accelerazione costante di 1,1 m/s².
- Calcola in quanto tempo la moto raggiunge questa velocità.

[28 s]

Soluzione
- Convertiamo la velocità in m/s:

$$v = 110 \text{ km/h} = \frac{110}{3{,}6} \text{ m/s} = \ldots\ldots \text{ m/s}$$

- La moto parte da ferma, quindi con velocità iniziale pari a ..... m/s.
- Calcoliamo l'intervallo di tempo ricordando che è direttamente proporzionale alla variazione di velocità secondo la legge $\Delta v = a\Delta t$:

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{\ldots\ldots} = \frac{v_2 - v_1}{\ldots\ldots} = \frac{\ldots\ldots \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{\ldots\ldots \text{ m/s}^2} = \ldots\ldots \text{ s}$$

21 Un'automobile parte da ferma e raggiunge la velocità di 100 km/h mantenendo un'accelerazione costante di 2,5 m/s².
- Calcola la durata della fase di accelerazione.

[11 s]

22 Un'auto che si muove alla velocità di 20 m/s inizia a frenare per evitare un ostacolo e decelera in maniera uniforme con un'accelerazione di −2,0 m/s².
- Calcola dopo quanto tempo si ferma.

[10 s]

23 Una centometrista scatta dai blocchi con un'accelerazione costante di 2,5 m/s², che mantiene per 3,8 s.
- Calcola la sua velocità al termine della fase di accelerazione.

[9,5 m/s]

24 Una moto che viaggia alla velocità di 6,0 m/s accelera per 4,0 secondi, con accelerazione pari a 1,25 m/s².



- Scrivi la legge velocità-tempo della moto a partire da quando accelera.

25 La legge velocità-tempo di un oggetto che si muove di moto rettilineo uniformemente accelerato è:

$$v = (10 \text{ m/s}) + (1{,}5 \text{ m/s}^3)t$$

- Indica quanto valgono la velocità iniziale e l'accelerazione.

[10 m/s; 1,5 m/s²]

26 La legge velocità-tempo che descrive il moto di uno scooter in un tratto di strada rettilineo è:

$$v = 5{,}5 \text{ m/s} + (3{,}4 \text{ m/s}^2)t$$

- Qual è la velocità dello scooter nell'istante $t = 3{,}0$ s?

[16 m/s]

Problema guidato

27 Un'auto accelera per 2,0 secondi, con accelerazione pari a 3,4 m/s², e raggiunge la velocità di 12,2 m/s.
- Calcola la velocità iniziale dell'auto e scrivi la legge velocità-tempo.
- Calcola la velocità dell'auto a $t = 4{,}0$ s.

[5,4 m/s; 19 m/s]

Soluzione
- Conosciamo l'accelerazione dell'auto e la durata dell'accelerazione, quindi possiamo calcolare Δv, che è ..... proporzionale a Δt:

$$\Delta v = a\Delta t = (3{,}4 \text{ m/s}^2)(\ldots\ldots \text{ s}) = \ldots\ldots \text{ m/s}$$

- Perciò la velocità iniziale è:

$$v_1 = v_2 - \ldots\ldots = 12{,}2 \text{ m/s} - \ldots\ldots \text{ m/s} = \ldots\ldots \text{ m/s}$$

- La legge velocità-tempo è:

$$v = \ldots\ldots + at = (\ldots\ldots \text{ m/s}) + (\ldots\ldots \text{ m/s}^2)t$$

- Per calcolare la velocità dopo 4,0 s sostituiamo questo valore al posto della variabile ..... nella legge velocità-tempo:

$$v = (\ldots\ldots \text{ m/s}) + (\ldots\ldots \text{ m/s}^2)(4{,}0 \text{ s}) = \ldots\ldots \text{ m/s}$$

28 Un'auto si muove con accelerazione costante. All'istante $t = 0$ s la sua velocità è 25,5 m/s mentre all'istante $t = 10{,}0$ s l'auto si ferma.
- Scrivi la legge velocità-tempo del moto.
- Qual è la velocità dell'auto all'istante $t = 2{,}5$ s?
- In quale istante di tempo l'auto ha una velocità di 10 m/s?

[19 m/s; 6,1 s]

29 Un'auto di Formula 1 entra nel rettilineo alla velocità di 150 km/h. Poi accelera per 3,0 s con un'accelerazione costante di 9,0 m/s².



- Scrivi la legge velocità-tempo e calcola la velocità al termine dell'accelerazione.
- Calcola la velocità dell'auto dopo 1,0 s dall'inizio dell'accelerazione.

[247 km/h; 182 km/h]

30 Un aereo sulla pista di decollo parte da fermo e, dopo 15 secondi di moto uniformemente accelerato, si stacca dalla pista con velocità $v_1 = 30{,}0$ m/s.
- In quanto tempo la velocità dell'aereo aumenta da 8,0 m/s a 11,0 m/s?
- Di quanto aumenta la velocità nel corso dei primi 10 secondi? La risposta cambia se si considerano invece gli ultimi 10 secondi?

[1,5 s; 20 m/s]

31 Un'auto da corsa parte da ferma e raggiunge con accelerazione costante la velocità di 188 km/h in 11,4 s. Calcola:
- l'accelerazione dell'auto;
- la velocità dell'auto dopo 13,4 s dalla partenza.

[4,6 m/s²; 220 km/h]

32 Un aereo in fase di decollo si muove sulla pista rettilinea con velocità costante pari a 4,0 m/s. A un certo istante accelera con accelerazione costante pari a 2,5 m/s². Dopo 12 secondi decolla.
- Calcola la velocità con cui l'aereo si stacca dalla pista.
- In quanto tempo la velocità dell'aereo aumenta da 4,0 m/s a 8,0 m/s?

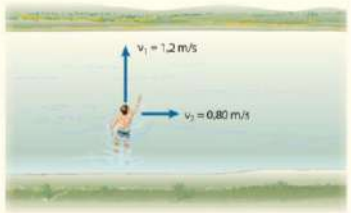
[34 m/s; 1,6 s]

12:27 Mar 30 giu
9%
Preferiti - myZanichelli
Preferiti - myZanichelli
ebook - La fisica di Cut
webreader.zanichelli.it
la Z Ebook
EDI
Condividi
Gestisci download
Scarica
Profilo

3 La composizione dei moti

Problema guidato

19 Marco attraversa un fiume a nuoto procedendo da una riva verso l'altra con una velocità di 1,2 m/s. Mentre nuota, la corrente lo trascina in direzione parallela alle rive del fiume con velocità 0,80 m/s.



- Calcola il modulo della velocità di Marco vista da un osservatore fermo su una riva del fiume.

[1,4 m/s]

Soluzione

- La velocità totale è la somma vettoriale tra la velocità di Marco $\vec{v}_1$ e la velocità di trascinamento del fiume $\vec{v}_2$.
- Considerando che i vettori $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ sono perpendicolari, dal teorema di Pitagora abbiamo:

$$v = \sqrt{(\ldots\ldots\ \text{m/s})^2 + (\ldots\ldots\ \text{m/s})^2} = \ldots\ldots\ \text{m/s}$$

20 Una nave si allontana dal porto muovendo verso nord alla velocità di 5,0 m/s. Un passeggero a bordo sta camminando sul ponte da ovest verso est alla velocità di 1,0 m/s.



- Calcola il modulo della velocità del passeggero rispetto a un osservatore fermo sul porto.

[5,1 m/s]

21 Greta attraversa un fiume nuotando da sud verso nord alla velocità di 0,75 m/s. La corrente del fiume è diretta verso est e ha una velocità di 2,0 m/s.

- Calcola il modulo della velocità di Greta rispetto a un osservatore fermo a riva.

[2,1 m/s]

Gli strumenti del mestiere

Quando un oggetto compie due moti simultanei in due direzioni, non è detto che sia possibile determinare una legge che descrive come cambia il vettore spostamento *totale* oppure il vettore velocità *totale* nel tempo.
Ricorda che devi **considerare separatamente le leggi del moto lungo ciascuna direzione**, e solo alla fine fare la somma vettoriale delle componenti per ottenere il modulo dei vettori.

Problema guidato

22 Un'astronave viaggia nel verso positivo dell'asse x a una velocità costante $v_{0x} = 6300$ m/s. A un certo istante vengono accesi due motori. Un motore imprime all'astronave un'accelerazione costante $a_x = 2{,}1$ m/s^2 nel verso positivo dell'asse x, mentre l'altro le imprime un'accelerazione $a_y = 7{,}5$ m/s^2 nel verso positivo dell'asse y. Dopo 650 s i motori vengono spenti.

- Determina il modulo della velocità nell'istante in cui vengono spenti i motori.

[$9{,}1 \cdot 10^3$ m/s]

Soluzione

- La velocità finale lungo la direzione x si ottiene dalla legge velocità-tempo del moto uniformemente accelerato:

$$v_x = v_{0x} + a_x t = \ldots\ldots\ \text{m/s} + (\ldots\ldots\ \text{m/s}^2)(\ldots\ldots\ \text{s}) = \ldots\ldots\ \text{m/s}$$

- In modo analogo, la velocità finale lungo la direzione y è:

$$v_y = v_{0y} + a_y t = \ldots\ldots\ \text{m/s} + (\ldots\ldots\ \text{m/s}^2)(\ldots\ldots\ \text{s}) = \ldots\ldots\ \text{m/s}$$

- Il modulo della velocità finale è:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(\ldots\ldots\ \text{m/s})^2 + (\ldots\ldots\ \text{m/s})^2} = \ldots\ldots\ \text{m/s}$$

23 Un'astronave viaggia nel verso positivo dell'asse y a una velocità costante $v_{0y} = 7200$ m/s. A un certo istante vengono accesi due motori. Un motore imprime all'astronave un'accelerazione costante $a_x = 5{,}8$ m/s^2 nel verso positivo dell'asse x, mentre l'altro le imprime un'accelerazione costante $a_y = 3{,}1$ m/s^2 nel verso positivo dell'asse y. Dopo un po' i motori vengono spenti e in questo istante la componente y della velocità è $v_y = 8800$ m/s.



