

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2019

2a FASE - NÍVEL C (alunos da 3ª e 4ª séries – Ensino Médio e Técnico)



LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

01) Esta prova destina-se exclusivamente a alunos da 3ª e 4ª séries do Ensino Médio e Técnico. Ela contém **cinco questões teóricas**.

02) 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.

03) A duração desta prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo noventa (90) minutos**.

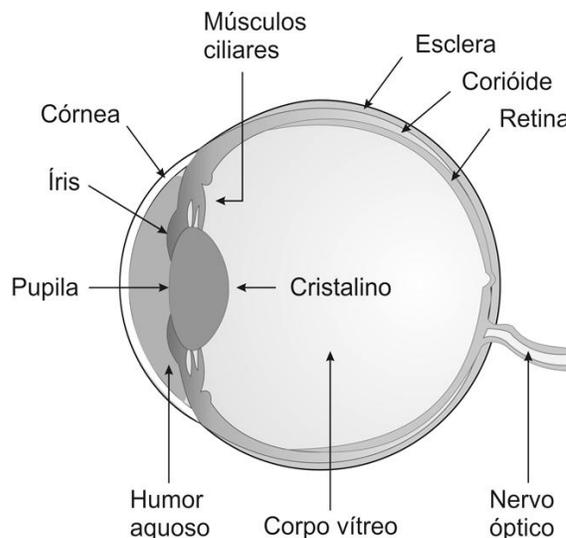
C1. O olho humano é um sistema convergente formado pela córnea e pelo cristalino, sendo este último o responsável por variar a distância focal desse sistema para que objetos em posições diferentes tenham imagens localizadas na retina.

Uma pessoa com hipermetropia estava tentando enxergar um objeto localizado a 30 cm do centro óptico do seu olho. Nessa pessoa, a retina fica localizada a 2,0 cm do mesmo centro óptico. Entretanto, a imagem desse objeto produzida pelo olho da pessoa ficava a 2,1 cm do centro óptico, o que gerava uma reprodução não nítida do objeto no cérebro. Para corrigir esse problema, a pessoa colocou óculos cujo centro óptico ficava a 3,0 cm do centro óptico do olho.

a) Desenhe um esquema (esboço) que reproduza a situação sem os óculos corretores utilizando um objeto pontual e explique, usando esse esquema, qual o motivo da reprodução não nítida do objeto no cérebro.

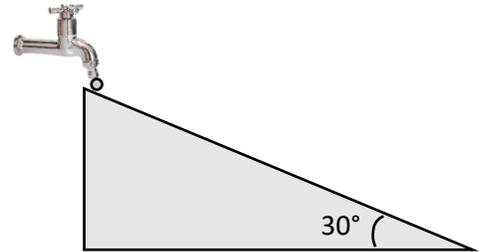
b) Qual o valor do grau que os óculos corretores devem ter para fazer a correção com total perfeição para essa situação. Dê a resposta em dioptria, com o sinal e com uma casa decimal.

Imagem: <http://fisikanarede.blogspot.com/2012/11/optica-da-visao.html>



C2. O líquido se transforma em vapor de três formas: ebulição é a produção de vapor no interior do líquido em forma de bolhas; evaporação é a produção de vapor na superfície de separação entre o líquido e o ar; calefação é a produção de vapor entre o líquido e a fonte de calor.

Um cientista usou a calefação para projetar uma experiência que visava estudar o movimento de corpos em um plano inclinado **sem a interferência da força de atrito**. O plano inclinado deveria ser feito de ferro e aquecido a uma temperatura acima de 100 °C. Uma torneira abandonaria regularmente 150 gotas de água por minuto, todas com 4,0 mm de diâmetro. As gotas iniciariam a descida com 100°C e permaneceriam nessa temperatura, pois o calor absorvido pelas gotas seria utilizado apenas para vaporizar a água, o que geraria uma camada de vapor permanente entre a gota e a ladeira (calefação).



