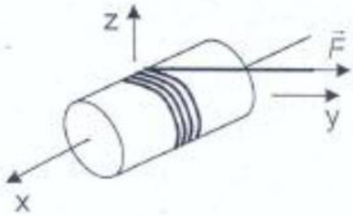
LISTA DE EXERCÍCIOS – Capítulo 10 – Dinâmica do movimento de rotação

1) Uma corda leve é enrolada em torno de um cilindro sólido de massa M e raio R. O cilindro pode girar livremente em torno de seu eixo de simetria (eixo x na figura) que é suportado por mancais fixos sem atrito. A extremidade livre da corda é puxada por uma força constante de módulo F na direção do eixo y.

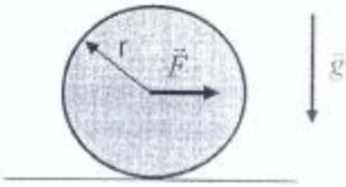


Dados: M, R e F.

a) Calcule o vetor aceleração angular do cilindro (escreva esse vetor em termos de vetores unitários, conforme o referencial da figura).

b) Supondo que o cilindro parta do repouso, calcule a energia cinética do cilindro após um tempo t de aplicação da força.

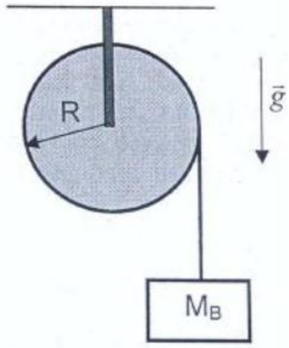
2) Um cilindro maciço de raio r rola sem deslizar sobre uma superfície horizontal. O cilindro é puxado por uma força horizontal de módulo constante F aplicada em seu eixo através de rolamentos sem atrito (veja a figura ao lado). Suponha que o cilindro esteja girando com aceleração angular igual a $\frac{2g}{r}$.



Dados: F, r e g.

Calcule a massa do cilindro.

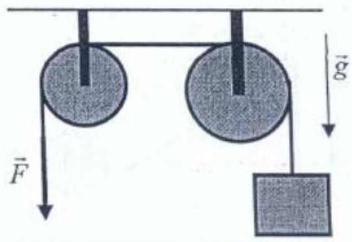
3) Uma corda leve está enrolada em um cilindro maciço de massa M_C e raio R que pode girar livremente em torno de um eixo fixo horizontal sem atrito. Na extremidade da corda está pendurado, inicialmente em repouso, um bloco de massa M_B. O bloco é então solto e cai girando o cilindro.



Dados: M_C, R, M_B e g.

Calcule o módulo da tensão no segmento de corda vertical, enquanto o bloco cai.

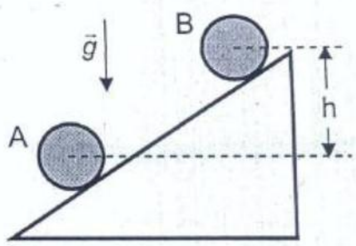
4) Um bloco de massa M está sendo puxado para cima por uma força vertical $\vec{F}$ constante aplicada na extremidade de uma corda leve que passa por duas polias com eixos fixos no teto, conforme a figura abaixo. As polias são discos maciços, a menor de raio a e massa M_A e a maior de raio b e massa M_B. Despreze os atritos.



Dados: F, M, M_A, M_B, a, b e g.

Calcule o módulo da aceleração do bloco. (a_B)

5) Uma esfera maciça de massa M e raio R está subindo um plano inclinado, rolando sem deslizar. Ao passar pela posição A (ver figura) a velocidade do centro de massa da esfera é $V_{CM}=V_0$. Na posição B a esfera finalmente atinge o repouso momentâneo.

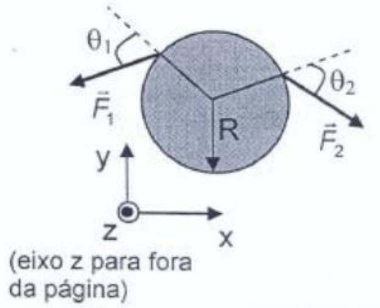


Dados: M, R, V_0 e g.

