Olimpíada Brasileira de Física

Comissão de Provas - Agosto/2016

Gabarito Oficial da Prova de 2a Fase de Nível II

- Ao encontrar erros, enganos ou omissões, por favor, entre em contato com a comissão de provas encaminhando mensagens através da secretaria da OBF.

Nos resultados numéricos são usadas as seguintes aproximações: Velocidade da luz no vácuo = 3,0 x 10^8 m/s; g = 10 m/s^2; 1hp = 750 W; $\sqrt{2}$ = 1,4; $\sqrt{3}$ = 1,7; $\sqrt{5}$ = 2,2; π = 3; sen30^0 = 0,5; cos30^0 = 0,85; 1atm = 10^5 Pa; 1L = 1.000 cm^3; Densidade da água líquida ρ = 1,00 g/cm^3

- A solução gabarito deve ser vista como uma possível solução para o problema proposto. No entanto, independentemente da solução, o(a) estudante deve chegar ao resultado esperado que está destacado em amarelo.
- Cada questão tem valor total de **10 pontos**.

Parte I – Questões de Resposta Direta

Questão 1 (exclusiva para alunos da 1ª série) - Com a intenção de estudar a flutuação dos corpos, um estudante utilizou dois blocos cilíndricos, de volumes *V* e 6*V*, respectivamente, para construir uma peça única conforme ilustrado na figura (I). Em seguida, a peça foi posta a flutuar em água, de dois modos diferentes, A e B, conforme as figuras (II) e (III). Após observação cuidadosa, o estudante verificou que no modo A, 2/3 do volume do bloco maior ficou submerso, enquanto que no modo B uma fração *f*, do volume do bloco maior ficou submerso. Determine o valor de *f*.

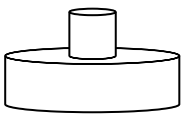


Figura I

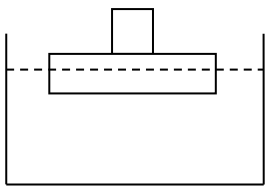


Figura II (modo A)

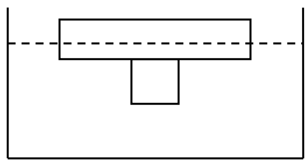


Figura III (modo B)

SOLUÇÃO: Para que haja flutuação, o peso do volume de água deslocado deve ser igual ao peso do conjunto de blocos. Como em ambas as situações o peso do conjunto de blocos é o mesmo, conclui-se que em ambas as situações o volume de água deslocado é o mesmo.

Da figura (II) vem, $V_{\text{líq deslocado}} = (2/3)\, 6V = 4V$

Assim, para a figura (III) temos, $V_{\text{liq deslocado}} = V + f\, 6V = 4V$

$f\, 6V = 3V$

$f = ½$

Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série) - A metrologia evoluiu lentamente, e com muita diversidade na Idade Média até a uniformidade atual, resultando no Sistema Internacional de Unidades. A primeira tentativa de unificação das medidas aconteceu em Portugal, no século XIV, estabelecendo a Alna como antiga unidade de medida para panos, cujo comprimento corresponde a três palmos. Suponha que, ao invés do metro, a unidade básica de comprimento atual fosse a Alna. Considerando que cada palmo equivale a 20 cm, determine, em Alnas cúbicas, o volume de uma piscina com capacidade máxima de 27.000 litros.

SOLUÇÃO:

$V = 27000L = 27000\times(10cm)^3$

$V = 27\times10^6cm^3\times((1palmo/20cm)(1Alna/3palmos))^3$

$V = 1/8\times10^3$ Alnas^3 = 125 Alnas^3

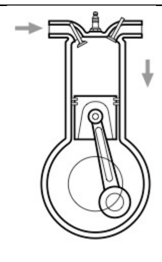
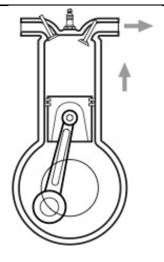
Questão 3 - Em regiões frias usam-se aquecedores para aumentar a temperatura em ambientes fechados. Para que não haja desperdício de energia, é preciso levar em conta a perda de calor através das paredes e janelas da casa. Considere, por exemplo, uma janela de vidro com 0,7 m de largura, 1,2 m de altura e 12 mm de espessura e condutividade térmica de 0,8 W/m.K. Com que potência o calor é perdido por essa janela quando a temperatura interna é 20ºC e a temperatura externa é 10ºC?.

