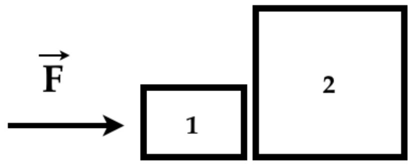
QUESTÕES DE MÚLTIPLA-ESCOLHA (1-5)

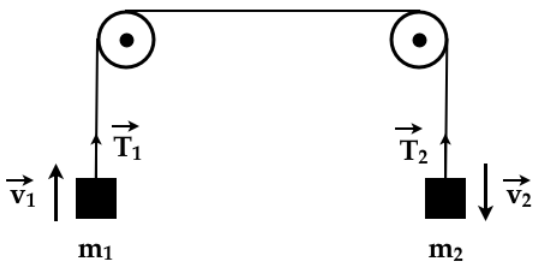
Quando necessário, use g=10 m/s^2

(1) [1,0 pt] A figura abaixo representa dois blocos 1 e 2, de massa $m_1 = 1000$ kg e $m_2 = 3000$ kg, respectivamente, em contato e apoiados sobre uma superfície lisa sem atrito. Uma força $F = 4000$ N é aplicada ao bloco 1 empurrando todo o conjunto. Assinale a alternativa que contém a magnitude (módulo) das forças de contato exercidas pelo bloco 1 sobre bloco 2 ($F_{2(1)}$) e pelo bloco 2 sobre o bloco 1 ($F_{1(2)}$).



- ☐ *(a)* $F_{12} = 4000$ N e $F_{21} = 0$ N
- ☐ *(b)* $F_{12} = 3000$ N e $F_{21} = 3000$ N
- ☐ *(c)* $F_{12} = 3000$ N e $F_{21} = 1000$ N
- ☐ *(d)* $F_{12} = 4000$ N e $F_{21} = 4000$ N
- ☐ *(e)* $F_{12} = 0$ N e $F_{21} = 4000$ N

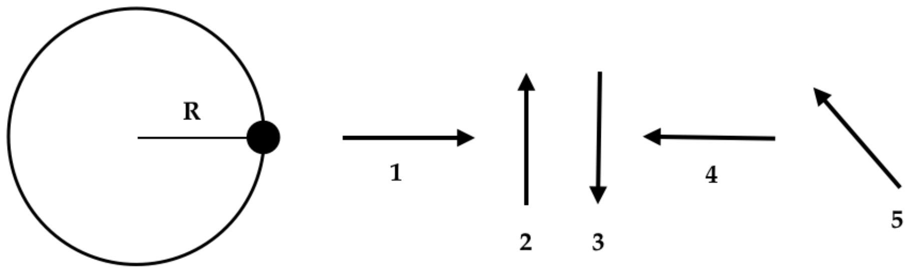
(2) [1,0 pt] A figura abaixo mostra um esquema de polias ideais que sustentam os blocos 1 e 2 de massas m_1 e m_2, respectivamente. Sabe-se que o bloco de massa m_1 movimenta-se para cima com velocidade v_1 constante. Sobre as grandezas físicas associadas a este sistema, podemos afirmar:



- ☐ *(a)* $T_2 > T_1$
- ☐ *(b)* $T_1 > m_1 g$
- ☐ *(c)* $a_1 = a_2 = 0$ e $m_2 > m_1$
- ☐ *(d)* $v_2 > v_1$
- ☐ *(e)* $m_1 = m_2$

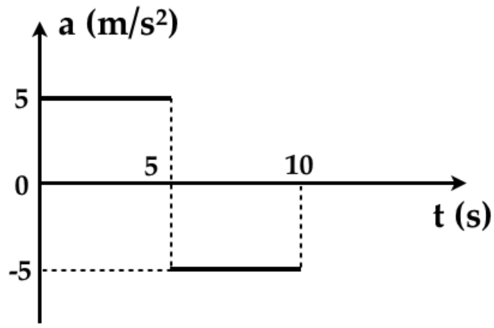
(3) [1,0 pt] A figura mostra uma partícula em movimento circular uniforme que se desloca no sentido anti-horário. As setas enumeradas de 1 a 5 representam a direção de vetores associados a grandezas físicas da dinâmica desta partícula (medidas a partir de um referencial inercial em repouso em relação à trajetória da partícula).

