

IME – 1989

01) (IME-89) 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 $\mu = 0,5$.

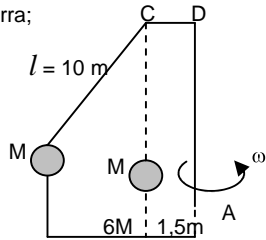
Sabendo que as acelerações, no período de velocidade crescente e no período de frenagem, são constantes, determine:

- a) a aceleração durante o período em que a velocidade está aumentando;
 - b) a distância total percorrida ao longo dos 30 segundos.
- Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$

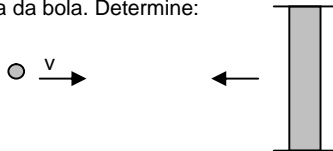
02) (IME-89) Um astronauta em traje espacial e completamente equipado pode dar pulos verticais de 0,5 m na Terra. Determine a altura máxima que o astronauta poderá pular em um outro planeta, sabendo-se que o seu diâmetro é um quarto do da Terra e sua massa específica dois terços da terrestre. Considere que o astronauta salte em ambos os planetas com a mesma velocidade inicial.

03) (IME-89) 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) a velocidade angular da barra;
 - b) a tração no fio.
- Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$



04) (IME-89) 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:

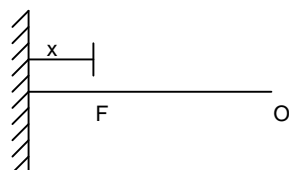


- a) a velocidade da bola depois do choque;
- b) o trabalho das forças elásticas durante o choque.

05) (IME-89) Dois recipientes, condutores de calor, de mesmo volume, são interligados por um tubo de volume desprezível e contêm um gás ideal, inicialmente a 23°C e $1,5 \times 10^5 \text{ Pa}$. Um dos recipientes é mergulhado em um líquido a 127°C , enquanto que o outro, simultaneamente, é mergulhado em oxigênio líquido a -173°C . Determine a pressão de equilíbrio do gás. Considere $0^\circ\text{C} = 273 \text{ k}$.

06) (IME-89) Uma fonte sonora F produz um som puro com uma frequência que pode ser variada. O observador Q está situado de modo que \overline{OF} seja perpendicular a uma parede refletora distante x de F . Determine as duas frequências mais baixas para as quais o som ouvido por Q tenha intensidade máxima.

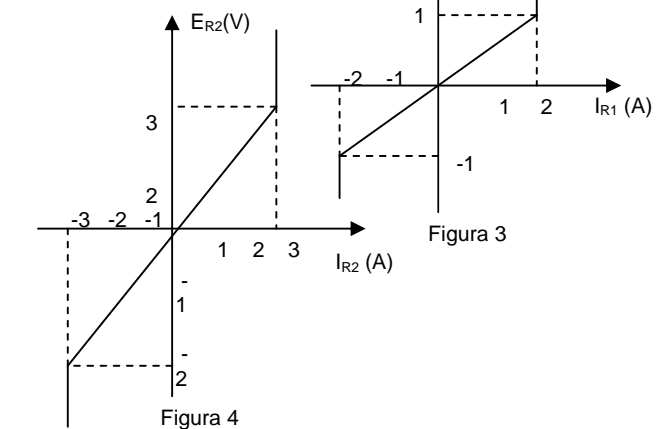
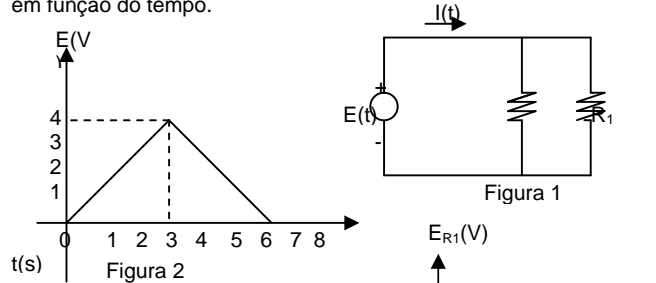
Dados: velocidade do som = 340 m/s
 $x = 1 \text{ m}$



