

ESERCIZI & PROBLEMI

Molti dei problemi qui proposti richiedono di tracciare grafici della posizione, della velocità e dell'accelerazione in funzione del tempo. Sarà di solito sufficiente uno schizzo, con opportune indicazioni letterali e con i tratti curvi e rettilinei messi bene in evidenza. Se avete un elaboratore elettronico o una calcolatrice programmabile potete usarli per generare i grafici.

PARAGRAFO 2.3 Velocità media: vettoriale e scalare

1E. Se un lanciatore di baseball scaglia la palla a una velocità di 160 km/h, quanto tempo essa impiega a raggiungere la base distante 18.4 m?

2E. Il primato mondiale di velocità per biciclette è stato stabilito nel 1992 da Chris Huber a bordo di *Cita*, un velocipede ad alta tecnologia costruito da tre ingegneri meccanici. La velocità record (media) fu di 110.6 km/h, misurata su una lunghezza di 200.0 m di una strada desertica. Quanto tempo impiegò a percorrere questa lunghezza?

3E. Un'automobile viaggia su un rettilineo per 40 km a 30 km/h. Prosegue poi nella stessa direzione per altri 40 km a 60 km/h. (a) Qual è la velocità vettoriale media del veicolo su questo percorso di 80 km? (Supponiamo che sia nel verso positivo delle x .) (b) E la velocità scalare media? (c) Tracciate la curva che esprime x in funzione di t indicando come si determina sul grafico la velocità vettoriale media.

4P. Un aereo, in un'esercitazione per eludere i radar, è in volo orizzontale a 35 m dal suolo su un terreno piano alla velocità di 1300 km/h. Improvvisamente arriva in un luogo dove il terreno inizia a salire con pendenza di 4.3° , assai difficilmente riconoscibile a vista, come indicato nella figura 2.16. Di quanto tempo dispone il pilota per correggere l'assetto dell'aereo per evitare l'impatto col terreno?

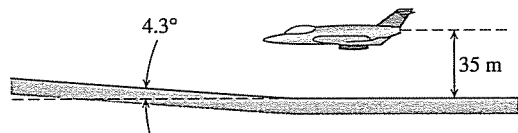


Figura 2.16 Problema 4.

5P. Avete viaggiato sulla statale 10 da Torino a Mantova, per metà del tempo a 55 km/h e per il tempo restante a 90 km/h. Al ritorno percorrete metà della distanza a 55 km/h e il resto a 90 km/h. Qual è la vostra velocità scalare media (a) all'andata, (b) al ritorno e (c) per l'intero percorso? (d) Qual è la velocità vettoriale media complessiva? (e) Tracciate la curva $x(t)$ per il tratto (a), supposto che lo spostamento sia tutto nel verso positivo delle x . Indicate come si trova graficamente la velocità vettoriale media.

6P. Calcolate la velocità media di un atleta per questi due casi: (a) marcia per 73.2 m a 1.22 m/s e poi corsa per altri 73.2 m a 3.05 m/s su una pista rettilinea e (b) marcia per 1.00 min a 1.22 m/s e poi corsa ancora per 1.00 min a 3.05 m/s, sempre su un rettilineo. (c) Tracciate la curva $x(t)$ per i due casi e indicate come si trovano graficamente le velocità vettoriali medie.

7P. La posizione di un oggetto che si muove in linea retta è data dall'espressione $x = 3t - 4t^2 + t^3$, ove x è in metri e t in secondi. (a) Qual è la sua posizione per $t = 1, 2, 3$ e 4 s? (b) Qual è lo spostamento dell'oggetto nell'intervallo di tempo tra $t = 0$ e $t = 4$ s? (c) Qual è la velocità vettoriale media nell'intervallo tra $t = 2$ s e $t = 4$ s? (d) Tracciate la curva $x(t)$ per $0 \leq t \leq 4$ s e costruite sul grafico la risposta al quesito (c).

