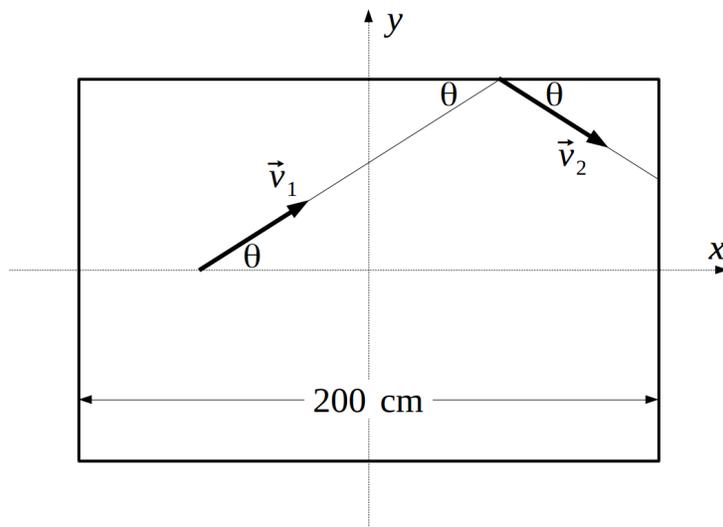


# Provinha 1 – Física 1 (4302111) – IFUSP – Março de 2017

Nome: \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

1. Uma bola de bilhar de massa 100 g está localizada inicialmente em um ponto 20 cm à esquerda do centro de um mesa de bilhar que mede 200 cm de comprimento por 120 cm de largura. Adota-se para a mesa o sistema de coordenadas mostrado na figura abaixo, cuja origem coincide com o centro da mesa. No instante  $t = 0$ , uma jogadora dá uma tacada e a bola passa a mover-se com rapidez (velocidade escalar) de 5 m/s na direção e no sentido do vetor unitário  $\langle \frac{4}{5}; \frac{3}{5}; 0 \rangle$ . Ao atingir a borda da mesa, na posição  $\langle x_1; y_1; 0 \rangle$  e no instante  $t_1$ , a bola sofre uma “reflexão especular”, conforme indicado na figura, mas sua rapidez não varia. Finalmente, decorridos 0,3 segundos desde a tacada, a bola atinge novamente a borda da mesa na posição  $\langle 100; 30; 0 \rangle$  cm.



Para os itens abaixo, forneça respostas nas unidades do SI. **Explícite seu raciocínio claramente, pois respostas sem justificativa não serão consideradas.** Use livremente o verso da folha.

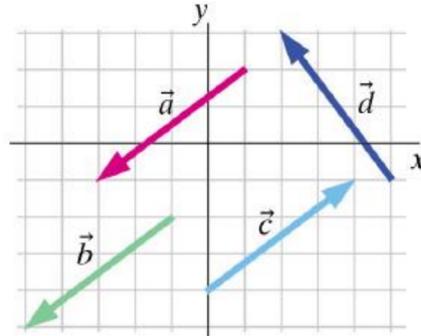
- Qual é o vetor velocidade  $\vec{v}_1$  da bola entre os instantes  $t = 0$  e  $t_1$ ?
- Determine a coordenada  $y_1$  e o instante  $t_1$ .
- Determine a coordenada  $x_1$ .
- Qual é o vetor velocidade  $\vec{v}_2$  da bola entre os instantes  $t_1$  e  $t_2$ ?
- Qual é o vetor variação de momento da bola entre os instantes imediatamente anterior e imediatamente posterior a  $t_1$ ?
- Determine a rapidez média da bola entre a tacada e o instante 0,3 s.
- Determine o vetor velocidade média da bola entre a tacada e o instante 0,3 s. Desenhe esse vetor na figura, indicando claramente sua direção e seu sentido.

# Prova 1 — Física 1 (4302111) — IFUSP — Abril de 2017 — Diurno

Nome: \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares.
- Não é necessário calcular o valor de raízes quadradas nas respostas, caso apareçam; basta deixá-las indicadas.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc.

1. [1,0 ponto] Observe os vetores na figura abaixo, em que cada quadradinho da grade tem lado de 1 m.