Calcule a altura h.

6) Em um dado instante, um disco maciço de massa M e raio R está submetido (somente) às duas forças mostradas na figura ao lado. As forças e o disco estão no plano da página. O disco pode girar em torno de um eixo fixo ortogonal ao plano da página que passa pelo seu centro. Calcule o vetor aceleração angular do disco nesse instante (expresse sua resposta em termos do referencial fornecido na figura).

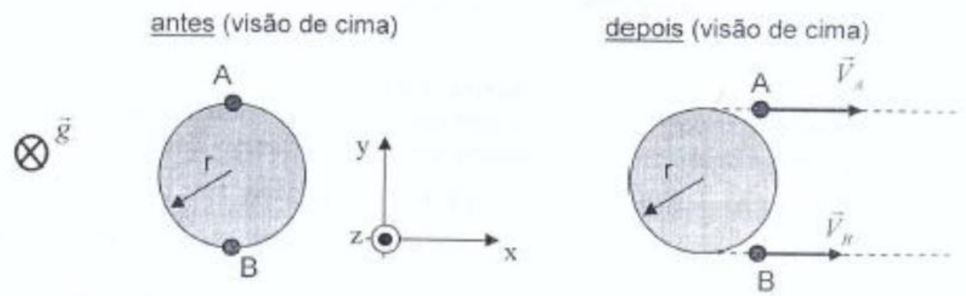
Dados: $\vec{F}_1$, θ_1, $\vec{F}_2$, θ_2, M e R.



7) Um cabo leve, flexível e não deformável é enrolado diversas vezes na periferia de um cilindro maciço de massa M_C e de raio r, que pode girar livremente em torno de um eixo que passa pelo seu centro. Em uma das extremidades do cabo é preso um bloco de massa M_B, conforme a figura abaixo. Desprezando o atrito com o ar, calcule o vetor aceleração angular do cilindro quando o bloco é solto do repouso. A sua resposta deve estar em termos dos vetores unitários conforme o sistema de coordenadas dado.

dados: M_C, r, M_B, g

8) Duas pessoas (A e B) estão inicialmente sentadas em uma plataforma que tem a forma de um disco horizontal. Esse disco está inicialmente parado, possui massa M_d, raio r e pode girar livremente em torno de um eixo fixo vertical que passa pelo seu centro. Em um dado instante, essas duas pessoas pulam da plataforma: a pessoa A (de massa M_A) pula para a direita com velocidade $\vec{V}_A$ e a pessoa B (de massa M_B) pula também para a direita com velocidade $\vec{V}_B$ (veja a figura abaixo. O disco e os vetores velocidade estão no plano da página. As velocidades são tangentes à periferia do disco. As pessoas podem ser consideradas partículas).



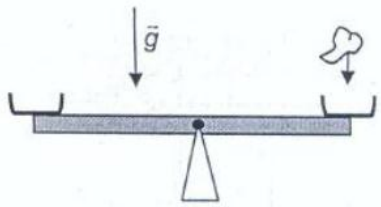
Dados: M_A, M_B, M_d, r, V_A , V_B e g.

Calcule o vetor velocidade angular do disco logo após as pessoas terem saltado (use vetores unitários conforme o referencial fornecido na figura).

Justifique qualquer argumento de conservação.

9) Considere que o aquecimento global derreta todo o gelo contido nas calotas polares e que a água daí resultante seja uniformemente distribuída nos oceanos da Terra. Explique qual efeito haveria sobre a velocidade angular de rotação da Terra. Sua resposta deve ser sucinta e deve conter equações (que expressam leis e grandezas físicas) que justifiquem seu raciocínio. Afirmações erradas contribuirão para reduzir sua nota, portanto seja sucinto e atenha-se ao essencial. Sua resposta deverá estar totalmente contida no quadro abaixo. Extensões da resposta escritas em outros espaços da prova não serão levadas em conta na correção.

