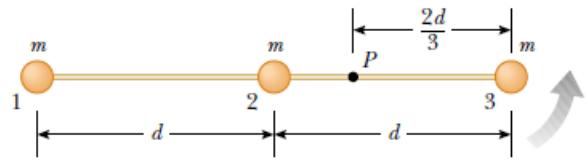


## LISTA DO CAPÍTULO 11

## Questão 1

Uma barra rígida, sem massa, tem três massas iguais ligadas a ela, como na figura. A barra pode girar livremente em um plano vertical em torno de um eixo sem atrito perpendicular a ela passando pelo ponto  $P$ , e é solta a partir do repouso na posição horizontal em  $t = 0$ . Supondo  $m$  e  $d$  conhecidos, encontre:



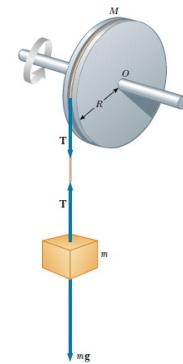
- o momento de inércia do sistema em torno do eixo em  $t = 0$ ;
- o torque agindo sobre o sistema em  $t = 0$ ;
- a aceleração angular do sistema em  $t = 0$ ;
- a aceleração linear da massa “3”;
- a máxima energia cinética do sistema;
- a máxima velocidade angular atingida pela barra

## Questão 2

Mostre que num sistema de partículas, o torque total (em relação a um ponto Q) produzido pelo peso das partículas, pode ser escrito como  $\tau = \vec{R} \times (M\vec{g})$ , onde  $\vec{R}$  é a posição do centro de massa em relação ao ponto Q,  $M = \sum m_i$  é a soma das massas das partículas  $\vec{g}$  é a aceleração gravitacional.

## Questão 3

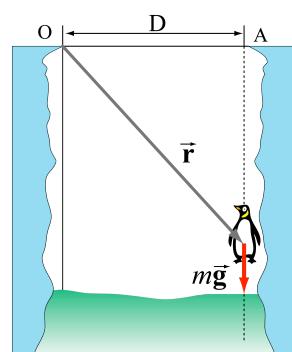
Um disco uniforme de massa  $M = 2,0$  kg e raio  $R = 8,0$  cm é montado sobre um eixo horizontal fixo, sem atrito. Um fio de massa desprezível enrolado na borda do disco suporta um bloco de massa  $4,0$  kg.



- qual é o torque total do sistema em relação ao ponto O?;
- quando o bloco tem uma velocidade  $v$ , o disco tem uma velocidade angular  $\omega = v/R$ . Determine o momento angular do sistema em torno de O;
- usando o fato de que  $\vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$  e o resultado do item b), calcule a aceleração do bloco.

## Questão 4

Um pinguim de massa  $m$  cai do ponto A, sem velocidade inicial, a uma distância horizontal  $D$  da origem de um sistema de coordenadas  $(x, y, z)$ .



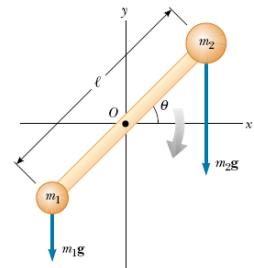
- qual é o momento angular  $\vec{l}$  do pinguim durante a queda, em relação ao ponto O?;
- qual é o torque  $\vec{\tau}$  em relação ao ponto O a que é submetido o pinguim devido à força gravitacional  $mg$ ?

**LISTA DO CAPÍTULO 11**

- c) verifique que  $\frac{d\vec{l}}{dt} = \vec{\tau}$

**Questão 5**

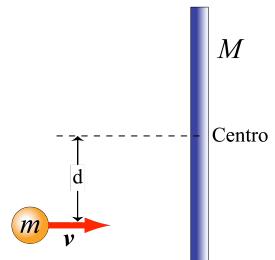
Uma haste rígida de massa  $M$  e comprimento  $l$  pode girar sem atrito em torno do seu centro fixo O (Figura). Duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$  são presas às suas extremidades. Este sistema gira num plano vertical com uma velocidade angular instantânea  $\omega$ .