- (a) Há na figura vetores idênticos? Em caso positivo, quais? Por quê?
- (b) Escreva as componentes do vetor  $\vec{d}$ .
- (c) Escreva as componentes do vetor unitário na direção e no sentido do vetor  $\vec{b}$ .
2. [1,0 ponto] Uma bola de futebol de massa  $M$  atinge a copa de uma árvore, e em seguida cai verticalmente de uma altura de 4 metros, sob aceleração constante. Uma folha de massa  $m$  se desprende da árvore e cai também verticalmente da mesma altura, atingindo logo em seguida velocidade constante durante a queda. Considere  $M > m$ . O que pode dizer sobre as magnitudes das forças da gravidade  $F_g^{\text{bola}}$  e  $F_g^{\text{folha}}$ , e das forças resultantes  $F_{\text{res}}^{\text{bola}}$  e  $F_{\text{res}}^{\text{folha}}$ .
- ( )  $F_g^{\text{bola}} = F_g^{\text{folha}}$  e  $F_{\text{res}}^{\text{bola}} \neq F_{\text{res}}^{\text{folha}}$
- ( )  $F_g^{\text{bola}} > F_g^{\text{folha}}$  e  $F_{\text{res}}^{\text{bola}} > F_{\text{res}}^{\text{folha}}$
- ( )  $F_g^{\text{bola}} = F_g^{\text{folha}}$  e  $F_{\text{res}}^{\text{bola}} = F_{\text{res}}^{\text{folha}}$
- ( )  $F_g^{\text{bola}} \neq F_g^{\text{folha}}$  e  $F_{\text{res}}^{\text{bola}} < F_{\text{res}}^{\text{folha}}$
- ( )  $F_g^{\text{bola}} < F_g^{\text{folha}}$  e  $F_{\text{res}}^{\text{bola}} < F_{\text{res}}^{\text{folha}}$
- ( ) Nenhuma das demais alternativas é correta.

3. [1,0 ponto] Numa praia, uma prancha de isopor desliza com velocidade constante sobre uma camada de água no mar calmo. Em um dado instante, a prancha atinge uma parte de areia exposta e para após percorrer uma certa distância. Observa-se o movimento a partir de um referencial fixo na orla, e o movimento é em todos os instantes paralelo à superfície da água. Assinale verdadeiro (V) ou falso (F) em cada uma das afirmações abaixo, e **justifique** sua resposta no espaço correspondente.

(     ) Quando a prancha é freada sobre a areia, seu vetor momento linear é negativo.

(     ) A prancha desloca-se sobre a água devido à atuação de uma força resultante constante e diferente de zero.

(     ) Antes que a prancha atinja a areia, o impulso que ela recebe em virtude de sua interação com o entorno é nulo.

(     ) A força da gravidade não atua sobre a prancha, uma vez que é perpendicular a seu movimento.

(     ) Durante a interação entre a prancha e a areia, a variação da magnitude do momento linear da prancha é necessariamente negativa.

4. [1,5 ponto]

- (a) Um planeta de massa igual a metade da massa da Terra tem raio igual também à metade do raio da Terra. Qual seria aproximadamente a aceleração gravitacional na superfície desse planeta? Justifique com base na lei da gravitação universal.
- Igual à aceleração da gravidade na Terra:  $9,8 \text{ m/s}^2$ .
  - Menor que a aceleração da gravidade na Terra:  $4,9 \text{ m/s}^2$ .
  - Maior que a aceleração da gravidade na Terra:  $19,6 \text{ m/s}^2$ .
  - Igual a  $\frac{9,8}{\sqrt{2}} \text{ m/s}^2$ .
  - Igual a  $9,8\sqrt{2} \text{ m/s}^2$ .
  - Não é possível calcular sem conhecer a constante de gravitação  $G$  do planeta.
- (b) Se uma sonda espacial de massa  $1000 \text{ kg}$  se aproxima do planeta, qual é a magnitude da força de atração que o planeta exercerá sobre ela quando estiver a uma distância da superfície do planeta igual ao raio do planeta? Justifique.
- Não é possível calcular sem conhecer a velocidade da sonda.
  - Não é possível calcular sem saber se os motores da sonda estão ligados.
  - A magnitude da força será de \_\_\_\_\_ N.

5. [1,0 ponto] Um programa *VPython* foi editado por um aluno para simular o movimento de duas pedras que se atraem gravitacionalmente no espaço interestelar. Um trecho do programa está transcrito abaixo.

```
12   deltat=0.1
13   t=0
14   while t<100:
15       rate(100)
16       r = pedra1.pos - pedra2.pos
17       rchap = r/mag(r)
18       Fmag = G * m1 * m2 / mag(r)**2
19       F_em1 = Fmag * (-rchap)
20       p1 = p1 + F_em1 * deltat
21       pedra1.pos = pedra1.pos + (p1/m1) * deltat
22       F_em2 = -F_em1
23       p2 = p2 + F_em2 * deltat
24       pedra2.pos = pedra2.pos + (p2/m2) * deltat
25       t=t+deltat
26
```

Indique a seguir o número da linha em que cada cálculo é realizado, bem como sua expressão matemática usual em notação vetorial, baseada em princípios físicos, conforme o exemplo abaixo.

