

Olimpíada Brasileira de Física 2001

3ª Fase

1º e 2º Anos

Leia com atenção todas as instruções seguintes.

As questões **01 a 16** são destinadas **exclusivamente** aos alunos do **1º e 2º anos**, os quais devem escolher **apenas 8** questões.

O **Caderno de Resolução** com a identificação do estudante encontra-se em separado e deverá ser entregue ao final do exame.

Para a solução das questões, quando necessário, considere:

Aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Densidade da água: $d = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$

Calor específico da água: $c = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C} = 4200 \text{ J/kg K}$

Calor latente de fusão do gelo: $L_f = 80 \text{ cal/g}$

Calor latente de vaporização da água: $L_v = 540 \text{ cal/g}$

Constante universal dos gases: $R = 2 \text{ cal/mol } ^\circ\text{C}$

Velocidade do som no ar: $v_{\text{som}} = 340 \text{ m/s}$

$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 760 \text{ mm Hg}$

$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$

$T_{\text{Celsius}} = T_{\text{Kelvin}} - 273$

Algumas relações trigonométricas que podem ser úteis:

$$\text{sen}^2(\theta) + \text{cos}^2(\theta) = 1$$

$$\text{sen}(a + b) = \text{sen}(a) \text{cos}(b) + \text{sen}(b) \text{cos}(a)$$

$$\text{cos}(a + b) = \text{cos}(a) \text{cos}(b) - \text{sen}(a) \text{sen}(b)$$

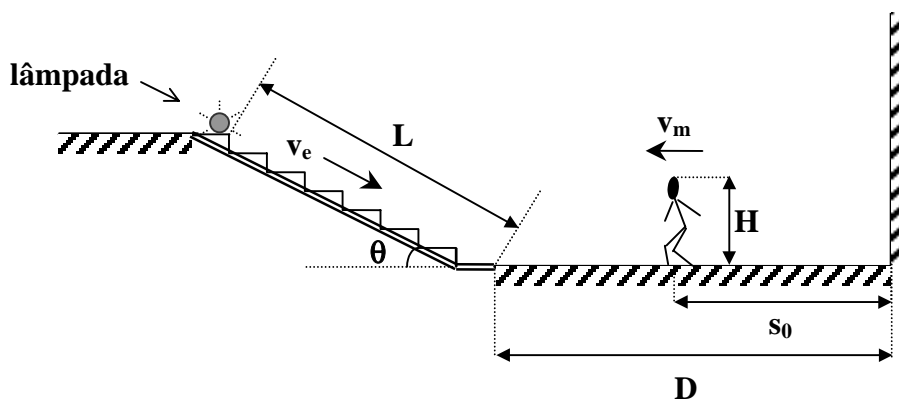
$$\text{sen}(a) + \text{sen}(b) = 2 \text{sen}[(a + b)/2] \text{cos}[(a - b)/2]$$

θ	30°	45°	60°
$\text{sen}(\theta)$	0,50	$\sqrt{2}/2 = 0,71$	$\sqrt{3}/2 = 0,87$
$\text{cos}(\theta)$	$\sqrt{3}/2 = 0,87$	$\sqrt{2}/2 = 0,71$	0,50
$\text{tg}(\theta)$	$\sqrt{3}/3 = 0,58$	1	$\sqrt{3} = 1,73$

QUESTÕES1ª QUESTÃO

Uma escada rolante tem comprimento $L = 10 \text{ m}$, velocidade descendente de módulo constante $v_e = 0,5 \text{ m/s}$ e inclinação $\theta = 30^\circ$ com a horizontal. A base da escada encontra-se a uma distância horizontal $D = 30 \text{ m}$ de uma parede vertical bastante alta. No instante $t = 0$, uma lâmpada acesa de dimensões desprezíveis é colocada no degrau mais alto da escada, como ilustrado na figura a seguir. Nesse mesmo instante, um menino de altura $H = 1 \text{ m}$, a uma distância horizontal s_0 da parede, caminha em direção à base da escada com velocidade de módulo constante $v_m = 0,85 \text{ m/s}$. Calcule o **comprimento vertical** da sombra do menino na parede:

- quando a lâmpada atingir a base da escada, sabendo que $s_0 = 3 \text{ m}$;
- quando $t = 4 \text{ s}$, sabendo que $s_0 = 0,4 \times (\sqrt{3} - 1) \text{ m}$.