- Determina per quanto tempo sono rimasti accesi i motori.
- Determina il modulo della velocità finale dell'astronave.

[520 s; 9300 m/s]

Problem solving **Dalla leggi orarie ai vettori spostamento e velocità**

24 Il moto di un aereo durante i primi istanti dopo il decollo è descritto dalle leggi orarie:

$$x = (70\ \text{m/s})t + \tfrac{1}{2}(0{,}48\ \text{m/s}^3)t^2$$

$$y = (10\ \text{m/s})t + \tfrac{1}{2}(0{,}14\ \text{m/s}^3)t^2$$

L'origine del sistema di riferimento è fissata nel punto in cui l'aereo si stacca dalla pista.

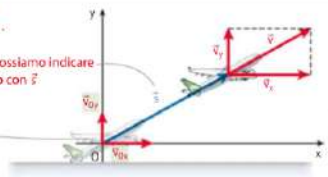
- Determina il modulo del vettore spostamento dell'aereo 5,0 s dopo il decollo.
- Determina il modulo del vettore velocità dell'aereo 10,0 s dopo il decollo.

TRADUCIAMO IL TESTO

LO SCHEMA

l'origine del sistema di riferimento è nel punto di distacco dell'aereo...

... quindi $s_0 = 0$ m, e possiamo indicare il vettore spostamento con $\vec{s}$



I DATI	LE INCOGNITE
$v_{0,x} = 70$ m/s	$s(t = 5{,}0\ \text{s}) = ?$
$v_{0,y} = 10$ m/s	$v(t = 10{,}0\ \text{s}) = ?$
$a_x = 0{,}48$ m/s^2	
$a_y = 0{,}14$ m/s^2	
$t_1 = 5{,}0$ s	
$t_2 = 10{,}0$ s	

RISOLVIAMO PER PASSI

- **IL VETTORE SPOSTAMENTO**

Dalle leggi orarie alle componenti dello spostamento

Le coordinate x e y, la cui variazione nel tempo è descritta dalle **leggi orarie**, sono anche le componenti del vettore spostamento. Sostituendo l'istante $t = 5{,}0$ s nelle leggi orarie, otteniamo quindi le componenti del vettore spostamento in questo istante:

$$s_x(t = 5{,}0\ \text{s}) = x(t = 5{,}0\ \text{s}) = (70\ \text{m/s})(5{,}0\ \text{s}) + \tfrac{1}{2}(0{,}48\ \text{m/s}^2)(5{,}0\ \text{s})^2 = 356\ \text{m}$$

$$s_y(t = 5{,}0\ \text{s}) = y(t = 5{,}0\ \text{s}) = (10\ \text{m/s})(5{,}0\ \text{s}) + \tfrac{1}{2}(0{,}14\ \text{m/s}^2)(5{,}0\ \text{s})^2 = 51{,}8\ \text{m}$$

Il modulo

Il modulo del vettore spostamento dopo 5,0 secondi dal decollo si ottiene dal teorema di Pitagora:

$$s(t = 5{,}0\ \text{s}) = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{(356\ \text{m})^2 + (51{,}8\ \text{m})^2} = 359{,}7\ \text{m} \approx 360\ \text{m}$$

- **IL VETTORE VELOCITÀ**

Dalle leggi velocità-tempo alle componenti della velocità

Dalle leggi orarie ricaviamo le **leggi velocità-tempo** dei moti lungo x e y, che descrivono la variazione nel tempo delle componenti della velocità:

$$v_x(t) = v_{0,x} + a_x t = (70\ \text{m/s}) + (0{,}48\ \text{m/s}^2)t$$

$$v_y(t) = v_{0,y} + a_y t = (10\ \text{m/s}) + (0{,}14\ \text{m/s}^2)t$$

Sostituendo l'istante $t = 10{,}0$ s nelle leggi velocità-tempo, otteniamo le componenti del vettore velocità:

$$v_x(t = 10\ \text{s}) = (70\ \text{m/s}) + (0{,}48\ \text{m/s}^2)(10{,}0\ \text{s}) = 74{,}8\ \text{m/s}$$

$$v_y(t = 10\ \text{s}) = (10\ \text{m/s}) + (0{,}14\ \text{m/s}^2)(10{,}0\ \text{s}) = 11{,}4\ \text{m/s}$$

Il modulo

Il modulo del vettore velocità dopo 10 secondi dal decollo si ottiene dal teorema di Pitagora:

$$v(t = 10{,}0\ \text{s}) = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(74{,}8\ \text{m/s})^2 + (11{,}4\ \text{m/s})^2} = 75{,}7\ \text{m/s} \approx 76\ \text{m/s}$$

Poiché la componente orizzontale della velocità è molto maggiore di quella verticale, il modulo della velocità è quasi uguale alla componente orizzontale.

12:27 Mar 30 giu
8%
Preferiti - myZanichelli
Preferiti - myZanichelli
ebook - La fisica di Cut
webreader.zanichelli.it
la Z Ebook
EDI
Condividi
Gestisci download
Scarica
Profilo

25 PROVA TU UN DATO IN PIÙ

Il moto di un aereo durante i primi 10 secondi dal distacco dalla pista di decollo è descritto dalle leggi orarie:

$$x = (37 \text{ m/s})t$$

$$y = (56 \text{ m/s})t$$

L'origine del sistema di riferimento è fissata nel punto in cui l'aereo si stacca dalla pista.



- Determina il modulo del vettore spostamento dell'aereo 3 secondi dopo il decollo.
- Determina il modulo del vettore velocità dell'aereo 6 secondi dopo il decollo.

[200 m; 67 m/s]

26 PROVA TU

Un modellino di automobile si trova inizialmente a una distanza di 38 cm dall'origine del sistema di riferimento con il vettore posizione che forma un angolo di 70° con la direzione positiva dell'asse x e al di sopra dell'asse. L'automobile si muove con queste leggi orarie:

$$x = x_0 + (2{,}3 \text{ cm/s})t$$

$$y = y_0 + (1{,}1 \text{ cm/s})t + \frac{1}{2}(0{,}40 \text{ cm/s}^2)t^2$$

- Determina il modulo del vettore posizione e del vettore velocità nell'istante $t = 5{,}9$ s.

[56 cm; 4,2 cm/s]

27 Un'astronave con due motori viaggia con una velocità di componenti $v_{0x} = 3500$ m/s e $v_{0y} = 5300$ m/s. A un certo istante i due motori vengono accesi per 430 s. Un motore imprime all'astronave un'accelerazione costante a_x nel verso positivo dell'asse x, mentre l'altro le imprime un'accelerazione costante a_y nel verso positivo dell'asse y. Quando vengono spenti i motori, le componenti x e y della velocità sono $v_x = 6200$ m/s e $v_y = 9100$ m/s.

- Determina il modulo dell'accelerazione risultante.

[10,8 m/s^2]

28 OCCHIO ALL'INCERTEZZA

Il moto piano di un oggetto è descritto dalle seguenti leggi orarie:

$$x(t) = v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$y(t) = \frac{1}{2}a_y t^2$$

L'origine del sistema di riferimento coincide con la posizione dell'oggetto all'istante $t = 0$ s. I parametri del moto con le relative incertezze assolute sono $v_{0x} = (8{,}0 \pm 0{,}3)$ m/s, $a_x = (1{,}1 \pm 0{,}1)$ m/s^2, $a_y = (1{,}3 \pm 0{,}2)$ m/s^2.

- Determina le componenti della posizione dell'oggetto con le loro incertezze assolute nell'istante $t = (3{,}0 \pm 0{,}1)$ s.

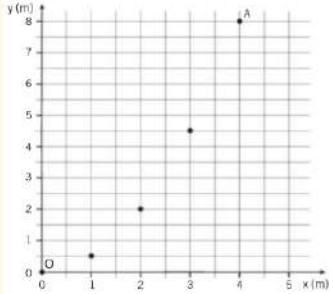
[(29,0 ± 2,5) m; (5,9 ± 1,3) m]

29 Un aereo, in grado di volare a una velocità di 80 m/s, deve raggiungere un punto situato 3,5 km a est rispetto al punto di partenza. L'intero percorso è esposto al vento che soffia con una velocità costante di 15 m/s in direzione nord.

- In quale direzione deve puntare l'aereo per percorrere la rotta corretta?
- Quanto tempo impiega per giungere a destinazione?

[11° sotto la direzione est; 45 s]

30 Un oggetto puntiforme si muove nel piano xy e compie la traiettoria riportata nel grafico.



L'oggetto parte dall'origine all'istante $t = 0$ s e arriva al punto A dopo 4 secondi. Il grafico riporta la posizione dell'oggetto a ogni secondo.

- Stabilisci se i moti lungo x e y sono coerenti con un moto rettilineo uniforme oppure con un moto uniformemente accelerato, e determinane i parametri.
- Determina il modulo della velocità dell'oggetto all'istante $t = 4{,}0$ s.

