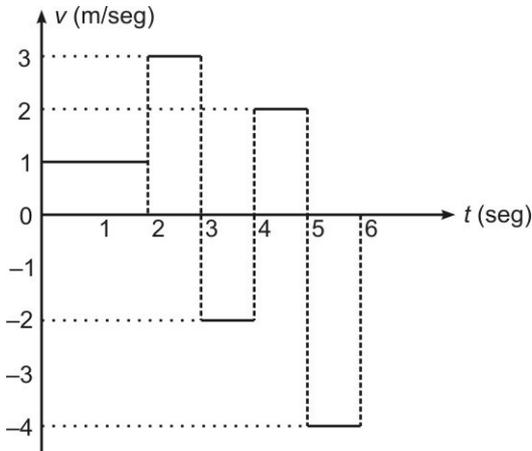
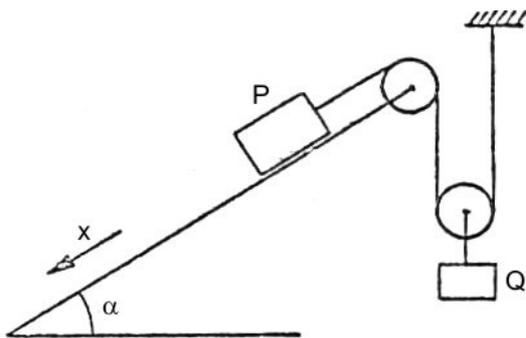


4 **IME 1973/74**

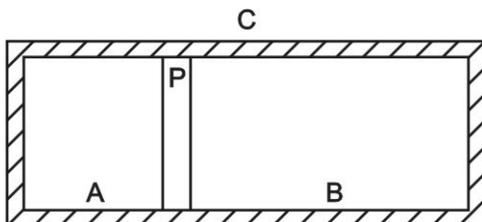
1. Do movimento de uma partícula, é dado o diagrama  $v - t$ . Trace o diagrama  $s - t$ , sabendo que, para  $t = 0$ ,  $s = 0$ . ( $s = \text{espaço}$ )



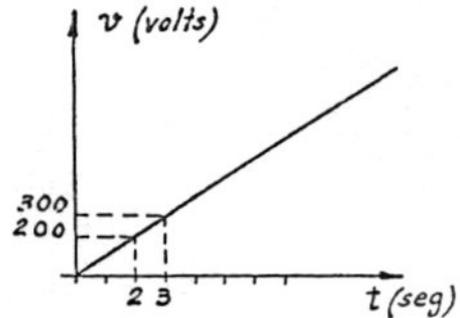
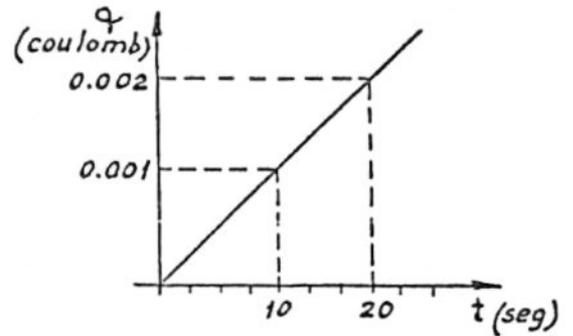
2. Considerando os blocos de pesos  $P$  e  $Q$  da figura abaixo, determine uma expressão para a aceleração do peso  $P$ , quando este se desloca na direção  $x$ . Despreze o atrito e os pesos do cabo e polias.



3. Um vaso cilíndrico  $C$  tem volume de 1000 litros e contém um gás perfeito a  $27^\circ\text{C}$ . Este vaso é dividido, pelo êmbolo  $P$ , em duas partes:  $A$ , com volume de 200 litros e  $B$ , com um volume de 800 litros. O êmbolo  $P$  é adiabático, tem um coeficiente de atrito nulo, é perfeitamente estanque e de volume desprezível. Fornece-se calor à parte  $A$  até que sua temperatura atinja  $327^\circ\text{C}$ . A parte  $B$  permanece a  $27^\circ\text{C}$ . Calcule os volumes finais de  $A$  e  $B$ .



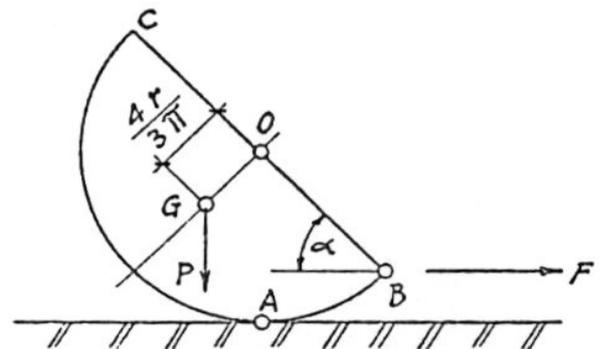
4. Os resultados dos ensaios de um capacitor considerado, expressos sob forma gráfica, são os seguintes:



Pede-se a energia armazenada no capacitor, no intervalo de tempo compreendido entre  $t = 0$  e  $t = 3\text{s}$ .

5. Um semi-cilindro de raio  $r$  e peso  $P$  repousa sobre uma superfície horizontal e está submetido à ação de uma força horizontal  $F$ , aplicada em  $B$ , e situada no plano vertical que contém  $B$  e  $G$ . Determinar o ângulo  $\alpha$ , que a face plana  $BC$  fará o plano horizontal no início do deslizamento, sendo  $\mu$  o coeficiente de atrito na linha de contato  $A$ .

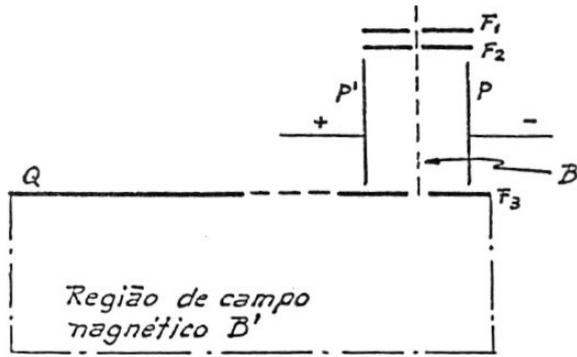
Considerar o peso  $P$  concentrado no centro de gravidade  $G$ .



6. A figura representa um espectrômetro de massa, que separa íons que têm a mesma velocidade. Os íons, depois de cruzarem as fendas  $F_1$  e  $F_2$ , passam através de um seletor de velocidades composto de:

a) um campo elétrico e produzido pelas placas carregadas  $P$  e  $P'$ ;

- b) um campo magnético  $B$  perpendicular ao campo elétrico.



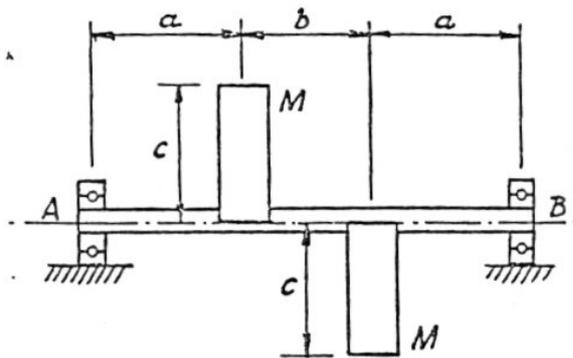
Os íons que não se desviam, ao passar por esses campos cruzados, penetram numa região onde existe um segundo campo magnético  $B'$ . Supondo que a fonte contém dois tipos de íons, com carga unitária e massas atômicas  $m_1$  e  $m_2$  ( $m_2 > m_1$ ), pede-se:

- esquematizar o percurso dos íons;
- determinar a expressão que dá a distância entre os pontos de impacto dos dois tipos de íons num plano  $Q$ .

7. Em um eixo de peso desprezível estão fixados pela base dois cilindros homogêneos, de comprimento  $c$  e massa  $M$ .

Os eixos geométricos dos cilindros e a linha  $AB$  estão situados em um mesmo plano. O conjunto gira em torno de  $AB$ , com velocidade  $\omega$ , constante.

Determinar as reações nos apoios  $A$  e  $B$ , quando as massas passarem pelo plano vertical.



8. A equação de um trem de ondas harmônicas simples que se propaga em uma corda tracionada é  $y = 2 \cos 2\pi (x - t)$ , para  $y$  em metros e  $t$  em milisegundos.

Se, nas extremidades da corda, as ondas sofrem total, pede-se:

- a equação do trem de ondas refletidas;
- mostrar que a amplitude da onda estacionária é  $A = 4 \cos 2\pi x$ ;

- as abscissas dos nós da onda estacionária quando a origem dos eixos coordenados coincide com a extremidade da corda, cujo comprimento é 2,50m;
- a velocidade de propagação do trem de ondas.

4 **IME 1974/75**

1. Numa experimentação de Young sobre interferência luminosa, obtiveram-se franjas de 1,4 mm de largura, num anteparo colocado distante de 80 cm de duas fendas paralelas separadas de 0,2 mm.

Determinar, para a luz usada:

- o comprimento de onda  $\lambda$  ;
- a frequência  $f$ .

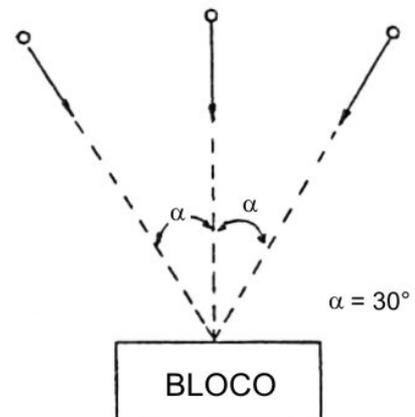
Dados: Velocidade da luz =  $3 \times 10^8$  m/seg  
 $1\text{m} = 10^{10} \text{ \AA}$

2. Um astronauta equipado, utilizando o esforço máximo, salta 0,60m de altura na superfície terrestre.

Calcular o quanto saltaria na superfície lunar, nas mesmas condições.

Considerar o diâmetro e a densidade da Lua como sendo  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{2}{3}$  dos da Terra, respectivamente.

3. Três corpos de massas iguais a 0,02 utm, cada um, movendo-se a 400m/seg, atingem simultaneamente um bloco de madeira em repouso, de massa igual a 1 utm. As trajetórias individuais dos três corpos estão num mesmo plano vertical, conforme mostra a figura.



Calcular a velocidade do sistema bloco e três corpos logo após a colisão.

4. Uma bolha de ar se forma com 2,8 cm<sup>3</sup> de volume, no fundo de um lago de 20m de profundidade, e sobe à superfície. A temperatura da água no fundo do lago é 7 °C e na superfície é 27 °C.

Determinar o volume da bolha ao alcançar a superfície.

Dados: Pressão atmosférica = 1 kgf/cm<sup>2</sup>  
 Peso específico da água = 1 kgf/dm<sup>3</sup>  
 Ar = gás perfeito

capilar é admitida como constante e igual a  $A_0$ .  
 O coeficiente de dilatação linear do vidro é  $\alpha / ^\circ\text{C}$   
 e o coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio é  $\gamma / ^\circ\text{C}$ .

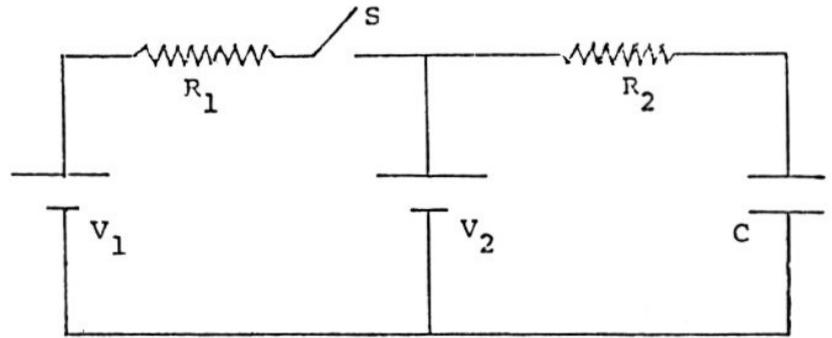
Se o mercúrio enche completamente o bulbo na temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , mostrar que o comprimento da coluna de mercúrio no capilar é proporcional à temperatura ( $t > 0^\circ\text{C}$ ).

5. O volume do bulbo de um termômetro de mercúrio, a  $0^\circ\text{C}$ , é  $V_0$  e a seção reta do tubo

6. No circuito da figura,  $V_1$  e  $V_2$  são fontes ideais de tensão contínua, tais que  $V_1 > V_2$ ,  $C$  é um capacitor,  $R_1$  e  $R_2$  resistores e  $S$  uma chave.

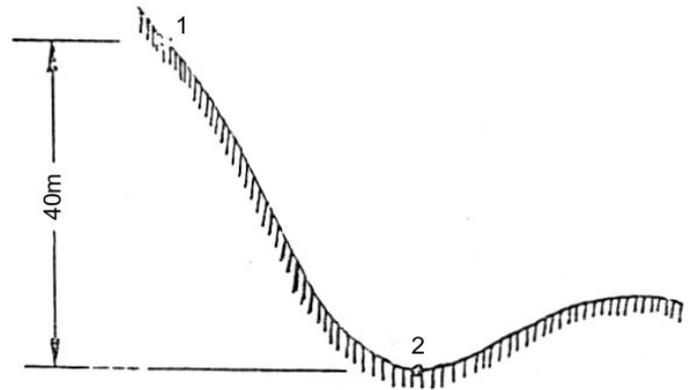
Determinar as expressões:

- a) da energia armazenada no capacitor  $C$ , se a chave  $S$  está aberta há muito tempo;  
 b) da tensão no capacitor  $C$ , se a chave  $S$  está fechada há muito tempo;  
 c) da tensão e da corrente em cada um dos resistores, se a chave  $S$  está fechada há muito tempo.



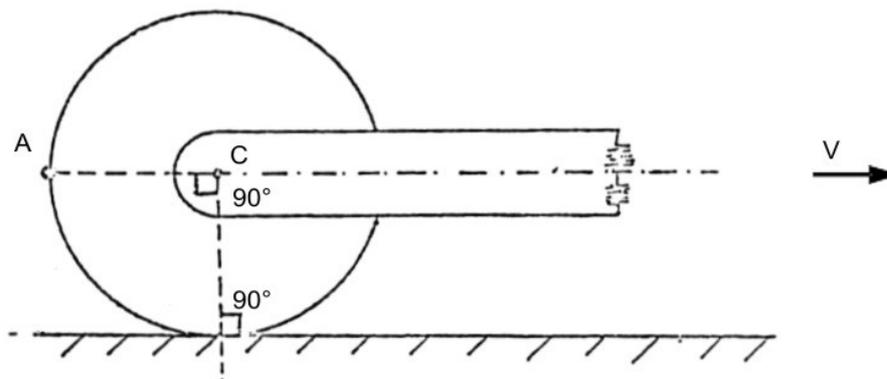
7. Um móvel de 2.000 Kgf parte do repouso do ponto 1 e se desloca, sem atrito, segundo a superfície curva representada na figura.

Determinar a reação que a superfície exerce sobre o móvel no ponto 2, o mais inferior da superfície, sabendo-se que o raio de curvatura nesse ponto é 20m.

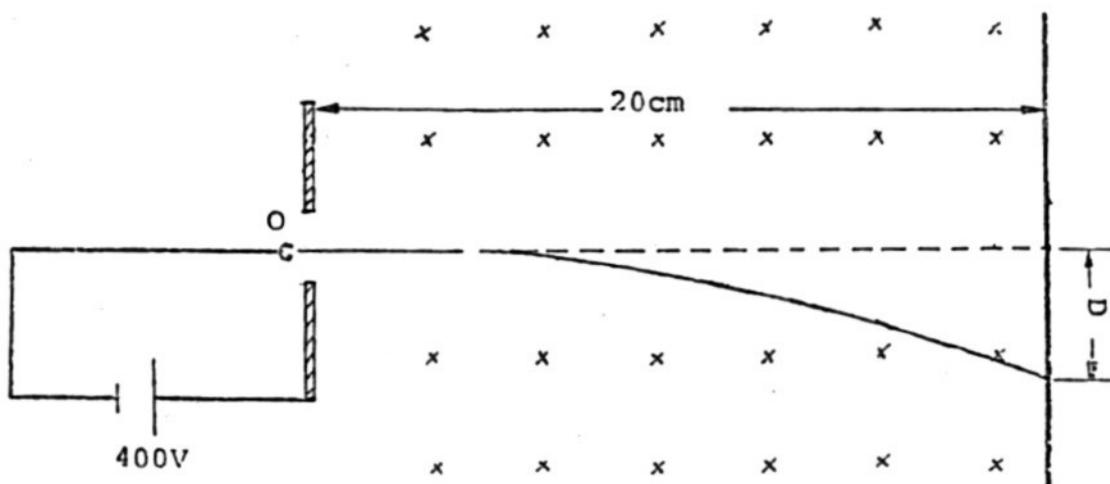


8. Calcular a velocidade e a aceleração absolutas do ponto  $A$ , na figura dada, situado na periferia da roda de um trem, que se desloca no plano horizontal, com movimento retilíneo uniforme.

Dados: Diâmetro da roda = 1m  
 Velocidade do trem = 72 km/h



9. Comprovar o efeito do campo magnético da Terra sobre o feixe de elétrons emitido por um tubo de raios catódicos de 20 cm de comprimento, calculando a deflexão ( $D$ ) do feixe, provocada pelo campo.



Considerar:

- o campo magnético terrestre igual a 0,6 gauss;
- o eixo do tubo na posição normal ao campo;
- o potencial acelerador do feixe de elétrons de 400 volts c.c., aplicados muito próximo à origem do feixe;
- o interior do tubo sob vácuo perfeito;
- carga do elétron =  $1,6020 \times 10^{-19}$  Coulomb;
- massa do elétron =  $9,1085 \times 10^{-31}$  kg
- $\text{Weber/m}^2 = 10^4$  gauss

10. Duas cordas vibrantes foram calibradas, uma de cada vez, para que apresentassem a mesma frequência fundamental de vibração de 1.000 ciclos por segundo.

A calibração foi feita por meio de um dispositivo capaz de atuar na força de tração das cordas, mantendo constantes os comprimentos tracionados das mesmas.

Ao serem postas a vibrar simultaneamente, verificou-se que o som resultante apresentava 2 batimentos por segundo.

Calcular a variação percentual a ser introduzida na força de tração de uma das cordas, a fim de eliminar o efeito de batimento, desprezando-se a variação da sua massa por unidade de comprimento.

#### 4 **IME 1976/77**

1. Num vaso adiabático, colocamos 1.310g de água a uma temperatura desconhecida, 800g de chumbo (Pb) a 220 °C, 600g de gelo a -10 °C e injetamos 50g de vapor d'água a 140 °C. A temperatura final de equilíbrio foi de 20 °C. A pressão se manteve constante e igual a 760 mm de Hg. Qual a temperatura inicial da água?

Dados:  $C_{Pb} = 0,03 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

$C_g = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

$L_f = 80 \text{ cal/g}$

$C_v = 0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

$L_c = 540 \text{ cal/g}$

OBS.:  $C_{Pb}$  = calor específico do chumbo

$C_g$  = calor específico do gelo

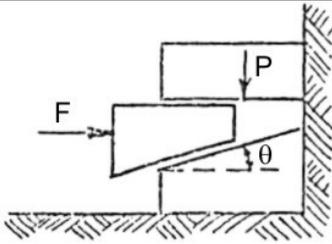
$L_f$  = calor específico do vapor d'água

$C_v$  = calor latente de fusão do gelo

$L_c$  = calor latente de condensação do vapor

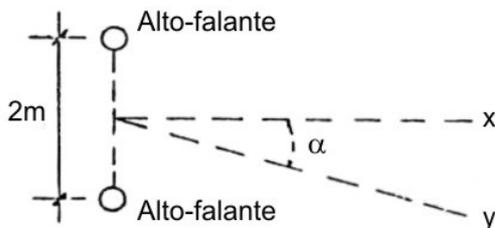
2. Colocam-se frente a frente um espelho convexo e outro côncavo, de modo que seus eixos principais coincidam. As distâncias focais são iguais e valem 40 cm, e a distância entre os espelhos é 1,20m. A que distância do espelho convexo se deve colocar um objeto, para que as imagens em ambos os espelhos sejam de mesma altura?

3. Na figura abaixo, o coeficiente de atrito entre o peso  $P$  e a cunha é  $\mu_1$  e, entre a cunha e o bloco inferior, é  $\mu_2$ . Desprezando o peso da cunha, e considerando que não há atrito na parede vertical, determinar a expressão da força  $F$  necessária para levantar o peso  $P$ , forçando a cunha para a direita.



4. Um cilindro com um pistão deslizante contém, inicialmente, um gás cujos volume e pressão são, respectivamente,  $0,03 \text{ m}^3$  e  $15 \text{ bar}$ . Sabe-se que o gás se expande lentamente, obedecendo à lei empírica  $PV^{1,2} = 0,2232$ . Calcular o trabalho realizado (em  $\text{bar} \times \text{m}^3$ ) pelo gás sobre o pistão, entre os estados inicial e final, sabendo-se que, no estado final, o volume e a pressão são  $0,1608 \text{ m}^3$  e  $2 \text{ bar}$ , respectivamente.

5. Dois alto-falantes considerados como fontes pontuais sonoras de mesma intensidade estão afastados de  $2 \text{ m}$ . Estas fontes estão em fase e emitem um som contínuo na frequência de  $150 \text{ Hz}$ . A velocidade do som é de  $300 \text{ m/s}$ . Um observador está colocado a uma distância dos alto-falantes muito maior que  $2 \text{ m}$ . Chamando de  $\alpha$  o ângulo formado entre a direção  $y$  do observador e a direção  $x$  normal à reta que une os alto-falantes, pede-se determinar os valores do ângulo  $\alpha$  para os quais o observador não ouviria som destes alto-falantes. As direções  $x$  e  $y$  e a reta que une os dois alto-falantes estão no mesmo plano.



6. Duas esferas iguais, eletrizadas, atraem-se com determinada força  $F$ , quando separadas pela distância  $r$ . Em seguida, são postas em contato e, depois, recolocadas à mesma distância  $r$ . Nesta última posição, repelem-se com a força  $\frac{F}{4}$ . Determine a relação  $\frac{q}{q'}$  entre as cargas iniciais das esferas.
7. Verificou-se que, para cada  $^\circ\text{C}$  de excesso de sua temperatura sobre a temperatura ambiente, uma estufa sofria uma perda de calor de  $5 \text{ calorias por segundo}$ . Para compensar esta

Quais seriam os valores, em termos de unidades do Sistema Internacional, das unidades de tempo, velocidade e força no novo sistema?

- b) Se se adotasse a carga do elétron ( $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ) como unidade de carga, qual seria, no sistema do item anterior, o valor da constante  $K$  da Lei de Coulomb?

perda, pretende-se instalar uma resistência elétrica que, quando percorrida por uma corrente adequada, permita à estufa manter uma temperatura superior a  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  à temperatura ambiente. Para por em execução a solução pretendida, dispõe-se de uma fonte de  $100 \text{ volts}$  e de um fio de resistividade igual a  $50 \text{ microohms} \times \text{cm}$ , valor este independente da temperatura. A resistência interna da fonte é nula. Pede-se calcular o comprimento do fio para que a densidade da corrente seja  $2 \text{ Ampères por mm}^2$ .

8. Suponha que decidamos usar um sistema de unidades onde as dimensões básicas sejam Área, Velocidade e Potência, e as unidades, respectivamente, acre, milhas por hora (mph) e cavalo a vapor (HP).
- Quais as unidades de Comprimento, Tempo, Massa e Força neste sistema?
  - Como estas unidades de Comprimento, Tempo, Massa e Força se relacionam com as unidades do Sistema Internacional?
  - Que constante deve aparecer na lei de Newton que relaciona Força, Massa e Aceleração, devida ao sistema em questão?
  - Qual será o valor da aceleração da gravidade neste sistema?

Dados:  $1 \text{ acre} = 4,0 \times 10^3 \text{ m}^2$

$1 \text{ mph} = 0,45 \text{ m s}^{-1}$

$1 \text{ HP} = 750 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3}$

#### 4 IME 1977/78

1. O elétronvolt (eV) é uma unidade de energia muito útil para fins teóricos. Um eV é a energia adquirida por um elétron que se desloca através de uma diferença de potencial de um volt, ou seja,  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ joules}$ .

- a) Suponha que fosse escolhido um sistema de unidades que tivesse:

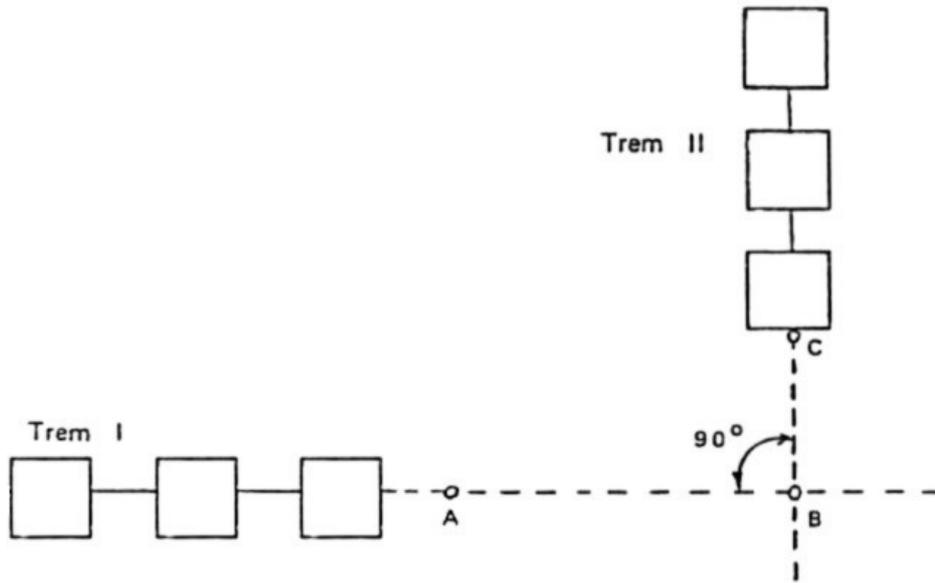
- o eV como unidade de energia;
- o comprimento de onda Compton do elétron,  $\lambda$ , como unidade de comprimento;

sabe-se que  $\lambda = \frac{h}{c \cdot m_e}$ , onde  $h$  é a

constante de Planck ( $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ),  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ) e  $m_e$  a massa do elétron ( $9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ );

- a massa  $m_e$  do elétron como unidade de massa.

2. O trem I desloca-se em linha reta, com velocidade constante de 54 km/h, aproximando-se do ponto B, como mostra a figura.

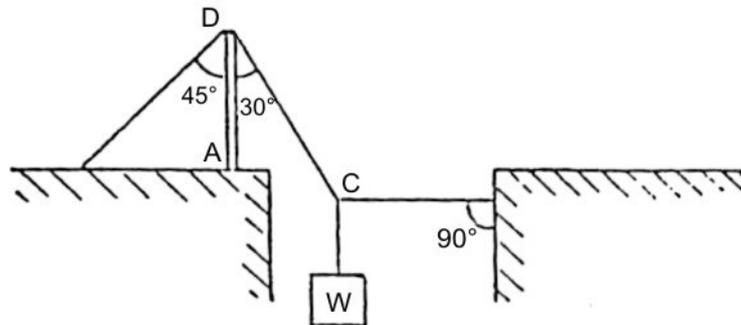


Determine em quanto tempo, após a locomotiva do trem I atingir o ponto A, deve o trem II partir do repouso em C, com aceleração constante de  $0,2 \text{ m/s}^2$ , de forma que, 10 segundos após terminar a sua passagem pelo ponto B, o trem I inicie a passagem pelo mesmo ponto.

Notas:

- Ambos os trens medem 100 metros de comprimento, incluindo suas locomotivas, que viajam à frente.
- As distâncias ao ponto B são:  $\overline{AB} = 3.000\text{m}$  e  $\overline{CB} = 710\text{m}$ .

3. Considerando a figura, determine a expressão, em função do peso W, da força vertical exercida pelo solo sobre a barra AD.



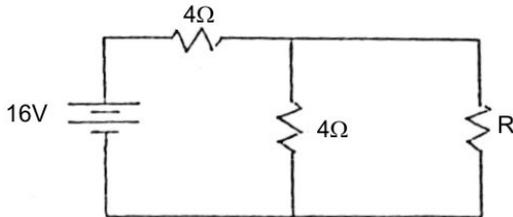
4. Uma bola de aço, com massa de  $0,02 \text{ kg}$ , colide verticalmente contra um bloco de aço, fixo ao solo, atingindo-o com velocidade de  $20 \text{ m/s}$ . Sendo  $0,8$  o coeficiente de restituição, calcule a altura atingida pela bola após a colisão. Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
5. Um corpo de  $10 \text{ kg}$  de massa desloca-se em linha reta sobre um plano horizontal, sem atrito, com velocidade de  $10 \text{ m/s}$ . Uma força constante, com direção e sentido iguais aos do movimento, é, então, aplicada ao corpo durante 4 segundos, fazendo com que o momento linear do corpo aumente de  $100 \text{ m.kg/s}$ . Determine o módulo da força.
6. Um tanque cúbico, com 2 metros de aresta, tem, em sua face superior, um orifício por onde sai uma tubulação vertical de  $100 \text{ cm}^2$  de seção reta, com extremidade aberta. Introduce-se água até encher completamente o tanque e, ainda, atingir altura de 3 metros na tubulação. Calcule, em kgf,

a parcela, devida à pressão manométrica, da força exercida sobre a superfície interna de cada face do tanque.

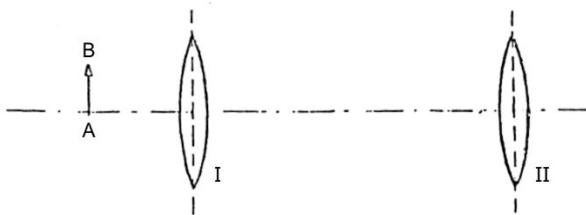
7. Uma corda metálica com 120 gramas de massa mede 30 cm. Calcule o valor da tensão a ser estabelecida nesta corda a fim de afiná-la para o dó médio (262 Hz).

8. 200 m<sup>3</sup> de um gás considerado perfeito, cuja razão de calores específicos a pressão constante e a volume constante é 1,4, é aquecido, à pressão constante de 105 N/m<sup>2</sup>, de 20 °C até 300 °C. Sendo R\$ 0,50 o preço do kwh e admitindo que todo calor produzido seja aproveitado no processo, calcule o custo do aquecimento.

9. No circuito da figura, determine a resistência do resistor  $R$  para que a potência nele consumida seja máxima.



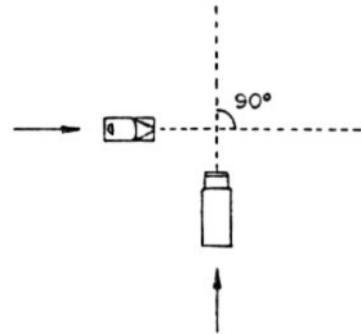
10. Um sistema ótico é formado de duas lentes positivas I e II, de distancias focais 10 cm e 15 cm, com eixos óticos coincidentes e separadas de 60 cm. Determine a localização da imagem final de um objeto  $AB$  colocado a 20 cm da lente I e a amplificação total do sistema.



4 **IME 1979/80**

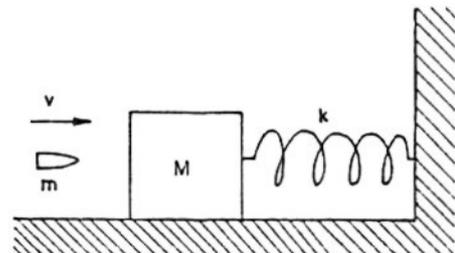
1. Um elevador, tendo acabado de partir de um andar, desce com aceleração de 3 m/s<sup>2</sup>. O ascensorista, sentado em seu banco, percebe o início da queda do globo de luz, o qual está a 3,5 metros acima de seu pé. Calcule o tempo de que ele disporá para afastar o pé.  
Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

2. Um carro esporte, pesando 5 kN e deslocando-se a 108 km/h, choca-se com um furgão pesando 15 kN e com velocidade de 36 km/h, nas condições da figura.

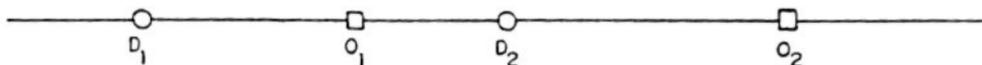


Os dois veículos, cujos motores deixam de funcionar no instante do choque, ficam presos um ao outro, e deslocam-se, após a colisão, 15m até parar. Determine módulo e direção da força constante que travou os veículos.

3. Um bloco com 10 kg de massa está apoiado sobre o plano horizontal e ligado à parede através da mola de constante elástica de 10 N/m e massa desprezível. Um projétil de 20g de massa e com velocidade de 750 m/s choca-se com o bloco, ficando no interior do mesmo. Calcule a maior compressão da mola. O coeficiente de atrito entre bloco e plano é 0,2.  
Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

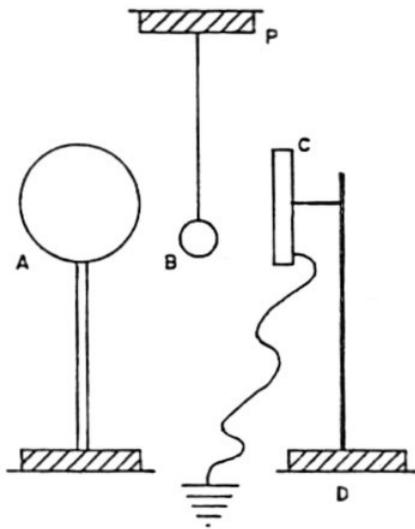


4.  $D_1$  e  $D_2$  são fontes sonoras de mesma frequência.  $D_2$  desloca-se para a direita com velocidade constante.  $O_1$  e  $O_2$  são observadores estacionários que contam, respectivamente, 8 e 9 batimentos por segundo. Calcule a velocidade de  $D_2$ . Velocidade do som: 340 m/s

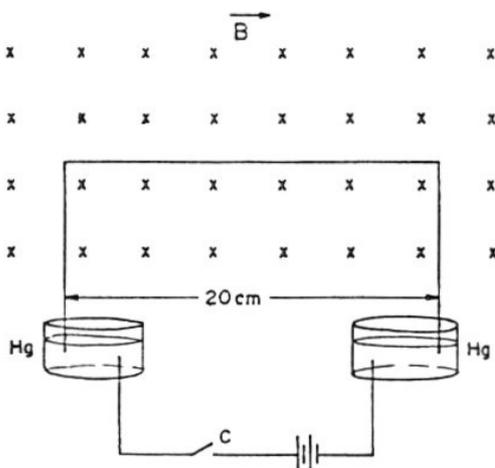


5. A uma certa pressão e à temperatura de  $27\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $2\text{ kg}$  de um gás perfeito ocupam um volume de  $30\text{ m}^3$ . Calcule a massa específica do gás, quando sua temperatura em  $^\circ\text{C}$  e sua pressão tiverem seus valores duplicados.