2ª QUESTÃO

Uma partícula é abandonada de uma certa altura a partir do repouso, passando a cair em queda livre. Sabe-se que a partícula percorre a metade de seu percurso total até atingir o solo durante o último segundo de sua queda.

- Calcule o **tempo total** de queda.
- No item a) duas soluções matematicamente corretas podem ser encontradas. Ambas as soluções são **fisicamente aceitáveis**? Justifique sua resposta.

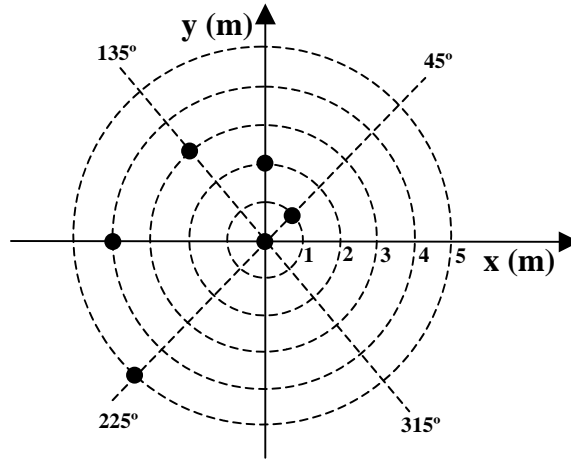
3ª QUESTÃO

Um porta-aviões que navega em linha reta à velocidade constante de 10 m/s lança verticalmente um míssil de massa 200 kg impulsionado por um motor com empuxo vertical constante de 10000 N . No instante $t = 0$, o míssil é disparado e seu motor funciona durante **20 segundos**. Considere que a massa total do míssil permanece constante durante todo o seu movimento e despreze o seu atrito com o ar.

- Calcule a **altura máxima** alcançada pelo míssil.
- Calcule o **alcance horizontal** do míssil na direção do movimento do porta-aviões.

4ª QUESTÃO

O diagrama apresentado abaixo descreve o movimento de uma criança caminhando sobre um carrossel. No instante inicial, a criança parte do centro do carrossel, caminhando ao longo do seu raio. No diagrama, a posição da criança, denotada por ●, é mostrada a cada segundo decorrido.



- Calcule a **velocidade** da criança ao longo do raio do carrossel.
- Calcule a **velocidade angular** do carrossel.

5ª QUESTÃO

Uma tabela com dados sobre um experimento com uma partícula que executa um movimento circular é apresentada a seguir.

Nº	θ (rad)	t (s)
1	3	0
2	2	2
3	1	4
4	0	6
5	-1	8
6	-2	10
7	-3	12
8	-4	14
9	-5	16
10	-6	18

- Utilizando os dados da tabela, faça um gráfico da **posição angular θ** em função do **tempo t**.
- Calcule o **deslocamento angular** da partícula entre os instantes **t = 4 s** e **t = 12 s**. Determine a **velocidade angular** do movimento.

6ª QUESTÃO

A equação da posição angular θ em função do tempo t de um disco que executa um movimento circular uniformemente variado é dada por:

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \alpha t^2/2, \quad (1)$$

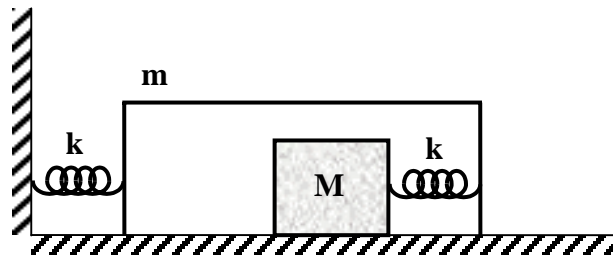
onde θ_0 , ω_0 e α denotam, respectivamente, a posição angular inicial, velocidade angular inicial e aceleração angular constante do disco. A equação horária para a sua velocidade angular ω é escrita como:

