

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2021
1ª FASE - 25 DE SETEMBRO DE 2021

NÍVEL III
Ensino Médio
3ª e 4ª séries

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **3ª e 4ª séries do nível médio**. Ela contém **20** questões.
2. Cada questão contém cinco alternativas, das quais apenas uma é correta.
3. Você deve submeter (enviar) suas respostas na "tarefa" **Prova da 1ª FASE** do site de provas da OBF <https://app.graxaim.org/obf/2021>.
4. A prova é individual e sem consultas. A prova deve ser resolvida apenas com folhas de papel em branco para rascunho, caneta, lápis, borracha, régua e compasso.
5. Durante a prova, pode-se usar o celular ou computador apenas para acessar o site <https://app.graxaim.org/obf/2021>, ou para receber e enviar mensagens para o professor credenciado da OBF em sua escola ou para obf.app.online@gmail.com. O uso dos demais recursos de seu celular ou computador (aplicativos matemáticos, gráficos, de consultas a material bibliográfico e anotações, calculadoras e congêres) é proibido.
6. A resolução das questões e envio das respostas deve ocorrer das 8:00 às 22:00 BRT. Dentro deste intervalo, **Você tem 4 horas (tempo de prova) para completar a prova**.
7. A contagem do tempo de prova inicia no instante de acesso ao caderno de questões.
8. Controle seu tempo de prova. O sistema **não informa** quando o tempo está se esgotando ou quando uma resposta é enviada atrasada.
9. O sistema registra os instantes de todas as submissões. Respostas enviadas atrasadas (além das quatro horas permitidas) serão anuladas posteriormente (no processo da avaliação).
10. Este caderno de questões é para seu uso exclusivo. É proibida a divulgação de seu conteúdo, total ou em parte, por quaisquer meios, até as 23:59 BRT do dia 25/09/2021.
11. São vedados comentários e discussões nas redes sociais sobre os enunciados das questões, suas possíveis resoluções e respostas até as 23:59 BRT, de 25/09/2021.

Constantes

Se necessário e salvo indicação em contrário, use:

$\sqrt{2} = 1,4$; $\sqrt{3} = 1,7$; $\sqrt{5} = 2,2$; $\text{sen}(30^\circ) = 0,50$; $\text{cos}(30^\circ) = 0,85$; $\text{sen}(45^\circ) = 0,70$; $\pi = 3,1$; densidade da água = $1,0 \text{ g/cm}^3$; densidade do gelo = $0,92 \text{ g/cm}^3$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; calor específico da água líquida = $1,0 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; calor específico do gelo = $0,50 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; calor latente de fusão da água = $80 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; calor latente de vaporização da água = $540 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; velocidade da luz no vácuo = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$; velocidade do som no ar = 340 m/s ; carga elementar = $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; constante de gravitação universal = $6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$; constante de Planck = $6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ e aceleração da gravidade = $10,0 \text{ m/s}^2$.

Questão 1. O Amazônia 1, primeiro Satélite de observação totalmente feito pelo Brasil, começou, nesta quarta-feira (3), a enviar as primeiras imagens do espaço ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O Amazônia 1 foi lançado no início da madrugada de domingo (28). Ele foi colocado em órbita pela agência espacial indiana *Indian Space Research Organization* (ISRO), no *Satish Dhawan Space Centre*, em Sriharikota, na Índia. Em torno de 17 minutos após a decolagem, que foi à 1h54 do horário de Brasília, o satélite foi separado do foguete PSLV-C51 e colocado em órbita a 757 km de altitude, em um ponto próximo da ilha de Madagascar e com direção ao Pólo Sul.



Sabendo que a Terra tem, aproximadamente, um raio de 6 400 km e massa de $5,0 \times 10^{24}$ kg, para se manter estável nesta altitude em uma órbita circular ao redor da Terra, a velocidade do satélite é, em m/s, aproximadamente igual a

- a) $6,8 \times 10^3$
- b) $8,9 \times 10^3$
- c) $2,2 \times 10^5$
- d) $9,0 \times 10^6$
- e) $2,1 \times 10^8$

Questão 2. As vibrações causadas por um exame de ultrassom podem danificar o vírus da Covid-19. A pesquisa feita pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) e publicada pelo periódico *Science Direct* diz que a ressonância é capaz de deformar o coronavírus. Os cientistas estudaram a forma do vírus e concluíram que o formato com pontas e o material elástico com o qual ele é composto podem ser suscetíveis a vibrações. Nos testes usaram então frequências para tentar causar danos no vírus. Para ver os resultados, o processo foi criado em computador. Os cientistas criaram modelos do vírus e viram como ele reage a simulação das vibrações em diversas frequências. Os testes começaram com 100 MHz, mas não causaram grandes danos à estrutura. Os pesquisadores passaram então para frequências mais baixas, entre 25 MHz e 50 MHz, e nessas o vírus sofreu danos por conta da ressonância, que cria drástico aumento na amplitude da vibração. A pesquisa ainda está em fase inicial e, até o momento, foram feitas apenas simulações.

