

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2019

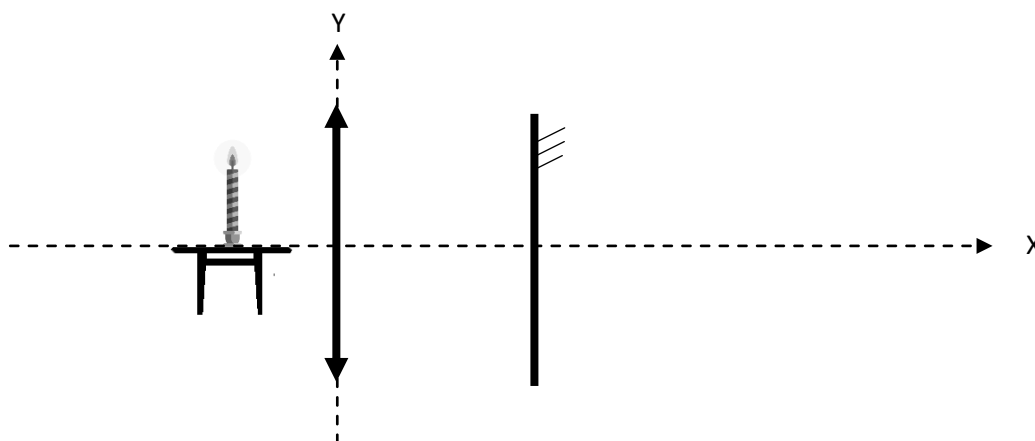
2a FASE - NÍVEL B (alunos do 1ª e 2ª séries – Ensino Médio)



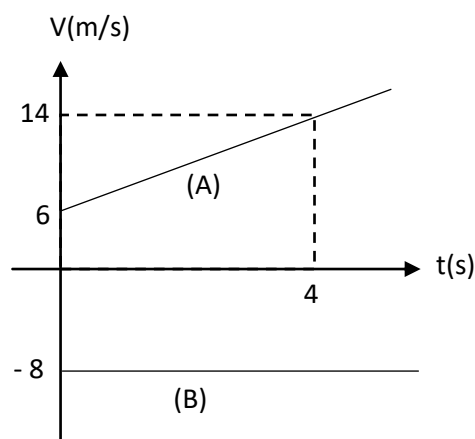
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos das 1ª e 2ª séries do Ensino Médio. Ela contém **oito questões teóricas**.
 - 02) Os alunos da **1ª série** devem escolher no máximo 5 questões teóricas. Os alunos da **2ª série** também escolhem 5 questões teóricas excetuando as indicadas como **somente para a 1ª série**.
 - 03) Além deste caderno com as questões você deve receber um Caderno de Resoluções. Leia atentamente todas as instruções deste caderno e do Caderno de Resoluções antes do início da prova.
 - 04) A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa (90) minutos**.
-

B1. (somente para a 1ª série) Uma lente e um espelho plano formaram o sistema óptico representado na figura abaixo, onde também vemos a chama de uma vela sendo considerada uma fonte pontual de luz e objeto desse sistema. O centro óptico da lente tornou-se a origem de um plano cartesiano padrão, tudo conforme figura. Dessa forma, a posição (x,y) da chama é dada por $(-8; 8)$ cm. A lente está sobre a reta $x = 0$ e o espelho está sobre a reta $x = 18$ cm. Se a distância focal da lente mede $f = 12$ cm, determine a posição (par ordenado: x, y) de todas as imagens da chama configuradas por esse sistema óptico.



B2. (somente para a 1ª série) Dois móveis, A e B, estavam se movimentando em uma mesma trajetória, onde um ponto origem e um sentido foram definidos para estudar o movimento desses corpos. Assim, foi possível definir onde esses móveis se localizavam em função do tempo utilizando a coordenada espacial X. Em $t = 0$ s, o móvel A estava em $X = -36$ m e o móvel B estava em $X = +140$ m. As velocidades desses móveis se comportaram conforme o gráfico ao lado. Determine o instante em que ocorreu o encontro desses móveis e a coordenada X relativa ao local desse encontro.



