

5. La figura 10.23 presenta in vista dall'alto cinque forze di ugual intensità che agiscono su una giostra un po' bizzarra: è un quadrato che ruota attorno al perno P , posto sul punto medio di un lato. Mettete in ordine le forze secondo i valori decrescenti dell'intensità del momento generato da ciascuna forza agente sulla giostra.

6. Si applica una forza al bordo di un disco rotante come una giostra, in modo da modificarne la velocità angolare. Sono date le velocità angolari iniziali e finali per quattro prove diverse: (a) -2 rad/s, 5 rad/s; (b) 2 rad/s, 5 rad/s; (c) -2 rad/s, -5 rad/s; (d) 2 rad/s, -5 rad/s. Ordinate le forze secondo i valori decrescenti del lavoro svolto dal momento della forza.

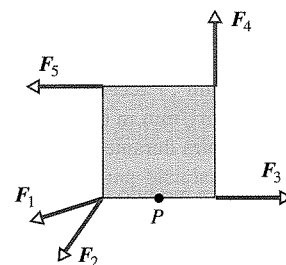


Figura 10.23 Quesito 5.

PROBLEMI

PARAGRAFO 10.2 Variabili rotazionali

•1. Qual è la velocità angolare (a) della lancetta dei secondi, (b) della lancetta dei minuti e (c) della lancetta delle ore di un orologio? Esprimete i valori in radianti al secondo.

•2. Un buon lanciatore di baseball può tirare una palla a una velocità di 136 km/h con una velocità angolare di rotazione di 1800 giri/min. Quanti giri fa la palla nel tragitto fino alla prima base? Per semplicità ammettiamo che la traiettoria di 18 m sia in linea retta.

•3. Un tuffatore, partendo da fermo, fa $2,5$ giri nel salto dal trampolino di 10 m. Calcolate la velocità angolare media durante un tuffo.

•4. La posizione angolare di un punto su una ruota che gira è $\theta = 2,0 + 4,0t^2 + 2,0t^3$, con θ in radianti e t in secondi. Quali sono, per $t = 0$, (a) la posizione angolare e (b) la velocità angolare? (c) Qual è la velocità angolare per $t = 4,0$ s? (d) Calcolate l'accelerazione angolare per $t = 2,0$ s. (e) L'accelerazione angolare è costante?

•5. Una ruota a otto raggi, come nella figura 10.24, ha un diametro di 60 cm. È montata su un assale fisso e gira alla velocità angolare di $2,5$ giri/s. Si voglia tirare una freccia lunga 20 cm parallelamente all'asse della ruota in modo che attraversi la ruota senza toccare i raggi. I raggi e la freccia sono molto sottili. (a) Quale velocità minima deve avere la freccia? (b) Fa differenza se si mira in vicinanza dell'asse o del bordo della ruota? Se è così, dove è meglio mirare?

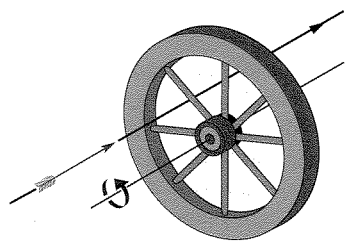


Figura 10.24 Problema 5.

PARAGRAFO 10.4 Rotazione con accelerazione angolare costante

•6. Un tamburo ruota attorno al suo asse centrale con velocità angolare di $12,60$ rad/s. Se rallenta con accelerazione angolare costante di modulo $4,20$ rad/s², (a) quanto tempo impiega e (b) che angolo totale descrive prima di fermarsi?

•7. La velocità angolare di un motore d'automobile è aumentata da 1200 giri/min a 3000 giri/min in 12 s. (a) Qual è l'accelerazione angolare in giri/min², supposta uniforme? (b) Quanti giri compie in questo intervallo di tempo?

•8. Un disco, che ruota inizialmente alla velocità angolare di 120 rad/s, è rallentato con una accelerazione angolare costante di intensità $4,0$ rad/s². (a) Dopo quanto tempo il disco si arresta? (b) Di quale angolo è ruotato prima di arrestarsi?

•9. Partendo da fermo, un disco gira intorno al proprio asse con accelerazione angolare costante. Dopo $5,0$ s è ruotato di 25 rad. (a) Quale è stata l'accelerazione angolare durante questo intervallo? (b) E la velocità angolare media? (c) Qual è la velocità angolare istantanea del disco al termine dei $5,0$ s? (d) Ammettendo che l'accelerazione non cambi, quale angolo percorrerà ancora nel corso dei $5,0$ s successivi?

•10. Una ruota, partita da ferma, gira con un'accelerazione angolare costante di $3,00$ rad/s². Durante un certo intervallo di $4,00$ s compie una rotazione di 120 rad. Da quanto tempo stava girando all'inizio dell'intervallo di $4,00$ s?

•11. Un volano compie 40 giri nel rallentare da una velocità angolare di $1,5$ rad/s all'arresto completo. (a) Ad accelerazione angolare costante, quanto tempo impiega a fermarsi? (b) Qual è questa accelerazione angolare? (c) Quanto tempo impiega a compiere i primi 20 giri dei 40 totali?