Os comprimentos de onda das ondas que causaram danos no vírus estão entre

- a) $6,8 \mu\text{m}$ e $13,6 \mu\text{m}$
- b) 6,0 m e 12 m
- c) 6,8 m e 13,6 m
- d) $8,5 \times 10^3$ m e 17×10^3 m
- e) $6,0 \times 10^6$ m e 12×10^6 m

Questão 3. Em maio de 2021, astrônomos detectaram os raios cósmicos mais energéticos já captados até então. O feito foi possível graças ao observatório LHAASO (Large High Altitude Air Shower Observatory), que está sendo construído na província de Sichuan, na China. Esta campanha inicial capturou 530 raios cósmicos com energias acima de 0,1 PeV. O símbolo eV refere-se a unidade de energia elétron-volt e o prefixo P indica peta, de forma que $1 \text{ PeV} = 10^{15} \text{ eV}$. Entre eles estava uma partícula cósmica com uma energia recorde: 1,4 PeV, o maior valor já observado até hoje.

Essa energia recorde corresponde a fótons com frequência , em Hz, igual a

- a) $2,4 \times 10^{14}$
- b) $3,4 \times 10^{15}$
- c) $2,4 \times 10^{28}$
- d) $3,4 \times 10^{29}$
- e) $4,0 \times 10^{30}$

Questão 4. Para fazer uma Bobina de Tesla funcionar, um estudante construiu um capacitor de placas paralelas colocando mica ou ar seco entre elas. A rigidez dielétrica da mica e do ar seco são respectivamente, 600 kV/cm e 30kV/cm. A rigidez dielétrica mede o maior campo elétrico que um material isolante pode suportar sem que se torne um condutor. Usando a mica, ele observou que, quando a distância entre as placas era de 4,0 mm, ocorria fuga de carga no capacitor. Ele então resolveu retirar a mica, deixando ar seco entre as placas. Neste novo arranjo e mantida a mesma diferença de potencial, não ocorrerá fuga de carga no capacitor se a menor distância entre as placas, medida em mm, for maior que

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 4
- d) 80
- e) 160

Questão 5. A brasileira Ana Marcela Cunha conquistou a medalha de ouro na prova dos 10 km da maratona aquática da Olimpíada de Tóquio, com o tempo de 1h59min30s8. A medalha de prata ficou com a holandesa Sharon Van Rouwendaal, que fez o tempo de 1h59min31s7. Considerando a velocidade média das duas, a distância entre Ana e Sharon no instante em que Ana tocou a placa de chegada era, em metros, igual a

- a) 1,58
- b) 1,39
- c) 1,25
- d) 0,125
- e) 0,139

Questão 6. Galileu argumentou que a velocidade com que os corpos caem não depende de suas massas. Para provar essa hipótese, Galileu soltou duas esferas de massa diferentes do alto da Torre de Pisa para demonstrar que ambas chegam juntas no solo. Alguns historiadores acreditam que essa história foi uma experiência de pensamento e que não foi efetivamente realizada. No entanto, experiências que têm por objetivo mostrar que a velocidade de queda é independente da massa por comparação direta entre corpos em queda são conhecidas com *Experimentos de Galileu*.

Um experimento desses pode ser feito colocando uma pedra e uma pena dentro de um tubo de vidro hermeticamente fechado no qual é retirado todo o ar. Considere uma situação inicial na qual o tubo inicialmente na vertical é invertido rapidamente, de modo que a pedra e a pena caem a partir da mesma posição em direção à base do tubo.

A figura mostra a posição da pena e da pedra, se deslocando à mesma velocidade, pouco antes de atingir juntas a base do tubo.

