

LEZIONE 9

QUANTITÀ DI MOTO E URTI

ELISABETTA COMINI

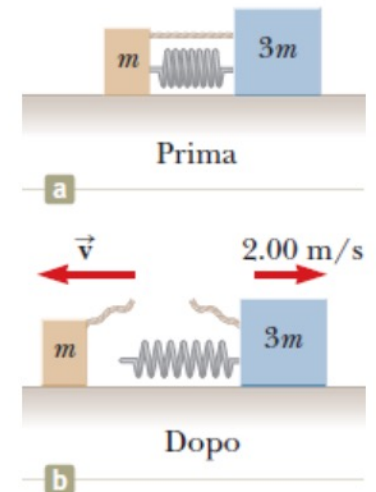
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA –2024/25

ESERCIZI CAPITOLO 9

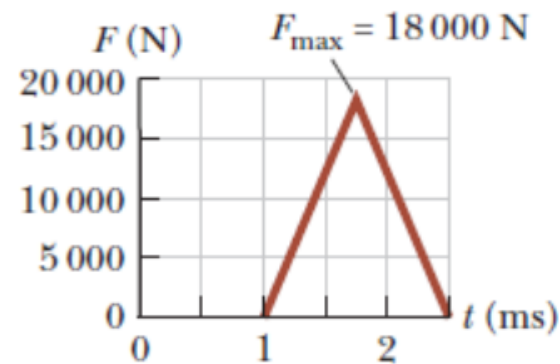
1. Un punto materiale di massa m ha una quantità di moto p . (a) Si dimostri che l'energia cinetica del punto materiale è data da $K = p^2/2m$. (b) Si esprima il modulo della quantità di moto del punto materiale in funzione dell'energia cinetica e della massa m .
5. Una palla da baseball, lanciata in direzione orizzontale verso la base, possiede una velocità di modulo 45.0 m/s immediatamente prima di essere colpita dalla mazza. Dopo che il battitore ha colpito la palla, la velocità di quest'ultima è diretta verticalmente verso l'alto ed ha modulo 55.0 m/s. Sapendo che la massa della palla è 145 g e che è in contatto con la mazza per un intervallo di tempo di 2.00 ms, si determini il vettore forza media che la palla esercita sulla mazza durante la loro interazione.
6. Una ragazza di 45.0 kg sta in piedi su una tavola di 150 kg. La tavola è libera di scivolare sulla superficie, piana e priva di attrito, di un lago ghiacciato. Sia la tavola che la ragazza sono inizialmente ferme. Ad un certo istante, la ragazza inizia a camminare sulla tavola con una velocità costante di 1.50 m/s rispetto alla tavola. (a) Qual è la velocità della tavola rispetto alla superficie del lago? (b) Qual è la velocità della ragazza rispetto alla superficie del lago?

9. In cardiologia ed in fisiologia, a volte è necessario conoscere la massa di sangue che il cuore è capace di pompare in un solo battito. Questa informazione può essere ottenuta utilizzando uno strumento chiamato *ballistocardiografo*, il cui funzionamento è il seguente. Il paziente viene fatto distendere su di una piattaforma orizzontale che può muoversi scivolando su di una guida d'aria con attrito trascurabile. All'istante iniziale, la quantità di moto totale del sistema è nulla. Appena il cuore compie un battito, espelle una massa m di sangue con velocità di modulo v nell'aorta, mentre il paziente e la piattaforma rinculano con velocità di modulo V . La velocità del sangue può essere misurata con un metodo basato ad esempio sull'effetto Doppler ad ultrasuoni, e può essere considerata uguale a 50.0 cm/s . Se la massa del paziente e della piattaforma è 54.0 kg e se la piattaforma rincula con una velocità di $6.00 \times 10^{-5} \text{ m}$ in 0.160 s e se si trascura la massa espulsa rispetto alla massa totale del paziente, si calcoli la massa totale del sangue espulso. (Questo esempio semplificato serve ad illustrare il principio fisico su cui si basa la ballistocar-diografia; nella realtà per schematizzare il battito cardiaco si utilizza un modello più sofisticato.)