[1,0 m/s; 1,0 m/s^2; 4,1 m/s]

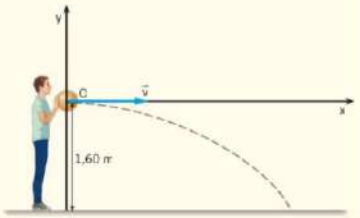
Come si arriva al risultato

1. Analizza un punto del grafico per volta: dall'ascissa ottieni lo spostamento lungo x rispetto alla posizione iniziale; l'intervallo di tempo corrispondente si ricava sapendo che tra un punto e il successivo passa 1 secondo. Calcola quindi la velocità lungo x in ciascun intervallo: osserva che ottieni sempre lo stesso valore.
2. Ripeti il procedimento considerando le ordinate dei punti. In questo caso ottieni valori diversi per la velocità, quindi il moto potrebbe essere uniformemente accelerato. In tal caso l'ordinata di ciascun punto deve soddisfare la relazione $y = (1/2)\,a_y t^2$. Ricava a_y per ciascun punto e verifica che sia costante.
3. Conoscendo le leggi dei due moti lungo x e lungo y calcola v_x e v_y all'istante $t = 4{,}0$ s, e da esse ricava quindi il modulo della velocità totale in questo istante.

4 Il moto di un proiettile

Problema guidato

31 Luca lancia una palla in direzione orizzontale. La palla si trova inizialmente a 1,60 m dal suolo.



- Dopo quanto tempo atterra?

[0,571 s]

Soluzione

- I moti verticale e orizzontale della palla avvengono indipendentemente l'uno dall'altro. Per determinare l'istante in cui la palla tocca terra basta considerare il moto lungo y.
- Lungo la verticale la palla subisce l'accelerazione di gravità $g =$ ..... m/s^2. Il tempo di caduta è il tempo impiegato a percorrere lo spazio che separa la palla da terra, ovvero a raggiungere la quota $y =$ − ..... m.
- Usiamo la legge oraria:

$$y = -\frac{1}{2}gt^2$$

da cui possiamo ricavare t:

$$t = \sqrt{-\frac{2y}{\text{.....}}} = \sqrt{-\frac{2(-\text{..... m})}{\text{..... m/s}^2}} = \text{..... s}$$

32 Una biglia rotola sulla superficie orizzontale di un tavolo. Quando incontra il bordo del tavolo cade e raggiunge il pavimento in 0,52 s.

- Quanto è alto il tavolo?

[1,3 m]

33 Una biglia rotola sulla superficie orizzontale di un tavolo alla velocità di 1,5 m/s, poi raggiunge il bordo e cade. Tocca terra in 0,52 s.

- A quale distanza orizzontale cade la biglia rispetto al bordo della superficie del tavolo?

[78 cm]

34 Durante un allenamento al poligono, un fucile spara un proiettile in direzione orizzontale alla velocità di 20 m/s. Considera un sistema di riferimento con origine nella posizione iniziale del proiettile.

- Calcola le componenti della velocità del proiettile dopo 2,0 s dall'istante in cui è avvenuto lo sparo.

[20 m/s; −20 m/s]

35 Giulia lancia una palla in direzione orizzontale con velocità di modulo 3,2 m/s. La palla impiega 0,80 s per arrivare al suolo.



- Determina la componente verticale della velocità della palla quando arriva al suolo.
- Determina il modulo della velocità della palla quando arriva al suolo.

[−7,8 m/s; 8,4 m/s]

Problema guidato

36 Una palla viene lanciata da terra con una velocità iniziale di modulo 5,0 m/s e direzione che forma un angolo di 40° con il terreno.

- Dopo quanto tempo tocca il terreno?
- Calcola la gittata del lancio.

[0,66 s; 2,5 m]

Soluzione

- Scomponiamo la velocità iniziale nelle sue componenti orizzontale e verticale:

$$v_{0x} = v_0 \cdot \cos\theta = (\text{..... m/s})\cos 40° = \text{..... m/s}$$

$$v_{0y} = v_0 \cdot \text{.....} = (\text{..... m/s}) \cdot \text{.....} = \text{..... m/s}$$

- Scegliamo un sistema di riferimento con origine nella posizione iniziale della palla e scriviamo le leggi orarie. Nella direzione orizzontale il moto della palla è rettilineo *uniforme*/*uniformemente accelerato*, e ha legge oraria:

$$x = \text{.....}\,t$$

Nella direzione verticale il moto è rettilineo *uniforme*/*uniformemente accelerato*, e ha legge oraria:

$$y = \text{.....}\,t - \frac{1}{2}gt^2$$

- Il tempo di volo è il valore di t per cui la quota del proiettile è *massima*/*nulla*; dalla legge oraria *lungo x*/*lungo y* otteniamo:

$$0 = \text{.....}\,t - \frac{1}{2}gt^2$$

ovvero:

$$0 = \left(\text{..... } - \frac{1}{2}gt\right)t$$

Il secondo fattore si annulla per $t = 0$ s, che corrisponde all'istante iniziale. Annullando il primo fattore otteniamo invece il tempo di volo:

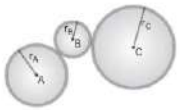
$$t = \frac{2 \cdot \text{.....}}{g} = \frac{2 \cdot \text{..... m/s}}{(\text{..... m/s}^2)} = \text{..... s}$$

- La gittata è la distanza orizzontale che corrisponde al tempo di volo e si ottiene dalla legge oraria *lungo x*/*lungo y*:

$$G = v_{0x}t = (\text{..... m/s})(\text{..... s}) = \text{..... m}$$

12:30 Mar 30 giu
8%

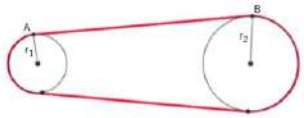
67 I tre dischi nella figura, di raggio $r_A = 20$ cm, $r_B = 12$ cm, $r_C = 30$ cm, ruotano senza strisciare l'uno sull'altro. Il disco A ruota in senso orario con velocità angolare $\omega_A = 1{,}5$ rad/s.



- Determina la velocità angolare e il verso di rotazione degli altri dischi.
- Come cambierebbe il moto se si mettessero direttamente a contatto i dischi A e C, eliminando B?

[B 2,5 rad/s, in verso antiorario; C 1,0 rad/s, in verso orario]

68 **QUANTI SU 100?**
Due dischi di diverso raggio sono uniti da una cinghia che non scivola sui dischi. Il disco A ha raggio $r_1 = 10$ cm e viene fatto ruotare con una frequenza di 1500 giri al minuto. Il disco B ha raggio $r_2 = 25$ cm.



- Determina la frequenza con cui ruota il disco B.
- Si vuole aumentare del 20% la frequenza con cui ruota il disco B. Determina quale deve essere il modulo della velocità tangenziale di un punto sul bordo del disco A.

[600 giri/min; 19 m/s]

69 Due oggetti puntiformi A e B si muovono di moto circolare uniforme sulla stessa circonferenza e distano inizialmente 1/8 di circonferenza. Quando i due oggetti si muovono nello stesso verso, si incontrano dopo 4,7 s. Se invece si muovono uno verso l'altro, si incontrano dopo 2,1 s. I moduli delle velocità dei due oggetti sono indipendenti dal verso di rotazione.

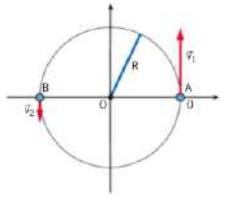
- Calcola i moduli delle velocità angolari dei due oggetti.

[0,10 rad/s; 0,27 rad/s]

Come si arriva al risultato

1. Quando i due oggetti si muovono nello stesso verso, puoi calcolare la differenza delle loro velocità angolari confrontando gli angoli percorsi.
2. Quando i due oggetti si muovono in versi opposti, puoi calcolare la somma delle loro velocità angolari confrontando gli angoli percorsi.
3. Sommando e sottraendo i risultati precedenti, puoi determinare le velocità angolari dei due oggetti.

70 Due oggetti puntiformi A e B si muovono di moto circolare uniforme su una circonferenza di raggio $R = 4{,}0$ m. I moduli delle velocità tangenziali dei due oggetti sono $v_1 = 3{,}6$ m/s e $v_2 = 1{,}3$ m/s. Nella figura sono raffigurati i due oggetti a un certo istante insieme ai rispettivi vettori velocità.



- Determina dopo quanti secondi si incontrano i due oggetti.

Suggerimento I due oggetti si incontrano quando la distanza percorsa dall'oggetto A sulla circonferenza è pari a quella percorsa dall'oggetto B più metà circonferenza.

[3,5 s]

6 L'accelerazione centripeta

Problema guidato

71 Facendo alcune approssimazioni è possibile considerare il moto della Luna intorno alla Terra come un moto circolare uniforme. La Luna dista dalla Terra circa $3{,}84 \cdot 10^8$ m e l'accelerazione centripeta a cui è sottoposta è circa $2{,}72 \cdot 10^{-3}$ m/s^2.

- Calcola la velocità tangenziale della Luna.

[$1{,}02 \cdot 10^3$ m/s]

Soluzione

- La relazione che lega l'accelerazione centripeta e la velocità tangenziale è:

$$a_c = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} \rightarrow v = \sqrt{\text{.....}}$$

- Sostituendo i valori numerici:

$$v = \sqrt{(\text{.....}\ \text{m})(\text{.....}\ \text{m/s}^2)} = \text{.....}\ \text{m/s}$$

72 Un'automobile percorre una curva di raggio 70 m alla velocità costante di 50 km/h.

- Calcola l'accelerazione centripeta.

