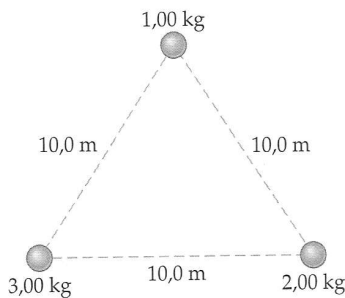


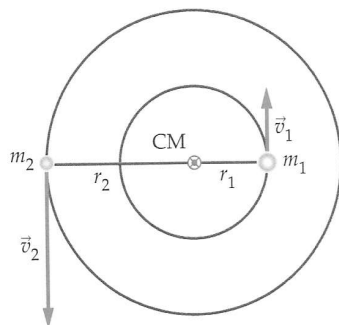
- 58 Quando la Luna si avvicina al suo terzo quarto, la Terra, la Luna e il Sole formano un triangolo rettangolo, come quello della figura del problema 8. Calcola l'intensità della forza esercitata sulla Luna:
- dalla Terra;
  - dal Sole.
- c) È più ragionevole sostenere che la Luna, orbitando intorno al Sole, subisca un piccolo effetto dovuto alla Terra, oppure che, orbitando intorno alla Terra, essa subisca un piccolo effetto dovuto al Sole?
- 59 Ai vertici di un triangolo equilatero di lato 10,0 m sono poste tre masse rispettivamente di 1,00 kg, 2,00 kg e 3,00 kg, come mostrato in figura. Determina il modulo, la direzione e il verso della forza risultante agente sulla massa di 1,00 kg.



- 60 Supponi che ciascuna delle tre masse del problema precedente venga sostituita da palline di massa 5,95 kg e raggio 0,0714 m. Se le palline vengono lasciate libere da ferme, quale velocità avranno nel momento dell'urto al centro del triangolo? Ignora gli effetti gravitazionali dovuti ad altri corpi.
- 61 Supponi che venga scoperto un pianeta che ha la stessa densità della Terra, ma raggio uguale a metà del suo raggio.
- L'accelerazione di gravità su questo pianeta è maggiore, minore o uguale all'accelerazione di gravità sulla Terra? Giustifica la risposta.
  - Determina l'accelerazione di gravità su questo pianeta.
- 62 Dimostra che la velocità di un satellite in orbita circolare a un'altezza  $h$  sopra la superficie della Terra è:

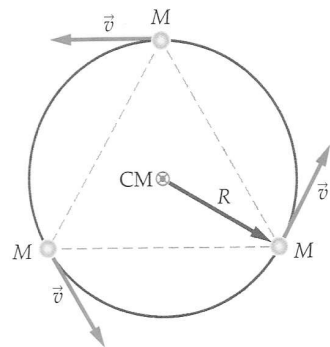
$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$$

- 63 In un sistema di stelle binarie, due stelle orbitano intorno al loro comune centro di massa, come mostrato nella figura. Se  $r_2 = 2r_1$ , qual è il rapporto  $m_2/m_1$  fra le masse delle due stelle?



- 64 Determina il periodo orbitale del sistema di stelle binarie descritto nel problema precedente.
- 65 Usando i risultati del problema 45 e considerando che la cometa Halley ha massa  $9,8 \cdot 10^{14}$  kg, calcola il momento angolare della cometa:
- al perielio;
  - all'afelio.