•12. Partendo da fermo, un disco ruota intorno a un asse fisso accelerando ad accelerazione angolare costante. A un certo istante si misura una velocità di 10 giri/s. Dopo aver compiuto altri 60 giri la sua velocità angolare risulta di 15 giri/s. Calcolate (a) l'accelerazione angolare, (b) il tempo impiegato per compiere quei 60 giri, (c) il tempo impiegato per raggiungere la velocità di 10 giri/s e (d) il numero di giri da fermo fino all'istante in cui ha raggiunto questa velocità di 10 giri/s.

•13. A $t = 0$ un volano ha una velocità angolare di $4,7$ rad/s, un'accelerazione angolare di $-0,25$ rad/s², e la sua linea di riferimento si trova in posizione $\theta_0 = 0$. (a) Di quale angolo massimo θ_{\max} nel verso positivo ruoterà la linea di riferimento? Per quali valori di t la linea si troverà in posizione $\theta = \frac{1}{2}\theta_{\max}$ (b) una prima volta e (c) una seconda volta? A quale valore di t (d) negativo e (e) positivo il riferimento si troverà in corrispondenza di $\theta = -10,5$ rad? (f) Tracciate $\theta(t)$, segnando sul grafico i punti corrispondenti a (a), (b), (c), (d) e (e) qui sopra.

•14. Una ruota, partita da ferma, gira con un'accelerazione angolare costante di $2,00$ rad/s². Durante un certo intervallo di $3,00$ s compie una rotazione di $90,0$ rad. (a) Da quanto tempo stava girando all'inizio dell'intervallo di $3,00$ s? (b) Qual era la sua velocità angolare all'inizio di questo intervallo?

PARAGRAFO 10.5 Variabili lineari e angolari

•15. Tra il 1911 e il 1990 la cima della Torre di Pisa si è inclinata verso sud alla velocità media di $1,2$ mm/a. Essendo alta 55 m, qual è stata la velocità angolare media di rotazione della cima rispetto alla base?

•16. Un volano del diametro di 1,20 m gira a velocità angolare di 200 giri/min. (a) Qual è la sua velocità angolare in rad/s? (b) Qual è il modulo della velocità lineare di un punto sul bordo del volano? (c) Qual è, in giri/min², l'accelerazione angolare costante necessaria per portare a 1000 giri/min in 60,0 s la velocità angolare del volano? (d) Quanti giri compirà durante questi 60,0 s?

•17. Quali sono in modulo (a) la velocità angolare, (b) l'accelerazione radiale e (c) l'accelerazione tangenziale di un'astronave che esegue una virata circolare di raggio 3200 km a una velocità costante di 29 000 km/h?

•18. Se l'elica di un aeroplano di raggio 1,5 m gira alla velocità di 2000 giri/min quando l'aereo vola a 480 km/h rispetto al terreno, qual è la velocità di un punto all'estremità di una pala dell'elica, rispetto (a) al pilota e (b) a un osservatore a terra? Si ammette che la velocità dell'aereo sia parallela all'asse di rotazione dell'elica.

•19. La posizione angolare della linea di riferimento di un oggetto che ruota intorno a un asse fisso è data da $\theta = 0,40e^{2t}$, con θ in radianti e t in secondi. Considerate un punto sull'oggetto distante 4,0 cm dall'asse di rotazione. Quali sono, all'istante $t = 0$, i moduli della (a) componente tangenziale dell'accelerazione e (b) componente radiale dell'accelerazione del punto?

••20. Il volano di un giroscopio di raggio 2,83 cm è avviato da fermo alla velocità angolare di 2760 giri/min con un'accelerazione costante di 14,2 rad/s². (a) Qual è l'accelerazione tangenziale di un punto sul bordo del volano durante l'avviamento? (b) Qual è l'accelerazione radiale di questo stesso punto quando il giroscopio va alla massima velocità? (c) Quale distanza totale percorre quel punto durante l'avviamento?

••21. (a) Qual è la velocità angolare ω rispetto all'asse polare di un punto sulla superficie terrestre situato alla latitudine di 40° N? (b) Qual è la sua velocità lineare v ? Quali sono i valori di (c) ω e (d) v all'equatore?

••22. La figura 10.25 rappresenta lo schema di una trasmissione a cinghia: la ruota A di raggio $r_A = 10$ cm è accoppiata tramite la cinghia B alla ruota C di raggio $r_C = 25$ cm. La ruota A, partendo da ferma, aumenta la propria velocità angolare con accelerazione costante di 1,6 rad/s². Calcolate quanto tempo impiega la ruota C per raggiungere la velocità angolare di 100 giri/min, ammettendo che la cinghia non slitti. (Suggerimento: in assenza di slittamento le velocità lineari alla periferia delle due ruote devono essere identiche.)

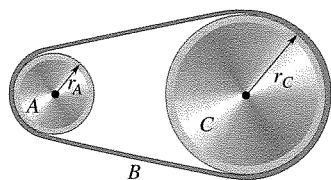


Figura 10.25 Problema 22.

••23. Un metodo primordiale per misurare la velocità della luce faceva uso di una ruota «dentata» munita di intagli sul bordo. Mentre la ruota è in veloce rotazione, come si vede nella figura 10.26, un raggio di luce passa attraverso un intaglio, si riflette in uno specchio e ritorna giusto in tempo per passare attraverso l'intaglio successivo. Una di queste ruote, con un raggio di 5,0 cm, ha 500 intagli sul bordo. Da misure eseguite con lo specchio a distanza $L = 500$ m dalla ruota risultava una velocità della luce di $3,0 \cdot 10^5$ km/s. (a) Qual era la velocità angolare (costante) della ruota? (b) Qual era la velocità lineare di un punto sul bordo?