Solução:

A condução de calor através de uma superfície plana é dada pela expressão

Pot = $\dfrac{kA\Delta \mathrm{t}}{l}$ = 560 W

Questão 4 - Motores de combustão são máquinas térmicas que usam o calor gerado pela queima do combustível para produzir trabalho mecânico. Esse trabalho pode ser utilizado, por exemplo, para movimentar um veículo. As figuras abaixo representam um motor que possui apenas duas etapas, a expansão, que ocorre a pressão constante P_{exp} = 300 kPa, e a compressão, que ocorre a pressão constante P_{com} = 100 kPa. O cilindro tem 10 cm de diâmetro e a diferença entre as posições mais alta e a mais baixa alcançadas pelo pistão é de 20 cm. Considere π = 3 e que as transições entre as etapas isobáricas são isocóricas. Calcule o trabalho produzido pelo motor a cada rotação completa.

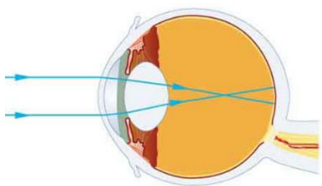
Expansão	Compressão
	

Em um diagrama P x V esse ciclo é representado por um retângulo de base ΔV e altura ΔP

O trabalho é dado pela área desse retângulo:

$W = \Delta P\, \Delta V = (P_{exp} - P_{com})\Delta h\, \pi r^2 =$ 300 J

Questão 5 - A figura abaixo representa o olho de uma pessoa míope que observa um objeto pontual muito distante, do qual os raios de luz chegam ao olho praticamente paralelos. Se o mesmo objeto fosse observado por uma pessoa com visão normal, os raios seriam concentrados em um ponto sobre a retina, no fundo do olho. A figura mostra que quando uma pessoa míope observa um ponto distante os raios se cruzam em um ponto anterior à retina, formando sobre ela um círculo que o míope vê como um borrão. Sabendo que o globo ocular mostrado tem diâmetro de 2,4 cm, que a pupila mostrada tem um diâmetro de 2,5 mm e que os raios formam uma mancha circular de 0,5 mm de diâmetro sobre a retina, encontre a distância focal combinada das lentes (córnea e cristalino) que convergem os raios luminosos. Trate as lentes como delgadas (espessura desprezível) e justapostas.



Solução:

Devido à semelhança dos triângulos, pode-se usar uma regra de três para determinar a distância das lentes ao ponto focal, que é o ponto onde convergem raios que incidem paralelamente:

$$\frac{f}{f + d} = \frac{D_{pupila}}{D_{pupila} + D_{mancha}}$$

sendo d a distância do ponto focal à retina. Logo

$$\frac{f}{24\ \text{mm}} = \frac{2{,}5\ \text{mm}}{2{,}5\ \text{mm} + 0{,}5\ \text{mm}}$$

Portanto, a distância focal das lentes é

$$f = \frac{24}{3} \times 2{,}5 = 20\ \text{mm}$$

Questão 6 - Afirma-se que 60% das ações motoras no jogo de voleibol são constituídas pelos saltos. Segundo o preparador físico da seleção brasileira masculina de 1981 a 1984, os jogadores mais exigidos realizam 30 saltos por set. É possível observar, durante o desenrolar de partidas de vôlei, que alguns atletas conseguem uma impulsão que lhes permite atingir uma altura de até 1,25 m acima do solo. Admitindo a aceleração da gravidade local igual a 10 m/s^2, determine em m/s, qual é a mínima velocidade vertical inicial do atleta para que ele atinja essa altura.

$v^2 = v_o^2 + 2a\Delta s$

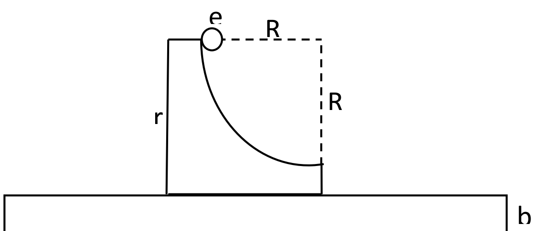
$0 = v_o^2 - 2gh \Rightarrow v_o^2 = 2gh$

$v_o^2 = 2 \times 10 m/s^2 \times 1{,}25 m$

$v_0 = 5 m/s$

PARTE II – QUESTÕES DE RESPOSTA ABERTA

Questão 7 (exclusiva para alunos da 1ª série) - Com a intenção de estudar os movimentos dos corpos e suas relações com a massa, foi construído para uma feira de ciências um experimento que consiste de uma base "b", uma rampa "r" e uma esfera "e", conforme ilustrado na figura abaixo. A base foi fixada ao solo, de modo que sua superfície superior plana e absolutamente lisa ficasse perfeitamente nivelada na horizontal. A rampa, com formato circular de raio *R* = 6 m e massa 5*M*, foi apoiada em repouso sobre a base, mas podendo deslizar sobre ela praticamente sem atrito. No ponto mais alto da rampa, uma esfera maciça, homogênea, de massa *M* e absolutamente lisa, foi então abandonada, deslizando sem rolar pela rampa conforme a figura. Desprezando a resistência do ar e qualquer outro atrito, e considerando o módulo da aceleração da gravidade $g = 10$ m/s^2, determine, em m/s, o módulo da velocidade da esfera no instante em que ela perde o contato com a rampa.