6. A figura mostra, esquematicamente, uma campainha eletrostática.  $A$  e  $B$  são condutores esféricos, com diâmetros de  $20\text{ cm}$  e  $4\text{ cm}$ , respectivamente.  $B$  é suspenso de  $p$  por um fio isolante. A placa metálica  $C$  é ligada à Terra. A esfera  $A$ , carregada inicialmente a um potencial de  $50\text{ kV}$ , atrai  $B$  que, após o contato, é repelida e se choca com a placa  $C$ , descarregando-se. A operação se repete enquanto o potencial de  $A$  for superior a  $25\text{ kV}$ . Determine o número de vezes que  $B$  baterá em  $A$ .



7. As extremidades do fio rígido em forma de U, com  $10\text{ gramas}$  de massa, estão imersas em cubas de mercúrio, como mostra a figura.



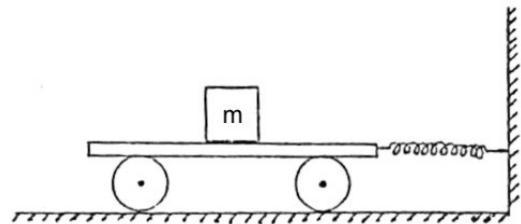
O campo magnético uniforme  $B$  tem  $0,1\text{ tesla}$  de indução. Fechando a chave  $C$ , uma carga  $Q$  circula pelo fio durante um pequeno intervalo de tempo; o fio salta, atingindo uma altura de  $3,2\text{ metros}$ . Calcule o valor de  $Q$ . Use  $g = 10\text{ m/s}^2$ .

8. Uma semi-esfera de vidro, com índice de refração  $1,5$  e raio de  $10\text{ cm}$ , é colocada com sua face plana apoiada em uma mesa horizontal. Um feixe de luz paralelo, se seção circular de  $1\text{ mm}$  de diâmetro, incide verticalmente de forma que o raio central atinge o centro da semi-esfera. Calcule o diâmetro do círculo luminoso formado sobre a mesa.

4 **IME 1980/81**

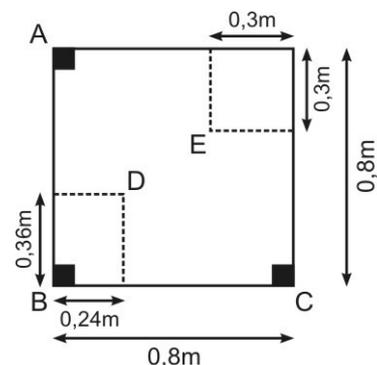
1. Calcule a temperatura final da mistura de  $100\text{ litros}$  de água a  $15\text{ }^\circ\text{C}$  com  $50\text{ litros}$  de água a  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , mais  $75\text{ litros}$  de álcool a  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . A densidade do álcool é  $0,8$  e o calor específico médio é  $0,58\text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$ .

2. Uma plataforma oscila horizontalmente, com uma frequência de  $1,0\text{ Hz}$ , tendo sobre ela um bloco de massa  $m$ . Determine a amplitude máxima que pode ter a oscilação da plataforma, para que o bloco mova-se com ela, sem deslizar. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a plataforma é  $0,40$ .



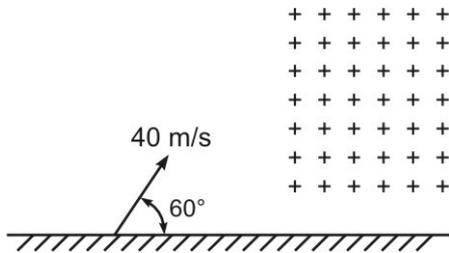
3. Um corpo cai a partir do repouso de uma altitude de  $50,0\text{ m}$ , emitindo continuamente um som de frequência da gravidade no local ao nível do mar vale  $9,79\text{ m/s}^2$  e a resistência do ar pode ser desprezada. Admitindo que a velocidade do som no meio seja  $330\text{ m/s}$  e que a coluna de ar de uma proveta de  $24,0\text{ cm}$  de profundidade, colocada ao nível do mar, ressoe em determinado instante, determine, nesse instante, a altitude do corpo que cai.

4.



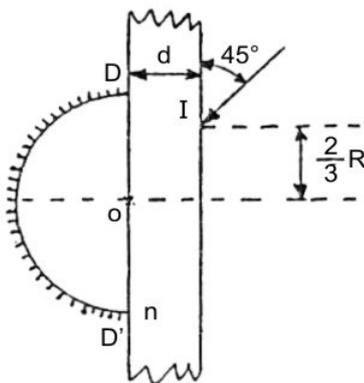
A figura representa uma mesa quadrada horizontal, suportada por 3 pés (A, B, C). A resultante das cargas sobre a mesa, inclusive seu peso próprio, é uma força vertical de 200N aplicada em D. Calcule o maior peso possível de se aplicar em "E" sem que a mesa tombe e, para esse valor, obtenha as reações nos três pés.

5. Uma pequena esfera de massa  $10^{-3}$  kg, carregada eletricamente, é lançada de um ponto A com uma velocidade inicial de 40 m/s, formando um ângulo de  $60^\circ$  com o plano horizontal. No instante em que atinge o ponto mais alto da trajetória, a esfera penetra em um campo magnético de 0,5 tesla, que é perpendicular ao plano da trajetória. Supondo a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e desprezando a resistência do ar, calcule a carga, em coulombs, que deve existir na esfera para que, após penetrar no campo, mantenha trajetória sempre horizontal.



6. Em um planeta desconhecido, de gravidade também desconhecida, deixam-se cair de uma altura de 9,0 metros e a partir do repouso, esferas em intervalos de tempo iguais. No instante em que a primeira esfera toca o chão, a quarta esfera está no ponto de partida. Determine nesse instante, as altura em que se encontram a segunda e a terceira esferas.

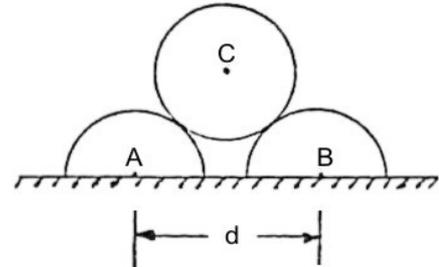
7.



A figura representa, em corte, um espelho esférico de raio  $R$ , centro em "o", e uma lâmina de faces paralelas e índice de refração "n". Um raio luminoso incide, a  $45^\circ$  com as paredes da lâmina, no ponto I, situado a  $\frac{2}{3} R$  do eixo do

espelho. O plano de incidência é o plano da figura. Determine a expressão algébrica da largura "d" da lâmina para que o raio luminoso, ao sair do espelho, atravesse perpendicularmente a lâmina.

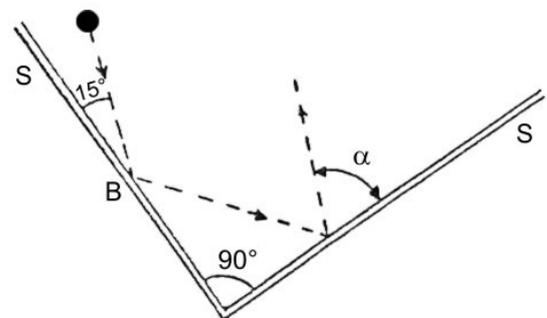
8. Um cilindro C de raio  $R$  e peso  $2W$  é colocado sobre dois semicilindros A e B de raio  $R$  e peso  $W$ , como ilustra a figura.



O contato entre o cilindro e os semicilindros não tem atrito. O coeficiente de atrito entre o plano horizontal e a face plana dos semicilindros é 0,5. Determine o valor máximo da distância "d" entre os centros dos semicilindros A e B, para que exista equilíbrio em todo o sistema. Não é permitido o contato do cilindro C com o plano horizontal.

9. Uma esfera de massa "M" e raio "r" desliza, sem atrito, a partir do repouso, sobre uma superfície esférica de raio "R". A esfera está inicialmente no topo da superfície esférica. Determine o ângulo  $\theta$  que o vetor-posição do centro da esfera em relação ao centro da superfície esférica forma com a vertical, no momento em que a esfera abandona a superfície de deslizamento.

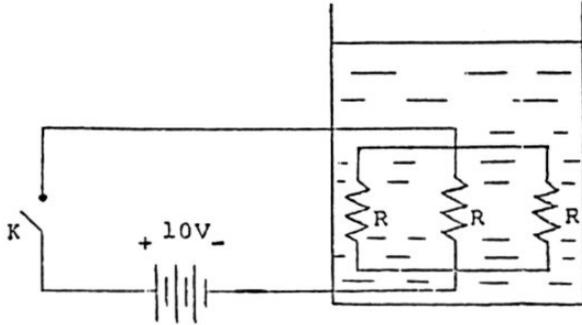
10. Uma bola de bilhar atinge a tabela S da mesa no ponto B com uma velocidade "v" e coeficiente de restituição igual a 0,5. Considerando a bola como uma partícula, determine o ângulo  $\alpha$  e a velocidade em que seguirá a bola, após o seu segundo contato com a tabela.



4 **IME 1981/82**

1. Mostre que o raio  $r$  da órbita da Lua pode ser determinado a partir do raio  $R$  da Terra, da aceleração da gravidade  $g$  na superfície da Terra e do tempo  $T$  necessário para a Lua descrever uma volta completa em torno da Terra, ou seja,  $r = f(g, R, T)$ .

2.



A figura representa um aquecedor elétrico composto de um recipiente suposto adiabático e de um circuito cujas três resistências  $R$  são iguais.

100g de gelo a  $-10^\circ\text{C}$  são transformadas em água a  $65^\circ\text{C}$ , decorridos 10 minutos e 27 segundos após o fechamento da chave  $K$ .

Determine:

- o valor da resistência  $R$ ;
- o tempo em que se processaria a evolução citada se um dos resistores estivesse rompido.

Dados: Calor específico do gelo =  $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$   
Calor latente de fusão =  $80 \text{ cal/g}$

Nota: Despreze a capacidade térmica do recipiente.

3. Em um recipiente cilíndrico de 40 cm de diâmetro contendo um líquido de peso específico  $10^5 \text{ N/m}^3$ , mergulha-se um cilindro de ferro de peso específico  $7,8 \times 10^4 \text{ N/m}^3$ , altura de 10 cm e raio 10 cm, com uma das bases voltada para o fundo do recipiente. Sobre a base superior do cilindro, coloca-se um disco metálico de peso específico  $2 \times 10^5 \text{ N/m}^3$ , 10 cm de raio e espessura 0,4 cm.

Determine:

- a que profundidade  $x$  mergulha o cilindro no líquido, tendo o disco sobre ele;
- a variação  $\Delta h$  do nível do líquido, quando se retira o disco de sobre o cilindro e se coloca dentro do recipiente contendo o líquido.

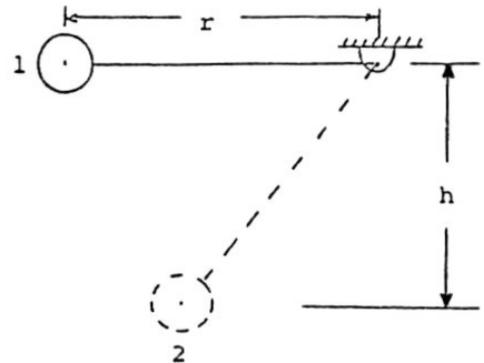
4. A esfera de um pêndulo tem uma massa de 0,2 kg e é liberada do repouso na posição

mostrada. Sabe-se que o cabo se rompe com uma tração de 0,5N.

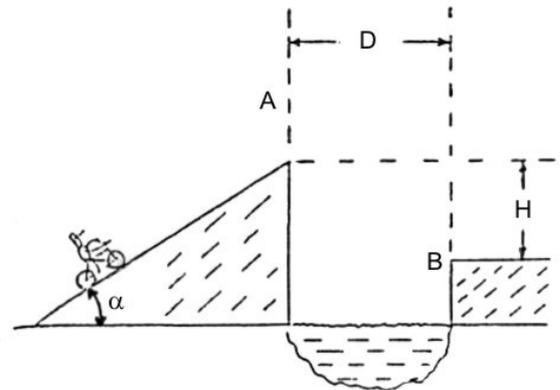
Determine o valor de  $h$  para o ponto onde ocorrerá a ruptura.

Dados:  $r = 0,75\text{m}$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$



5. Um motociclista movimenta sua motocicleta e sobe a rampa de inclinação  $\alpha$  da figura.



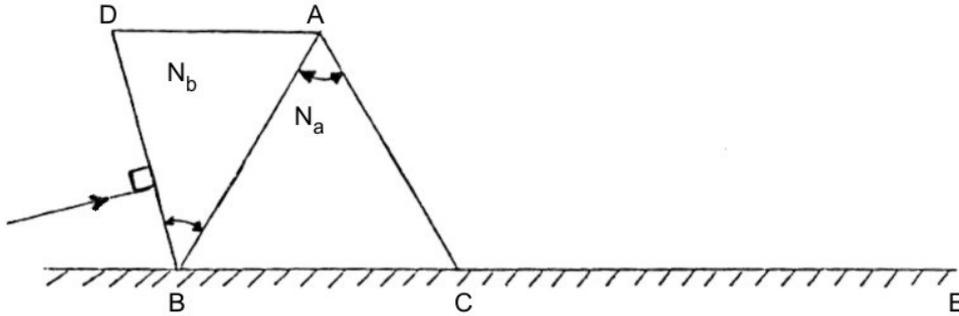
Determine, em função de  $g$ ,  $\alpha$ ,  $H$  e  $D$ , o menor valor da velocidade que o motociclista deve ter em A para chegar em B.

6. Um corpo que repousa sobre uma superfície rugosa horizontal recebe um impacto horizontal e desliza sobre a referida superfície durante 5 segundos, quando pára, tendo percorrido 25m. Determine o coeficiente de atrito entre o corpo e a superfície horizontal. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

7. Um veículo aproxima-se de uma parede extensa, perpendicular à trajetória, com velocidade constante de 10 m/s. Ao mesmo tempo, uma sirene no veículo emite um som simples, de frequência igual a 400 Hz. A velocidade do som no ar é 340 m/s.

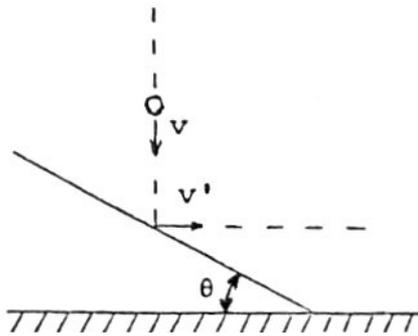
Determine a frequência do som refletido recebido pelo motorista do veículo.

8. Um prisma com ângulo  $A = 60^\circ$  e índice de refração  $N_a = \sqrt{3}$  é justaposto a um prisma invertido com ângulo  $B = 45^\circ$  e índice de refração  $N_b = \frac{\sqrt{3}}{2}$ . O prisma  $ABC$  é equilátero e sua base  $BC$  apóia-se em um espelho plano. Um raio de luz incide normalmente na face do prisma  $ADB$ , conforme a figura. O sistema está imerso no ar.

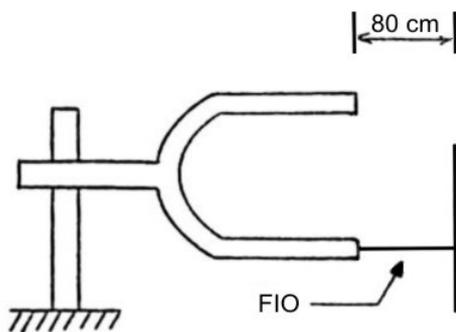


Indique o percurso do raio de luz colocando os valores de todos os ângulos e calcule o desvio resultante do sistema prisms-espelho.

9. Calcule o ângulo  $\theta$ , em relação ao plano horizontal, que deve formar uma placa rígida lisa e fixa, na posição mostrada na figura, para que uma esfera, ao cair vertical sobre ela, seja rebatida horizontalmente. O coeficiente de restituição entre a placa e a esfera é  $e$ .



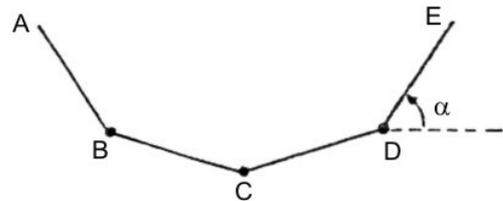
10.



Um fio de 80 cm de comprimento e 0,2g de massa está ligado a um dos extremos de uma diapasão, que vibra a 250 Hz.

Determine a tração que faça o fio vibrar à frequência do quarto harmônico. Considere a frequência fundamental igual à frequência do primeiro harmônico.

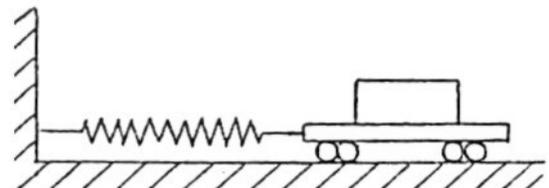
1. Quatro barras homogêneas  $AB, BC, CD$  e  $DE$ , de peso  $P$  cada uma, estão articuladas entre si como indica a figura.



Sustentam-se, com as mãos, os extremos  $A$  e  $E$ , de forma que estejam sobre uma mesma reta horizontal e que, ao estabelecer-se o equilíbrio, a ação efetuada nos extremos, sobre cada mão, tenha um componente horizontal igual a  $2P$ .

Admite-se que as barras  $AB$  e  $ED$  possam girar livremente ao redor dos extremos fixos  $A$  e  $E$  e que não haja atrito nas articulações. Calcular o ângulo  $\alpha$  que a barra  $DE$  forma com a horizontal.

2.

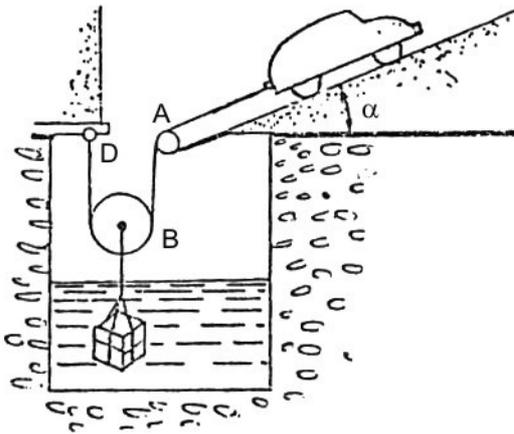


Da figura acima, sabem-se:

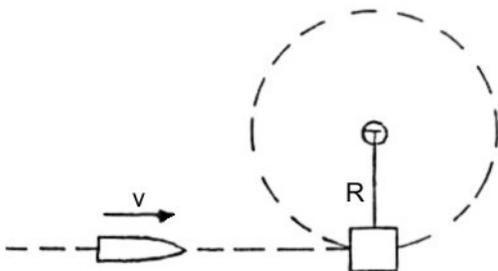
- a mola tem constante elástica  $K = 1.000 \text{ N/m}$ ;
- as massas do carrinho e do bloco são, respectivamente, 1,0 kg e 9,0 kg. A massa da mola é desprezível;
- o coeficiente de atrito entre o bloco e o carrinho vale 0,5 e os demais atritos são desprezíveis.

Determinar a maior amplitude de oscilação possível para o sistema, sem que o bloco deslize sobre o carrinho.

3. Um automóvel de massa  $m_1$ , representado na figura, está subindo a rampa de inclinação  $\alpha$  com uma aceleração constante. Preso ao automóvel, existe um cabo de massa desprezível, o qual passa por uma roldana fixa  $A$  e por uma roldana móvel  $B$ , ambas de massa desprezível, tendo finalmente a outra extremidade fixa em  $D$ . Ao eixo da roldana móvel, cujos fios são paralelos, está presa uma caixa cúbica de volume  $v$  e massa  $m_2$  imersa em um líquido de massa específica  $\rho$ . Sabendo-se que o automóvel, partindo do repouso, percorreu um espaço  $e$  em um intervalo de tempo  $t$  e que a caixa permaneceu inteiramente submersa neste período, calcular a força desenvolvida pelo conjunto motor do automóvel. Desprezar a resistência oferecida pelo líquido ao deslocamento da caixa.

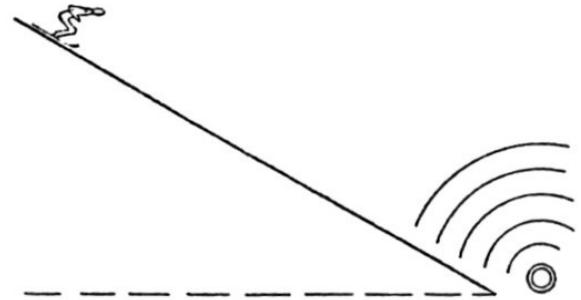


4. Um projétil de massa  $m$ , com velocidade  $v$ , choca-se com o bloco de massa  $M$ , suspenso por um fio de comprimento  $R$ , conforme mostra a figura.



Depois da colisão, o projétil cai verticalmente e o bloco descreve uma circunferência completa, no plano vertical. Determinar a velocidade mínima do projétil, antes da colisão, em função de  $M$ ,  $m$ ,  $g$  e  $R$ , para que o bloco descreva a trajetória prevista.

5. Um esquiador desce uma rampa inclinada de  $30^\circ$ , como na figura, enquanto ouve o som de uma sirene, colocada na base da rampa, que emite som puro de 400 Hz. Sabe-se, ainda, que a velocidade do som no ar vale 340 m/s, que o esquiador parte do repouso e não usa os impulsores. Desprezar o atrito e a resistência do ar. Estabelecer a expressão da frequência do som do ouvido pelo esquiador como uma função da distância deste ao ponto de partida.



6. Em uma experiência, um mol de eteno a  $20^\circ$  e 1 atm é misturado com a quantidade estequiométrica de ar de combustão ( $O_2 + 3,76 N_2$ ) a  $100^\circ C$  e 1 atm.

Depois de haver sido atingida a temperatura de equilíbrio, a mistura eteno-ar é queimada, produzindo gás carbônico, água e nitrogênio.

Considerando que, na condição de equilíbrio de temperatura, antes da combustão, a mistura eteno-ar pode ser considerada como gás perfeito, determinar:

- a temperatura de equilíbrio da mistura eteno-ar;
- o volume da mistura eteno-ar, após atingida a temperatura de equilíbrio, estando a pressão da mistura a 1 atm.

Dados:

Massa molecular do ar ( $\text{O}_2 + 3,76 N_2$ ) = 29

Massa molecular do eteno = 28

Calor específico do ar ( $\text{O}_2 + 3,76 N_2$ ) =  $0,24 \text{ cal/g } ^\circ C$

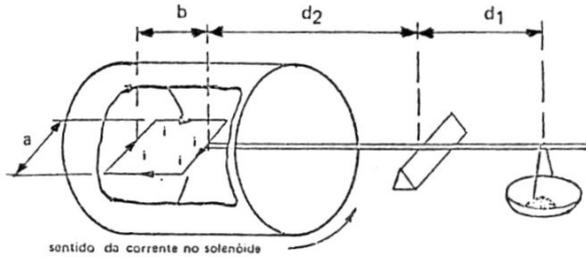
Calor específico do eteno =  $0,36 \text{ cal/g } ^\circ C$

Constante universal dos gases =  $0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} / \text{mol} \cdot \text{K}$

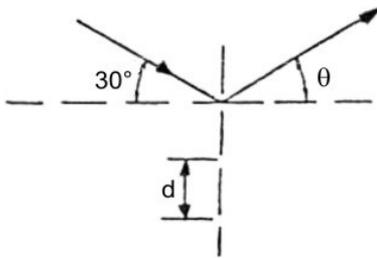
7. Duas esferas condutoras  $A$  e  $B$  de raios  $r$  e  $2r$ , respectivamente, estão isoladas e muito distantes uma da outra. As cargas das duas esferas são de mesmo sinal e a densidade superficial de carga da primeira é igual ao dobro da segunda. As duas esferas são interligadas por um fio condutor. Dizer se uma corrente elétrica se estabelece no fio e, em caso afirmativo, qual o sentido da corrente. Justificar a resposta, em qualquer caso.

8. No interior de um solenóide longo, onde existem um campo de indução magnética  $B$  uniforme e

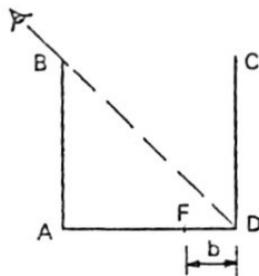
axial, coloca-se uma espira retangular de largura  $a$  e comprimento  $b$ , em posição horizontal, ligada rigidamente a uma balança de braços  $d_1$  e  $d_2$ . Quando não circula corrente na espira, a balança está em equilíbrio. Ao fazer-se passar pela espira uma corrente  $i$ , obtém-se o equilíbrio da balança, colocando-se no prato a massa  $m$ . Determinar o campo de indução magnética  $B$  no interior do solenóide.



9. Numa rede de difração, que tem 500 fendas por milímetro, incide uma onda plana monocromática, de comprimento de onda igual a  $5 \times 10^{-7}m$ . Determinar a maior ordem do espectro  $K$  que poderá ser observada pela incidência de raios, conforme mostra a figura abaixo.



10. Um recipiente cúbico, com paredes opacas, é colocado de tal modo que o olho de um observador não vê seu fundo, mas vê integralmente a parede CD, conforme a figura abaixo.



Determinar o volume de água que é necessário colocar no recipiente, para que um observador possa ver um objeto  $F$  que se encontra a uma distância  $b$  do vértice  $D$ . A aresta do cubo é  $a$  e o índice de refração da água é  $n$ . Dar a resposta em função de  $b$ ,  $a$ ,  $n$  e  $\text{sen } i$ , sendo  $i$  o ângulo de incidência.

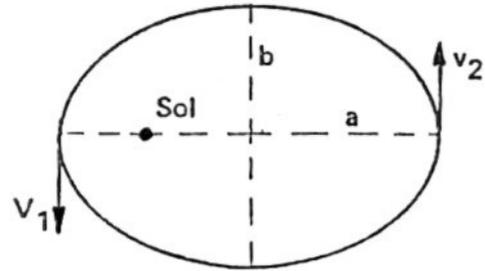
4 **IME 1983/84**

1. A massa de 2,0g de ar, inicialmente a  $17^\circ C$  e 1,64 atm, é aquecida à pressão constante até que seu volume inicial seja triplicado.

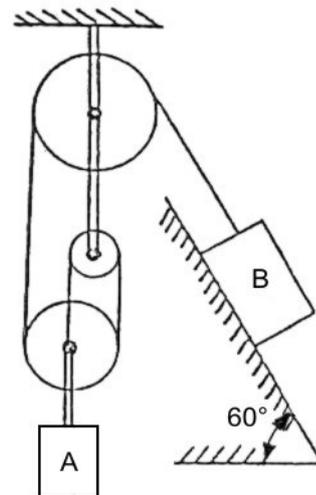
Determinar:

- a) o trabalho realizado;
- b) o calor cedido ao ar;
- c) a variação da energia interna do ar.

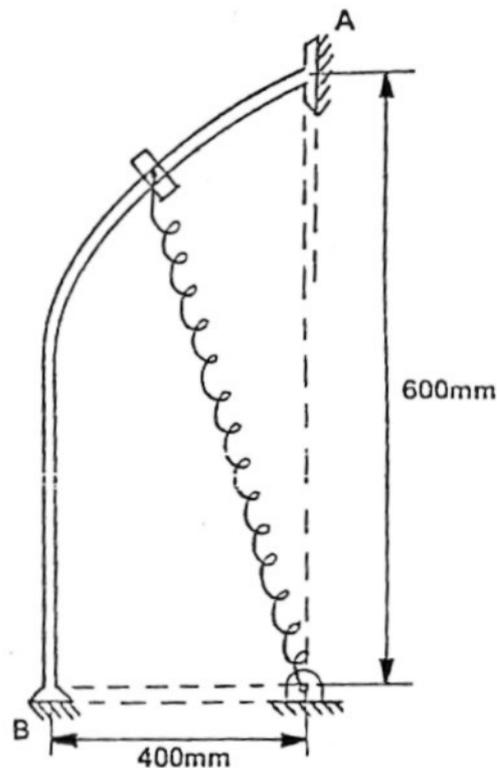
2. Suponha um cometa em órbita elíptica em forma do **????????????????????** eixo maior  $a$  e um semi-eixo menor  $b$ . Determinar a razão entre as velocidades  $\vec{v}_2$  e  $\vec{v}_1$   $\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$  em função da excentricidade e da elipse.



3. Determinar a massa necessária ao bloco A para que o bloco B, partindo do repouso, suba 0,75m ao longo do plano inclinado liso, em um tempo  $t = 2,0s$ . Desprezar as massas das polias e dos tirantes e as resistências passivas ao movimento. A massa do bloco B vale 5,0 kg e a aceleração da gravidade deve ser considerada igual a  $10 \text{ m/s}^2$ .



4. Um cursor de dimensões desprezíveis e de massa  $m = 0,250 \text{ kg}$  está ligado a uma mola cuja constante é  $k = 150 \text{ N/m}$  e cujo comprimento livre vale  $100 \text{ mm}$ . Se o cursor é liberado a partir do repouso em  $A$  e se desloca, ao longo da guia, sem atrito, determinar a velocidade com a qual ele atinge o ponto  $B$ .

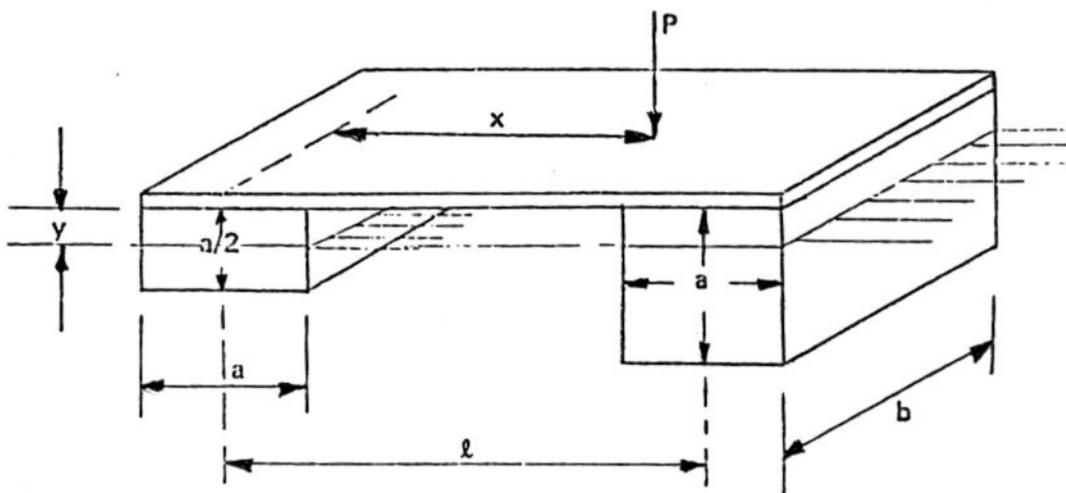


5. Um astronauta de massa  $m$  move-se no espaço interplanetário com velocidade uniforme  $\vec{v}$ . Ele segura um pequeno objeto de massa  $\Delta m$ . Num dado momento, o referido astronauta atira o objeto com velocidade  $\vec{v}_0$ , em relação ao seu movimento inicial. Determinar a distância da posição real do astronauta àquela que este ocuparia se não tivesse lançado o objeto, decorrido um tempo  $t$  após o lançamento.

6. O flutuador da figura é constituído de duas vigas de madeira de comprimento  $b$  e seções  $a \times a$  e  $a \times \frac{a}{2}$ , distantes  $\ell$  de centro a centro. Determinar, em função de  $a$ ,  $b$ ,  $\ell$ ,  $P$  e  $\gamma$  a posição  $x$  da carga  $P$  para que a plataforma permaneça na horizontal.

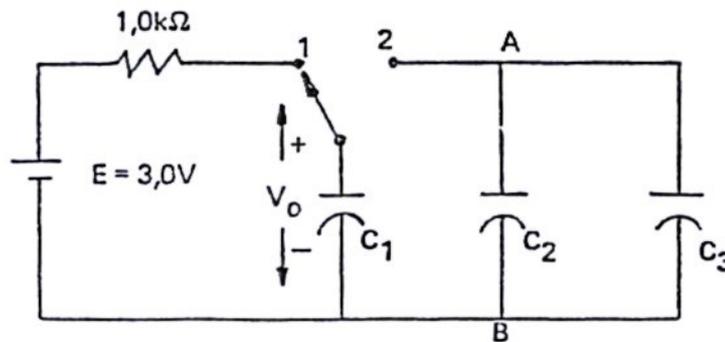
Dados:  $\gamma$  = peso específico da água

Densidade da madeira em relação à água = 0,80

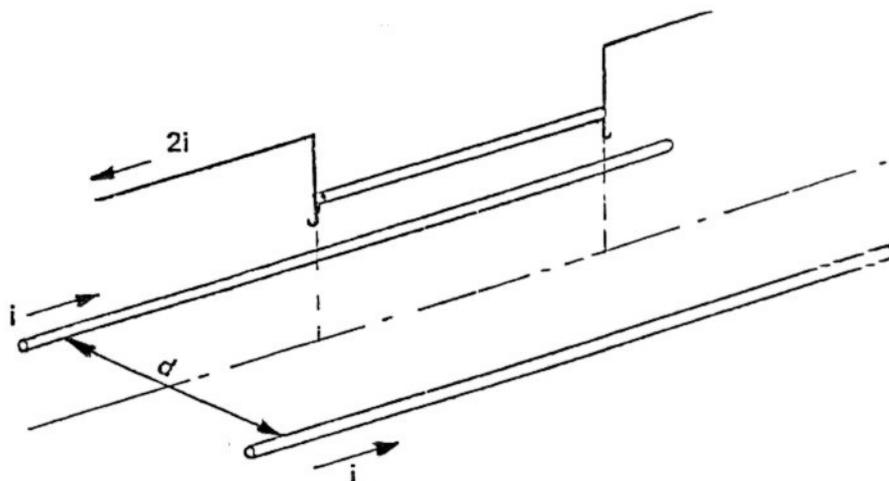


7. Duas fontes sonoras *A* e *B* irradiam uniformemente a uma frequência de 600 Hz cada uma. A fonte *A* está parada, enquanto que a *B* afasta-se da fonte *A* a  $6,00 \times 10$  m/s. Um observador está entre as duas fontes movendo-se, também para a direita, a  $3,00 \times 10$  m/s. Calcular:
- a frequência do som ouvido pelo observador, se a fonte *A* emitisse sozinha;
  - a frequência do som ouvido pelo observador, se a fonte *B* emitisse sozinha;
  - a frequência do batimento do som ouvido pelo observador na emissão simultânea das duas fontes.
- Dado: Velocidade do som no ar  $\rightarrow v = 330$  m/s

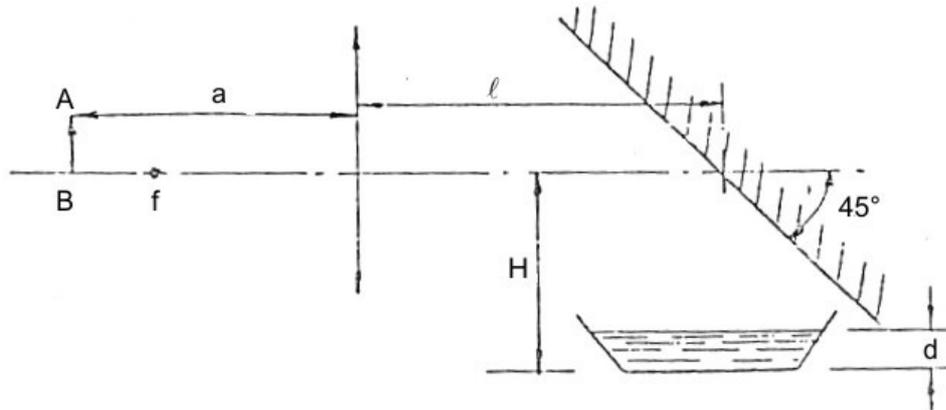
8. No circuito da figura, onde  $C_1 = C_2 = C_3 = 1,0 \mu F$ , o capacitor  $C_1$  é carregado com potencial  $V_0 = 3,0V$  pela bateria. Após um período de tempo suficientemente longo para que a carga de  $C_1$  se complete, a chave é passada da posição 1 para a posição 2. Determinar:
- a diferença de potencial entre os pontos *A* e *B* com a chave na posição 2;
  - a energia armazenada em  $C_1$  quando a chave estava na posição 1;
  - a energia armazenada no sistema de capacitores com a chave na posição 2.