$$\omega = \omega_0 + \alpha t. \quad (2)$$

- Deduza, a partir das equações (1) e (2), a **equação de Torricelli** para o movimento circular uniformemente variado.
- Considere agora que a posição angular inicial do disco correspondia a **180 graus**, que a sua velocidade angular inicial era de **30 voltas por segundo** e que o disco é desacelerado até o repouso a uma taxa de **2 voltas por segundo a cada segundo**. Calcule o **deslocamento angular total** do disco até a sua parada.

7ª QUESTÃO

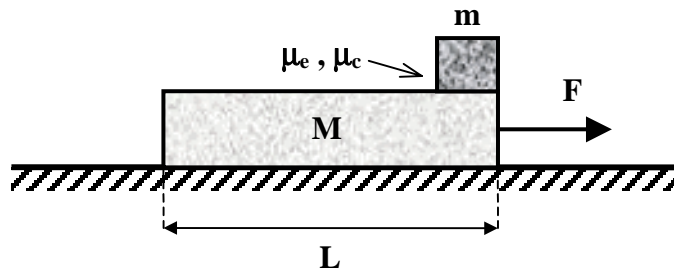
Um bloco de massa M é colocado no interior de uma caixa oca de massa $m < M$, sem a tampa inferior, como mostra a figura a seguir. O sistema encontra-se inicialmente mantido em repouso. As molas são idênticas, com constantes elásticas k e distensões iniciais x_0 . Não há atrito entre a caixa e a superfície. O atrito entre o bloco e a superfície é suficientemente intenso para mantê-lo sempre em repouso.



- Nestas circunstâncias, calcule o menor valor do **coeficiente de atrito estático** entre o bloco e a superfície.
- Após a caixa ser liberada do repouso, considere que jamais haja contato entre ela e o bloco, que permanece estático. Sabendo que a caixa oscilará em um movimento harmônico simples, determine a **frequência angular** deste movimento.

8ª QUESTÃO

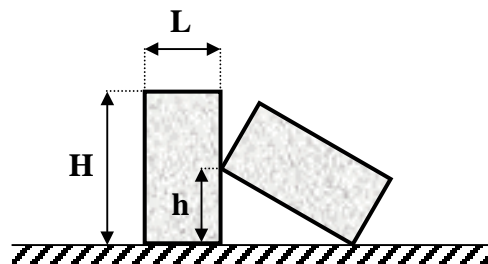
Na figura a seguir, um bloco de massa M e comprimento L encontra-se inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito. Sobre tal bloco, é colocado um outro de massa m , cujo comprimento é muito menor que L , de modo que este possa ser considerado uma partícula material. Sabe-se que existe atrito entre os blocos, com coeficientes estático e cinético respectivamente denotados por μ_e e μ_c . Considere que sobre o bloco de massa M atua uma força constante e horizontal de módulo F . A força horizontal máxima que pode ser aplicada sobre o bloco de massa M de modo que os blocos não deslizem um sobre o outro é denotada por $F_{\text{máx}}$.



- a) Calcule o módulo da **força máxima** $F_{\text{máx}}$ em função de μ_e , M , m e g .
 b) Suponha que $F > F_{\text{máx}}$. Para tal situação, calcule o **tempo** que o bloco de massa m leva para perder contato com o bloco de massa M . Expresse o seu resultado em função de L , M , μ_e , μ_c , F e $F_{\text{máx}}$.