SOLUÇÃO:

A lei de conservação do momento linear garante que ao deixar a rampa,

$p_{rampa} = p_{esfera}$

$5M\ v_{rampa} = M\ v_{esfera}$

$v_{esfera} = 5\ v_{rampa}$

A lei de conservação da energia garante que a soma das energias cinéticas dos corpos no instante em que a esfera perde o contato com a rampa seja igual à energia potencial da esfera no instante em que ela é abandonada do ponto mais alto da rampa, assim,

$Ec_{rampa} + Ec_{esfera} = Ep_{esfera}$

$5M\ v_{rampa}^2/2 + M\ v_{esfera}^2/2 = M\ g\ R$

$5\ v_{rampa}^2 + v_{esfera}^2 = 120$

$5\ v_{rampa}^2 + (5v_{rampa})^2 = 120$

$v_{rampa}^2 = 4$

$v_{rampa} = 2$

Assim, lembrando que

$v_{esfera} = 5\ v_{rampa} = 5\ (2)$

temos,

$v_{esfera} = 10$ m/s

Questão 8 (exclusiva para alunos da 1ª série) - Dois veículos trafegam em sentidos contrários com movimentos uniformes. O primeiro a uma velocidade *v* e o segundo a uma velocidade 3*v*/2. Um passageiro no primeiro veículo verifica que o segundo veículo leva *t* segundos para passar por ele. Determine, em termos da velocidade *v* do primeiro veículo e do tempo *t,* o comprimento do segundo veículo.

SOLUÇÃO:

$v_{relativa} = v_1 + v_2$

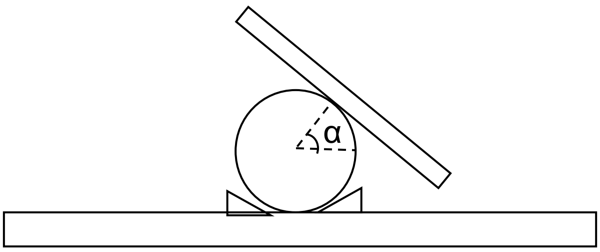
$v_{relativa} = v + 3v/2$

$v_{relativa} = 5v/2$

$C = v_{relativa}\ t$

$C = (5v/2)\ t$

Questão 9 - Em um experimento de ciências, um cilindro é tombado e fixado com duas peças triangulares em uma mesa horizontal para não rolar. Em seguida, uma prancha rígida e homogênea é apoiada sobre o cilindro, ficando na iminência de escorregar, conforme mostrado na figura a seguir, onde α = 45º. Nas condições descritas, Determine o valor do coeficiente de atrito estático entre a prancha e o cilindro.



SOLUÇÃO:

Para que o equilíbrio se estabeleça, a componente da força peso tangente à superfície do cilindro deve ser equilibrada pela força de atrito, ou seja, $P_t = f_{at} = \mu_e N$. Por outro lado, para que a prancha não penetre no cilindro, a componente da força peso perpendicular à superfície do cilindro deve ser equilibrada pela força normal, ou seja, $P_n = N$.

Como $\alpha = 45^o$, P_t e P_n são numericamente iguais e, portanto,

$P_t = f_{at} = \mu_e N$

$P_n = N$

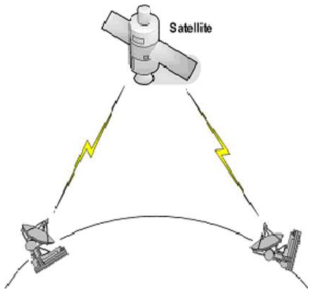
$P_t = P_n$

$\mu_e N = N$

RESPOSTA: $\mu_e = 1$

Questão 10 - A velocidade do som no ar (cerca de 300 m/s) é grande para os padrões cotidianos, mas a velocidade da luz (300.000 km/s) é ainda muito maior. Essa propriedade permite as transmissões “ao vivo”, na qual o telespectador acredita que está assistindo o evento ao mesmo tempo em que ele acontece. A figura a seguir mostra como essa transmissão funciona a longas distâncias. Nas proximidades do evento a ser transmitido é instalada uma antena parabólica que utiliza ondas de rádio para enviar a imagem a um satélite geoestacionário. O satélite reflete esse sinal em direção a Terra, onde ele é captado por outra antena parabólica, próxima do telespectador.

a) Quando um juiz apita o início de uma partida de futebol, quanto tempo demora para que ele seja ouvido por um torcedor no estádio que está a 240 m de distância do juiz, considerando a velocidade do som mencionada acima?
b) Considerando que o atraso entre a captação da imagem e a recepção pelo telespectador deve-se exclusivamente à viagem entre as antenas e o satélite, calcule o atraso com que o telespectador vê o juiz apitar o início da partida, se a distância entre os satélites e as antenas for de 39.000 km.