[2,8 m/s^2]

73 Un oggetto puntiforme si muove di moto circolare uniforme lungo una circonferenza di raggio 24 m. L'accelerazione centripeta dell'oggetto è 28 m/s^2.

- Determina la velocità angolare del moto.

[1,1 rad/s]

74 Durante la centrifuga, il cestello di una lavatrice di raggio $r = 0{,}25$ m ruota con una velocità angolare $\omega = 22$ rad/s.



- Calcola l'accelerazione di un calzino che ruota attaccato al cestello.

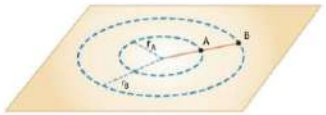
[120 m/s^2]

75 **UN DATO IN PIÙ**
Un oggetto puntiforme di massa $m = 0{,}25$ kg si muove di moto circolare uniforme lungo una circonferenza di raggio 18 cm. La velocità angolare dell'oggetto è $\omega = 0{,}16$ rad/s.

- Determina l'accelerazione centripeta dell'oggetto.

[$4{,}6 \cdot 10^{-2}$ m/s^2]

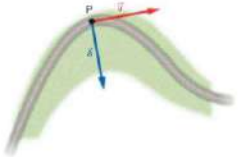
76 **CON LE LETTERE, SENZA NUMERI**
Le due palline nella figura ruotano rimanendo sempre allineate con il centro. I raggi delle due circonferenze sono uno il doppio dell'altro.



- Determina i rapporti $\frac{\omega_B}{\omega_A}$; $\frac{v_B}{v_A}$; $\frac{a_B}{a_A}$.

[1; 2; 2]

77 **CON LE LETTERE, SENZA NUMERI**
Un'auto percorre una curva con velocità $\vec{v}$ di modulo costante. Una seconda auto percorre la stessa strada, in direzione opposta, con velocità di modulo doppio della prima, anch'essa costante.



- Scrivi l'espressione vettoriale di velocità e accelerazione della seconda auto.
- Nella figura sono rappresentate la velocità e l'accelerazione della prima auto quando si trova nel punto P; disegna i vettori corrispondenti per la seconda auto quando si trova nel punto P, rispettando la scala del disegno.

[$\vec{v}_2 = -2\vec{v}$; $\vec{a}_2 = 4\vec{a}$]

Problema guidato

78 La Stazione Spaziale Internazionale (ISS) è in orbita intorno alla Terra, a una distanza media di circa 380 km dal suolo. La Stazione completa 15,5 orbite ogni 24 ore. Il raggio della Terra è pari a 6370 km.

- Calcola l'accelerazione centripeta della Stazione Spaziale Internazionale.

[8,57 m/s^2]

Soluzione

- Il raggio dell'orbita è dato dalla somma del raggio terrestre e della distanza media della Stazione dal suolo:

$$r = \text{.....}\ \text{m} + \text{.....}\ \text{m} = \text{.....}\ \text{m}$$

- Dal numero di orbite in 24 ore ricaviamo il periodo, cioè il tempo impiegato a compiere un'orbita:

$$T = \frac{24(\text{.....}\ \text{s})}{15{,}5} = \text{.....}\ \text{s}$$

- Dal periodo otteniamo la velocità angolare:

$$\omega = \frac{\text{.....}}{T} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}\ \text{s}} = \text{.....}\ \text{rad/s}$$

- Abbiamo tutti i dati necessari per calcolare l'accelerazione centripeta della stazione:

$$a_c = \omega^2 r = (\text{.....}\ \text{rad/s})^2 (\text{.....}\ \text{m}) = \text{.....}\ \text{m/s}^2$$

79 Un oggetto puntiforme si muove di moto circolare uniforme lungo una circonferenza di raggio 5,7 cm. Il punto materiale impiega 1,3 s per compiere un giro completo.

- Determina l'accelerazione centripeta.

[1,3 m/s^2]

Guarda come si risolve

80 Una monoposto di Formula Uno sta percorrendo un rettilineo a velocità costante. Le ruote della vettura stanno girando attorno al proprio asse compiendo 30,0 giri al secondo.



- Calcola il periodo di rotazione della ruota.
- La valvola di gonfiaggio dello pneumatico è posta a 15,2 cm dal centro della ruota. Calcola la velocità, la velocità angolare e l'accelerazione centripeta che subisce la valvola.

[$3{,}33 \cdot 10^{-2}$ s; 28,7 m/s; $1{,}89 \cdot 10^2$ rad/s; $5{,}4 \cdot 10^3$ m/s^2]

GUARDA!
Inquadrami per vedere il video in cui un insegnante svolge il problema

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

12:31 Mar 30 giu
7%

9 Esercizi

1 Il primo principio della dinamica

2 I sistemi di riferimento inerziali

Problema guidato

1 Un oggetto è in moto lungo l'asse y alla velocità di 7,0 m/s. Sull'oggetto agiscono due forze: $\vec{F}_1 = (25\text{N})\hat{y}$ e $\vec{F}_2 = -(25\text{N})\hat{y}$. Al tempo $t = 0$ s la posizione dell'oggetto è −3,0 m.

▸ Scrivi la legge oraria dell'oggetto.

[$y(t) = -3{,}0\text{ m} + (7{,}0\text{ m/s})t$]

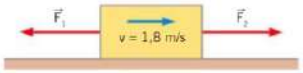
Soluzione

- Le forze che agiscono sull'oggetto hanno entrambe intensità di 25 N ma sono dirette una nel verso positivo dell'asse y e l'altra nel verso negativo, quindi la forza risultante è ..... . Perciò, per il primo principio della dinamica, l'oggetto rimane nello stato di *quiete/moto rettilineo uniforme* in cui si trova.
- Conosciamo la posizione iniziale e la velocità, quindi possiamo scrivere la legge oraria:

$$y(t) = \text{.....}\text{ m} + (\text{.....}\text{ m/s})t$$

2 UN DATO IN PIÙ

Il blocco di massa 2,5 kg mostrato nella figura subisce l'azione di due forze $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$. Le due forze hanno la stessa direzione e verso opposto. Il modulo della forza $\vec{F}_2$ è 10 N e il blocco si muove nel verso di $\vec{F}_2$ alla velocità costante di 1,8 m/s.



▸ Qual è il modulo di $\vec{F}_1$? [10 N]

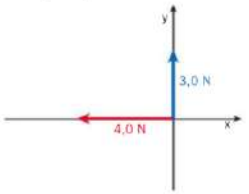
3 Uno scooter si muove di moto rettilineo lungo una direzione scelta come asse delle x e la sua legge oraria è:

$$x(t) = 0{,}5\text{ km} + (40\text{ km/h})t$$

Sullo scooter agiscono due forze: la forza del motore $\vec{F}_1$, diretta lungo la direzione positiva dell'asse x e di modulo 1,3 kN, e la forza $\vec{F}_2$ dovuta all'attrito.

▸ Calcola la forza $\vec{F}_2$ ed esprimila con i versori degli assi. [$-(1{,}3\text{ kN})\hat{x}$]

4 Sul corpo in figura agiscono due forze.



▸ Quale intensità e direzione deve avere una terza forza applicata al corpo per far sì che il suo moto sia rettilineo uniforme?

▸ La forza che hai trovato è unica?

[5,0 N; 37° al di sotto dell'asse x positivo; sì]

5 SPIEGA PERCHÉ

Durante la fase di decollo di un aeroplano i passeggeri si sentono spinti contro lo schienale del sedile. Durante la fase di atterraggio, invece, si sentono spinti lontani dallo schienale. Sia in decollo sia in atterraggio si devono allacciare le cinture di sicurezza. In volo, invece, se non ci sono turbolenze, le cinture di sicurezza si possono slacciare.



▸ Quando un aeroplano non si può considerare, nemmeno con approssimazione, un sistema di riferimento inerziale?

6 SPIEGA PERCHÉ

Dopo aver studiato i sistemi di riferimento inerziali, Laura fa un esperimento. Entra nell'ascensore del suo palazzo con una bilancia pesapersone e ci sale sopra: scopre che il peso indicato quando l'ascensore è fermo non è lo stesso indicato mentre l'ascensore è in movimento. In particolare, la bilancia a volte indica un peso maggiore, altre un peso minore. Laura ne deduce che l'ascensore non può essere considerato un sistema di riferimento inerziale né quando si mette in moto né quando sta per arrestarsi.

▸ Quando l'ascensore sale di piano, la bilancia indica un peso maggiore alla partenza o all'arrivo?

Gli strumenti del mestiere

Nei problemi in cui agiscono più forze bisogna prima di tutto **scegliere un sistema di riferimento** per stabilire i **segni** e disegnare il diagramma di corpo libero. Ricorda che le forze concordi con gli assi sono *positive* mentre quelle con verso opposto rispetto agli assi sono *negative*.

Problema guidato

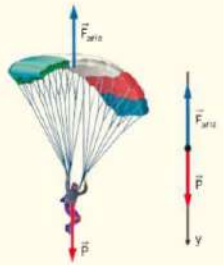
7 Quando apre il paracadute, un paracadutista cade sottoposto a due forze: la forza-peso e la resistenza dell'aria. La resistenza dell'aria aumenta con la velocità e, dopo pochi secondi dall'apertura del paracadute, il paracadutista si muove con una velocità costante, detta velocità limite, che gli consente di atterrare senza riportare danni.

▸ Determina la resistenza dell'aria su un paracadutista che ha una massa complessiva di 85 kg, dopo che ha raggiunto la velocità limite.