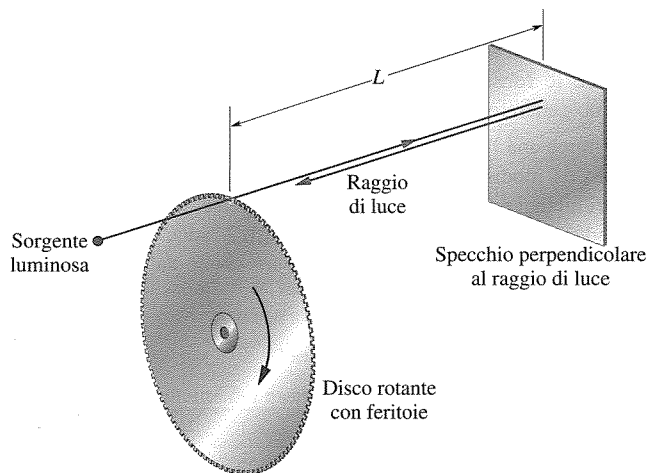


Figura 10.26 Problema 23.

••24. Il volano di una motrice a vapore gira alla velocità angolare costante di 150 giri/min. Quando si chiude l'afflusso di vapore, l'attrito sui cuscinetti e la resistenza dell'aria provocano l'arresto del volano entro 2,2 h. (a) Qual è, in giri/min², l'accelerazione angolare costante del volano durante il rallentamento? (b) Quanti giri fa il volano prima di arrestarsi completamente? (c) Qual è la componente tangenziale dell'accelerazione lineare di una particella posta a 50 cm dall'asse di rotazione quando il volano gira alla velocità angolare di 75 giri/min? (d) Qual è il modulo dell'accelerazione lineare netta della stessa particella nella situazione descritta in (c)?

••25. Il piatto di un vecchio giradischi gira alla velocità angolare di 33,33 giri/min. Un seme di cocomero si trova sul piatto a 6,0 cm dall'asse di rotazione. (a) Calcolate l'accelerazione del seme, ammettendo che non slitti. (b) Qual è il valore minimo del coefficiente di attrito statico fra seme e piatto che impedisce lo slittamento? (c) Supponendo che il giradischi, partendo da fermo, abbia raggiunto la sua velocità normale in 0,25 s con un'accelerazione angolare costante, calcolate il valore minimo del coefficiente di attrito statico che impedisce lo slittamento dell'oggetto nel corso dell'avviamento.

••26. Una stella pulsar è una stella di neutroni che gira rapidamente emettendo impulsi radioelettrici come un faro emette impulsi luminosi. Noi riceviamo un impulso per ogni giro compiuto dalla stella. Il periodo di rotazione T è il tempo impiegato dalla stella per compiere un giro e si ricava misurando il tempo fra due impulsi successivi. Attualmente la pulsar nella regione centrale della nebulosa del Granchio ha un periodo di rotazione $T = 0,033$ s, e si è registrato un aumento annuo di questo periodo di rotazione di $1,26 \cdot 10^{-5}$ s. (a) Qual è il valore dell'accelerazione angolare? (b) Se la sua accelerazione angolare è costante, in quanti anni da oggi cesserà di ruotare? (c) La pulsar ha avuto origine dall'esplosione di una supernova registrata nell'anno 1054 d.C. Ammettendo che la sua accelerazione angolare sia sempre stata costante, qual era alla nascita il periodo T della pulsar?

PARAGRAFO 10.6 Energia cinetica rotazionale

•27. Calcolate il momento d'inerzia di una ruota che ha energia cinetica di 24 400 J alla velocità di 602 giri/min.

•28. Nella figura 10.27 è dato l'andamento della velocità angolare rispetto al tempo per un'asticella sottile che ruota attorno a un'estremità. (a) Qual è il modulo della sua accelerazione angolare? (b) Qual è la sua energia cinetica al tempo $t = 0$ sapendo che a $t = 4,0$ s possiede un'energia cinetica rotazionale di 1,60 J?

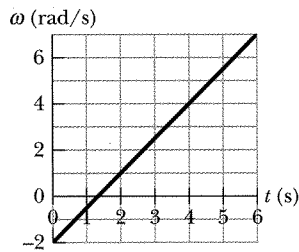


Figura 10.27 Problema 28.

PARAGRAFO 10.7 *Calcolo del momento d'inerzia*

•29. Calcolate le energie cinetiche di due cilindri pieni, di densità uniforme, rotanti ciascuno intorno al proprio asse longitudinale, sapendo che hanno uguale massa di 1,25 kg e uguale velocità angolare di 235 rad/s, ma (a) il primo ha un raggio di 0,25 m e (b) il secondo di 0,75 m.

•30. Calcolate il momento d'inerzia di un metro, di massa 0,56 kg, assimilabile a una sottile asticella, rispetto a un asse perpendicolare passante per la tacca dei 20 cm.