10) Uma balança de açougue é constituída de uma haste rígida de massa M_H e comprimento L que pode girar livremente em torno de um eixo fixo horizontal que passa por seu centro. Nas extremidades da haste estão fixados os pratos da balança (veja a figura). Inicialmente a balança estava parada em equilíbrio com a haste na posição horizontal. Em um dado instante cai no prato direito da balança um pequeno pedaço de osso de massa m e velocidade inicial (imediatamente antes da colisão com o prato) vertical de módulo V_0. O osso rebate no prato e é lançado verticalmente para cima com velocidade inicial de módulo V_0 / 2. Despreze os atritos e as massas dos pratos e considere que o osso é uma partícula.

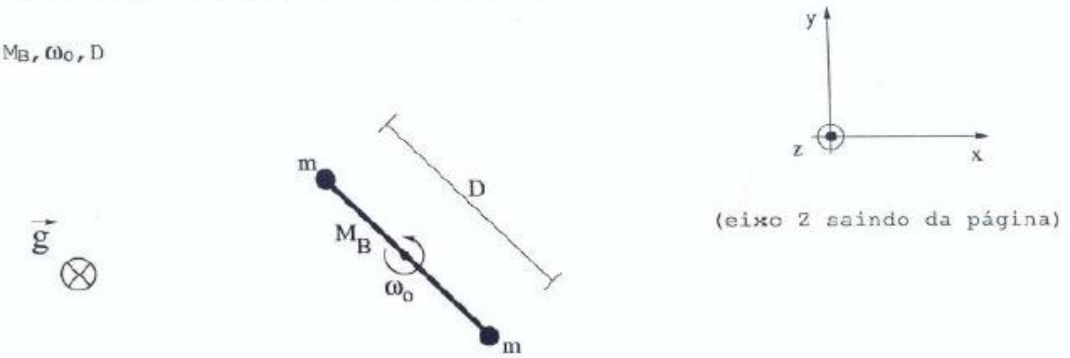


Dados: M_H, L, m, V_0 e g.

Calcule o módulo da velocidade angular da haste da balança logo após o osso ser lançado para cima.

11) Uma barra delgada, uniforme, de massa M_B e comprimento D tem presa em cada uma das suas extremidades uma partícula de massa m (veja a figura abaixo). A barra está apoiada em uma superfície horizontal sem atrito e pode girar livremente em torno de um eixo (perpendicular à superfície (eixo Z)) que passa pelo seu centro. Suponha que o sistema (barra+partículas) esteja girando com uma velocidade angular ω_0 no sentido antihorário.

Dados: m, M_B, ω_0, D



(eixo Z saindo da página)

a) Calcule o momento angular do sistema ao longo do eixo Z.

b) Se uma das partículas se desprende do conjunto e sai deslizando sobre a superfície sem atrito, calcule o módulo da velocidade angular final da barra.

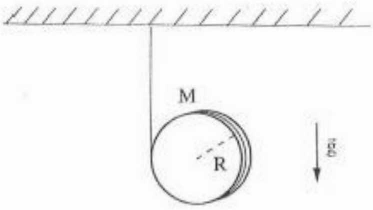
12) Uma estrela de nêutrons, de forma esférica, sofre um colapso gravitacional, em que seu raio se reduz do valor inicial R para o valor final R / 3. Considere a estrela livre de influências externas. Calcule a razão ω_0 / ω_F entre a velocidade de rotação inicial da estrela em torno de um eixo que passa por seu centro ω_0 e a velocidade de rotação final ω_F.

Dados: R.