B3. (somente para a 1ª série) Uma amostra de 150 g de mercúrio estava sendo guardada em um poderoso congelador importado da Inglaterra, cuja temperatura interna era indicada na escala Fahrenheit: -58 °F. Essa amostra foi retirada do congelador e colocada sobre a mesa em um ambiente de 20 °C. Sabendo que a relação entre a escala Fahrenheit e Celsius é dada por $\frac{\Delta T_C}{\Delta T_C'} = \frac{\Delta T_F}{\Delta T_F'}$, quanto calor deve ter sido absorvido pelo mercúrio até ele atingir o equilíbrio térmico com o ambiente?

Dados: calor específico do mercúrio $c = 0,03$ cal/g.°C
 calor latente de fusão do mercúrio $L = 2,8$ cal/g
 Temperatura de fusão do mercúrio = -39 °C
 Temperatura de ebulição do mercúrio = 356 °C
 32 °F \equiv 0 °C e 212 °F \equiv 100 °C

B4. Após ter sido condenado à prisão domiciliar por se opor ao modelo geocêntrico de Aristóteles, Galileu Galilei passou a fazer oposição à concepção aristotélica em outro comportamento natural, a queda livre. Esse trabalho resultou em uma de suas grandes obras: “*Discurso e demonstrações matemáticas acerca de duas novas ciências.*” Aristóteles dizia que **corpos mais pesados caem mais rápidos**. Fazendo uma adequação para uma linguagem mais moderna, podemos interpretar que Aristóteles defendeu que corpos em queda livre caem em movimento uniforme e que um corpo de maior massa adquire uma maior velocidade em queda livre que um corpo de menor massa.

Galileu defendeu que esse princípio é incoerente. Para provar isso, criou um argumento simples. Segundo esse princípio, duas pedras, A e B, de massas diferentes ($m_A > m_B$), cairiam com velocidades diferentes, V_A e V_B , quando separadas. Se prendêssemos uma a outra, elas cairiam com velocidade V . O princípio aristotélico para a queda livre leva a dois resultados diferentes para o valor de V : (i) considerando o caso das pedras manterem a tendência de cair com suas respectivas velocidades, V_A e V_B , independentes de estarem presas; e (ii) considerando o caso em que as pedras presas passem a se comportar como se fossem outro corpo cuja massa M é a soma das massas das pedras. Um princípio que leva a dois resultados onde só pode existir um resultado é um princípio incoerente.

a) Para Aristóteles, a velocidade de queda é proporcional a massa. Sendo assim, se $m_A > m_B$, quando esses corpos caírem livremente, $V_A > V_B$. Abandonando esses corpos presos um ao outro e considerando a hipótese (ii), como a velocidade V do conjunto M estaria, de acordo com o princípio aristotélico, relacionada (use os sinais $>$ e/ou $<$) com as velocidades V_A e V_B ? Justifique a resposta.

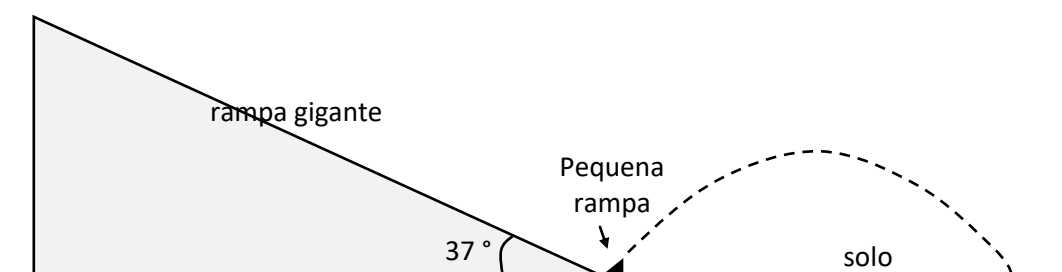
b) Corpos com o mesmo formato e mesmo volume possuem a mesma constante de proporcionalidade k para a força de resistência (do ar, por exemplo) R , regida por $R = k \cdot V^2$, onde V é a velocidade. Para esses corpos em queda livre, se m for sua massa e g a aceleração da gravidade, na condição dita de equilíbrio dinâmico (força resultante nula) tem-se no modelo newtoniano $P - R = 0$ com $P = mg$. Neste caso analise como o modelo newtoniano relaciona a velocidade do corpo em queda livre com sua massa e discuta o resultado comparando-o com o princípio aristotélico.