- 66 In un futuro non troppo lontano gli astronauti raggiungeranno Marte per effettuare osservazioni scientifiche. Nel corso della missione è probabile che, per facilitare le comunicazioni, dovranno posizionare un satellite stazionario sopra un determinato punto dell'equatore di Marte. A quale altitudine rispetto alla superficie di Marte dovrebbe orbitare tale satellite? (Il giorno "marziano" è di 24,6229 ore; ricerca altri eventuali dati che ti servono).
- 67 Un satellite è posto nell'orbita terrestre, 1000 km più in alto dell'altitudine di un satellite geostazionario (come abbiamo visto nell'Esempio guidato 5, l'altitudine di un satellite geostazionario è 35 800 km).
- Il periodo di questo satellite è maggiore o minore di 24 ore?
  - Visto dalla superficie terrestre, il satellite si muove verso est o verso ovest? Giustifica la risposta.
  - Determina il periodo del satellite.
- 68 Calcola il modulo della velocità del Millennium Falcon nel punto A dell'Esempio svolto 1 sapendo che la sua velocità nel punto B ha modulo 0,905 m/s.
- 69 Dimostra che la forza di gravità fra la Luna e il Sole è sempre maggiore della forza di gravità fra la Luna e la Terra.
- 70 a) Calcola l'energia cinetica di un satellite di 1720 kg in orbita circolare intorno alla Terra, sapendo che il raggio dell'orbita è 20 273 km.
- Quanta energia è necessaria per spostare questo satellite in un'orbita circolare di raggio 40 225 km?
- 71 In una missione spaziale una navicella ( $m = 2,00 \cdot 10^6$  kg) orbita a un'altitudine di 250 km dalla superficie terrestre.
- La velocità della navicella dipende dalla massa? Giustifica la risposta.
  - Calcola la velocità della navicella nella sua orbita.
  - Quanto tempo impiega la navicella per completare un'orbita intorno alla Terra?
- 72 Considera un oggetto di massa  $m$  che ruota intorno alla Terra su un'orbita di raggio  $r$ .
- Determina la velocità dell'oggetto.
  - Dimostra che l'energia meccanica totale di questo oggetto è  $(-1)$  volte la sua energia cinetica.
  - Il risultato ottenuto al punto b) vale anche per un oggetto che orbita intorno al Sole?
- 73 Tre stelle identiche, situate ai vertici di un triangolo equilatero, orbitano intorno al loro centro di massa, come mostrato in figura. Determina il periodo di questo moto orbitale in funzione del raggio  $R$  dell'orbita e della massa  $M$  di ciascuna stella.



- 74 Determina un'espressione dell'energia cinetica di un satellite di massa  $m$  in un'orbita di raggio  $r$  intorno a un pianeta di massa  $M$ .
- 75 Un satellite gira intorno alla Terra su un'orbita ellittica. Al perigeo la sua distanza dal centro della Terra è 22 500 km e la sua velocità è 4280 m/s. All'apogeo la sua distanza dal centro della Terra è 24 100 km e la sua velocità è 3990 m/s. Utilizzando queste informazioni, calcola la massa della Terra.

12 la forza risultante che agisce sulla Luna è sempre diretta verso il Sole, mai nel verso opposto, quindi l'orbita della Luna deve avere sempre la concavità verso il Sole; la traiettoria disegnata nella figura in alto ha in alcuni tratti la concavità verso il Sole, in altri tratti la concavità in verso opposto; la traiettoria corretta, disegnata nella figura in basso, curva bruscamente verso il Sole quando il Sole e la Terra attraggono verso l'interno la Luna e curva solo leggermente verso il Sole quando la Luna è spinta nella direzione opposta

