

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE FÍSICA 2018  
3ª FASE - 06 DE OUTUBRO DE 2018

NÍVEL II  
Ensino Médio  
1ª e 2ª séries

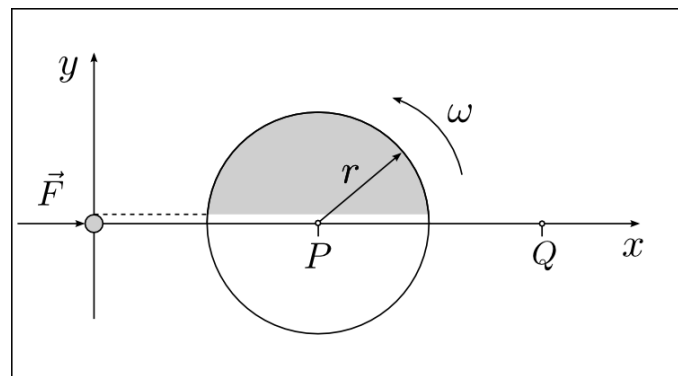
LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

1. Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos da **1ª e 2ª séries do nível médio**. Ela contém **doze** questões. Cada questão tem valor de 10 pontos e a prova um total de 80 pontos (máximo de oito questões respondidas).
2. Todas as respostas devem ser justificadas.
3. Os alunos da **1ª série** podem escolher livremente oito questões para responder. Alunos da **2ª série** podem responder apenas as oito questões não indicadas como *exclusivas para alunos da 1ª série*.
4. O **Caderno de Respostas** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova.
5. A menos de instruções específicas contidas no enunciado de uma questão, todos os resultados numéricos devem ser expressos em unidades do Sistema Internacional (SI).
6. A duração da prova é de **quatro** horas, devendo o aluno permanecer na sala por **no mínimo sessenta minutos**.
7. Se necessário e salvo indicação em contrário, use:  $\sqrt{2} = 1,4$ ;  $\sqrt{3} = 1,7$ ;  $\sqrt{5} = 2,2$ ;  $\text{sen}(30^\circ) = 0,50$ ;  $\text{cos}(30^\circ) = 0,85$ ;  $\text{sin}(45^\circ) = 0,70$ ;  $\pi = 3,0$ ; densidade da água =  $1,0 \text{ g/cm}^3$ ; calor específico da água líquida =  $1 \text{ cal/g}\cdot\text{K}$ ; aceleração da gravidade =  $10 \text{ m/s}^2$ .

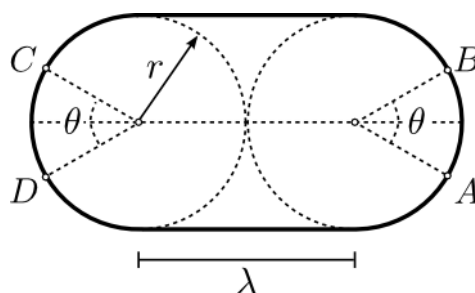
**Questão 1 (exclusiva para alunos da 1ª série).** Uma estudante de física está planejando o posicionamento de painéis solares instalados no quintal de sua casa e está considerando a questão da sombra projetada por uma edificação vizinha, de altura  $h = 8,00 \text{ m}$ , situada a oeste. O terreno de seu quintal é plano e horizontal, está localizado próximo à linha do equador e todo o estudo é feito em um dia próximo do equinócio, no qual o Sol está no zênite (ponto na esfera celeste interceptado pelo eixo vertical imaginário que passa pela cabeça do observador em pé na Terra) quando o relógio marca 12h00. Neste dia, a sombra projetada pela edificação atinge os painéis solares quando são 16h00. Para dar lugar a uma horta, a estudante precisa reinstalar os painéis deslocando-os para oeste, mas não quer que fiquem sombreados antes das 15h00. Determine a máxima distância que os painéis podem ser movidos.

**Questão 2 (exclusiva para alunos da 1ª série).** Gotas de água caem do alto do poço de um elevador de 90 m de altura a uma taxa uniforme de uma gota a cada um segundo. Um elevador que sobe com velocidade constante de 6 m/s é atingido por uma gota quando está a 10 m de altura. (a) Após quanto tempo e (b) a que altura o elevador é atingido pela próxima gota?