07) (IME-89) Três líquidos distintos são mantidos a $T_1 = 15^\circ\text{C}$, $T_2 = 20^\circ\text{C}$ e $T_3 = 25^\circ\text{C}$. Misturando os dois primeiros na razão $1 : 1$, em massa, obtém-se uma temperatura de equilíbrio de 18°C . Procedendo da mesma forma com os líquidos 2 e 3 ter-se-ia uma temperatura final de 24°C . Determine a temperatura de equilíbrio se o primeiro e o terceiro líquidos forem misturados na razão $3 : 1$ em massa.

08) (IME-89) A tensão $E(t)$, definida pelo gráfico mostrado na figura 2 é aplicada ao circuito da figura 1, cujos componentes resistivos, invariantes no tempo, são definidos pelas curvas características dadas abaixo (figura 3 e 4).

Esboce a forma de onda da corrente $i(t)$, total, do circuito, em função do tempo.

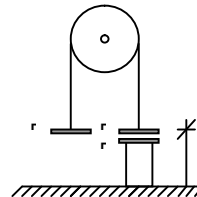


09) (IME-89) Na figura abaixo, P_1 , P_2 e P_3 são três placas metálicas de mesma área, tendo P_1 massa M_1 e P_2 massa M_2 ($M_1 > M_2$). A placa P_3 , paralela à P_2 , está fixa num pedestal isolante. O fio que liga P_1 a P_2 é isolante e de massa desprezível.

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) (IME-89) Um raio de luz parte do ponto A formando um ângulo α 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.

A velocidade da luz no vácuo é c .

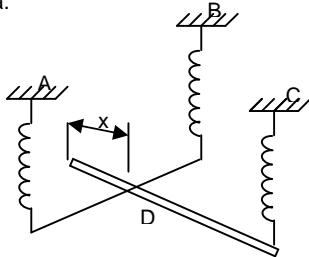
Determine:

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

IME – 1990

01) (IME-90) A potência P de uma hélice de avião depende do raio R da hélice, de sua velocidade angular \underline{w} e da massa específica do ar μ . Um aluno fica em dúvida se a equação correta que liga estas grandezas é $P = kw^3R^5\mu$ ou $P = kw^5R^3\mu$, em que k é uma constante adimensional. Identifique a equação correta e justifique sua afirmação.

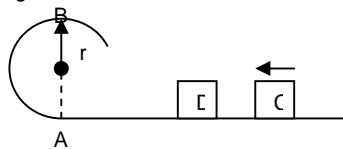
02) (IME-90) Ao teto de uma sala, deseja-se prender 3 molas iguais que deverão equilibrar, na horizontal, uma haste rígida, delgada e de peso desprezível, bem como uma viga pesada, homogênea e uniforme, de tal modo que a haste suporte, em seu ponto médio, a viga. Os pontos de fixação, no teto, devem 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.



03) (IME-90) Um bloco C desliza com 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: $g = 10 \text{ m/s}^2$; $r = 2,88 \text{ m}$



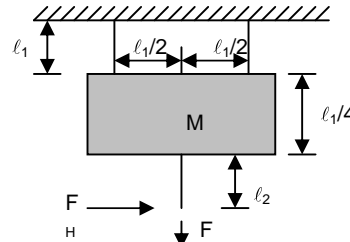
04) (IME-90) Uma bola cai de uma altura $H = 5 \text{ m}$ e saltita sobre uma placa rígida na superfície da terra. Um pesquisador observa que o tempo decorrido entre o início de sua queda e o instante em que a bola atinge a altura máxima após dois choques com a placa é de 3,24 segundos. Desprezando-se as resistências e admitindo que os choques tenham o mesmo coeficiente de restituição, determine:

- o coeficiente de restituição dos choques;
- a altura máxima após o 2º choque.