- ache uma expressão para o módulo do momento angular do sistema;
- ache uma expressão para o módulo da aceleração angular do sistema quando a haste forma um ângulo  $\theta$  com a horizontal.

**Questão 6**

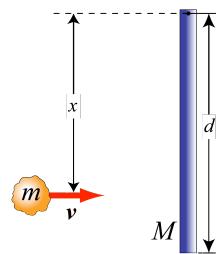
Uma barra de comprimento  $L$  e massa  $M$  repousa sobre uma mesa horizontal sem atrito. Um pequeno objeto de massa  $m$ , movendo-se com velocidade  $v$ , como mostra a figura ao lado, colide elasticamente com a barra.



- Que grandezas são conservadas na colisão?
- Qual deve ser a massa do objeto para que ele fique em repouso após a colisão?

**Questão 7**

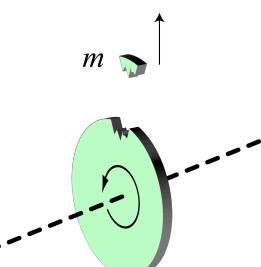
Uma barra homogênea de massa  $M$  e comprimento  $d$  pode girar em torno de um eixo fixo em uma de suas extremidades. Uma bola de massa de modelar, com massa  $m$  e velocidade  $v$ , atinge a barra a uma distância  $x$  do eixo e fica grudada na barra. Determine:



- o momento de inércia do sistema bola+barra;
- o momento angular do sistema após a colisão;
- a razão entre a energia final e a energia inicial do sistema.

**Questão 8**

Um disco uniforme de massa  $M$  e raio  $R$  gira com velocidade angular  $\omega_0$  em torno de um eixo horizontal que passa por seu centro.



- determine a energia cinética e o momento angular do disco;
- Um pedaço de massa  $m$  quebra na beirada do disco e sobe verticalmente acima do ponto no qual se desprendeu (ver figura ao lado). Até que altura ele sobe, antes de começar a cair?
- qual a velocidade angular final do disco quebrado?

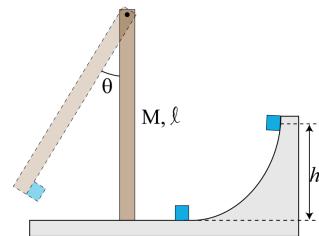
**Questão 9**

Uma partícula de massa  $m$  desce de uma altura  $h$  deslizando sobre uma superfície sem atrito e colide com uma haste vertical uniforme (de massa  $M$  e comprimento  $l$ ), ficando grudada nela,

## LISTA DO CAPÍTULO 11

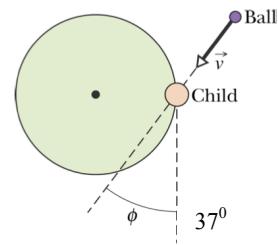
conforme a figura abaixo. A haste pode girar livremente em torno de um eixo horizontal que passa por  $O$ .

- qual é o momento angular da massa  $m$  em relação a  $O$  no instante em que ela atinge a haste?;
- qual é a velocidade angular do conjunto (massa+haste) logo após a colisão?;
- encontre o valor do ângulo  $\theta$  para o qual a haste para momentaneamente.



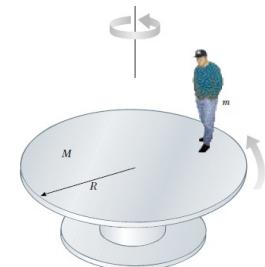
### Questão 10

Na figura ao lado, uma criança de 30 kg está em pé na borda de um carrossel parado de massa 100 kg e raio 2,0 m. O momento de inércia do carrossel em relação ao eixo de rotação é 150 kg.m<sup>2</sup>. A criança agarra uma bola de massa 1,0 kg lançada por um colega. Imediatamente antes de a bola ser agarrada ela tem uma velocidade  $v$  de módulo 12 m/s, fazendo um ângulo 37° com a reta tangente à borda do carrossel, como mostra a figura. Qual a velocidade angular do carrossel imediatamente após a criança agarrar a bola?