9ª QUESTÃO

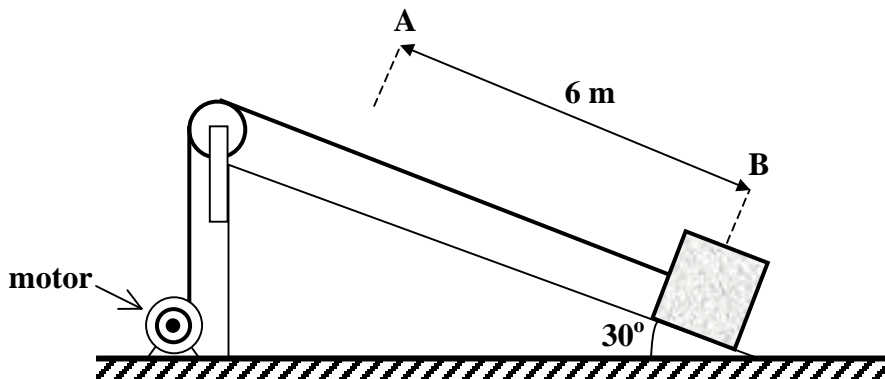
Dois blocos homogêneos idênticos, de massa **13,5 kg** cada, altura **H = 10 cm** e largura **L = 4 cm**, estão apoiados um no outro, como indicado na figura a seguir. A distância vertical do ponto de apoio até a superfície horizontal plana é **h = 6 cm**. Há atrito apenas entre a superfície e os blocos. Não há atrito entre os blocos. Na situação em que o bloco disposto verticalmente está na iminência de inclinar-se sem deslizar, calcule:



- a) os módulos das **componentes horizontal e vertical da força** que um bloco exerce sobre o outro;
 b) os módulos das **forças normais** que a superfície exerce sobre cada bloco.

10ª QUESTÃO

Um motor de potência **2,1 kW** puxa com velocidade constante e igual a **3 m/s** uma caixa de massa **80 kg** sobre um plano inclinado de **30º** com a horizontal. A caixa é puxada por uma extensão de **6 m** ao longo do plano, do ponto **A** ao **B** (ver figura). Despreze as massas da corda e da polia.

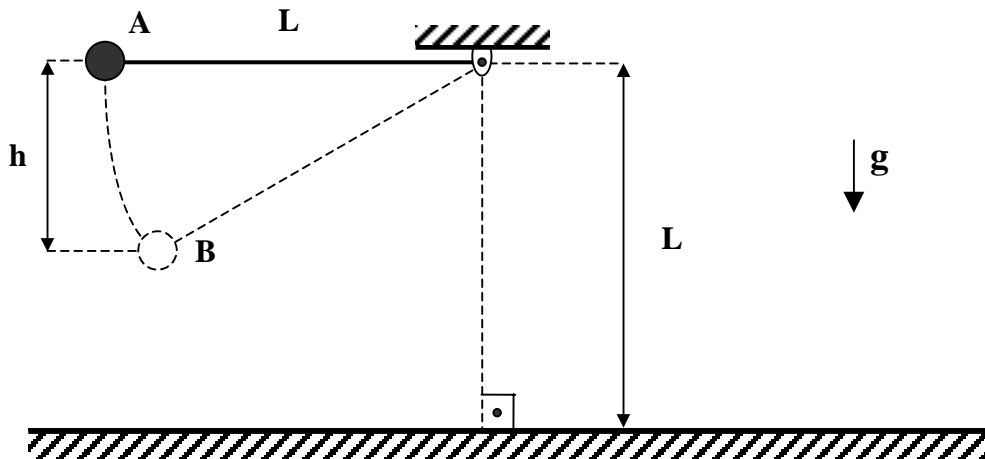


1º e 2º Anos

- Calcule o módulo da **força exercida pelo motor** e o módulo da **força de atrito**.
- Calcule os **trabalhos** realizados pela **força peso**, pela **força normal**, pela **força exercida pelo motor** e pela **força de atrito** quando a caixa se desloca de **A** para **B**.

