

DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA  
INSTITUTO DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

---

**MECÂNICA (4310192) - 2020/2**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**LISTA DE EXERCÍCIOS 2**

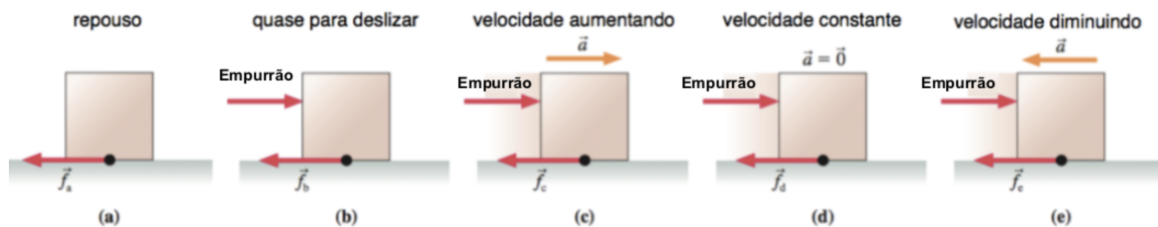
---

22 de Setembro de 2020

Professor: Gustavo Paganini Canal  
Monitor: Fábio Camilo de Souza

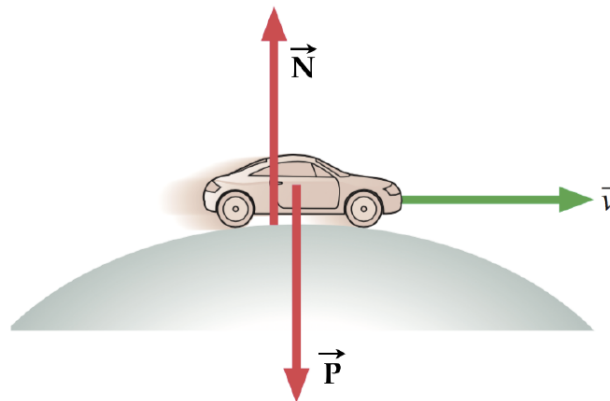
**Questões conceituais**

17. Ordene, do maior para o menor, os módulos das forças  $\vec{f}_a$  e  $\vec{f}_b$  nas cinco diferentes situações. A caixa e o piso são feitos do mesmo material em todas as situações.



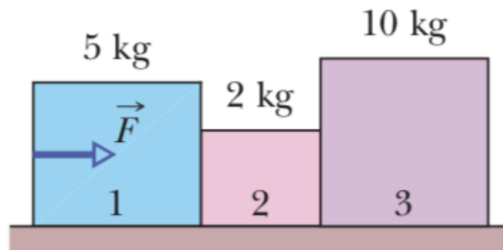
- (a)  $f_c = f_d = f_e > f_b > f_a$
- (b)  $f_e > f_d > f_c > f_b > f_a$
- (c)  $f_b > f_e > f_d > f_c > f_a$
- (d)  $f_b > f_c = f_d = f_e > f_a$
- (e) É preciso conhecer os valores dos coeficientes de atrito estático e cinético para resolver essa questão

18. Um carro sem combustível passa pelo ponto mais alto de uma colina com velocidade  $\vec{v}$ . Nesse instante pode-se afirmar que:



- (a)  $|\vec{N}| = |\vec{P}|$  onde  $\vec{N}$  e  $\vec{P}$  representam os vetores força normal e peso
- (b)  $\vec{F}_c + \vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}_c$ , onde  $m$  é a massa do carro, e  $\vec{a}_c$  e  $\vec{F}_c$  são a aceleração e a força centrípeta, respectivamente
- (c) Não é possível dizer nada sobre  $\vec{N}$  sem conhecer a magnitude da velocidade
- (d)  $\vec{N} < \vec{P}$
- (e)  $\vec{N} > \vec{P}$

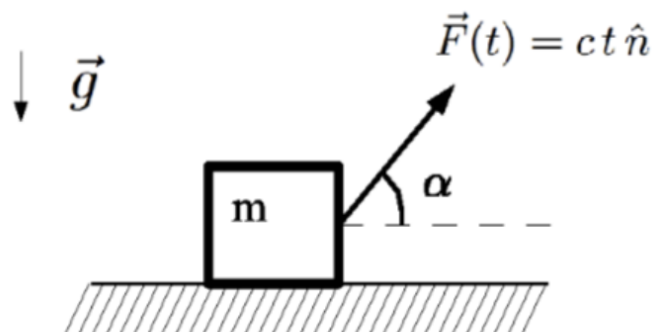
19. A figura abaixo mostra três blocos sendo empurrados sobre um piso sem atrito por uma força horizontal  $\vec{F}$ . Responda se as seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas



- (a) A massa acelerada pela força exercida pelo bloco 1 sobre o bloco 2,  $\vec{F}_{2(1)}$ , é de 2 kg
- (b) A força  $\vec{F}$  acelera para a direita a massa total de 17 kg
- (c) A massa acelerada pela força exercida pelo bloco 2 sobre o bloco 3,  $\vec{F}_{3(2)}$  é de 10 kg
- (d) Considerando o módulo da aceleração,  $|\vec{a}|$ , de cada bloco,  $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3|$
- (e) Considerando as forças  $|\vec{F}|$ ,  $|\vec{F}_{2(1)}|$  e  $|\vec{F}_{3(2)}|$ ,  $|\vec{F}| > |\vec{F}_{2(1)}| > |\vec{F}_{3(2)}|$