▸ Determina la variazione percentuale della resistenza dell'aria se il paracadutista porta un ulteriore carico di 15 kg. [830 N; 18%]

Soluzione

- Trattiamo il sistema paracadute-paracadutista come un punto materiale e tracciamo il diagramma di corpo libero, scegliendo l'asse y lungo la direzione del moto:



- Il paracadutista si muove di moto rettilineo uniforme, quindi per il primo principio della dinamica la forza risultante deve essere ..... : $F_{tot} =$ ..... N.
- Le forze applicate al paracadutista sono due:
  - la forza-peso $\vec{P}$, diretta verticalmente verso il basso, che ha modulo:

$$P = \text{.....} \cdot g = (85\text{ kg})(\text{.....}\text{ m/s}^2) = \text{.....}\text{ N}$$

  - la resistenza dell'aria $\vec{F}_{aria}$, diretta verticalmente verso l'alto.
- Scriviamo la risultante associando il segno negativo alla resistenza dell'aria che è diretta nel verso negativo dell'asse:

$$F_{tot} = P - F_{aria} = \text{.....}\text{ N}$$

da cui otteniamo che le due forze devono avere la stessa intensità:

$$F_{aria} = P = \text{.....}\text{ N}$$

- Se la massa del sistema paracadute-paracadutista aumenta, la sua forza-peso aumenta:

$$P' = m'g = (85\text{ kg} + \text{.....}\text{ kg}) \cdot 9{,}81 = \text{.....}\text{ kg}$$

quindi anche il modulo della resistenza dell'aria aumenta:

$$F'_{aria} = \text{.....} = \text{.....}\text{ N}$$

- Per definizione la variazione percentuale è:

$$\Delta F_{aria} = \frac{\text{.....} - F_{aria}}{F_{aria}} \cdot 100 = \frac{(\text{.....}\text{ N}) - (\text{.....}\text{ N})}{\text{.....}\text{ N}} \cdot 100 = \text{.....}\ \%$$

8 Una gru viene usata per trasportare una cassa che contiene materiale edile al quinto piano di un edificio. La cassa ha una massa di 30 kg e durante la salita si muove di moto rettilineo uniforme.



▸ Calcola quanto vale il modulo della tensione della fune che solleva la cassa quando viene usata per trasportare due sacchi di cemento da 50 kg l'uno.

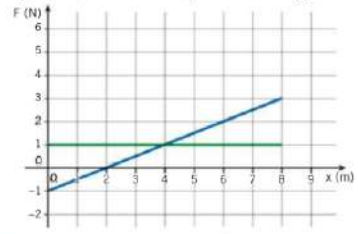
▸ Se la gru solleva un solo sacco di cemento, la tensione aumenta o diminuisce rispetto al caso precedente? [1280 N]

9 Un bambino sta scendendo lungo uno scivolo alto 1,50 m e lungo 2,50 m con velocità costante. La forza di attrito tra i pantaloncini del bambino e lo scivolo vale 140 N.

▸ Quanto pesa il bambino? [233 N]

10 LEGGI IL GRAFICO

Un oggetto si muove a velocità costante in direzione orizzontale nel verso positivo del sistema di riferimento. Sull'oggetto agiscono 3 forze $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ e $\vec{F}_3$, anch'esse orizzontali. La figura mostra i valori delle forze $\vec{F}_1$ (in blu) e $\vec{F}_2$ (in verde) al variare della posizione x dell'oggetto.



▸ Disegna il grafico della forza $\vec{F}_3$ al variare della posizione x.

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

12:32 Mar 30 giu
7%

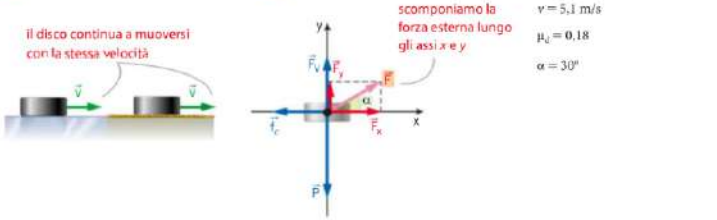
Problem solving — Il primo principio in due direzioni

11 Un disco da hockey di 160 g viene lanciato sul ghiaccio con velocità orizzontale $v = 5{,}1$ m/s. A un certo punto arriva in una zona in cui è stata sparsa della sabbia e il coefficiente di attrito dinamico tra il disco e la sabbia è $\mu_d = 0{,}18$.

▸ Calcola il modulo della forza esterna $\vec{F}$ inclinata verso l'alto di 30° che bisogna applicare al disco perché si muova a velocità costante.

TRADUCIAMO IL TESTO

LO SCHEMA		I DATI	LE INCOGNITE
A Schema della situazione fisica	B Diagramma di corpo libero	$m = 0{,}160$ kg	$F = ?$
		$v = 5{,}1$ m/s	
		$\mu_d = 0{,}18$	
		$\alpha = 30°$	



RISOLVIAMO PER PASSI

• LA SCOMPOSIZIONE DELLE FORZE

Per il primo principio della dinamica, affinché il disco continui a muoversi a velocità costante la risultante delle forze deve essere nulla. Poiché il primo principio è una relazione vettoriale, deve annullarsi *ciascuna delle componenti* della forza risultante in direzione verticale e orizzontale.

Scomponiamo quindi tutte le forze lungo le due direzioni; l'unica forza da scomporre è la forza esterna:

$$F_x = F\cos\alpha$$
$$F_y = F\sin\alpha$$

• IL PRIMO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

Lungo l'asse *y*

Le forze che agiscono sul disco in direzione verticale sono:

- la forza-peso $\vec{P}$;
- la componente verticale della forza esterna: $F_y = F\sin\alpha$;
- la reazione vincolare F_V che il suolo applica al disco.

La risultante deve essere nulla; possiamo quindi determinare la reazione vincolare:

$$F_V + F_y - P = 0 \quad \rightarrow \quad F_V = P - F_y = mg - F\sin\alpha$$

segno **negativo**: è diretta verso il **basso**

Lungo l'asse *x*

Le forze che agiscono sul disco in direzione orizzontale sono:

- la componente orizzontale della forza esterna: $F_x = F\cos\alpha$;
- la forza di attrito dinamico: $f_d = \mu_d F_V = \mu_d(mg - F\sin\alpha)$.

usiamo l'espressione di F_V trovata dall'equilibrio lungo l'asse *y*

La risultante deve essere nulla, quindi la componente orizzontale della forza esterna e la forza di attrito devono bilanciarsi:

segno **negativo**: è diretta verso **sinistra**

$$F_x - f_d = 0 \quad \rightarrow \quad F_x = f_d$$

Sostituendo le espressioni di F_x e f_d otteniamo il modulo della forza esterna:

$$F\cos\alpha = \mu_d(mg - F\sin\alpha) \quad \rightarrow \quad F = \frac{\mu_d mg}{\cos\alpha + \mu_d\sin\alpha} = \frac{0{,}18(0{,}160\text{ kg})(9{,}81\text{ m/s}^2)}{\cos 30° + 0{,}18\sin 30°} = 0{,}30\text{ N}$$

12 PROVA TU

Amir gioca con sua figlia, di massa 16 kg: la spinge, all'interno di uno scatolone, con una forza inclinata di 32° verso il basso. Il coefficiente di attrito dinamico tra scatolone e pavimento vale 0,67.



▸ Calcola l'intensità della forza che deve esercitare Amir affinché lo scatolone si muova con una velocità costante.

[210 N]

13 PROVA TU

Un viaggiatore in aeroporto trascina a velocità costante il proprio trolley con le ruote rotte applicando una forza $\vec{F}$ di 100 N inclinata verso l'alto di 60°.

Il coefficiente di attrito dinamico tra il trolley e il pavimento è $\mu_d = 0{,}50$.

▸ Calcola il modulo della forza di attrito $\vec{f}_d$ fra trolley e pavimento.

▸ Calcola il modulo della reazione vincolare $\vec{F}_V$.

▸ Calcola la massa del trolley.

[50 N; 100 N; 19 kg]

3 Il secondo principio della dinamica

Problema guidato

14 In prossimità del traguardo, una ciclista fa uno sprint durante il quale accelera di 1,5 m/s². La massa della bicicletta è di 7,8 kg, quella della ciclista di 65 kg.

▸ Calcola il modulo della forza risultante applicata alla bicicletta durante l'accelerazione.

[$1{,}1 \cdot 10^2$ N]

Soluzione

- Calcoliamo la massa totale:

$$m_{tot} = 7{,}8\text{ kg} + \ldots\ldots\text{ kg} = \ldots\ldots\text{ kg}$$

- Dal secondo principio della dinamica:

$$F_{tot} = m_{tot}a = (\ldots\ldots\text{ kg})(1{,}5\text{ m/s}^2) = \ldots\ldots\text{ N}$$

15 Un carrello vuoto del supermercato ha una massa di 5,4 kg. Oscar aggiunge 25 kg di spesa.

▸ Calcola il modulo dell'accelerazione che subisce il carrello pieno quando Oscar lo spinge con una forza di intensità 25 N.

[0,82 m/s²]

16 Durante la partenza di una corsa di *sleddog*, otto husky esercitano su una slitta una forza di 600 N e l'abitacolo subisce un'accelerazione di 5,0 m/s². Il guidatore ha una massa di 80 kg.

▸ Qual è la massa della slitta?

[40 kg]

Gli strumenti del mestiere

Nei problemi in cui agiscono più forze bisogna prima di tutto stabilire la **forza risultante**, prestando attenzione ai segni. Il secondo principio della dinamica lega la forza risultante all'accelerazione risultante dell'oggetto su cui agisce.