••31. Come risulta dalla figura 10.28, due particelle di pari massa $m = 0,85$ kg sono collegate fra loro, e a un asse di rotazione passante per il punto O , da due sottili asticelle identiche di massa $M = 1,2$ kg e lunghezza $d = 5,6$ cm. L'insieme ruota intorno all'asse in O con velocità angolare $\omega = 0,30$ rad/s. Trovate (a) il momento d'inerzia dell'insieme rispetto a O e (b) l'energia cinetica rotazionale rispetto a O .

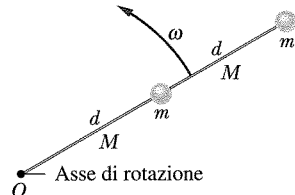


Figura 10.28 Problema 31.

••32. La figura 10.29 mostra un parallelepipedo massiccio uniforme di massa $M = 0,172$ kg e lati $a = 3,5$ cm, $b = 8,4$ cm e $c = 1,4$ cm. Calcolate il suo momento d'inerzia rispetto a un asse passante per uno dei suoi vertici, normale alle facce maggiori.

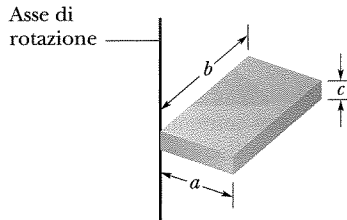


Figura 10.29 Problema 32.

••33. Le masse e le coordinate di quattro particelle sono:
 1) 50 g, $x = 2,0$ cm, $y = 2,0$ cm, 2) 25 g, $x = 0$ cm, $y = 4,0$ cm,
 3) 25 g, $x = -3,0$ cm, $y = -3,0$ cm, 4) 30 g, $x = -2,0$ cm, $y = 4,0$ cm.
 Qual è il momento d'inerzia del sistema rispetto (a) all'asse x , (b) all'asse y e (c) all'asse z ? (d) Chiamando A e B , rispettivamente, i risultati per (a) e (b), qual è il risultato per (c) in funzione di A e B ?

••34. In alcune città europee si sono sperimentati furgoni per consegna di merci, azionati dall'energia accumulata in un volano. La carica è somministrata da un motore elettrico che porta il volano alla sua velocità angolare massima di 200π rad/s. Poniamo che uno di questi volani sia un cilindro pieno omogeneo di massa 500 kg e raggio 1,0 m. (a) Qual è l'energia cinetica del volano a carica completa? (b) Se il furgone assorbe una potenza media di 8,0 kW, per quanti minuti può funzionare prima di esaurire la carica?

PARAGRAFO 10.8 *Momento di una forza*

•35. Una pallina di massa 0,75 kg è fissata all'estremità di un'asticella lunga 1,25 m, priva di massa, appesa a un perno per l'altra estremità. Qual è il momento della forza che agisce sul perno quando il pendolo così formato si trova a un angolo di 30° dalla retta verticale?

•36. La lunghezza della pedivella di una bicicletta è 0,152 m, e la forza, diretta verso il basso, applicata alternativamente a ogni pedale è di 111 N. Qual è il modulo del momento della forza applicata dal piede intorno all'asse di rotazione della pedaliera quando il braccio forma con l'asse verticale un angolo di (a) 30° , (b) 90° e (c) 180° ?

•37. Come mostra la figura 10.30, su un corpo imperniato in O agiscono due forze F_1 ed F_2 . Trovate l'espressione del modulo del momento risultante delle forze che agiscono sul corpo rispetto all'asse in O . Qual è il suo valore per $r_1 = 1,30$ m, $r_2 = 2,15$ m, $F_1 = 4,20$ N, $F_2 = 4,90$ N, $\theta_1 = 75,0^\circ$ e $\theta_2 = 60,0^\circ$?

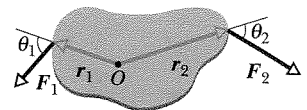


Figura 10.30 Problema 37.

•38. Su un corpo imperniato in O agiscono tre forze, aventi le direzioni indicate nella figura 10.31: $F_A = 10$ N nel punto A , a 8,0 m da O ; $F_B = 16$ N nel punto B , a 4,0 m da O e $F_C = 19$ N nel punto C , a 3,0 m da O . Qual è il momento risultante di queste forze rispetto a O ?

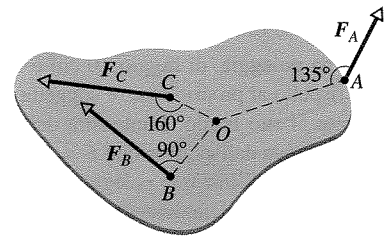


Figura 10.31 Problema 38.

PARAGRAFO 10.9 *Seconda legge di Newton per il moto rotatorio*

••39. Un cilindro di massa 2,0 kg può ruotare intorno al proprio asse (longitudinale) passante per O . Nel piano della sezione rappresentata nella figura 10.32 sono applicate quattro forze, aventi le intensità F e le distanze R dal centro O della sezione qui di seguito indicate:

$$F_1 = 6,0 \text{ N}, \quad F_2 = 4,0 \text{ N}, \quad F_3 = 2,0 \text{ N}, \quad F_4 = 5,0 \text{ N},$$

$$R_1 = 5,0 \text{ cm}, \quad R_2 = 12,0 \text{ cm}.$$

Trovate (a) l'ampiezza e (b) la direzione dell'accelerazione angolare del cilindro, ammettendo che durante la rotazione le forze mantengano gli stessi angoli rispetto al cilindro.