Dentre as alternativas (a) a (e) abaixo, assinale aquela que associa corretamente as setas às grandezas físicas descritas, quando a partícula está na posicção indicada na figura.



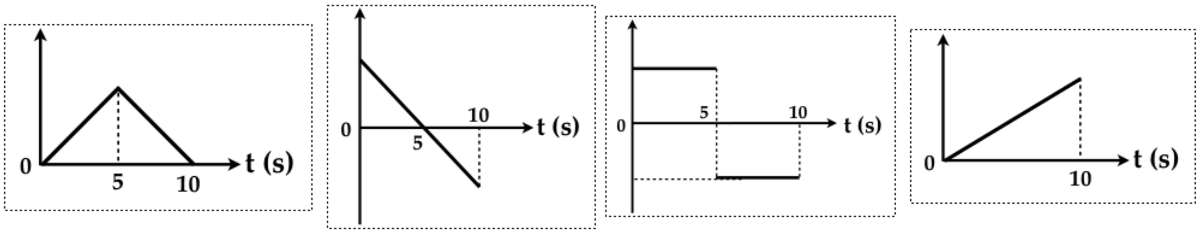
- [ ] *(a)* Setas 3 e 4 para a força resultante e velocidade, respectivamente.
- [ ] *(b)* Setas 1 e 2 para a força resultante e velocidade, respectivamente.
- [ ] *(c)* Setas 1 e 4 para a força resultante e aceleração, respectivamente
- [ ] *(d)* Setas 4 e 2 para a força resultante e velocidade, respectivamente.
- [ ] *(e)* Setas 4 e 5 para a força resultante e velocidade, respectivamente.

(4) [1,0 pt] O gráfico abaixo mostra a aceleração de uma partícula como função do tempo:



As figuras 1 a 4 abaixo mostram gráficos que podem representar a função posição $x(t)$, ou a velocidade $v(t)$, de uma dada particula. Dentre as alternativas (a)-(e), assinale a que corretamente associa os gráficos das figuras 1 a 4 à cinemática da partícula cuja aceleração é dada pelo gráfico acima.

- [ ] *(a)* As figuras 1 e 2 representam, respectivamente, a velocidade e posição da partícula como função do tempo.
- [ ] *(b)* A figura 4 representa a posição da partícula como função do tempo.
- [ ] *(c)* A figura 2 representa a velocidade da partícula como função do tempo.
- [ ] *(d)* A figura 1 representa a velocidade da partícula como função do tempo.
- [ ] *(e)* As figuras 3 e 4 representam, respectivamente, a velocidade e posição da partícula como função do tempo.



1 2 3 4

(5) [1,0 pt] Um bloco de massa $m = 5\,\text{kg}$ encontra-se sob um plano inclinado cuja superfície faz um ângulo $\theta = \pi/6$ com a horizontal. Nesta situação, o bloco encontra-se em repouso devido ao atrito estático com a superfície. A inclinação do plano é aumentada por um pequeno ângulo δ e o bloco começa a deslizar com aceleração de módulo igual à $a \approx 2,4\ \text{m/s}^2$. Sobre os coeficientes de atrito cinético, μ_C, e estático, μ_E, para a força de atrito entre o bloco e a superfície do plano inclinado podemos afirmar:

- ☐ *(a)* $\mu_E \approx 0,25$ e $\mu_C \approx 0,45$
- ☐ *(b)* $\mu_E \approx 0.6$ e $\mu_C \approx 0$
- ☐ *(c)* $\mu_E \approx 0,3$ e $\mu_C \approx 0,57$
- ☐ *(d)* $\mu_E \approx 0,45$ e $\mu_C \approx 0,25$
- ☐ *(e)* $\mu_E \approx 0,57$ e $\mu_C \approx 0,3$