Solução:

a) O tempo para que o som percorra a distância entre a juíza e o torcedor é

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{v\ som} = 0{,}8\ s$$

b) Por ser uma onda eletromagnética, as ondas de rádio se propagam com a mesma velocidade que a luz. O tempo para que a luz percorra a distância entre a antena de transmissão, o satélite e a antena de recepção é

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{v\ luz} = 0{,}26\ s$$

Questão 11 - Aquários de peixes tropicais devem ser mantidos à temperatura de 30ºC. Para tanto, são usados aquecedores com termostatos, que aquecem a água até que a temperatura desejada seja atingida. A limpeza periódica é feita substituindo-se parte da água do aquário por água nova, mas deve-se evitar variações bruscas de temperatura. Considere um aquário de 100 L dos quais 40 L são substituídos por água a 20ºC, equipado com um aquecedor de 100 W. Responda as perguntas desprezando outros corpos que não a massa de água e considerando que não há trocas de calor com o ambiente.

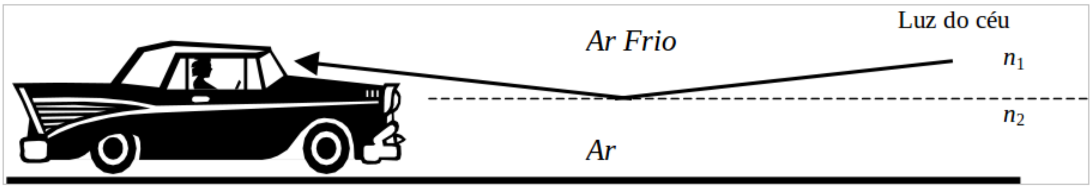
a) Qual será a temperatura de equilíbrio da água depois da substituição e antes do termostato ser ligado?
b) Quanto tempo será necessário para que o aquário volte à temperatura de 30ºC? Considere o calor específico da água igual c = 4 kJ/kg ºC.

Solução:
a) O balanço energético exige
$m_{aq}\, c\, (T_F - T_{aq}) = -\, m_{sub}\, c(T_F - T_{sub})$

logo, a temperatura de equilíbrio pode ser escrita como
$T_F = \frac{maqTaq + msubTsub}{maq + msub} = 26\ ºC$

b) A energia necessária para aquecer a água acrescentada ao aquário é
$Q = mc\Delta T = 1\ 600$ kJ;
e o tempo necessário para que o aquecedor forneça essa energia é
$\Delta t = \frac{Q}{Pot} = 16\ 000\ s = 4\ h\ 27\ min$

Questão 12 - Em dias quentes é comum que o asfalto seco pareça molhado, em função da reflexão da luz que nosso cérebro instintivamente associa à presença de água. Na verdade, a reflexão é provocada pelo aquecimento da camada de ar próxima ao asfalto que atinge altas temperaturas devido à radiação térmica solar. A luz que se propaga em direção ao asfalto sofre reflexão interna total ao atingir o ar quente, onde a velocidade de propagação é maior. Na figura abaixo vemos uma representação simplificada desse fenômeno. Os olhos do motorista estão 1 m acima da fronteira na qual ocorre à reflexão da luz, e a miragem parece começar a 10 m de distância. Usando $n_{frio} = 1{,}010$ para o índice de refração do ar frio, calcule o índice de refração do ar quente próximo ao asfalto. Pode ser útil usar a aproximação $\frac{1}{\sqrt{1+x}} \cong 1 - \frac{x}{2}$ válida para x << 1.



Solução:

O ângulo entre a direção vertical e o raio refletido que atinge o motorista obedece à relação

sen θ = 10 /$\sqrt{10^2 + \ 1^2}$ = 1 / $\sqrt{1+0{,}01}$

Como essa é a distância mais próxima na qual a miragem pode ser vista, θ é o ângulo de incidência crítico, que está relacionado à razão entre os índices de refração,

sen θ = n_{quente} / n_{frio}

Dessa forma pode-se determinar o índice próximo ao asfalto

$n_{quente} = n_{frio}$ x sen θ

$n_{quente} = n_{frio}$ x sen θ = 1,01 x $\frac{1}{\sqrt{1+0{,}01}} \cong$ 1,01 x (1 - $\frac{0{,}01}{2}$) $\cong$ 1,005