OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS 2016

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

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

OBFEP

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

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 e um procedimento experimental**

02) Além deste caderno com as questões você deve receber um caderno de resoluções e um kit experimental. 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**.

QUESTÕES TEÓRICAS

C1. Galileu Galilei, eminente filósofo do século XVI, “desviado da medicina e atraído pela física pela leitura dos trabalhos de Euclides e Arquimedes”, e que se tornou “rapidamente conhecido pela sua invulgar capacidade para a ciência” escreveu a obra popularmente conhecida como *As Duas Novas Ciências* onde assinalou o fim da teoria medieval sobre a queda dos corpos. Nesta obra, analisando o movimento dos corpos abandonados no espaço próximos à superfície da Terra, concluiu que, considerando a queda livre (isto é, sem a interferência de forças resistivas), os corpos, independentes de suas massas, chegam ao solo ao mesmo tempo e, estudando a trajetória descrita por um corpo lançado obliquamente, concluiu que ele realiza simultaneamente dois movimentos independentes: um horizontal com velocidade constante e outro vertical, cuja velocidade varia uniformemente. Mais tarde, aprimorando os estudos iniciados por Galileu, Isaac Newton concluiu que a quantidade de movimento dos corpos se conservam em uma colisão, quando não existem forças externas atuando sobre eles. Um professor de Física, desejando mostrar aos seus estudantes estas conclusões, montou o seguinte experimento: colocou uma bola B, de massa m, em uma superfície a uma altura h do solo e lançou, do solo, uma bola A, de mesma massa, a uma distância L, conforme a figura 1, para acertar a bola B, quando atingisse a altura máxima de lançamento. O professor explicou que na colisão as bolas ficariam grudadas uma na outra e cairiam juntas. Antes de lançar a bola A o professor perguntou aos estudantes: a que distância do ponto de lançamento é esperado que as bolas toquem o solo?

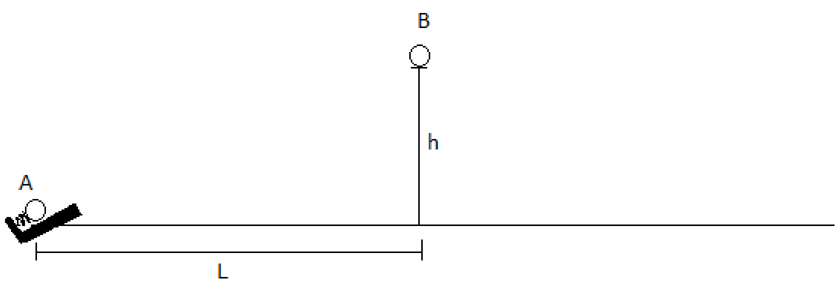
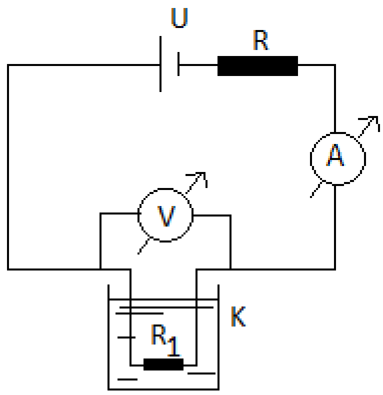


Figura 1

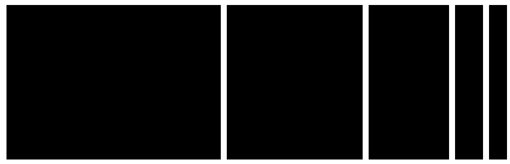
C2. Um estudante prendeu um tubo de papelão de raio 50 cm, no sentido vertical, sobre um disco em movimento rotacional uniforme. O tubo passou a girar com a mesma velocidade angular do disco. Com este tubo girando, o estudante lançou um objeto perfurante contra ele e, para sua surpresa, ao observar o tubo em repouso, encontrou apenas um buraco em sua parede. Neste caso, se o disco conseguia realizar 2 voltas em 1 segundo, qual teria sido a maior velocidade média do objeto perfurante, na passagem pelo tubo?