Depois de confeccionado o projeto, os resultados foram os esperados. Os testes iniciais foram feitos com a ladeira (plano inclinado) a 300 °C. Nessa situação, são vistas apenas 5 gotas espaçadas em movimento no plano inclinado, pois quando a 6ª gota é abandonada pela torneira, a 1ª gota desaparece por completo.

Dados: calor latente de vaporização da água $L = 500 \text{ cal/g}$

Equivalente mecânico do calor: $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$

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

Volume de uma esfera $\cong 4.R^3$, onde R é o raio da esfera

Densidade da água = 1 g/cm^3

Nas condições indicadas na questão,

a) Qual a velocidade final (imediatamente antes de desaparecer) das gotas se a ladeira (plano inclinado) estiver na temperatura de 300 °C e a velocidade inicial de cada gota é nula?

b) A potência térmica **Pot** associada ao calor absorvido por calefação depende da diferença entre a temperatura da gota T e a temperatura da fonte de calor T_F , conforme a relação: **Pot** = $k.(T_F - T)$, onde k depende da área de contato, da substância que forma a gota e da distância entre a gota e a fonte. Considerando que k é constante, determine o seu valor para uma dessas gotas em $\text{W}/^\circ\text{C}$.

C3. No início do século XX, quando a Física Quântica estava nascendo, o físico dinamarquês Niels Bohr criou um modelo atômico que reunia características clássicas e quânticas. Baseado nesse modelo, o elétron do átomo de hidrogênio descreveria órbitas circulares sob o domínio da força elétrica obedecendo às leis de Newton. Entretanto, os raios das órbitas tinham restrições quânticas. O menor raio, aquele da órbita mais próxima do núcleo atômico, considerado o estado fundamental do átomo de hidrogênio, tinha um valor bem definido: R_0 . Os demais raios teriam valores iguais a $n^2.R_0$, onde n é um número natural e diferente de zero.

Quanto à energia do átomo de hidrogênio, além da cinética associada ao movimento do elétron, existe a energia potencial elétrica associada à interação elétrica entre o núcleo e o elétron. O valor dessa última energia é $-\frac{k.e^2}{n^2R_0}$, onde e é a carga elementar e k é a constante eletrostática do vácuo.

Quando o elétron se encontra em uma órbita diferente da fundamental (estado excitado), ele tende a migrar para a fundamental emitindo um fóton cuja energia é igual à $h.f$, equação de Planck, onde h é a constante de Planck e f é a frequência associada ao fóton emitido.

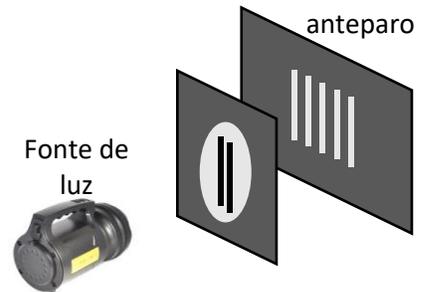
O modelo de Bohr obteve uma excelente adequação com os resultados experimentais para as radiações emitidas e absorvidas pelo hidrogênio, sendo falho para os demais elementos químicos. O mérito desse modelo foi apontar a direção para a compreensão da matéria: o modelo atômico genérico deveria obedecer às leis da Física Quântica.

Sobre o modelo de Bohr aplicado ao átomo de hidrogênio, determine:

- a energia cinética que o elétron poderia assumir nas diversas órbitas da eletrosfera.
- a frequência do fóton emitido quando o elétron passasse do estado excitado associado ao número quântico $n = 3$ para a órbita fundamental.

Apresente as respostas em função dos parâmetros apresentados no enunciado.

C4. No início do século XIX, o cientista inglês Thomas Young propôs uma experiência que definiria, para os parâmetros da época, se a luz era onda ou partículas. Essa experiência ficou conhecida como “a experiência de dupla fenda”, representada na figura ao lado. Seus resultados decidiram essa questão, pelo menos por um bom tempo. No século XX, surge no cenário científico uma nova forma de compreender a natureza: a Física Quântica. O estudo da luz protagonizou grande parte do amadurecimento da Física Quântica. Nas discussões acerca do assunto, não poderia ficar de fora a experiência da dupla fenda.