11. Due blocchi di masse m e $3m$ si trovano su di un piano orizzontale senza attrito. Una molla di massa trascurabile è fissata ad uno di essi, ed i due blocchi vengono spinti l'un contro l'altro, con la molla in mezzo (Fig. P9.11). Un filo, che li tiene uniti inizialmente, viene bruciato ed il blocco di massa $3m$ si muove verso destra (a) Qual è la velocità del blocco di massa m ? (b) Si determini l'energia elastica iniziale se $m = 0.350 \text{ kg}$. (c) Tale energia iniziale è immagazzinata nella molla o nel filo? (d) Giustificate la risposta alla domanda (c). (e) La quantità di moto del sistema è conservata nel processo di allontanamento relativo dei due blocchi? Come può accadere, dal momento che (f) ci sono forze agenti e (g) i componenti del sistema erano inizialmente in quiete?



13. L'andamento (stimato) della forza che agisce su una palla da baseball quando è colpita da una mazza è mostrato in Figura P9.13. Da questo grafico, si determinino (a) l'impulso impresso alla palla, (b) la forza media esercitata sulla palla.



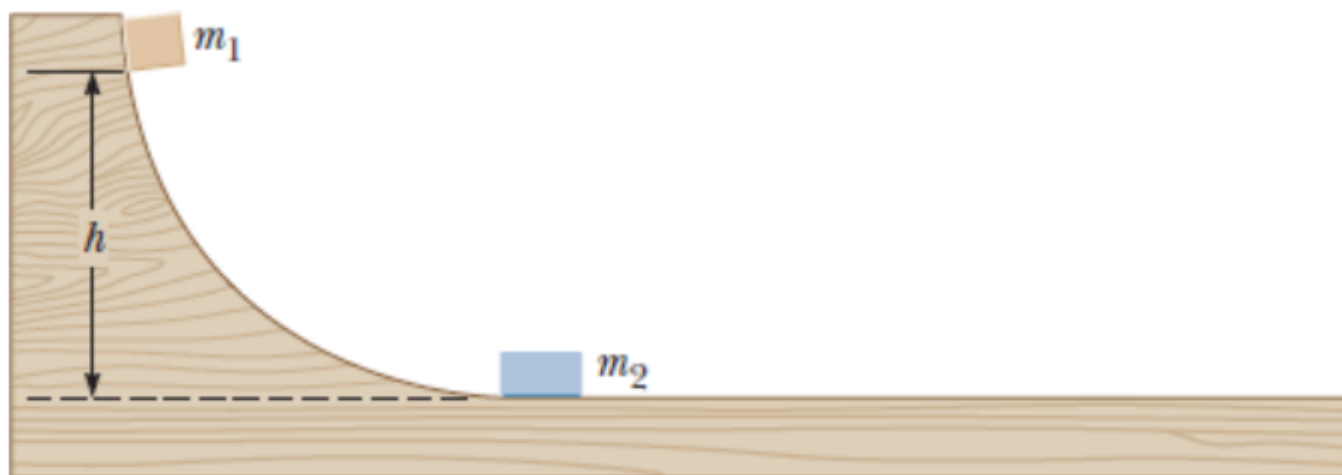
17. La parte anteriore, di lunghezza 1.20 m, di un'auto di 1 400 kg è progettata in modo da potersi deformare in caso di incidente ed assorbire lo shock dovuto all'urto. Se l'auto è in moto a 25.0 m/s e si ferma in modo uniforme nello spazio di 1.20 m, (a) qual è la durata dell'urto? (b) qual è il modulo della forza media che agisce sull'auto e (c) qual è l'accelerazione dell'auto? Si esprima l'accelerazione come multiplo dell'accelerazione di gravità.

21. L'acqua cade senza spruzzi da un'altezza di 2.60 m in un secchio di massa 0.750 kg poggiato su una bilancia. Il volume d'acqua che entra nel secchio al secondo è 0.250 L/s. Se il secchio è inizialmente vuoto, quale valore segna la bilancia dopo 3.00 s?