9. Dois fios, finos, longos, paralelos e distanciados de  $d = 2,0 \sqrt{3,0}$  cm, são fixados em um plano horizontal ao ar livre e conduzem correntes de mesmo sentido e igual intensidade *i* ampères. Um terceiro condutor, de comprimento 20m e massa 40g, homogêneo e rígido, pode mover-se por guias condutoras sem atrito, em plano vertical simétrico aos condutores fixos, conduzindo corrente de sentido oposto a destes e de intensidade  $2i$  ampères. Calcular o valor da corrente *i* capaz de permitir o equilíbrio do condutor móvel em posição equidistante  $2,0 \sqrt{3,0}$  cm dos condutores fixos. Usar  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. Desprezar os efeitos das correntes das guias condutoras sobre o condutor móvel.

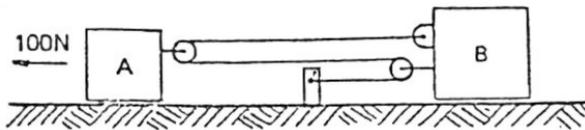


10. Um objeto AB encontra-se a uma distância  $a = 36$  cm de uma lente com distância focal  $f = 30$  cm. A uma distância  $\ell = 1,0$  m, após a lente, foi colocado um espelho plano, inclinado de  $45^\circ$  em relação ao eixo da lente. Determinar a distância  $H$ , entre o eixo óptico e o fundo de uma bacia com água, necessária para que se forme neste uma imagem nítida do objeto. A profundidade da água na bacia é  $d = 20$  cm. Sabe-se que a camada de água, de espessura  $d$ , desloca a imagem de uma distância igual a  $d\left(1 - \frac{1}{n}\right)$ , onde  $n$  é o índice de refração da água. Considerar o índice de refração da água  $n = 1,25$ .

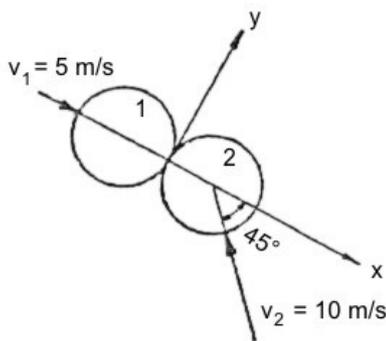


4 **IME 1984/85**

1. Os dois blocos da figura deslizam sobre o plano horizontal sem atrito. Sabendo-se que os pesos dos blocos A e B são, respectivamente, 250N e 375N, determinar a aceleração relativa entre os blocos e a tensão no cabo. Adotar  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



2. Duas bolas de bilhar, do mesmo tamanho e mesma massa, colidem, no plano horizontal, com as velocidades de aproximação e os sentidos mostrados na figura.



Sabendo-se que o coeficiente de restituição é igual a 0,80, determinar:

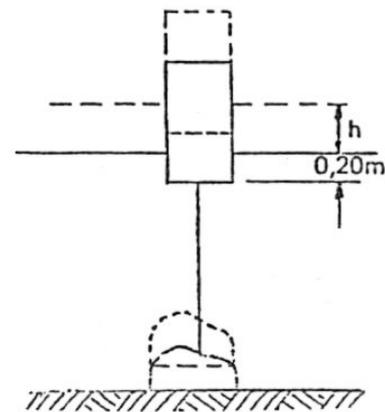
- as velocidades de separação das duas bolas;
- a porcentagem da energia mecânica dissipada no choque.

3. Um planeta hipotético, esférico e de massa homogênea, com massa específica de  $2.500 \text{ kg/m}^3$  e raio de  $10.000 \text{ km}$ , completa seu movimento de rotação em 16 horas e 40 minutos.

Calcular a que altura deve ser colocado um satélite artificial para que mantenha, enquanto em órbita, distâncias constantes em relação a estações de rastreamento fixas na superfície do planeta.

Considerar:  $\mu = 3,0$  e  $K = 6.400 \times 10^{-14} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$  (constante gravitacional).

4. Um cilindro pesando 500N, com  $0,50 \text{ m}^2$  de base, flutua, na posição vertical, quando imerso em água ( $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ), conforme indica a figura abaixo.

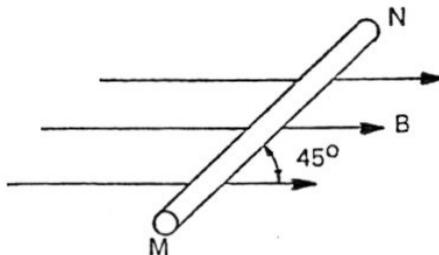


Seu contrapeso é um bloco de  $0,300 \text{ m}^3$  de concreto, de massa específica igual a  $2.500 \text{ kg/m}^3$ . Determinar quanto deverá subir o nível d'água para que o cilindro levante o contrapeso do fundo.

5. Uma arma dispara um projétil de chumbo, verticalmente, alcançando o mesmo a altura de 668 metros. Ao chocar-se com o solo, em seu retorno, o projétil está com uma velocidade de 100 m/s e uma temperatura de 55 °C. Sabendo-se que  $\frac{3}{4}$  do calor gerado por atrito com o ar atmosférico permanecem no projétil, determinar a temperatura do referido projétil no ponto mais alto de sua trajetória.  
Considerar  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $J = 4,2 \text{ Joule/cal}$ , calor específico do Pb = 0,03 cal/g °C.

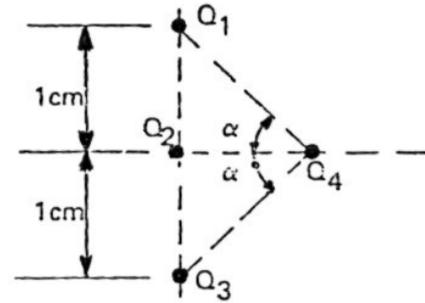
6. Em uma cuba fechada, mediu-se a respiração de uma suspensão de células, observando-se a queda de pressão do gás através da suspensão. O volume de gás na cuba é de 12 cm<sup>3</sup> e a variação de pressão é provocada pela absorção de oxigênio pelas células. Mediu-se a pressão com um manômetro de coluna d'água e regulou-se a temperatura do sistema por um termostato que a manteve em 27 °C. Durante o processo de medida, que durou 25 minutos, o fluido no ramo aberto do manômetro desceu 40 mm. Considerando que existe apenas oxigênio na atmosfera da cuba e desprezando a solubilidade do oxigênio na suspensão, determine a vazão de oxigênio absorvida pelas células, em mm<sup>3</sup>/hO<sub>2</sub> nas condições normais (0 °C e 760 mm Hg).  
Considerar:  
Constante universal dos gases:  $R \cong 8 \text{ J/mol } ^\circ\text{K}$   
Massa específica do Hg: 13,5 g/cm<sup>3</sup>

7. Um segmento MN de um fio condutor move-se na direção vertical, a uma velocidade constante, numa região onde existe um campo magnético/constante, de direção horizontal,  $B = 0,5 \text{ Wb/m}^2$ , dirigido para a direita. O segmento MN mantém a posição horizontal e forma um ângulo de 45° com a direção do campo magnético. Sabendo-se que, nessas condições, estabelece-se um campo elétrico de 1 N/C no condutor, com sentido de M para N, determinar o valor e o sentido da velocidade do condutor.

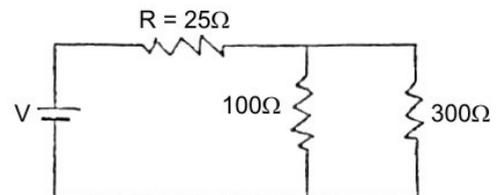


8. Um sistema de cargas elétricas puntiformes é constituído de quatro pequenas esferas, de peso desprezível, dispostas na forma mostrada na figura, dotadas das seguintes cargas elétricas:  
 $Q_1 = Q_3 = 4 \times 10^{-11} \text{ Coulombs}$   
 $Q_2 = Q_4 = -10 \times 10^{-10} \text{ Coulombs}$

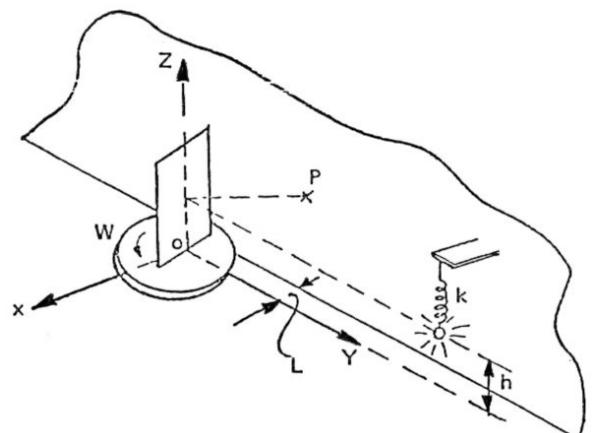
Determinar o valor do ângulo  $\alpha$ , diferente de zero, de posicionamento da esfera de carga  $Q_4$ , de modo que a força atuante nessa carga seja nula.



9. Deixa-se cair uma pedra pesando 10 Newtons de uma altura de 2,5 metros em um recipiente contendo água. Toda a energia cinética da pedra é transferida para a água, cuja temperatura, em consequência, aumenta de um valor  $\Delta T$ . Em uma segunda experiência, o resistor R do circuito abaixo é mergulhado durante 1 segundo em um recipiente idêntico ao primeiro, também contendo água. Se o aumento da temperatura também é  $\Delta T$ , determinar o valor da tensão V aplicada ao circuito. Desprezar o atrito da pedra com o ar.



10. Um espelho plano, de dupla face refletora, gira em torno de um eixo vertical Z, com velocidade angular constante W, conforme indica a figura.



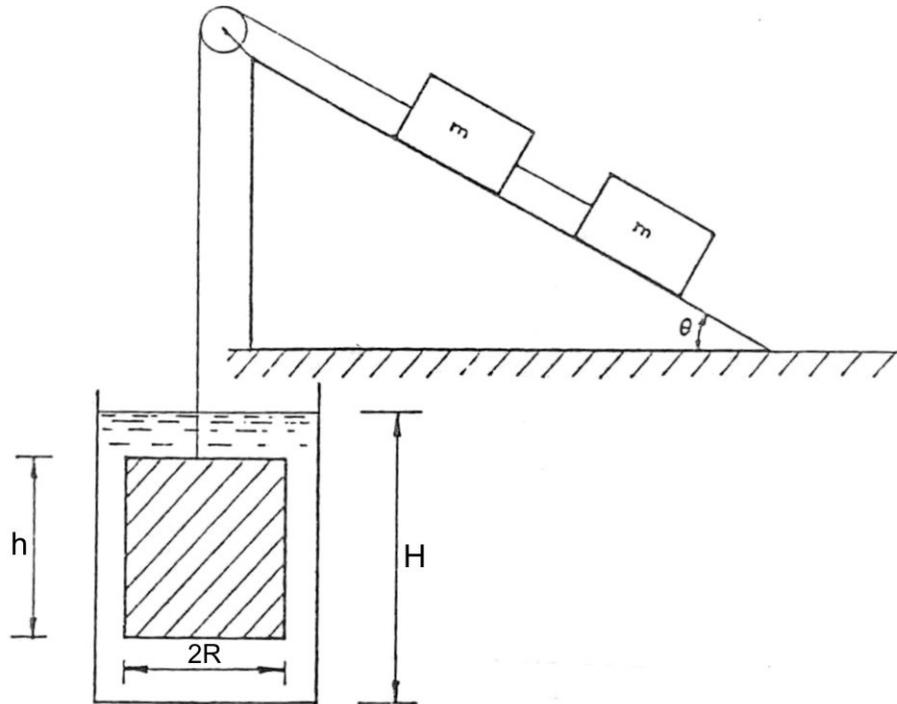
Ao mesmo tempo, um laser colimado na direção  $OY$  e com sentido  $-\vec{j}$ , de massa  $m$ , está preso a uma mola de constante elástica  $k$ . O laser oscila verticalmente com amplitude  $A$ . A velocidade angular de rotação do espelho é  $W = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$ . Sabendo-se que em  $t = 0$  o espelho está paralelo ao plano  $XOZ$  e o laser encontra-se em sua posição mais elevada, definir, para o ponto luminoso  $P$ , projetado no anteparo:

em sua posição mais elevada, definir, para o ponto luminoso  $P$ , projetado no anteparo:

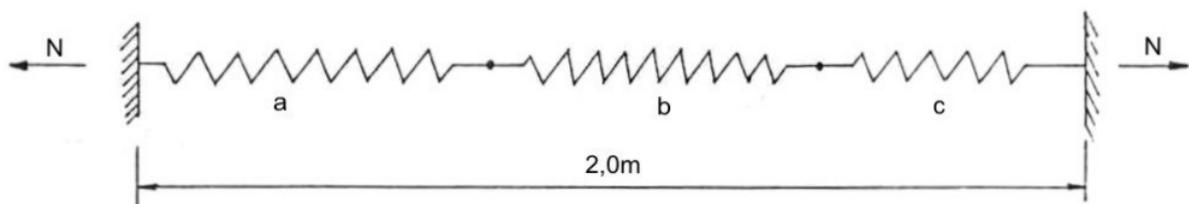
- $Y = f(t, k, m, L)$ , esboçando o gráfico para uma volta completa do espelho;
- $Z = g(k, m, A, t)$ , esboçando o gráfico para uma volta completa do espelho.

#### 4 IME 1985/86

- O cilindro circular reto da figura, de altura  $h$  e raio  $R$ , totalmente submerso no recipiente de água de altura  $H$ , ao ser ligado por um cabo aos dois blocos de mesmo material e massa  $m$ , passa a flutuar, mantendo submersos  $\frac{5}{6}$  de sua altura. Quando o mesmo cilindro, mantido preso, totalmente fora do recipiente, com sua superfície inferior coincidindo com a superfície da água e ligado aos mesmos dois blocos, é liberado, passa a flutuar, mantendo submersos  $\frac{4}{6}$  de sua altura. Sabendo-se que a superfície inclinada onde estão apoiados os blocos é rugosa, determine os coeficientes de atrito entre os blocos e a superfície inclinada.

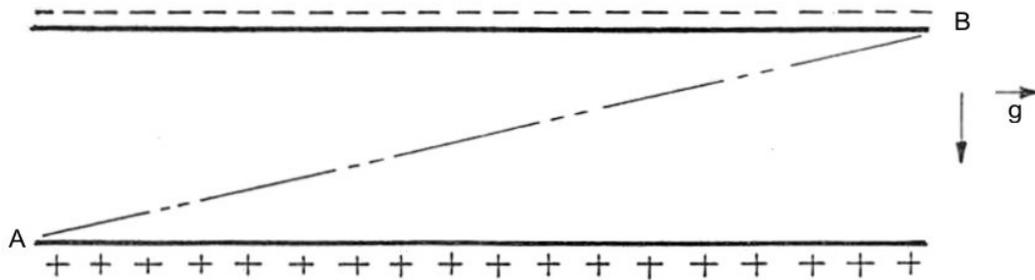


- Três molas,  $a$ ,  $b$  e  $c$ , comprimentos naturais  $l_a = 0,5\text{m}$ ,  $l_b = 0,6\text{m}$  e  $l_c = 0,7\text{m}$ , e constantes elásticas  $k_a = \text{N/m}$ ,  $k_b = 15 \text{ N/m}$  e  $k_c = 18 \text{ N/m}$ , respectivamente. Elas são ligadas entre si e estiradas entre duas paredes distantes  $2,0$  metros uma da outra, onde as extremidades são fixadas, conforme a figura abaixo.



Qual o comprimento de cada uma das molas estiradas, em equilíbrio?

3. Uma partícula de massa  $m$  e de carga elétrica positiva  $q$  é lançada do ponto  $A$ , chegando ao ponto  $B$  através de uma trajetória retilínea. A aceleração gravitacional é  $g$  e o campo elétrico, entre as placas, é constante. Determine, em  $m$ ,  $g$  e  $q$ , a intensidade do campo elétrico entre as placas.

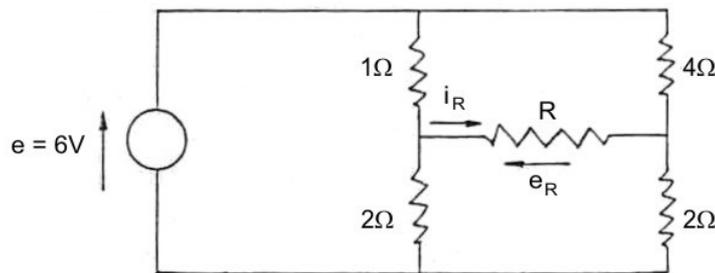


4. O raio e a massa de um planeta  $x$  sem atmosfera valem, respectivamente,  $0,5 R_T$  e  $0,2 M_T$ .  $R_T$  e  $M_T$  são o raio e a massa da Terra. Sendo de  $10 \text{ m/s}^2$  a aceleração da gravidade na superfície da Terra, determine:
- a aceleração da gravidade na superfície do planeta  $x$ ;
  - a velocidade mínima com que um corpo deveria ser lançado do planeta  $x$ , para escapar de seu campo gravitacional.

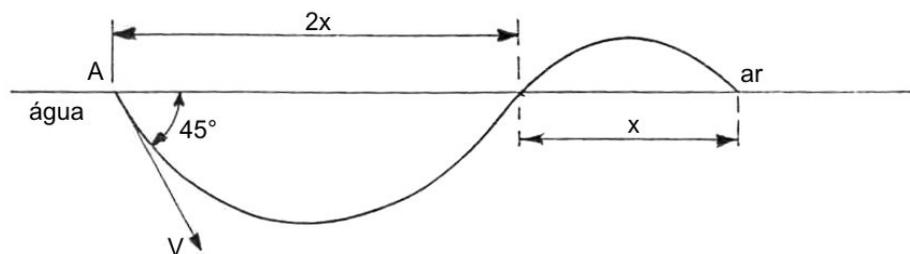
Dado:  $R_T \approx 6,4 \times 10^3 \text{ km}$

5. No circuito abaixo, determine:

- a tensão  $e_R$  e a corrente  $i_R$ , quando  $R$  for igual a  $1 \Omega$ ;
- o valor de  $R$  para o qual a potência dissipada na resistência seja igual a  $\frac{1}{2} \text{ W}$ .



- 6.

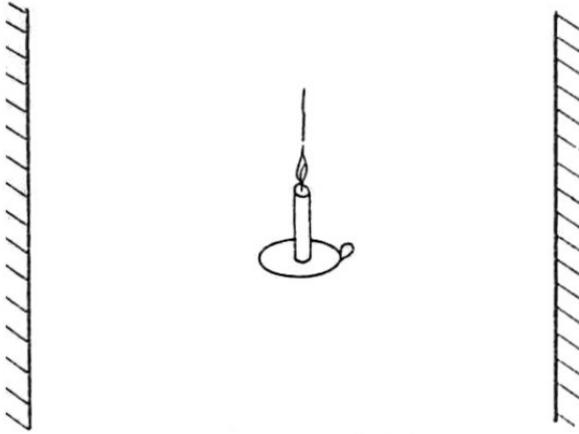


Um corpo homogêneo é lançado do ponto  $A$  na figura, com uma velocidade  $\vec{V}$ , que forma um ângulo de  $45^\circ$  abaixo da horizontal. O corpo percorre uma distância  $2x$  sob a água e sai para o ar, onde percorre uma distância  $x$ , até cair novamente sobre a superfície líquida. Desprezando as resistências da água e do ar ao movimento do corpo, determine a massa específica deste.

Dado:  $\mu_{\text{água}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

7. Na superfície de um planeta hipotético, de raio igual ao da Terra, um pêndulo simples oscila com um período de  $2,0\text{s}$ . Sabendo que, na própria Terra, o período de oscilação do mesmo pêndulo vale  $\sqrt{2} \text{ s}$ , determine a razão entre as massas do planeta e da Terra.

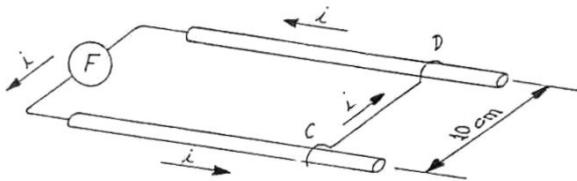
8. Um objeto está colocado a meia distância entre dois espelhos planos e paralelos, como é mostrado na figura.



Se os espelhos se aproximam do objeto na razão de 5 m/s, determine a velocidade relativa entre as duas imagens mais próximas do objeto.

9. Um automóvel de massa igual a 800 kg desloca-se com uma velocidade de 10 m/s. Em um dado momento, dá-se uma explosão interna e o carro parte-se em dois pedaços de 400 kg cada um. Devido à explosão, uma energia de translação de 1.600 Joules é comunicada ao sistema construído pelas duas partes do carro. Ambos os pedaços continuaram a se mover na mesma linha do movimento inicial. Determine o módulo e o sentido das velocidades de cada um dos fragmentos após a explosão.

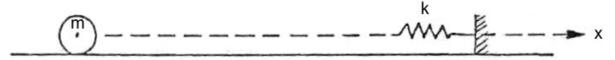
10. A haste condutora rígida  $CD$  de massa 0,05 kg pode deslizar, sem atrito, ao longo de duas guias fixas paralelas, horizontais, distanciadas de 10 cm, como mostrado na figura.



A haste conduz uma corrente  $i = 2A$ , no sentido indicado, mantida constante pela fonte  $F$ , e está submetida a um campo magnético uniforme e constante, dirigido verticalmente de baixo para cima, com valor  $B = 0,05$  weber/m<sup>2</sup>. Indicar o sentido e calcular o valor da velocidade adquirida pela haste em  $t = 2s$ , supondo que ela estivesse em repouso no instante  $t = 0$ .

1. Uma partícula de massa igual a 4,0 kg move-se no eixo  $x$ , segundo a equação  $x = 2t^2 - 3t$ , onde  $x$  é medido em metros e  $t$  em segundos.

No tempo  $t = 3s$ , a partícula choca-se contra uma mola de massa desprezível e coeficiente de elasticidade da mola  $k = 400$  N/cm, conforme a figura abaixo.



Determine a coordenada máxima,  $x_{m\acute{a}x}$ , atingida pela partícula.

2. Uma partícula desloca-se verticalmente, com velocidade crescente, de uma altura de 5m até o solo, em 2s. A representação gráfica do diagrama altura ( $z$ )  $\times$  tempo ( $t$ ), relativa ao seu deslocamento, é o quadrante de uma elipse.

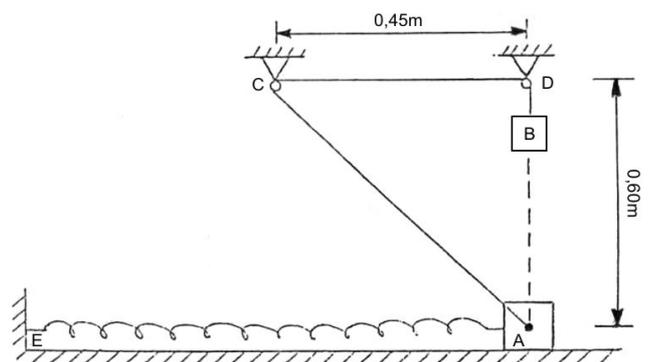
Determine:

- a) o tempo necessário, a partir do início do deslocamento, para que a velocidade da partícula seja de 2,5 m/s;  
 b) a altura em que estará a partícula, quando sua aceleração for de  $\frac{5}{\sqrt{4-t^2}}$  m/s<sup>2</sup>.

3. Na figura abaixo, o corpo  $A$  tem 15 kg de massa e o corpo  $B$  tem 7 kg. A constante elástica da mola é de 8 N/m. Não há atrito no plano horizontal, nem nas polias. Quando o sistema é liberado, na posição mostrada, o corpo  $A$  está parado e a mola apresenta uma força de tração de 60N. Para o instante em que o corpo  $A$  passa sob a polia  $C$ , determine:

- a) a velocidade do corpo  $A$ ;  
 b) a tração na corda.

Aceleração da gravidade:  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>

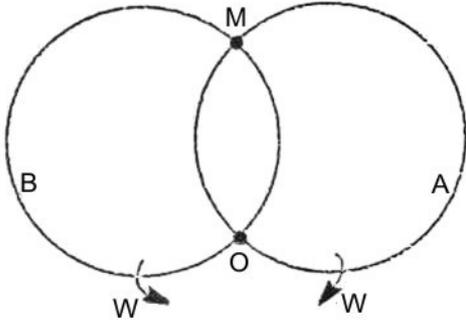


4. Duas circunferências ( $A$ ) e ( $B$ ), de raios iguais ( $r$ ), giram, em sentidos opostos, no plano da figura, em torno de um de seus pontos de interseção  $O$ , fixo, com velocidade angular constante ( $\omega$ ).

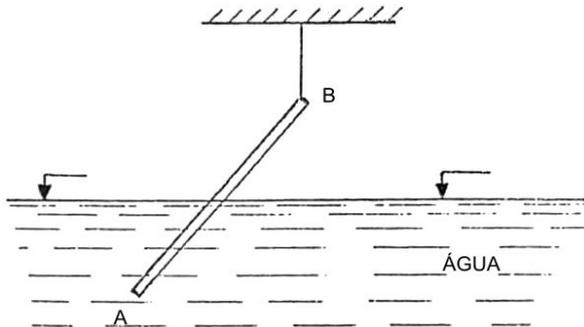
Determine:

- a velocidade ( $v$ ) e a aceleração ( $a$ ), em intensidade e direção, do outro ponto de interseção  $M$ , em seu movimento sobre a circunferência ( $A$ );
- em que posição sobre o segmento  $\overline{OM}$  ( $\overline{OM} > 0$ ) a velocidade do ponto  $M$  é nula, para um observador situado em  $O$ .

Justifique suas respostas.



- Uma barra uniforme e delgada  $AB$  de 3,6m de comprimento, pesando 120N, é segura, na extremidade  $B$ , por um cabo, possuindo, na extremidade  $A$ , um peso de chumbo de 60N. A barra flutua, em água, com metade do seu comprimento submerso, como é mostrado na figura abaixo.



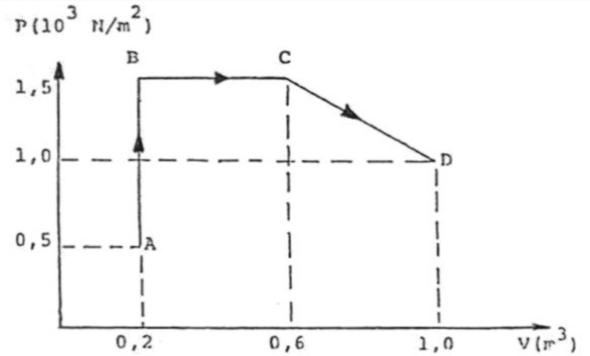
Desprezando o empuxo sobre o chumbo, calcule:

- o valor da força de tração no cabo;
- o volume total da barra.

Dados:  $g = 10 \text{ m/s}^2$  – aceleração da gravidade  
 $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$  – massa específica da água

- Um gás perfeito ao receber 500 cal evolui do estado  $A$  para o estado  $B$  conforme o gráfico:

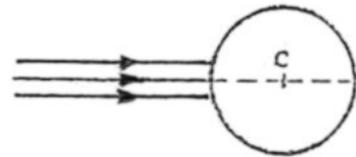
- A tensão  $v(t)$ , definida pelo gráfico 2, é aplicada ao circuito da figura 1, cujos componentes passivos ( $R$  e  $C$ ), invariantes no tempo, são definidos pelas curvas características dadas abaixo (fig. 3 e 4).



Determine:

- o trabalho do gás em cada transformação;
- a variação de energia interna entre  $A$  e  $D$ ;
- a temperatura em  $D$ , sabendo-se que, em  $C$ , era de  $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- Um feixe estreito de raios paralelos incide sobre uma esfera sólida de vidro, como ilustra a figura.



Determine a posição final da imagem.

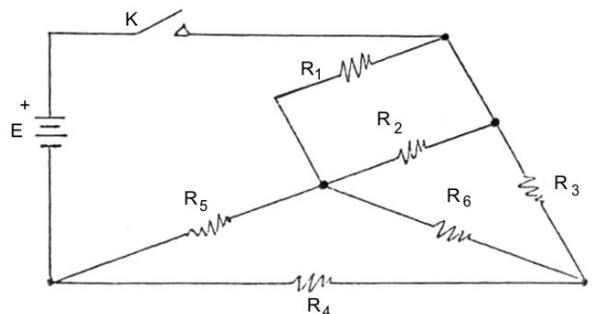
Dados: Índice de refração do vidro = 1,5  
 Raio da esfera = 3 cm

- A figura abaixo representa um circuito resistivo, formado pelos resistores  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  e  $R_6$ , que deve ser alimentado por uma bateria de  $E$  volts. Os resistores são feitos de fios metálicos, todos do mesmo material resistivo.

Os fios dos resistores  $R_1, R_2, R_3, R_5$  e  $R_6$  têm o mesmo comprimento  $\ell$ , e o fio do resistor  $\ell/3$  tem o comprimento.

Todos os fios dos resistores, exceto o de  $R_4$ , têm a mesma seção reta, igual a  $0,5 \text{ mm}^2$ .

Determine a seção reta do fio do resistor  $R_4$  para que seja nula a potência dissipada no resistor  $R_6$ , a partir do fechamento da chave  $K$ .



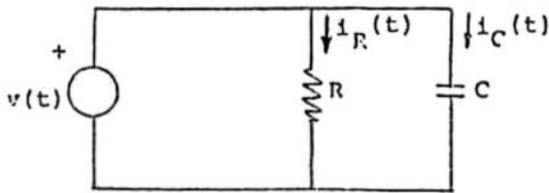


Figura 1

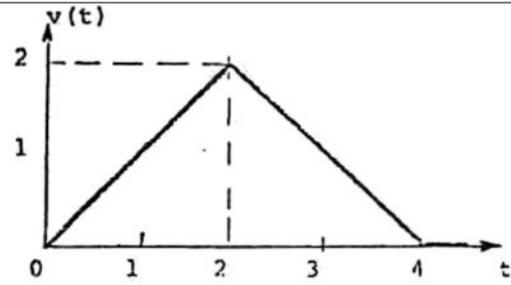


Figura 2

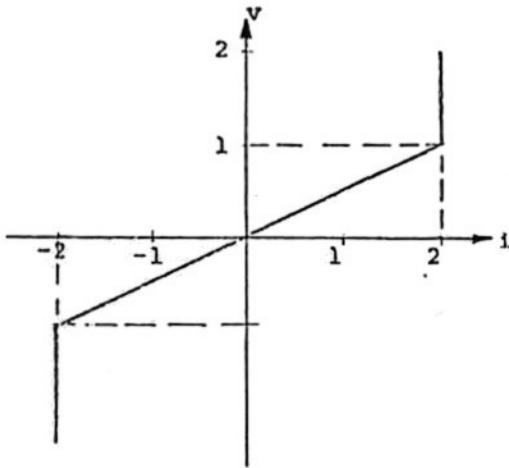


Figura 3

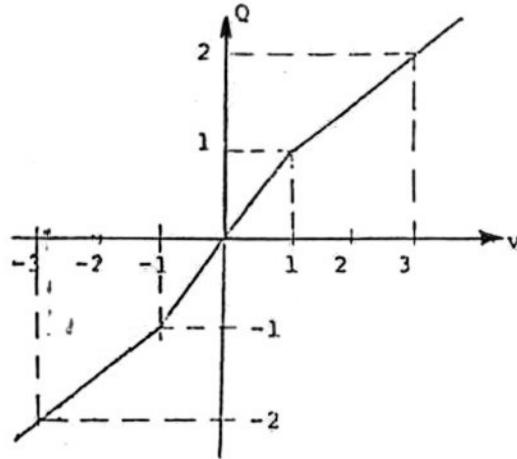


Figura 4

Esboce os gráficos das correntes  $i_R(t)$  e  $i_C(t)$ , em função do tempo.