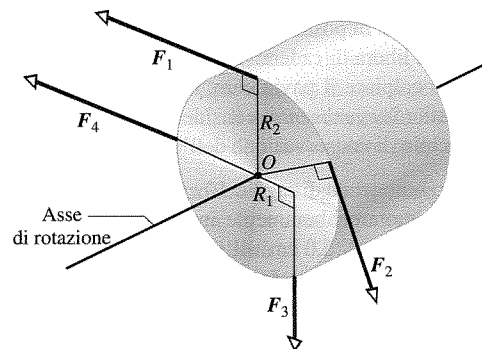


Figura 10.32 Problema 39.

••40. Due particelle di uguale massa m sono sospese alle estremità di una asticella rigida e priva di massa di lunghezza $L_1 + L_2$, essendo $L_1 = 20$ cm ed $L_2 = 80$ cm. L'asticella è tenuta ferma sul fulcro nella posizione indicata in figura 10.33, e quindi lasciata libera. Calcolate l'accelerazione (a) del blocco più vicino al fulcro e (b) del blocco più lontano, all'istante in cui cominciano a muoversi.

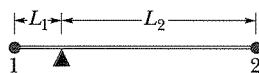


Figura 10.33 Problema 40.

••41. In una macchina di Atwood, come quella di figura 10.34, un blocco ha una massa $M = 500$ g, l'altro $m = 460$ g. La puleggia, montata su cuscinetti orizzontali privi di attrito, ha raggio 5,00 cm. Lasciato libero da fermo, il blocco più pesante cala di 75,0 cm in 5,00 s, senza che il filo slitti sulla puleggia. (a) Qual è in modulo l'accelerazione di ciascun blocco? Qual è la tensione nel tratto di filo che sostiene (b) il blocco più pesante e (c) il più leggero? (d) Qual è in modulo l'accelerazione angolare della puleggia? (e) Qual è il suo momento d'inerzia?

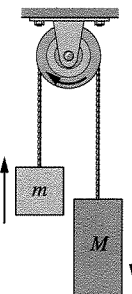


Figura 10.34 Problema 41.

••42. Una puleggia, di raggio 10 cm e momento d'inerzia $1,0 \cdot 10^{-3}$ kg/m² rispetto al proprio asse, è soggetta a una forza applicata tangenzialmente al suo bordo. L'intensità della forza varia in funzione del tempo ed è data dall'espressione $F = 0,50t + 0,30t^2$, con F in newton e t in secondi. All'inizio la puleggia è ferma. All'istante $t = 3,0$ s quali sono (a) la sua accelerazione angolare e (b) la sua velocità angolare?

PARAGRAFO 10.10 Lavoro ed energia cinetica rotazionale

••43. (a) Con riferimento alla figura 10.17, trovate, per $R = 12$ cm, $M = 400$ g ed $m = 50$ g, la velocità di m dopo che è sceso di 50 cm dalla posizione di riposo. Usate i principi di conservazione dell'energia. (b) Ripetete i calcoli per gli stessi dati di (a), ma con $R = 5,0$ cm.

••44. Un'asticella sottile di lunghezza $L = 0,75$ m e massa $m = 0,42$ kg è sospesa a un'estremità. Tirata lateralmente l'altra estremità, e lasciata oscillare come un pendolo, essa passa per il punto più basso con velocità angolare $\omega = 4,0$ rad/s. (a) Calcolate l'energia cinetica al passaggio per la posizione più bassa. (b) A che altezza risalirà il centro di massa rispetto a questa posizione? Attrito e resistenza dell'aria sono trascurabili.

••45. Una riga è messa in posizione verticale, appoggiata al pavimento e quindi lasciata libera di cadere. Trovate la velocità dell'estremità superiore quando colpisce il pavimento, ammettendo che l'estremità inferiore non slitti. (Suggerimento: considerate un'asticella sottile e applicate il principio di conservazione dell'energia.)

••46. Un cilindro omogeneo di raggio 10 cm e massa 20 kg è montato in modo da poter ruotare liberamente intorno a un asse orizzontale parallelo, a una distanza di 5,0 cm, all'asse longitudinale del cilindro. (a) Qual è il momento d'inerzia del cilindro rispetto a questo asse di rotazione? (b) Se il cilindro, da fermo, è lasciato libero da una posizione in cui il suo asse longitudinale si trovava alla stessa altezza dell'asse di rotazione, quale sarà la sua velocità angolare quando passa per la sua posizione più bassa?

••47. La figura 10.35 mostra un insieme rigido formato da un anello sottile, di massa m e raggio $R = 0,150$ m, e da una bacchetta anch'essa sottile, di uguale massa e lunghezza $L = 2,00R$. La struttura è verticale come in figura, ma dandole un leggero colpo ruota attorno all'asse orizzontale indicato. Assumendo trascurabile l'energia impartita inizialmente, quale sarà la sua velocità angolare al passaggio per la posizione inferiore?

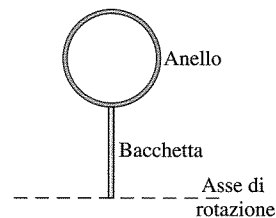


Figura 10.35 Problema 47.