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

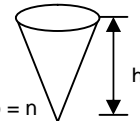
05) (IME-90) Durante um processo, são realizados 100 kJ de trabalho sobre um sistema, observando-se um aumento de 55 kJ em sua energia interna. Determine a quantidade de calor trocado pelo sistema, especificando se foi adicionado ou retirado.

06) (IME-90) Uma placa infinitamente rígida encontra-se suspensa do 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 $\ell_1 = 0,5 \text{ m}$
 - comprimento $\ell_2 = 1,0 \text{ m}$
 - força $F_2 = 300 \text{ N}$
 - aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$
 - massa por unidade de comprimento das cordas: $\mu = 0,030 \text{ kg/m}$

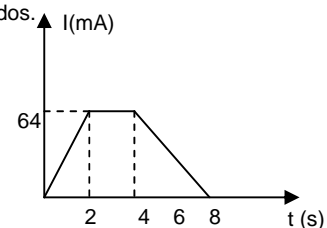
07) (IME-90) Quer-se construir um recipiente de material opaco, em forma de cone, com uma determinada altura h . O recipiente deve ser construído de modo tal que, quando totalmente cheio de um líquido, permita a qualquer observador localizado num ponto acima do plano definido pela superfície livre do líquido, visualizar o vértice interior do recipiente.



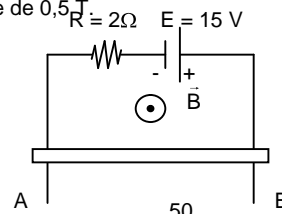
- Considere:
- índice de refração do ar = 1
 - índice de refração do líquido = n

08) (IME-90) 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 $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, determine:

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



09) (IME-90) A barra condutora AB com 50 cm de comprimento, 5 N 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 \underline{B} , com intensidade de $0,5 \text{ T}$.



Determine:

- a) – a corrente na resistência R;
- b) – a velocidade da barra AB.

CONVENÇÃO:

- direção perpendicular ao plano da folha e saindo da mesma.

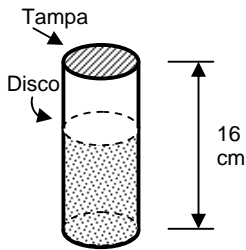
10) (IME-90) Na figura abaixo, vê-se um tubo cuja parede é de material isolante elétrico.

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 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:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}$$

IME – 1991

01) (IME-91) 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.

02) (IME-91) 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.

03) (IME-91) Observe a figura abaixo. 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 . Determine a fração de massa retirada do compartimento .

OBS.: despreze o atrito entre o êmbolo e a parede.



04) (IME-91) 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 "D".

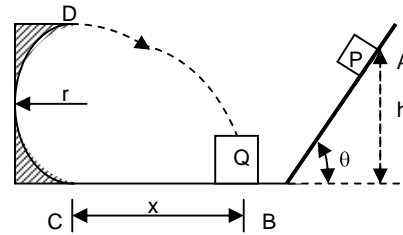
Dados:

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

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

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

$$\theta = 45^\circ$$

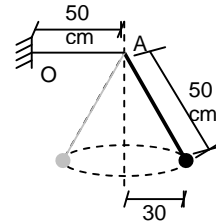


Obs: Despreze a resistência do ar e as dimensões dos blocos.

05) (IME-91) 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 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.

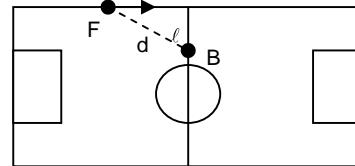
Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$.



06) (IME-91) 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 ℓ metros da lateral e parte com velocidade constante $V_2 > V_1$ em busca do adversário, para interceptá-lo.