**Questão 3 (exclusiva para alunos da 1a série).** Em uma bancada horizontal lisa está embutida uma plataforma plana circular horizontal de raio  $r = 25$  cm, que gira uniformemente com frequência  $f = 2$  hz em torno de um eixo vertical fixo. A plataforma girante está dividida em duas regiões, uma maior lisa e outra menor áspera, de forma que um pequeno disco de massa  $m = 100$  g pode deslizar livremente por toda a bancada com exceção da parte áspera onde desliza com atrito. A figura abaixo apresenta um diagrama desse arranjo experimental, no sistema de referência adotado, o centro da plataforma girante localiza-se no ponto  $P$ , de coordenadas  $x_P = 2r$  e  $y_P = 0$ , e o disco localiza-se na origem. Há ainda um dispositivo lançador (não representado na figura) que, quando disparado, exerce uma força constante  $\vec{F}$  sobre o disco de intensidade  $F = 0,8$  N, que atua desde  $x = 0$  até  $x = r$ . Considerando que no instante  $t = 0$  a plataforma girante está na orientação ilustrada na figura, determine (a) a velocidade do disco quando chega à plataforma (b) um instante de lançamento para que o disco que atinja o ponto  $Q$ .

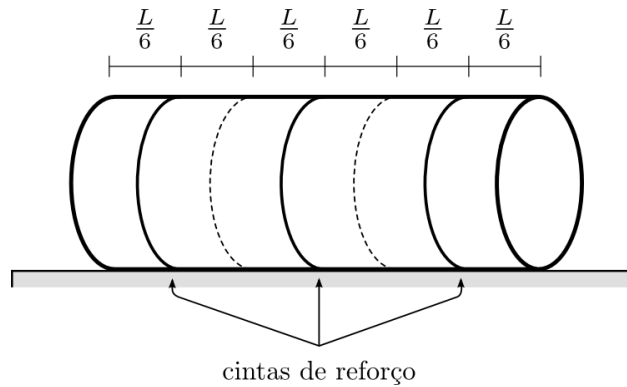


**Questão 4 (exclusiva para alunos da 1a série).** A 2ª lei de Kepler, muitas vezes conhecida como lei das áreas, estabelece que a linha imaginária que une um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais. Como as trajetórias dos planetas são elípticas, o uso dessa lei para prever a localização de planetas é, em geral, matematicamente inacessível para estudantes do Nível Médio que não dominam o cálculo de áreas em setores elípticos. Para melhor compreender a segunda Lei de Kepler um estudante desenvolve um aplicativo que simula o movimento de um planeta fictício em uma órbita na qual a elipse é aproximada por duas circunferências de raio  $r$ , cujos centros estão afastados por uma distância  $\lambda$ , conforme a figura abaixo. Nessa aproximação, os centros das circunferências são equivalentes aos focos da elipse. Suponha que nesse caso o período orbital do planeta é  $T$  e o movimento orbital ocorre no sentido anti-horário e o afélio está entre os pontos  $A$  e  $B$ . Usando a segunda lei de Kepler para essa trajetória fictícia, determine a razão  $\bar{V}_{AB}/\bar{V}_{CD}$  onde  $\bar{V}_{AB}$  e  $\bar{V}_{CD}$  são, respectivamente, as velocidades médias do planeta nos trechos  $AB$  e  $CD$  para os casos em que  $\theta = 180^\circ$  e  $\theta = 60^\circ$ . Qual é o valor limite para essa razão quando  $\theta \rightarrow 0$ ?

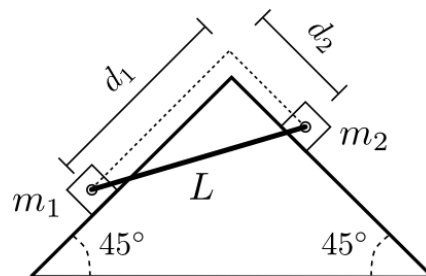


**Questão 5.** Um termômetro não ideal de capacidade calorífica  $C = 2,0 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ ., inicialmente à temperatura ambiente  $T_a = 25,0^\circ\text{C}$ , é usado para medir a temperatura de uma massa  $m = 40,0 \text{ g}$  de água. Após atingido o equilíbrio térmico com a água, o termômetro registra um valor de  $72,0^\circ\text{C}$ . Qual era a temperatura da água antes de ser posta em contato com o termômetro?