VERSÃO DE PROVA E GABARITO

16A7:	(1)	B;	(2)	E;	(3)	D;	(4)	D;	(5)	E;
3A33:	(1)	E;	(2)	B;	(3)	E;	(4)	B;	(5)	B;
E7HX:	(1)	D;	(2)	A;	(3)	B;	(4)	A;	(5)	B;

QUESTÕES DISCURSIVAS

ATENÇÃO: As soluções dessas questões devem ser feitas no caderno de respostas em anexo (folhas 1 e 2) devidamente identificado com nome, NUSP e turma.

(6) [2,0 pts] Duas partículas estão restritas a mover-se no plano xy. O movimento destas partículas é descrita pela funções posição $x_1(t) = t^2 + t + 1$, $x_2(t) = 2t^2 - 2t + 3$, $y_1(t) = t + 3$ e $y_2(t) = 2t + 2$, onde a posição é medida em metros e o tempo t em segundos. Considere a direção $\hat{\imath}$ na horizontal e $\hat{\jmath}$ na vertical.

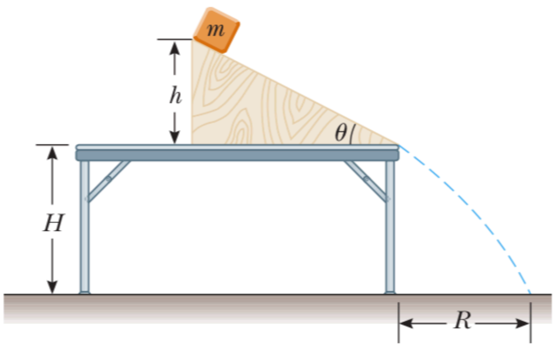
(a) (0,5) Determine os vetores posição $\vec{r}_1(t)$ e $\vec{r}_2(t)$ de cada partícula e o vetor posição relativa $\vec{r}_{12}(t)$.

(b) (0,5) Para $t = 0$, faça um esquema no plano cartesiano dos vetores posição $\vec{r}_1$ e $\vec{r}_2$ e do vetor posição relativa $\vec{r}_{12}$. Determine a distância entre as partículas.

(c) (0,5) Determine o(s) tempo(s) t para o(s) qual(is) as duas partículas colidem.

(d) (0,5) Determine a velocidade relativa, $\vec{v}_{12}$, no(s) instante(s) no(s) qual(is) as partículas colidem.

(7) [3,0 pts] Um bloco de massa $m = 2,00$ kg desliza sobre um plano inclinado que faz um ângulo $\theta = \pi/4$ com a horizontal. O plano tem uma superfície rugosa, cujo coeficiente de atrito cinético, μ_C, é igual a $0,2$. O bloco localiza-se inicialmente no topo do plano, a uma altura $h = 0,50$ m com a horizontal, e inicia seu movimento a partir do repouso. O plano está montado sobre uma mesa de altura $H = 2,25$ m. Ao final do deslizamento ao longo do plano, o bloco cai sob ação da força peso e de uma força de resistência do ar. Veja a figura ao lado para um esquema da situação $\left(\text{use } \sin(\pi/4) = \cos(\pi/4) = \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$.



(a) (0,5) Determine o diagrama de corpo livre (diagrama de forças) para o bloco quando o mesmo inicia seu movimento no topo do plano e outro diagrama para o bloco após o mesmo perder contato com o plano.

(b) (0,5) Para cada força indicada nestes diagramas, aponte o devido par ação reação (terceira Lei de Newton) da mesma e discuta seu efeito (escreva no máximo até duas linhas para cada força).

(c) (1,0) Determine o vetor velocidade $\vec{v}$ do bloco quando o mesmo atinge o final do plano inclinado. Escreva sua resposta na forma $\vec{v} = v_{0x}\hat{\imath} + v_{0y}\hat{\jmath}$.

(d) (1,0) Ignore a resistência do ar e determine o alcance R do bloco.