8P. Due treni, che viaggiano alla stessa velocità di 30 km/h, sono diretti uno contro l'altro su uno stesso binario rettilineo. Un uccello che vola a 60 km/h decolla dalla testa di un treno quando si trovano alla distanza di 60 km dirigendosi verso l'altro treno. Appena lo ha rag-

giunto, inverte la rotta fino a ritornare sul primo treno, e così di seguito. (Non riusciamo a capacitarci del perché un uccello debba comportarsi in questo modo.) Qual è la distanza totale percorsa dall'uccello se prosegue fino all'incontro dei treni?

9P. Due atleti corrono il kilometro su due diverse piste: impiegano rispettivamente 147.95 s e 148.15 s. Quanto più lunga può essere al massimo la seconda pista rispetto alla prima, per poter concludere che il primo corridore è davvero stato più veloce?

PARAGRAFO 2.4 Velocità istantanea: vettoriale e scalare

10E. Il grafico della figura 2.17 rappresenta un armadillo che si muove a balzi a sinistra e a destra lungo un asse x . (a) Indicate in quali intervalli di tempo si trovi eventualmente a sinistra dell'origine sull'asse x . Dite anche se e quando la sua velocità è (b) negativa, (c) positiva o (d) nulla.

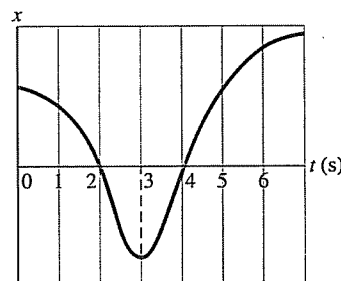


Figura 2.17 Esercizio 10.

11E. (a) Se la posizione di una particella è data da $x = 4 - 12t + 3t^2$ (t in secondi e x in metri), qual è la sua velocità per $t = 1$ s? (b) In quell'istante si sta spostando nel senso delle x crescenti o decrescenti? (c) Qual è la sua velocità istantanea? (d) In momenti successivi la velocità è maggiore o minore? (Provate a rispondere alle prossime due domande senza fare altri calcoli.) (e) C'è un istante in cui la velocità è nulla? (f) Dopo il tempo $t = 3$ s potrà accadere che la particella si muova verso sinistra sull'asse delle x ?

12P. La posizione di una particella in moto lungo l'asse x è data in centimetri da $x = 9.75 + 1.50t^3$, dove t è espresso in secondi. Calcolare (a) la velocità vettoriale media durante l'intervallo di tempo da $t = 2.00$ s a $t = 3.00$ s; (b) la velocità vettoriale istantanea all'istante $t = 2.00$ s; (c) la velocità vettoriale istantanea all'istante $t = 3.00$ s; (d) la velocità vettoriale istantanea all'istante $t = 2.50$ s; (e) la velocità vettoriale istantanea quando la particella è a metà strada tra la posizione relativa a $t = 2.00$ s e a $t = 3.00$ s. (f) Tracciate il grafico $x(t)$ e illustrare su di esso le vostre risposte.

13P. Che distanza copre in 16 s il velocista di cui la figura 2.18 mostra il grafico della velocità in funzione del tempo?

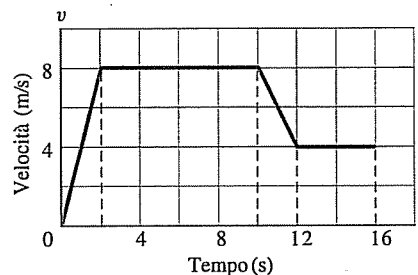


Figura 2.18 Problema 13.

PARAGRAFO 2.5 Accelerazione

14E. Tracciate un grafico indicativo delle curve $x(t)$ per il moto lungo l'asse x di una particella che, per $t = 1$ s, abbia: (a) velocità nulla e

accelerazione positiva; (b) velocità nulla e accelerazione negativa; (c) velocità negativa e accelerazione positiva; (d) velocità negativa e accelerazione negativa. (e) Per quali di queste situazioni la velocità scalare della particella aumenta in corrispondenza di $t = 1$ s?

15E. Considerate le due grandezze (a) $(dx/dt)^2$ e (b) d^2x/dt^2 . Che cosa rappresentano? (c) Quali sono le loro unità SI?