B5. A energia cinética que trabalhamos no 1º e 2º anos do Ensino Médio é aquela associada ao movimento de translação. Entretanto, o movimento de rotação também está associado a uma energia que é chamada de energia cinética de rotação. Quando uma bola é abandonada em uma ladeira, ela desce (translada) e sofre rotação. Enquanto o peso transforma energia potencial gravitacional em energia cinética de translação, surge uma “força de atrito de encaixe” entre a ladeira e a bola para transformar energia cinética de translação em energia cinética de rotação. O atrito só vai dissipar a energia mecânica (gerar calor) se as superfícies deslizarem.

A figura abaixo retrata um exemplo do esporte que evidencia essa dinâmica energética: um *skatista* desce uma rampa gigante com um *skate* cujos eixos que sustentam as rodas estão muito lubrificadas (atrito de deslizamento desprezível). Entretanto, surge um “atrito de encaixe” para gerar movimento de rotação nas rodas do *skate*. Como essas rodas possuem massas muito pequenas em relação ao conjunto (*skatista* mais *skate*), esse atrito é cerca de 6% do peso do conjunto.

Dados: aceleração da gravidade = 10 m/s^2
 $\text{sen } 37^\circ = 0,6$ e $\text{cos } 37^\circ = 0,8$
 massa do *skatista* mais o *skate* = 80 kg

Nas condições acima citadas, responda as perguntas abaixo desprezando a resistência do ar.



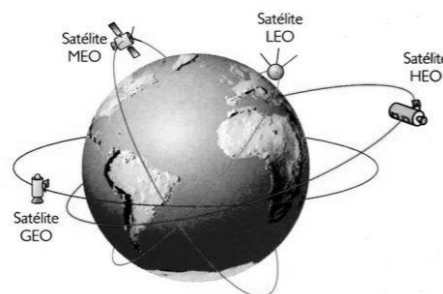
- Se o *skatista* partiu do repouso e chegou no fim da rampa gigante com a velocidade de 30 m/s , qual o percentual de energia cinética de translação transformada em energia cinética de rotação durante a descida? (Sugestão: resolver o problema com e sem atrito)
- No final da rampa gigante (nível do solo), uma pequena rampa fez o conjunto entrar em lançamento oblíquo sob ângulo de 37° . Desprezando a altura da pequena rampa, qual o alcance desse lançamento? Considere que o único efeito que a pequena rampa produziu foi alterar a direção da velocidade.

B6. Um satélite artificial de massa m está em órbita circular em torno da Terra a 10.000 km do centro da Terra. Esse satélite foi colocado em órbita por um foguete e não possui qualquer sistema de propulsão.

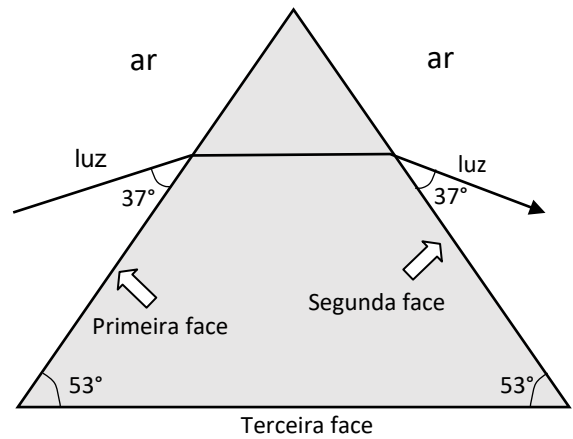
Dados: Considere $\pi = 3,24$
 Massa da Terra $M = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
 Constante da gravitação universal $G = 6 \cdot 10^{-11}$ (no SI)

Usando os dados acima, realize as tarefas abaixo.

- Calcule a velocidade desse satélite e, com ela, o intervalo de tempo, em horas, em que ele descreve uma volta completa em torno da Terra (período de translação).
- Determine a distância do centro da Terra a um satélite geostacionário comparando seu movimento ao movimento do satélite apresentado no enunciado da questão, usando para isto leis de Kepler (lei dos períodos). *Figura:* <https://www.coladaweb.com/astrologia/a-importancia-dos-satelites-artificiais>



B7. Na figura ao lado vemos um raio de luz atravessando um prisma que está envolvido pelo ar. Entretanto, quando um feixe de luz refrata, uma porção dele reflete. A intensidade refletida aumenta à medida que o ângulo de incidência aumenta, podendo chegar a 100% (reflexão total) sob certas condições. Sendo assim, o caminho da luz representado na figura trata apenas uma parcela da luz incidente, aquela que emergiu pela segunda face. Existe uma outra parcela da luz incidente que emergiu na terceira face e que não foi retratada.