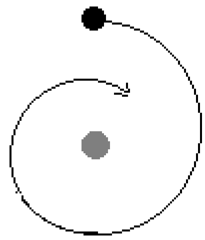
C3. A figura ao lado, U é uma bateria com uma força eletromotriz de 110 V, K é um calorímetro com 500 g de querosene. O amperímetro marca 2 A e o voltímetro 10,8 V. Levando em consideração estas informações:



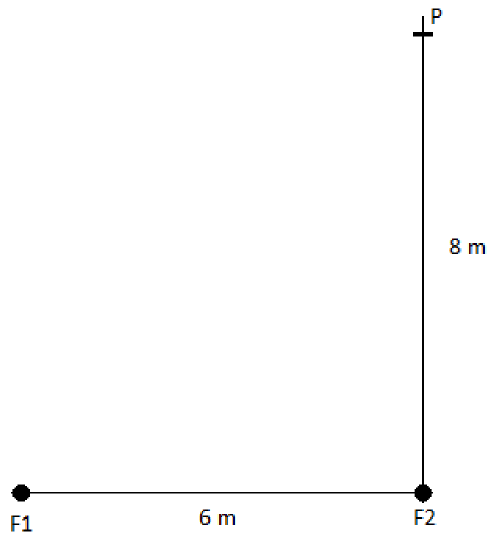
a. Qual o valor da resistência R_1, mergulhada no querosene?
b. Qual o valor do calor específico do querosene (em J/kg^{o}C), considerando que em 5 minutos com o sistema em funcionamento, a resistência R_1 fornece 80% do calor gerado para aquecer o querosene, e este varia a temperatura de 5^{o}C?

C4. No mundo da Física existiram dois problemas que pareciam independentes e que posteriormente foram explicados por uma mesma teoria. O primeiro problema era o aparecimento de raiais espectrais quando a chama do hidrogênio era observada através de um prisma (veja figura ao lado). Na época, Jacob Balmer, professor de matemática de um internato para moças na Basiléia, encontrou uma fórmula mágica para calcular as raias; o outro problema foi originado pelo modelo atômico proposto por Rutherford: segundo a teoria de Maxwell, cargas aceleradas irradiam ondas eletromagnéticas e como os elétrons encontram-se acelerados em torno do núcleo atômico, eles deveriam irradiar ondas eletromagnéticas às custas da energia do átomo e fatalmente se chocaria com o núcleo. No entanto, este é um fenômeno que não ocorre o que parece indicar que os átomos não obedecem às Leis do Eletromagnetismo. Os dois problemas foram solucionados pelo jovem físico dinamarquês Niels Bohr em 1913. Segundo ele, os elétrons girariam em órbitas, mas sem emitirem radiações. Eles percorreriam somente algumas órbitas determinadas e ao absorverem energia, o elétron poderia passar de uma órbita mais interna para uma mais externa e, fazendo o movimento contrário, liberariam energia. Esta energia seria emitida como um fóton e a frequência deste fóton emitido, seria obtida pela relação entre a diferença de energia entre os dois níveis de energia que o elétron salta, dividido pela constante de Planck h = 6,6 x 10^{-34} J.s. Com esta explicação, as linhas espectrais de Balmer, seriam geradas pela radiação emitida pelo átomo excitado, quando o elétron sofresse uma transição entre duas camadas eletrônicas. Assim, medindo o comprimento de onda de uma das raias do hidrogênio, encontrou-se aproximadamente o valor $\lambda = 6{,}6\ x\ 10^{-7}\ m.$ Neste caso, qual a diferença de energia entre os dois níveis que o elétron saltou capaz de gerar uma onda com este comprimento? (Velocidade da luz igual a 3,0 x 10^8 m/s).





C5. Duas pequenas fontes idênticas, F1 e F2, conforme desenho ao lado, emitem constantemente em fase ondas que são detectadas no ponto P. Qual o maior comprimento de onda para que no ponto P ocorra uma interferência construtiva?[1]



[1]Adaptado do livro texto: Curso de Física, Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, vol 2, São Paulo, Editora Scipione, 2000.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Determinação do coeficiente de atrito cinético associado a um contato MDF-madeira

Pontuação total: 100 pontos

O objetivo principal do presente experimento é a determinação do coeficiente de atrito cinético associado a um contato plano MDF-madeira. O aparato experimental permite estimar este coeficiente empregando fórmulas oriundas da aplicação da lei da conservação da energia para descrever um sistema mecânico simples constituído por uma rampa inclinada, fabricada com MDF, um carrinho de madeira e uma mola. A etapa inicial do procedimento conduz à determinação da constante elástica da mola, utilizando um oscilador harmônico.