16E. Un oggetto si muove in linea retta secondo il grafico $v(t)$ della figura 2.19. Fate lo schizzo della curva $a(t)$ dello stesso oggetto.

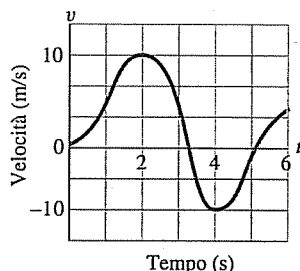


Figura 2.19 Esercizio 16.

17E. Una particella passa in 2.4 s dalla velocità di 18 m/s a una velocità di 30 m/s in verso opposto. Qual è stato il modulo dell'accelerazione media della particella in questo intervallo di 2.4 s?

18P. Una persona sta ferma da $t = 0.00$ min a $t = 5.00$ min; da $t = 5.00$ min a $t = 10.0$ min cammina di buon passo alla velocità costante di 2.20 m/s in linea retta. Qual è (a) la sua velocità media e (b) l'accelerazione media nell'intervallo di tempo da $t = 2.00$ min a $t = 8.00$ min? (c) Qual è la velocità media e (d) l'accelerazione media nell'intervallo tra $t = 3.00$ min e $t = 9.00$ min? (e) Fate uno schizzo delle curve $x(t)$ e $v(t)$, e indicate come si può ottenere per via grafica la risposta ai punti da (a) a (d).

19P. Un protone si muove nella direzione dell'asse x secondo l'equazione $x = 50t + 10t^2$, ove x è in metri e t in secondi. Calcolate (a) la velocità vettoriale media della particella durante i primi 3.0 s, (b) la velocità istantanea e (c) l'accelerazione istantanea per $t = 3.0$ s. (d) Tracciate la curva $x(t)$ indicando come si può ottenere graficamente la risposta al punto (a). (e) Costruite graficamente la risposta a (b). (f) Tracciate la curva $v(t)$ indicando come si può ottenere graficamente la risposta al punto (c).

20P. La posizione di un elettrone in moto lungo l'asse x è data da $x = 16te^{-t}$, dove t è dato in secondi. Quando l'elettrone si arresta a che distanza si trovò dall'origine?

21P. La posizione di una particella che si muove lungo l'asse x dipende dal tempo secondo l'equazione $x = ct^2 - bt^3$, ove x è dato in metri e t in secondi. (a) Quali dimensioni e unità di misura debbono avere c e b ? Ora poniamo che i loro valori numerici siano rispettivamente 3.0 e 2.0. (b) Per quale valore di t la x della particella raggiunge il massimo valore positivo? (c) Quale distanza copre nei primi 4.0 s? (d) Qual è il suo spostamento nell'intervallo da $t = 0.0$ a $t = 4.0$ s? (e) Qual è la sua velocità per $t = 1.0, 2.0, 3.0$ e 4.0 s? (f) Qual è la sua accelerazione negli stessi istanti?

PARAGRAFO 2.6 Accelerazione costante: un caso particolare

22E. Un'auto aumenta uniformemente la sua velocità da 25 km/h a 55 km/h in 0.50 min. Un ciclista accelera uniformemente da fermo a 30 km/h in 0.50 min. Calcolate le loro accelerazioni.

23E. Un muone (particella elementare) entra alla velocità di $5.00 \cdot 10^6$ m/s in un campo elettrico che lo rallenta con una decelerazione di $1.25 \cdot 10^{14}$ m/s². (a) Che distanza percorre prima di fermarsi? (b) Tracciate le curve $x(t)$ e $v(t)$ del muone.

24E. La testa di un serpente a sonagli, nel colpire una vittima, può accelerare a 50 m/s². Se un'automobile potesse fare altrettanto, quanto impiegherebbe a raggiungere la velocità di 100 km/h da ferma?

25E. Un elettrone ha un'accelerazione costante di $+3.2$ m/s². A un certo istante la sua velocità è $+9.6$ m/s. Qual è la sua velocità (a) 2.5 s prima e (b) 2.5 s dopo?