### Questão 11

Um rapaz de massa  $m = 60$  kg encontra-se parado em um ponto da circunferência de uma plataforma horizontal de massa  $M = 3,0 \times 10^2$  kg e raio  $R = 3,0$  m, inicialmente parada. Essa plataforma pode girar em torno de um eixo vertical com atrito desprezível. O rapaz começa a andar ao longo da circunferência com velocidade constante de 2,0 m/s em relação à plataforma.



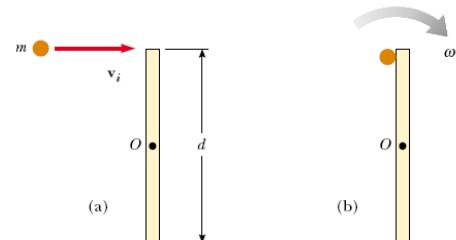
- quais são as velocidades angulares do rapaz e da plataforma no referencial terrestre?;
- de quanto terão girado o rapaz e a plataforma, no referencial terrestre, quando o rapaz completar uma volta em relação à plataforma?

### Questão 12

A massa da Terra é aproximadamente  $6,0 \times 10^{24}$  kg. Se um iceberg de  $1,0 \times 10^{13}$  kg se desloca desde o polo norte até uma latitude de 45°, qual é a modificação resultante na duração do dia? A duração do dia fica maior ou menor?

### Questão 13

Um projétil de massa  $m$  move-se para a direita com velocidade  $v_i$ . Ele bate e gruda na extremidade de uma haste de massa  $M$  e comprimento  $d$  que está montada num eixo sem atrito que passa por seu centro.



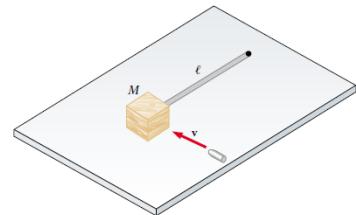
- calcule a velocidade angular do sistema imediatamente após a colisão;
- determine a porcentagem de energia mecânica perdida por causa da colisão.

## LISTA DO CAPÍTULO 11

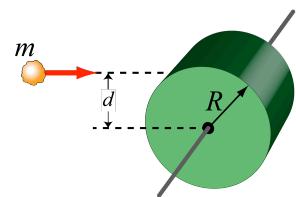
**Questão 14**

Um bloco de madeira de massa  $M$ , sobre uma superfície horizontal sem atrito, é ligado a uma vareta de comprimento  $l$  e massa desprezível. A barra pode girar livremente em torno da outra extremidade. Uma bala de massa  $m$ , movendo-se paralelamente à superfície e perpendicularmente à vareta, atinge o bloco com velocidade  $v$  e se aloja nele.

- qual é o momento angular do sistema (bala + bloco)?
- que fração da energia cinética inicial é perdida na colisão?

**Questão 15**

Um pedaço de massa de modelar, com massa  $m$  e velocidade  $v$ , é atirado contra um cilindro de massa  $M$  e raio  $R$ . O cilindro está inicialmente em repouso sobre um eixo horizontal fixo que passa pelo seu centro de massa. A trajetória da massa é perpendicular ao eixo e a uma distância  $d$  do centro do cilindro ( $d < R$ ).



- calcule a velocidade angular do sistema imediatamente após a massa bater e grudar no cilindro;
- calcule a energia cinética do conjunto nesse instante;
- a energia mecânica se conserva no processo? Explique sua resposta.