23. Un proiettile di 10.0 g viene sparato contro un blocco di legno in quiete ($m = 5.00$ kg), conficcandovisi. La velocità del sistema proiettile-legno nell'istante immediatamente successivo all'urto è 0.600 m/s. Qual era la velocità iniziale del proiettile?

25. Una carrozza ferroviaria di massa 2.50×10^4 kg si muove con una velocità di modulo 4.00 m/s. Successivamente, essa urta, rimanendovi attaccata, altre tre carrozze, unite tra loro e in moto nella stessa direzione della prima con una velocità di modulo 2.00 m/s. (a) Quanto vale il modulo della velocità delle quattro carrozze immediatamente dopo l'urto? (b) Quanta energia meccanica si perde durante l'urto?

33. Due magneti sono liberi di scivolare lungo la guida di legno senza attrito mostrata in Figura P9.33. Il magnete di massa $m_1 = 5.00$ kg, rilasciato dalla posizione mostrata a una altezza $h = 5.00$ m, affaccia il suo polo nord al polo nord del secondo magnete, respingendolo. Il secondo magnete di massa $m_2 = 10.0$ kg si trova inizialmente in quiete. Tenendo presente che i due magneti non giungono mai in contatto, si calcoli l'altezza a cui giunge m_1 dopo l'urto elastico.

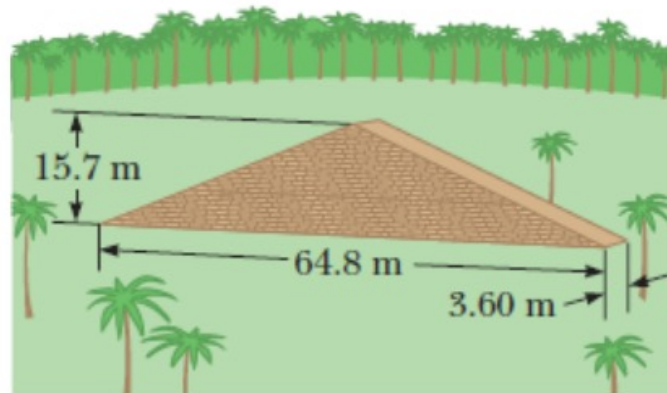


35. Un disco di massa 0.300 kg , inizialmente in quiete su di una superficie orizzontale con attrito trascurabile, viene urtato da un secondo disco di massa 0.200 kg inizialmente in moto con velocità di modulo 2.00 m/s diretta lungo il verso positivo dell'asse x . Dopo l'urto, il disco di massa 0.200 kg ha velocità di modulo 1.00 m/s e formante un angolo di 53.0° con il verso positivo dell'asse x (si veda la Fig. 9.11). (a) Si calcoli la velocità del disco di massa 0.300 kg dopo l'urto. (b) Si calcoli la frazione di energia cinetica trasformata in un'altra forma di energia durante l'urto.

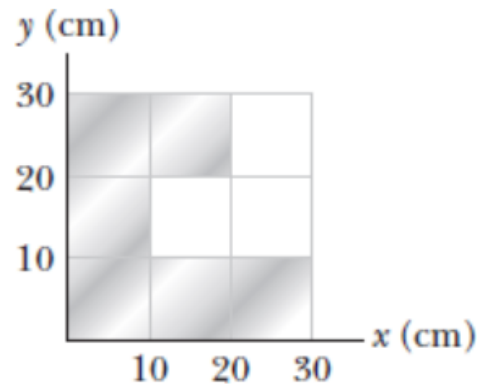
41. Una palla da biliardo, che si muove alla velocità di 5.00 m/s , colpisce un'altra palla, ferma, di uguale massa. Dopo l'urto, la palla proiettile si muove a 4.33 m/s , lungo una traiettoria che forma un angolo di 30.0° rispetto a quella originale. Si determini la velocità della palla colpita, considerando l'urto elastico e trascurando moti di rotazione e forze d'attrito.