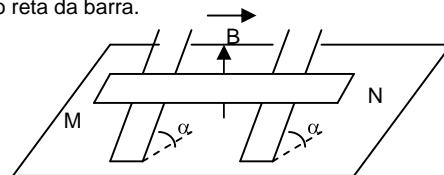
Determine em que direção deve decidir correr o jogador botafoguense.



07) (IME-91) Uma barra condutora MN, de massa m [kg], de resistividade ρ [$\Omega.m$], submetida a uma tensão V [V] entre suas extremidades, apóia-se em dois trilhos condutores e paralelos, que formam com a horizontal um ângulo α [°]. Não há atrito entre a barra e esses condutores e o conjunto está imerso em um campo magnético uniforme vertical, de intensidade B [T].

A barra permanece em repouso na posição indicada. Determine:

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

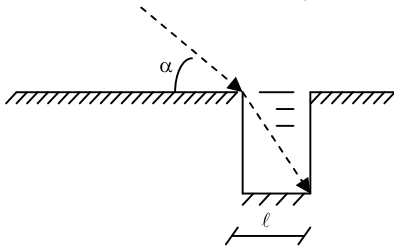


08) (IME-91) Um poço tem seção reta quadrada, de lado ℓ . Duas de suas paredes opostas são metálicas. Enche-se o poço, até a borda, com um líquido de constante dielétrica k e índice de refração n .

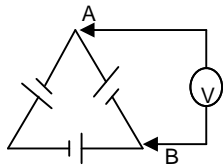
Fazendo-se incidir um raio luminoso monocromático em uma borda, com um ângulo α em relação à horizontal, o raio entrante atinge exatamente a aresta interna oposta, no fundo do poço.

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: ϵ_0 .

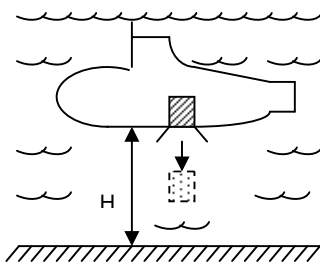


09) (IME-91) Três baterias exatamente iguais (mesma f.e.m. e mesma resistência interna) são ligadas conforme indicado na figura abaixo. Determine a d.d.p. medida pelo voltímetro entre os pontos A e B, justificando sua resposta.



10) (IME-91) 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 ρ . 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:
 $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $H = 7,5 \text{ m}$
 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
 $h = 2 \text{ m}$



IME - 1993

01. (IME-93) 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.

02. (IME-93) Determine se a temperatura do sistema aumenta, diminui ou permanece constante em cada uma das situações abaixo. Justifique as suas conclusões a partir da 1ª Lei da Termodinâmica.

- O sistema não realiza trabalho, recebe 120J de energia térmica e rejeita 80J;
- O sistema não realiza trabalho, recebe 20J de energia térmica e rejeita 80J;
- O sistema recebe 100J de energia térmica e realiza um trabalho de 100J;
- O sistema sofre um trabalho de 50J e rejeita 40J de energia térmica.

03. (IME-93) 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?

04. (IME-93) 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.

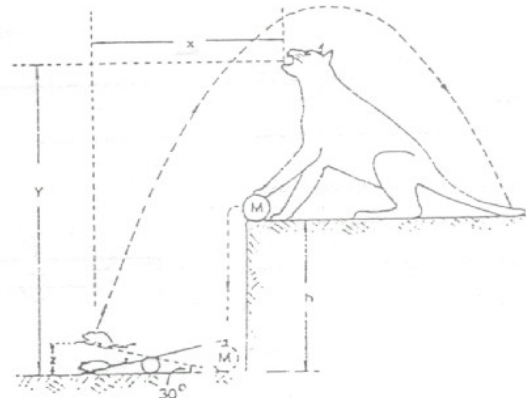
Um gato empurra uma esfera de massa M para cair na extremidade da gangorra oposta ao rato, na esperança de que este seja arremessado diretamente à sua boca, ao passar pelo ponto mais alto da trajetória.