**Exemplo.** Posição relativa entre as pedras: linha 16; expressão matemática:  $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$

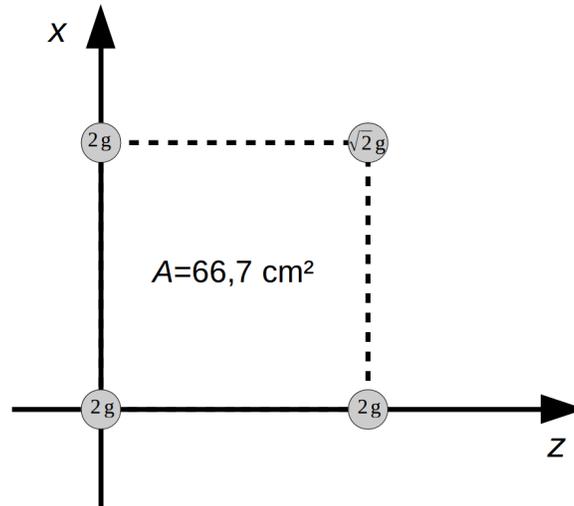
- (a) Magnitude da força de interação gravitacional: linha \_\_\_\_\_; expressão matemática: \_\_\_\_\_
- (b) Atualização da força que age sobre a pedra 1: linha \_\_\_\_\_; expressão matemática: \_\_\_\_\_
- (c) Atualização do momento da pedra 2: linha \_\_\_\_\_; expressão matemática: \_\_\_\_\_
- (d) Atualização da posição da pedra 2: linha \_\_\_\_\_; expressão matemática: \_\_\_\_\_

Nesse programa, qual das aproximações abaixo é utilizada na atualização da posição? Justifique.

- ( )  $\vec{v}_{med} \approx \vec{v}_{inicial}$
- ( )  $\vec{v}_{med} \approx \vec{v}_{final}$
- ( )  $\vec{v}_{med} \approx \frac{\vec{v}_{inicial} + \vec{v}_{final}}{2}$

6. [2,0 pontos] Em um jogo de beisebol, uma bola de massa  $m = 0,150$  kg é arremessada da posição  $\vec{r}_i = \langle 0; 0; 18,0 \rangle$  m e o rebatedor a acerta na posição  $\vec{r}_0 = \langle 0; 1,00; 0 \rangle$  m, transcorridos  $0,450$  s desde o arremesso. Imediatamente antes da rebatida, a bola deslocava-se com rapidez  $|\vec{v}_i|$  de  $40,0$  m/s na direção e no sentido do vetor unitário  $\hat{v}_i = \langle -\sqrt{3}/2; 0; -1/2 \rangle$ . Imediatamente após a rebatida, a bola tem velocidade  $\vec{v}_f = 20,0 \langle \sqrt{3}; 1; 0 \rangle$  m/s e, decorrido um intervalo de tempo de  $4,55$  s desde a rebatida, atinge um ponto do campo situado em  $\vec{r}_f = \langle 135; 0; 23,0 \rangle$  m. Considere a aceleração gravitacional como  $\vec{g} = 9,80 \langle 0; -1; 0 \rangle$  m/s<sup>2</sup>.
- (a) Encontre o vetor força média do taco sobre a bola durante a rebatida, supondo que o tempo de interação entre a bola e o taco é de cerca de  $2,0 \times 10^{-4}$  s.
  - (b) Quais os ângulos entre o vetor  $\vec{v}_f$  e os eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  do sistema de coordenadas?
  - (c) Calcule a velocidade média da bola entre o arremesso e a posição  $\vec{r}_f$ .
  - (d) É possível dizer se a bola sofreu alguma interação com a atmosfera após a rebatida? Explique.

7. [2,5 pontos] Quatro moedas de 1 centavo encontram-se dispostas nos vértices de um quadrado de área  $A = 66,7 \text{ cm}^2$ , sobre uma mesa. Um dos vértices encontra-se na origem do sistema de coordenadas, e os lados do quadrado são orientados nas direções  $x$  e  $z$ , conforme a figura. A moeda que se encontra sobre a origem e as duas moedas que estão sobre os eixos  $x$  e  $z$  têm massa de  $2 \text{ g}$ , e a outra (na diagonal do lado oposto à origem) tem massa  $\sqrt{2} \text{ g}$ . A constante da gravitação universal vale  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$ .



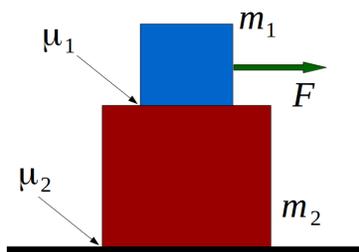
- Calcule o vetor força gravitacional que a moeda que se encontra na origem exerce sobre a moeda que se encontra sobre o eixo  $z$ .
- Calcule o vetor força gravitacional total que age sobre a moeda que se encontra na origem do sistema de coordenadas, devido a todas as outras moedas. Expresse o resultado na forma “magnitude vezes versor”.
- Se, hipoteticamente, as forças de atrito entre as moedas e a mesa fossem subitamente eliminadas, qual seria o aproximadamente o vetor momento linear da moeda que se encontrava inicialmente na origem após passado um intervalo de tempo de  $10^4 \text{ s}$ ?
- Quais seriam aproximadamente os vetores velocidade e posição dessa moeda após esse intervalo de tempo?
- A aproximação que foi utilizada nos dois últimos itens é justificável caso o intervalo de tempo seja 20 vezes maior? Justifique sua resposta e, se for o caso, explique sucintamente o que se poderia fazer, com auxílio de um computador, para calcular a posição de cada uma dessas moedas ao final desse intervalo de tempo maior.