45. Quattro corpi si trovano lungo l'asse y nelle seguenti posizioni: un corpo di massa 2.00 kg a $+3.00\text{ m}$, un secondo corpo di massa 3.00 kg a $+2.50\text{ m}$, un terzo corpo di massa 2.50 kg nell'origine ed un quarto corpo di 4.00 kg a -0.500 m . Dove si trova il centro di massa dei quattro corpi?

47. Alcuni esploratori nella giungla si imbattono in un'antica rovina che ha la forma di un triangolo isoscele, come mostrato nella Figura P9.47. La rovina è stata costruita assemblando decine di migliaia di blocchi di pietra di densità $3\,800\text{ kg/m}^3$. L'altezza della rovina è 15.7 m e la sua larghezza è 64.8 m , mentre il suo spessore è 3.60 m . Prima che la rovina fosse costruita, i blocchi giacevano per terra. Quanto lavoro è stato necessario compiere per completare la costruzione? *Nota:* Il potenziale gravitazionale associato ad un sistema corpo-Terra è dato da $U_g = Mgy_{\text{CM}}$, dove M è la massa del corpo ed y_{CM} la quota del suo centro di massa rispetto alla quota scelta come riferimento.



48. Un pezzo d'acciaio ricavato da una lamina uniforme ha la forma indicata in Figura P9.48. Si calcolino le coordinate x , y del suo centro di massa.

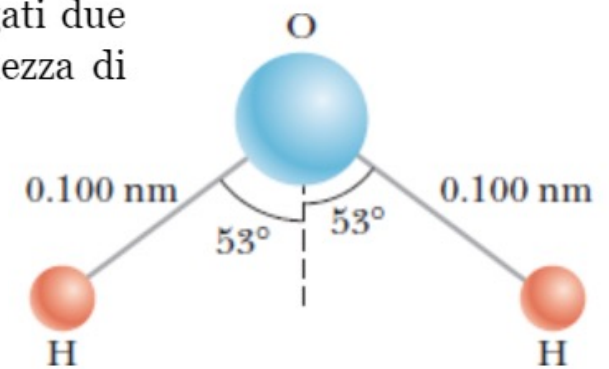


49. Una sbarra di lunghezza 30.0 cm ha una densità lineare (massa per unità di lunghezza) $\lambda = 50.0 + 20.0 x$

$$\lambda = 50.0 + 20.0 x$$

dove x è la distanza, misurata in metri, da un estremo e λ è misurata in grammi/metro. (a) Si determini la massa totale della sbarra. (b) A che distanza da $x = 0$ si trova il centro di massa?

50. Una molecola di acqua è composta da un atomo di ossigeno a cui sono legati due atomi di idrogeno (Fig. P9.50). L'angolo tra i due legami è 106° . Se la lunghezza di ciascuno dei legami è 0.100 nm , dove si trova il centro di massa della molecola?



51. Si consideri un sistema di due particelle nel piano xy : $m_1 = 2.00\text{ kg}$ con velocità $(2.00\hat{i} - 3.00\hat{j})\text{ m/s}$ ed $m_2 = 3.00\text{ kg}$ con velocità $(1.00\hat{i} + 6.00\hat{j})\text{ m/s}$. Si trovino (a) la velocità del centro di massa e (b) la quantità di moto totale del sistema.

53. Romeo (77.0 kg), a poppa della sua barca intrattiene, suonando la chitarra, Giulietta (55.0 kg), seduta sulla prua della barca; la barca è ferma sull'acqua calma ad una certa distanza dalla riva e la distanza fra Giulietta e Romeo è 2.70 m . Dopo la serenata, Giulietta si sposta con molta attenzione verso poppa per dare un bacio a Romeo. La barca ha una massa di 80.0 kg e la prua puntata verso riva. Quanto lontano dalla riva si trova la barca dopo lo spostamento di Giulietta?