Problema guidato

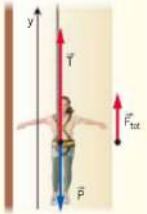
17 In un parco di divertimento viene costruita l'attrazione *L'ascensore mancante*, in cui una persona viene imbragata con una corda elastica e lasciata cadere nel vano di un ascensore privo di cabina. Giunta a fine corsa, la persona oscilla per alcune volte, fino a fermarsi; poi viene sollevata, tramite la corda, fino al punto di partenza. Durante la risalita, la corda esercita una forza che fa muovere la persona con un'accelerazione di 7,50 m/s². Camilla ha una massa di 42,5 kg e ha provato l'attrazione.

▸ Quanto vale la tensione della corda durante la risalita di Camilla?

[736 N]

Soluzione

- Trattiamo Camilla come un punto materiale e tracciamo il diagramma di corpo libero, dopo aver scelto l'asse *y* lungo la direzione del moto.



- Applichiamo il secondo principio della dinamica a Camilla nella fase di risalita, considerando la forza risultante: $\vec{F}_{tot} = m\vec{a}$.
- La forza risultante è la somma del peso di Camilla e della tensione della corda: poiché Camilla sta accelerando verso l'alto, la risultante è diretta verso *l'alto/il basso*. Nel riferimento scelto sono positive le forze dirette verso l'alto, perciò la tensione T della corda ha segno *positivo/negativo*, mentre il peso $P = mg$ ha segno *positivo/negativo*. Il modulo della forza risultante è dunque:

$$F_{tot} = T - mg$$

- Dal secondo principio ricaviamo la tensione della corda:

$$T - mg = ma \quad \rightarrow \quad T = m(g + \ldots\ldots)$$

La tensione è quindi la somma di due termini, uno dovuto alla forza-peso di Camilla e l'altro alla forza che determina l'accelerazione con cui Camilla sale. Sostituiamo i valori numerici e otteniamo:

$$T = (42{,}5\text{ kg})(\ldots\ldots\text{ m/s}^2 + \ldots\ldots\text{ m/s}^2) = \ldots\ldots\text{ N}$$

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

12:32 Mar 30 giu 7%

18 Emma vuole misurare l'accelerazione con cui parte l'ascensore del suo palazzo utilizzando una app dello smartphone. Quando l'ascensore parte, l'accelerazione fornita dalla app è pari a circa 0,70 m/s². La cabina dell'ascensore ha una massa di 310 kg. Emma ha una massa di 45,8 kg.
- Qual è la tensione del cavo che sostiene l'ascensore quando è fermo?
- Di quanto aumenta la tensione del cavo quando l'ascensore parte?

[3490 N; 250 N]

19 La massa totale di un motociclista e della sua moto è 270 kg. La moto ha un'accelerazione di 2,4 m/s². Sulla moto agiscono forze che si oppongono al suo movimento, per un totale di 450 N.
- Calcola la forza totale che agisce sulla moto.
- Calcola la forza esercitata dal motore della moto.

[1100 N; 650 N]

Guarda come si risolve

20 La navicella spaziale *Starship* dell'agenzia spaziale SpaceX insieme al booster di lancio ha una massa complessiva di $4{,}9 \cdot 10^3$ tonnellate. Il sistema al lancio è spinto da 31 motori Raptor, ciascuno dei quali è in grado di spingere con una forza di $1{,}7 \cdot 10^3$ kN.
- Calcola l'accelerazione della *Starship* al lancio.

[0,9 m/s²]

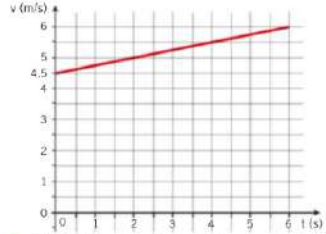


GUARDA!
Inquadrami per vedere il video in cui un insegnante svolge il problema

21 Un paracadutista si lancia da un elicottero. La sua velocità, quando apre il paracadute, passa da 180 km/h a 36 km/h in 2,0 s. La massa complessiva del sistema costituito dal paracadutista e dal paracadute è 90 kg.
- Qual è la forza media totale che agisce sul sistema? In quale verso è diretta?
- Qual è la forza media esercitata dalla resistenza dell'aria sul sistema? In quale verso è diretta?

[1,8 kN verso l'alto; 2,7 kN verso l'alto]

22 LEGGI IL GRAFICO
La figura mostra il grafico velocità-tempo di un tratto della corsa rettilinea di un atleta di 72 kg.



- Calcola la forza applicata all'atleta. [19 N]

23 Due amici spingono una cassa che ha massa 100 kg, inizialmente ferma, applicando due forze parallele di intensità $F_1 = 400$ N e $F_2 = 350$ N. La forza di attrito che si oppone al moto ha intensità uguale a 700 N.
- Determina la velocità della cassa dopo 1,5 s di spinta.

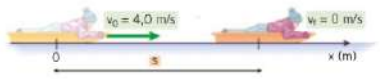
[0,75 m/s]

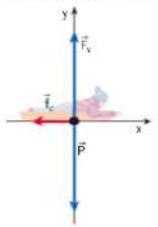
Problem solving **Dinamica e cinematica**

24 Uno slittino si muove su un pianoro innevato con una velocità $v_0 = 4{,}0$ m/s. A un certo istante, finisce su una zona in cui il coefficiente di attrito dinamico fra i pattini dello slittino e la neve è $\mu_d = 0{,}050$.
- Dopo quanti metri lo slittino si ferma?

TRADUCIAMO IL TESTO

LO SCHEMA		I DATI	LE INCOGNITE
A Schema della situazione fisica	B Diagramma di corpo libero	$v_0 = 4{,}0$ m/s	$s = ?$
		$\mu_d = 0{,}050$	
		I DATI NASCOSTI	
		$v_f = 0$ m/s	





lo slittino si ferma

RISOLVIAMO PER PASSI

- **IL DIAGRAMMA DI CORPO LIBERO**

Trattiamo lo slittino come un punto materiale e disegniamo nel diagramma di corpo libero le forze che agiscono sullo slittino:
- la forza-peso $\vec{P}$;
- la forza di reazione vincolare $\vec{F}_V$;
- la forza di attrito dinamico $\vec{f}_d$, che fa rallentare lo slittino.

- **DINAMICA: LE FORZE E L'ACCELERAZIONE**

Lungo l'asse y: il primo principio della dinamica

Lungo la direzione verticale, lo slittino *non si muove*: dal **primo principio della dinamica** sappiamo che la somma vettoriale delle forze è nulla. Quindi:

$$\vec{F}_V + \vec{P} = 0 \rightarrow F_V - P = 0 \rightarrow F_V = P$$

segno **negativo**: è diretta verso il **basso**

Lungo l'asse x: il secondo principio della dinamica

Lungo la direzione orizzontale, lo slittino *si muove* e agisce la forza di attrito dinamico, che è data da:

$$f_d = \mu_d F_V = \mu_d P$$

Applichiamo il **secondo principio della dinamica** per determinare l'accelerazione:

segno **negativo**: la forza di attrito è diretta verso **sinistra**

$$-f_d = ma \rightarrow a = -\frac{f_d}{m} = -\frac{\mu_d P}{m} = -\frac{\mu_d mg}{m} = -\mu_d g$$

- **CINEMATICA: LA DISTANZA PERCORSA**

Lo slittino si muove di moto uniformemente accelerato. Conosciamo l'accelerazione, la velocità iniziale e quella finale; applichiamo quindi la **legge spazio-velocità** per determinare la distanza che percorre prima di fermarsi:

lo slittino alla fine è **fermo**: $v_f = 0$ m/s

$$s = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-v_0^2}{-2\mu_d g} = \frac{v_0^2}{2\mu_d g} = \frac{(4{,}0\ \text{m/s})^2}{2(0{,}050)(9{,}81\ \text{m/s}^2)} = 16\ \text{m}$$

25 PROVA TU
Un carro attrezzi sta trasportando un'auto di 1900 kg in panne e con le ruote bloccate all'officina meccanica. Alla fine di un rettilineo, in prossimità di una curva, l'auto si sgancia dai supporti e procede dritta attraverso dei campi incolti. Il coefficiente di attrito dinamico fra le ruote dell'auto e il terreno è $\mu_d = 0{,}40$. La velocità iniziale dell'auto è di 30 km/h.
- In quanto tempo l'auto si ferma?
- Quanti metri percorre l'auto prima di fermarsi?

[2,1 s; 8,8 m]

26 PROVA TU
Una navicella spaziale sta per toccare il suolo della Luna, dove l'accelerazione di gravità è 1,62 m/s². A un'altezza di 165 m dal suolo, il veicolo, che ha massa $1{,}13 \cdot 10^4$ kg, sta scendendo verticalmente alla velocità di 18 m/s. Per rallentarlo viene acceso un retrorazzo che gli imprime una spinta verso l'alto.
- Calcola la spinta verso l'alto necessaria per ridurre la velocità del veicolo a 0 m/s nell'istante in cui tocca il suolo lunare.

[$2{,}94 \cdot 10^4$ N]

4 Il terzo principio della dinamica

Problema guidato

27 Sara sale su una bilancia pesapersone e legge il valore di 47,4 kg.
- Calcola la forza esercitata dal piatto della bilancia sui piedi di Sara.