**Problemas**

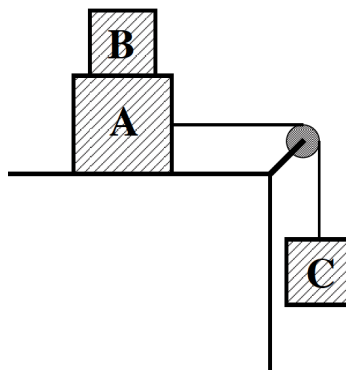
20. Um corpo de massa  $m$ , inicialmente em repouso no instante inicial  $t = 0s$ , é submetido a uma força dependente do tempo  $\vec{F}(t) = ct \hat{n}$ , onde  $c$  é uma constante positiva e  $\hat{n}$  é um vetor unitário que faz um ângulo fixo  $0 \leq \alpha < \pi/2$  com a horizontal, conforme mostrado na figura abaixo. O coeficiente de atrito estático entre o corpo e a superfície é  $\mu_e$  enquanto o coeficiente de atrito cinético é  $\mu_c$ .



- (a) Faça um diagrama das forças que atuam no corpo no instante inicial e escreva tais forças num sistema de coordenadas apropriado.

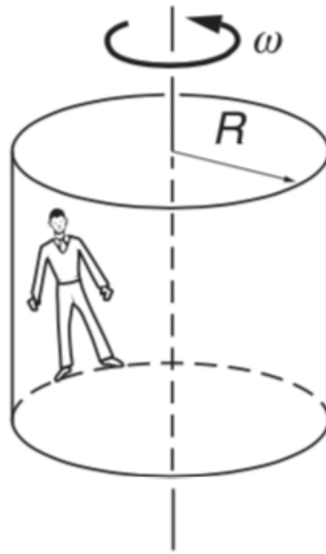
- (b) Encontre quanto tempo leva para o corpo começar a se movimentar ( $t_m$ ) e também o tempo que leva para o corpo “perder” contato com o solo ( $t_p$ )
- (c) Encontre o vetor posição e o vetor velocidade do corpo no instante em que o mesmo perde contato com o solo. Deixe sua resposta em termos de  $t_m$  e  $t_p$ .

21. Um bloco  $B$ , de massa  $m_B$ , está sobre um bloco  $A$ , de massa  $m_A$ , que está sobre o topo de uma mesa horizontal (figura abaixo). O coeficiente de atrito cinético entre o bloco  $A$  e o topo da mesa é  $\mu_c$  e o coeficiente de atrito estático entre o bloco  $A$  e o bloco  $B$  é  $\mu_e$ . Um fio leve ligado ao bloco  $A$  passa sobre uma polia fixa, considerada ideal, e conecta-se ao bloco  $C$ , de massa  $m_C$ , estando este suspenso de outro lado do fio. Determine o valor máximo para  $m_C$  de maneira que os blocos  $A$  e  $B$  deslizem juntos quando o sistema for liberado a partir do repouso.

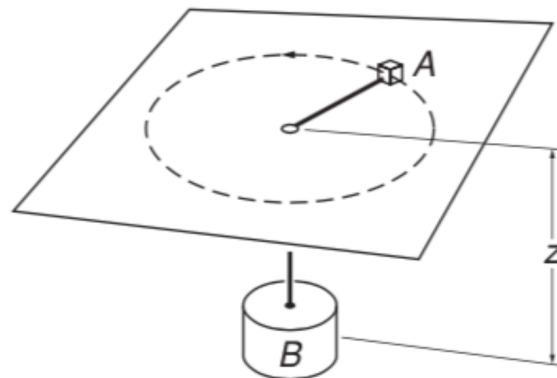


22. Considere um grande cilindro oco vertical de raio  $R$  girando ao redor de seu eixo com velocidade angular  $\omega$ . Quando a velocidade angular do conjunto atinge um valor determinado  $\omega_d$ , o piso do cilindro desce repentinamente, mas a pessoa dentro do conjunto, no entanto, não cai, permanecendo em contato com a parede. O coeficiente de atrito estático entre a pessoa e a parede é  $\mu_e$ .

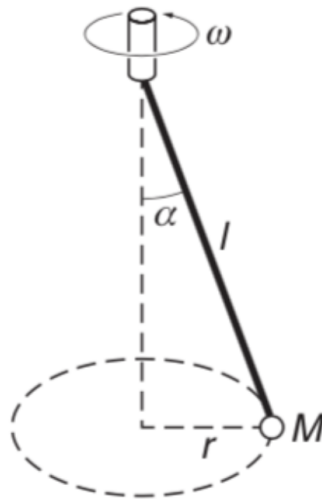
- (a) Faça um diagrama das forças que atuam sobre a pessoa após o piso ter descido.
- (b) Determine  $\omega_d$ .
- (c) Obtenha o valor do período máximo de revolução necessário para evitar que a pessoa caia no caso  $R = 2,1$  m e  $\mu_e = 0,40$ .
- (d) Se a massa da pessoa for de 49 kg, qual é o módulo da força centrípeta que atuará sobre a mesma?