Com base no enunciado e na imagem:

a) determine o índice de refração do material que constitui o prisma lembrando que a lei de refração dá $\text{sen } i \cdot n_1 = \text{sen } r \cdot n_2$

b) considerando que devido à simetria, o ângulo de incidência da luz na segunda face é 37° , determine o ângulo de emergência para a parcela de luz que refletiu na segunda face e refratou na terceira.

Dados: $\text{sen } 37^\circ = \text{cos } 53^\circ = 0,6$ e $\text{cos } 37^\circ = \text{sen } 53^\circ = 0,8$

Caso seja preciso, segue a tabela abaixo:

ângulo	16°	21°	24°	36°	53°	74°
Seno	0,27	0,36	0,40	0,60	0,80	0,96

B8. Uma amostra gasosa contendo 250 mol de hélio estava confinada em um recipiente cujas paredes eram termicamente isolantes, exceto uma que era feita de uma liga metálica. O gás foi mantido confinado por um êmbolo de área $0,5 \text{ m}^2$, com espessura e massa desprezíveis, constituído por material termicamente isolante e tinha um atrito desprezível com as paredes do recipiente. O êmbolo era mantido parado por causa da força de 49.500 N exercida pelo ar e por estar encostado em um bloco de mármore de 100 kg sobre um piso de porcelana com coeficiente de atrito estático $\mu_e = 0,5$. Nessa situação, a face de aço deixava passar calor oriundo de uma fogueira e que aquecia o gás. Em $t = 0 \text{ s}$, o gás atingiu a temperatura de 27°C e o bloco ficou na iminência de movimentar-se. O movimento ocorreu imediatamente em seguida. Durante esse movimento, a fogueira mantinha a face externa da parede metálica a 107°C enquanto a face voltada para o hélio mantinha-se em equilíbrio térmico com o gás que se expandia a 27°C .

Dados: Condutividade da liga metálica = $5,0 \text{ W.m/K}$

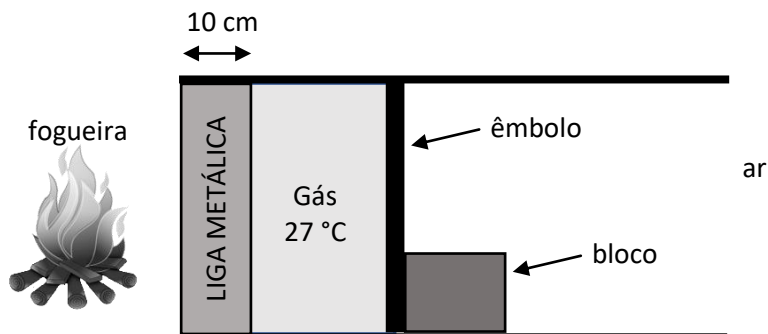
Aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$

Coeficientes de atrito do mármore em contato com a porcelana $\mu_d = 0,1$ e $\mu_e = 0,5$.

Constante dos gases ideais $R = 8,0 \text{ J/K.mol}$

$0^\circ \text{C} \equiv 273 \text{ K}$

Lei dos gases ideais: $PV = n.RT$



Nas condições expostas:

a) Qual o valor do volume da amostra de hélio no momento da iminência do movimento do êmbolo?

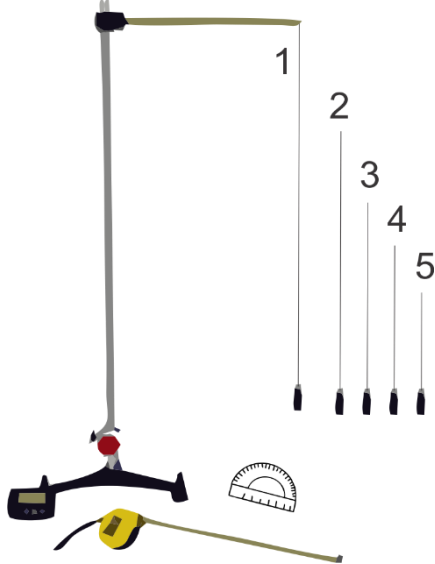
b) Qual a quantidade de trabalho realizado pela amostra de hélio de $t = 0 \text{ s}$ até $t = 10 \text{ s}$?