55. Una palla di massa 0.200 kg ha una velocità di $1.50\hat{i}\text{ m/s}$; una seconda palla di massa 0.300 kg ha una velocità di $-0.400\hat{i}\text{ m/s}$. Le due palle si urtano centralmente ed elasticamente. (a) Si determinino le loro velocità dopo l'urto. (b) Si determini la velocità del loro centro di massa prima e dopo l'urto.

57. Una particella è appesa, tramite una fune di massa trascurabile e lunghezza L , ad un palo posto sulla sommità di un carrello come mostrato nella Figura P9.57a.



FIGURA P9.57

All'istante iniziale, la particella ed il carrello sono in moto con velocità costante v_i e la corda è allineata con la verticale. Il carrello improvvisamente si arresta contro un ostacolo rimanendovi attaccato, come mostrato in Figura 9.57b. La particella sospesa di conseguenza compie un'oscillazione di ampiezza θ . (a) Si mostri che la velocità iniziale del carrello può essere calcolata tramite la relazione $v_i = \sqrt{2gL(1 - \cos \theta)}$. (b) Se l'ostacolo esercita una qualche forza in direzione orizzontale sul carrello quando la corda forma il massimo angolo in avanti con la verticale, in quale momento l'ostacolo cessa di esercitare una forza orizzontale sul carrello?

61. La sistola inizialmente è piena d'acqua a riposo. Aprendo il rubinetto, l'acqua esce con un flusso di 0.600 kg/s e una velocità di modulo 25.0 m/s . Quale forza l'uomo deve esercitare per tenere ferma la sistola?

63. Un razzo usato nello spazio lontano deve avere la capacità di accelerare fino ad una velocità di $10\,000 \text{ m/s}$ una massa totale (somma del carico utile, della struttura del razzo e del suo motore) di 3.00 tonnellate. (a) Se il suo propulsore ed il relativo propellente sono progettati per una velocità di scarico di $2\,000 \text{ m/s}$, quanto propellente è necessario? (b) Se vengono utilizzati altri tipi di propulsore e propellente, che forniscono una velocità di scarico di $5\,000 \text{ m/s}$, quale sarebbe la nuova quantità di propellente necessaria? (c) La velocità di scarico al punto (b) è 2.50 volte quella al punto (a); come mai la massa del propellente non è semplicemente più piccola di un fattore 2.50 ?

64. Un razzo ha una massa totale $M_i = 360$ kg, di cui $M_f = 330$ kg di propellente. Nello spazio interstellare il razzo parte con velocità nulla dalla posizione $x = 0$, accende i motori all'istante $t = 0$ ed espelle, ad un ritmo costante $k = 2.50$ kg/s, i gas di scarico con una velocità relativa $v_e = 1\,500$ m/s. Il tempo di consumo del carburante è dato dalla relazione $330 \text{ kg} / (2.5 \text{ kg/s}) = 132$ s.

(a) Si dimostri che durante la combustione la velocità del razzo in funzione del tempo t è data da:

$$v(t) = -v_e \ln\left(1 - \frac{kt}{M_i}\right)$$

(b) Si disegni il grafico della velocità del razzo in funzione del tempo per t compreso fra 0 e 132 s. (c) Si dimostri che l'accelerazione del razzo è:

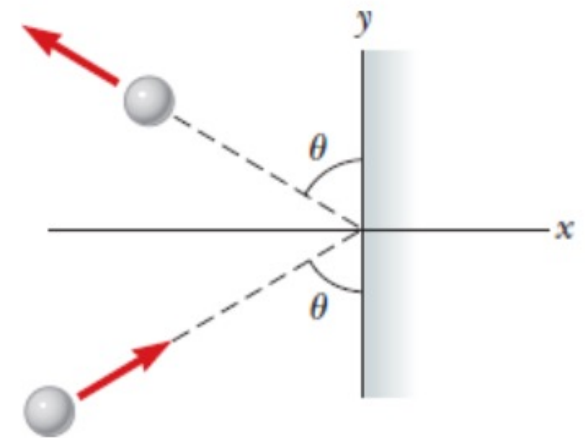
$$a(t) = \frac{kv_e}{M_i - kt}$$

(d) Si faccia il grafico dell'accelerazione in funzione del tempo.