11ª QUESTÃO

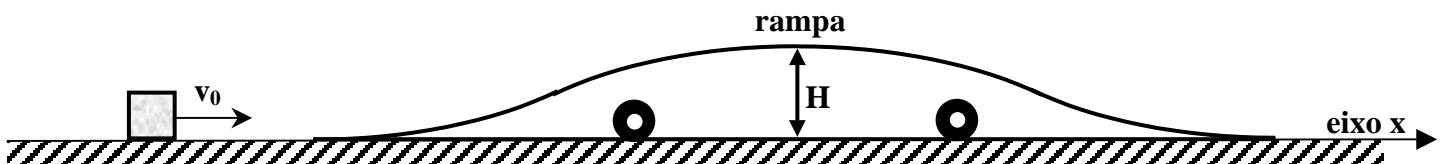
Um corpo de massa m e dimensões desprezíveis é solto, a partir do repouso, do ponto **A** indicado na figura a seguir. O corpo está amarrado a um fio ideal, inextensível e de massa desprezível, com comprimento L , que encontra-se preso a um pino. Sabe-se que o fio suporta sem partir uma tensão máxima igual a $2mg$, onde g denota a aceleração da gravidade. Despreze os efeitos de atrito e resistência do ar.



- Calcule o **desnível h** entre os pontos **A** e **B**, sabendo que o fio se parte no ponto **B**.
- Determine as **componentes horizontal e vertical da velocidade** do corpo no instante em que ele atinge o solo.

12ª QUESTÃO

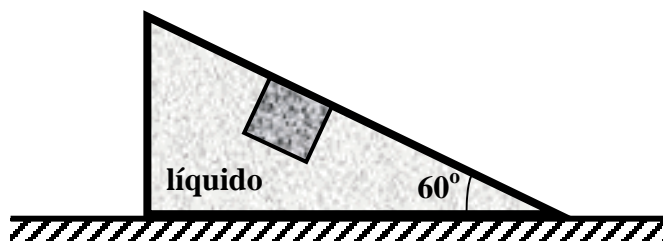
Na figura a seguir, um bloco de massa m e dimensões desprezíveis desliza sobre uma superfície horizontal com velocidade inicial v_0 ao longo do eixo x . Num dado instante, tal bloco começa a subir uma rampa móvel com rodinhas, inicialmente em repouso, de massa M e altura máxima H . Em seu ponto mais alto, a superfície da rampa é paralela ao eixo x . Durante os movimentos de subida e descida, o bloco sempre mantém o contato com a rampa. Despreze completamente os efeitos de atrito e resistência do ar.



- Calcule os módulos das **velocidades finais da rampa e do bloco**, após o bloco abandonar a rampa.
- Considere agora o caso em que $m=1\text{ kg}$, $M=3\text{ kg}$, $v_0=2\text{ m/s}$ e $H=0,2\text{ m}$. O bloco consegue atingir o ponto mais alto da rampa? Justifique quantitativamente sua resposta através de cálculos.

13ª QUESTÃO

Um recipiente oco, fechado e transparente é fixado sobre uma superfície plana, como ilustra a figura a seguir. A face inclinada do recipiente faz um ângulo de 60° com a horizontal. O recipiente encontra-se completamente cheio com um certo líquido e contém em seu interior um bloco feito de material duas vezes menos denso que o líquido.



- Determine o valor do **coeficiente de atrito estático** μ_e entre o recipiente e o bloco, sabendo que na iminência de movimento este tende a se deslocar ascendentemente ao longo do face inclinada.
- Calcule a **diferença** $\mu_e - \mu_c$ entre os coeficientes de atrito estático e cinético, considerando que, ao iniciar o movimento, o bloco desloca-se ascendentemente de **10 cm** ao longo da face inclinada durante o tempo de **1 s**.

14ª QUESTÃO

Um compartimento, isolado termicamente do ambiente exterior, é constituído por duas câmaras de volumes fixos V_1 e V_2 , separadas por uma parede condutora térmica que impede que os seus conteúdos se misturem. Tais câmaras contêm, respectivamente, n_1 e n_2 moles de dois gases ideais, com calores específicos molares a volume constante denotados por c_{V1} e c_{V2} , de modo que $n_1 c_{V1} / n_2 c_{V2} = 3$.