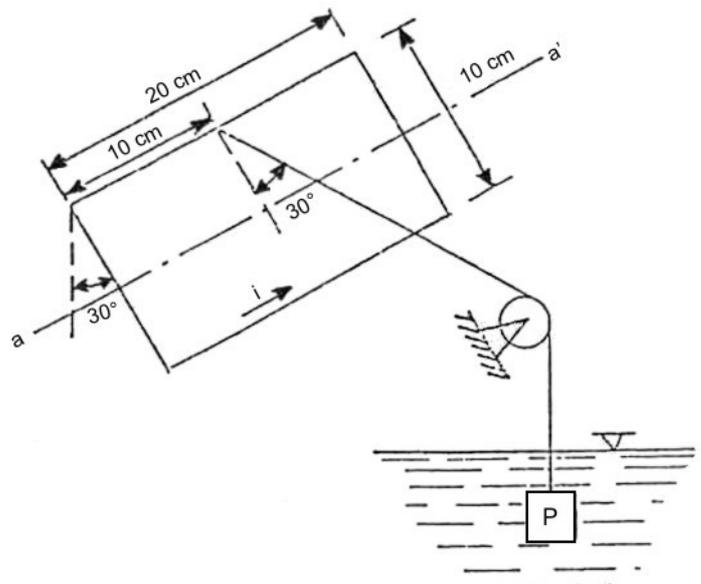
10. A espira condutora retangular, indeformável, mostrada na figura abaixo, conduz uma corrente  $i$  no sentido indicado e está inteiramente submetida a um campo magnético uniforme e constante, dirigido verticalmente de baixo para cima, de intensidade  $B = 0,02T$ . A espira pode girar em torno de seu eixo de simetria  $aa'$ , disposto na horizontal. Determine o valor da corrente  $i$ , que possibilite a sustentação do peso  $P = 0,173N$ , imerso em um líquido de massa específica  $\rho = 1,73 \text{ kg/m}^3$ , sabendo-se que o plano da espira forma um ângulo de  $30^\circ$  com a vertical e, simultaneamente, ângulo de  $30^\circ$  com a corda de sustentação que une a espira ao peso por meio de uma roldana simples. O peso é um cubo de 20 cm de aresta.

Despreze os pesos da espira e da corda de sustentação.

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

$$\text{Seno } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

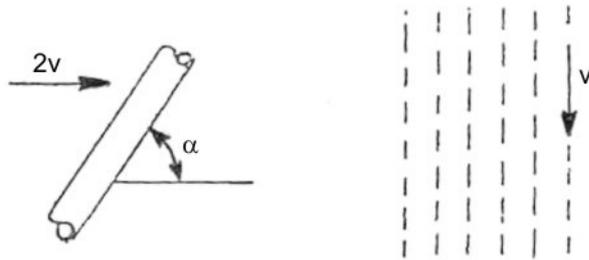
$$\sqrt{3} = 1,73$$



4 **IME 1987/88**

1. A velocidade vertical de uma gota de chuva é constante e igual a  $v$ , enquanto a velocidade de translação horizontal de um cano é constante e

vale  $2v$ . Relativamente à horizontal, determine qual deverá ser a inclinação  $\alpha$  do cano para que a gota de chuva percorra o seu interior sem tocar na parede.



2. Um elevador parte do repouso e sobe com aceleração constante igual a  $2 \text{ m/s}^2$  em relação a um observador fixo, localizado fora do elevador. Quando sua velocidade atinge o valor  $v = 6 \text{ m/s}$ , uma pessoa que está dentro do elevador larga um pacote de uma altura  $h = 2,16 \text{ m}$ , em relação ao piso do elevador. Considerando que o elevador continue em seu movimento acelerado ascendente, determine para o observador fixo e para o localizado no interior do elevador:

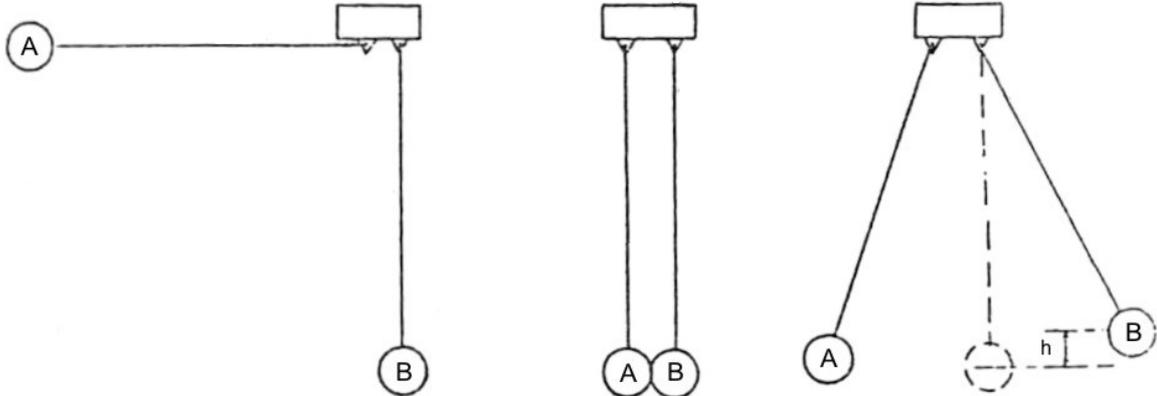
- tempo de queda;
  - distância total percorrida pelo pacote até que este encontre o piso do elevador;
  - se o pacote entra em movimento descendente.
- OBS: Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

3. Uma esfera oca, de ferro, pesa  $300 \text{ N}$ . Na água seu peso aparente é de  $200 \text{ N}$ . Calcule o volume da parte oca da esfera.

Dados: Massa específica do ferro =  $7,8 \times 10^3$   
 $g = 10 \text{ m/s}^2$

4. Um pêndulo A de peso  $P_A = 10 \text{ N}$  é solto, com velocidade nula, de uma posição horizontal e oscila livremente até a posição vertical, atingindo o pêndulo B de peso  $P_B = 17 \text{ N}$ , que está inicialmente em repouso. Os pêndulos têm o mesmo comprimento  $\ell = 0,45 \text{ m}$ . Devido ao choque (com coeficiente de restituição  $e = 0,8$ ), o pêndulo B oscila até uma altura  $h$  desde a sua posição inicial. Calcule esta altura  $h$ .

Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$

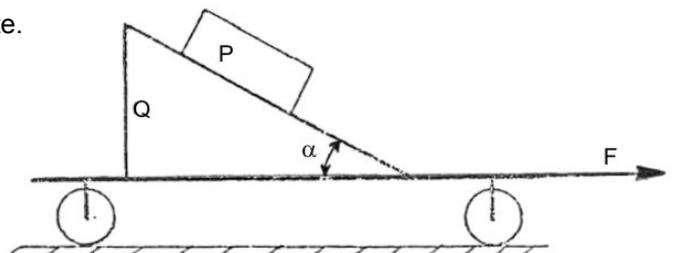


5. Um carro de peso  $Q$ , provido de uma rampa fixa e inclinada de ângulo  $\alpha$ , suporta um bloco de peso  $P$ . O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a rampa vale  $\mu$ . Não há atrito entre o carro e o chão.

Determine:

- o maior valor da aceleração com a qual o carro pode ser movimentado, sem que o corpo comece a subir a rampa;
- a intensidade  $F$  da força horizontal correspondente.

Dados:  $P = 100 \text{ N}$   
 $Q = 500 \text{ N}$   
 $\mu = 0,5$   
 $\cos \alpha = 0,8$   
 $\text{sen} \alpha = 0,6$   
 $g = 10 \text{ m/s}^2$



6. Um projétil de liga de chumbo de 10g é disparado de uma arma com velocidade de 600 m/s e atinge um bloco de aço rígido, deformando-se. Considere que, após o impacto, nenhum calor é transferido do projétil para o bloco.

Calcule a temperatura do projétil depois do impacto.

Dados: Temperatura inicial do projétil: 27 °C

Temperatura de fusão da liga: 327 °C

Calor de fusão da liga: 20.000 J/kg

Calor específico da liga no estado sólido: 120 J/kg °C

Calor específico da liga no estado líquido: 124 J/kg °C

7. Nos pontos A e B do segmento AB, são fixadas cargas elétricas iguais de +Q Coulombs cada uma. Se deixarmos livre no ponto P, situado a x metros de A e a y metros de B, uma carga pontual de massa M kg e + Q<sub>1</sub> Coulombs, essa carga sofrerá uma aceleração de a m/s<sup>2</sup>. Determine a energia armazenada no circuito capacitivo m – n, se ele for carregado com Q<sub>1</sub> Coulombs.

Dados: Q = 16π ε<sub>0</sub> Coulombs

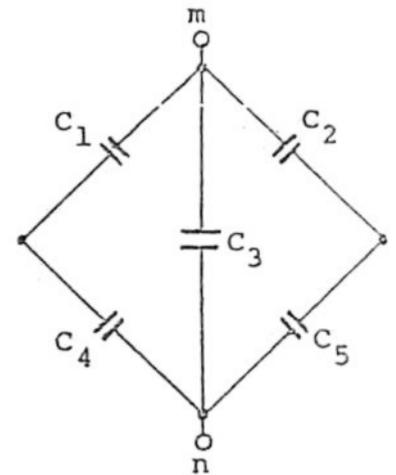
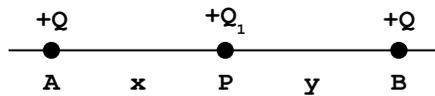
M = 2 × 10<sup>-3</sup> kg

x = 3m

y = 4m

a = 31,5 m/s<sup>2</sup>

C<sub>1</sub> = C<sub>2</sub> = C<sub>3</sub> = C<sub>4</sub> = C<sub>5</sub> = 2μ F



8. O circuito abaixo (figura 1) contém dois resistores não lineares, invariantes no tempo, e uma fonte de tensão constante. Os resistores são definidos por suas respectivas curvas características dadas abaixo (figuras 2 e 3). Determine o valor da corrente i, do circuito.

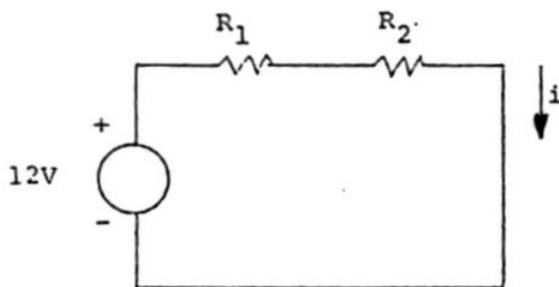


FIGURA 1

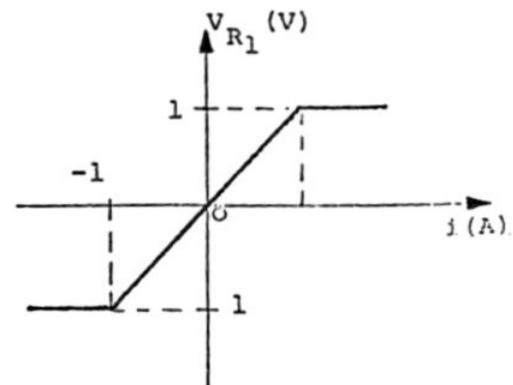


FIGURA 2

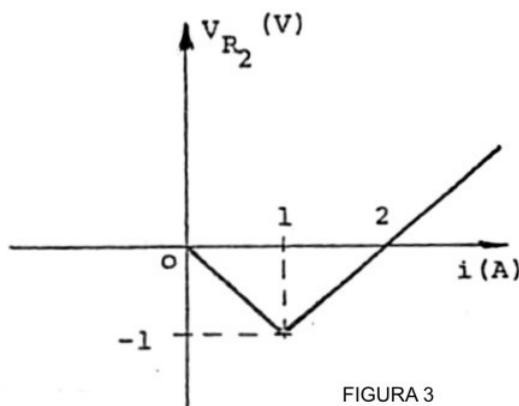


FIGURA 3

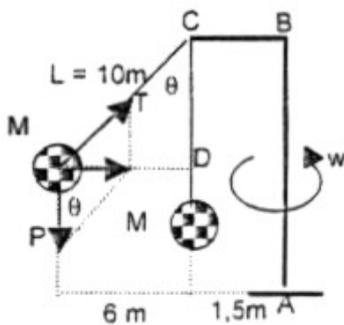
9. Quando uma fonte brilhante de luz é colocada a 30 cm de uma lente, há uma imagem a 7,5 cm da mesma. Há também uma imagem invertida fraca a 6 cm da frente da lente, devida à reflexão em sua superfície frontal. Quando a lente é invertida, a imagem invertida fraca está a 10 cm da frente da lente. Determine:
- a distância focal da lente;
  - os raios de curvatura da lente;
  - o índice de refração do material da lente.

4 **IME 1989**

1. Um carro de corrida de Fórmula 1 parte do repouso, atinge a velocidade de 216 km/h, freia e pára no tempo total de 30 segundos. O coeficiente de atrito entre as rodas e a estrada, que é explorado ao limite durante a frenagem, é  $\mu = 0,5$ . Sabendo que as acelerações, no período de velocidade crescente e no período de frenagem, são constantes, determine:
- a aceleração durante o período em que a velocidade está aumentando;
  - a distância total percorrida ao longo dos 30 segundos.
- Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

2. Um astronauta em traje espacial e completamente equipado pode dar pulos verticais de 0,5 m na Terra. Determine a altura máxima que o astronauta poderá pular em outro planeta, sabendo-se que o seu diâmetro é um quarto do da Terra, e sua massa específica dois terços da terrestre. Considere que o astronauta salte em ambos os planetas com a mesma velocidade inicial.

3. Uma massa  $M = 20 \text{ kg}$  é suspensa por um fio de comprimento  $L = 10 \text{ m}$ , inextensível e sem peso, conforme mostra a figura.

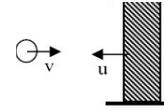


A barra ABC gira em torno do seu eixo vertical com velocidade angular constante de forma que o fio atinge a posição indicada.

Determine:

- a velocidade angular da barra;
  - a tração no fio.
- Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

- 4.



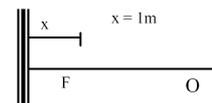
Uma bola elástica de massa  $M$  move-se, com velocidade  $v$ , na direção de um anteparo que se move no sentido contrário, com velocidade  $u$ . Considere a massa do anteparo como infinitamente grande quando comparada com a massa da bola. Determine:

- a velocidade da bola depois do choque;
- o trabalho das forças elásticas durante o choque.

5. Dois recipientes, condutores de calor, de mesmo volume, são interligados por um tubo de volume desprezível e contêm um gás ideal, inicialmente a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Um dos recipientes é mergulhado em um líquido a  $127 \text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto que o outro, simultaneamente, é mergulhado em oxigênio líquido a  $-173 \text{ }^\circ\text{C}$ . Determine a pressão de equilíbrio do gás.

Considere  $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

- 6.

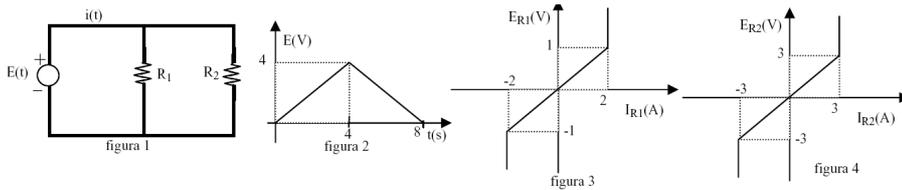


Uma fonte sonora  $F$  produz um som puro com uma frequência que pode ser variada. O observador  $O$  está situado de modo que  $OF$  seja perpendicular a uma parede refletora distante  $x$  de  $F$ . Determine as duas frequências mais baixas para as quais o som ouvido por  $O$  tenha intensidade máxima.

Dados: Velocidade do som =  $340 \text{ m/s}$

7. Três líquidos são mantidos a  $T_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $T_3 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Misturando-se os dois primeiros na razão 1:1, em massa, obtém-se uma temperatura de equilíbrio de  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Procedendo-se da mesma forma com os líquidos 2 e 3 ter-se-ia uma temperatura final de  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Determine a temperatura de equilíbrio se o primeiro e terceiro líquidos forem misturados na razão 3:1 em massa.

8. A tensão  $E(t)$ , definida pelo gráfico mostrado na figura 2 é aplicada ao circuito da figura 1, cujos componentes resistivos, invariantes com o tempo, são definidos pelas curvas características dadas abaixo (figuras 3 e 4). Esboce a forma de onda da corrente  $i(t)$ , total, do circuito em função do tempo.



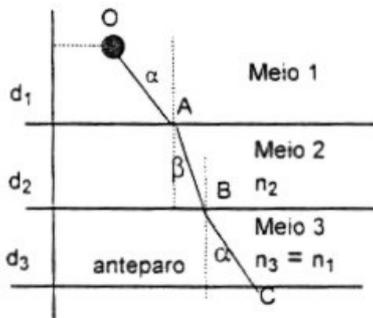
- 9.



Na figura abaixo,  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  são três placas metálicas de mesma área, tendo  $P_1$  massa  $M_1$  e  $P_2$  massa  $M_2$  ( $M_1 > M_2$ ). A placa  $P_3$ , paralela à  $P_2$ , está fixa num pedestal isolante. O fio que liga  $P_1$  a  $P_2$  é isolante e de massa desprezível. Na situação inicial (a da figura), a capacitância entre  $P_2$  e  $P_3$  é  $C_0$ . Determine a expressão literal da capacitância  $C$  entre  $P_2$  e  $P_3$  quando  $P_2$  atingir a altura máxima em relação ao solo.

Dados: Aceleração da gravidade:  $g$   
 Distância inicial entre  $P_2$  e  $P_3$ :  $d_0$   
 Altura inicial de  $P_1$  e  $P_2$  em relação ao solo:  $h$

- 10.



Um raio de luz parte do ponto  $A$  formando um ângulo  $\alpha$  com a normal à superfície de separação entre os meios 1 e 2. Após atravessar os meios 1, 2 e 3 cujos índices de refração são  $n_1$ ,  $n_2$  e  $n_3$  respectivamente, o raio atinge um anteparo. Sabe-se que  $n_3 = n_1$ . As superfícies de

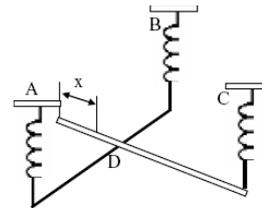
separação entre os meios e o anteparo são paralelas, conforme mostra a figura acima. A velocidade da luz no vácuo é  $c$ . Determine:

- a distância percorrida pelo raio de luz até atingir o anteparo;
- o tempo gasto pela luz para percorrer a distância calculada acima

#### 4 IME 1990

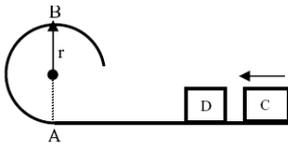
- A potência  $P$  de uma hélice de avião depende do raio  $R$  da hélice, de sua velocidade angular  $\omega$ , e da massa específica do ar  $\mu$ . Um aluno fica em dúvida se a equação correta que liga essas grandezas é  $P = k\omega^3 R^5 \mu$  ou  $P = k\omega^5 R^3 \mu$ , em que  $k$  é uma constante adimensional. Identifique a equação correta e justifique sua afirmação.

- 2.



Ao teto de uma sala, deseja-se prender 3 molas iguais que deverão equilibrar, na horizontal, uma haste rígida, delgada e de peso desprezível, bem como uma viga pesada, homogênea e uniforme, de tal modo que a haste suporte, em seu ponto médio, a viga. Os pontos de fixação, no teto, devem formar um triângulo isósceles de ângulo diferente em  $C$ , determine a distância  $x$  do ponto  $D$ , a partir da extremidade livre, em que a viga deve ser apoiada.

3.



Um bloco C desliza sobre velocidade constante sobre o trecho horizontal da pista e choca-se com o bloco D, de mesma massa, inicialmente em repouso. Em consequência, o bloco D desloca-se e ao passar no ponto mais alto, B, não exerce qualquer esforço sobre a pista. O bloco C continua em movimento e chega a subir na parte curva da pista até uma altura de 0,2 m em relação ao trecho horizontal. Desprezando a resistência do ar e o atrito entre as superfícies, determine a velocidade do bloco C antes do choque.

Dados:  $g = 10\text{m/s}^2$   
 $R = 2,88\text{ m}$

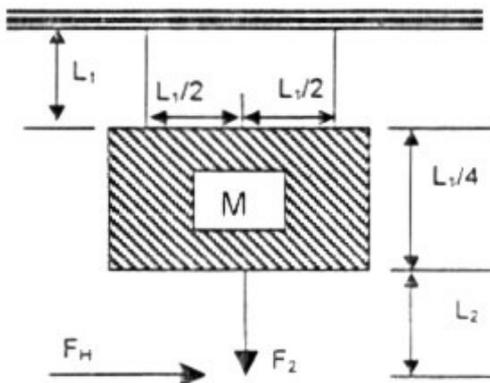
4. Uma bola cai de uma altura  $H = 5\text{ m}$  e saltita sobre uma placa rígida na superfície da terra. Um pesquisador observa que o tempo decorrido entre o início de sua queda e o instante em que a bola atinge a altura máxima após dois choques com a placa é de 3,24 segundos. Desprezando-se as resistências e admitindo que os choques tenham o mesmo coeficiente de restituição, determine:

- a) o coeficiente de restituição dos choques;
- b) a altura máxima após o segundo choque.

Dado:  $g = 10\text{ m/s}^2$

5. Durante um processo, são realizados 100 kJ de trabalho sobre um sistema, observando-se um aumento de 55 kJ em sua energia interna. Determine a quantidade de calor trocado pelo sistema, especificando se foi adicionado ou retirado.

6.



Uma placa infinitamente rígida encontra-se suspensa no teto por duas cordas elásticas de comprimento  $L_1$ . Uma terceira corda, igualmente elástica e de comprimento  $L_2$ , tem uma extremidade fixada à placa e outra submetida a uma força vertical  $F_2$ . Num dado instante, um pulso horizontal  $F_H$  é aplicado nesta última extremidade. Determine o tempo transcorrido entre a aplicação do pulso e a chegada das ondas transversais no teto, considerando a massa das cordas desprezível na presença da massa da placa e uma tração constante ao longo das cordas.

Dados: Massa da placa:  $M = 210\text{ kg}$ ;  
 Comprimento  $L_1 = 0,5\text{m}$ ; comprimento  $L_2 = 1,0\text{m}$ ; força  $F_2 = 300\text{N}$ ; aceleração da gravidade:  $g = 10\text{ m/s}^2$ ;  
 Massa por unidade de comprimento das cordas:  $\mu = 0,030\text{ kg/m}$

7.

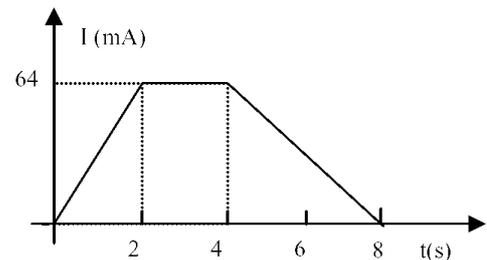


Quer-se construir um recipiente de material opaco, em forma de cone, com uma determinada altura  $h$ . O recipiente deve ser construído de modo tal que, quando totalmente cheio de um líquido, permita a qualquer observador localizado num ponto acima do plano definido pela superfície livre do líquido, visualizar o vértice inferior do recipiente.

Considere: índice de refração do ar = 1; índice de refração do líquido =  $n$ .

Determinar o raio da base do recipiente, em função do  $h$  e  $n$ .

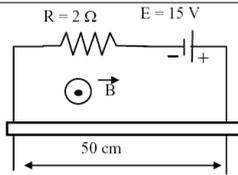
8.



A intensidade da corrente elétrica em um condutor metálico varia, com o tempo, de acordo com o gráfico abaixo. Sendo a carga elementar de um elétron igual a  $1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$ , determine:

- a) a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor em 8 segundos;
- b) o número de elétrons que atravessa uma seção do condutor durante esse mesmo;
- c) a intensidade média da corrente entre os instantes zero de oito segundos.

9.

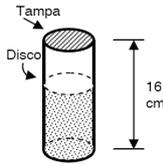


A barra condutora  $AB$  com 50 cm de comprimento, 5N de peso e resistência elétrica desprezível cai verticalmente com velocidade constante, fazendo contato com dois trilhos verticais, paralelos e sem atrito com resistências também desprezíveis, conforme mostra a figura abaixo. Perpendicularmente ao plano dos trilhos existe um campo de indução magnética uniforme  $B$  com intensidade de 0,5T.

Determine:

- a corrente na resistência  $E$ ;
- a velocidade da barra  $AB$ .

10.



Na figura acima, vê-se um tubo cuja parede é de material isolante elétrico. A tampa do tubo é metálica e está fixa. Um disco, também metálico, de raio igual ao da tampa, desliza sem atrito com a parede, ficando sempre paralelo à tampa, e mantendo fechado um gás perfeito na parte inferior do tubo. Entre a tampa e o disco existe vácuo. Inicialmente, o volume ocupado pelo gás é de  $80 \text{ cm}^3$ , na pressão  $P_1$ . A pressão subirá isotermicamente para um valor  $1,01 P_1$ , quando o disco metálico descer até 15 cm do fundo do tubo. Neste instante, aplica-se uma tensão de 10000 volts entre a tampa e o disco móvel. Calcule a energia elétrica armazenada entre as duas peças metálicas.

Dados: Altura do tubo: 16 cm

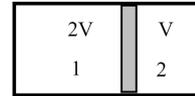
Permissividade do vácuo  $\epsilon_0 = 0,85 \times 10^2 \text{ C}^2/\text{N.m}^2$ .

4 **IME 1991**

- As transformações politrópicas dos gases perfeitos são regidas pela equação  $PV^n = K$ , onde  $P$  é a pressão do gás,  $V$  o seu volume e  $n$  e  $K$  são constantes. Determine o valor de  $n$  para que a constante  $K$  tenha a equação dimensional de trabalho.

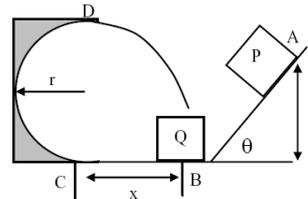
- Um observador escuta a buzina de um carro em duas situações diferentes. Na primeira, o observador está parado e o carro se afasta com velocidade  $V$ ; na segunda, o carro está parado e o observador se afasta com velocidade  $V$ . Em qual das duas situações o tom ouvido pelo observador é mais grave? Justifique sua resposta.

3.



Observe a figura acima. Os dois compartimentos, isolados entre si, contêm um gás perfeito, à mesma temperatura, e são separados por um êmbolo livre. Na situação mostrada,  $V_1 = 2V_2$ . Através de um processo isotérmico, retira-se parte da massa do compartimento até que o novo volume de seja o dobro de 1. Determine a fração de massa retirada do compartimento 1.

4.



A figura mostra um bloco "P" de massa 10 kg que parte do repouso em "A" e desce o plano inclinado com atrito cujo coeficiente cinético é  $\mu = 0,2$ . Em "B", o bloco "p" choca-se com o bloco "Q" de massa 2 kg, inicialmente em repouso. Com o choque, "Q" desloca-se na pista horizontal, desliza sobre sua parte semicircular e vai cair sobre o ponto "B". Sabendo que as partes horizontal e semicircular da pista não têm atrito e que o coeficiente de restituição entre "P" e "Q" é 0,8, determine a altura "h".

Dados:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

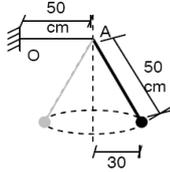
$r = 2,5 \text{ m}$

$x = 2\sqrt{11} \text{ m}$

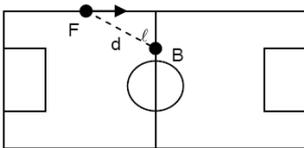
$\theta = 45^\circ$

OBS.: Despreze a resistência do ar e as dimensões dos blocos.

5. Um fio preso na extremidade  $O$  atravessa a argola fixa  $A$  e sustenta um corpo de massa  $m = 3,2 \text{ kg}$ . A densidade linear de massa do fio é de  $4 \text{ g/m}$ . O corpo move-se formando um pêndulo cônico conforme a figura. Determine a menor frequência possível para uma onda estacionária que oscile na parte horizontal do fio.  
 Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

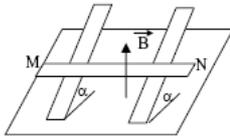


- 6.



Um jogador de futebol do Flamengo ( $F$ ) conduz a bola aos pés, por uma reta junto à lateral do campo, com uma velocidade constante  $V_1$ , em direção à linha divisória do gramado. Um atleta do Botafogo ( $B$ ), situado na linha divisória, avalia estar distante  $d$  metros do adversário e metros da lateral e parte com velocidade constante  $V_2 > V_1$  em busca do adversário, para interceptá-lo. Determine em que direção deve decidir correr o jogador botafoguense.

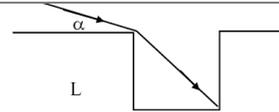
- 7.



Uma barra condutora  $MN$ , de massa  $m \text{ [kg]}$ , de resistividade  $\rho \text{ [\Omega m]}$ , submetida a uma tensão  $V \text{ [V]}$  entre suas extremidades, apóia-se em dois trilhos condutores e paralelos, que formam com a horizontal um ângulo  $\alpha \text{ [}^\circ\text{]}$ . Não há atrito entre a barra e esses condutores e o conjunto está imerso em um campo magnético uniforme vertical, de intensidade  $B \text{ [T]}$ . A barra permanece em repouso na posição indicada. Determine:

- o sentido da corrente na barra;
- a seção reta da barra.

- 8.



Um poço tem seção reta quadrada, de lado  $L$ . Duas de suas paredes opostas são metálicas. Enche-se o poço, até a borda, com um líquido de constante dielétrica  $k$  e índice de refração  $n$ . Fazendo-se incidir um raio luminoso monocromático em uma borda, com um ângulo em relação à horizontal, o raio entrante atinge exatamente a aresta interna oposta, no fundo do poço. Dê, em função dos dados do problema, a expressão da capacitância entre as duas placas metálicas do poço cheio pelo líquido.

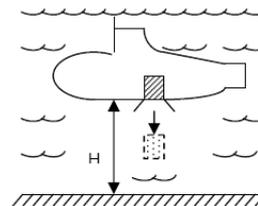
Dado: Permissividade do vácuo:  $\epsilon_0$

9. Três baterias exatamente iguais (mesma f.e.m. e mesma resistência interna) são ligadas conforme indicado na figura abaixo.



Determine a d.d.p. medida pelo voltímetro entre os pontos  $A$  e  $B$ , justificando sua resposta.

- 10.



Um submarino inimigo encontra-se a uma altura  $H$  do fundo do mar, numa região onde a gravidade vale  $g$  e a água pode ser considerada um fluido não viscoso, incompressível, com massa específica  $\rho$ . Subitamente, a nave solta do seu interior uma misteriosa caixa cúbica de volume  $h^3$  e massa específica  $1,2\rho$ . Determine o tempo que a caixa gasta até tocar o solo.

Dados:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$H = 7,5 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 2 \text{ m}$$

1. Seja a equação  $T = 2M^a K^b L^c$ , onde  $T$  é o tempo,  $M$  é a massa,  $K$  é  $\frac{\text{força}}{\text{comprimento}}$  e  $L$  é comprimento. Para que a equação seja dimensionalmente homogênea, determine os valores de  $a$ ,  $b$  e  $c$ .

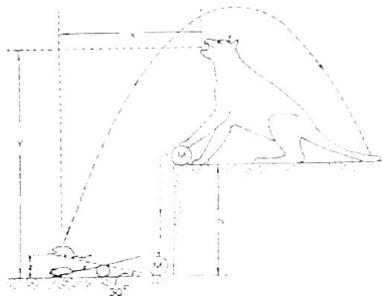
2. Determine se a temperatura do sistema aumenta, diminui ou permanece constante em cada uma das situações abaixo. Justifique as suas conclusões a partir da Primeira Lei da Termodinâmica.

- a) O sistema não realiza trabalho, recebe 120J de energia térmica e rejeita 80J.
- b) O sistema não realiza trabalho, recebe 20J de energia térmica e rejeita 80J.
- c) O sistema recebe 100J de energia térmica e realiza um trabalho de 100J.
- d) O sistema sofre um trabalho de 50J e rejeita 40J de energia térmica.

**Informação:** A temperatura de um sistema aumenta quando a energia interna aumenta.

3. Sabemos que a luz é uma onda eletromagnética e que o som é uma onda mecânica. Por que, então, observamos normalmente em nossa vida cotidiana difração do som e não observamos difração da luz?

4.

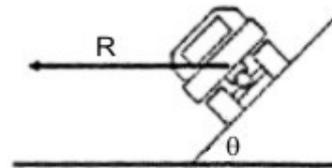


Na borda de uma mesa há várias esferas pequenas de massas variadas. No solo, sobre a extremidade de uma gangorra, está um rato de 200g de massa, como mostra a figura acima. Um gato empurra uma esfera de massa  $M$  para cair na extremidade da gangorra oposta ao rato, na esperança de que este seja arremessado diretamente à sua boca, ao passar pelo ponto mais alto da trajetória. O rato arremessado pela gangorra, passa sobre a cabeça do gato, cai sobre a sua cauda e foge. O gato desapontado, pede que você determine qual deveria ter sido a

massa  $M$  da esfera para que seu plano tivesse dado certo.

Dados:  $h = 1\text{m}$ ;  $y = 1,6\text{m}$ ;  $x = \frac{3}{\sqrt{3}}\text{m}$ ;  $z = 0,6\text{m}$

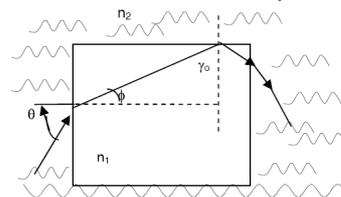
5. Considere o veículo de massa  $M$  percorrendo uma curva inclinada, de ângulo  $\theta$ , com raio  $R$  constante, a uma velocidade  $V$ . Supondo que o coeficiente de atrito dos pneus com o solo seja  $\mu$ , calcule as velocidades mínima e máxima com que este veículo pode percorrer esta curva, sem deslizamento.



6. Foi estabelecido vácuo entre dois hemisférios ocos de raio  $R$  e com espessura de parede desprezível. A diferença de pressão entre o interior e o meio exterior é  $P$ . Determine o valor da força necessária para separar os hemisférios.

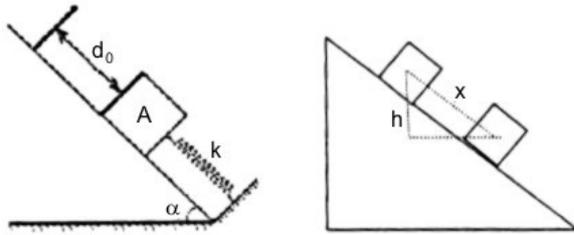


7. Um raio de luz incide sobre a face vertical esquerda de um cubo de vidro de índice de refração  $n_1$ , como mostrado na figura. O plano de incidência é o da figura e o cubo está mergulhado em água com índice de refração  $n_2$ . Determine o maior ângulo que o raio incidente pode fazer com a face vertical esquerda do cubo para que haja reflexão interna total no topo do cubo.