## Provinha 2 – Física 1 (4302111) – IFUSP – 17 de maio de 2017 – Diurno

Nome: \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

1. Um bloco de massa  $m_1$  é colocado sobre outro, de massa  $m_2$ . Aplica-se sobre o bloco superior uma força de magnitude  $F$ , para a direita, de modo que os blocos deslizam entre si, com o bloco inferior tendo uma aceleração de magnitude  $a_2$  menor que o valor correspondente  $a_1$  para o bloco superior. O coeficiente de atrito cinético entre os blocos é  $\mu_1$ , enquanto o coeficiente de atrito entre o bloco inferior e o piso é  $\mu_2$ .



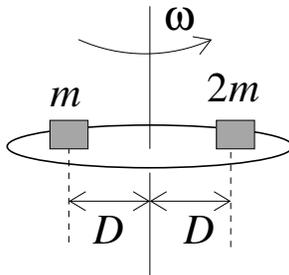
Para os itens abaixo, **explícite seu raciocínio claramente**; respostas sem justificativa não serão consideradas.

- (a) [1,5 ponto] Desenhe diagramas de corpo livre para ambos os blocos, indicando claramente as forças que atuam sobre cada um deles, e identificando os pares ação-reação.
- (b) [1,5 ponto] Com base nas forças registradas nos diagramas do item anterior, escreva as equações de movimento (a forma usual da segunda lei de Newton) para cada bloco, tanto na direção horizontal quanto na direção vertical.
- (c) [1,0 ponto] Calcule a magnitude da força de atrito que atua sobre o bloco superior, em termos de  $F$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  e da aceleração da gravidade  $g$ .
- (d) [1,0 ponto] Calcule a magnitude da força de atrito que o piso exerce sobre o bloco inferior, em termos de  $F$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  e da aceleração da gravidade  $g$ .
- (e) [1,0 ponto] Calcule a aceleração do bloco superior, em termos de  $F$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  e  $g$ .
- (f) [1,0 ponto] Calcule a aceleração do bloco inferior, em termos de  $F$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  e  $g$ .
- (g) [2,0 pontos] Suponha que não haja atrito entre o bloco inferior e o piso, e que o coeficiente de atrito estático associado à superfície entre os blocos seja  $\mu_e$ . Determine, em termos de  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\mu_e$  e  $g$ , o máximo valor da magnitude da força  $F$  para que os blocos desloquem-se juntos.
- (h) [1,0 ponto] Com base no resultado do item anterior, compare os resultados para a máxima magnitude de  $F$  quando  $m_1 = m_2 = m$  e no limite  $m_2 \gg m_1 = m$ . Em qual dos dois casos seria possível manter os blocos movendo-se juntos sob ação da maior  $F$ ? Interprete fisicamente o resultado.

# Prova 2 — Física 1 (4302111) — IFUSP — Maio de 2017 — Diurno

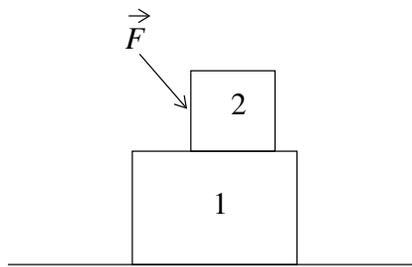
Nome: \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

1. Suponha que dois caixotes, feitos do mesmo material, repousem sobre uma plataforma giratória, a uma mesma distância  $D$  do eixo de rotação, conforme ilustrado na figura abaixo. A massa do caixote 1 é o dobro da massa do caixote 2.

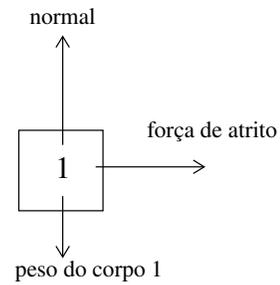


- (a) Desenhe diagramas de corpo livre para ambos os caixotes, indicando todas as forças que atuam sobre cada um deles.
- (b) Se a velocidade de rotação da plataforma aumentar lentamente, os dois caixotes começarão a deslizar no mesmo instante? **Justifique sua resposta.**

2. Dois blocos estão postos um sobre o outro, com o bloco inferior (bloco 1) apoiado no piso, e o bloco superior (bloco 2) sob ação de uma força externa  $\vec{F}$ , como mostra a figura (a). Há atrito apenas entre o bloco 1 e o bloco 2. Ao analisar este problema durante uma prova, um aluno apresentou, para o bloco 1, o diagrama de corpo livre mostrado na figura (b), no qual a magnitude da força normal indicada é maior que o peso do bloco 1. Você concorda com o diagrama apresentado pelo aluno? Justifique sua resposta, apontando os erros e acertos no diagrama.