Dica geral: faça substituições numéricas apenas na etapa final das soluções dos itens (c) e (d). Para o item (d), caso você não tenha feito o item (c), deixe a resposta em termos de v_{0x} e v_{0y}.

Universidade de São Paulo

Instituto de Física da USP

Física I para a Escola Politécnica à 2015

Solução das questões dissertativas

Caros alunos, certamente que as soluções apresentadas não são únicas. Abaixo, apresentamos soluções que usam um mínimo de fórmulas para serem executadas. O espírito é demonstrar que os problemas propostos são totalmente dedutíveis de alguns poucos princípio fundamentais.

1 Cinemática 2D (2 pontos)

Duas partículas estão restritas a mover-se no plano xy. O movimento destas partículas é descrito pelas funções posição $x_1(t) = t^2 + t + 1$, $x_2(t) = 2t^2 - 2t + 3$, $y_1(t) = t + 3$ e $y_2(t) = 2t + 2$, onde a posição é medida em metros e o tempo t em segundos. Considere a direção $\hat{i}$ na horizontal e $\hat{j}$ na vertical.

(a) Determine os vetores posição $\vec{r}_1(t)$ e $\vec{r}_2(t)$ de cada partícula e o vetor posição relativa $\vec{r}_{12}(t)$. (0.5 pontos)

Diretamente da definição, escrevemos os vetores $\vec{r}_1(t)$ e $\vec{r}_2(t)$:

$$\vec{r}_1(t) = x_1(t)\hat{i} + y_1(t)\hat{j}$$

$$\vec{r}_1(t) = [(t^2 + t + 1)\hat{i} + (t + 3)\hat{j}] \text{ m}$$

$$\vec{r}_2(t) = x_2(t)\hat{i} + y_2(t)\hat{j}$$

$$\vec{r}_2(t) = [(2t^2 - 2t + 3)\hat{i} + (2t + 2)\hat{j}] \text{ m}$$

Já o vetor posição relativa é obtido também pela definição: $\vec{r}_{12}(t) = \vec{r}_2(t) - \vec{r}_1(t)$

$$\vec{r}_{12}(t) = [(t^2 - 3t + 2)\hat{i} + (t - 1)\hat{j}] \text{ m}$$

(b) Para $t = 0$ s, faça um esquema no plano cartesiano dos vetores posição $\vec{r}_1$ e $\vec{r}_2$ e do vetor posição relativa $\vec{r}_{12}$. Determine a distância entre as partículas. (0.5 pontos)

Avaliamos os vetores acima para $t = 0$

$$\vec{r}_1(t = 0 \text{ s}) = [1\hat{i} + 3\hat{j}] \text{ m}$$

$$\vec{r}_2(t = 0 \text{ s}) = [3\hat{i} + 2\hat{j}] \text{ m}$$

$$\vec{r}_{12}(t = 0 \text{ s}) = [2\hat{i} + -1\hat{j}] \text{ m}$$

Representamos estes vetores no plano cartesiano como setas que apontam desde a origem. O vetor posição relativa pode estar a partir da origem ou ligar os vetores $\vec{r}_1$ e $\vec{r}_2$ (a ligação deve ser consistente com a escolha do aluno do item a). A distância entre as particulas é determinada pelo módulo do vetor posição relativa.

$$d = \sqrt{\vec{r}_{12}.\vec{r}_{12}} = \sqrt{4 + 1} \text{ m} = \sqrt{5} \text{ m}$$

(c) Determine o(s) tempo(s) t para o(s) qual(is) as duas partículas colidem. (0.5 pontos)

A condição de colisão é que o vetor posição relativa seja $\vec{0}$. O que equivale a estudar os tempos t nos quais cada uma das suas componentes é 0. Portanto, temos que investigar os tempos t para os quais:

$$(t^2 - 3t + 2) = 0$$

e

$$(t - 1) = 0$$

Temos que para $t = 1$ s e $t = 2$ s, a primeira equação é satisfeita. No entanto, apenas para $t = 1$ s que a segunda equação é satisfeita. Daí, apenas para $t = 1$ s há colisão.