### Problemi

- 1  $B < A < C < D$       2 a)  $2,7 \cdot 10^{-11}$  N ; b)  $6,8 \cdot 10^{-12}$  N  
 3 a)  $5,2 \cdot 10^{-9}$  N ; b) 1,2 m      4 a) 4,7 kN ; b) 0,16 kN  
 5 stimando che la tua massa sia circa 70 kg,  $F = 0,021$  N  
 6 a)  $3,32 \cdot 10^8$  m; b) la risposta alla domanda a) è indipendente dalla massa della navicella  
 7 a)  $3,56 \cdot 10^{22}$  N, nella direzione Terra-Sole verso il Sole;  
 b)  $2,40 \cdot 10^{20}$  N nella direzione Luna-Sole, verso il Sole;  
 c)  $3,58 \cdot 10^{22}$  N nella direzione e verso del sistema Terra-Luna  
 8  $4,79 \cdot 10^{22}$  N;  $24,4^\circ$  verso la Terra rispetto alla congiungente Luna-Sole  
 9  $3,58 \cdot 10^{22}$  N;  $0,147^\circ$  verso la Terra rispetto alla congiungente Sole-Luna  
 10 a)  $3,37 \cdot 10^{-9}$  N; b) la forza si riduce di un fattore 4  
 11 a)  $4,7 \cdot 10^{-8}$  N;  $74^\circ$  sotto l'orizzontale, verso sinistra; b) il modulo della forza si riduce di un fattore 4, la direzione e il verso non cambiano  
 12  $2D/3$       13 a)  $3,70$  m/s<sup>2</sup> ; b)  $8,87$  m/s<sup>2</sup>  
 14  $2,64 \cdot 10^6$  m      15  $6,2 \cdot 10^{-8}$  N      16  $0,00270$  m/s<sup>2</sup>  
 17 a)  $2,9 \cdot 10^7$  m; b)  $0,48$  m/s<sup>2</sup>      18  $m_L = m_T/96$   
 19 a) si utilizzano le relazioni  $\frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f$  per determinare  $g$  e poi  $g = GM/R^2$  per determinare  $M$ ; b)  $8,94 \cdot 10^{22}$  kg  
 20 a) la distanza fra la Terra e il Sole il 4 gennaio è minore della distanza fra la Terra e il Sole il 4 luglio; b) la 2: la Terra spazza aree uguali in tempi uguali, perciò deve essere più vicina al Sole quando la sua velocità è maggiore; la 1 e la 3 sono false  
 21 a) la durata del mese aumenterà; b) la 1: maggiore è il raggio dell'orbita, maggiore è il periodo, quindi la durata del mese aumenterà; la 2 e la 3 sono false  
 22  $7140$  s = 1,98 h      23  $3,07$  km/s  
 24  $1,4 \cdot 10^{11}$  m      25  $27500$  s = 7,64 h  
 26  $1,90 \cdot 10^{27}$  kg  
 27 a) dalla terza legge di Keplero si ottiene  $M_{243 \text{ Ida}} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{r^3}{G}$ ; b)  $8,9 \cdot 10^{16}$  kg  
 28 a) 12 h; b) 3,9 km/s  
 29 a)  $14300$  s = 3,98 h; b)  $26300$  s = 7,31 h; c) i periodi non dipendono dalle masse dei satelliti; d) i periodi sono inversamente proporzionali alla radice quadrata della massa della Terra  
 30 a) Deimos è più lontano di Phobos; b)  $2,36 \cdot 10^7$  m  
 31  $1,91 \cdot 10^{30}$  kg      32  $4,30$  km/s  
 33 a) la quantità di energia necessaria per inviare un veicolo spaziale dalla Terra alla Luna è maggiore di quella necessaria per inviare lo stesso veicolo dalla Luna alla Terra; b) la 1: la velocità di fuga dalla Luna è minore di quella dalla Terra, quindi è richiesta meno energia per lasciare la Luna; la 2 e la 3 sono false  
 34 a)  $-1,5 \cdot 10^{-8}$  J; b) se le masse vengono raddoppiate l'energia quadruplica; c) se le lunghezze dei lati vengono dimezzate l'energia raddoppia  
 35 a)  $-5,5 \cdot 10^8$  J; b)  $-5,2 \cdot 10^8$  J;  
 c)  $\Delta U = 2,9 \cdot 10^7$  J e  $\Delta U = mgh = 3 \cdot 10^7$  J  