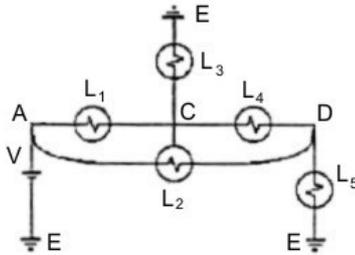


8. Determine o comprimento  $L$  mínimo de um espelho de parede, de modo que uma pessoa com altura  $x$  possa se ver por inteiro no espelho, desde o topo da cabeça até os pés.

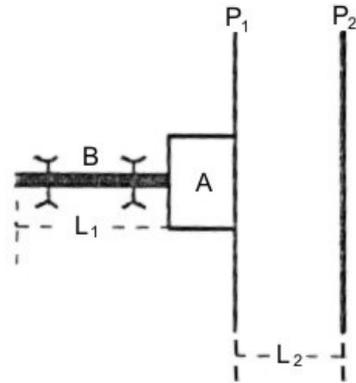
9. No circuito mostrado na figura existem cinco lâmpadas iguais. Quatro estão acesas e uma apagada. Determine a lâmpada que está apagada e justifique sua resposta.



10. Na figura abaixo, o bloco A é um cubo de aresta  $a$  e massa específica  $\rho$ . Sua face superior e esquerda está coberta por uma fina placa metálica de massa desprezível, paralela a uma placa quadrada  $P$ , metálica, de lado  $a$ , fixada na rampa, a uma distância do bloco, o qual oscila sem atrito sobre a rampa partindo da posição indicada na figura. Sabendo que a aceleração da gravidade é  $g$ , a permissividade do ar é  $0$  e a capacitância mínima entre as placas é  $C$ , determine a expressão literal da constante de mola  $K$  (no instante da figura, a força da mola é nula).

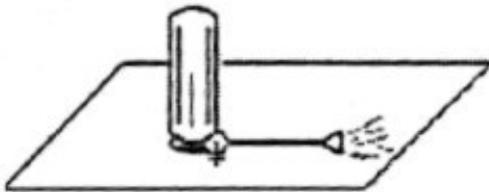


3. Entre duas placas metálicas iguais e paralelas,  $P_1$  e  $P_2$ , inicialmente afastadas de  $d_1$  metros, há uma tensão elétrica de  $V_1$  volts. A placa  $P_1$ , mantendo-se sempre paralela a  $P_2$ , pode mover-se apoiada ao bloco isolante termoeletrônico "A" fixado no extremo de uma barra metálica "B", de comprimento  $L_1$  metros, a qual está inicialmente à temperatura de  $t_1$  °C. Aquecendo-se a barra até  $t_2$  °C, a tensão entre as placas fica igual a  $V_2$  volts. Determine, em função dos dados, a expressão literal da constante de dilatação térmica linear,  $\alpha$ , da barra "B". Despreze as massas do bloco "A" e da placa  $P_1$  e suponha o bloco "A" indeformável.



4 **IME 1994**

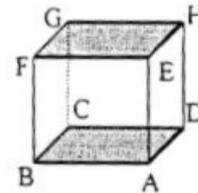
1.



Um extintor é colocado em repouso sobre uma superfície áspera e, em seguida, é aberta a torneira da mangueira. Admitindo que a massa líquida seja expelida com velocidade  $v$  constante, a mangueira tenha raio de seção reta  $r$ , que o líquido tenha densidade  $\rho$ , e que a mangueira permaneça esticada na horizontal, determine a força horizontal que a superfície deve exercer sobre o extintor para mantê-lo parado onde foi deixado.

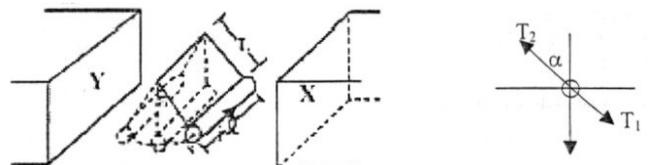
2. Uma pequena esfera está suspensa por um fio ideal que está preso ao teto de um vagão. O trem faz uma curva plana horizontal de raio  $r$ , com velocidade  $v$  constante. Determine o ângulo  $\theta$  que o fio forma com a direção vertical.

4.



Um cubo de 4 centímetros de aresta, feito de material dielétrico, tem a face inferior ( $ABCD$ ) e a face superior ( $EFGH$ ) cobertas por finas placas metálicas quadradas, entre as quais há uma tensão elétrica de 173 volts (a placa superior é a de potencial mais positivo). Calcule o trabalho necessário para se levar uma partícula de massa desprezível, carregada com  $+2 \cdot 10^{-6}$  Coulombs, do ponto "A" para o ponto "H".

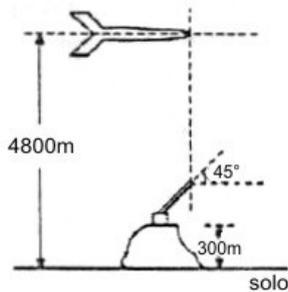
5. Um fio de cobre, de comprimento  $l$ , seção  $S$ , percorrido por uma corrente elétrica  $i$ , balança entre as faces  $X$  e  $Y$  de um ímã, suspenso por tirantes rígidos (de massa desprezível) de comprimento  $L$ . Na posição mostrada na figura abaixo, determine:



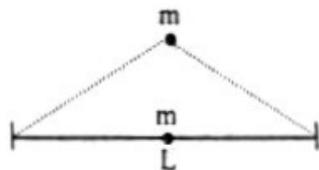
- a) a direção e sentido do campo magnético gerado pelo ímã, para manter o fio de cobre na posição indicada na figura;
- b) a expressão da corrente elétrica  $i$  para que o fio de cobre permaneça na posição mostrada na figura;
- c) o sentido da corrente  $i$ .

Dados: A massa específica do cobre é igual a  $\rho$  e a aceleração da gravidade a  $g$ .  
 $\alpha$  = ângulo entre  $L$  e a vertical

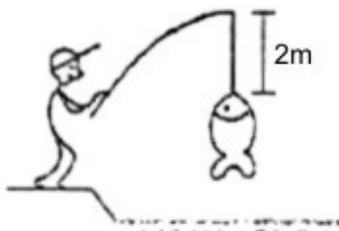
6. Um míssil viajando paralelamente à superfície da terra com uma velocidade de 180 m/s, passa sobre um canhão à altura de 4800m no exato momento em que seu combustível acaba. Neste instante, o canhão dispara a  $45^\circ$  e atinge o míssil. O canhão está no topo de uma colina de 300m de altura. Sabendo-se que a aceleração local da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , determine a altura da posição de encontro do míssil com a bala do canhão, em relação ao solo. Despreze a resistência do ar.



7. Uma corda, presa, nas duas extremidades, possui um corpo fixo de massa  $m$ , localizado no meio do seu comprimento. Ao ser distendida, como mostra a figura, fica sujeita a uma força de tração  $f$ . Determine a frequência das pequenas oscilações do corpo fixo, quando se libera a corda. Despreze a massa da corda e a ação da gravidade.



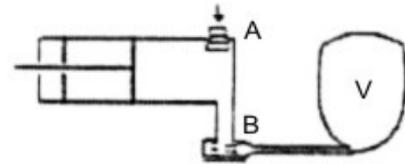
8.



Um pescador desenvolveu um método original de medir o peso dos peixes pescados. Ele utiliza uma vara com uma linha de 2 m de comprimento e um freqüencímetro. Ao pescar um peixe, ele "percute" a linha na posição da figura e mede a frequência do som produzido. O pescador quer

selecionar uma linha adequada, de modo que para um peixe de peso 10N ele obtenha uma frequência fundamental de 50 Hz. Determine a massa (em gramas) da linha que deve ser utilizada para obter o resultado desejado.

9.



Pretende-se colocar ar sob pressão em um reservatório de volume  $V$ . A operação se faz isotermicamente. Utiliza-se uma bomba mostrada na figura onde as válvulas  $A$  e  $B$  impedem o fluxo do ar em sentido inverso ao indicado pelas setas. O volume da bomba descomprimida (a pressão atmosférica) é  $V_0$ .

- a) Estando inicialmente o reservatório na pressão atmosférica, determine a expressão da pressão absoluta no reservatório após  $N$  compressões da bomba;
- b) Voltando à condição inicial, considere agora a operação como adiabática e determine a expressão da pressão absoluta no reservatório após  $N + 1$  compressões da bomba.

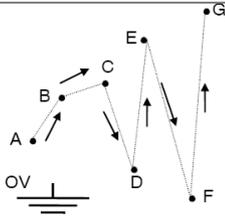
OBS.: Dê as respostas em função das variáveis  $p_{atm}$ ,  $V$ ,  $V_0$ ,  $N$  e  $g$ . Considere o ar um gás perfeito.

10. Uma fonte sonora é arremessada verticalmente a partir da superfície da Terra. O som emitido no momento em que a fonte atinge o ponto mais alto da trajetória é ouvido por um observador que está imóvel no ponto de lançamento com uma frequência de 400 Hz. Desprezando os efeitos do atrito com o ar e da rotação da Terra, determine a frequência com que o observador ouvirá um som emitido 17 segundos após o início da descida.

Dados: Aceleração da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
 Velocidade do som:  $v_{som} = 340 \text{ m/s}$

4 **IME 1995**

1. A figura abaixo representa vários pontos imersos num campo elétrico. Pede-se:

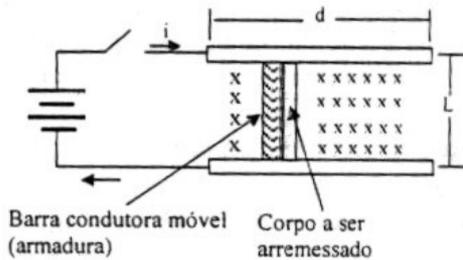


- a) determine o trabalho elétrico necessário para levar uma carga puntiforme de  $+2 \mu\text{C}$  do ponto A para o ponto G, seguindo o itinerário ABCDEFG, mostrado na figura;
- b) determine a energia que seria armazenada num capacitor de  $2 \mu\text{F}$  se ele fosse ligado entre os pontos C e F.

Dados: Tensões nos pontos:

$V_A = +2\text{V}$   
 $V_B = +3\text{V}$   
 $V_C = +3\text{V}$   
 $V_D = -1\text{V}$   
 $V_E = +4\text{V}$   
 $V_F = -2\text{V}$   
 $V_G = +6\text{V}$

2. A figura abaixo mostra um canhão magnético sem atrito, que tem dimensões  $d = 10\text{m}$ ,  $L = 0,1\text{m}$  e campo magnético  $B = 100\text{T}$ .

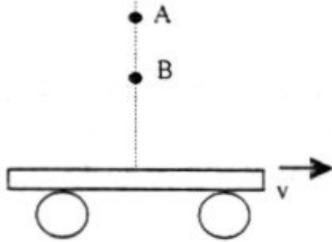


Determine a corrente na armadura necessária para acelerar  $100\text{g}$  (incluindo a armadura) de zero a  $11,3 \text{ km/s}$  no final do canhão.

3. Um tanque rígido contém um determinado gás a uma temperatura de  $300\text{K}$ . Durante o seu transporte o tanque fica exposto à incidência de energia solar absorvendo  $40 \text{ kJ/h}$ . Considerando um período de três horas de exposição, determine:
- a) o trabalho realizado pelo gás. Justifique sua resposta;
- b) a temperatura final do gás.
- Dado: Capacidade térmica do gás:  $2\text{KJ/K}$
4. Um feixe de luz com polarização plana é combinado com um feixe de luz com polarização circular. Quando o feixe composto atravessa uma placa polarizadora, observa-se que a intensidade da luz transmitida varia por um fator de 7, dependendo da orientação da placa.

Determine as intensidades relativas do dois feixes.

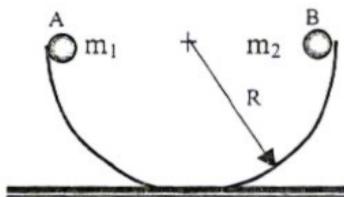
5. A imagem nítida de um objeto é obtida em uma tela devido a uma lente convergente de distância focal  $f$ . A altura da imagem é  $A_1$ . Mantendo constante a distância  $D$  entre o objeto e a tela, quando deslocamos a lente encontramos uma outra imagem nítida de altura  $A_2$ . Determine:
- a) as distâncias entre o objeto e a lente nas duas posições mencionadas;
- b) a altura do objeto.
6. Considere um reservatório cheio de água com 20 metros de profundidade, cuja única vazão será feita através de um balde com capacidade máxima de 2 litros. A cada balde com água que sai do reservatório vibra-se, em sua borda, um diapasão cuja frequência é de  $170 \text{ Hz}$ . Sabendo que após o vigésimo balde com água, escuta-se um reforço no som e que o consumo diário é de 160 litros, determine após quantos dias o reservatório irá secar.
7. Em uma fábrica de bombons, tabletes de balas caem continuamente sobre o prato de uma balança, que originariamente indicava leitura nula. Eles caem de uma altura de  $1,8 \text{ m}$  à razão de 6 por segundo. Determine a leitura da escala da balança, ao fim de  $10\text{s}$ , sabendo que cada tablete tem massa de  $10\text{g}$  e as colisões são completamente inelásticas. Despreze a resistência do ar. Considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
8. Um objeto, feito de uma liga de ouro e prata com massa de  $400 \text{ gramas}$  é imerso em óleo, cuja massa específica vale  $0,8 \text{ kg/dm}^3$ . Observa-se uma perda aparente de peso correspondente a  $25\text{g}$  de massa. Determine o percentual de ouro e de prata usado na liga, sabendo-se que a massa específica do ouro é de  $20 \text{ g/cm}^3$  e a da prata é de  $10 \text{ g/cm}^3$ .
9. Uma bola de borracha de massa  $m$  e raio  $R$  é submersa a uma profundidade  $h$  em um líquido de massa específica  $\rho$ . Determine a expressão da altura, acima do nível do líquido que a bola atingirá ao ser liberada.
- OBS.: Desprezar as resistências da água e do ar e a possível variação volumétrica da bola.
10. De dois pontos A e B situados sobre a mesma vertical, respectivamente, a  $45\text{m}$  e  $20\text{m}$  do solo, deixa-se cair no mesmo instante duas esferas, conforme mostra a figura abaixo.



Uma prancha se desloca no solo, horizontalmente, com movimento uniforme. As esferas atingem a prancha em postos que distam 2,0m. Supondo a aceleração local da gravidade igual a  $10 \text{ m/s}^2$  e desprezando a resistência do ar, determine a velocidade da prancha.

**4 IME 1996**

1. A figura mostra um hemisfério oco e liso, cujo plano equatorial é mantido fixo na horizontal. Duas partículas de massas  $m_1$  e  $m_2$  são largadas no mesmo instante, de dois pontos diametralmente opostos, A e B, situados na borda do hemisfério. As partículas chocam-se e, após o choque  $m_1$  sobe até uma altura  $h_1$  e  $m_2$  sobe até uma altura  $h_2$ . Determine o coeficiente de restituição do choque. Sabe-se que  $h_1 = R/2$  e  $h_2 = R/3$ , onde  $R$  é o raio do hemisfério.



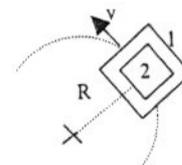
2. Uma mesa giratória tem velocidade angular  $\omega$ , em torno do eixo  $y$ . Sobre esta mesa encontram-se dois blocos, de massas  $m$  e  $M$ , ligados por uma corda inelástica que passa por uma roldana fixa à mesa, conforme a figura abaixo. Considerando que não existe atrito entre a massa e o bloco  $M$ , determine o coeficiente de atrito mínimo entre os dois blocos para que não haja movimento relativo entre eles. Considere  $d$  a distância dos blocos ao eixo da rotação. Despreze as massas da roldana e da corda.
3. Um corpo recebe 40J de calor de um outro corpo e rejeita 10J para o ambiente. Simultaneamente, o corpo realiza um trabalho de 200J. Estabeleça, baseado na primeira lei da termodinâmica, o que acontece com a temperatura do corpo em estudo.
4. Um balão esférico de raio 3m deve ser inflado com um gás ideal proveniente de um cilindro. Admitindo que o processo ocorra isotermicamente, que o balão esteja inicialmente vazio e que a

pressão final do conjunto cilindro-balão seja a atmosférica, determine:

- a) o trabalho realizado contra a atmosfera durante o processo;
- b) o volume do cilindro.

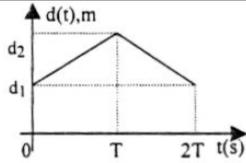
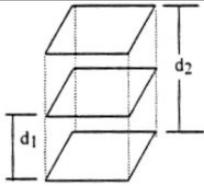
Dados: Pressão atmosférica:  $1 \text{ kgf/cm}^2$   
 Pressão inicial do cilindro:  $125 \text{ kgf/cm}^2$   
 $\pi = 3,1$

**5.**



De acordo com a figura abaixo, o veículo 1, de massa total  $M$ , descreve uma trajetória circular de raio  $R$ , com uma velocidade tangencial e constante  $v$ . Estabeleça a possibilidade do veículo 1 ser considerado como um referencial inercial para o movimento do veículo 2 no seu interior.

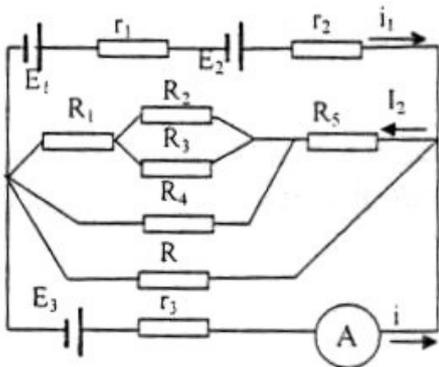
6. Um feixe de luz branca, cujos comprimentos de onda estão no intervalo de  $4000\text{Å}$  a  $7000\text{Å}$ , incide perpendicularmente em uma rede de difração de 8000 linhas/cm. Determine o número de ordens de interferência para todo o espectro visível possíveis de ocorrer em um anteparo paralelo à rede de difração.
7. A frequência fundamental de um tubo de órgão aberto nas duas extremidades é 300 Hz. Quando o ar no interior do tubo é substituído por hidrogênio e uma das extremidades é fechada, a frequência fundamental aumenta para 582 Hz. Determine a relação entre a velocidade do som no hidrogênio e a velocidades do som no ar.
8. Uma esfera de plástico, maciça, é eletrizada, ficando com uma densidade de carga superficial  $s = 0,05 \mu \text{ C/m}^2$ . Em conseqüência, se uma carga puntiforme  $q = 1\mu \text{ C}$  fosse colocada exteriormente a 3 metros do centro da esfera, sofreria uma repulsão de  $0,02 \pi \text{ N}$ . A esfera é descarregada e cai livremente de uma altura de 750m, adquirindo ao fim da queda uma energia de  $0,009 \pi \text{ J}$ . Determine a massa específica do plástico da esfera.  
 Dado: Aceleração da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$
- 9.



Um capacitor de placas paralelas está carregado com  $1\mu\text{C}$ , havendo entre as placas uma distância de  $d_1$  metros. Em certo instante, uma das placas é afastada da outra, em movimento uniforme, e, mantendo-a paralela e em projeção ortogonal à placa fixa, faz-se a distância entre elas variar conforme o gráfico abaixo, sendo  $d_2$  o máximo afastamento. Esboce os gráficos da tensão  $V(t)$  e da carga  $q(t)$  no capacitor, entre 0 e  $2T$  segundos.

Dados: Capacitância em  $t = 0,1\mu\text{F}$ ,  
 área de cada placa:  $A\text{ m}^2$

10.



No circuito representado abaixo, o amperímetro A, ideal indica  $i = 2\text{A}$ . Determine:

- o valor da resistência  $R$ ;
- a quantidade de calor desenvolvida em  $R_5$ , num intervalo de tempo igual a 10 minutos.

Dados:

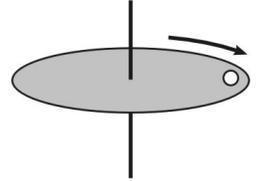
Bateria 1:  $\text{fem } E_1 = 9\text{V}$ ; resistência interna  $r_1 = 1,5\Omega$   
 Bateria 2:  $\text{fem } E_2 = 3\text{V}$ ; resistência interna  $r_2 = 0,5\Omega$   
 Bateria 3:  $\text{fem } E_3 = 12\text{V}$ ; resistência interna  $r_3 = 2\Omega$   
 $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 4\Omega$ ,  $R_4 = 12\Omega$  e  $R_5 = 1\Omega$

4 IME 1997

- Suponha que a velocidade de propagação  $v$  de uma onda sonora dependa somente de pressão  $P$  e da massa específica do meio  $\mu$ , de acordo com a expressão:  $v = P^x \mu^y$ . Use a equação dimensional para determinar a expressão da velocidade do som, sabendo-se que não existe constante adimensional entre estas grandezas.

- Um disco rotativo paralelo ao solo é mostrado na figura. Um inseto de massa  $m = 1,0\text{g}$  está pousado no disco a  $12,5\text{ cm}$  do eixo de rotação. Sabendo-se que o coeficiente de atrito estático do inseto com a superfície do disco é  $\mu_e = 0,8$ , determine qual o valor mínimo da velocidade angular, em rpm (rotações por minuto), necessário para arremessar o inseto para fora do disco.

Dado:  $g = 10\text{ m/s}^2$

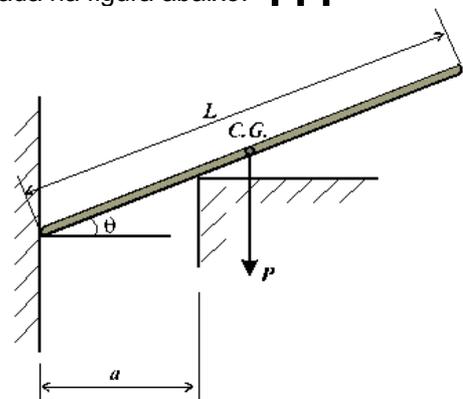


- Um corpo de  $4\text{ kg}$  é puxado para cima por uma corda com a velocidade constante igual a  $2\text{ m/s}$ . Quando atinge a altura de  $7\text{ m}$  em relação ao nível da areia de um reservatório, a corda se rompe, o corpo cai e penetra no reservatório de areia, que proporciona uma força constante de atrito igual a  $50\text{ N}$ . É verificado que o corpo leva  $4\text{ s}$  dentro do reservatório até atingir o fundo. Faça um esboço gráfico da velocidade do corpo em função do tempo, desde o instante em que a corda se rompe ( $P_0$ ) até atingir o fundo do reservatório ( $P_2$ ), indicando os valores para os pontos  $P_0$ ,  $P_1$  e  $P_2$ , sendo  $P_1$  o início do reservatório.

Dado:  $g = 10\text{ m/s}^2$

$P_0$  —  $P_1$  —  $P_2$

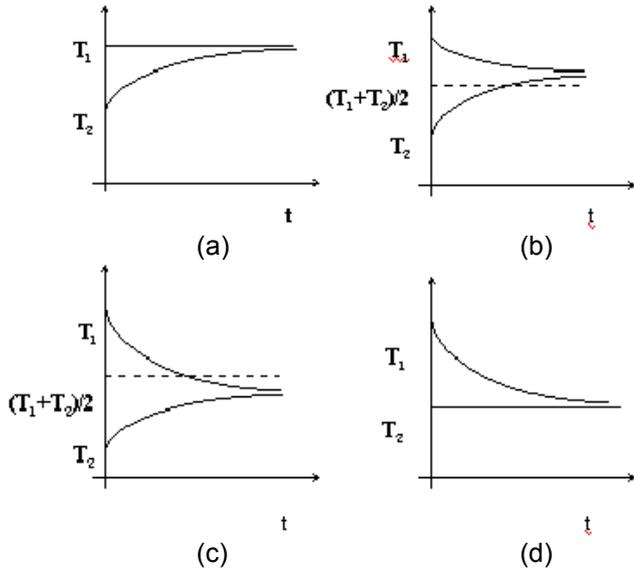
- Uma barra uniforme e homogênea de peso  $P$ , tem seu centro de gravidade (C.G.) na posição indicada na figura abaixo.



A única parede considerada com atrito é aquela na qual a extremidade esquerda da barra está apoiada. O módulo da força de atrito  $F_{at}$  é igual ao peso da barra. Determine o valor do ângulo

na posição de equilíbrio, em função do comprimento da barra  $L$  e da distância entre as paredes  $a$ .

5. Dois corpos, cujas temperaturas iniciais valem  $T_1$  e  $T_2$ , interagem termicamente ao longo do tempo e algumas das possíveis evoluções são mostradas nos gráficos abaixo. Analise cada uma das situações e discorra a respeito da situação física apresentada, procurando, caso procedente, tecer comentários acerca dos conceitos de reservatório térmico e capacidade térmica. Fundamente, sempre que possível, suas afirmações na Primeira Lei da Termodinâmica.



6. Afinando um instrumento de cordas, um músico verificou que uma das cordas estava sujeita a uma força de tração de 80 N e que ao ser dedilhada, vibrava com uma frequência 20 Hz abaixo da ideal. Sabendo-se que a parte vibrante da corda tem 100 cm de comprimento, 0,5 g de massa e que deve ser afinada no primeiro harmônico, determine a força de tração necessária para afinar a corda.

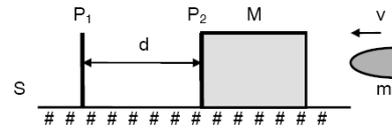
7.

Na figura abaixo, a partícula  $A$ , que se encontra em queda livre, passa pelo primeiro máximo de interferência com velocidade de 5m/s e, após um segundo, atinge o máximo central. A fonte de luz  $F$  é monocromática com comprimento de onda de 5000 Angstroms e a distância  $d$  entre os

centros da fenda dupla é igual a  $10^{-6}$  m. Calcule a distância  $L$ .

Dado: Aceleração da gravidade = 10 m/s<sup>2</sup>

8.

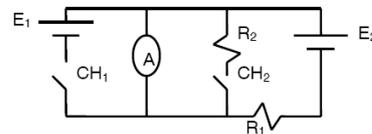


Na figura acima, as placas metais  $P_1$  e  $P_2$  estão inicialmente separadas por uma distância  $d = 12$  cm. A placa  $P_1$  está fixada na superfície plana  $S$  e a placa  $P_2$  está colocada na face de um cubo de madeira de massa  $M$ , que pode deslizar sem atrito sobre  $S$ . A capacitância entre as placas é de 6F.

Dispara-se um tiro contra o bloco de madeira com uma bala de massa  $m$ , ficando a bala encravada no bloco. Oito milissegundos após o impacto, a capacitância iguala-se a 9F. Determine a velocidade da bala antes do impacto. (Despreze a resistência do ar e a massa de  $P_2$ ).

Dados:  $M = 600g$ ;  $m = 6g$

9.



No circuito da figura abaixo, as chaves  $CH_1$  e  $CH_2$  estão abertas e o amperímetro  $A$  indica que existe passagem de corrente. Quando as duas chaves estão fechadas, a indicação do amperímetro  $A$  não se altera. Determinar:

- a) o valor da resistência  $R_2$ ;
- b) a potência dissipada por efeito Joule na resistência  $R_2$  quando  $CH_1$  e  $CH_2$  estão fechadas.

Dados:

Bateria 1: fem  $E_1 = 12V$ ; resistência interna  $r_1 = 1\Omega$

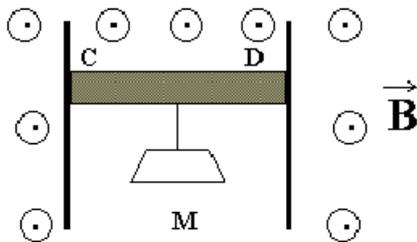
Bateria 2: fem  $E_2 = 12V$ ; resistência interna  $r_2 = 1\Omega$

Resistência do amperímetro  $A$ :  $R_3 = 2\Omega$

$R_1 = 9\Omega$

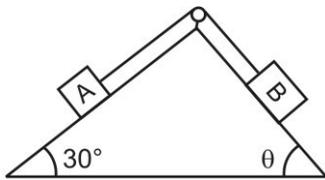
10. Considere uma barra condutora reta (CD) com um corpo de massa  $M$  a ela ligada, imersa em uma região com um campo magnético uniforme  $B$ , podendo se mover apoiada em dois trilhos condutores verticais e fixos. O comprimento da barra é igual a 500 mm e o valor do campo é igual a 2T. Determine a massa (conjunto corpo + barra) que permitirá o equilíbrio dos sistema quando uma corrente igual a 60A circular na barra.

Dados: Aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ; despreze o atrito entre a barra e os trilhos.



#### 4 IME 1998

1. Na figura a seguir os objetos A e B pesam, respectivamente, 40N e 30N e estão apoiados sobre planos lisos, ligados entre si por uma corda inextensível, sem peso, que passa por uma polia sem atrito. Determinar o ângulo e a tensão na corda quando houver equilíbrio.



2. Entre duas placas metálicas paralelas e que constituem um capacitor de capacitância  $C = 0,08 \mu \text{ F}$ , coloca-se esticado um fio de náilon que vibra na frequência fundamental  $f_1 = 100 \text{ Hz}$ . Retira-se o fio, altera-se a distância entre as placas e coloca-se entre elas um outro fio de náilon, com as mesmas propriedades físicas do primeiro, porém de comprimento tal que, agora, a frequência fundamental de vibração seja  $f_2 = 250 \text{ Hz}$ . Sabendo que as placas permanecem sempre carregadas com  $Q = 2 \mu \text{ C}$ , determine a tensão elétrica entre elas na segunda distância da experiência.

OBS.: Não considere o efeito dielétrico do fio de náilon.



3. Considere um calorímetro no qual existe uma certa massa de líquido. Para aquecer o conjunto líquido-calorímetro de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  são necessários  $Q_1 \text{ J}$ . Por outro lado,  $Q_2 \text{ J}$  elevam de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  o calorímetro juntamente com o triplo da massa do líquido.

- a) Determine a capacidade térmica do calorímetro nas seguintes situações:

$$Q_1 = 2000\text{J}, Q_2 = 4000\text{J}$$

$$Q_1 = 2000\text{J}, Q_2 = 7992\text{J}$$

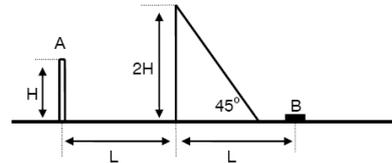
- b) Com base nestes dados, em qual das duas situações a influência do material do calorímetro pode ser desconsiderada? Justifique sua conclusão.

4. Um corpo constituído de um material de densidade relativa à água igual a 9,0 pesa 90N. Quando totalmente imerso em água, o seu peso aparente é de 70N. Considere a aceleração local da gravidade  $g = 10\text{m/s}^2$  e a massa específica da água igual a  $1 \text{ g/cm}^3$ .

- a) Faça o diagrama das forças que atuam no corpo imerso na água e identifique essas forças;

- b) Conclua, por cálculo, se o corpo é oco ou maciço.

- 5.



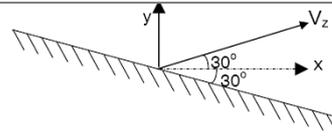
Em uma experiência de laboratório, certo dispositivo colocado em um ponto A, situado  $H$  metros acima do solo, lança uma pequena esfera que deverá passar por cima de um prisma de vidro de altura  $2H$  e atingir um sensor óptico colocado em um ponto B afastado de  $2L$  metros do ponto A, conforme a figura abaixo. Simultaneamente com o lançamento da esfera, o mesmo dispositivo emite um raio de luz monocromática, perpendicular à face vertical do prisma, que irá atingir o sensor em B. Determine, literalmente:

- a) o tempo que a esfera levará para ir do ponto A ao ponto B;

- b) o tempo que o raio luminoso levará para ir do ponto A ao ponto B;

- c) o tempo de que dispomos para remover o sensor do ponto B, logo após ter sido excitado pelo raio de luz, de modo que não seja atingido pela esfera.

Dados: Ângulo do lançamento da esfera com a horizontal que passa pelo ponto A:  $\alpha$   
 Aceleração da gravidade:  $g$   
 Velocidade inicial da esfera:  $V_0$   
 Considere o índice de refração do ar igual a 1.

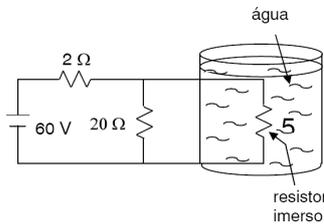


Um objeto é lançado da superfície de um espelho, segundo um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal, com velocidade inicial  $V_0$ . Sabendo que o espelho está inclinado de  $30^\circ$ , conforme a figura, determine:

- o tempo gasto para que o objeto atinja o espelho;
- as componentes vertical e horizontal, em função do tempo, do vetor velocidade da imagem do objeto lançado.

Dado: Aceleração da gravidade:  $g$

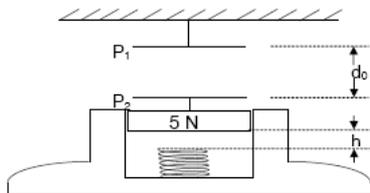
6.



Um circuito é construído com o objetivo de aquecer um recipiente adiabático que contém 1 litro de água a  $25^\circ\text{C}$ . Considerando-se total a transferência de calor entre o resistor e a água, determine o tempo estimado de operação do circuito da figura abaixo para que a água comece a ferver.

Dados: Calor específico da água:  $1\text{cal/g}^\circ\text{C}$   
 massa específica da água:  $1\text{kg/l}$   
 temperatura necessária para ferver a água:  $100^\circ\text{C}$

7.

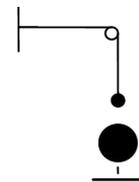


Um bloco de material isolante elétrico, de peso  $5\text{ N}$ , é abandonado do repouso na situação da figura acima. Na queda, o bloco puxa a placa metálica inferior,  $P_2$ , de um capacitor enquanto a placa superior,  $P_1$ , permanece fixa. Determine a tensão elétrica no capacitor quando a mola atinge a compressão máxima.

Dados: Constante da mola:  $30\text{ N/m}$   
 Carga no capacitor:  $q = 18\ \mu\text{ F}$   
 Capacitância inicial:  $C_0 = 9\ \mu\text{ F}$   
 Distância inicial entre as placas:  $d_0 = 32\text{ cm}$   
 Distância inicial entre o bloco e a mola:  $h = 8\text{ cm}$

8.

9.