(a)

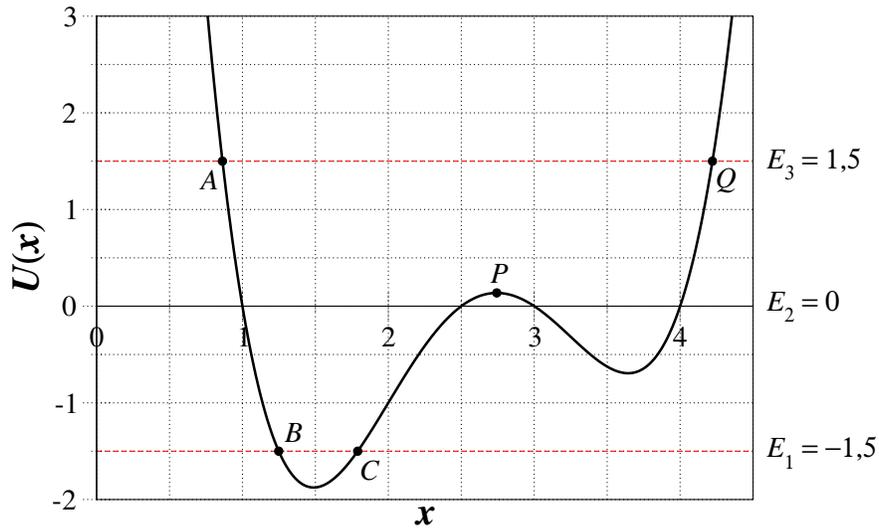


(b)

3. Considere as três situações descritas abaixo. Para cada uma delas:

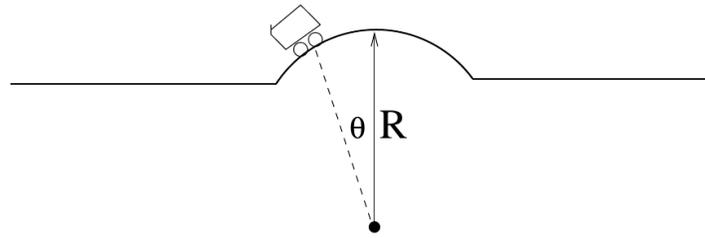
- faça um esquema da situação inicial e final, e desenhe os vetores velocidade inicial,  $\vec{v}_i$ , e velocidade final,  $\vec{v}_f$ , bem como o vetor  $\Delta\vec{v}$ ;
  - desenhe o vetor que representa a taxa média de variação do momento entre os instantes inicial e final.
- (a) Um carro passa pelo topo de uma colina com rapidez constante (início subindo a colina, final descendo a colina).
- (b) Um maratonista diminui sua rapidez ao longo de uma pista reta e plana, logo após cruzar a linha de chegada (início antes de cruzar a linha; final depois de cruzar a linha)
- (c) Um ciclista faz uma curva de um quarto de circunferência para a esquerda, ganhando rapidez (início logo antes de fazer a curva, final logo após completá-la).

4. Um corpo que se desloca ao longo do eixo  $x$  está sujeito a uma força resultante conservativa paralela ao eixo  $x$ . A força está associada à energia potencial  $U(x)$  mostrada no gráfico abaixo, em que todas as grandezas são medidas nas unidades do SI. Responda as questões abaixo, **justificando suas respostas**.



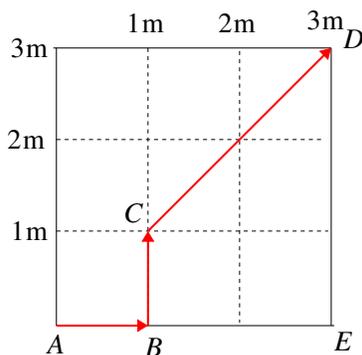
- Qual é o sentido da força que atua sobre o corpo no ponto  $B$ ?
- Qual é o sentido da força que atua sobre o corpo no ponto  $x = 4$  m?
- No ponto  $P$  o corpo estará em equilíbrio. O que significa isso? Esse equilíbrio é estável ou instável?
- Descreva o movimento do corpo ao ser abandonado do repouso no ponto  $A$ . Explícite as regiões em que o corpo ganha rapidez, aquelas em que perde rapidez, e aqueles pontos em que sua velocidade será nula.

5. Um carrinho de supermercado, de massa  $M$ , passa por uma elevação no solo que segue um arco de circunferência de raio  $R$ , como mostrado na figura abaixo.