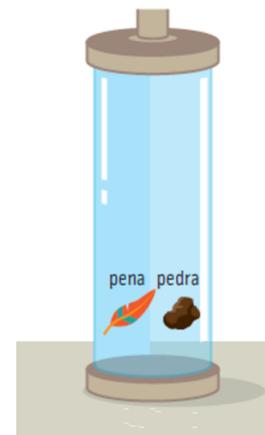
A experiência é muito interessante e de certa forma surpreendente, pois em nossa experiência cotidiana, que não é realizada no vácuo!, uma pedra cai muito mais rapidamente que uma pena.

Logo, a completa ausência de ar no tubo é necessária para realizar um experimento de Galileu, pois:

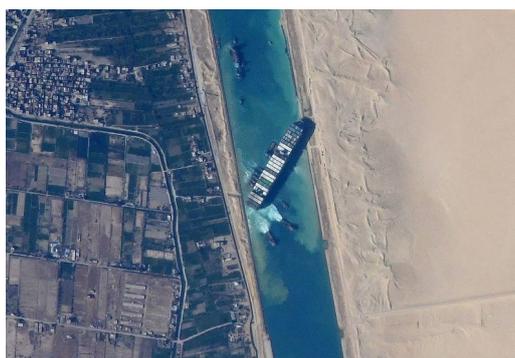
- I. É preciso eliminar o efeito do campo gravitacional. Sem ar o campo gravitacional é muito fraco e todos os corpos caem lentamente com a mesma velocidade.
- II. É preciso eliminar as forças resistivas, que dependem do formato de cada corpo e faz com que a pena menos aerodinâmica que a pedra, na presença do ar, caia mais lentamente que a pedra.
- III. É preciso eliminar as forças de empuxo, que faz com que a pena, menos densa que a pedra, na presença do ar, caia mais lentamente que a pedra.

São verdadeiras as explicações:

- a) Somente I.
- b) Somente II.
- c) Somente III.
- d) I e II
- e) II e III.



Questão 7. No dia 23/03/2021, o mega navio cargueiro Ever Given encalhou no canal de Suez. Suas dimensões são colossais: 399,94 metros de comprimento, 58,8 metros de largura e 14,5 metros de altura, com peso bruto de 220 940 toneladas vazio, e DWT Summer de 199 692 toneladas. No âmbito náutico, o porte (DWT ou dwt) é soma de todos os pesos variáveis que um navio é capaz de embarcar em segurança. É constituído pelo somatório dos pesos do combustível, água, mantimentos, consumíveis, tripulantes, passageiros, bagagens e carga embarcados.



Frear um navio deste porte também é bastante complexo. Navios deste porte, em alto mar, viajando a velocidade máxima percorrem aproximadamente 3,0 km para atingirem o repouso deste o momento em que o giro do motor é invertido.

A força resultante necessária para, em alto mar, levar um navio como este, com carga total, da velocidade máxima de 42,2 km/h ao repouso é, em N, aproximadamente

- a) $9,0 \times 10^3$
- b) $5,1 \times 10^6$
- c) $9,6 \times 10^6$
- d) $6,4 \times 10^8$
- e) $1,2 \times 10^8$

Questão 8. Um raio de luz incide em uma placa metálica, perpendicularmente a sua superfície. Após um tempo, observa-se que o metal aqueceu. Esse fenômeno pode ser explicado por

- a) O campo elétrico da luz, vista como onda eletromagnética, induz uma espécie de corrente contínua nos elétrons livres do metal, que, por efeito joule, aquece o metal.
- b) O campo magnético da luz, vista como onda eletromagnética, induz uma espécie de corrente contínua nos elétrons livres do metal, que, por efeito joule, aquece o metal.
- c) O campo elétrico da luz, vista como onda eletromagnética, induz uma uma espécie de corrente oscilante nos elétrons livres do metal, que, por efeito joule, aquece o metal.
- d) O campo magnético da luz, vista como onda eletromagnética, induz uma uma espécie de corrente oscilante nos elétrons livres do metal, que, por efeito joule, aquece o metal.
- e) Os fótons da luz, vista como um feixe de partículas, são absorvidos pelos átomos da rede cristalina do metal, aquecendo o metal.

Questão 9. Um “arco-íris em Marte”? Fênomeno inusitado foi capturado pelo robô Perseverance, da agência aeroespacial norte-americana Nasa, que explora desde fevereiro o solo marciano. O arco-íris no céu do planeta vermelho é considerado impossível. Segundo pesquisadores da Nasa, o fenômeno registrado não era um arco-íris, e sim um reflexo de lente muito comum, o *lens flare*.