(d) Determine a velocidade relativa, $\vec{v}_{12}$, no(s) instante(s) no(s) qual(is) as partículas colidem. (0.5 pontos)

A velocidade relativa é definida pela derivada da posição relativa, desta maneira:

$$\vec{v}_{12}(t) = \frac{d}{dt}\vec{r}_{12}(t)$$

Uma vez que os versores são fixos, podemos derivas apenas as componentes:

$$\vec{v}_{12}(t) = \frac{dx_{12}}{dt}\hat{\imath} + \frac{dy_{12}}{dt}\hat{\jmath}$$

Que resulta em:

$$\vec{v}_{12}(t) = [(2t - 3)\hat{\imath} + 1\hat{\jmath}] \text{ m/s}$$

com t em segundos. Avaliado em $t = 1$ s, temos:

$$\vec{v}_{12}(t = 1 \text{ s}) = [-1\hat{\imath} + 1\hat{\jmath}] \text{ m/s}$$

2 Plano inclinado (3 pontos)

Um bloco de massa $m = 2,00$ kg desliza sobre um plano inclinado que faz um ângulo $\theta = \pi/4$ com a horizontal. O plano tem uma superfície rugosa, cujo coeficiente de atrito cinético, μ_C, é igual a 0,2. O bloco localiza-se inicialmente no topo do plano, a uma altura $h = 0,50$ m com a horizontal, e inicia seu movimento a partir do repouso. O plano está montado sobre uma mesa de altura $H = 2,25$ m. Ao final do deslizamento ao longo do plano, o bloco cai sob ação da força peso e de uma força de resistência do ar. Veja a figura abaixo para um esquema da situação (use $\sin(\pi/4) = \cos(\pi/4) = \sqrt{2}/2$ e $g = 10$ m/s^2).

(a) Determine o diagrama de corpo livre (diagrama de forças) para o bloco quando o mesmo inicia seu movimento no topo do plano e outro diagrama para o bloco após o mesmo perder contato com o plano. (0.5 pontos)

Os diagramas devem, obrigatoriamente incluir as seguintes forças: (1) No topo do plano: forças normal, força de atrito e força peso. O diagrama precisa ilustrar apenas as forças, sem necessariamente incluir a decomposição das componentes. (2) Após perder contato com o plano: forças peso e resistência do ar, com a força de resistência do ar na direção $-\vec{v}$, ou seja, a força de resitência do ar e peso não são colineares.

(b) Para cada força indicada nestes diagramas, aponte o devido par ação reação (terceira Lei de Newton) da mesma e discuta seu efeito (escreva no máximo até duas linhas para cada força). (0.5 pontos)

Situação (1): força normal: força sobre a superficie do plano na direção $-\vec{N}$, comprime o plano; força de atrito: força tangencial à superfície do plano na direção $-\vec{F_{at}}$, arrasta a superfície do plano.

O plano não se desloca pois o supomos preso à mesa. Força peso: atração gravitacional do planeta Terra pelo bloco, atuando no centro do planeta Terra. Causa uma aceleração desprezível no planeta pois $M_{Terra} \gg m_{bloco}$. (2) Força peso: mesma que anterior, força de resistência do ar: força sobre as particulas do ar, deslocando-as para passagem do bloco.