[465 N]

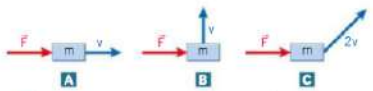
Soluzione
- La forza che Sara esercita sul piatto della bilancia ha modulo pari al suo ....., direzione ..... ed è orientata verso il .....
- Per il terzo principio della dinamica, la forza esercitata dal piatto della bilancia su Sara ha lo stesso modulo e la stessa direzione, ma è orientata verso .....
- Il valore che Sara legge sulla bilancia è quello della sua ..... Calcoliamo il modulo della forza esercitata da Sara, cioè del suo peso:

$F = mg = (\ldots\ldots\ \text{kg})(\ldots\ldots\ \text{m/s}^2) = \ldots\ldots\ \text{N}$

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

12:32 Mar 30 giu
7%

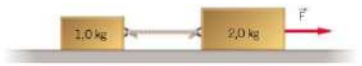
51 **SPIEGA PERCHÉ**
Considera i tre casi nella figura.



- L'accelerazione che subisce il corpo è la stessa?
- In quali casi la forza modifica il modulo della velocità? E la direzione? Perché?

Gli strumenti del mestiere
Ricorda che, nel caso di **oggetti collegati** che si muovono con la stessa accelerazione, puoi **definire il sistema** a cui applicare il secondo principio in modi diversi:
- per determinare l'accelerazione, conviene applicare il secondo principio al sistema costituito da tutti gli oggetti collegati;
- per determinare la tensione della fune, conviene applicarlo ai singoli oggetti.

52 Due blocchi di massa 1,0 kg e 2,0 kg sono collegati da una fune di massa trascurabile e giacciono su un piano orizzontale. Il blocco di massa 2,0 kg viene tirato da una forza orizzontale di modulo 0,60 N.
La massa della fune e l'attrito tra i blocchi e il piano sono trascurabili.



- Calcola l'accelerazione dei due blocchi.
- Calcola la tensione della fune che collega i due blocchi.

[0,20 m/s²; 0,20 N]

53 Tre blocchi *A*, *B* e *C* di massa 2,0 kg, 3,0 kg e 5,0 kg si trovano su un piano orizzontale e sono collegati tra loro da funi di massa trascurabile. Il blocco *C* viene tirato da una forza orizzontale di modulo 25 N. L'attrito tra i blocchi e il piano è trascurabile.



- Calcola la tensione della fune tra *A* e *B*.

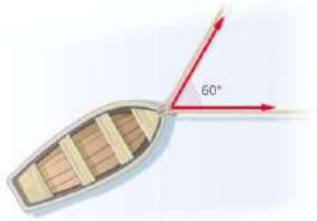
[5,0 N]

54 Due oggetti di massa 4,0 kg e 3,0 kg sono collegati tramite una fune di massa trascurabile che scorre attorno a una carrucola. La carrucola è bloccata e non può ruotare. Trascura l'attrito tra la fune e la carrucola.
- Calcola l'accelerazione dei due oggetti.



[1,4 m/s²; −1,4 m/s²]

55 Due pescatori devono spostare una barca di massa $m = 130$ kg su un lago ghiacciato trainandola da prua con due funi che formano tra loro un angolo di 60°. La forza di attrito tra la chiglia della barca e il ghiaccio è $f_a = 200$ N. Le forze applicate dai due pescatori hanno entrambe modulo 150 N.



- Determina modulo e direzione dell'accelerazione della barca.

Dieci secondi dopo che la barca ha cominciato a muoversi, i due pescatori lasciano improvvisamente le funi.
- Scrivi la legge oraria della barca a partire da quando la barca viene tirata.

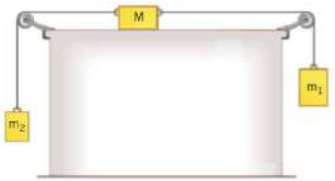
[0,46 m/s²]

Come si arriva al risultato
1. Per semplificare i calcoli, scegli il sistema di riferimento con l'asse *x* diretto lungo la bisettrice delle forze applicate dalle due funi.
2. Per determinare l'accelerazione, applica il secondo principio della dinamica separatamente lungo gli assi: lungo l'asse *y* le componenti delle tensioni si compensano, mentre lungo l'asse *x* agiscono le componenti delle tensioni e la forza di attrito del ghiaccio.
3. Osserva che la legge oraria ha un'espressione diversa nel tratto in cui la barca viene tirata e nel tratto che inizia quando la barca viene lasciata andare.
4. Scrivi la legge oraria del moto uniformemente accelerato nei primi 10 s.
5. Calcola la nuova posizione iniziale e la nuova velocità iniziale della barca dopo 10 s e la sua nuova accelerazione; quindi scrivi la legge oraria del moto uniformemente accelerato con istante iniziale $t_0 = 10$ s prestando attenzione ai segni.

56 Un libro viene trascinato su un tavolo da una forza che forma un angolo di 30° con la direzione orizzontale. Il coefficiente di attrito dinamico tra il libro e il tavolo è 0,60.
- Quale deve essere l'intensità della forza per produrre un'accelerazione del libro di 3,0 m/s²?
- Sarebbe possibile ottenere un'accelerazione di 20 m/s² con questa inclinazione della forza?

[7,6 N]

57 **CON LE LETTERE, SENZA NUMERI**
Considera il sistema di corpi nella figura, con $m_1 > m_2$. Tutti gli attriti sono trascurabili e i cavi inestensibili.



- Determina l'accelerazione dei tre blocchi.

Suggerimento L'accelerazione è la stessa per i tre blocchi perché i cavi sono inestensibili.
- Determina la tensione della fune che collega m_1 a M.

$\left[\frac{m_1 - m_2}{m_1 + M + m_2}g;\ \frac{m_1(M + 2m_2)}{m_1 + M + m_2}g\right]$

58 **CON LE LETTERE, SENZA NUMERI**
Una catenella omogenea, di lunghezza l, è stesa su un tavolo liscio, e inizialmente non sporge dal tavolo. Quando un'estremità viene fatta sporgere da un lato del tavolo la catenella inizia a scivolare. L'altezza del tavolo è maggiore della lunghezza l. Trascura ogni forma di attrito.
- Esprimi il modulo dell'accelerazione di un punto della catenella in funzione della lunghezza della parte che pende dal tavolo.

Suggerimento Indica con x la lunghezza della parte sporgente della catenella, che è variabile. La massa della parte di catenella che pende è direttamente proporzionale alla lunghezza x.

$\left[a = \frac{x}{l}g,\ 0 \le x \le l\right]$

6 Il moto lungo un piano inclinato

Problema guidato

59 Tra le attrazioni di un parco acquatico c'è un lungo scivolo rettilineo inclinato di 35°.
- Quanto valgono le componenti parallela e perpendicolare allo scivolo della forza-peso di un ragazzino di massa 42 kg?
- Quanto vale l'accelerazione con cui si muove lungo lo scivolo? [240 N; 340 N; 5,7 m/s²]

Soluzione
- La forza-peso che agisce su un corpo appoggiato su un piano inclinato può essere scomposta in due componenti: P_x, che agisce in direzione *parallela/perpendicolare* al piano inclinato, e P_y, che agisce in direzione *parallela/perpendicolare* al piano inclinato.
- Lo scivolo è inclinato rispetto all'orizzontale di un angolo θ. Utilizziamo il seno e il coseno di θ per scrivere le espressioni di P_x e P_y:

$P_x = P \cdot \sin\theta = (\ldots\ldots\ \text{kg})(\ldots\ldots\ \text{m/s}^2)\sin 35° = \ldots\ldots\ \text{N}$

$P_y = P \cdot \cos\theta = (\ldots\ldots\ \text{kg})(\ldots\ldots\ \text{m/s}^2)\cos 35° = \ldots\ldots\ \text{N}$

- Se trascuriamo la forza di attrito, la forza che agisce sul ragazzino lungo il piano vale ……. Per il secondo principio della dinamica, dunque, l'accelerazione lungo lo scivolo è:

$$a = \frac{\ldots\ldots}{m} = \frac{\ldots\ldots\ \text{N}}{42\ \text{kg}} = \ldots\ldots\ \text{m/s}^2$$

60 Le piste da sci vengono classificate in base alla loro pendenza, con tre colori: blu, rosso, nero. Le piste nere sono le più ripide e possono avere tratti con pendenze anche di 40°, chiamati muri.
- Qual è l'accelerazione a cui è sottoposto uno sciatore che scende in moto rettilineo lungo una pista nera? [6,3 m/s²]

61 An object slides on a smooth plane inclined at an angle of 18° with respect to the horizontal.
- Calculate its acceleration. [3,0 m/s²]

62 **UN DATO IN PIÙ**
Una cassa di massa 20 kg scivola con un'accelerazione di 5,2 m/s² sopra un piano inclinato che ha una pendenza di 60°.
- Calcola il coefficiente di attrito dinamico μ_d fra la cassa e il piano inclinato. [0,67]

Problema guidato

63 Un pacco parte da fermo sulla sommità di un piano inclinato con una pendenza di 30°. Il pacco si mette in movimento e giunge alla fine del piano in 0,90 s. L'attrito è trascurabile.
- Calcola la lunghezza del piano inclinato.
- Calcola la velocità con cui il pacco arriva alla fine del piano inclinato.