O rato arremessado pela gangorra, passa sobre a cabeça do gato, cai sobre a sua cauda e foge...

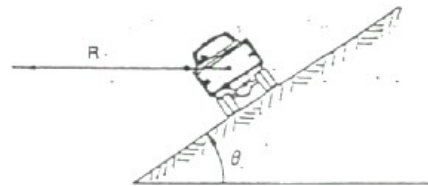
O gato desapontado, pede que você determine qual deveria ter sido a massa M da esfera para que seu plano tivesse dado certo.

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

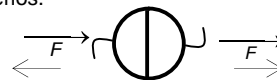
OBS: Despreze a resistência do ar, as resistências passivas e o peso da gangorra. Considere que metade da energia da queda da esfera é absorvida pelo solo.



05. (IME-93) Considere o veículo de massa M percorrendo uma curva inclinada, de ângulo θ , com raio R constante, a uma velocidade V. Supondo que o coeficiente de atrito dos pneus com o solo seja μ , calcule as velocidades mínima e máxima com que este veículo pode percorrer esta curva, sem deslizamento.



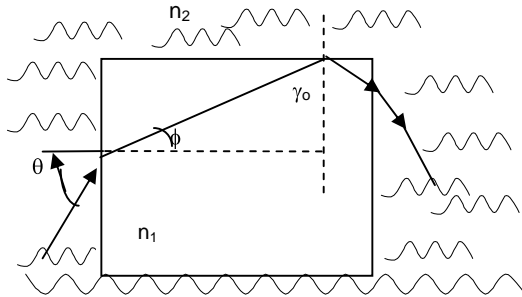
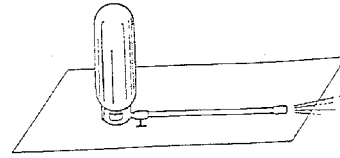
06. (IME-93) Foi estabelecido vácuo entre dois hemisférios opostos de raio R e com espessura de parede desprezível. A diferença de pressão entre o interior e o meio exterior é P. Determine o valor da força necessária para separar os hemisférios.



07. (IME-93) 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.

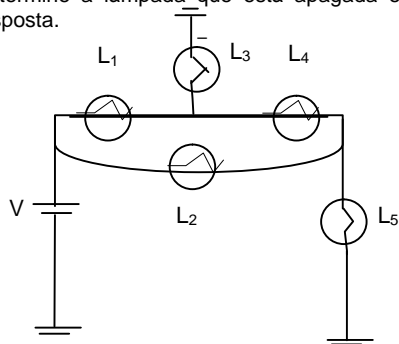
O plano de incidência é o da figura e o cubo está mergulhado em água com índice de refração n_2 . Determine o maior ângulo que o raio incidente pode fazer com a face vertical esquerda do cubo para que haja reflexão interna total no topo do cubo.

força horizontal que a superfície deve exercer sobre o extintor para mantê-lo parado onde foi deixado.



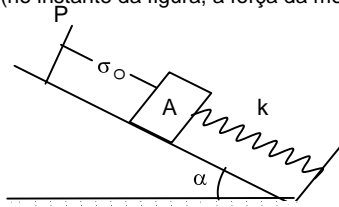
08. (IME-93) Determine o comprimento L mínimo de um espelho de parede, de modo que uma pessoa com altura x possa se ver por inteiro no espelho, desde o topo da cabeça até os pés.

09. (IME-93) No circuito mostrado na figura existem cinco lâmpadas iguais. Quatro estão acessas e uma apagada. Determine a lâmpada que está apagada e justifique sua resposta.



10. (IME-93) Na figura abaixo, o bloco A é um cubo de aresta a e massa específica ρ . 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 d_0 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 ϵ_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).