Neste contexto, responda:

- Por que a existência das regiões bem iluminadas, intercaladas por regiões não iluminadas no anteparo corroboraram com o modelo ondulatório da luz no século XIX? Justifique a resposta.
- Se em lugar da fonte de luz tivermos na experiência em discussão um artefato que lança partículas minúsculas que ao atingir o anteparo ficam nele coladas, o que se espera obter dessa experiência no anteparo? Justifique a resposta e faça um esboço da figura esperada.

C5. No espaço sideral, sem efeitos gravitacionais significativos, fica mais difícil medir a massa. A única maneira de medir massa nessa situação é requisitar seu comportamento inercial, ou seja, aplicar uma força e medir a aceleração produzida. Para que a medição da massa seja feita em um espaço menor, o melhor é promover um movimento circular uniforme do corpo que se deseja medir a massa. Uma maneira plausível é colocar uma carga elétrica q no corpo em foco e lançá-lo no interior de um solenoide na direção perpendicular ao eixo do mesmo.

Digamos que uma nave tripulada desenvolvia um movimento retilíneo uniforme sem movimento de rotação, seguindo da Terra para Marte, em uma missão de pesquisa. No meio do caminho, um pesquisador precisou medir a massa de uma pequena amostra de combustível sólido experimental. Ele então eletrizou a amostra a qual adquiriu uma carga elétrica $q = 300 \mu\text{C}$. Em seguida, lançou a amostra, conforme explicado no parágrafo acima, dentro de um solenoide que produzia um campo magnético interno B de 8 T. A amostra passou a descrever círculos de 40 cm de diâmetro em um ritmo de 3,0 rpm.

Desprezando a resistência do ar dentro da nave e sabendo que nas condições do problema $F_R = m \cdot a$ onde a força resultante F_R é a força magnética e a aceleração é a centrípeta, responda as perguntas abaixo.

- Qual a massa da amostra?
- Sabe-se que o solenoide utilizado tinha uma resistência de 90Ω e era alimentado por um gerador de 12 kV. Sendo assim, determine a densidade linear η de voltas do solenóide (espiras) em voltas (espiras) por mm.

Dados: permeabilidade magnética do ar $\mu = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$

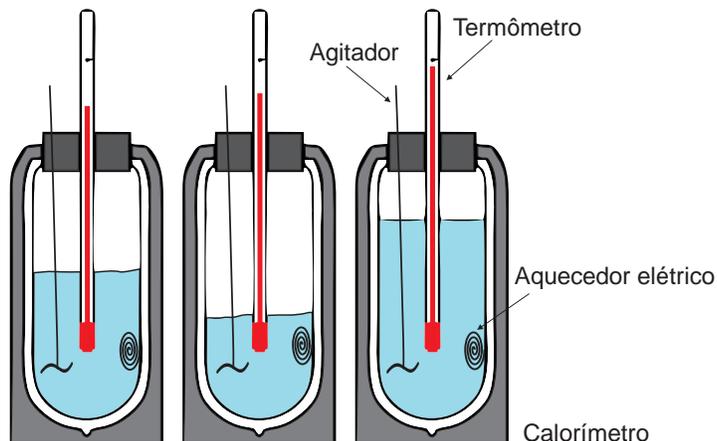
$\pi = 3$

NIVEL C - Procedimento Experimental

QUESTÃO C1: Capacidade térmica de um calorímetro

Para determinar a capacidade térmica de três calorímetros semelhantes, foi feito um procedimento para os calorímetros considerando diferentes parâmetros experimentais, utilizando os seguintes materiais:

- 3 calorímetros;
- 3 termômetros;
- 3 aquecedores elétrico;
- 1 balança de precisão;
- 6 béqueres;
- água.