••48. Un'alta ciminiera a forma cilindrica si abbatte per cedimento della base. Trattandola come un'asta sottile di altezza $H = 55,0$ m, calcolate, per l'istante in cui è inclinata di $35,0^\circ$, (a) la velocità angolare della ciminiera, (b) la componente radiale e (c) la componente tangenziale dell'accelerazione del vertice della ciminiera. (Suggerimento: Basatevi su considerazioni energetiche, non sul momento della forza.) (d) Per quale angolo θ l'accelerazione tangenziale è uguale a g ?

••49. Il guscio sferico uniforme della figura 10.36, di massa $M = 4,5$ kg e raggio $R = 8,5$ cm, ruota intorno a un asse verticale su cuscinetti privi di attrito. Una corda priva di massa avvolta intorno all'equatore della sfera, passando senza slittamenti sopra una puleggia, priva di attrito, avente momento d'inerzia $I = 3,0 \cdot 10^{-3}$ kg \cdot m² e raggio $r = 5,0$ cm, tiene appeso un piccolo oggetto di massa $m = 0,60$ kg. La corda non slitta e il perno è privo di attrito. Quale sarà la velocità dell'oggetto dopo che sarà disceso per una distanza $h = 82$ cm dalla posizione di riposo? Si considerino il lavoro e l'energia.

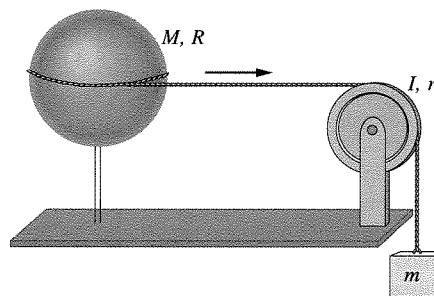


Figura 10.36 Problema 49.

Problemi supplementari

50. L'accelerazione angolare di una ruota è data da $\alpha = 6,0t^4 - 4,0t^2$, ove α è dato in rad/s² e t in s. All'istante $t = 0$ la ruota ha velocità angolare di modulo $+2,0$ rad/s e posizione angolare $+1,0$ rad. Scrivete un'espressione in funzione del tempo per (a) la velocità angolare in rad/s e (b) la posizione angolare in rad.

51. Un'asticciola sottile d'acciaio lunga 1,20 m, con massa 6,40 kg, che porta fissata alle estremità due palline di massa 1,06 kg ciascuna, è vincolata a ruotare in un piano orizzontale intorno a un asse verticale passante per il suo punto di mezzo. A un certo istante si misura una velocità angolare di rotazione di 39,0 giri/s, che per effetto di attriti si riduce a zero in 32,0 s. Supponendo che il momento della forza di attrito rimanga costante, calcolate (a) l'accelerazione angolare, (b) il momento della forza frenante dovuta agli attriti, (c) il lavoro totale sviluppato dagli attriti e (d) il numero di giri compiuto durante i 32,0 s

di rallentamento. (e) Supponiamo ora che risulti che la forza di attrito non è costante. Per quale delle grandezze da (a) a (d) sarà ancora possibile calcolare il valore senza disporre di altre informazioni? Se esiste almeno una di queste grandezze, trovatene il valore.

52. Una pala del rotore di un elicottero, di densità omogenea, è lunga 7,80 m e ha massa 110 kg. (a) Quale forza in modulo si esercita sull'unico bullone che fissa la pala al mozzo quando il rotore gira alla velocità di 320 giri/min? (*Suggerimento*: per questo calcolo la pala si può considerare come una massa puntiforme concentrata nel suo centro di massa. Perché?) (b) Ignorando la resistenza dell'aria, calcolate il momento da applicare al rotore per portarlo da fermo alla velocità di regime in 6,70 s. (Per questo calcolo la pala *non* si può considerare come una massa puntiforme concentrata nel suo centro di massa. Perché no? Supponete una distribuzione della massa come per un'asticella sottile omogenea.) (c) Quanto lavoro compie sulla pala il momento della forza per imprimerle la velocità angolare di 320 giri/min?

53. Nella figura 10.37 è rappresentato lo schema di una trasmissione a cinghie, costituita da quattro pulegge collegate da due cinghie. La puleggia motrice A, con raggio 15 cm, gira alla velocità di 10 rad/s. La B, con raggio 10 cm, è trascinata dalla A tramite la cinghia 1. La B', con raggio 5 cm, è concentrica e solidale con la B. La C, con raggio 25 cm, è trascinata dalla B' tramite la cinghia 2. Calcolate: (a) la velocità lineare di un punto sulla cinghia 1, (b) la velocità angolare della puleggia B, (c) la velocità angolare della puleggia B', (d) la velocità lineare di un punto sulla cinghia 2 e (e) la velocità angolare della puleggia C. (*Suggerimento*: in assenza di slittamento le velocità lineari alla periferia di due pulegge collegate devono essere identiche.)

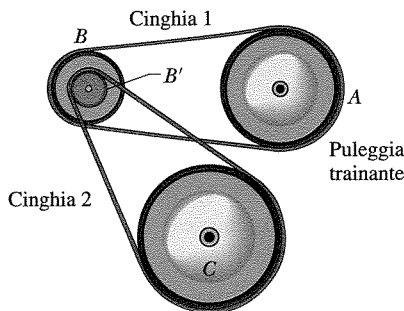


Figura 10.37 Problema 53.