26E. Un grosso aereo a reazione per decollare deve raggiungere sulla pista la velocità di 360 km/h. Qual è la minima accelerazione costante necessaria per decollare da una pista di 1.8 km?

27E. Un elettrone entra con velocità iniziale di $1.50 \cdot 10^5$ m/s in una regione della lunghezza di 1.0 cm nella quale è accelerato da un campo elettrico (fig. 2.20). Ne emerge con una velocità $v = 5.70 \cdot 10^6$ m/s. Qual era l'accelerazione, supposta costante? (Un processo di questo genere avviene nel pennello elettronico di un tubo a raggi catodici, usato nei televisori e negli oscilloscopi.)

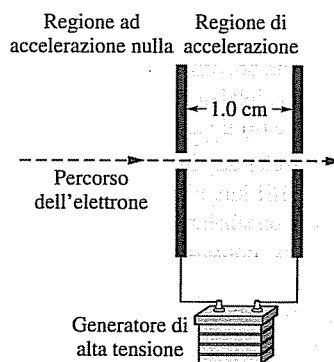


Figura 2.20 Esercizio 27.

28E. Il 19 marzo 1954 il colonnello John P. Stapp stabilì un record mondiale di velocità su pista guidando una slitta a reazione alla velocità di 1020 km/h. La slitta e lui stesso furono rallentati fino all'arresto in 1.4 s. Vedi la figura 2.7. Quale accelerazione dovette sopportare? Esprimete la risposta in unità di accelerazione di gravità g .

29E. I freni della vostra auto sono in grado di realizzare una decelerazione di 5.2 m/s². (a) Se state viaggiando a 137 km/h e avvistate un posto di controllo della polizia stradale, qual è il tempo minimo entro il quale potete riuscire a portare la velocità al limite di 90 km/h? (La risposta rivela l'inutilità di frenare per tentare di evitare che il radar denunci l'eccesso di velocità.) (b) Tracciate le curve $x(t)$ e $v(t)$ per questa decelerazione.

30E. La figura 2.21 descrive il moto di una particella ad accelerazione costante lungo l'asse x . Quali sono il modulo e il verso dell'accelerazione?

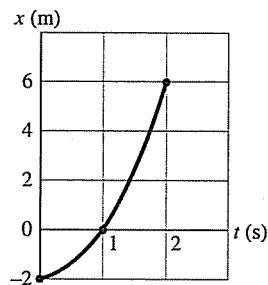


Figura 2.21 Esercizio 30.

31P. Un'auto che viaggia a 56.0 km/h è arrivata a 24.0 m da una barriera quando il pilota preme il freno a fondo. Dopo 2.00 s urta la barriera. (a) Qual è stata la decelerazione costante prima dell'urto? (b) A che velocità si muove l'auto al momento dell'urto?

32P. Due treni, che viaggiano uno a 72 km/h e l'altro a 144 km/h, sono diretti l'uno contro l'altro su un binario rettilineo in piano. Quando si trovano a 950 m di distanza, ciascun macchinista vede l'altro treno e si affretta a frenare. Verificate se avviene lo scontro nel caso che entrambi i treni rallentino con accelerazione, in modulo, di 1.0 m/s². Se avviene, calcolate la velocità allo scontro, altrimenti la distanza tra i treni arrestati.

33P. Un'automobile copre in 6.00 s, ad accelerazione costante, il tratto compreso fra due punti posti a 60.0 m di distanza. La sua velocità, passando il secondo punto, è 15.0 m/s. (a) Qual era la velocità al primo punto? (b) Qual è l'accelerazione? (c) A quanti metri prima del primo punto si trova la linea di partenza? (d) Tracciate le curve $x(t)$ e $v(t)$ del veicolo dalla partenza da fermo ($t = 0$).

34P. Nel momento in cui il semaforo volge al verde, un'auto parte con accelerazione costante $a = 2.2 \text{ m/s}^2$. Nello stesso istante un autocarro che sopravviene alla velocità costante di 9.5 m/s sorpassa l'auto. (a) A quale distanza oltre il semaforo l'auto risorpasserà il camion? (b) Quale sarà la velocità dell'auto in quel momento?