Foi medida na balança uma certa quantidade de água (m_1) à temperatura ambiente e despejada em cada calorímetro. Após o equilíbrio térmico entre a água e o calorímetro, foi medida a temperatura inicial da água em cada calorímetro (T_1). Outras porções de água com massas m_2 foram aquecidas até determinadas temperaturas (T_2) e despejadas, rapidamente, dentro de cada calorímetro. Em seguida, os calorímetros foram agitados de modo a obter o equilíbrio térmico entre as águas de diferentes temperaturas e os calorímetros. Assim, foi medida novamente a temperatura final de cada sistema (T_F).

QUESTÃO C1a: Conhecendo as massas e as temperaturas iniciais das duas quantidades de água, bem como a temperatura final de cada sistema em equilíbrio, determine a **capacidade térmica** de cada calorímetro, com uma casa decimal, considerando o conceito da conservação da energia térmica, lembrando que o calor específico da água é $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

Dados experimentais:

Calorímetro 1	Calorímetro 2	Calorímetro 3
$m_1 = 80,50 \text{ g}$	$m_1 = 60,40 \text{ g}$	$m_1 = 100,0 \text{ g}$
$T_1 = 23,10 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_1 = 23,00 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_1 = 23,10 \text{ }^\circ\text{C}$
$m_2 = 105,5 \text{ g}$	$m_2 = 78,00 \text{ g}$	$m_2 = 99,00 \text{ g}$
$T_2 = 60,20 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_2 = 64,00 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_2 = 69,00 \text{ }^\circ\text{C}$
$T_F = 37,60 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_F = 37,50 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_F = 39,20 \text{ }^\circ\text{C}$

O **calorímetro** é um tipo de recipiente termicamente isolado, semelhante a uma garrafa térmica, que evita as trocas de calor entre o meio externo e seu conteúdo. Um calorímetro ideal não permite a troca de calor mas, na prática, a troca ocorre.

Num sistema de muitos corpos, termicamente isolados do meio externo, as trocas de calor ocorrem apenas entre seus integrantes. Assim, toda energia cedida por alguns corpos é absorvida por outros corpos que pertencem ao mesmo sistema, ou seja, no caso em análise, se Q_1 é a quantidade de calor de m_1 , Q_2 a quantidade de calor de m_2 e Q_{cal} a quantidade de calor absorvida pelo calorímetro, tem-se

$$Q_1 + Q_2 + Q_{cal} = 0$$

de tal modo que, $C = \frac{Q_{cal}}{\Delta T}$ é a capacidade térmica do calorímetro.

Fórmula geral que pode ser útil: $Q = m c (T' - T) = m c \Delta T$

QUESTÃO C1b: Considerando os três valores de C encontrados na **QUESTÃO C1a**), determine o valor médio C_{med} , calcule o desvio da média dos valores medidos utilizando a equação Δx ,

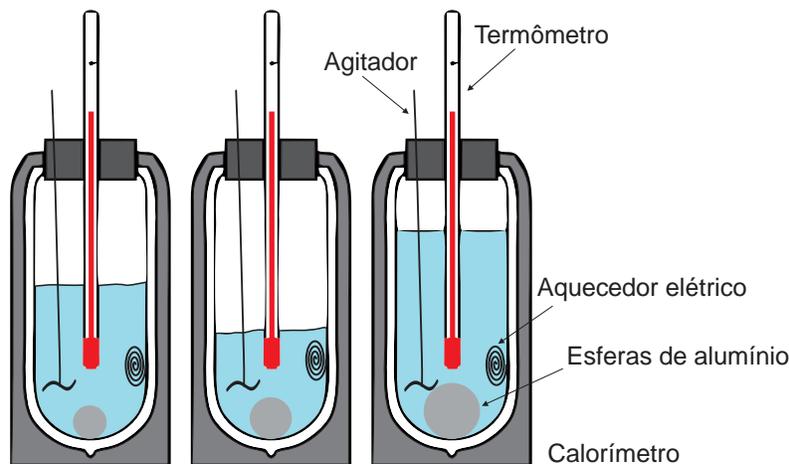
$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

onde \bar{x} é o valor médio e x_i o valor de cada C obtido, e apresente o resultado na forma $C = (\bar{x} \pm \Delta x) cal/^\circ C$.