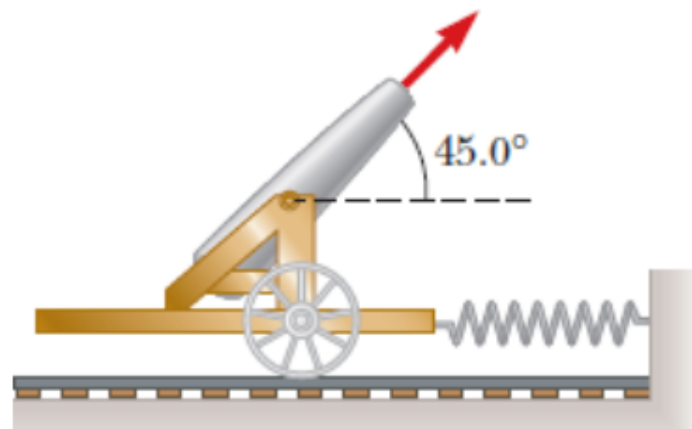
(e) Si dimostri che lo spostamento del razzo rispetto alla sua posizione iniziale, al tempo $t = 0$, è:

(f) Si disegni il grafico della posizione in funzione del tempo.

67. Una palla di acciaio di 3.00 kg urta una parete con velocità di modulo 10.0 m/s formante un angolo di 60.0° con la superficie della parete. Se, come mostrato in Figura P9.67, rimbalza con velocità di uguale modulo e direzione che forma ancora un angolo di 60° e l'urto dura 0.200 s, quanto vale la forza media esercitata dalla parete sulla palla?



70. Un cannone è fissato ad un carrello libero di muoversi nella direzione orizzontale ma vincolato, nell'estremo destro, ad una parete da una molla. La situazione è mostrata in Figura P9.70. La molla è inizialmente a riposo e la sua costante elastica è $k = 2.00 \times 10^4$ N/m. Il cannone spara un proiettile di 200 kg con velocità di modulo 125 m/s in una direzione che forma un angolo di 45° rispetto alla direzione orizzontale. (a) Se la massa del cannone e del carrello è 5 000 kg, quanto vale il modulo della velocità di rinculo del cannone? (b) Si calcoli il massimo allungamento della molla. (c) Si calcoli la forza massima che la molla esercita sul carrello. (d) Per il sistema costituito dal cannone, dal carrello e dal proiettile la quantità di moto si conserva durante la fase di sparo? Si giustifichi la risposta.

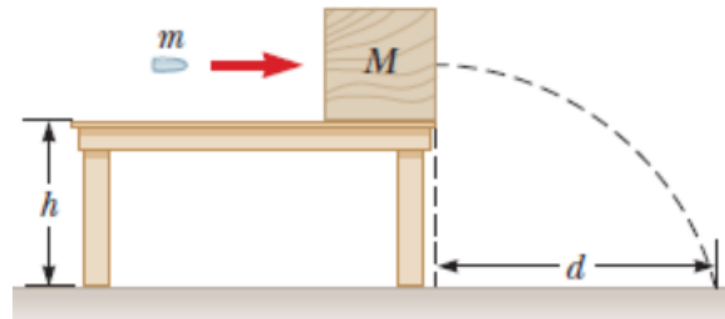


77. Due blocchi di massa $m_1 = 2.00$ kg ed $m_2 = 4.00$ kg sono lasciati liberi di muoversi partendo da fermi da un'altezza $h = 5.00$ sopra la guida mostrata in Figura P9.77. Supponendo che l'attrito con la guida sia trascurabile, quali saranno le massime altezze a cui risaliranno i due blocchi sulla guida dopo essersi scontrati, nel tratto orizzontale della stessa, in modo centrale ed elastico?