- (a) Qual é a força que o carrinho exerce sobre o solo, quando está na posição indicada na figura, formando um ângulo  $\theta$  com a vertical, e com velocidade  $v$ ? Considere a aceleração da gravidade  $g$  conhecida e despreze o atrito entre o carrinho e o chão.
- (b) Qual a máxima rapidez que o carrinho pode ter ao passar pelo ponto mais alto para que não perca contato com a pista?

6. Uma das forças que atuam sobre um objeto de massa  $m = 3 \text{ kg}$  é a força constante  $\vec{F} = (20\hat{x} + 20\hat{y}) \text{ N}$ . O objeto desloca-se em uma sala, entre os pontos  $A$  e  $D$ , segundo a trajetória  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$  indicada na figura. As distâncias são medidas em metros.



- (a) Qual é o trabalho realizado pela força  $\vec{F}$  no percurso  $A \rightarrow B$ ?
- (b) Qual é o trabalho realizado pela força  $\vec{F}$  no percurso  $B \rightarrow C$ ?
- (c) Qual é o trabalho realizado pela força  $\vec{F}$  no percurso  $C \rightarrow D$ ?
- (d) Se no ponto  $C$  o objeto estava instantaneamente em repouso, e no percurso entre  $C$  e  $D$  somente atuava sobre ele a força  $\vec{F}$ , qual será a energia cinética do objeto ao atingir o ponto  $D$ ?
- (e) Calcule agora o trabalho que seria realizado por essa força se o objeto fosse de  $A$  até  $D$  pelo caminho  $A \rightarrow E \rightarrow D$ . Com base nesse resultado podemos afirmar que:
- ( ) É possível que a força  $\vec{F}$  seja conservativa.
- ( ) A força  $\vec{F}$  certamente é dissipativa.

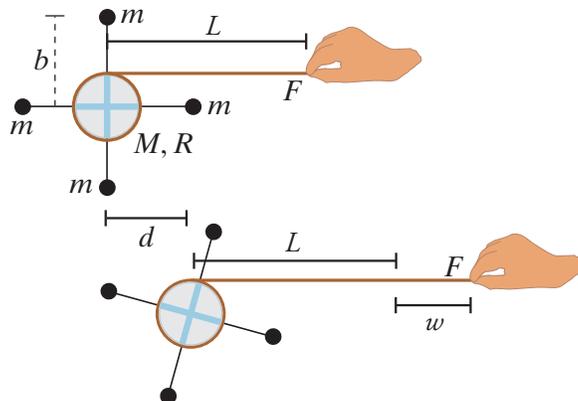
**Justifique sua resposta.**

7. O raio de um pequeno e denso planeta, de massa igual a  $7 \times 10^{23}$  kg, é de 2000 km. Um objeto é lançado verticalmente para cima a partir de um ponto da sua superfície. A densidade da atmosfera do planeta é desprezível. Com que rapidez inicial o objeto deve ser lançado para que, quando estiver muito distante do planeta, sua rapidez seja de  $\sqrt{15} \times 10^3$  m/s? Não utilize uma fórmula pronta, mas parta do princípio da (conservação da) energia, explicitando seu raciocínio. Para simplificar os cálculos, considere a constante da gravitação universal como  $G \simeq 7 \times 10^{-11}$  N · m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>.

# Provinha 3 – Física 1 (4302111) – IFUSP – 14 de junho de 2017 – Diurno

Nome: \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

1. Um fio está enrolado em torno de um disco uniforme de massa  $M$  e raio  $R$ . Ligadas ao fio há quatro hastes leves de comprimento  $b$ , com uma pequena esfera de massa  $m$  na extremidade de cada haste, conforme mostra a figura.



O aparato está inicialmente em repouso sobre uma superfície quase sem atrito. Você então puxa o fio com uma força constante  $F$ . No instante em que o centro do disco havia se deslocado uma distância  $d$ , um comprimento adicional  $w$  de fio tinha se desenrolado do disco. Para os itens abaixo, **explícite seu raciocínio claramente; respostas sem justificativa não serão consideradas**. Dê suas respostas apenas em termos das variáveis mencionadas no enunciado, e use o verso da folha conforme necessário.

- Nesse instante final, qual a rapidez do centro do aparato? Explique sua abordagem.
- Na abordagem de corpo extenso, qual é o trabalho realizado pela força  $F$  entre os instantes inicial e final?
- Qual é a energia cinética de rotação do aparato no instante final?
- Dado que o momento de inércia de um disco de massa  $M$  e raio  $R$  em torno de um eixo perpendicular que passa por seu centro de massa é igual a  $\frac{1}{2}MR^2$ , qual é o momento de inércia do aparato composto pelo disco, as quatro hastes e as pequenas esferas, em torno do eixo perpendicular que passa pelo centro do aparato?
- No instante final, qual a rapidez de rotação do aparato?