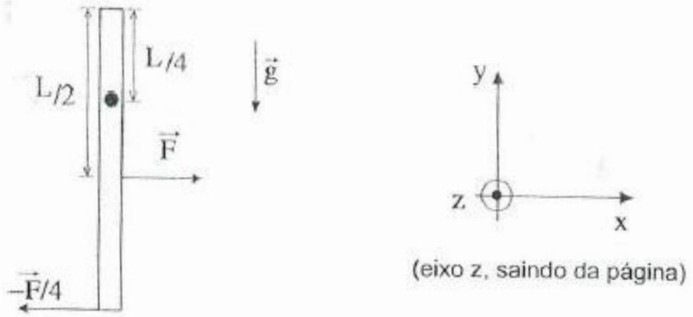
Justifique aqui sua solução:

13) Um fio de massa desprezível, flexível e inextensível é enrolado diversas vezes em torno de um cilindro maciço, uniforme, de massa M e raio R. O fio então é preso ao teto como mostra a figura abaixo. O cilindro é abandonado do repouso e o fio se desenrola sem deslizar. O sistema funciona como um ioiô. Desprezando o atrito com o ar, calcule o módulo da velocidade do centro de massa do cilindro depois que ele caiu uma altura h.

Dados: M, R, g e h.



14) Uma haste rígida, uniforme, de comprimento L e massa M pode girar livremente em torno de um eixo fixo horizontal que está a uma distância L/4 de uma de suas extremidades. Em um dado instante, essa haste está submetida às forças externas mostradas na figura abaixo. Nessa figura, a haste e as forças estão no plano da página e o eixo de rotação (•) está ortogonal a esse plano. A força peso e a força que o eixo faz na haste não estão mostradas.



Dados: M, L e $\vec{F}$

Considerando o referencial já fornecido na figura, calcule as seguintes grandezas vetoriais :

a) O torque resultante $\vec{\tau}$ na haste (em torno do eixo de rotação) nesse instante.

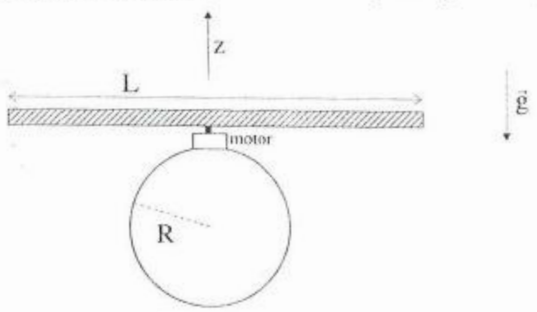
b) A aceleração angular $\vec{\alpha}$ da haste nesse instante.

c) A aceleração linear $\vec{a}$ do centro de massa da haste nesse instante.

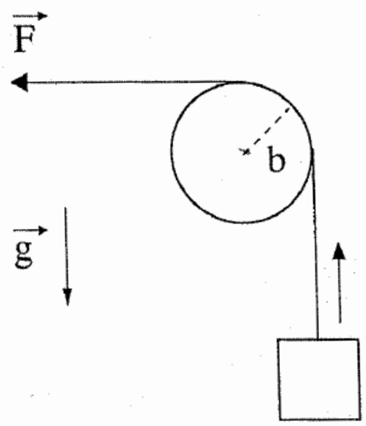
d) Após um tempo *To* a velocidade angular da haste tem módulo $\omega = ATo$, sendo A uma constante. Calcule o módulo da componente Z do momento angular (L_z) em torno do eixo de rotação.

15) Um menino constrói um modelo de helicóptero composto por uma haste uniforme, rígida, de comprimento L e massa M (a hélice), uma casca esférica uniforme, de massa N e raio R (a cabine) e um motor de momento de inercia desprezível (Veja a figura abaixo). Suponha que em um dado instante em que tudo estava em repouso no ar, o motor começa a girar a haste com velocidade angular $\omega\hat{z}$ $(\hat{z}=\hat{k})$. Calcule o vetor velocidade angular que a casca esférica adquire.