23. Um fio de massa desprezível passa por um buraco de uma mesa horizontal sem fricção. O fio liga dois blocos,  $A$  e  $B$ , de massas  $M_A$  e  $M_B$ , como mostrado na figura abaixo. Inicialmente,  $B$  é mantido em repouso mediante algum mecanismo desconhecido, e  $A$  gira com raio constante  $r_0$  e velocidade angular constante  $\omega_0$ . Se  $B$  é liberado no instante  $t = 0$  s, qual é o vetor aceleração em um instante imediatamente posterior?



24. Uma massa  $M$  está suspensa de uma corda de massa desprezível e comprimento  $l$ . A extremidade superior da corda pode girar com velocidade angular constante  $\omega$  formando um ângulo constante  $\alpha$  com a vertical como mostrado na figura abaixo. A massa  $M$  descreve um movimento circular uniforme de raio  $r$ .



- (a) Determine o vetor aceleração e o vetor velocidade da massa  $M$  em termos do ângulo  $\alpha$   
 (b) Determine o ângulo  $\alpha$  e analise as situações  $\omega \rightarrow \infty$  e  $\omega \rightarrow 0$ .

25. **Para corajosos!** Uma bola é lançada verticalmente para cima com velocidade inicial  $v_0$ . Considere uma força de arrasto do ar  $\vec{F}_d = -m\alpha\vec{v}$ , onde  $\vec{v}$  é a velocidade da bola.

- (a) Qual é a velocidade escalar da bola  $v_f$  imediatamente antes de chegar ao chão?  
 (b) Determine o tempo  $T$  de voo da bola. A bola passa mais tempo ou menos tempo no ar em comparação com o caso onde a bola é lançada no vácuo?

26. **Para corajosos!** Uma partícula de massa  $m$  é lançada com velocidade inicial  $v_0$  formando um ângulo  $\theta$  com a horizontal. Considere a força de arrasto do ar  $\vec{F}_d = -\beta\vec{v} \equiv -m\alpha\vec{v}$ .

- (a) Determine  $x(t)$  e  $y(t)$   
 (b) Qual o instante  $t_{y,max}$  onde obtemos o maior valor de  $y$ ? (Deixe a resposta em termos de  $\theta$ ,  $\alpha$  e  $v_0$ )  
 (c) Mostre que para  $\theta = \arcsin(\sqrt{5} - 1)/2$ , obtemos o maior valor de  $x$  no instante  $t_{y,max}$ . Considere que o valor de  $\beta$  é tal que a magnitude da força de arrasto no instante em que a bola é lançada é igual ao peso da bola.

## Respostas

### Questões conceituais

17. (d)

18. (d)

19. (a) F; (b) V; (c) V; (d) V; (e) V

### Problemas

20. (b)  $t_m = \mu_e mg / [c(\cos \alpha + \mu_e \sin \alpha)]$ ,  $t_p = mg / (c \sin \alpha)$

(c)  $\vec{r}(t_p) = \left\{ (t_p^3 - t_m^3) \frac{c(\cos \alpha + \mu_c \sin \alpha)}{6m} - (t_p^2 - t_m^2) \frac{g\mu_c}{2} + \left[ -t_m^2 \frac{c(\cos \alpha + \mu_c \sin \alpha)}{2m} + g t_m \mu_c \right] (t_p - t_m) \right\} \hat{i}$ ,

$\vec{v}(t_p) = \left[ (t_p^2 - t_m^2) \frac{c(\cos \alpha + \mu_c \sin \alpha)}{2m} - (t_p - t_m) g \mu_c \right] \hat{i}$

21.  $m_C < (m_A + m_B)(\mu_e + \mu_c) / (1 - \mu_e)$

22. (b)  $\sqrt{\frac{g}{\mu_e R}}$ .

(c) 1,84s.

(d) 1200 N

23.  $\vec{a}_B = [(M_B g - M_A r_0 \omega_0^2) / (M_A + M_B)] \hat{k}$ , onde o eixo  $z$  é perpendicular à mesa e é considerado positivo para dentro da mesa.

24. (a)  $-g \tan \alpha \hat{r}, \sqrt{r g \tan \alpha} \hat{\theta}$  (b)  $\cos \alpha = g / (l \omega^2)$

25. **Parabéns!** (a)  $v_0 + v_f = \frac{g}{\alpha} \log[(g + \alpha v_0) / (g - \alpha v_f)]$ .

(b)  $T = (v_0 + v_f) / g$ .

26. **Parabéns!** (a)  $x(t) = \frac{v_0 \cos \theta}{\alpha} (1 - \exp(-\alpha t))$ ,

$y(t) = \frac{1}{\alpha} (v_0 \sin \theta + \frac{g}{\alpha}) (1 - \exp(-\alpha t)) - \frac{g}{\alpha} t$