 36 a)  $1,1 \cdot 10^{11}$  J; b)  $2,4 \cdot 10^{12}$  J  
 37 a) la velocità di fuga dalla Terra aumenta; b) la 3: la forza di gravità è molto maggiore sulla superficie della Terra "compressa" e quindi la velocità di fuga è maggiore; la 1 e la 2 sono false  
 38 minore; per disporsi su un'orbita a un'altezza  $h$  il razzo deve possedere un'ulteriore quantità di energia cinetica che gli conferisca una velocità orizzontale  
 39  $2,40 \cdot 10^4$  km      40  $5,03$  km/s      41  $0,185$  m/s  
 42  $7,91$  km/s      43  $988$  m/s  
 44 a)  $4,25$  km/s ; b)  $10,4$  km/s  
 45 a) la velocità della cometa è minore di  $54,6$  km/s; b)  $783$  m/s  
 46  $1,73$  km/s      47  $v_{f,P} / v_{f,T} = 10$   
 48  $300$  km      49  $2,96$  km  
 50 a)  $2,07 \cdot 10^{-7}$  m/s; se le masse delle palle raddoppiano la velocità aumenta di un fattore  $\sqrt{2}$   
 51  $R_A = \sqrt{\frac{3gh}{4\pi G\rho}} = \sqrt{(1,00 \cdot 10^7 \text{ m})h}$ , dove  $\rho$  è la densità dell'asteroide  
 52 se viaggi verso est, cioè nel verso di rotazione della Terra, rispetto al centro della Terra hai una velocità maggiore di quando viaggi verso ovest; di conseguenza, la forza centrifuga richiesta per mantenere il tuo moto circolare è maggiore e il tuo peso apparente è minore. Dunque il peso segnato dalla bilancia aumenta leggermente quando l'aereo inverte la rotta  
 53  $A < B < C$       54  $B < C < A$   
 55 a) il lavoro totale è nullo; b) no, la risposta è indipendente dalla forma dell'orbita  
 56  $-6,34 \cdot 10^{-10}$  J      57  $1,85 \cdot 10^{24}$  kg  
 58 a)  $1,98 \cdot 10^{20}$  N; b)  $4,36 \cdot 10^{20}$  N ; c) è più ragionevole sostenere che la Luna, orbitando intorno al Sole, subisca un piccolo effetto dovuto alla Terra, perché la forza gravitazionale esercitata dalla Terra, pur avendo lo stesso ordine di grandezza, è circa la metà di quella esercitata dal Sole  
 59  $2,90 \cdot 10^{-12}$  N;  $83,4^\circ$  sotto l'orizzontale, verso sinistra  
 60  $7,39 \cdot 10^{-5}$  m/s  
 61 a) l'accelerazione di gravità è minore di quella sulla Terra; infatti essa è direttamente proporzionale al raggio e alla densità e quindi, dimezzando il raggio a parità di densità, si dimezza anche  $g$ ; b)  $4,91$  m/s<sup>2</sup>  
 63  $m_2/m_1 = 1/2$       64  $T = \sqrt{\frac{72\pi^2 r_1^3}{Gm_1}}$   
 65 a)  $4,7 \cdot 10^{30}$  kg · m<sup>2</sup>/s; b)  $4,7 \cdot 10^{30}$  kg · m<sup>2</sup>/s: il momento angolare si conserva  
 66  $h = 1,71 \cdot 10^7$  m  
 67 a) il periodo del satellite è maggiore di 24 ore; b) il satellite resta indietro rispetto alla rotazione verso est della Terra, perciò, visto dalla Terra, si muove verso ovest; c)  $T = 25,8$  h  
 68  $0,886$  m/s      70 a)  $1,69 \cdot 10^{10}$  J; b)  $8,22 \cdot 10^9$  J  
 71 a) no, la velocità non dipende dalla massa; b)  $7,76$  km/s;  
 c)  $5360$  s = 1,49 h  
 72 a)  $v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$ ; b)  $E = K + U = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GM_T m}{r} = \frac{1}{2}mv^2 - v^2 m = -K$ ; c) sì  
 73  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\sqrt{3}R^3}{GM}}$   
 74  $K = G \frac{Mm}{2r}$   
 75  $6,09 \cdot 10^{24}$  kg