54. Lanciando una pallina da golf con velocità di modulo 60 m/s e angolo di 20° sopra il piano orizzontale, le si imprime una rotazione con velocità di 90 rad/s. Trascurando la resistenza dell'aria, calcolare quanti giri compie la pallina prima di giungere al colmo della sua traiettoria.

55. Una ruota di raggio 0,20 m è montata su un asse orizzontale privo di attrito. Una corda priva di massa avvolta intorno alla ruota porta fissato all'estremità libera un oggetto di massa 2,0 kg che scivola senza attrito su un piano orizzontale, come si vede nella figura 10.38. L'oggetto è tirato da una forza di intensità $P = 3,0$ N. Supponendo che la corda non slitti sulla ruota, qual è il modulo della sua accelerazione angolare, sapendo che il suo momento d'inerzia intorno all'asse di rotazione è di $0,050 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$?

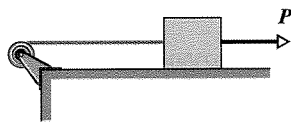


Figura 10.38 Problema 55.

56. Un corpo rigido è formato da tre asticelle sottili identiche di lunghezza $L = 0,600$ m, unite fra loro in modo da assumere la forma della lettera H, come nella figura 10.39. L'insieme è libero di ruotare

intorno a un asse orizzontale fisso, che coincide con una delle gambe dell'H. Partendo da una posizione di riposo in cui il piano dell'H è orizzontale, il sistema è lasciato libero di cadere. Qual è la velocità angolare del corpo quando il piano dell'H arriva in posizione verticale?

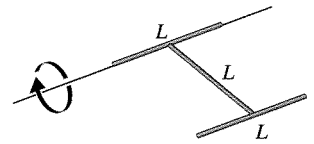


Figura 10.39 Problema 56.

57. (a) Dimostrate che il momento d'inerzia di un cilindro solido di massa M e raggio R rispetto al suo asse longitudinale è uguale al momento d'inerzia di un anello sottile di massa M e raggio $R/\sqrt{2}$ rispetto al suo asse centrale. (b) Dimostrate che il momento d'inerzia di qualsiasi corpo di massa M rispetto a qualsiasi asse è uguale al momento d'inerzia, rispetto a quell'asse, di un anello sottile *equivalente*, avente cioè ugual massa M e raggio k espresso da

$$k = \sqrt{\frac{I}{M}}$$

Questo raggio k dell'anello equivalente è detto *raggio di girazione* del corpo (rispetto all'asse considerato).

58. Una ruota di raggio 0,20 m è montata su un asse orizzontale privo di attrito. Una corda priva di massa avvolta intorno alla ruota porta fissato all'estremità libera un oggetto di massa 2,0 kg che scivola senza attrito giù per un piano inclinato di 20° rispetto all'orizzontale, come si vede nella figura 10.40. L'oggetto scende lungo il piano inclinato con un'accelerazione di $2,0 \text{ m/s}^2$. Qual è il momento d'inerzia della ruota intorno al suo asse di rotazione?

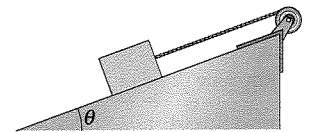


Figura 10.40 Problema 58.

59. La bacchetta omogenea della figura 10.41, lunga 2,0 m, può ruotare intorno a un perno orizzontale, privo di attrito, posto a un'estremità. È lasciata libera da una posizione di riposo inclinata di un angolo $\theta = 40^\circ$ sopra l'orizzontale. Usando il principio di conservazione dell'energia, trovate la velocità angolare della bacchetta all'istante in cui passa per la posizione orizzontale.

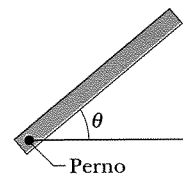


Figura 10.41 Problema 59.

60. Il volano di un motore sta girando alla velocità di 25,0 rad/s. Quando si spegne il motore, il volano rallenta a un ritmo costante e arriva a fermarsi in 20,0 s. Calcolate (a) la sua accelerazione angolare in rad/s^2 , (b) l'angolo, in rad, di cui è ruotato durante il rallentamento fino all'arresto e (c) il numero di giri compiuto nello stesso tempo.

61. Un piccolo oggetto di massa 1,30 kg è montato a un'estremità di una bacchetta lunga 0,780 m, di massa trascurabile. Il sistema ruota sul piano orizzontale alla velocità di 5010 giri/min intorno all'altra estremità della bacchetta. (a) Calcolate il momento d'inerzia del sistema rispetto all'asse di rotazione. (b) La resistenza dell'aria esercita sull'oggetto una forza di $2,30 \cdot 10^{-2}$ N, in direzione opposta al moto. Quale momento occorre applicare per mantenere il sistema in moto a velocità costante?

62. Partendo da ferma all'istante $t = 0$, una ruota è soggetta a un'accelerazione angolare costante. A $t = 2,0$ s la velocità angolare è $5,0$ rad/s. L'accelerazione si mantiene fino a $t = 20$ s, poi cessa bruscamente. Di quale angolo avrà girato la ruota da $t = 0$ a $t = 40$ s?

63. Sul piatto di un vecchio giradischi si posa un dado di massa 35 g a distanza di $3,5$ cm dal centro. Il coefficiente di attrito statico è di $0,40$. Poi si incrementa gradatamente la velocità angolare del piatto fino a un valore ω_0 , valore a cui il dado scivola via. (a) Determinare ω_0 . (b) Fare uno schizzo della traiettoria seguita dal dado.