Dentro da caixa do **kit experimental** você encontrará::

a) - duas bases ou plataformas de MDF articuladas de 37 cm;
b) - uma régua plástica;
c) - um saquinho de plástico com 10 arruelas, 2 molas idênticas e um gancho para arruelas;
d) - um carrinho de madeira de massa 111 g
e) - um bloco de madeira;
f) - um barbante de aproximadamente15 cm;
g) - um cronômetro.

Todos devem conferir o material dentro da caixa do kit experimental. Se faltar algo, comunique-se com o professor.

Lembramos que à determinação experimental de qualquer grandeza física caracterizada por um valor X está associada uma incerteza S_X. Portanto, o resultado de uma medida deve ser expresso na forma $(X \pm S_X)$ unidade.

Questão Experimental 1: Determinação da constante elástica (*k*) da mola

Seguindo o procedimento explicitado abaixo, meça o tempo (t_n) de n = 40 oscilações completas do conjunto massa/mola.
Procedimento: posicione a rampa de MDF inicialmente na vertical e prenda uma extremidade da mola ao pino parafusado na tábua (ver figura 1). Usando o gancho, suspenda 5 arruelas na outra extremidade da mola para formar assim um oscilador massa/mola. Ponha o conjunto massa/mola para oscilar e conte 40 oscilações. Anote este valor

t_n = ________________

Em seguida, empregando as relações abaixo, determinar o período (T) das oscilações e a incerteza associada (S_T), sendo S_{tn} = 0,4 s uma estimativa da incerteza associada à determinação de t_n. Sendo $T = \frac{t_n}{n}, s_T = \frac{s_{t_n}}{n}$ anote os valores obtidos:

T = ________________

S_T = ________________

Lembrete: a expressão do período das oscilações do oscilador massa/mola é dada por $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Desta expressão, podemos estabelecer a fórmula que expressa a constante elástica (k) da mola e estimar a incerteza associada S_k usando:

$$k = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 m,\ s_k = k\sqrt{\left(\frac{s_m}{m}\right)^2 + \left(2\frac{s_T}{T}\right)^2} \approx 2k\frac{s_T}{T}$$

Observação: a massa total das 5 arruelas e do gancho é m = (147,4 ± 0,3) g e portanto podemos ignorar a incerteza associada à massa na expressão de S_k e utilizar a expressão aproximada. Anote os valores obtidos:

k = _______________

S_k = _______________

Valor numérico útil: $4\pi^2 = 39,5$

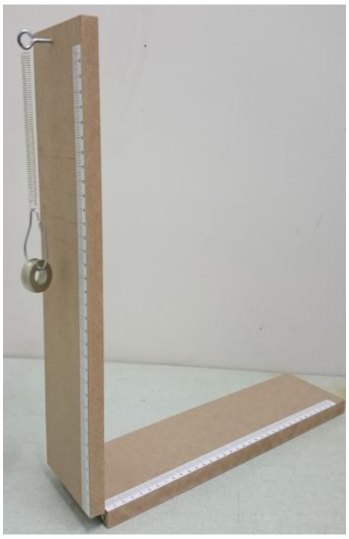


Figura 1 – Configuração do experimento na **questão 1**

Questão Experimental 2: Determinação do coeficiente de atrito cinético μ_C

Procedimento: Fixe a mola ao pino parafusado à rampa de MDF e prenda na outra extremidade o barbante conforme figura 2. Em seguida, coloque a rampa inclinada para um ângulo α tal que quando o carrinho é posto na rampa (com roda para cima), ele sempre deslize. Anote os valores de *h* (medido com a régua) e de x_{bloco}, ou seja, a posição do bloco de madeira que sustenta a rampa, assim como o comprimento da mola em repouso L_0 (escrever os resultados empregando 1 casa decimal nas unidades sugeridas).

h = _(_____________±_0,5_) mm

x_{bloco} = _(___________±_0,5_) mm

L_0 = _(____________±_0,5_) mm

Para diversas valores de x_1 (posição inicial do carrinho na rampa inclinada medida com a treina fixada à rampa), deixe o carrinho deslizar, inicialmente com o barbante não tensionado, e quando ele ficar parado (posição final x_2 do carrinho), determine a variação do comprimento, $\Delta L = L - L_0$, da mola e o módulo da sua variação de posição ($x = |x_1 - x_2|$). Anote numa tabela os valores destas grandezas. Consideremos que a incerteza associada às grandezas x_1, x_2, L e ΔL é de 0,5mm; por esta razão, todos os valores de x_1, x_2, L e ΔL serão escritos com uma casa decimal quando escritos em mm (*10 pontos*).