[2,0 m; 4,4 m/s]

Soluzione
- Quando il pacco scivola lungo il piano inclinato si muove di moto rettilineo *uniforme/uniformemente accelerato*. L'accelerazione del moto lungo il piano è:

$a = g \cdot \ldots\ldots = (9{,}81\ \text{m/s}^2) \cdot \ldots\ldots = \ldots\ldots\ \text{m/s}^2$

- La lunghezza del piano inclinato corrisponde alla distanza percorsa dal pacco in …… s; usiamo quindi la legge *oraria/velocità-tempo* del moto uniformemente accelerato con partenza da fermo:

$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(\ldots\ldots\ \text{m/s}^2)(0{,}90\ \text{s})^2 = \ldots\ldots\ \text{m}$

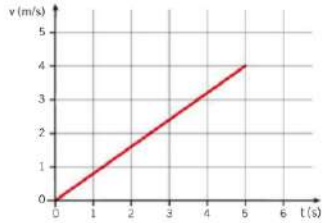
- Per calcolare la velocità finale del pacco usiamo la legge *oraria/velocità-tempo*, considerando che la velocità iniziale è $v_0 = \ldots\ldots$ m/s:

$v = at = (\ldots\ldots\ \text{m/s}^2)(0{,}90\ \text{s}) = \ldots\ldots\ \text{m/s}$

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.

12:33 Mar 30 giu
7%

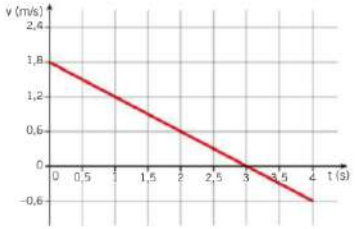
64 LEGGI IL GRAFICO
La figura mostra il grafico velocità-tempo di un oggetto che scende lungo un piano inclinato.



- Determina l'angolo di inclinazione del piano inclinato nell'ipotesi che l'attrito sia trascurabile.

[4,7°]

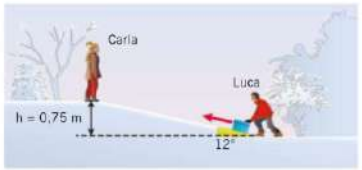
65 LEGGI IL GRAFICO
Un carrellino viene lanciato su per una guida a cuscino d'aria inclinata. La figura mostra il grafico velocità-tempo del carrellino; il verso positivo è quello verso il quale il carrellino viene spinto. La guida è inclinata di 3,5°.



- Determina la distanza percorsa dal carrellino prima di fermarsi e tornare a scendere lungo la guida.
- Stabilisci se il cuscino d'aria riesce a rendere trascurabile l'attrito tra la guida e il carrellino.

[2,7 m]

66 Carla e Luca stanno giocando in un giardino innevato. Carla è su un piano elevato di 0,75 m rispetto al piano di Luca. Luca lancia verso Carla, su per il pendio innevato, una scatola di metallo. Il pendio è inclinato di 12°, la velocità iniziale della scatola è 3,2 m/s.



- Stabilisci se la scatola arriva fino a Carla. Trascura l'effetto dell'attrito tra la neve e la scatola.

67 Un ragazzo sul suo skateboard arriva con una velocità iniziale di 2,6 m/s a una discesa lunga 6,0 m e inclinata di 8,0° rispetto al piano orizzontale. Il ragazzo impiega 1,2 s per arrivare in fondo all discesa. Trascura l'effetto della forza di attrito.



- Calcola la velocità del ragazzo alla fine della rampa.

[4,8 m/s]

68 Un oggetto, inizialmente fermo, si muove su un piano inclinato senza attrito lungo $l = 1{,}8$ m e giunge alla fine del piano inclinato con una velocità di 2,8 m/s.

- Qual è la pendenza del piano inclinato?

[13°]

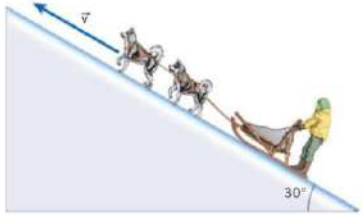
69 Un bimbo sta scendendo con lo slittino a velocità costante lungo una discesa. Il coefficiente di attrito dinamico tra lo slittino e la neve vale 0,20.

- Determina l'angolo di pendenza della discesa.

Suggerimento Ricorda che la tangente di un angolo è definita come il rapporto tra il seno e il coseno.

[11°]

70 Una slitta sta risalendo un pendio innevato, inclinato di 30°. La slitta ha una massa complessiva di 130 kg ed è trainata da una coppia di cani che esercita una forza di 400 N. Il coefficiente di attrito dinamico tra la slitta e il terreno è 0,15.



- Qual è l'accelerazione della slitta?

Suggerimento La forza di attrito ha direzione opposta al moto.

[−3,1 m/s²]

71 In un impianto di riciclaggio, i rifiuti giungono con una velocità di 0,50 m/s alla sommità di un piano inclinato di 10°, su cui scivolano per giungere su un nastro trasportatore orizzontale. I rifiuti devono giungere alla base del piano inclinato con una velocità di 3,0 m/s per riuscire a passare sul nastro trasportatore. Il coefficiente di attrito dinamico tra il piano inclinato e i rifiuti è 0,12.

AGENDA 2030

- Quanto deve essere lungo il piano inclinato?

[8,0 m]

7 La forza centripeta

Problema guidato

72 Nel copertone di una ruota da mountain bike si è incastrato un sassolino. Il sasso ha una massa di 1,7 g e si trova a 34 cm dal centro della ruota.

- Quanto vale il modulo della forza centripeta esercitata dal copertone sul sasso, quando la ruota viene messa in rotazione con un periodo $T = 0{,}20$ s?

[0,57 N]

Soluzione

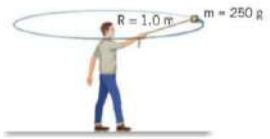
- Il modulo della forza centripeta è $F_c = m\omega^2 r$.
- Il sasso si muove di moto circolare insieme alla ruota e percorre un giro completo, corrispondente all'angolo 2π, in un intervallo di tempo pari a un periodo, per cui la velocità angolare è:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\text{.....}\ \text{s}} = \text{.....}\ \text{rad/s}$$

- Sostituiamo i valori numerici nella formula della forza centripeta, convertendo la massa in kg e il raggio in m:

$$F_c = m\omega^2 r = (1{,}7 \cdot 10^{-3}\ \text{kg})(\text{.....}\ \text{rad/s})^2(\text{.....}\ \text{m}) = \text{.....}\ \text{N}$$

73 In $T = 1{,}0$ s il sasso fa una rivoluzione completa.



- Calcola la forza centripeta.

[9,9 N]

74 Un ciclista affronta la curva semicircolare di un velodromo, di raggio 24 m, a una velocità di 60 km/h. Durante la curva la forza centripeta che agisce sul ciclista ha un'intensità di 807 N.

- Qual è la massa del ciclista?

[70 kg]

75 Un oggetto viene agganciato a un dinamometro e fatto ruotare appoggiato su un tavolo orizzontale. Il dinamometro indica un valore di 1,50 N; la massa dell'oggetto è 20,5 g e la circonferenza descritta dall'oggetto ha un raggio di 42,0 cm.



- Calcola il modulo della velocità angolare con cui si muove l'oggetto sul tavolo.

[13,2 rad/s]

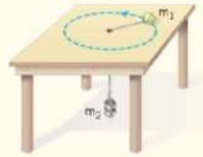
76 Un equipaggio di bob a due scende lungo una pista con una velocità di 34 m/s e affronta due curve, la prima di raggio 33 m, la seconda di raggio 24 m. La massa totale del bob e dell'equipaggio è 350 kg.

- Calcola i moduli delle forze centripete che agiscono sul bob nelle due curve.

[$1{,}2 \cdot 10^3$ N; $1{,}7 \cdot 10^3$ N]

Problema guidato

77 Una pallina di massa $m_1 = 59{,}4$ g si muove lungo una traiettoria circolare su un tavolo orizzontale, collegata a una coppia di bulloni di massa complessiva $m_2 = 8{,}80$ g per mezzo di un filo che passa attraverso un foro del tavolo. L'attrito è trascurabile.



- Calcola l'accelerazione centripeta della pallina quando i bulloni sono in quiete.

[1,45 m/s²]

Soluzione

- Quando la pallina ruota di moto circolare uniforme, la *forza centripeta*/*forza-peso* che agisce sulla pallina da tennis è data dalla tensione del filo. La tensione del filo è uguale alla *forza centripeta*/*forza-peso* dei bulloni:

$$F_c = T = P = \text{.....}\ g = (\text{.....}\ \text{kg})(9{,}81\ \text{m/s}^2) = \text{.....}\ \text{N}$$

- Per calcolare l'accelerazione centripeta della pallina invertiamo il secondo principio della dinamica:

$$a = \frac{F_c}{m_{\text{pallina}}} = \frac{\text{.....}\ \text{N}}{\text{.....}\ \text{kg}} = \text{.....}\ \text{m/s}^2$$

78 OCCHIO ALL'INCERTEZZA
Una sciatrice di massa (81 ± 1) kg affronta una curva alla velocità di $(9{,}0 \pm 0{,}1)$ m/s per effetto di una forza centripeta di (160 ± 2) N.

- Calcola il raggio della traiettoria.
- Calcola l'incertezza sul raggio della traiettoria.

[41 m; 2 m]

79 Un bambino fa ruotare su una traiettoria circolare orizzontale una pallina di 0,10 kg attaccata a un filo lungo 0,10 m. La pallina impiega 0,50 s per completare un intero giro.

- Determina la forza centripeta che agisce sulla pallina.
- Se il modulo della velocità della pallina raddoppia, come cambia il modulo della forza centripeta?

[1,6 N]

Tieni premuto ESC per uscire dalla modalità a schermo intero.