35P. Per fermare un'auto, passa prima di tutto un certo tempo di reazione per dare inizio alla frenata, poi il tempo di rallentamento a decelerazione costante fino all'arresto. Supponiamo che la distanza totale percorsa sia 56.7 m per una velocità iniziale di 80.5 km/h, e 24.4 m per velocità iniziale di 48.3 km/h. Quali sono (a) il tempo di reazione del pilota e (b) il modulo dell'accelerazione?

36P. All'uscita da una curva, il macchinista di un treno che sta viaggiando a 161 km/h si accorge con raccapriccio che una locomotiva è entrata erroneamente nel binario da una diramazione posta 0.676 km più avanti, come appare nella figura 2.22. La locomotiva va a 29.0 km/h. Il macchinista aziona immediatamente la frenatura rapida. (a) Quale deve essere il valore assoluto minimo dell'accelerazione costante impressa dal freno per evitare una collisione? (b) Poniamo che il macchinista si trovi in posizione $x = 0$ quando, al tempo $t = 0$, avvista la locomotiva. Tracciate le curve $x(t)$ indicative per la locomotiva e per il treno per l'ipotesi che si eviti di misura la collisione. Aggiungete una curva che rappresenti ciò che accade se l'intensità della frenata non è sufficiente a impedire lo scontro.

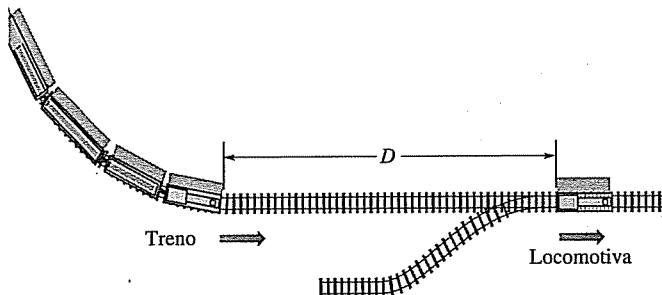


Figura 2.22 Problema 36.

37P. La cabina di un ascensore nell'edificio Marquis Marriott di New York ha una corsa totale di 190 m. La sua velocità massima è di 305 m/min. Sia l'accelerazione sia la decelerazione hanno un valore assoluto di 1.22 m/s^2 . (a) Quanti metri percorre durante l'accelerazione da fermo alla velocità massima? (b) Quanto tempo impiega per una corsa completa senza fermate intermedie, dalla partenza da fermo all'arresto completo?

PARAGRAFO 2.8 Accelerazione nel moto di caduta libera

38E. Da una nuvola situata a 1700 m sopra la superficie terrestre cadono gocce di pioggia. (a) Se non fossero rallentate dalla resistenza dell'aria, a che velocità arriverebbero al suolo? (b) Sarebbe prudente uscire all'aperto durante un temporale?

39E. In un cantiere una chiave inglese, lasciata cadere inavvertitamente, arriva al suolo alla velocità di 24 m/s. (a) Da che altezza è caduta? (b) Quanto tempo ha impiegato nella caduta? (c) Tracciate le curve indicative $y(t)$, $v(t)$ e $a(t)$.

40E. Un teppista scaglia una pietra all'ingiù alla velocità di 12.0 m/s dal tetto di un edificio posto a 30.0 m dal suolo. (a) Quanto tempo

impiega la pietra ad arrivare al suolo? (b) Qual è la sua velocità all'impatto col terreno?

41E. (a) Con quale velocità deve essere lanciata verticalmente una palla per arrivare a un'altezza massima di 50 m? (b) Per quanto tempo rimarrà in aria? (c) Tracciate le curve indicative $y(t)$, $v(t)$ e $a(t)$. Sui due primi grafici indicate il tempo richiesto per raggiungere la quota di 50 m.