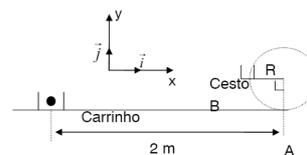


Na figura acima, uma corda é fixada a uma parede e depois de passar por uma roldana é tensionada por uma esfera metálica com  $330\text{g}$  de massa. Uma segunda esfera metálica, firmemente presa ao solo, é colocada verticalmente abaixo da primeira. Sabendo que a distância entre a parede e a roldana é de  $0,50\text{m}$  e que a distância entre os centros das esferas é de  $10\text{ cm}$ , determine a frequência de ressonância do trecho da corda entre a parede e a roldana:

- com as duas esferas descarregadas;
- com as duas esferas carregadas, a primeira com uma carga elétrica de  $+1,0 \times 10^{-7}\text{ C}$  e a segunda com uma carga elétrica de  $-2,0 \times 10^{-6}\text{ C}$ .

Dados: Aceleração da gravidade:  $g = 9,8\text{ m/s}^2$   
 Permissividade do vácuo =  $8,9 \times 10^{-2}\text{ F/m}$   
 Densidade linear da corda:  $\mu = 2,0\text{ g/m}$

10.



Um pequeno cesto é preso em uma haste que o faz girar no sentido horário com velocidade

constante. Um carrinho, com velocidade de 1,5 m/s, traz consigo um brinquedo que arremessa bolinhas na vertical para cima com velocidade de 5,5 m/s. Quando o carrinho está a uma distância de 2m do eixo onde a haste é presa, uma bolinha é lançada. Nesse instante, o cesto está na posição mais baixa da trajetória (posição A), que é a altura do chão e a do lançamento da bolinha.

A bolinha é arremessada e entra, por cima, no cesto quando este está na posição B indicada na figura.

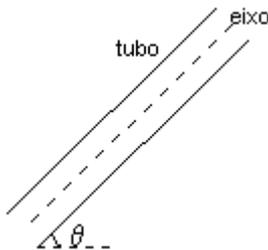
Determine:

- o vetor velocidade da bolinha ao entrar no cesto;
- a menor velocidade angular do cesto para que a bolinha entre no cesto.

Dado:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

#### 4 IME 1999

- Uma gota de chuva cai verticalmente com velocidade constante igual a  $v$ . Um tubo retilíneo está animado de translação horizontal com velocidade constante  $v\sqrt{3}$ . Determine o ângulo  $\theta$ , de modo que a gota de chuva percorra o eixo do tubo.

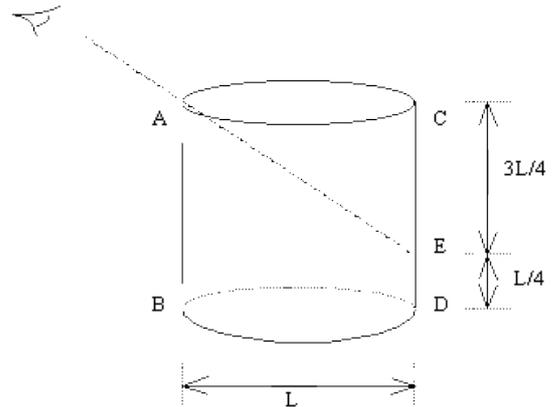


- Um cilindro com um êmbolo móvel contém 1 mol de um gás ideal que é aquecido isobaricamente de 300 K até 400 K. Ilustre o processo em um diagrama pressão versus volume e determine o trabalho realizado pelo gás, em joules.

Dados: Constante universal dos gases ideais:  $0,082 \text{ (atm.l)/(mol.K)}$   
 $1 \text{ atm} = 105 \text{ Pa}$ .

- Um recipiente cilíndrico de paredes opacas está posicionado de tal forma que o observador só tenha visada até a profundidade indicada pelo ponto E sobre a geratriz oposta ao observador, como mostra a figura. Colocando-se um determinado líquido no recipiente até a borda, o observador, na mesma posição, passa a ter seu limite de visada na interseção do fundo com a mesma

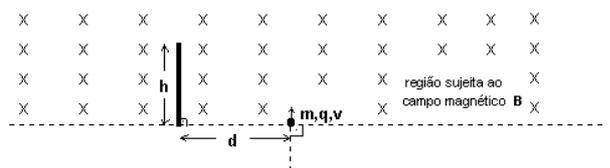
geratriz (ponto D). Determine o índice de refração do líquido.



- Uma máquina fotográfica obtém, em tamanho natural, a fotografia de um objeto quando sua lente está a 10 cm do filme. Determine a separação que deve existir entre a lente e o filme para que se obtenha a fotografia nítida de um coqueiro que se encontre a uma grande distância.

- Explice por que isto ocorre;
  - Determine uma expressão para a frequência fundamental do som em função do tempo, para o caso de um recipiente cilíndrico com 6 cm de diâmetro e 30 cm de altura, sabendo que a vazão do líquido é de  $30 \text{ cm}^3/\text{s}$ . Suponha que a velocidade do som no ar no interior do recipiente seja  $340 \text{ m/s}$ .

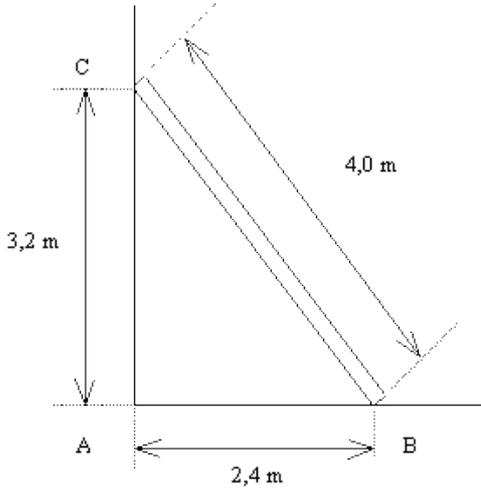
- Uma partícula de massa  $m$  e carga  $q$  viaja a uma velocidade  $v$  até atingir perpendicularmente uma região sujeita a um campo magnético uniforme  $B$ . Desprezando o efeito gravitacional e levando em conta apenas a força magnética, determine a faixa de valores de  $B$  para que a partícula se choque com o anteparo de comprimento  $h$  localizado a uma distância  $d$  do ponto onde a partícula começou a sofrer o efeito do campo magnético.



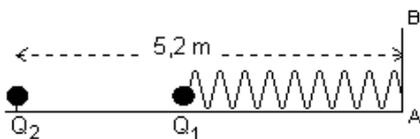
- Uma escada de 4,0 m de comprimento está apoiada contra uma parede vertical com a sua extremidade inferior a 2,4 m da parede, como mostra a figura. A escada pesa 20 kg e seu

centro de gravidade está localizado no ponto médio. Sabendo que os coeficientes de atrito estático entre a escada e o solo e entre a escada e a parede são, respectivamente, 0,5 e 0,2, calcule:

- a altura máxima, em relação ao solo, a que um homem de 90 kgf de peso pode subir, sem provocar o escorregamento da escada;
- a distância máxima da parede a que se pode apoiar a parte inferior da escada vazia, sem provocar escorregamento.

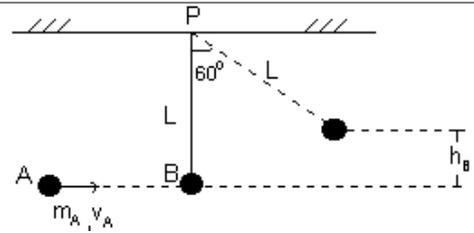


7. No extremo de uma mola feita de material isolante elétrico está presa uma pequena esfera metálica com carga  $Q_1$ . O outro extremo da mola está preso no anteparo  $AB$ . Fixa-se uma outra esfera idêntica com carga  $Q_2$ , à distância de 5,2 m do anteparo, conforme a figura abaixo, estando ambas as esferas e a mola colocadas sobre um plano de material dielétrico, perfeitamente liso. Em consequência, a mola alonga-se 20% em relação ao seu comprimento original, surgindo entre as esferas uma força de 0,9 N. Determine qual deve ser o valor de  $Q_2$  para que a mola se alongue 120% em relação ao seu comprimento original.



Dados: Constante eletrostática do ar  $\cong 9 \times 10^9$  (unidades do S.I.)  
 $Q_1 = +40 \mu C$   
 $Q_2 = -40 \mu C$

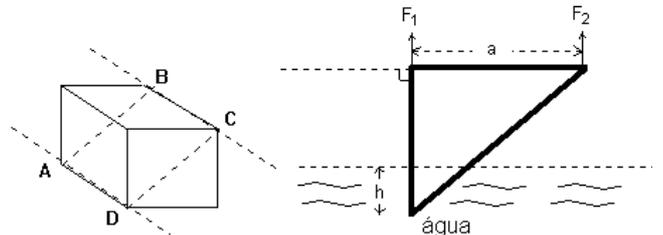
8.



Uma esfera  $A$  de massa  $m_A$  é lançada horizontalmente com velocidade  $v_A$ , colidindo com uma esfera  $B$  de massa  $m_B$ . A esfera  $B$ , inicialmente em repouso, é suspensa por um fio ideal de comprimento  $L$  fixo no ponto  $P$  e, após a colisão, atinge a altura máxima  $h_B$ , conforme mostra a figura acima. Sabendo que toda a energia perdida com o choque foi convertida em calor, que as esferas  $A$  e  $B$  são de mesmo material e que, imediatamente após o choque, a esfera  $A$  sofre uma variação de temperatura de  $0,025 \text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto que a esfera  $B$  sofre uma variação de temperatura de  $0,010 \text{ }^\circ\text{C}$ , determine o calor específico do material que compõe as esferas.

Dados:  $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$ ;  $m_A = 2,0 \text{ kg}$ ;  $v_A = 4,0 \text{ m/s}$ ;  $m_B = 5,0 \text{ kg}$ ;  $L = 40 \text{ cm}$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$

9.



Um objeto de massa  $m$  é construído ao seccionar-se ao meio um cubo de aresta  $a$  pelo plano que passa pelos seus vértices  $ABCD$ , como mostrado nas figuras acima. O objeto é parcialmente imerso em água, mas mantido em equilíbrio por duas forças  $F_1$  e  $F_2$ . Determine:

- o módulo do empuxo que age sobre o objeto;
- os pontos de aplicação do empuxo e do peso que agem sobre o objeto;
- os módulos e os pontos de aplicação das forças verticais  $F_1$  e  $F_2$  capazes de equilibrar o objeto.

Dados: Aceleração da gravidade ( $g$ );  
 Massa específica da água ( $\mu$ );  
 Profundidade de imersão ( $h$ );  
 A massa  $m$  é uniformemente distribuída pelo volume do objeto.

10. Uma bolinha de 50 g é largada da altura de 20m. O vento está soprando e, além da aceleração da gravidade, a bolinha fica sujeita a uma

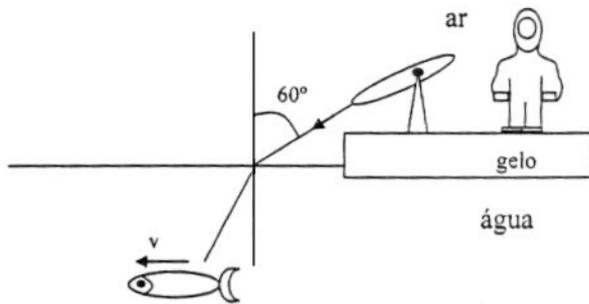
aceleração horizontal, variável com o tempo, dada por  $a_x = 2t \text{ m/s}^2$ .

- a) Faça o gráfico da componente horizontal da aceleração, desde o instante inicial até o instante em que a bolinha atinge o chão;
- b) Determine:
  - b.1) o vetor velocidade da bolinha, no instante em que ela atinge o chão;
  - b.2) a variação da energia total da bolinha entre o momento em que ela é largada e o momento em que atinge o chão.

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

**4 IME 2000**

1.



Um esquimó aguarda a passagem de um peixe sob um platô de gelo, como mostra a figura acima. Ao avistá-lo, ele dispara sua lança, que viaja com uma velocidade constante de  $50 \text{ m/s}$ , e atinge o peixe. Determine qual era a velocidade  $v$  do peixe, considerando que ele estava em movimento retilíneo uniforme na direção indicada na figura.

OBS.: Suponha que a lança não muda de direção ao penetrar na água.

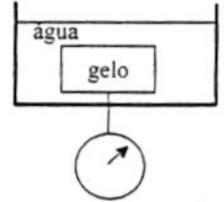
Dados: Índice de refração do ar:  $n_{\text{ar}} = 1$   
Índice de refração da água:  $n_{\text{água}} = 1,33 = 4/3$

2. Um cilindro contém oxigênio à pressão de 2 atmosferas e ocupa um volume de 3 litros à temperatura de 300 K. O gás, cujo comportamento é considerado ideal, executa um ciclo termodinâmico através dos seguintes processos:
  - Processo 1-2: aquecimento à pressão constante até 500 K.
  - Processo 2-3: resfriamento a volume constante até 250 K.
  - Processo 3-4: resfriamento à pressão constante até 150 K.
  - Processo 4-1: aquecimento a volume constante até 300 K.
 Ilustre os processos em um diagrama pressão-volume e determine o trabalho executado pelo gás, em Joules, durante o ciclo descrito acima.

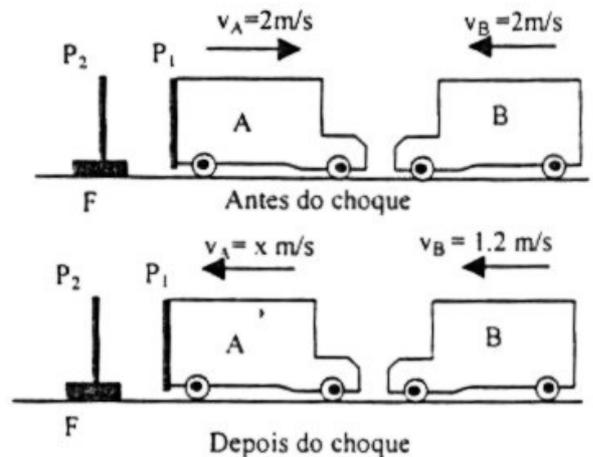
Determine, ainda, o calor líquido produzido ao longo deste ciclo.

Dado:  $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$

3. Um cubo de gelo encontra-se totalmente imerso em um reservatório adiabático com 200 ml de água a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Um fino arame o conecta a um dinamômetro que indica uma força de  $N$ . Sabe-se que a densidade da água e do gelo são, respectivamente,  $1 \text{ g/cm}^3$  e  $0,92 \text{ g/cm}^3$ , enquanto que os calores específicos são, respectivamente, de  $1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$  e  $0,5 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$ . O calor latente de fusão do gelo é  $80 \text{ cal/g}$ . Considere a aceleração da gravidade como  $10 \text{ m/s}^2$ . Determine a força indicada pelo dinamômetro quando a temperatura da água for de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , assim como a massa do bloco de gelo neste momento.



4.



Deslocando-se em uma pista retilínea horizontal, os dois carrinhos de madeira A e B, representados na figura acima, colidem frontalmente, sendo 0,8 o coeficiente de restituição do choque. Sobre a face posterior do carrinho A está fixada uma placa metálica  $P_1$ , que, no instante do choque, dista 3m de uma placa metálica idêntica  $P_2$ , fixada no ponto F. Sabendo-se que entre as duas placas existe uma capacitância de  $8 \mu\text{F}$  e uma tensão de 12V, determine: a carga elétrica, a capacitância e a tensão elétrica entre as placas 0,5s após o choque.

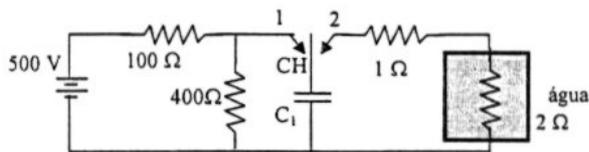
5. Em um cubo de massa uniformemente distribuída, com 10 cm de lado, foram feitos 5 furos independentes sobre as diagonais de uma das faces e perpendiculares à mesma.

O primeiro furo possui como centro o ponto de encontro das diagonais, com raio de 2 cm e profundidade de 7 cm. Os demais furos são idênticos, com centros a 4 cm do centro da face, raios de 1,5 cm e profundidades de 5 cm. Sobre o primeiro furo, solidarizou-se um cilindro de 2 cm de raio e 10 cm de altura, de modo a preencher totalmente o furo. O conjunto foi colocado em um grande recipiente contendo água, mantendo-se a face furada do cubo voltada para cima. Observou-se que o conjunto flutuou, mantendo a face inferior do cubo a 9 cm sob o nível da água. Determine a intensidade e o sentido da força, em Newtons, que deve ser mantida sobre a face superior do cilindro, para manter somente 1 cm de cilindro acima do nível da água.

Dados: Massa específica da água:  $1 \text{ g/cm}^3$   
 Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$

6. 1. Um observador, estando a 20 cm de distância de um espelho esférico, vê sua imagem direita e ampliada três vezes. Qual é o tipo de espelho utilizado? (Justifique)
2. Suponha que raios solares incidam no espelho do item 1 e que, quando refletidos, atinjam uma esfera de cobre de dimensões desprezíveis. Calcule a posição que esta deva ser colocada em relação ao espelho, para que seu aumento de temperatura seja máximo. Calcule, ainda, a intensidade da força necessária para manter a esfera em repouso, nesta posição, uma vez que a esfera está ligada ao espelho através de uma mola distendida, cujo comprimento é de 17 cm quando não solicitada. Despreze o atrito e suponha que a constante elástica da mola seja de 100 N/m.

7.



Num laboratório realizou-se a experiência ilustrada na figura abaixo. O resistor de 2 está imerso em 50g de água a  $30^\circ\text{C}$  num recipiente adiabático. Inicialmente, o capacitor  $C_1$  estava descarregado. Comutou-se a chave  $CH_1$  para a posição 1 até que o capacitor se carregou. Em seguida, comutou-se a chave  $CH_1$  para a posição 2 até que o capacitor se descarregou. Este procedimento foi repetido por 220 vezes consecutivas até que a água começou a ferver. Considerando-se total a transferência de calor entre o resistor e a água, determine a capacitância de  $C_1$ .

Dados: Calor específico da água =  $1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

Temperatura de ebulição da água =  $100^\circ\text{C}$

8. Um aluno observa um bloco de 50g que está obrigado, por um fio inextensível e de massa desprezível, a comprimir em 5 cm uma mola com constante elástica de 20 N/cm, conforme a figura 1.

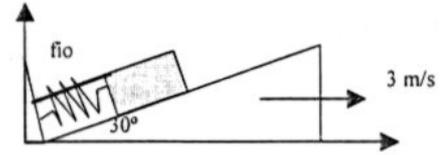


Figura 1

Todo o conjunto (bloco, mola e plano inclinado) movimenta-se com velocidade de 3 m/s para a direita, em relação ao aluno. O fio é cortado, o bloco se desloca e é liberado da mola a partir do instante em que esta não é mais contraída (instante representado na figura 2).

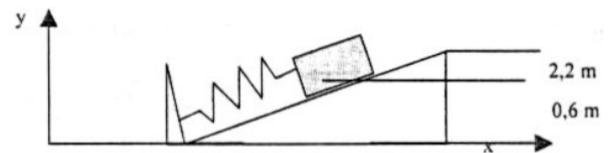
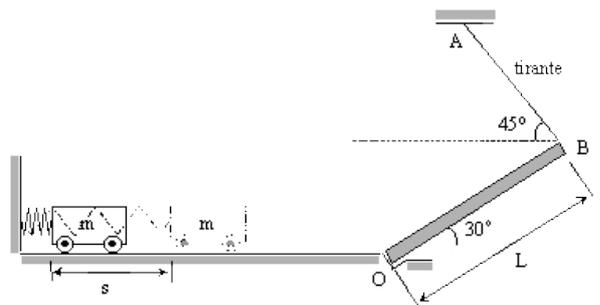


Figura 2

O aluno necessita saber a respeito da velocidade do bloco em relação ao referencial  $xy$ , em que está localizado. Para tal, faça o gráfico das componentes da velocidade nesse referencial, desde o instante que o bloco é liberado até ele atingir o chão.

Dado: Aceleração da gravidade  $\text{m/s}^2$ .

9.



Um carrinho de massa  $\text{kg}$  encontra-se numa posição inicial comprimindo uma mola de constante elástica  $18 \text{ kN/m}$  em  $s = 10 \text{ cm}$ , estando a mola presa a uma parede vertical, conforme mostra a figura acima. Após liberado do repouso, o carrinho se desloca ao longo da superfície horizontal e sobe a prancha inclinada  $OB$ , de comprimento  $L = 180 \text{ cm}$ , até atingir o repouso. Considerando-se desprezíveis o efeito do atrito ao longo do percurso e o peso da prancha e adotando o valor da aceleração gravitacional igual a  $10 \text{ m/s}^2$ , determine, neste instante, a força normal por unidade de área no

tirante  $AB$  com seção circular de diâmetro  $d = 1,5 \text{ mm}$ .

OBS.: O carrinho não está preso à mola.

Dado:  $\cos 15^\circ = 0,97$

10.

Um condutor em forma de U encontra-se no plano da página. Um segundo condutor retilíneo, apoiado sobre o primeiro, move-se horizontalmente para a direita com velocidade constante  $v = 5 \text{ m/s}$ , conforme mostra a figura 1. Estes condutores estão "mergulhados" em um campo magnético uniforme, cujo vetor indução magnética tem intensidade  $T$ , orientado perpendicularmente ao plano da página, de acordo com a figura 2.

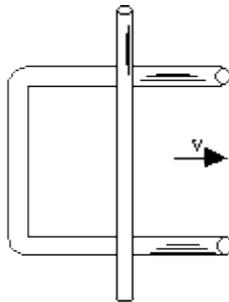


Figura 1

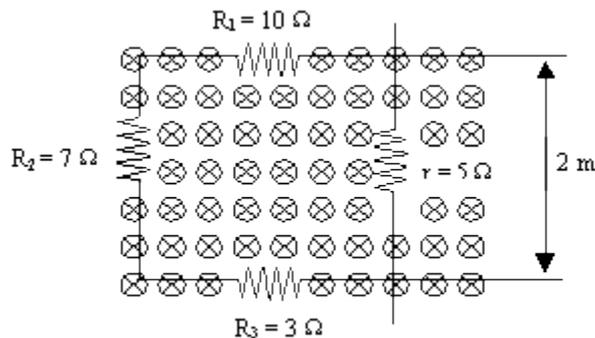


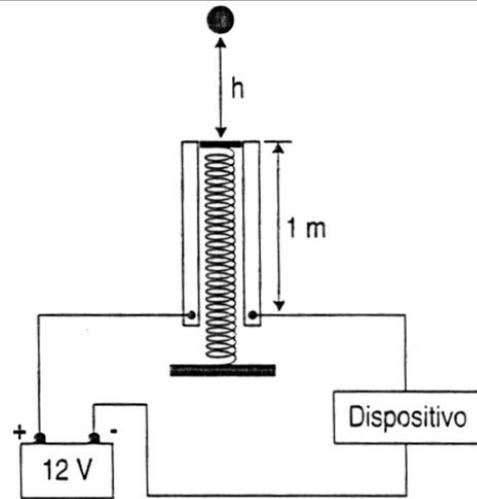
Figura 2

Sabendo-se que, em um dado instante, as resistências elétricas dos condutores possuem os valores indicados na figura 2, determine:

- A força eletromotriz induzida no circuito fechado;
- A força magnética que tenta impedir o movimento do segundo condutor no momento em que os condutores apresentam os valores indicados na figura 2;
- O sentido da corrente elétrica induzida, a polaridade da força eletromotriz induzida e o sentido da força magnética calculada no item b.

4 **IME 2001**

- Um sistema óptico é constituído por duas lentes convergentes, 1 e 2, cujas distâncias focais são  $f$  e  $2f$ , respectivamente. A lente 1 é fixa; a lente 2 está presa à lente 1 por uma mola cuja constante elástica é  $k$ . Com a mola em repouso, a



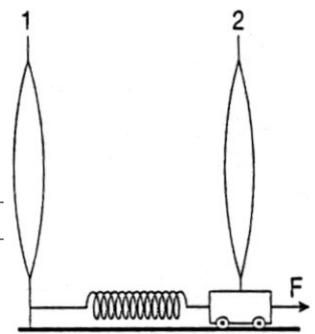
Um dispositivo para se acionado necessita exatamente de  $4V$ . Com esta tensão, o dispositivo drena da bateria  $100 \text{ mA}$ . Com o objetivo de acioná-lo, montou-se o experimento ilustrado na figura, onde as barras verticais possuem resistividade  $\rho = 1 \Omega \text{ cm}$  e seção reta  $a = 2 \text{ cm}^2$ . A mola possui constante elástica  $k = 100 \text{ N/m}$ , Determine:

- o valor total da resistência que as barras devem apresentar para acionar o dispositivo;
- de que altura  $h$  uma esfera de massa  $m = 0,1 \text{ kg}$  deve ser solta para que o dispositivo seja acionado.

Dados: Aceleração local da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
OBS.: Não há perdas nos contatos elétricos.

- Em grandes edifícios dotados de sistema de exaustão, a abertura de uma porta pode se tornar uma tarefa difícil devido à diferença de pressão entre o ambiente interno e o externo. Suponha que você esteja no interior de uma sala no primeiro andar de um prédio que se encontra ao nível do mar e um barômetro localizado nesse ambiente forneça uma leitura de  $735 \text{ mm de Hg}$ . Nesta sala encontra-se uma porta cujas dimensões são de  $2\text{m} \times 1\text{m}$  e que dá acesso ao exterior do prédio. É possível que uma pessoa, usando somente sua força muscular, consiga abrir naturalmente essa porta sem fazer uso de nenhum artifício? Justifique sua resposta. Considere que a maçaneta esteja situada na extremidade da porta.

Dados: Massa específica do Hg:  $15 \text{ g/cm}^3$   
Aceleração local da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$   
Pressão atmosférica ao nível do mar:  $760 \text{ mm de Hg}$

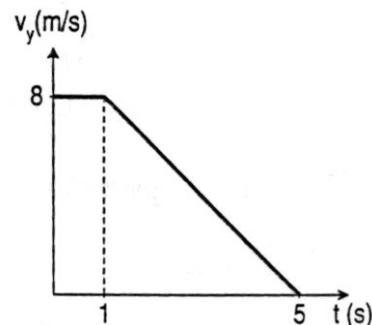
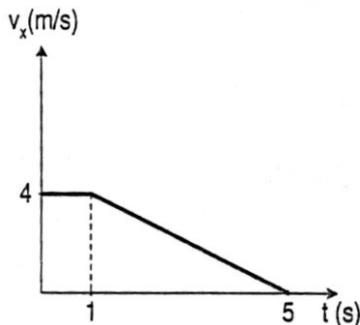


distância entre as lentes é  $2,5f$ . Determine o menor valor da força  $F$  para que o sistema produza uma imagem real de um objeto distante situado à esquerda da lente 1.

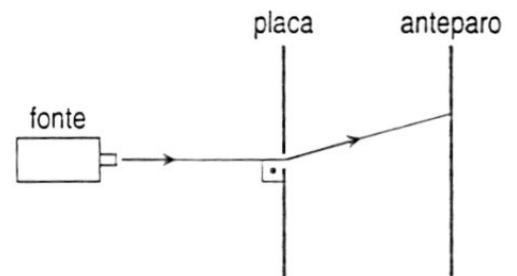
OBS.: Despreze a força de atrito.

4. A velocidade de um corpo de 20g está ilustrada nos gráficos abaixo, onde  $v_x$  representa a componente de velocidade na direção  $x$ ,  $v_y$  a componente na direção  $y$  e  $t$  o tempo decorrido em segundos. Sabe-se que toda a energia perdida pelo corpo serve para aquecer 300g de água. Determine a variação da temperatura da água durante os 4 primeiros segundos de observação.

Dado:  $10^3 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$

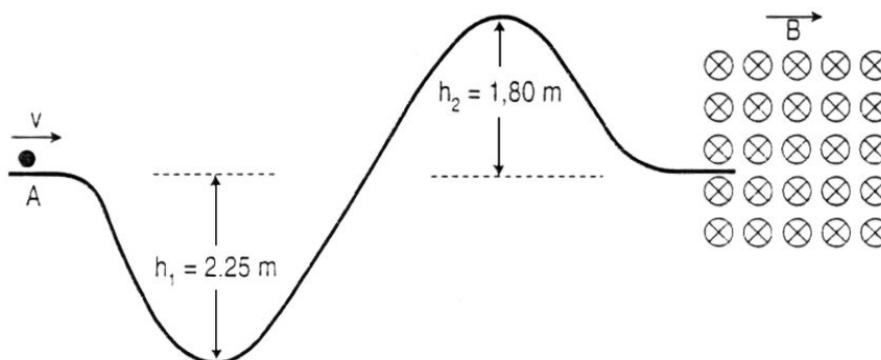


5. Considere a figura ao lado. Um feixe laser sofre difração após ter atravessado normalmente a fenda na placa. Sabendo que ao variar a temperatura na placa altera-se a figura de difração no anteparo, determine a variação de temperatura na placa de forma que o primeiro mínimo de difração passe a ocupar a posição do terceiro mínimo.



Dado: Coeficiente de dilatação linear da placa:  $3 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

6. Um corpo puntiforme, de massa  $m$ , carregado eletricamente com uma carga positiva  $q = +2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ , tem inicialmente, a velocidade  $v$  no ponto A de uma pista tipo montanha-russa, representada na figura abaixo.



Depois de percorrer a pista, o corpo penetra em um campo magnético de indução  $B = 5T$ , perpendicular ao plano da figura. Supondo que  $v$  seja a menor velocidade necessária para o corpo percorrer a pista, determine o valor da massa  $m$  de modo que ele atravesse o campo magnético sem mudar de direção.

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

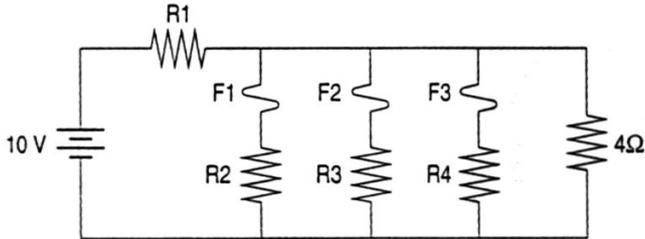
OBS.: Despreze o atrito.

7. Uma máquina térmica, operando em um ciclo de Carnot, recebe calor de um reservatório com temperatura desconhecida. Uma segunda máquina térmica, também operando em um ciclo de Carnot, recebe calor deste último reservatório

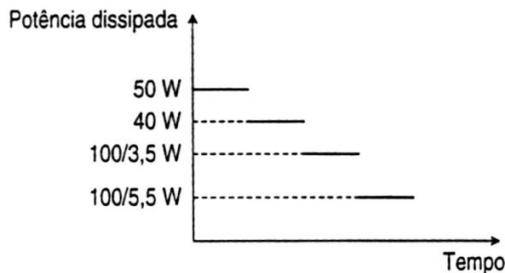
e cede calor a um terceiro reservatório com temperatura  $T_C$ . Determine uma expressão termodinamicamente admissível para a temperatura  $T$  do segundo reservatório, que envolva apenas  $T_H$  e  $T_C$ , supondo que:

- a) o rendimento dos dois ciclos de Carnot seja o mesmo;  
 b) o trabalho desenvolvido em cada um dos ciclos seja o mesmo.

8. Um circuito contém uma bateria de +10V, 5 resistores e 3 fusíveis, como mostrado na figura abaixo.



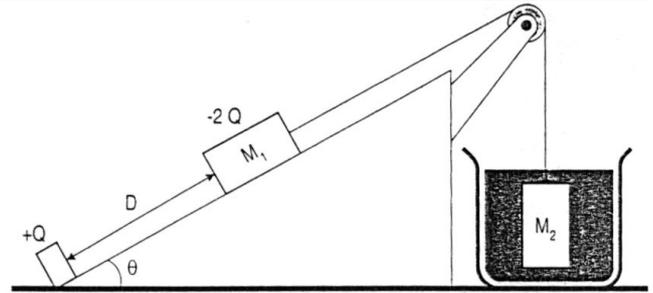
Os fusíveis deveriam ter as seguintes capacidades de corrente máxima: F1 – 1,35A, F2 – 1,35A e F3 – 3A. Por engano, o fusível F3, colocado no circuito tinha a capacidade de 1,35A. Mediu-se a potência fornecida pela fonte e obteve-se o gráfico abaixo.



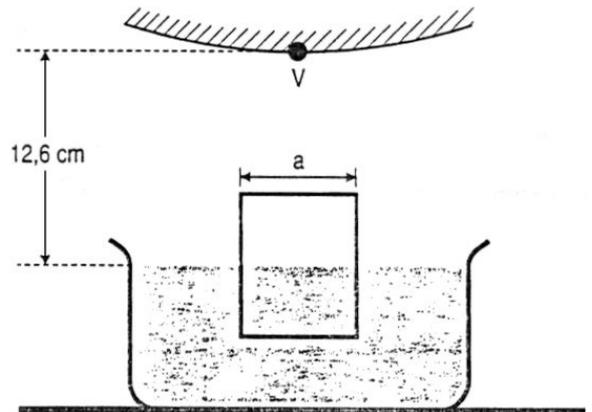
Sabendo-se que  $R_2 > R_3 > R_4$ ,

- a) explique o motivo da variação da potência fornecida pela fonte com o decorrer do tempo;  
 b) calcule os valores de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$ .

9. Na base de um plano inclinado com ângulo  $\theta$  há uma carga puntiforme  $+Q$  fixa. Sobre o plano inclinado a uma distância  $D$  há uma massa  $M_1$  de dimensões desprezíveis e carga  $-2Q$ . O coeficiente de atrito entre  $M_1$  e o plano é  $\mu$ . Um fio ideal preso em  $M_1$  passa por uma roldana ideal e suspende um corpo de volume  $V_2$  e densidade  $\rho_2$ , totalmente imerso em fluido de densidade  $\rho_A$ . Considere a aceleração da gravidade como  $g$  e a constante eletrostática do meio onde se encontra o plano  $K$ . Determine, em função dos dados literais fornecidos, a expressão do valor mínimo da densidade do fluido  $\rho_A$  para que  $M_1$  permaneça imóvel sobre o plano inclinado.



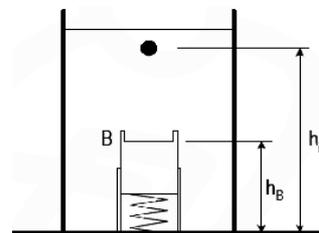
10.