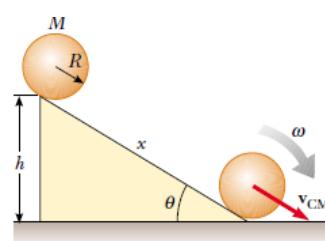
**Questão 16**

Uma barata de massa  $m$  encontra-se sobre a borda de um disco uniforme de massa  $4m$  que pode girar livremente em torno de seu centro como um carrossel. Inicialmente a barata e o disco giram juntos com uma velocidade angular  $\omega_i$ . A barata então caminha até metade da distância ao centro do disco.

- qual é a nova velocidade angular do sistema barata-disco?
- qual é a razão entre a nova energia cinética do sistema e a sua energia cinética inicial
- o que é responsável pela variação da energia cinética?

**Questão 17**

Uma esfera de massa  $M$  e raio  $R$  desce rolando ao longo de um plano inclinado de um ângulo  $\theta$  em relação à horizontal. Determine a velocidade da esfera ao atingir a base do plano utilizando:



- considerações sobre energia;
- a 2ª lei de Newton;
- calcule a força de atrito que age sobre a esfera.

**Questão 18**

Uma pessoa lança uma bola de boliche de raio  $R = 11$  cm ao longo de uma pista. A bola desliza na pista, com velocidade inicial  $v_{CM,0} = 8,5$  m/s e velocidade angular inicial nula. O coeficiente de atrito cinético entre a bola e a pista é 0,21. A força de atrito cinético  $f_c$  agindo sobre a bola provoca uma aceleração linear e um torque que provoca uma aceleração angular

## LISTA DO CAPÍTULO 11

da bola. Quando a velocidade  $v_{CM}$  diminui o bastante e a velocidade angular  $\omega$  aumenta o bastante, a bola para de deslizar e passa a rolar suavemente.

a) neste instante, qual é o valor de  $v_{CM}$  em termos de  $\omega$ ?

Durante o deslizamento, quais são:

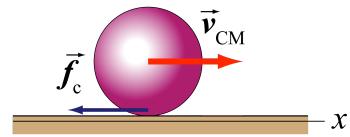
b) a aceleração linear?;

c) a aceleração angular da bola?;

d) por quanto tempo a bola desliza?;

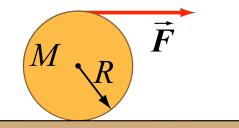
e) que distância a bola desliza?;

f) qual a velocidade linear da bola no instante em que começa a rolar suavemente?



### Questão 19

Na figura, uma força horizontal constante  $F$  é aplicada a um cilindro maciço de raio  $R$  e massa  $M$  através de uma linha de pescar enrolada nele. Supondo que o cilindro rola sem escorregar em uma superfície horizontal, mostre que:



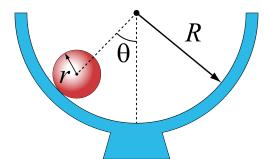
a) a aceleração do centro de massa do cilindro é  $4F/3M$ ;

b) a força de atrito é *para a direita* e tem módulo igual a  $F/3$ ;

c) se o cilindro parte do repouso, qual é a velocidade de seu CM após ter rolado por uma distância  $d$ ?

### Questão 20

Uma esfera sólida homogênea de raio  $r$  é colocada na superfície interna de uma tigela hemisférica de raio  $R \gg r$ . A esfera é solta a partir do repouso de uma posição que forma um ângulo  $\theta$  com a vertical e rola sem escorregar. Determine a velocidade angular da esfera quando ela atinge o fundo da tigela.



### Questão 21

Exercício 40 (pág. 321) do livro texto. (Tome  $\tau_s = 8 \text{ N.m}$ )

### Questão 22

Exercício 55 (pág. 322) do livro texto.

### Questão 23

Exercício 69 (pág. 324) do livro texto.

### Questão 24

Exercício 71 (pág. 324) do livro texto.

### Questão 25

Exercício 77 (pág. 324) do livro texto.