Dados: L, M, N, R e $\omega\hat{z}$

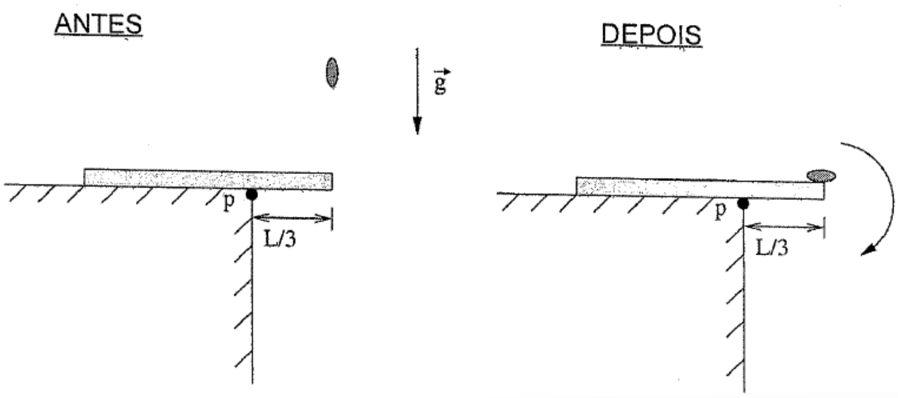


16) Uma corda flexível e de massa desprezível é usada para suspender um bloco de massa M_B. A corda passa por uma polia (disco maciço) de raio b e massa M_P como mostra a figura ao lado. A corda não desliza na polia. A polia pode girar livremente em torno de um eixo fixo que passa pelo seu centro e que é ortogonal à página. Na extremidade livre da corda é aplicada uma força horizontal, constante e de módulo F. Calcule o módulo da aceleração do bloco.



Dados: M_B, M_P, b, F, e g.

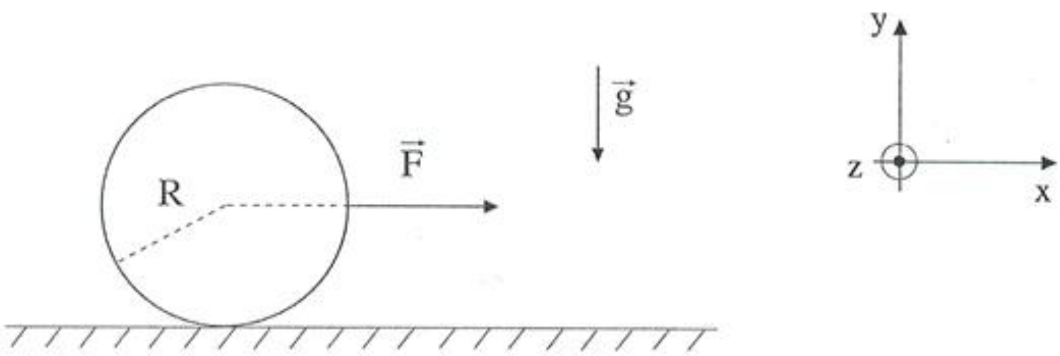
17) Uma gota de cera (de massa M_C) cai verticalmente e adere à extremidade de uma haste (de massa M_H e comprimento L) que estava apoiada em uma mesa horizontal, conforme a figura abaixo. Após a colisão, a haste (juntamente com a gota de cera) passa a girar em torno de um eixo ortogonal à página que passa pelo ponto p mostrado.



Se V é o módulo da velocidade da gota antes da colisão, calcule o módulo da velocidade angular da haste após a colisão. Despreze os atritos e os pesos da haste e da gota durante a colisão.

Dados: M_C, M_H, L e V.

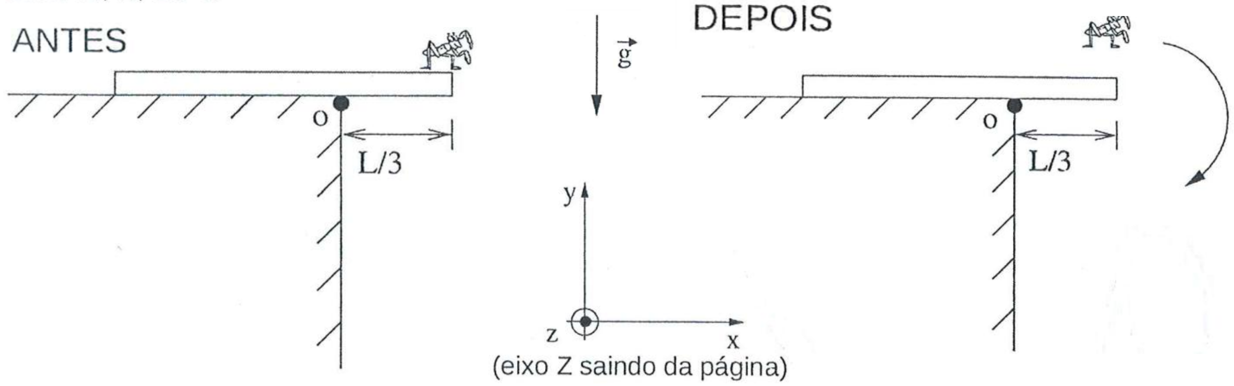
18) Uma esfera maciça, de massa M e raio R, rola sem deslizar por uma superfície horizontal devido a ação de uma força $\vec{F}$, constante e paralela à superfície (veja a figura abaixo). Calcule o módulo da aceleração do centro de massa da esfera.