Configurações	1	2	3	4	5	6	7
x_1 (mm)							
x_2 (mm)							
$x = \|x_1 - x_2\|$ (mm)							
$\Delta L = L - L_0$ (mm)							

Lembrete sobre a teoria que descreve o fenômeno: quando é aplicada a lei de conservação da energia ao sistema carrinho/mola/Terra, submetido a uma força externa de atrito (contato carrinho-rampa) que atua sobre ele, obtém-se após algum desenvolvimento algébrico, uma relação entre a variação de comprimento da mola (ΔL) e a distância de deslizamento do carrinho sobre a rampa (x), ou seja:

$$\Delta L^2 = \frac{2mg}{k}(sen\alpha - \mu_c \cos\alpha)x = cx\,(Eq.1).$$

Dessa expressão observa-se que ΔL^2 é uma função linear de x, de coeficiente angular c. O procedimento a seguir explora esse fato para estimar graficamente c, e em seguido estimar μ_C.

Procedimento: coloque os pontos experimentais ΔL^2 versus x na folha de resposta, e trace a linha reta que melhor se ajusta a estes pontos experimentais. Em seguida, determine o coeficiente angular (c) da linha reta indicando qual o procedimento utilizado. Escreva o valor de c sem casa decimal na unidade sugerida (considere $s_c = 2\ mm^2/mm$), isto é:

c = _(___________±_2)_mm^2/mm

Empregando a expressão da (Eq.2) abaixo, obtida da (Eq.1), determine o valor do coeficiente de atrito cinético μ_C, ou seja,

$$\mu_c = tg\alpha - \frac{kc}{2mg\cos\alpha}(Eq.2)\, com\, c = \frac{\Delta(\Delta L^2)}{\Delta x}\, e\, tg\alpha = \frac{h}{x_{bloco}}$$

que resulta no valor:

μ_C = _____________

Informação útil: para ângulos inferiores a 43°, a função cosseno pode ser aproximada pela expressão seguinte: $\cos\alpha \approx 1 - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{4}tg^2\alpha\right)tg^2\alpha$ com precisão melhor do que 10%.

O cálculo da incerteza, $S_{\mu C}$, na determinação de μ_C é expressa por uma fórmula que requer o uso de calculadora. Entretanto, as condições experimentais permitem utilizar uma expressão aproximada que conduz a uma boa estimativa de $S_{\mu C}$; ela é dada por: $s_{\mu_c} \approx \frac{k}{2mg\cos\alpha}s_c$. Anote esse valor.

$S_{\mu c}$ = _____________

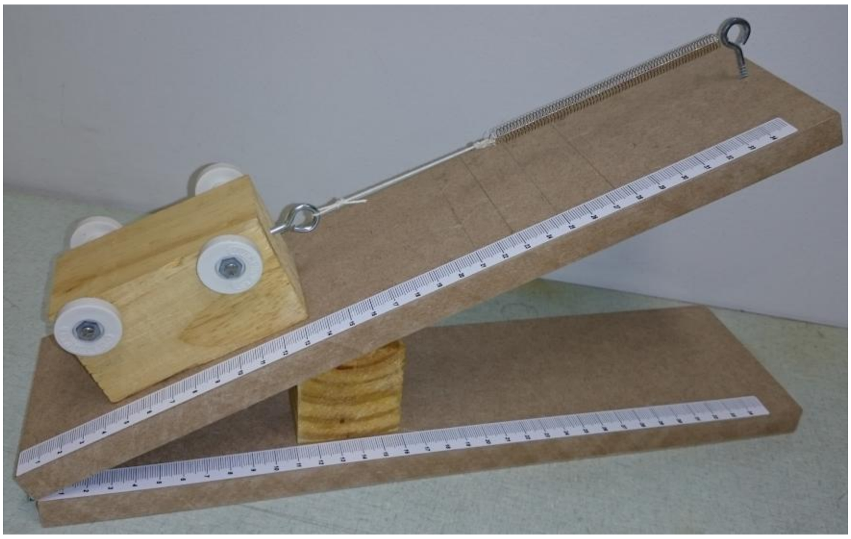


Figura 2 – Configuração do experimento na **questão 2**