Prova 3 — Física 1 (4302111) — IFUSP — 5 de julho de 2017 — Diurno

Nome: \_\_\_\_\_ N<sup>o</sup> USP: \_\_\_\_\_ Turma/Prof.: \_\_\_\_\_

- Não é permitido o uso de calculadoras ou celulares.
- Justifique sucintamente as respostas com frases curtas e/ou deduções, esquemas etc. Respostas sem justificativa não serão consideradas.

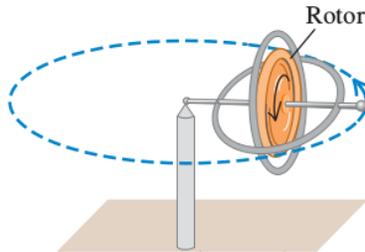
1. [1,5 ponto] Uma atleta de 60 kg inicia sua corrida diária, acelerando desde o repouso até a rapidez de 8 m/s em 6 s.
- (a) Procura-se a componente horizontal  $F_{\text{med},x}$  da força média  $\vec{F}_{\text{med}}$  que o chão exerce sobre os tênis da atleta. Escolha apenas uma alternativa e justifique sua escolha.
- ( ) A componente  $F_{\text{med},x}$  não pode ser determinada a partir dos dados, pois é necessário também incluir o trabalho da força de atrito com o solo.
- ( ) A componente  $F_{\text{med},x}$  pode ser determinada e vale \_\_\_\_\_.
- ( ) A componente não pode ser determinada, por outros motivos (explique-os).
- (b) Supondo que não haja escorregamento, qual é o deslocamento do ponto de aplicação de  $\vec{F}_{\text{med}}$  que age sobre a sola dos tênis da atleta?
- (c) Quanto vale a contribuição da componente  $F_{\text{med},x}$  para a variação da energia cinética associada à translação do centro de massa da atleta?
- (d) Os resultados dos itens (b) e (c) são coerentes? Qual é o trabalho real realizado pelo entorno sobre o sistema “atleta”? Explique a origem do aumento de energia cinética desse sistema.

2. [1,0 ponto] Uma explosão divide um objeto inicialmente em repouso em dois pedaços de massas desiguais, e é observada desde um referencial inercial. Imediatamente após a explosão:

- (a) como se comparam as magnitudes dos momentos lineares dos dois pedaços?
- (b) Qual pedaço (o mais leve ou o mais pesado) possui maior rapidez?
- (c) Qual pedaço possui maior energia cinética?

**Justifique suas respostas.**

3. [1,5 ponto] A figura ilustra um giroscópio com o rotor girando em torno do próprio eixo, e executando também um movimento de precessão em torno da direção vertical. Adote como referência um sistema de coordenadas com origem na ponta do pino vertical que sustenta o giroscópio, e suponha que a massa do rotor seja muito maior que a massa do restante da estrutura.



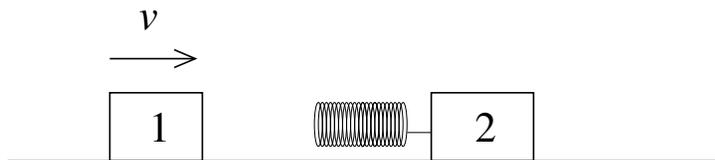
- (a) Faça um diagrama de corpo livre mostrando as forças externas que atuam sobre o giroscópio e indique claramente sua origem física. Atente para a orientação dessas forças e indique o ponto de aplicação de cada uma. Informe se exercem ou não um torque sobre o giroscópio, e indique sua direção e seu sentido.

Suponha que uma força adicional horizontal, perpendicular ao eixo do rotor do giroscópio, seja aplicada por um intervalo de tempo curto sobre a bolinha que está na ponta do eixo do giroscópio (à direita, na figura), no sentido instantâneo do movimento dessa mesma bolinha.

- (b) Após a atuação dessa força adicional, o que aconteceria com o centro de massa do giroscópio? Escolha uma alternativa e justifique.
- O centro de massa permaneceria na mesma altura que antes.
  - O centro de massa do giroscópio se ergueria um pouco.
  - o centro de massa do giroscópio desceria um pouco.
- (c) Após a atuação dessa força adicional, o que aconteceria com a velocidade angular de precessão? Escolha uma alternativa e justifique.
- Permaneceria igual.
  - Seria um pouco maior.
  - Seria um pouco menor.