Dados: M, R, F e g.

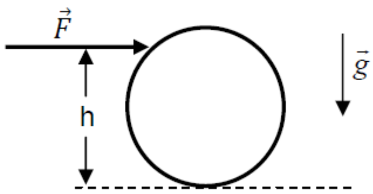
19) Um grilo de massa N repousa em uma das extremidades de uma haste fina de comprimento L e massa M, apoiada em uma mesa horizontal. O grilo então salta com velocidade $\vec{V}$ vertical e a haste então gira em torno de um eixo horizontal, ortogonal a página, que passa pelo ponto o, veja as figuras abaixo. Calcule o vetor velocidade angular da barra imediatamente após o grilo saltar. Despreze os atritos.

Dados: M, N, L e V.



(eixo Z saindo da página)

20) Uma bola de sinuca de massa M e raio R está inicialmente em repouso sobre um piso horizontal sem atrito. No instante mostrado na figura ao lado, ela está recebendo uma tacada que resulta em uma força horizontal de módulo F aplicada a uma altura h da superfície do piso. Essa tacada fará a bola rolar sobre o piso.



Dados: M, R, F, h e g.

a) Calcule o módulo da aceleração do centro de massa da bola.

b) Calcule o módulo da aceleração angular da bola ao longo do eixo que passa pelo centro de massa.

c) Usando seus resultados anteriores, calcule a altura h, em termos do raio R, que faria com que a bola rolasse sobre o piso sem deslizar.

21) Uma criança de massa M está inicialmente em repouso sobre um brinquedo de parque de diversões que consiste em um disco horizontal de massa N e raio R que pode girar livremente em torno de um eixo vertical que passa por seu centro (ver a figura (a)). O raio inicial da criança é b. O disco também está inicialmente em repouso. Em um dado instante a criança resolve pular do disco. Ela pula do disco com uma velocidade horizontal $\vec{V}$, de módulo V, como mostrado na figura (b).

Dados: M, N, R, V, b, θ e g.