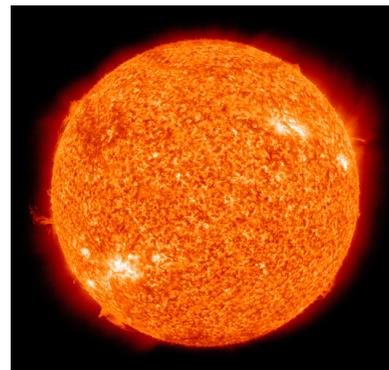
A formação de um arco-íris em Marte é considerada impossível pois o arco-íris aqui na Terra se deve a

- a) Refração e difração da luz do Sol no vapor de água presente na atmosfera.
- b) Refração e difração da luz do Sol nas gotículas de água suspensas na atmosfera.
- c) Refração e reflexão total da luz do Sol no vapor de água presente na atmosfera.
- d) Reflexão e dispersão da luz do Sol nas gotículas de água suspensas na atmosfera.
- e) Refração e reflexão total da luz do Sol nas gotículas de água suspensas na atmosfera.

Questão 10. O texto abaixo faz parte de uma reportagem sobre os movimentos existentes no Sol.

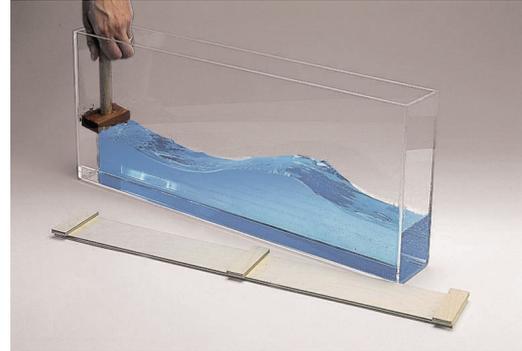
“Da camada externa até 200 mil km abaixo da superfície solar, o plasma solar não é denso ou quente o bastante para transferir o calor do interior do Sol para fora através da radiação. Por isso, a convecção térmica ocorre à medida que colunas térmicas se erguem em direção à superfície. Quando esse material chega na superfície, perde temperatura e cai de volta em direção à base da zona de convecção, onde recebe calor, recomeçando o ciclo novamente.”

A redução de temperatura que acontece na superfície do Sol a que se refere o texto ocorre principalmente por



- a) Expansão adiabática.
- b) Transferência de calor por radiação.
- c) Transferência de calor por convecção.
- d) Transferência de calor por condução.
- e) Transferência de calor por convecção e radiação.

Questão 11. Em um laboratório de demonstração de física, há um cuba com um líquido na qual se pode gerar pulsos que se propagam conforme ilustrado na figura. A parte do equipamento na qual o líquido fica confinado tem base retangular de lados $a = 8$ cm e $b = 80$ cm. Ao produzir um único pulso, uma estudante observa que este demora 2 s para retornar ao ponto de origem. Ela, então, passa a gerar pulsos com uma frequência de 2,0 Hz. Considere um eixo x paralelo à direção de propagação dos pulsos. Para quantos valores de x se poderia colocar uma pequena rolha no líquido que ela ficaria praticamente sem se mover?



- a) 8
- b) 6
- c) 4
- d) 3
- e) 2

Questão 12. Considere uma região R definida no espaço interno a um conjunto de cargas pontuais. Também considere que o valor nulo do potencial elétrico é escolhido em um ponto distante da região R . Sabe-se que, em um determinado ponto de R , o campo elétrico e o potencial elétrico produzidos por estas cargas pontuais são nulos.

O menor número de cargas existentes que define R é

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 6

Questão 13. Paraquedista renomado, o norte-americano Luke Aikins alcançou mais uma façanha em 30 de julho de 2016. Sem o uso de paraquedas ou traje planador, ele saltou de um avião a 25 mil pés (aproximadamente 7 620 metros) do solo. Transmitido ao vivo, o voo durou dois minutos e terminou com a aterrissagem em uma rede montada sobre o solo árido de um deserto ao sul da Califórnia. Ao atingir a rede, sua velocidade era de 193 km/h.

Comemorando ao lado da mulher e do filho, Aikins disse “Estou quase levitando, é incrível! Todos nós sonhamos em voar”.