42E. Gli impianti sperimentali a gravità zero del centro di ricerca Lewis della NASA comprendono una torre di caduta alta 145 m. Si tratta di una torre verticale che consente, fra l'altro, di lasciar cadere nel vuoto una sfera di 1 m di diametro contenente campioni in prova. (a) Per quanto tempo la sfera rimane in caduta libera? (b) Qual è la sua velocità quando tocca il fondo della torre? (c) Quando colpisce il fondo, mentre la sua velocità si annulla la sfera subisce una decelerazione media pari a 25g. Di quale distanza si sposta il suo centro durante la decelerazione?

43E. Si lascia cadere una pietra da un dirupo alto 100 m. Quanto tempo impiega per cadere (a) per i primi 50 m e (b) per i restanti 50 m?

44P. Una palla viene scagliata verticalmente verso il basso con velocità iniziale v_0 da un'altezza h . (a) Quale sarà la sua velocità subito prima di toccare il suolo? (b) Quanto tempo impiegherà a raggiungere il suolo? Quale sarebbero le risposte (c) al punto a e (d) al punto b se la palla fosse stata lanciata verticalmente verso l'alto dalla stessa altezza e con la stessa velocità iniziale? Senza effettuare calcoli, stimate se i valori trovati in (c) e (d) saranno maggiori, minori o uguali a quelli di (a) e (b).

45P. Un armadillo spaventato fa un balzo verso l'alto elevandosi in modo da transitare all'altezza di 0.544 m dopo 0.200 s. (a) Qual era la sua velocità iniziale? (b) Qual è la sua velocità a quell'altezza dal suolo? (c) Quanto più in su sarà arrivato?

46P. Si lascia cadere (da fermo) un sasso dalla sommità di un edificio alto 60 m. A che distanza dal suolo si trova 1.2 s prima che lo colpisca?

47P. Una palla di creta umida cade a terra da un'altezza di 15.0 m. Rimane in contatto col suolo per 20.0 ms prima di arrestarsi. Qual è l'accelerazione media della creta mentre è in contatto col terreno? (Trattate la palla come una particella.)

48P. Un modello di razzo viene lanciato verticalmente e sale per 6.00 s con accelerazione costante di 4.00 m/s^2 . A questo punto esaurisce il propellente e prosegue come corpo in caduta libera. (a) Qual è la massima quota raggiunta? (b) Quanto tempo impiega dal decollo all'atterraggio?

49P. Per provare una palla da tennis la si lascia cadere da un'altezza di 4.00 m dal pavimento. Rimbalza fino all'altezza di 2.00 m. Se è stata in contatto con il suolo per 12.0 ms, qual è stata la sua accelerazione media durante il contatto?

50P. Un giocatore di pallacanestro, fermo vicino al canestro, salta verticalmente per un'altezza di 76.0 cm. (a) Per quanto tempo il giocatore si trova nella fascia di 15.0 cm più alta (tra 61.0 cm e 76.0 cm) durante il salto e (b) per quanto tempo invece nella fascia di 15.0 cm più bassa in prossimità del suolo? Ciò aiuta a capire perché questi giocatori sembrano «rimanere appesi» in aria in corrispondenza del culmine del loro salto.

51P. Dall'ugello di una doccia sgocciola l'acqua cadendo sul fondo posto 2.00 m più in basso. Le gocce cadono a intervalli regolari: la quarta goccia si stacca nell'istante in cui la prima arriva al suolo. Trovate le posizioni della seconda e della terza in questo stesso istante.

52P. Dalla superficie di un pianeta di un lontano sistema solare si spara una pallottola verticalmente verso l'alto. Nella figura 2.23 è riportato l'andamento di y in funzione di t , ove y rappresenta la quota raggiunta

dalla pallottola al di sopra del suo punto di partenza e $t = 0$ è l'istante dello sparo. Determinare i moduli (a) dell'accelerazione di gravità sulle superficie del pianeta e (b) della velocità iniziale della pallottola.

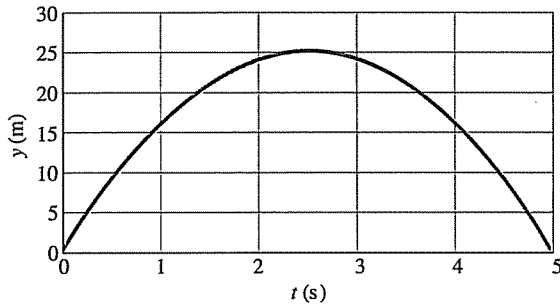


Figura 2.23 Problema 52.