Focus su

76 B 77 C 78 B 79 D

In English

- 80 a)  $2,4 \cdot 10^{-12}$  N; b)  $2,4 \cdot 10^{-12}$  N 81  $1,36 \text{ m/s}^2$   
 82 a)  $7,4 \cdot 10^{-11}$  J; b)  $9,4 \cdot 10^{-11}$  J 83  $2,55 \cdot 10^7 \text{ m}$   
 84 a) the acceleration of gravity on this planet is more than the acceleration due to gravity on the Earth; b)  $39,2 \text{ m/s}^2$   
 85  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 d^3}{3Gm}}$

Capitolo 13 Oscillazioni intorno all'equilibrio

Verifica delle competenze

- 1 A 2 B 3 D 4 D 5 C 6 <sup>D</sup> 7 C  
 8 B 9 A 10 B 11 C 12 D 13 A 14 B  
 15 A 16 D 17 A 18 D 19 C 20 A  
 21 C 22 B 23 B 24 A

Quesiti

- il moto è periodico, ma non è un moto armonico semplice perché la posizione e la velocità non variano sinusoidalmente con il tempo
- l'ombra della persona ha un moto periodico, con lo stesso periodo del moto della ruota; infatti, se consideriamo le relazioni fra moto circolare uniforme e moto armonico semplice possiamo dire che l'ombra della persona che si sposta avanti e indietro sul terreno si muove di moto armonico semplice
- non è un moto armonico semplice perché la posizione e la velocità del carrello non variano sinusoidalmente con il tempo
- la velocità massima di una massa attaccata a una molla è  $v_{\max} = \omega A$ , dove  $\omega = \sqrt{k/m}$ ; quindi l'energia cinetica massima è  $K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{1}{2}m(kA^2/m) = \frac{1}{2}kA^2$  e non dipende dalla massa
- il periodo rimane lo stesso perché, se la distanza percorsa dall'oggetto raddoppia, anche la sua velocità in ogni istante raddoppia
- la costante A rappresenta l'ampiezza del moto, la costante B la pulsazione; osserviamo che la pulsazione è  $\omega = 2\pi f$  e quindi la frequenza è  $f = \omega/2\pi = B/2\pi$
- la costante C rappresenta la velocità massima dell'oggetto, la costante D la pulsazione  $\omega = 2\pi/T$ ; quindi l'ampiezza è  $A = C/D$  e il periodo è  $T = 2\pi/D$
- il periodo del pendolo è indipendente dalla massa del peso che oscilla, quindi il periodo non cambia
- se i soldati marciano in sincronia, il ponte oscillerà con la frequenza del loro passo; se questa frequenza è vicina alla frequenza di risonanza del ponte, l'ampiezza delle oscillazioni può amplificarsi, fino a livelli dannosi per la struttura

Problemi

- 1 12 s; 0,085 Hz 2 1,75 s; 0,57 Hz 3 0,38 s  
 4 6,78 s 5 0,81 s; 1,2 Hz  
 6 a) 87 battiti/min; b) il numero di battiti aumenta; c) 93 battiti/min  
 7 a) 4A; b) 10A 8 a) 0,58 s; b) 0,15 s  
 9 a) 1,5 Hz; b) 0,34 s  
 10 a) C = F < B = E < A = D; b) D < E < C = F < B < A; c) C < B < A = D < E < F