Considerando os dados apresentados na reportagem, conclui-se que a velocidade do paraquedista durante a queda

- a) ficou constante e igual a 193km/h todo o tempo.
- b) aumentou uniformemente até o momento que ela atinge a rede a 193 km/h.
- c) aumentou até 193km/h, valor que permaneceu constante até ele atingir a rede.
- d) aumentou uniformemente até 193km/h, valor que permaneceu constante até ele atingir a rede
- e) atingiu um valor superior a 193km/h.

Questão 14. Ao chegar em uma loja de artesanatos, um professor de física se encantou com a esfera maciça de vidro exposta na entrada. A esfera é mostrada na foto. Como o dia estava ensolarado e o fundo da loja estava escuro ele percebeu que, olhando para o lado da esfera voltado para o exterior, ele via o reflexo da paisagem exterior. Olhando do outro lado ele via uma imagem da mesma paisagem.



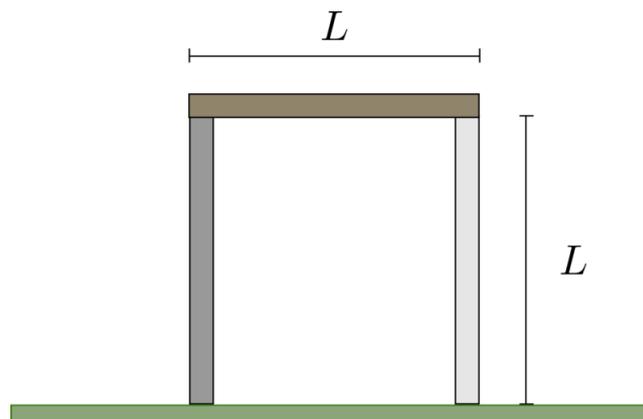
Em relação às duas imagens que ele observou, elas eram

- a) reduzidas e diretas.
- b) reduzidas e invertidas.
- c) ampliadas e diretas.
- d) reduzidas, uma direta e outra invertida.
- e) ampliadas, uma direta e outra invertida.

Questão 15. Em um dia muito frio e seco, uma menina estava cortando tiras de papel alumínio para um trabalho escolar. Ele colou duas das pontas das tiras e deixou as outras livres. Ao aproximar as tiras de sua blusa, observou que as tiras abriram, separando uma da outra. Ao afastar o conjunto da blusa as tiras fecharam, voltando a se unir. A menina então encostou as tiras na sua blusa. Ao afastá-las da blusa viu que elas permaneceram abertas. Ao aproximar as tiras do plástico que revestia a mesa onde ela estava trabalhando, observou que as tiras abriram um pouco mais. Considerando que a blusa estava eletrizada negativamente, as tiras foram eletrizadas com carga

- a) positiva e o plástico estava com carga negativa.
- b) negativa e o plástico estava com carga positiva.
- c) negativa e o plástico estava com carga negativa.
- d) negativa e o plástico estava com carga negativa.
- e) positiva e o plástico estava neutro.

Questão 16. A figura mostra esquematicamente uma estrutura construída com duas barras verticais, uma de ferro e outra de alumínio que sustentam uma haste de madeira. Todas as peças tem um comprimento $L = 2,4$ m. A estrutura foi nivelada com a haste na horizontal em um dia quente de verão, quando a temperatura ambiente era de 40 °C. Considere que os coeficientes de dilatação linear do ferro e alumínio são, respectivamente, $1,1 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $2,3 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Quando a temperatura no inverno cair para 2 °C, haverá um desnível entre as barras de ferro e alumínio igual a:

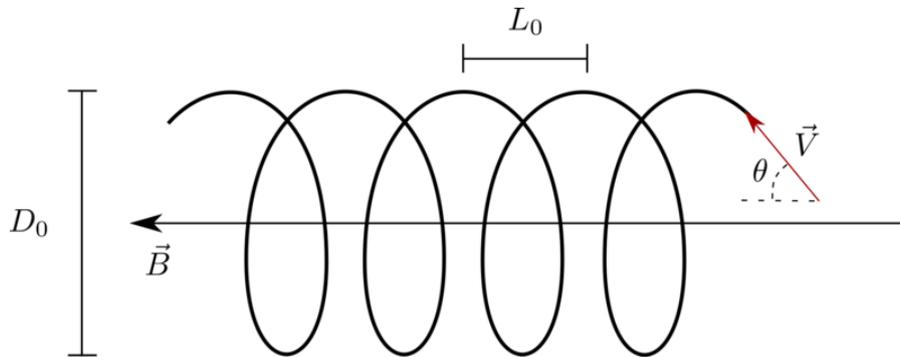


- a) 2,1 cm
- b) 1,2 cm
- c) 3,3 mm
- d) 2,1 mm
- e) 1,1 mm

Questão 17. A maior lua do sistema solar terá seu primeiro registro em mais de 20 anos nesta segunda-feira (7/06/2021). A missão Juno, da Nasa, tem observado Júpiter e suas luas desde julho de 2016. Agora, no entanto, a sonda chegará a 1.038 quilômetros da superfície de Ganimedes, a maior lua de Júpiter. Com um raio de 2,634 km, Ganimedes é maior até que Mercúrio, que tem 2,440 km de raio. Ela é a única lua grande o suficiente para gerar sua própria magnetosfera, uma bolha de partículas eletricamente carregadas que reveste o corpo celeste. Sabendo que a densidade média de Ganimedes é $1,94 \text{ g/cm}^3$, a aceleração da gravidade na superfície deste astro é, em ms^{-2} , aproximadamente igual a

- a) 142
- b) 4,50
- c) 1,42
- d) 0,450
- e) 0,142

Questão 18. Partículas de massa m e carga q são lançadas em uma região de campo magnético uniforme \vec{B} com uma velocidade \vec{V} . Seja θ o ângulo entre \vec{V} e \vec{B} . Quando $0^\circ < \theta < 90^\circ$ as partículas descrevem uma trajetória espiral de diâmetro D_0 e passo L_0 como mostrada na figura.



Se apenas o ângulo de lançamento θ for aumentado, as partículas descreverão uma trajetória espirada com diâmetro D e passo L , que, comparados aos valores anteriores, são

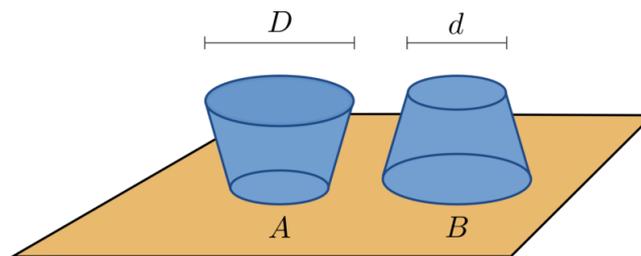
- a) $D > D_0$ e $L > L_0$
- b) $D > D_0$ e $L = L_0$
- c) $D = D_0$ e $L > L_0$
- d) $D = D_0$ e $L < L_0$
- e) $D > D_0$ e $L < L_0$

Questão 19. Quando a luz do Sol, constituída por todas as frequências de luz, incide na atmosfera da Terra, a luz na frequência do azul é espalhada e as frequências inferiores atravessam a atmosfera. Por isso vemos o céu azul. Quando a luz do Sol incide em uma nuvem, todas as frequências são espalhadas, tornando-a branca aos nossos olhos.

Para tirar uma foto especial, um fotógrafo usa um filtro de luz que permite apenas a passagem da luz na frequência do vermelho. Ao tirar uma foto do céu com algumas nuvens, na imagem registrada

- a) o céu parecerá vermelho assim como as nuvens.
- b) o céu parecerá preto assim como as nuvens.
- c) o céu parecerá vermelho e as nuvens brancas.
- d) o céu parecerá marrom e as nuvens vermelhas.
- e) o céu parecerá preto e as nuvens vermelhas.

Questão 20. Uma pessoa possui duas vasilhas construídas com características idênticas, exceto pelo fato de uma ter a tampa larga e fundo estreito (vasilha A) e a outra ter tampa estreita e fundo largo (vasilha B). A pessoa enche completamente as duas com água. O diâmetro da parte larga D é o dobro do da parte estreita d . As vasilhas são apoiadas em uma superfície plana e horizontal. Sejam P_A e P_B as pressões que as vasilhas A e B fazem, respectivamente, na superfície de apoio e sejam P_1 e P_2 as pressões que os líquidos fazem, respectivamente, no fundo dos recipientes A e B.



- a) $P_A = P_B$ e $P_1 = P_2$
- b) $P_A = 2P_B$ e $P_1 = P_2$
- c) $P_A = 4P_B$ e $P_1 = P_2$
- d) $P_A = 2P_B$ e $P_1 = 2P_2$
- e) $P_A = 4P_B$ e $P_1 = 4P_2$