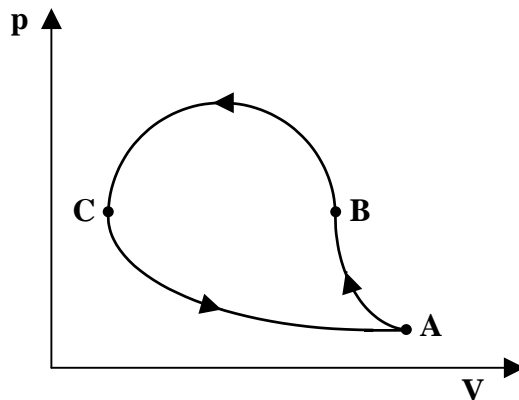
- Determine a **temperatura final** de equilíbrio do sistema, considerando as temperaturas iniciais dos gases $T_1 = 300 \text{ K}$ e $T_2 = 100 \text{ K}$.
- Calcule a razão $\Delta S_1 / \Delta S_2$ entre as **variações de entropia** dos gases **1** e **2**, sabendo que a troca de calor entre os gases ocorreu de forma irreversível.
[Dado: A variação de entropia de n moles de um gás ideal durante um processo isovolumétrico reversível é dada aproximadamente por:

$$\Delta S^{\text{isovolumétrico}} = 2,3 n c_V \log_{10}(T_f / T_i),$$

onde c_V é o calor específico molar a volume constante, e T_i e T_f denotam as temperaturas inicial e final do gás.]

15ª QUESTÃO

n moles de um gás ideal diatômico passam pelas transformações termodinâmicas reversíveis indicadas no diagrama pressão (p) vs. volume (V) mostrado a seguir. O processo **AB** é isotérmico e ocorre à temperatura T_{AB} . O processo **BC** é descrito no diagrama por uma semicircunferência com diâmetro paralelo ao eixo V . São conhecidos os volumes V_A , V_B e V_C . A constante universal dos gases é denotada por R . Nos itens a seguir, expresse as suas respostas em função de n , R e, quando necessário, dos parâmetros conhecidos V_A , V_B , V_C e T_{AB} .



- a) Calcule o **trabalho** realizado pelo gás no processo **BC**.
 b) Calcule a **variação de entropia** do gás no processo **CA**.

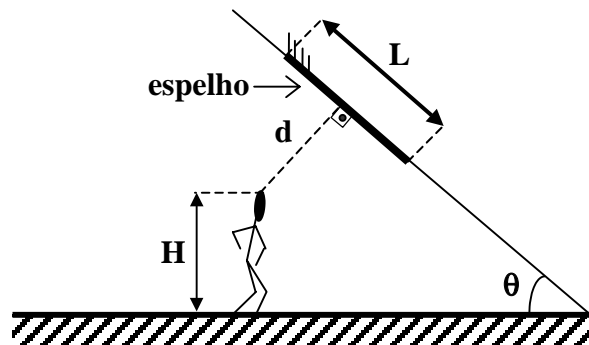
[Dado: As variações de entropia de n moles de um gás ideal durante processos isotérmicos e isobáricos são dadas respectivamente por:

$$\Delta S^{\text{isotérmico}} = 2,3 n R \log_{10}(V_f/V_i) \quad \text{e} \quad \Delta S^{\text{isobárico}} = 2,3 n c_p \log_{10}(T_f/T_i),$$

onde c_p é o calor específico molar a pressão constante, e V_i , V_f , T_i e T_f denotam os volumes e temperaturas iniciais e finais.]

16ª QUESTÃO

A figura a seguir ilustra uma pessoa de altura H , localizada em frente a um espelho plano, que está inclinado de um ângulo θ em relação à superfície horizontal. A distância entre os olhos da pessoa e o espelho é denotada por d . Despreze a distância existente entre os olhos e o topo da cabeça da pessoa.



- a) Calcule o **comprimento mínimo L** do espelho a fim de que a pessoa possa ver a imagem de todo o seu corpo.
 b) Considere agora o caso em que $\theta = 90^\circ$. Sabendo que o espelho tem o menor comprimento necessário para a pessoa visualizar a imagem de todo o seu corpo, calcule a **distância** entre a extremidade inferior do espelho e a superfície horizontal.