NIVELB- Procedimento Experimental

Medição da aceleração da gravidade local com o uso de um pêndulo simples

QUESTÃO B1: Determinação de g na aproximação de pequenos ângulos.

Para o experimento do pêndulo simples foram utilizados os seguintes materiais:



- 1 objeto metálico;
- 1 cronômetro;
- 5 comprimentos distintos de fio
- 1 transferidor;
- 1 trena.

A figura ao lado apresenta os elementos do experimento do pêndulo simples.

Primeiro foram cortados diferentes comprimentos de fio (L) para construir o pêndulo. Assim, o experimento consistiu em medir o tempo de 10 oscilações do pêndulo simples, considerando os 5 comprimentos do fio, a fim de minimizar os erros associados às medidas. As oscilações foram feitas considerando ângulos menores que 10° , utilizando o auxílio do transferidor.

Na folha de dados, foram anotados os dados abaixo:

	Pêndulo 1	Pêndulo 2	Pêndulo 3	Pêndulo 4	Pêndulo 5
L (m)	1,50	1,00	0,75	0,50	0,25
t (s)	25,00	20,50	16,60	14,10	10,00

Para cada comprimento do fio foi medido com o cronômetro o tempo de 10 oscilações do pêndulo (t). Dessa forma, para obter o período do pêndulo (T), ou seja, o tempo de uma única oscilação, foi utilizada a seguinte equação:

$$T = \frac{t}{N}$$

onde N é o número de oscilações durante o intervalo de tempo medido.

Sabendo que a equação do período de oscilação de um pêndulo simples é dada por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (\text{eq. 1})$$

calcule a aceleração da gravidade g usando os dados de cada pêndulo (considere $\pi = 3,14$; $2\pi = 6,28$; $4\pi^2 = 39,48$) e determine, com duas casas decimais e a **respectiva unidade**, o resultado final de g , g_{med} , a partir da média aritmética dos valores calculados.

QUESTÃO B2: Determinação gráfica de g na aproximação de pequenos ângulos.

Da (eq. 1) pode-se obter:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right)L \quad (\text{eq. 2})$$

Dessa expressão observa-se que T^2 é uma função linear de L , de coeficiente angular

$$c = \left(\frac{4\pi^2}{g}\right) \quad (\text{eq.3})$$

O procedimento a seguir explora esse fato para estimar graficamente c , e em seguida obter g .

- **Procedimento na Questão B1:** Apresente, no Caderno de Resolução, os valores medidos de L , t e os valores calculados de T^2 e g , com duas casas decimais, em tabela do tipo:

	Pêndulo 1	Pêndulo 2	Pêndulo 3	Pêndulo 4	Pêndulo 5
$L(\text{m})$					
$t(\text{s})$					
$T^2(\text{s}^2)$					
$g(\text{unidade})$					

Em seguida, desenvolva no Caderno de Resolução o cálculo de g_{med} , usando a média aritmética dos valores calculados para cada pêndulo e apresente esse valor, com duas casas decimais e a respectiva unidade.

- **Procedimento na Questão B2:** Considerando os dados dos cinco pêndulos desenhe o gráfico com os pontos experimentais T^2 versus L no Caderno de Resolução, trace a linha reta que melhor se ajusta a estes pontos e siga os passos:
 - a) Determine o coeficiente angular (c) da linha reta indicando quais pontos foram usados. Escreva o valor de c , com duas casas decimais, usando as unidades dos dados experimentais.
 - b) Empregando a expressão da (eq.3) acima apresentada e o valor obtido de (c), determine a aceleração da gravidade, $g_{calculado}$, com duas casas decimais, especificando a unidade (use $4\pi^2 = 39,48$).
 - c) Supondo que a aceleração da gravidade em sua cidade seja $g = 9,78 \text{ m/s}^2$, calcule o desvio relativo Δg , em porcentagem, entre esse valor e cada um dos dois valores de g obtidos na **Questão B1** e no **item b) acima**, utilizando a equação abaixo.

$$\Delta g = \left| \frac{g_{cidade} - g_{calculado}}{g_{cidade}} \right| \times 100$$

Em seguida, apresente com duas casas decimais e a respectiva unidade, o resultado do valor de g obtido na **Questão B2** e na **Questão B1**, na forma:

$g_{calculado} \pm$ desvio relativo

$g_{med} \pm$ desvio relativo