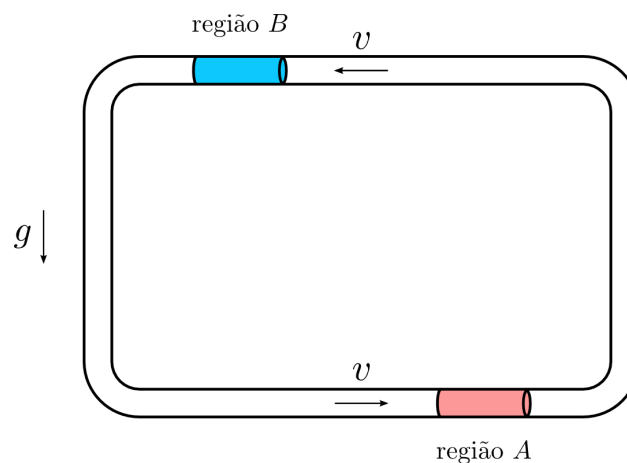
**Questão 6.** Um indústria produz reservatórios de água usando tubos cilíndricos cuja estrutura deve ser reforçada por cintas metálicas. O posicionamento é feito de modo que as cintas fiquem submetidas a esforços iguais. A figura abaixo ilustra o caso em que o reservatório é projetado para ser instalado na posição horizontal e possui três cintas de reforços. Na figura as linhas imaginárias pontilhadas delimitam seções sobre as quais a pressão da água solicita o mesmo esforço. Note que as cintas são posicionadas no meio de cada seção. Suponha um reservatório que deve ser instalado com seu eixo na vertical, que possa ser completamente preenchido de água e necessite de três cintas de reforço. Determine as alturas, em relação à base, em que as cintas de reforço devem ser instaladas para cilindros de comprimento  $L = 2,4 \text{ m}$ .



**Questão 7.** Dois blocos de massas  $m_1$  e  $m_2$  podem deslizar sem atrito nos planos inclinados em que estão apoiados. Sobre os centros dos blocos passam eixos que podem girar livremente. Estes eixos, por sua vez, estão articulados por uma haste de comprimento fixo  $L$  e de massa desprezível, como mostra a figura abaixo. (a) Determine a razão  $d_2/d_1$  na qual o conjunto permanece em equilíbrio estático. (b) Mostre que a posição de equilíbrio é estável.



**Questão 8.** Em um laboratório de pesquisa voltado ao estudo de correntes de convecção, um particular arranjo experimental é constituído basicamente de um tubo fino, completamente preenchido com uma massa  $m$  de água e que forma um circuito fechado, posicionado verticalmente, conforme ilustrado no diagrama abaixo. A região  $A$  da parte de baixo do circuito é mantida à temperatura  $T_A$  através de um dispositivo externo que cede energia para a água a uma taxa constante  $P_A = P_1$ , que pode ser ajustada. A região  $B$  é mantida à temperatura  $T_B < T_A$  através do contato com outro dispositivo que absorve calor. O arranjo experimental é tal que, sob essas condições, o sistema atinge um estado estacionário no qual a água escoava sem turbulências com velocidade constante  $v_1$ . Esse regime estacionário é também caracterizado por um campo de temperaturas no qual a temperatura da água em cada ponto do circuito também permanece constante. Com o sistema nesse estado, se a absorção de calor na região  $A$  for aumentada para  $P_A = P_2 > P_1$ , mantendo-se  $T_A$  e  $T_B$  constantes, observa-se que o sistema atinge outro estado estacionário no qual a velocidade de escoamento da água é  $v_2$ . Determine a máxima aceleração média que o fluxo de água pode exibir na transição entre estes dois estados estacionários.



**Questão 9.** Suponha que em um jogo de bilhar um jogador consiga dar tacadas com impulso de mesma intensidade  $J$  e sempre na direção horizontal (paralelo ao plano da mesa). O jogador está interessado em dois tipos de tacada. A tacada frontal é aquela na qual o taco está alinhado com o centro de massa da bola. Na tacada “de raspão” a colisão do taco com a bola se dá no ponto mais alto da bola (considere que o taco tenha as propriedades necessárias para essa possibilidade). Sejam  $v_f$  e  $v_r$ , respectivamente, as velocidades após as tacadas frontal e “de raspão”, determine a razão  $v_f/v_r$  imediatamente após as tacadas supondo que as bolas rolam sem escorregar.

**Questão 10.** De acordo com a lei de Stefan-Boltzmann, a taxa de energia irradiada por um corpo de área  $A$  a temperatura  $T$  em um ambiente de temperatura  $T_a < T$  é dada por

$$P = e\sigma A(T^4 - T_a^4)$$

onde  $\sigma \approx 6 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$  é a constante universal de Stefan-Boltzmann,  $e$  é a emissividade característica da superfície, que é um valor entre 0 e 1, e as temperaturas são dadas em K. Uma lâmpada de potência  $P = 250 \text{ W}$  é colocada no centro de uma caixa cúbica suspensa por fios e perfeitamente vedada. Suas paredes de lado  $a = 20 \text{ cm}$  e espessura  $1 \text{ cm}$  são feitas de um material sintético de emissividade  $e = 1$  e condutividade térmica  $k = 0,5 \text{ W/m K}$ . Como o ar é um mal condutor de calor, pode-se considerar que todas as trocas de energia da caixa com o ambiente exterior se dão por irradiação. Determine a temperatura de equilíbrio do ar no interior da caixa quando a lâmpada está ligada e a temperatura ambiente é  $T_a = 27^\circ\text{C}$ .