- 11  $x = (5,4 \text{ cm}) \cos[(8,6 \text{ rad/s})t]$   
 12 a)  $x = (3,50 \text{ nm}) \cos[(4,00\pi \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1})t]$ ; b) la funzione seno, perché il seno soddisfa alle condizioni iniziali  $x = 0$  a  $t = 0$   
 13 a) 0,34 cm; b) 0,48 cm; c) 0; d) -0,48 cm  
 14 a) 0,88 s; b) -1,4 cm  
 15 a) 0,0358 m; b) nella direzione positiva di x  
 16 per due terzi di ciclo  
 17 a)  $A = \frac{(A\omega)^2}{A\omega^2} = \frac{v_{\max}^2}{a_{\max}}$ ; b)  $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{a_{\max}/v_{\max}} = \frac{2\pi v_{\max}}{a_{\max}}$   
 18 per  $t = 2,5 \text{ s}$ :  $x = -0,62 \text{ m}$ ; per  $t = 5,0 \text{ s}$ :  $x = 0,61 \text{ m}$ ; per  $t = 7,5 \text{ s}$ :  $x = -0,59 \text{ m}$   
 19 a) 28 m; b) 42 s  
 20 a)  $a_{\max} = 0,0495g$ ; b)  $v_{\max} = 0,128 \text{ m/s}$ ; c) la sua velocità è minima  
 21 a)  $v_{\max} = 1,01 \text{ m/s}$ ; b)  $a_{\max} = 82,4g$   
 22 a) 1,9 s; b) 0,23 m; c) 0,77 m/s; 2,6 m/s<sup>2</sup>  
 23 a) 1,1 km/s<sup>2</sup>; b) 6,2 m/s 24 a) 0,017 J; b) 0,34 N  
 25 a) il cavaliere rischia di essere sbalzato dal cavallo se l'accelerazione  $a_{\max}$  nel punto più alto del ciclo supera l'accelerazione di gravità g, quindi, poiché  $a_{\max}$  è in relazione con l'ampiezza, si può porre  $a_{\max} = g$  e da tale equazione ricavare l'ampiezza; b) 0,14 m  
 26 a) il periodo è maggiore di T; b) la 3: la molla più lunga si allunga più facilmente e quindi ci vuole più tempo per compiere un'oscillazione; la 1 è falsa, mentre la 2 è vera, ma irrilevante perché la costante elastica non cambia  
 27 a) la frequenza dell'oscillazione è minore; b) la 1: se si aumenta la massa sulla molla aumenta il periodo dell'oscillazione, quindi diminuisce la frequenza; la 2 e la 3 sono false  
 28 a) il periodo del blocco 1 è uguale a quello del blocco 2; b) la 2: i due blocchi risentono della stessa forza di richiamo per un dato spostamento dalla posizione di equilibrio e quindi hanno lo stesso periodo di oscillazione; la 1 è vera, ma irrilevante perché le molle collegate al blocco 2 non sono connesse in serie, la 3 è falsa  
 30 31 N/m 31  $T_1 = T_2 = 0,708 \text{ s}$   
 32 0,47 kg 33 a) 11 rad/s; b) 0,34 m/s; c) 0,57 s  
 34 a) 0,47 s; b) 2,6 cm; c) 4,6 m/s<sup>2</sup> 35 7,68 cm  
 36 a) il periodo aumenta perché dipende dalla radice quadrata della massa; b) del 10,4%  
 37 0,0811 J 38 1,43 m/s 39 0,436 J  
 40 a) si scrive la conservazione dell'energia nella forma  $K = E - U$  e dall'equazione si ricava  $v = \sqrt{\frac{3kA^2}{4m}}$ ; b) 0,22 m/s  
 41 a) 0,26 m/s; b) 2,8 cm 42 a) 3,8 kg; b) 37 N  
 43 0,30 m/s 44 a) 897 m/s; b) 0,0687 s  
 45 il peso deve essere spostato verso il basso  
 46 a) che oscilla più lentamente; b) la 1: la gravità è inferiore sulla cima della montagna e quindi il periodo di oscillazione è maggiore; la 2 è parzialmente vera, ma ignora il cambiamento dell'accelerazione di gravità, la 3 potrebbe essere vera solo se la montagna fosse riempita con un materiale di densità maggiore della densità media  
 47 8,95 m 48 9,6 m/s<sup>2</sup> 49 24,8 cm  
 50 a) poiché il periodo è inversamente proporzionale alla radice quadrata di g, se g si riduce di un fattore 6, il periodo cresce di un fattore  $\sqrt{6}$ ; b) 2,45 s  
 51 a) rimane lo stesso; b) diminuisce 52 0,49 m/s  
 53 48 kg 54  $4 \cdot 10^{14} \text{ m/s}^2 = (4 \cdot 10^{15})g$   
 55 5,52 N/m 56 a) zero; b) zero; c) positiva; d) negativa