QUESTÃO 2C: Calor específico de um sólido

Com os mesmos calorímetros do item anterior, experimentos foram realizados para determinar o calor específico de um metal, o alumínio. Para isto, considerando os experimentos anteriormente descritos, nos calorímetros com as massas de água ($m_1 + m_2 = m_{\text{água}}$) e temperaturas finais T_{f1} para cada experimento, três esferas de alumínio, com massas $m_{al(1)}$, $m_{al(2)}$ e $m_{al(3)}$, foram aquecidas até determinadas temperaturas, registradas na folha de dados e adicionadas rapidamente em cada calorímetro. Foram aguardados alguns segundos até que os sistemas atingissem o equilíbrio térmico, com o termômetro marcando T_{f2} .

Conhecendo a capacidade térmica C dos calorímetros, encontrada no item **(C1a)**, use o calorímetro cujo valor de C está entre o maior e o menor valor obtido na Questão (1a) para determinar o calor específico do alumínio, com duas casas decimais.



Dados experimentais:

Calorímetro 1	Calorímetro 2	Calorímetro 3
$m_{\text{água}} = 186,0 \text{ g}$	$m_{\text{água}} = 138,4 \text{ g}$	$m_{\text{água}} = 199,0 \text{ g}$
$T_{f1} = 37,60 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{f1} = 37,50 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{f1} = 39,20 \text{ }^\circ\text{C}$
$m_{al} = 59,00 \text{ g}$	$m_{al} = 100,0 \text{ g}$	$m_{al} = 150,0 \text{ g}$
$T_{al} = 68,00 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{al} = 70,00 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{al} = 50,20 \text{ }^\circ\text{C}$
$T_{f2} = 39,00 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{f2} = 40,70 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{f2} = 40,20 \text{ }^\circ\text{C}$

O **calor específico** é uma grandeza física que define a “inércia térmica” do material, ou seja, caracteriza a variação térmica de determinado material ao receber determinada quantidade de calor, com unidade de *cal/g °C*.

Para determinar o calor específico do material também utiliza-se o princípio da conservação da energia ou da quantidade de calor, de modo que:

$$Q_{\text{água}} + Q_{\text{aluminio}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0$$

Fórmula geral que pode ser útil: $Q = m c (T' - T) = m c \Delta T$

- **Procedimento na Questão C1:** Apresente, no Caderno de Resolução, os valores calculados de Q_1 , Q_2 e C , com uma casa decimal e **as respectivas unidades**, em tabela do tipo:

Calorímetro 1	Calorímetro 2	Calorímetro 3
$Q_1 =$	$Q_1 =$	$Q_1 =$
$Q_2 =$	$Q_2 =$	$Q_2 =$
$C =$	$C =$	$C =$

onde Q_1 e Q_2 referem-se às porções de água de massa m_1 e m_2 respectivamente.

Em seguida, desenvolva no Caderno de Resolução o cálculo de C_{med} , usando a média aritmética dos valores calculados para cada calorímetro, o cálculo de Δx e apresente o valor de C com uma casa decimal e a **respectiva unidade**, na forma

$$C = (C_{med}, \pm \Delta x) \text{ unidade}$$

- **Procedimento na Questão C2:** Apresente, no Caderno de Resolução, o número do calorímetro que satisfaz a condição indicada no enunciado da Questão e, considerando os dados desse calorímetro, obtenha e escreva os valores de $Q_{\text{água}}$, Q_{alum} , Q_{calorim} e C_{alum} , com duas casas decimais e **as respectivas unidades**, em tabela do tipo

Calorímetro.....
$Q_{\text{água}}, =$
$Q_{\text{alum}}, =$
$Q_{\text{calorim}} =$
$C_{\text{alum}}, =$