(c) Determine o vetor velocidade $\vec{v}$ do bloco quando o mesmo atinge o final do plano inclinado. Escreva sua resposta na forma $\vec{v} = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$. (1.0 pontos)

O bloco desce a rampa sobre a ação de forças constantes. Desta maneira, a resultante será uma força constante e movimento é uniformente acelerado. Adotamos um sistema de coordenadas $\hat{i}'$ e $\hat{j}'$ com $\hat{i}'$ denotando uma direção ao longo do plano e $\hat{j}'$ ao longo da normal ao plano. Podemos escrever, para uma coordenada s ao longo da superfície do plano que:

$$-mg\mu_C \cos\theta + mg\sin\theta = m\ddot{s}$$

Desta maneira, temos

$$\ddot{s} = a = -\mu_C g\cos\theta + g\sin\theta = \frac{\sqrt{2}}{2}(8)\ \mathrm{m/s^2} = 4\sqrt{2}\ \mathrm{m/s^2}$$

Uma vez que a aceleração é constante, conhecemos a equação de movimento para $s(t)$:

$$s(t) = s_0 + v_{0s}t + \frac{1}{2}at^2$$

O deslocamento total em s se escreve:

$$s(t') - s_0 = H/\sin\theta$$

Onde t' é o tempo no qual o bloco está no fim do plano inclinado. Dái, escrevemos (lembrando que $v_{0s} = 0$)

$$\frac{H}{\sin\theta} = \frac{1}{2}at'^2$$

$$t' = (\frac{2H}{a\sin\theta})^{1/2}$$

Mas o que queremos é a velocidade, que se escreve:

$$v_s(t') = v_{0s} + at' = at'$$

Desta maneira:

$$v_s(t') = (\frac{2Ha}{\sin\theta})^{1/2}$$

Colocando os números:

$$v_s(t) = (\frac{2\times 0.5\ \mathrm{m}\times 4\sqrt{2}\ \mathrm{m/s^2}}{(\sqrt{2}/2)})^{1/2} = (16\times 0.5)^{1/2}\ \mathrm{m/s} = 2\sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$$

Uma opção alternativa para obter v_s é usar a equação $v_s^2 = v_{0s}^2 + 2a[s - s_0]$.

Mas este é apenas o módulo da velocidade. Para encontrarmos o vetor velocidade na forma $\vec{v} = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j}$, adotamos o sistema de coordenadas usual e consideramos a geometria da figura. Desta maneira, escrevemos:

$$\begin{cases} v_x &= (2\sqrt{2}\cos\theta)\ \mathrm{m/s} = 2\ \mathrm{m/s} \\ v_y &= (-2\sqrt{2}\sin\theta)\ \mathrm{m/s} = -2\ \mathrm{m/s} \end{cases}$$

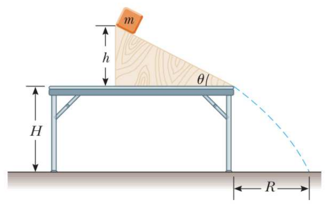
desta maneira:

$$\vec{v} = [2\hat{i} - 2\hat{j}] \text{ m/s}$$

(d) Ignore a resistência do ar e determine o alcance R do bloco.

Dica geral: faça substituições numéricas apenas na etapa final das soluções dos itens (c) e (d). Para o item (d), caso você não tenha feito o item (c), deixe a resposta em termos de v_{0x} e v_{0y}.

(1.0 pontos)



Sem resistência do ar, temos novamente um movimento a aceleração constante. De fato, escolhendo uma nova origem no "pé da mesa", podemos escrever para o bloco (segunda lei de Newton):

$$-mg\hat{j} = m\vec{a}$$

ou seja, $\vec{a} = -g\hat{j}$. Desta maneira:

$$\vec{r}(t) = (x_0 + v_{0x}t)\hat{i} + (y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2)\hat{j}$$

Usando as condições do problema e nossa escolha de origem, temos:

$$\vec{r}(t) = (2t)\hat{i} + (H - 2t - \frac{1}{2}gt^2)\hat{j}$$

Para determinar o alcance R, primeiro calculamos o tempo t' de queda. Este é o tempo t' no qual $y(t') = 0$, assim:

$$H - 2t' - \frac{1}{2}gt'^2 = 0$$

Resolvendo a equação, temos (tomando apenas a raiz positiva):

$$t' = 0.5 \text{ s}$$

O alcance é dado pela equação:

$$R = v_{0x}t' = (2 \text{ m/s})(0.5 \text{ s}) = 1 \text{ m}$$