53P. Due diamanti entrano in caduta libera, da fermi e dalla stessa altezza, a un intervallo di 1.0 s l'uno dall'altro. Quanto tempo dopo la partenza del primo verranno a trovarsi a 10 m di distanza tra di loro?

54P. Un giocoliere lancia in aria delle palle a un'altezza H in verticale. A quale maggiore altezza dovrà lanciarle affinché rimangano in aria per un tempo doppio?

55P. Un aerostato sta salendo alla velocità di 12 m/s, e quando si trova a una quota di 80 m lascia cadere un pacchetto. (a) Quanto impiega il pacchetto ad arrivare al suolo? (b) A che velocità urta il terreno?

56P. Da un ponte alto 43.9 m sul livello del fiume si lascia cadere una pietra. Dopo 1.00 s un'altra pietra viene scagliata verso il basso. Le due pietre toccano l'acqua contemporaneamente. (a) Qual era la velocità iniziale della seconda pietra? (b) Tracciate la curva $v(t)$ delle due pietre, ponendo $t = 0$ al rilascio della prima pietra.

57P. La cabina scoperta di un ascensore sale alla velocità costante di 10 m/s. Un ragazzino nella cabina lancia una palla direttamente verso l'alto da un'altezza di 2.0 m sopra il pavimento della cabina, che si trova esattamente a 28 m dal suolo. La velocità iniziale della palla rispetto all'ascensore è 20 m/s. (a) Quale altezza massima rispetto alla terra raggiunge la palla? (b) Quanto tempo impiega la palla per ritornare al pavimento della cabina?

58P. Si lancia una pietra verticalmente verso l'alto. Passa il punto A alla velocità v , e il punto B, 3.00 m più in alto, alla velocità $v/2$. Calcolate (a) la velocità v e (b) la massima altezza raggiunta al di sopra di B.

59P. La figura 2.24 mostra un semplice dispositivo per misurare il tempo di reazione. Consiste in una striscia di cartone con segnata una

scala e due grossi punti. Un amico tiene la striscia sospesa per il punto superiore fra pollice e indice mentre voi preparate pollice e indice all'altezza del punto inferiore, senza toccare la striscia. L'amico la lascia cadere, e voi dovete tentare di bloccarla appena vedete che comincia a cadere. Il segno nel punto in cui afferrate la striscia indica il vostro tempo di reazione. (a) A che distanza dal punto inferiore deve trovarsi il segno dei 50.0 ms? (b) A quali intervalli più in alto dovranno trovarsi i segni per 100, 150, 200 e 250 ms? (Per esempio, il segno dei 100 ms dovrà essere a distanza doppia dal punto inferiore rispetto a quello dei 50 ms? Riuscite a trovare uno schema per le risposte?)

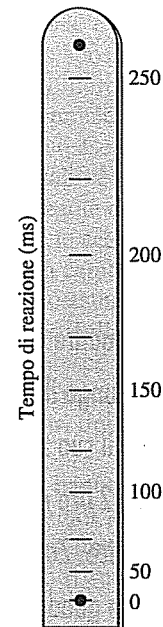


Figura 2.24
Problema 59.

60P. Un paracadutista si getta in caduta libera per 50 m. Poi il paracadute si apre, e da quel momento decelera con valore assoluto costante di 2.0 m/s^2 . Tocca il suolo alla velocità di 3.0 m/s . (a) Per quanto tempo è rimasto in aria? (b) Da che altezza è iniziata la caduta?

61P. Un gatto appisolato viene risvegliato di colpo alla vista di un vaso da fiori che veleggia prima in su e poi in giù davanti a una finestra aperta. Il vaso rimane in vista per un totale di 0.50 s, e l'altezza libera della finestra è di 2.00 m. Quanto più in alto del bordo superiore della finestra è arrivato il vaso?