4. [2,0 pontos] Um ioiô de massa 50 g é puxado verticalmente para cima, pelo barbante, por uma força constante de magnitude 0,2 N. No instante inicial, o ioiô não rotacionava. O momento de inércia do ioiô para rotação em torno de seu eixo é de  $4,4 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$ . No instante final, verifica-se que a mão que aplica a força moveu-se para cima uma distância de 50 cm e o ioiô moveu-se para baixo uma distância de 60 cm. Nas respostas, preste muita atenção ao sinal dos resultados e considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- (a) Qual foi o trabalho da força da gravidade sobre o centro de massa do ioiô?
  - (b) Qual foi o trabalho da força da mão sobre o ponto em que ela é aplicada na extremidade do barbante?
  - (c) Qual foi a variação da energia cinética de translação do centro de massa do ioiô entre os instantes inicial e final?
  - (d) Qual foi a variação da energia total do ioiô entre os instantes inicial e final?
  - (e) Combinando os resultados dos dois itens anteriores, determine a rapidez angular de rotação do ioiô no instante final.

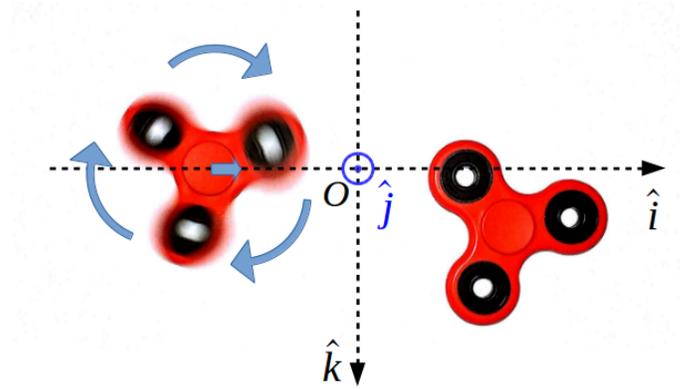
5. [2,0 pontos] Na figura abaixo, o bloco 1, movendo-se para a direita com velocidade  $v$  sobre uma superfície horizontal sem atrito, colide com uma mola de constante elástica  $k$  e de massa desprezível, fixa no bloco 2, que está inicialmente em repouso. Ambos os blocos possuem massa  $m$ .



Calcule as grandezas indicadas nos itens abaixo, em termos de  $m$ ,  $v$  e  $k$ , **descrevendo os princípios físicos envolvidos e eventuais hipóteses utilizadas em cada caso.**

- Qual é a velocidade do centro de massa do sistema composto pelos dois blocos e a mola antes da colisão?
- Qual é a velocidade do centro de massa do sistema composto pelos dois blocos e a mola após a colisão?
- Você classificaria essa colisão como elástica ou inelástica? Justifique.
- Quando os blocos colidem, a compressão da mola é máxima no instante em que os blocos têm a mesma velocidade. Ofereça um argumento que justifique tal conclusão e calcule essa velocidade.
- Determine a máxima compressão da mola.
- Calcule a velocidade de cada bloco depois de perderem o contato. (Dica: esse cálculo é grandemente simplificado se for realizado no referencial do centro de massa. Nesse caso, lembre-se de informar a resposta final no referencial do laboratório.)

6. [2,0 pontos] Um adolescente brinca com dois “spinners” idênticos realizando colisões entre eles sobre uma mesa lisa, plana e horizontal. Em uma destas colisões, ele faz o primeiro “spinner” deslizar sobre a mesa com velocidade linear  $\vec{v}_1 = v_0 \hat{i}$ , e velocidade angular de rotação  $\vec{\omega}_1 = -\omega_0 \hat{j}$  em torno do eixo que passa em seu próprio centro de massa, pouco antes de atingir o segundo “spinner”, que está parado sobre a mesa, sem girar (como mostra a vista superior da mesa na figura abaixo). Ele observa que, logo após essa colisão, o primeiro “spinner” praticamente para de rodar, e sofre uma deflexão da trajetória de um ângulo reto, saindo com orientação  $-\hat{k}$ , enquanto o segundo “spinner” sai numa diagonal, também sem movimento de rotação em torno do próprio eixo. O atrito com a mesa durante o processo de colisão pode ser desprezado. Para a solução do problema, basta considerar que um “spinner” é um corpo rígido.



Adotando um sistema de coordenadas fixo à mesa, e no qual o momento angular de **translação** do primeiro “spinner” seja nulo **antes** da colisão (veja a figura) e o do segundo “spinner” também seja nulo **após** a colisão, responda às perguntas seguintes.

- Sabendo que inicialmente (logo antes da colisão), as energias cinéticas de translação e de rotação do “spinner” 1 são iguais, e admitindo que o choque seja elástico, qual é a **tangente** do ângulo que a trajetória do centro de massa do segundo “spinner” forma com o eixo dos  $x$  logo após o choque? Explícite os princípios físicos envolvidos. A resposta deve ser expressa em termos dos parâmetros “dados”  $v_0, \omega_0$ .
- Qual é o valor da coordenada  $x$  do centro de massa do primeiro “spinner” logo após o choque? Essa resposta também deve ser expressa em termos dos parâmetros “dados”  $v_0, \omega_0$ .

Espaço adicional