Na figura acima, um pequeno cubo de material homogêneo, com densidade relativa  $\rho = 0,2$ , está parcialmente submerso em água. Acima do cubo está fixado um espelho convexo de raio  $R = 36$  cm, cujo vértice  $V$  dista 12,6 cm do nível do líquido. Determine a posição e o tamanho da imagem da face superior do cubo, cuja aresta mede 4,5 cm.

4 **IME 2002**

1. Um corpo de massa  $m$  e volume  $v$  encontra-se imerso em um líquido com massa específica  $\rho$ , de acordo com a figura abaixo.



Este corpo é solto a partir de uma altura  $h_i$  e desloca-se até atingir o anteparo  $B$ , fazendo com que a mola com constante elástica  $k$  altere seu comprimento em um valor máximo igual a  $x$ .

Considere o sistema conservativo e tomando como referência a base do recipiente:

- a) esboce, em um mesmo gráfico, as curvas das energias cinética e potencial gravitacional do corpo, além da energia potencial elástica da mola em função da altura  $h$  do corpo.
- b) determine a expressão de cada uma dessas energias em função da altura  $h$  do corpo para o instante em que o mesmo é solto, para o instante em que atinge o anteparo na altura  $h_B$ , além do instante em que a mola alcança sua deformação máxima  $x$ .

OBS.: Despreze as massas da mola e do anteparo.

2. Duas barras  $B_1$  e  $B_2$  de mesmo comprimento  $L$  e de coeficientes de dilatação térmica linear  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , respectivamente, são dispostas conforme ilustra a figura 1.

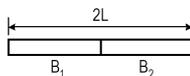


Figura 1

Submete-se o conjunto a uma diferença de temperatura  $\Delta T$  e então, nas barras aquecidas, aplica-se uma força constante que faz com que a soma de seus comprimentos volte a ser  $2L$ . Considere que o trabalho aplicado sobre o sistema pode ser dado por  $W = F \Delta L$ , onde  $\Delta L$  é a variação total de comprimento do conjunto, conforme ilustra a figura 2, e que  $\alpha_1 = 1,5 \alpha_2$ , determine o percentual desse trabalho absorvido pela barra de maior coeficiente de dilatação térmica.

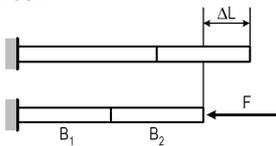
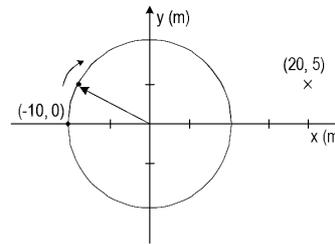


Figura 2

3. Ao analisar o funcionamento de uma geladeira de 200 W, um inventor percebe que a serpentina de refrigeração se encontra a uma temperatura maior que a ambiente e decide utilizar este fato para gerar energia. Ele afirma ser possível construir um dispositivo que opere em um ciclo termodinâmico e que produza 0,1 hp. Baseado nas Leis da Termodinâmica, discuta a validade da afirmação do inventor. Considere que as temperaturas da serpentina e do ambiente valem, respectivamente,  $30^\circ\text{C}$  e  $27^\circ\text{C}$ . Suponha também que a temperatura no interior da geladeira seja igual a  $7^\circ\text{C}$ .

Dado:  $1 \text{ hp} = 0,75 \text{ kW}$

4. Um corpo realiza um movimento circular uniforme, no sentido horário, com velocidade angular  $\omega = \pi \text{ rad/s}$  sobre uma circunferência de raio igual a 10 metros emitindo um tom de 1 kHz, conforme a figura abaixo.

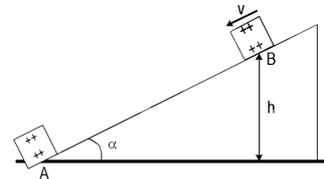


Um observador encontra-se no ponto de coordenadas  $(20, 5)$ , escutando o som emitido pelo corpo. Aciona-se um cronômetro em  $t = 0$ , quando o corpo passa pelo ponto  $(-10, 0)$ . Levando em consideração o efeito Doppler, determine:

- a) a menor frequência percebida pelo observador;  
 b) a maior frequência percebida pelo observador;  
 c) a frequência percebida em  $t = 1/6 \text{ s}$ .

Dado: velocidade do som =  $340 \text{ m/s}$

- 5.



Sobre um plano inclinado sem atrito e com ângulo  $\alpha = 30^\circ$ , ilustrado na figura acima, encontram-se dois blocos carregados eletricamente

com cargas  $q_1 = +2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$  e  $q_2 = +\frac{1}{9} \cdot 10^{-4} \text{ C}$ .

Sabe-se que o bloco 1 está fixado na posição A e que o bloco 2 é móvel e possui massa  $m_2 = 0,1 \text{ kg}$ . Num certo instante, o bloco 2 encontra-se a uma altura  $h = 8 \text{ m}$  e desloca-se com velocidade linear  $v = \sqrt{90} \cong 9,49 \text{ m/s}$ , como mostra a figura. Determine:

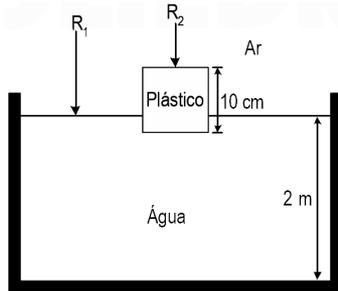
- a) as distâncias mínima e máxima entre os dois blocos;  
 b) a máxima velocidade linear que o bloco 2 atinge.

OBS.: Para fins de cálculo, considere os blocos puntiformes.

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

Constante eletrostática  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

6.

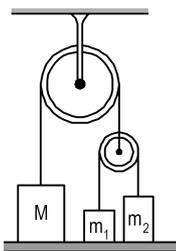


Dois raios luminosos,  $R_1$  e  $R_2$ , incidem verticalmente em uma piscina. O raio  $R_2$ , antes de penetrar na água, passa por um cubo de plástico transparente, com 10 cm de aresta, que está flutuando na superfície. Determine:

- qual dos raios chega primeiro ao fundo da piscina;
- o intervalo de tempo entre a chegada do primeiro raio ao fundo da piscina e a chegada do segundo.

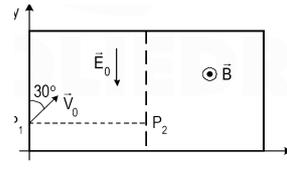
Dados: Profundidade da piscina: 2m  
 Massa específica do plástico:  $200 \text{ kg/m}^3$   
 Massa específica da água:  $1.000 \text{ kg/m}^3$   
 Índice de refração do plástico: 1,55  
 Índice de refração da água: 1,33  
 Índice de refração do ar: 1,00  
 Velocidade da luz no ar:  $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

7.



Sejam  $M$ ,  $m_1$  e  $m_2$  as massas dos blocos homogêneos dispostos conforme a figura acima, inicialmente apoiados sobre uma placa horizontal. Determine a aceleração do bloco de massa  $m_1$ , em relação a roldana fixa, após a retirada da placa, sabendo que  $M = m_1 + m_2$  e  $m_1 < m_2$ . Considere que não há atrito no sistema e despreze o peso das polias e das cordas que unem os blocos.

8.



O movimento, num plano horizontal de um pequeno corpo de massa  $m$  e carga positiva  $q$ , divide-se em duas etapas:

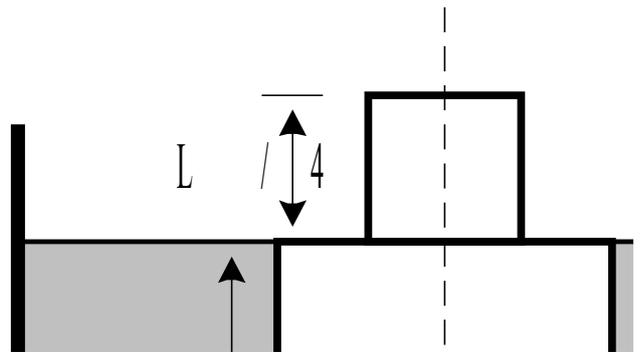
- no ponto  $P_1$ , o corpo penetra numa região onde existe campo elétrico constante de módulo  $E_0$ , representado na figura;
- o corpo sai da primeira região e penetra numa segunda região, onde existe um campo magnético constante, tendo a direção perpendicular ao plano do movimento e o sentido indicado na figura.

Na primeira região, ele entra com um ângulo de  $30^\circ$  em relação à direção do campo elétrico, conforme está apresentado na figura.

Na segunda região, ele descreve uma trajetória que é um semicírculo. Supondo que o módulo da velocidade inicial na primeira região é  $v_0$ , determine, em função dos dados:

- a diferença de potencial entre os pontos em que o corpo penetra e sai da região com campo elétrico;
- o módulo do campo magnético para que o corpo retorne à primeira região em um ponto  $P_2$  com a mesma ordenada que o ponto  $P_1$ .

9.



Um conjunto é constituído por dois cubos colados. O cubo base, de lado  $L$ , recebe, sobre o centro da sua face superior, o centro da face inferior do segundo cubo de lado  $L/4$ . Tal conjunto é imerso em um grande reservatório onde se encontram dois líquidos imiscíveis, com massas específicas  $\rho_A$  e  $\rho_B$ , sendo  $\rho_A < \rho_B$ . A altura da coluna do líquido A é  $9L/8$ . Em uma primeira situação, deixa-se o conjunto livre e, no equilíbrio, constata-se que somente o cubo maior se encontra totalmente imerso, como mostra a

figura 1. Uma força  $F$  é uniformemente aplicada sobre a face superior do cubo menor, até que todo o conjunto fique imerso, na posição representada na figura 2. Determine a variação desta força quando a experiência for realizada na Terra e em um planeta  $X$ , nas mesmas condições de temperatura e pressão.

OBS.: Admita que a imersão dos blocos não altere as alturas das colunas dos líquidos.

Dados: Massa da Terra =  $M_T$   
 Massa do planeta  $X = M_X$   
 Raio da Terra =  $R_T$   
 Raio do planeta  $X = R_X$   
 Aceleração da gravidade na Terra =  $g$

10.

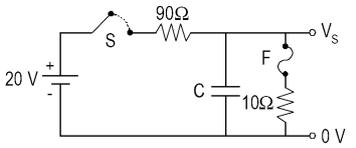
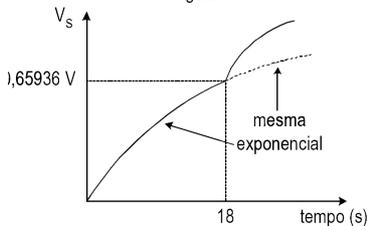


Figura 1



Após muito tempo aberta, a chave  $S$  do circuito da figura 1 é fechada em  $t = 0$ . A partir deste instante, traça-se o gráfico da figura 2, referente à tensão elétrica  $V_s$ . Calcule:

- o valor do capacitor  $C$ ;
- a máxima corrente admitida pelo fusível  $F$ ;
- a tensão  $V_s$ , a energia armazenada no capacitor e a potência dissipada por cada um dos resistores, muito tempo depois da chave ser fechada.

Dados (use os que julgar necessários):

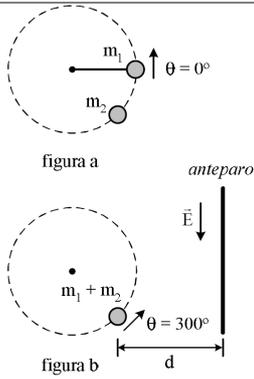
- $\ln(0,65936) = -0,416486$
- $\ln(1,34064) = 0,293147$
- $\ln(19,34064) = 2,962208$
- $\ln(4) = 1,386294$
- $\ln(10) = 2,302585$

4 **IME 2003**

- Um pequeno refrigerador para estocar vacinas está inicialmente desconectado da rede elétrica e o ar em seu interior encontra-se a uma temperatura de  $27^\circ\text{C}$  e pressão de  $1\text{ atm}$ . O refrigerador é ligado até atingir a temperatura adequada para refrigeração que é igual  $-18^\circ\text{C}$ . Considerando o ar como gás ideal, determine a força mínima necessária, em  $\text{kgf}$ , para abrir a porta nesta situação, admitindo que suas dimensões sejam de  $10\text{ cm}$  de altura por  $20\text{ cm}$  comprimento.
- Uma experiência é realizada em um recipiente termicamente isolado, onde são colocados:  $176,25\text{ ml}$  de água a  $293\text{ K}$ ; um cubo de uma liga metálica homogênea com  $2,7\text{ kg}$  de massa, aresta de  $100\text{ mm}$ , a  $212^\circ\text{F}$ ; e um cubo de gelo de massa  $m$ , a  $-10^\circ\text{C}$ . O equilíbrio térmico é alcançado a uma temperatura de  $32^\circ\text{E}$ , lida em um termômetro graduado em uma escala  $E$  de temperatura. Admitindo que o coeficiente de dilatação linear da liga metálica seja constante no intervalo de temperaturas da experiência, determine:
  - a equação de conversão, para a escala Celsius, de uma temperatura  $t_E$ , lida na escala  $E$ ;
  - a massa  $m$  de gelo, inicialmente a  $-10^\circ\text{C}$ , necessária para que o equilíbrio ocorra a  $32^\circ\text{E}$ ;
  - o valor da aresta do cubo da liga metálica a  $32^\circ\text{E}$ .

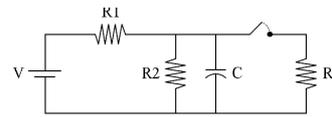
Dados: Coeficiente de dilatação linear da liga metálica:  $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 Calor específico da liga metálica:  $0,20\text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$   
 Calor específico do gelo:  $0,55\text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$   
 Calor específico da água:  $1,00\text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$   
 Calor latente de fusão da água:  $80\text{ cal/g}$   
 Massa específica da água:  $1\text{ g/cm}^3$   
 Temperatura de fusão da água na escala  $E$ :  $-16^\circ\text{E}$   
 Temperatura de ebulição da água na escala  $E$ :  $+64^\circ\text{E}$

3.



Um corpo de massa  $m_1$  está preso a um fio e descreve uma trajetória circular de raio  $1/\pi$  m. O corpo parte do repouso em  $\theta = 0^\circ$  (figura a) e se movimenta numa superfície horizontal sem atrito, sendo submetido a uma aceleração angular  $\alpha = 6\pi/5 \text{ rad/s}^2$ . Em  $\theta = 300^\circ$  (figura b) ocorre uma colisão com um outro corpo de massa  $m_2$  inicialmente em repouso. Durante a colisão o fio é rompido e os dois corpos saem juntos tangencialmente à trajetória circular inicial do primeiro. Quando o fio é rompido, um campo elétrico  $E$  (figura b) é acionado e o conjunto, que possui carga total  $+Q$ , sofre a ação da força elétrica. Determine a distância  $d$  em que deve ser colocado um anteparo para que o conjunto colida perpendicularmente com o mesmo.

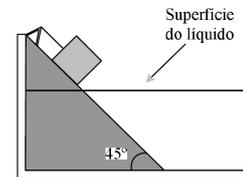
4.



Um circuito composto por uma fonte, três resistores, um capacitor e uma chave começa a operar em  $t = -\infty$  com o capacitor inicialmente descarregado e a chave aberta. No instante  $t = 0$ , a chave é fechada. Esboce o gráfico da diferença de potencial nos terminais do capacitor em função do tempo, indicando os valores da diferença de potencial para  $t = -\infty$ ,  $t = 0$  e  $t = +\infty$ .

5.

Um pequeno bloco pesando 50 N está preso por uma corda em um plano inclinado, como mostra a figura.



No instante  $t = 0$ s, a corda se rompe. Em  $t = 1$ s, o bloco atinge o líquido e submerge instantaneamente. Sabendo que o empuxo sobre o bloco é de 50N, e que o coeficiente de atrito dinâmico entre o bloco e a parte emersa do plano inclinado é 0,4, determine a distância percorrida pelo bloco a partir do instante inicial até  $t = 3$ s.

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

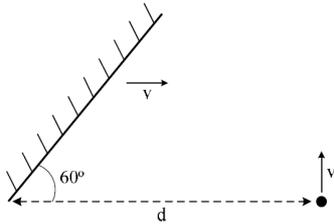
6. O desenho representa uma pequena usina hidrelétrica composta de barragem, turbina e gerador. Este sistema fornece energia elétrica através de dois cabos elétricos a uma residência, cuja potência solicitada é de 10.000 W durante 8 horas diárias. Determine:

- a) a economia de energia elétrica, em kWh, em 30 dias de funcionamento da usina, com a substituição dos cabos por outros cabos elétricos de resistência igual à metade do valor original, mantendo-se a mesma tensão fornecida aos equipamentos da residência.
- b) o rendimento do conjunto composto pelo gerador e cabos de alimentação, antes e depois da substituição dos cabos.

Dados: Comprimento de cada cabo elétrico que liga o gerador à residência: 100 m  
 Resistência dos cabos originais por unidade de comprimento: 0,001 W/m  
 Rendimento do gerador:  Gerador  
 $h = 0,80$   
 Tensão (ddp) exigida pelos equipamentos da residência: 100 V

7. Um espelho plano, de superfície infinita, desloca-se na horizontal com velocidade

constante  $v$ .  
Um objeto puntiforme se desloca na vertical também com velocidade constante  $v$  e, no instante  $t = 0$ , as posições do espelho e do objeto estão em conformidade com a figura.



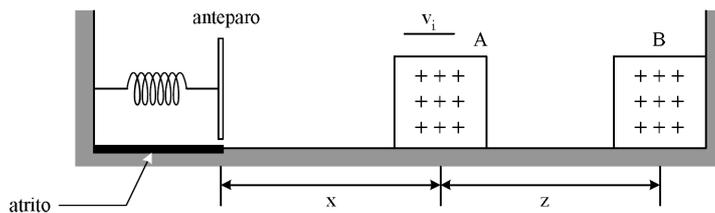
Considerando que no instante  $t = \alpha$  ocorre o choque do objeto com o espelho, determine:

- as componentes vertical e horizontal da velocidade da imagem do objeto refletida no espelho;
- o instante  $\alpha$  em que o objeto e o espelho se chocam.

8. Um elétron se encontra a uma distância de 2 mm de um fio retilíneo, movendo-se paralelamente a ele com a mesma velocidade que uma onda luminosa em uma fibra óptica. Uma chave é ligada, fazendo circular uma corrente elétrica no fio. Determine o valor desta corrente para que o elétron seja submetido a uma força de  $1,28 \cdot 10^{-14}$  N, no momento em que a corrente começa a circular.

- Dados: Índice de refração da fibra óptica:  $n = 1,5$ .  
Velocidade da luz no vácuo:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s  
Permeabilidade magnética do vácuo:  
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  H/m  
Carga do elétron:  $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  C

9.



A figura ilustra a situação inicial, em que dois blocos, considerados puntiformes e carregados eletricamente com cargas  $Q_A = +5 \cdot 10^{-5}$  C e  $Q_B = +4 \cdot 10^{-4}$  C, encontram-se afastados pela distância  $z$ . O bloco A desloca-se com velocidade  $v_i = 5$  m/s e dista  $x$  do anteparo. O bloco B encontra-se afixado na parede e o conjunto mola-anteparo possui massa desprezível.

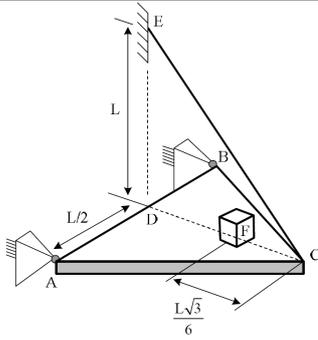
Sabendo que a superfície entre o bloco B e o anteparo não possui atrito, e que na região à esquerda do anteparo o coeficiente de atrito dinâmico da superfície é  $m_c = 0,5$ , determine:

- a velocidade com que o bloco A atinge o anteparo;
- a compressão máxima  $y$  da mola, considerando para efeito de cálculo que  $z + x + y \cong z + x$ ;
- a energia dissipada até o momento em que a mola atinge sua deformação máxima.

- Dados: Constante eletrostática  $K = 9 \cdot 10^9$  N  $\cdot$  m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>  
Constante de elasticidade da mola = 52 N/m  
Distância  $z$  entre os dois blocos = 9 m  
Distância  $x$  entre o bloco A e o anteparo = 11 m  
Massa do bloco A = 2 kg.  
Aceleração da gravidade  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>

10. Uma placa homogênea tem a forma de um triângulo equilátero de lado  $L$ , espessura  $L/10$  e massa específica  $\mu = 5$  g/cm<sup>3</sup>. A placa é

sustentada por dobradiças nos pontos A e B, e por um fio EC, conforme mostra a figura.

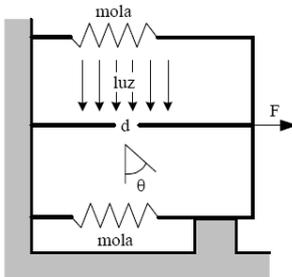


Um cubo homogêneo de aresta  $L/10$ , feito do mesmo material da placa, é colocado com o centro de uma das faces sobre o ponto  $F$ , localizado sobre a linha  $CD$ , distando  $L\sqrt{3}/6$  do vértice  $C$ . Considere as dimensões em centímetros e adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Determine em função de  $L$ :

- os pesos da placa e do cubo em Newtons;
- a tração no fio  $CE$  em Newtons.

4 **IME 2004**

1.

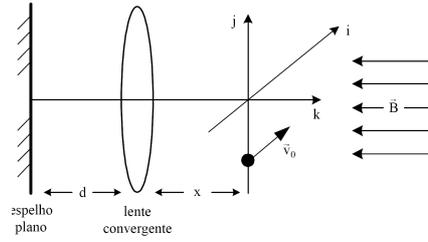


A figura acima mostra uma fenda iluminada por uma luz de comprimento de onda  $\lambda$ . Com as molas não deformadas, o ângulo correspondente ao primeiro mínimo de difração é  $\theta$ . Determine:

- a largura  $d$  da fenda com as molas não deformadas;
- o valor da força  $F$  que deverá ser aplicada para que o ângulo correspondente ao primeiro mínimo de difração passe a ser  $\theta/2$ .

Dado: Constante elástica de cada mola =  $k$   
 OBS.: Despreze todas as forças de atrito.

2.



Uma partícula carregada está sujeita a um campo magnético  $\vec{B}$  paralelo ao eixo  $k$ , porém com sentido contrário. Sabendo que sua velocidade inicial é dada pelo vetor  $\vec{v}_0$ , paralelo ao eixo  $i$ , desenhe a trajetória da imagem da partícula refletida no espelho, não deixando de indicar a posição inicial e o vetor velocidade inicial da imagem (módulo e direção). Justifique sua resposta.

- Dados: Os eixos  $i, j$  e  $k$  são ortogonais entre si.  
 Distância focal da lente =  $f$  ( $f < x$ )  
 Massa da partícula =  $m$   
 Carga da partícula =  $q$

OBS.: O espelho e a lente estão paralelos ao plano  $i-j$ .

3.

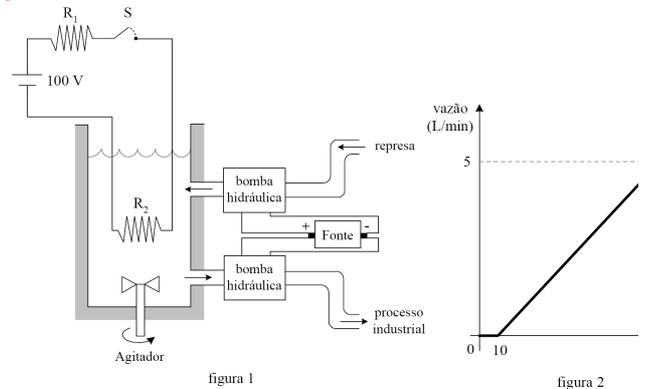


figura 1

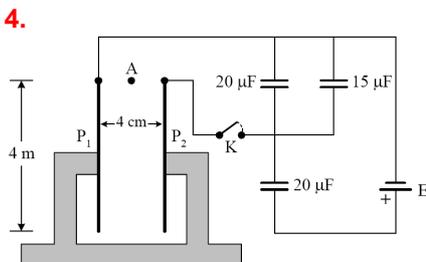
figura 2



A figura 1 ilustra um sistema de aquecimento de água em um reservatório industrial. Duas bombas hidráulicas idênticas são utilizadas, sendo uma delas responsável pela captação de água da represa, enquanto a outra realiza o fornecimento da água aquecida para o processo industrial. As bombas são alimentadas por uma única fonte e suas características de vazão versus tensão encontram-se na figura 2. O circuito de aquecimento está inicialmente desligado, de maneira que a temperatura da água no tanque é igual a da represa. Supondo que a água proveniente da represa seja instantaneamente misturada pelo agitador no tanque, que não haja dissipação térmica no tanque e que o sistema de aquecimento tenha sido acionado, determine:

- a) a vazão das bombas, caso a tensão das bombas seja ajustada para 50 V;
- b) a energia em joules fornecida pela resistência de aquecimento em 1 minuto ao acionar a chave S;
- c) a temperatura final da água aquecida, após a estabilização da temperatura da água no tanque.

Dados: Temperatura da água na represa: 20 °C  
 Calor específico da água:  $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$   
 Densidade da água:  $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$   
 $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 8\Omega$  e  $1 \text{ cal} = 4,18\text{J}$



A figura mostra duas placas metálicas retangulares e paralelas, com 4 m de altura e

afastadas de 4 cm, constituindo um capacitor de 5  $\mu\text{F}$ . No ponto A, equidistante das bordas superiores das placas, encontra-se um corpo puntiforme com 2g de massa e carregado com +4  $\mu\text{C}$ .

O corpo cai livremente e após 0,6s de queda livre a chave K é fechada, ficando as placas ligadas ao circuito capacitivo em que a fonte E tem 60V de tensão. Determine:

- a) com qual das placas o corpo irá se chocar (justifique sua resposta);
- b) a que distância da borda inferior da placa se dará o choque.

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

5. Um tanque de guerra de massa M se desloca com velocidade constante  $v_0$ . Um atirador dispara um foguete frontalmente contra o veículo quando a distância entre eles é D. O foguete de massa m e velocidade constante  $v_f$  colide com o tanque, alojando-se em seu interior. Neste instante o motorista freia com uma aceleração de módulo a. Determine:

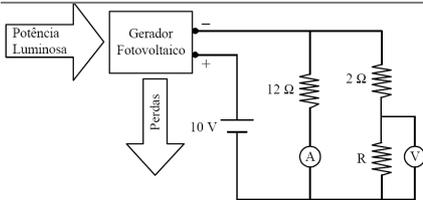
- a) o tempo t transcorrido entre o instante em que o motorista pisa no freio e o instante em que o veículo pára;
- b) a distância a que, ao parar, o veículo estará do local de onde o foguete foi disparado.

6. Um tanque contém 2 líquidos imiscíveis,  $L_1$  e  $L_2$ , com massas específicas  $r_1$  e  $r_2$ , respectivamente, estando o líquido  $L_2$  em contato com o fundo do tanque. Um cubo totalmente imerso no líquido  $L_1$  é solto e, após 2 segundos, sua face inferior toca a interface dos líquidos. Sabendo que a distância percorrida pelo cubo desde o instante em que é solto até tocar o fundo do tanque é de 31 m, pede-se:

- a) esboce o gráfico da velocidade v do cubo em função da distância percorrida pelo mesmo, para todo o percurso;
- b) mostre, no gráfico, as coordenadas dos pontos correspondentes às seguintes situações: (a) a face inferior do cubo toca a interface dos líquidos; (b) a face superior do cubo toca a interface dos líquidos e (c) o cubo toca o fundo do tanque.

Dados:  $\rho_1 = 2.000 \text{ kg/m}^3$  e  $\rho_2 = 3.000 \text{ kg/m}^3$   
 Massa específica do cubo:  $\rho_{\text{cubo}} = 4.000 \text{ kg/m}^3$   
 Volume do cubo:  $V_{\text{cubo}} = 1 \text{ m}^3$   
 Aceleração da gravidade:  $g = 10 \text{ m/s}^2$

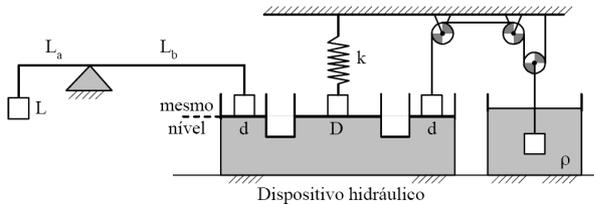
7. A figura abaixo mostra o esquema de um gerador fotovoltaico alimentando um circuito elétrico com 18 V.



Sabendo que a potência solicitada na entrada do gerador (potência luminosa) é de 100W, determine o rendimento do gerador na situação em que a razão dos valores numéricos da tensão e da corrente medidos, respectivamente, pelo voltímetro  $V$  (em volts) e pelo amperímetro  $A$  (em ampéres) seja igual a 2 (dois).

8. Uma certa usina termoeletrica tem por objetivo produzir eletricidade para consumo residencial a partir da queima de carvão. São consumidas 7,2 toneladas de carvão por hora e a combustão de cada quilo gera 2.107J de energia. A temperatura de queima é de 907 °C e existe uma rejeição de energia para um riacho cuja temperatura é de 22 °C. Estimativas indicam que o rendimento da termoeletrica é 75% do máximo admissível teoricamente. No discurso de inauguração desta usina, o palestrante afirmou que ela poderia atender, no mínimo, à demanda de 100.000 residências. Admitindo que cada unidade habitacional consome mensalmente 400 kWh e que a termoeletrica opera durante 29,63 dias em cada mês, o que equivale a aproximadamente  $2,56 \cdot 10^6$  segundos, determine a veracidade daquela afirmação e justifique sua conclusão através de uma análise termodinâmica do problema.

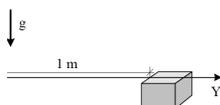
9. Cinco cubos idênticos, de aresta  $L$  e massa específica  $m$ , estão dispostos em um sistema em equilíbrio, como mostra a figura.



Uma mola de constante elástica  $k$  é comprimida e ligada ao centro do cubo, que se encontra sobre o pistão do cilindro maior de diâmetro  $D$  de um dispositivo hidráulico. Os demais cilindros deste dispositivo são idênticos e possuem diâmetros  $d$ . Em uma das extremidades do dispositivo hidráulico existe um cubo suspenso por um braço de alavanca. Na outra extremidade existe outro cubo ligado a fios ideais e a um conjunto de roldanas. Este conjunto mantém suspenso um cubo totalmente imerso em um líquido de massa específica  $r$ . Sendo  $g$  a aceleração da gravidade e desprezando as massas da alavanca, pistões, fios e roldanas, determine:

- a) a relação  $L_a/L_b$  dos comprimentos do braço de alavanca no equilíbrio em função de  $\rho$  e  $\mu$  ;
- b) o comprimento  $\Delta x$  de compressão da mola para o equilíbrio;

10. Um pequeno corpo é lançado com velocidade inicial, tendo componentes  $v_x = -2$  m/s;  $v_y = 3$  m/s e  $v_z = 2$  m/s, em relação ao referencial  $XYZ$  representado na figura.



A partícula sai do chão na posição  $(0,4; 0; 0)$  e atinge o plano  $YZ$  quando sua altura é máxima.

Neste instante, é emitido deste ponto um raio de luz branca que incide no cubo de vidro encaixado no chão com uma única face aparente no plano  $XY$  e cujo centro se encontra no eixo  $Y$ . O cubo tem aresta  $L$  e sua face mais próxima ao plano  $XZ$  está à distância de 1 m. Determine:

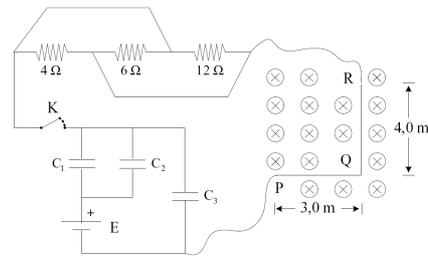
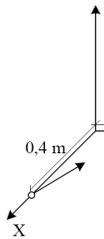
- a) a posição em que o corpo atinge o plano  $YZ$ ;
- b) qual das componentes da luz branca, devido à refração, atinge a posição mais próxima do centro da face que está oposta à aparente, considerando que o raio incidente no cubo é o que percorre a menor distância desde a emissão da luz branca até a incidência no cubo.

Dados: Aceleração da gravidade:  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>

Índice de refração do ar:  $n_{ar} = 1,00$

Tabela com índices de refração do vidro para as diversas cores:

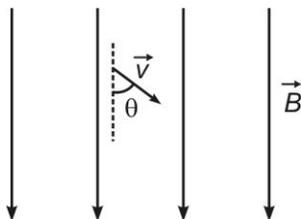
Cor	Índice de refração
vermelho	1,41
laranja	1,52
amarelo	1,59
verde	1,60
azul	1,68
anil	1,70
violeta	1,73



#### 4 IME 2005

- Um canhão de massa  $M = 200 \text{ kg}$  em repouso sobre um plano horizontal sem atrito é carregado com um projétil de massa  $m = 1 \text{ kg}$ , permanecendo ambos neste estado até o projétil ser disparado na direção horizontal. Sabe-se que este canhão pode ser considerado uma máquina térmica com 20% de rendimento, porcentagem essa utilizada no movimento do projétil, e que o calor fornecido a esta máquina térmica é igual a  $100.000 \text{ J}$ . Suponha que a velocidade do projétil após o disparo é constante no interior do canhão e que o atrito e a resistência do ar podem ser desprezados. Determine a velocidade de recuo do canhão após o disparo.

- Considere um elétron de massa  $m$  e carga  $-e$ , que se move com velocidade  $\vec{v}$ , conforme indicado na figura abaixo.



No instante  $t = 0$  é ligado um campo magnético  $\vec{B}$  uniforme em todo o espaço. Desprezando a ação da gravidade, determine:

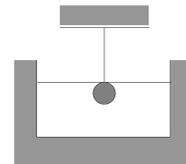
- o trabalho realizado pela força magnética após um intervalo de tempo  $\Delta t$ ;
- o período do movimento no plano perpendicular a  $\vec{B}$ ;
- a trajetória seguida pelo elétron, graficamente.

3.

Um fio condutor rígido  $PQR$ , dobrado em ângulo reto, está ortogonalmente inserido em um campo magnético uniforme de intensidade  $B = 0,40 \text{ T}$ . O fio está conectado a dois circuitos, um resistivo e o outro capacitivo. Sabendo que o capacitor  $C_1$  está carregado com  $40 \mu\text{C}$ , determine a intensidade da força de origem magnética que atuará sobre o fio  $PQR$  no instante em que a chave  $K$  for fechada.