64. Il corpo rigido della figura 10.42 è formato da tre masse puntiformi unite da asticelle prive di massa. Deve essere fatto girare intorno a un asse normale al suo piano passante per il punto P . Per $M = 0,40$, $a = 30$ cm e $b = 50$ cm, quale sarà il lavoro richiesto per portarlo da fermo a una velocità angolare di $5,0$ rad/s?

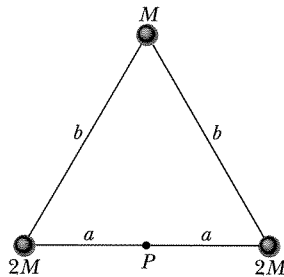


Figura 10.42 Problema 64.

65. Un disco ruota con accelerazione costante dalla posizione $\theta_1 = 10,0$ rad alla posizione $\theta_2 = 70,0$ rad in $6,00$ s. In questa posizione la sua velocità angolare è $15,0$ rad/s. (a) Che velocità aveva nella prima posizione? (b) Qual è il modulo dell'accelerazione angolare? (c) In che posizione angolare si trovava quand'era fermo? (d) Disegnate i grafici di θ e di ω in funzione di t dall'inizio del moto assumendo in tale stato $t = 0$.

66. Il nostro Sole dista $2,3 \cdot 10^4$ anni-luce dal centro della nostra galassia, la Via Lattea, e si muove su una circonferenza intorno a quel centro alla velocità di 250 km/s. (a) Quanto tempo impiegherà il Sole per compiere un giro completo della circonferenza? (b) Quanti giri ha già compiuto da quando si è formato, circa $4,5 \cdot 10^9$ anni fa?

67. Un giradischi da $33,33$ giri/min rallenta e si ferma in 30 s dal comando di arresto. (a) Trovate il valore dell'accelerazione angolare (uniforme) in giri/min². (b) Quanti giri ha compiuto in questo tempo?

68. Il momento di una forza di 960 N · m, applicato a un guscio sferico sottile di raggio $1,90$ m, gli conferisce un'accelerazione angolare di $6,20$ rad/s². (a) Qual è il momento d'inerzia del guscio rispetto all'as-

se di rotazione passante per il centro della sfera? (b) Calcolate la massa del guscio.

69. Una ruota gira con accelerazione angolare $\alpha = 4at^3 - 3bt^2$, con a , b e c costanti e unità SI. Scrivere un'espressione per (a) la velocità angolare e (b) la posizione angolare della ruota in funzione del tempo, ponendo come velocità angolare iniziale ω_0 .

70. Durante un intervallo di tempo t il volano di un gruppo generatore ruota di un angolo $\theta = at + bt^3 - ct^4$, ove a , b e c sono costanti e le unità sono SI. Scrivete l'espressione (a) della sua velocità angolare e (b) della sua accelerazione angolare.

71. Un pesante volano rotante sul suo asse sta rallentando per effetto dell'attrito sui suoi cuscinetti. Al termine del primo minuto la sua velocità angolare è pari a $0,900$ volte la sua velocità angolare iniziale di 250 giri/min. Ammettendo che le forze di attrito siano costanti, trovate la sua velocità angolare al termine del secondo minuto.

72. Un satellite per telecomunicazioni è costituito da un cilindro solido di massa 1210 kg, avente diametro $1,21$ m e lunghezza $1,75$ m. Prima di lanciarlo dalla stiva della navetta spaziale, come rappresenta schematicamente la figura 10.43, è messo in rotazione alla velocità angolare di $1,52$ giri/s attorno al suo asse longitudinale. Calcolate, per questo satellite, (a) il momento d'inerzia rispetto all'asse di rotazione e (b) l'energia cinetica rotazionale.

73. Un disco fonografico sta girando su un giradischi alla velocità angolare di $33,33$ giri/min. (a) Quanto vale in radianti al secondo? Quant'è il modulo della velocità lineare sotto la puntina, quando questa si trova a (b) 15 cm e (c) $7,4$ cm dal perno del piatto giradischi?

74. Qual è l'accelerazione angolare di un'automobile che viaggia alla velocità di 50 km/h e affronta una curva circolare di raggio 110 m?

75. La molecola dell'ossigeno, O_2 , ha massa totale $5,30 \cdot 10^{-26}$ kg e momento d'inerzia $1,94 \cdot 10^{-46}$ kg · m² rispetto a un asse normale al punto di mezzo del segmento che unisce i due atomi. Trovate la sua velocità angolare, sapendo che si sposta in un gas alla velocità di 500 m/s, e che la sua energia cinetica rotazionale è uguale a due terzi della sua energia cinetica di traslazione.

76. Calcolate (a) il momento della forza, (b) l'energia e (c) la potenza media richiesti per accelerare in un giorno la Terra dallo stato di quiete alla sua attuale velocità angolare.

77. Ammettendo che la Terra sia una sfera di densità uniforme, calcolate: (a) il suo momento d'inerzia e (b) la sua energia cinetica rotazionale. (c) Nell'ipotesi che potessimo catturare questa energia per nostro uso, per quanto tempo ciascuno dei $5 \cdot 10^9$ abitanti della Terra potrebbe disporre di una potenza di $1,0$ kW?