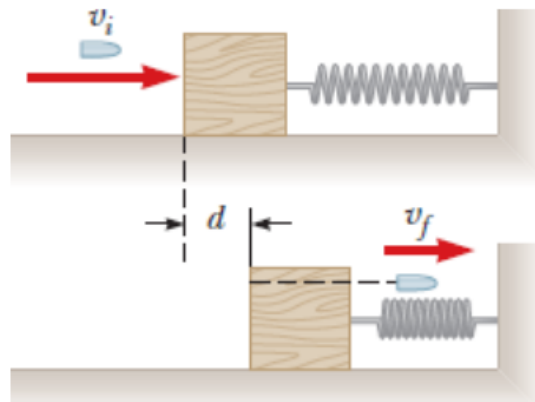
81. Problema di riepilogo. Un proiettile di massa $m = 8.00$ g viene sparato contro un blocco di massa $M = 250$ g inizialmente a riposo sul ciglio di un tavolo di altezza $h = 1.00$ m come mostrato in Figura P9.81. Il proiettile si conficca nel blocco, che cade giù dal tavolo toccando il suolo in un punto ad una distanza $d = 2.00$ m dal tavolo. Si calcoli il modulo della velocità iniziale del proiettile.

PER CASA...



83. Una sfera di 0.500 kg si muove con la velocità di $(2.00 \hat{i} - 3.00 \hat{j} + 1.00 \hat{k})$ m/s ed urta un'altra sfera di massa 1.50 kg che si stava muovendo alla velocità di $(-1.00 \hat{i} + 2.00 \hat{j} - 3.00 \hat{k})$ m/s. (a) La velocità della sfera di 0.500 kg dopo l'urto è $(-1.00 \hat{i} + 3.00 \hat{j} - 8.00 \hat{k})$ m/s. Si calcoli la velocità della seconda sfera dopo la collisione e si identifichi il tipo di urto (elastico, anelastico, completamente anelastico). (b) Si ipotizzi ora che la velocità della sfera da 0.500 kg dopo l'urto sia $(-0.250 \hat{i} + 0.750 \hat{j} - 2.00 \hat{k})$ m/s. Si calcoli la velocità della seconda sfera e si identifichi nuovamente il tipo di urto. (c) **E se?** Si ipotizzi che la velocità della sfera di 0.500 kg dopo l'urto sia $(-1.00 \hat{i} + 3.00 \hat{j} + a \hat{k})$ m/s. Si calcolino il valore di a e la velocità della seconda sfera assumendo che l'urto sia elastico.

89. Una pallottola di 5.00 g, con velocità iniziale di 400 m/s, attraversa un blocco di 1.00 kg, come mostrato in Figura P9.89. Il blocco, inizialmente in quiete su una piattaforma orizzontale liscia, è connesso ad una molla di costante elastica 900 N/m. Se dopo l'impatto il blocco si muove di $d = 5.00$ cm verso destra, si trovino (a) la velocità con la quale il proiettile esce dal blocco e (b) l'energia cinetica del proiettile che si è trasformata in energia interna del sistema proiettile-blocco durante l'urto.



86. Problema di riepilogo. Una studentessa esegue un esperimento con un pendolo balistico, utilizzando un'apparecchiatura simile a quella discussa nell'Esempio 9.6 e mostrata in Figura 9.68. Ella ottiene i seguenti dati medi: $h = 8.68$ cm, $m_1 = 68.8$ g e $m_2 = 263$ g. (a) Si determini il modulo della velocità iniziale v_{1A} del proiettile. (b) Nella seconda parte dell'esperimento per determinare v_{1A} con un metodo diverso, spara lo stesso proiettile in direzione orizzontale (dopo aver rimosso il pendolo dalla traiettoria del proiettile) e misura gli spostamenti orizzontale x e verticale y , prima che esso si conficchi al suolo (Fig. P9.86). Quale valore numerico ottiene per v_{1A} se $x = 257$ cm ed $y = 85.3$ cm? (c) Quali fattori potrebbero spiegare la differenza tra i risultati ottenuti in (a) ed in (b)?