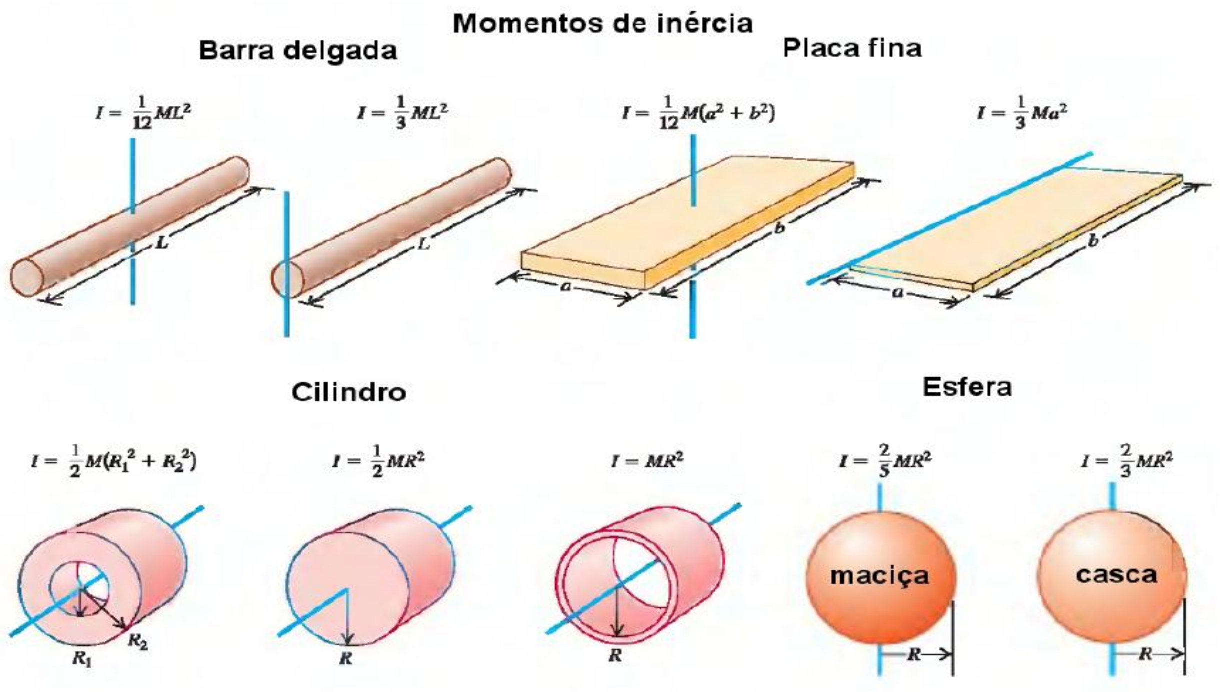
Visão lateral

Visão de cima

(a) (b)

a) Calcule o módulo da velocidade angular ω_F do disco logo após o pulo da criança.

b) Escreva a expressão do vetor $\vec{\omega}_F$.



R E S P O S T A S

1) a) $\vec{\alpha} = -\frac{2F}{MR}\hat{\imath}$ b) $K(T) = \frac{F^2}{M}t^2$

2) $M = \frac{F}{3g}$

3) $T = \frac{M_c M_B g}{2M_B + M_c}$

4) $a = \frac{2(F - Mg)}{2M + M_B + M_A}$

5) $h = \frac{7V_0^2}{10g}$

6) $\vec{\alpha} = \frac{2}{MR}(F_1 sen\theta_1 - F_2 sen\theta_2)\hat{z}$

7) $\vec{\alpha} = \frac{2M_B g}{r(2M_B + M_C)}\hat{z}$

8) $\vec{\omega}_f = \frac{2(M_A V_A - M_B V_B)}{M_A r}\hat{k}$

9) ....

10) $\omega = \frac{9mV_0}{M_H L}$

11) a) $L_Z = \left(\frac{6m + M_B}{12}\right) D^2 \omega_0$

12) $\frac{\omega_0}{\omega_F} = \frac{1}{9}$

13) $v_{CM} = \sqrt{\frac{4gh}{3}}$

14) a) $\vec{\tau} = \frac{1}{16}FL\hat{z}$ b) $\vec{\alpha} = \frac{3}{7}\frac{F}{ML}\hat{z}$

c) $\vec{a} = \frac{3}{28}\frac{F}{M}\hat{x}$ d) $L_z = \frac{7}{48}ML^2 A T_0$

15) $\overrightarrow{\omega_E} = -\frac{1}{8}\frac{ML^2}{NR^2}\omega\hat{z}$

16) $a = 2\frac{(F - M_B.g)}{(M_P + 2M_B)}$

17) $\omega = \frac{3M_C}{(M_H + M_C)}\frac{V}{L}$

18) $a_{CM} = \frac{5F}{7M}$

19) $\vec{\omega} = \frac{3NV}{ML}(-\hat{z})$

20) a) $a_{CM} = \frac{F}{M}$ b) $\alpha = \frac{5F(h - R)}{2MR^2}$

c) $h = \frac{7}{5}R$

21) a) $\omega_F = \frac{2MVb}{NR^2}sen\theta$

b) $\vec{\omega}_F = \frac{2MVb}{NR^2}sen\theta(-\hat{z})$