Dados:  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2 \mu\text{F}$  e  $C_3 = 6 \mu\text{F}$

- Uma corda é fixada a um suporte e tensionada por uma esfera totalmente imersa em um recipiente com água, como mostra a figura.



Desprezando o volume e a massa da corda em comparação com o volume e a massa da esfera, determine a velocidade com que se propaga uma onda na corda.

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

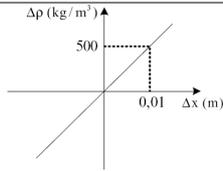
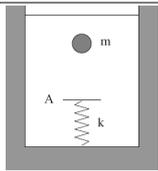
Densidade linear da corda ( $\mu$ ) =  $1,6 \text{ g/m}$

Massa da esfera ( $m$ ) =  $500 \text{ g}$

Volume da esfera ( $V$ ) =  $0,1 \text{ dm}^3$

Massa específica da água ( $d$ ) =  $1.000 \text{ kg/m}^3$

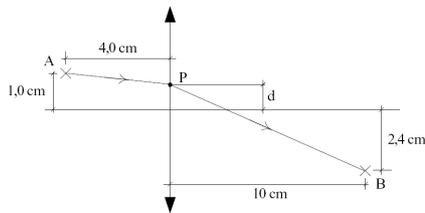
- Um corpo de massa  $m$  e volume  $v = 1 \text{ m}^3$ , imerso em um líquido de massa específica  $\rho_0$ , é solto, inicia o movimento vertical, atinge o anteparo  $A$  e provoca uma deformação máxima  $x$  na mola de constante elástica  $k$ . Em seguida, o procedimento é repetido, porém com líquidos de massa específica  $\rho_1$  diferente de  $\rho_0$ . O gráfico abaixo mostra a relação entre a variação da massa específica do líquido  $\Delta \rho$  e a variação da deformação máxima da mola  $\Delta x$ .



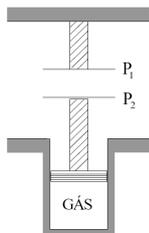
- a) Construa o gráfico da deformação máxima da mola  $x$  em função da diferença entre as massas específicas do corpo e do líquido  $\Delta \rho_{CL}$ .
- b) Determine o valor de  $x$  para  $\Delta \rho_{CL} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ .

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

6. Determine a ordenada  $d$  de um ponto  $P$ , localizado sobre a lente convergente de distância focal  $6 \text{ cm}$ , no qual deve ser mirado um feixe laser disparado do ponto  $A$ , com o intuito de sensibilizar um sensor óptico localizado no ponto  $B$ . Considere válidas as aproximações de Gauss.



7. Um gás ideal encontra-se, inicialmente, sob pressão de  $1,0$  atmosfera e ocupa um volume de  $1,0$  litro em um cilindro de raio  $R = 5/\pi \text{ m}$ , cujo êmbolo mantém a placa  $P_2$  de um capacitor afastada  $10 \text{ cm}$  da placa paralela  $P_1$ . Nessa situação, existe uma energia de  $171,5 \mu\text{J}$  armazenada no capacitor, havendo entre suas placas a tensão de  $5,0 \text{ V}$ . Determine o valor da capacitância quando o êmbolo for levantado, reduzindo a pressão isotermicamente para  $0,8 \text{ atm}$ .



8. A Figura 1 mostra um cilindro de raio  $R = 0,2 \text{ m}$  em repouso e um bloco de massa  $m = 0,1 \text{ kg}$ ,

suspenso por uma mola de constante elástica  $k$ . Junto ao bloco existe um dispositivo que permite registrar sua posição no cilindro. Em um determinado instante, o bloco é puxado para baixo e solto. Nesse mesmo instante, o cilindro começa a girar com aceleração angular constante  $\gamma = 0,8 \text{ rad/s}^2$  de tal maneira que a posição do bloco é registrada no cilindro, conforme a Figura 2. Determine:

- a) o período  $T$  de oscilação do bloco em segundos;
- b) o valor da constante elástica  $k$  da mola em  $\text{N/m}$ ;
- c) a deformação da mola em metros antes de o bloco ter sido puxado;
- d) a amplitude total em metros do movimento de oscilação, apresentado no gráfico da Figura 2, sabendo que a energia potencial elástica máxima do conjunto bloco-mola é de  $2,0 \text{ J}$ .

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

$$\pi^2 \cong 10$$

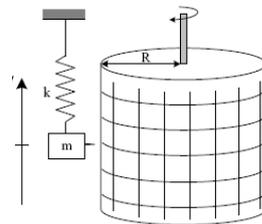


Figura 1

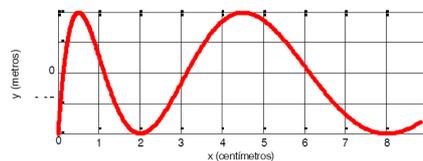


Figura 2

9. Um objeto foi achado por uma sonda espacial durante a exploração de um planeta distante. Esta sonda possui um braço ligado a uma mola ideal presa a garras especiais. Ainda naquele planeta, observou-se no equilíbrio um deslocamento  $x_p = 0,8 \times 10^{-2} \text{ m}$  na mola, com o objeto totalmente suspenso. Retornando à Terra, repetiu-se o experimento observando um deslocamento  $x_T = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m}$ . Ambos os deslocamentos estavam na faixa linear da mola.

Esse objeto foi colocado em um recipiente termicamente isolado a  $378\text{K}$  em estado sólido. Acrescentou-se  $200\text{g}$  de gelo a  $14^\circ\text{F}$ . Usando um termômetro especial, graduado em uma escala  $E$  de temperatura, observou-se que o equilíbrio ocorreu a  $1,5^\circ\text{E}$ , sob pressão normal. Determine:

- a) a razão entre o raio do planeta de origem e o raio da Terra;  
 b) o calor específico do objeto na fase sólida.

Dados: A massa do planeta é 10% da massa da Terra.

Aceleração da gravidade na Terra  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$

Temperatura de fusão da água sob pressão normal na escala  $E$ :  $-12^\circ E$

Temperatura de ebulição da água sob pressão normal na escala  $E$ :  $78^\circ E$

Calor específico do gelo:  $0,55 \text{ cal/g}^\circ C$

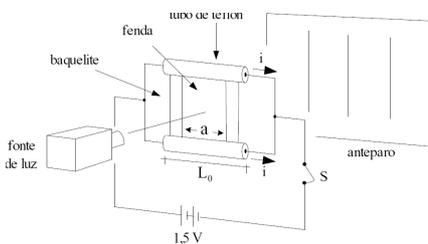
Calor específico da água na fase líquida:  $1,00 \text{ cal/g}^\circ C$

Calor latente de fusão da água:  $80 \text{ cal/g}$

Massa específica da água:  $1 \text{ g/cm}^3$

Constante elástica da mola ( $k$ ) =  $502,5 \text{ N/m}$

10. Um feixe de luz monocromática incide perpendicularmente aos planos da fenda retangular e do anteparo, como mostra a figura.



A fenda retangular de largura inicial  $a$  é formada por duas lâminas paralelas de baquelite, fixadas em dois tubos de teflon, que sofrem dilatação linear na direção de seus comprimentos. Estes tubos envolvem dois filamentos de tungstênio, que estão ligados, em paralelo, a uma fonte de  $1,5V$ .

Após o fechamento da chave  $S$ , uma corrente  $i = 500 \text{ mA}$  atravessa cada tubo de teflon fazendo com que a figura de difração, projetada no anteparo, comece a se contrair. Considerando que a energia dissipada no filamento de tungstênio seja totalmente transmitida para o tubo de teflon, determine o tempo necessário para que o segundo mínimo de difração ocupe a posição onde se encontrava o primeiro mínimo.

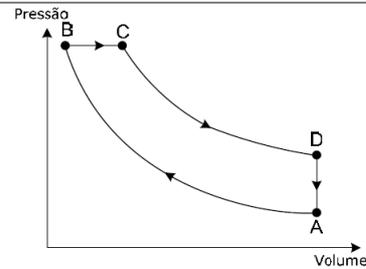
Dados: Calor específico do teflon =  $1050 \text{ J/kg} \cdot K$   
 Coeficiente de dilatação linear do teflon =  $216 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ C^{-1}$

Massa do tubo de teflon =  $10g$

Comprimento inicial da barra de teflon ( $L_0$ ) =  $10a$ , onde " $a$ " é a largura inicial da fenda.

4 **IME 2006**

1.

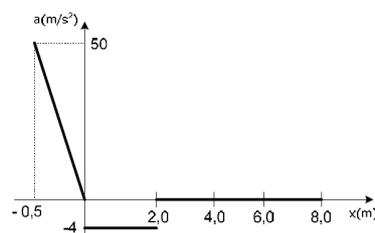


O ciclo Diesel, representado na figura abaixo, corresponde ao que ocorre num motor Diesel de quatro tempos: o trecho  $AB$  representa a compressão adiabática da mistura de ar e vapor de óleo Diesel;  $BC$  representa o aquecimento a pressão constante, permitindo que o combustível injetado se inflame sem a necessidade de uma centelha de ignição;  $CD$  é a expansão adiabática dos gases aquecidos movendo o pistão e  $DA$  simboliza a queda de pressão associada à exaustão dos gases da combustão.

A mistura é tratada como um gás ideal de coeficiente adiabático  $\gamma$ . Considerando que  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  representam as temperaturas, respectivamente, nos pontos  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ , mostre que o rendimento do ciclo Diesel é dado por:

$$\eta = 1 - \left( \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} \right)$$

2. Um corpo de  $500g$  de massa está inicialmente ligado a uma mola. O seu movimento é registrado pelo gráfico abaixo, que mostra a aceleração em função da posição, a partir do ponto em que a mola se encontra com compressão máxima. A abscissa  $x = 0$  corresponde à posição em que a deformação da mola é nula. Nesta posição, o corpo foi completamente liberado da mola e ficou submetido à aceleração registrada no gráfico.



Determine:

- a variação da quantidade de movimento nos 2s após o corpo ser liberado da mola;
- o trabalho total realizado desde o começo do registro em  $x = -0,5\text{m}$  até  $x = 3\text{m}$ .

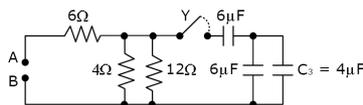
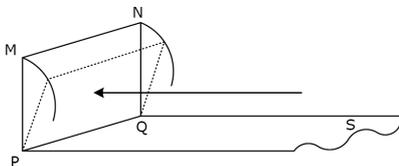
3. Um raio luminoso incide ortogonalmente no ponto central de um espelho plano quadrado  $MNPQ$ , conforme a figura abaixo. Girando-se o espelho de um certo ângulo em torno da aresta  $PQ$ , consegue-se que o raio refletido atinja a superfície horizontal  $S$  paralela ao raio incidente. Com a seqüência do giro, o ponto de chegada em  $S$  aproxima-se da aresta  $PQ$ .

No ponto de chegada em  $S$  que fica mais próximo de  $PQ$  está um sensor que, ao ser atingido pelo raio refletido, gera uma tensão elétrica  $U$  proporcional à distância  $d$  entre o referido ponto e aquela aresta:  $U = k \cdot d$ .

Fixando o espelho na posição em que a distância  $d$  é mínima, aplica-se a tensão  $U$  aos terminais  $A$  e  $B$  do circuito.

Dado que todos os capacitores estão inicialmente descarregados, determine a energia que ficará armazenada no capacitor  $C_3$  se a chave  $Y$  for fechada e assim permanecer por um tempo muito longo.

Dados: Comprimento  $PQ = 6\text{m}$   
Constante  $k = 12\text{ V/m}$



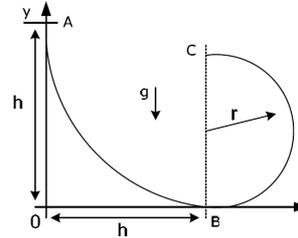
4. Para ferver dois litros de água para o chimarrão, um gaúcho mantém uma panela de 500g suspensa sobre a fogueira, presa em um galho de árvore por um fio de aço com 2m de comprimento. Durante o processo de aquecimento são gerados pulsos de 100 Hz em uma das extremidades do fio. Este processo é interrompido com a observação de um regime estacionário de terceiro harmônico. Determine:

- o volume de água restante na panela;
- a quantidade de energia consumida nesse processo.

Dados: Massa específica linear do aço =  $10^{-3}\text{ kg/m}$

Aceleração da gravidade ( $g$ ) =  $10\text{ m/s}^2$   
Massa específica da água =  $1\text{ kg/L}$   
Calor latente de vaporização da água =  $2,26\text{ MJ/kg}$

5. Uma partícula parte do repouso no ponto  $A$  e percorre toda a extensão da rampa  $ABC$ , mostrada na figura abaixo.



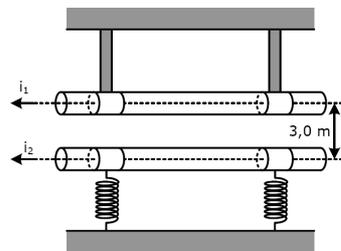
A equação que descreve a rampa entre os pontos  $A$ , de coordenadas  $(0, h)$  e  $B$ , de coordenada  $(h, 0)$ , é  $y = \frac{x^2}{h} - 2x + h$ , enquanto

entre os pontos  $B$  e  $C$ , de coordenadas  $(h, 2r)$ , a rampa é descrita por uma circunferência de raio  $r$  com centro no ponto de coordenadas  $(h, r)$ . Sabe-se que a altura  $h$  é a mínima necessária para que a partícula abandone a rampa no ponto  $C$  e venha colidir com ela em um ponto entre  $A$  e  $B$ . Determine o ponto de colisão da partícula com a rampa no sistema de coordenadas da figura como função apenas do comprimento  $r$ .

Dado: Aceleração da gravidade =  $g$ .

OBS: Despreze as forças de atrito e a resistência do ar.

6. Considere duas barras condutoras percorridas pelas correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ , conforme a figura a seguir. A primeira está rigidamente fixada por presilhas e a segunda, que possui liberdade de movimento na direção vertical, está presa por duas molas idênticas, que sofreram uma variação de 1,0 m em relação ao comprimento nominal.

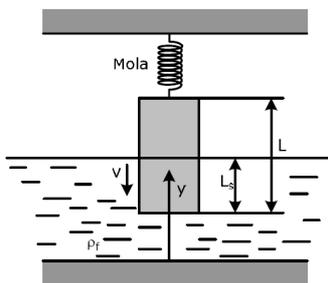


Sabendo-se que  $i_1 = i_2$  e que o sistema se encontra no vácuo, determine:

- a) o valor das correntes para que o sistema permaneça estático;
- b) a nova variação de comprimento das molas em relação ao comprimento nominal, mantendo o valor das correntes calculadas no pedido anterior; mas invertendo o sentido de uma delas.

Dados: Comprimento das barras = 1,0 m  
 Massa de cada barra = 0,4 kg  
 Distância entre as barras = 3,0 m  
 Constante elástica das molas = 0,5 N/m  
 Aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10 m/s<sup>2</sup>  
 Permeabilidade do vácuo ( $\mu_0$ ) =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  T · m/A

7.

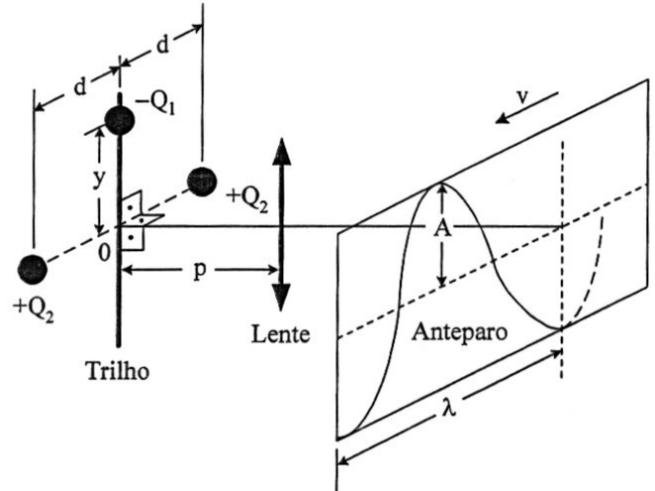


A figura ilustra uma barra de comprimento  $L = 2\text{m}$  com seção reta quadrada de lado  $a = 0,1\text{m}$  e massa específica  $\rho = 1,20 \text{ g/cm}^3$ , suspensa por uma mola com constante elástica  $k = 100 \text{ N/m}$ . A barra apresenta movimento somente no eixo vertical  $y$  e encontra-se parcialmente submersa num tanque com líquido de massa específica  $\rho_f = 1,00 \text{ g/cm}^3$ . Em um certo instante, observa-se que a mola está distendida de  $\Delta y = 0,9 \text{ m}$ , que o comprimento da parte submersa da barra é  $L_s = 1,6 \text{ m}$  e que a velocidade da barra é  $v = 1 \text{ m/s}$  no sentido vertical indicado na figura. Determine os comprimentos máximo ( $L_{\text{máx}}$ ) e mínimo ( $L_{\text{mín}}$ ) da barra que ficam submersos durante o movimento.

Dado: Aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10 m/s<sup>2</sup>  
 OBS.: Despreze o atrito da barra com o líquido.

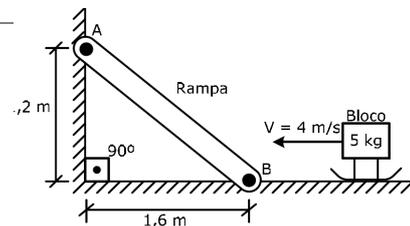
- 8. Com o objetivo de medir o valor de uma carga elétrica negativa  $-Q_1$  de massa  $m$ , montou-se o experimento a seguir. A carga de valor desconhecido está presa a um trilho e sofre uma interação elétrica devido à presença de duas cargas fixas, equidistantes dela, e de valor positivo  $+Q_2$ . O trilho é colocado em paralelo e a
- 10. Suponha que você seja o responsável pela operação de um canhão antiaéreo. Um avião inimigo está passando em uma trajetória retilínea, distante de sua posição, a uma altura constante e com velocidade  $v = 900 \text{ km/h}$ . A imagem deste avião no seu aparelho de pontaria possui comprimento  $l = 5 \text{ cm}$ , mas você

uma distância  $p$  de uma lente convergente de distância focal  $f$ . A carga  $-Q_1$ , inicialmente em repouso na posição apresentada na figura, é liberada sem a influência da gravidade, tendo seu movimento registrado em um anteparo que se desloca com velocidade  $v$  no plano da imagem de  $-Q_1$  fornecida pela lente. Em função de  $Q_2, A, d, p, f, v, m, \lambda$  e  $\epsilon$ , determine:



- a) a ordenada  $y$  inicial;
  - b) o valor da carga negativa  $-Q_1$ .
- Dado: Permissividade do meio =  $\epsilon$  .  
 OBS.: Considere  $d > y$ , ou seja,  $d^2 + y^2 \cong d^2$ .

9. Um



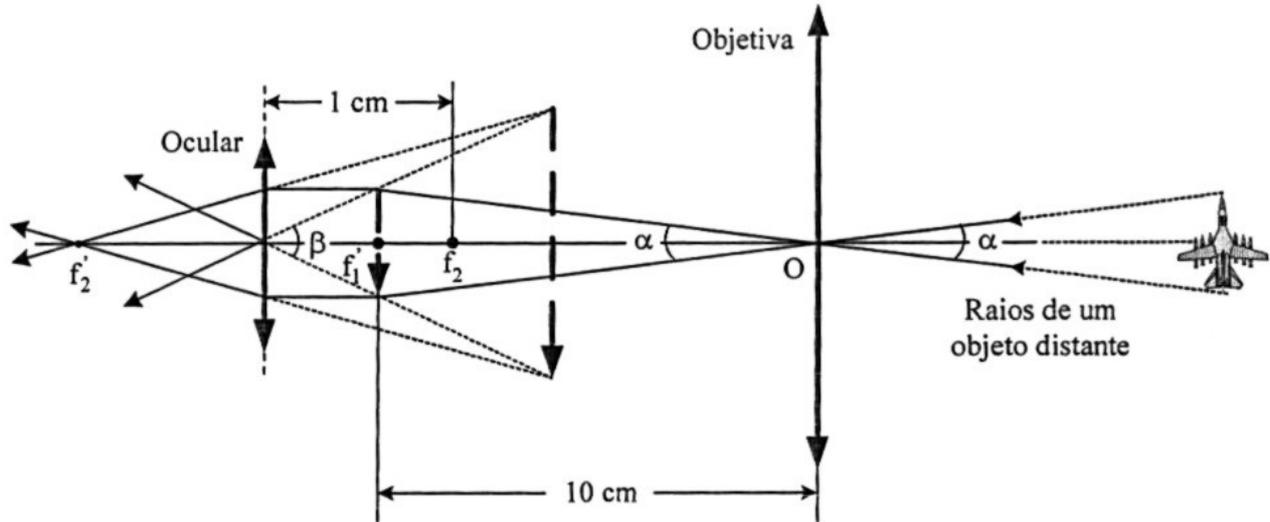
bloco de massa  $m = 5 \text{ kg}$  desloca-se a uma velocidade de  $4 \text{ m/s}$  até alcançar uma rampa inclinada de material homogêneo, cujos pontos  $A$  e  $B$  são apoios e oferecem reações nas direções horizontal e vertical. A rampa encontra-se fixa e o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e a rampa é igual a  $0,05$ . Sabe-se que o bloco pára ao atingir determinada altura e permanece em repouso. Considerando que a reação vertical no ponto de apoio  $B$  após a parada do bloco seja de  $89 \text{ N}$  no sentido de baixo para cima, determine a magnitude, a direção e o sentido das demais reações nos pontos  $A$  e  $B$ .

Dados: Aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10 m/s<sup>2</sup>  
 Peso linear da rampa = 95 N/m

reconheceu este avião e sabe que o seu comprimento real é  $L = 100$  m. Ao disparar um projétil deste canhão, sua trajetória encontra perfeitamente ortogonal à linha de visada do aparelho de pontaria, determine:

- o desvio angular  $\theta$  entre o aparelho de pontaria e o tubo do canhão para que você acerte o centro do avião ao disparar o gatilho com a aeronave no centro do visor;
- o aumento  $M$  do aparelho de pontaria;
- o tempo  $t$  até o projétil alcançar o centro do avião.

OBS.: Considere que o aparelho de pontaria possa ser tratado como um telescópio de refração, conforme mostra a figura **esquemática** abaixo, constituído por apenas duas lentes convergentes, denominadas objetiva e ocular, cujas distâncias focais são, respectivamente  $f_1 = 10$  cm e  $f_2 = 1$  cm. Considere ainda que os ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  sejam pequenos.



#### 4 IME 2007

- No instante  $t = 0$ , uma fonte sonora que gera um tom com frequência de 500 Hz é arremessada verticalmente do solo com velocidade inicial de 40 m/s. Pede-se:
  - a maior e a menor frequência do som ouvido por um observador estacionário situado muito próximo do local do arremesso;
  - um esboço do gráfico da frequência ouvida pelo observador em função do tempo após o lançamento para  $0 < t < 10$  s.

Dados: Aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10 m/s<sup>2</sup>  
Velocidade do som ( $v_s$ ) = 340 m/s

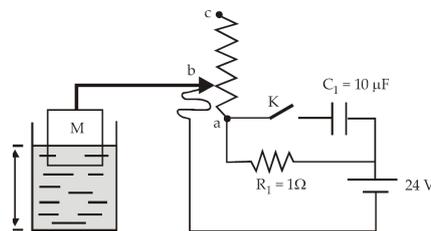
OBS.: Despreze o atrito da fonte sonora com o ar e suponha que a fonte permaneça imóvel após atingir o solo.

- A figura ilustra um bloco  $M$  de madeira com formato cúbico, parcialmente submerso em água, ao qual está fixado um cursor metálico conectado a um circuito elétrico. Na situação inicial, a face do fundo do bloco se encontra a 48 cm da superfície da água, a chave  $K$  está aberta e o capacitor  $C_1$  descarregado. O comprimento do fio resistivo entre a posição  $b$  do cursor metálico e o ponto  $a$  é 10 cm. A potência dissipada no resistor  $R_1$  é 16 W.

Em determinado instante, a água é substituída por outro líquido mais denso, mantendo-se constante o nível  $H$  da coluna de água inicialmente existente. Fecha-se a chave  $K$  e observa-se que, após um longo intervalo de tempo, a energia armazenada em  $C_1$  se estabiliza em 28,8  $\mu$  J. Considerando que a resistência por unidade de comprimento do fio resistivo é constante, determine a massa específica do líquido que substituiu a água.

Dados: Aceleração da gravidade ( $g$ ) = 10 m/s<sup>2</sup>

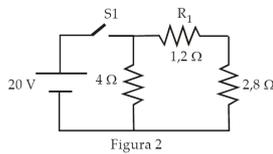
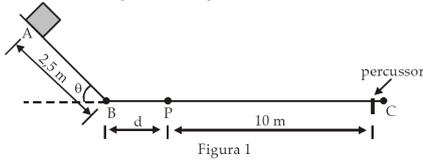
Massa específica da água ( $\mu_a$ ) = 1 g/cm<sup>3</sup>



- Um pequeno corpo é abandonado com velocidade inicial nula no ponto  $A$  de uma rampa, conforme ilustra a figura 1. No instante em que esse corpo passa pelo ponto  $P$ , um dispositivo provoca o fechamento da chave  $S_1$  do circuito elétrico apresentado na Figura 2.

No instante em que o resistor  $R_1$  desse circuito atinge o consumo de  $0,05 \text{ W} \cdot \text{h}$ , um percussor é disparado, perpendicularmente ao trecho plano  $B-C$ , com o objetivo de atingir o corpo mencionado. Sabe-se que ao percorrer a distância  $d$  mostrada na figura 1, o corpo tem sua velocidade reduzida a  $1/3$  da alcançada no ponto  $B$ . Considerando que os trechos  $A-B$  e  $P-C$  não possuem atrito e que o corpo permanece em contato com o solo até o choque, determine o ângulo de inclinação  $\theta$  da rampa para que o corpo seja atingido pelo percussor.

Dado: aceleração da gravidade ( $g$ ) =  $10 \text{ m/s}^2$



$1 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$

OBS.: O tirante não prejudica o movimento do bloco.

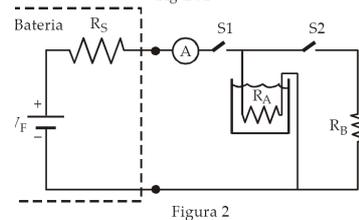
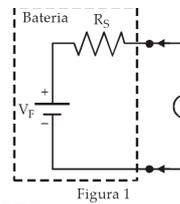
5. A figura 1 ilustra uma bateria, modelada através de uma fonte de tensão elétrica  $V_F$  em série com um resistor  $R_S$ , conectado a um voltímetro  $V$ , cuja leitura indica  $24 \text{ V}$ . Essa bateria é ligada em série com o amperímetro  $A$  e com um circuito composto por uma resistência de aquecimento  $R_A$  em paralelo com uma resistência  $R_B$ , conforme mostra a Figura 2. A resistência  $R_A$  encontra-se imersa em  $0,2 \text{ L}$  de um líquido com massa específica de  $1,2 \text{ g/cm}^3$ .

Inicialmente, as chaves  $S_1$  e  $S_2$  da Figura 2 encontram-se abertas. A chave  $S_1$  é acionada. Observa-se que o amperímetro indica  $2 \text{ A}$  e que a temperatura do líquido se eleva de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  em  $30 \text{ minutos}$ . Em seguida, a chave  $S_2$  é fechada e o amperímetro passa a indicar  $2,4 \text{ A}$ . Considerando que não exista perda de energia no aquecimento da água e que o voltímetro e o amperímetro sejam ideais, determine:

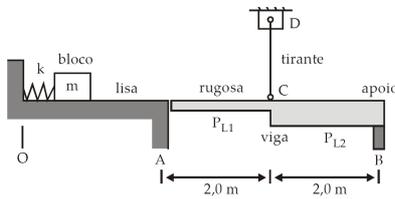
- a) a resistência  $R_A$  em ohms;
- b) a resistência  $R_S$  em ohms;
- c) a resistência  $R_B$  em ohms.

Dados: calor específico do líquido ( $c$ ) =  $2 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)}$

$1 \text{ cal} \cong 4 \text{ J}$



4.



Uma mola com constante elástica  $k$ , presa somente a uma parede vertical, encontra-se inicialmente comprimida em  $10 \text{ cm}$  por um bloco de massa  $m = 4 \text{ kg}$ , conforme apresenta a figura acima. O bloco é liberado e percorre uma superfície horizontal lisa  $OA$  sem atrito. Em seguida, o bloco percorre, até atingir o repouso, parte da superfície rugosa de uma viga com  $4 \text{ m}$  de comprimento, feita de material uniforme e homogêneo, com o perfil mostrado na figura. Sabendo que a força normal por unidade de área no tirante  $CD$  de seção reta  $10 \text{ mm}^2$  é de  $15 \text{ MPa}$  na posição de repouso do bloco sobre a viga, determine o valor da constante elástica  $k$  da mola.

Dados: Pesos por unidade de comprimento da viga ( $P_{L1}$ ) =  $20 \text{ N/m}$  e ( $P_{L2}$ ) =  $40 \text{ N/m}$   
 Coeficiente de atrito cinético ( $\mu_c$ ) =  $0,50$   
 Aceleração da gravidade ( $g$ ) =  $10 \text{ m/s}^2$

6. Uma massa  $m$  de ar, inicialmente a uma pressão de  $3 \text{ atm}$ , ocupa  $0,1 \text{ m}^3$  em um balão. Este gás é expandido isobaricamente até um volume de  $0,2 \text{ m}^3$  e, em seguida, ocorre uma nova expansão através de um processo isotérmico, sendo o trabalho realizado pelo gás durante esta última expansão igual a  $66000 \text{ J}$ . Determine:

- a) o trabalho total realizado em joules pelo gás durante todo o processo de expansão;

b) o calor total associado às duas expansões, interpretando fisicamente o sinal desta grandeza.

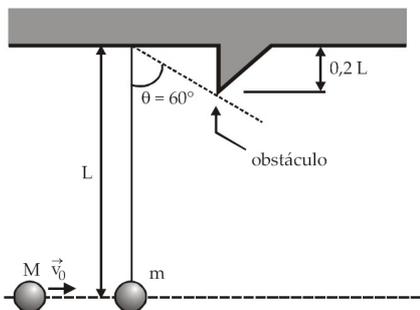
$$\text{Dados: } 1 \text{ atm} = 1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, 1 \text{ kgf} = 10\text{N e } \gamma = \frac{C_p}{C_v} =$$

1,4

OBS.: Suponha que o ar nestas condições possa ser considerado como gás ideal.

7. Um pêndulo com comprimento  $L = 1\text{m}$ , inicialmente em repouso, sustenta uma partícula com massa  $m = 1 \text{ kg}$ . Uma segunda partícula com massa  $M = 1 \text{ kg}$  movimenta-se na direção horizontal com velocidade constante  $v_0$  até realizar um choque perfeitamente inelástico com a primeira. Em função do choque, o pêndulo entra em movimento e atinge um obstáculo, conforme ilustrado na figura. Observa-se que a maior altura alcançada pela partícula sustentada pelo pêndulo é a mesma do ponto inferior do obstáculo. O fio pendular possui massa desprezível e permanece sempre esticado. Considerando a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e a resistência do ar desprezível, determine:

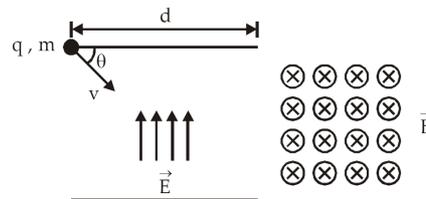
- a velocidade  $v_0$  da partícula com massa  $M$  antes do choque;
- a força que o fio exerce sobre a partícula de massa  $m$  imediatamente após o fio bater no obstáculo.



8. Uma partícula de massa  $m$  e carga elétrica  $q$  é arremessada com velocidade escalar  $v$  numa região entre duas placas de comprimento  $d$ , onde existe um campo elétrico uniforme  $\vec{E}$ , conforme ilustra a figura. Ao sair da região entre as placas, a partícula entra numa região sujeita a um campo magnético uniforme  $\vec{B}$  e segue uma trajetória igual a uma semicircunferência, retornando à região entre as placas. Pedese:

- o ângulo  $\theta$  de arremesso da partícula indicado na figura;
- a energia cinética da partícula no instante de seu retorno à região entre as placas;
- a faixa de valores de  $|\vec{B}|$  para que a partícula volte à região entre as placas;
- verificar, justificando, se existe a certeza da partícula se chocar com alguma das placas após regressar à região entre as placas.

OBS.: Desconsidere a ação da gravidade.



9. Um explorador espacial sofreu um acidente e encontra-se em um planeta desconhecido. Entre seus equipamentos, ele dispõe de um telescópio, um dinamômetro, um bloco de massa  $M$  conhecida e um fio de comprimento  $L$ . O telescópio é composto por uma objetiva e uma ocular com distâncias focais  $f$  e  $f'$ , respectivamente. O explorador observou a existência de um satélite no céu deste planeta e o telescópio apresentou uma imagem de diâmetro máximo  $2r'$ . Medidas anteriores ao acidente indicavam que o raio deste satélite era, na realidade,  $R$ . O astronauta determinou que o período de revolução do satélite em torno do planeta era equivalente a 5000 períodos de um pêndulo improvisado com o bloco e o fio. Se o dinamômetro registra que este bloco causa uma força  $F$  sob efeito da gravidade na superfície do planeta, determine:

- a massa  $M$  em função dos parâmetros fornecidos;
- o diâmetro  $D$  deste planeta em função dos parâmetros fornecidos.

Dado: Constante de gravitação universal =  $G$

10. A figura ilustra uma empacotadora de papel que utiliza um capacitor de placas quadradas e paralelas para empilhar a quantidade exata de folhas contidas em cada embalagem. Ao atingir a altura limite do bloco de papel, o laser  $L$  acoplado à fenda simples  $F_s$  projeta os mínimos de intensidade de difração de primeira ordem nos pontos  $A$  e  $B$ , equidistantes da linha tracejada  $ED$ . Sabendo que cada folha de papel possui uma espessura  $e_f$ , determine o número de folhas contidas em cada embalagem.

Dados: Comprimento de onda do laser =  $\lambda$   
 Largura da fenda simples =  $a$   
 Distância entre a fenda e a reta  $AB = 2d$   
 Área da superfície das placas do capacitor =  $d^2$   
 Permissividade do vácuo =  $\epsilon_0$   
 Permissividade do papel =  $\epsilon$   
 Capacitância do capacitor com o limite máximo de folhas de papel =  $C$

OBS.: Despreze o efeito da borda do capacitor.