**Questão 11.** Arranjos de antenas defasadas é uma técnica amplamente utilizada para direcionar feixes de ondas eletromagnéticas. Seu inventor foi Karl Ferdinand Braun, que juntamente com Guglielmo Marconi, recebeu o prêmio Nobel de Física de 1909 em reconhecimento às contribuições para o desenvolvimento da telegrafia sem fio. O transmissor direcional pioneiramente criado por K.F. Braun era constituído de três antenas monopolares, de mesmo comprimento de onda  $\lambda$ , e localizadas nos vértices de um triângulo equilátero de lado  $\ell$ . Para o arranjo funcionar como um emissor direcionado,  $\ell$  e  $\lambda$  devem ser convenientemente ajustados. A figura A, extraída da palestra K.F. Braun proferida ao receber sua láurea da Real Academia de Ciências da Suécia, ilustra esquematicamente as antenas defasadas no campo de provas. A figura B apresenta um esquema com a vista superior do mesmo arranjo, nos quais as antenas estão nos pontos numerados de 1 a 3. Com esse arranjo, K.F. Braun mostrou que se duas antenas são alimentadas com sinais elétricos em fase, enquanto a terceira antena é alimentada com um sinal atrasado de  $T/4$ , no qual  $T$  é o período de oscilação do sinal, então a onda emitida pelo arranjo tem uma direção e sentido determinados. Desta forma, trocando a antena que tem o sinal atrasado é possível enviar ondas em três direções separadas por  $120^\circ$ . (a) Se  $\lambda = 100 \text{ m}$  qual o menor valor de  $\ell$  para esse arranjo funcionar? (b) Considere o caso em que as antenas 1 e 2 estão em fase e a antena 3 atrasada, usando o sistema de referência da figura B, represente a direção e sentido do feixe produzido.

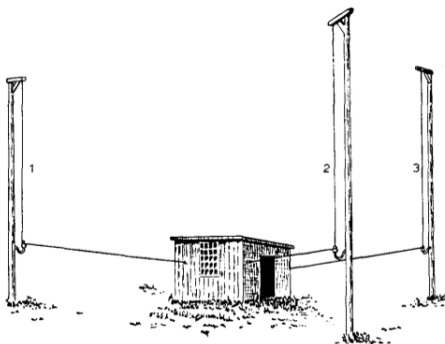


figura A

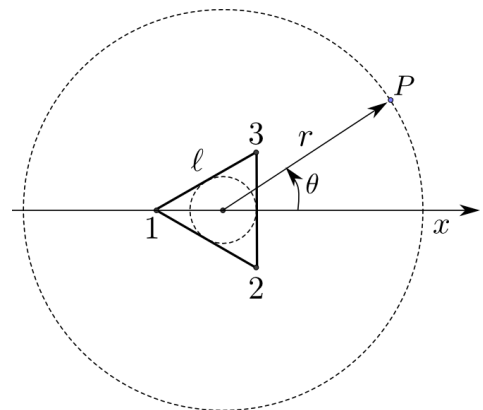


figura B

referência: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1909/braun/lecture>.

**Questão 12.** Aerofotografias ou fotografias aéreas têm uma importância crescente em diversas áreas, como por exemplo, cartografia, agricultura, monitoramento ambiental e planejamento urbano. Um dos usos das fotografias aéreas é a produção de ortofotomapas que são formados a partir de várias fotografias tiradas com câmara voltada verticalmente para baixo. Para que a composição das diversas fotos para formar o mapa seja feita computacionalmente é preciso obtê-las sequencialmente com sobreposições entre imagens consecutivas. A figura abaixo ilustra o processo no qual é indicada a posição do avião em três instantes consecutivos em que fotos são tiradas. Para simplificar, vamos considerar apenas uma região em que o solo é plano e a altura  $h$  do vôo é constante. Nessa figura a região  $S$  indica a sobreposição frontal, ou seja, tomada na direção do movimento, de uma imagem com sua antecessora. Outro parâmetro importante das fotos é sua escala  $E$ , definida pela razão entre a distância linear entre dois pontos na imagem, ou seja, no sensor ótico da câmara digital (equivalente ao filme de câmaras químicas antigas) e a distância entre os mesmos no solo. Suponha um operador que deve tirar aerofotografias com uma sobreposição frontal fixa de 40% em uma escala  $E = 1/50000$  em um voo de altura  $h = 7500$  m com velocidade constante de  $v = 360$  km/h. Determine a distância focal  $f$ , em  $mm$ , da lente que deve escolher e o intervalo de tempo  $\tau$  que deve fixar para a aquisição de imagens consecutivas considerando que a maior distância entre dois pontos no sensor ótico de seu equipamento é  $\ell = 140$  mm e as fotos são tiradas com foco no infinito.