IME - 1994

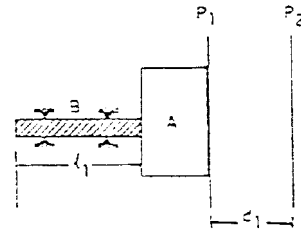
1) (IME-94) Um extintor é colocado em repouso sobre uma superfície áspera e, em seguida, é aberta a torneira da mangueira. Admitindo que a massa líquida seja expelida com velocidade v constante, a mangueira tenha raio de seção reta r , que o líquido tenha densidade ρ e que a mangueira permaneça esticada na horizontal, determine a

2) (IME-94) 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 θ que o fio forma com a direção vertical.

3) (IME-94) 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.

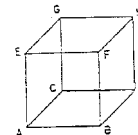
A placa P_1 , mantendo-se sempre paralela a P_2 , pode mover-se apoiada ao bloco isolante termoeletrônico "A" fixado no extremo de uma barra metálica "B", de comprimento ℓ_1 metros, a qual está inicialmente à temperatura de t_1 °C. Aquecendo-se a barra até t_2 °C, a tensão entre as placas fica igual a V_2 volts.

Determine, em função dos dados, a expressão literal da constante de dilatação térmica linear, α , da barra "B". Despreze as massas do bloco "A" e da placa P_1 e suponha o bloco "A" indeformável.



4) (IME-94) 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).

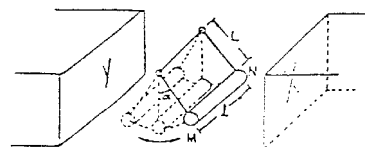
Calcule o trabalho necessário para se levar uma partícula de massa desprezível, carregada com $+2 \times 10^{-6}$ Coulombs, do ponto "A" para o ponto "H".



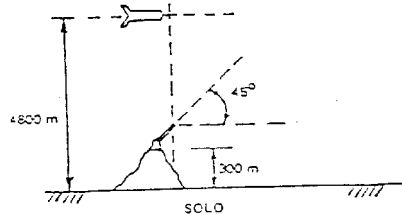
5) (IME-94) Um fio de cobre, de comprimento ℓ , seção S , percorrido por uma corrente elétrica i , balança entre as faces X e Y de um ímã, suspenso por tirantes rígidos (de massa desprezível) de comprimento L . Na posição mostrada na figura abaixo, determine:

- a direção e sentido do campo magnético \vec{B} gerado pelo ímã, para manter o fio de cobre na posição indicada na figura.
- a expressão da corrente elétrica i para que o fio de cobre permaneça na posição mostrada na figura.
- o sentido da corrente i .

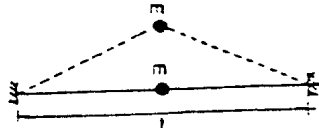
Dados: a massa específica do cobre é igual a ρ e a aceleração da gravidade a g .



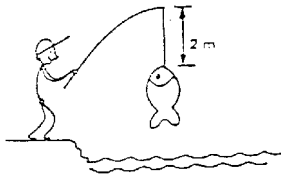
6) (IME-94) Um míssil viajando paralelamente à superfície da terra com uma velocidade de 180 m/s, passa sobre um canhão à altura de 4800 m no exato momento em que seu combustível acaba. Neste instante, o canhão dispara a 45° e atinge o míssil. O canhão está no topo de uma colina de 300 m de altura. Sabendo-se 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) (IME-94) 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.



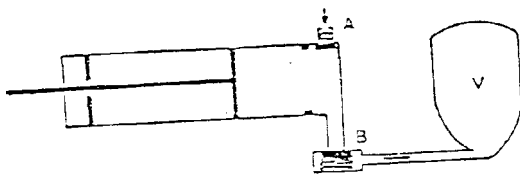
8) (IME-94) Um pescador desenvolveu um método original de medir o peso dos peixes pescados. Ele utiliza uma vara com uma linha de 2 m de comprimento e um freqüencímetro. Ao pescar um peixe, ele "percute" a linha na posição da figura e mede a frequência do som produzido. O pescador quer selecionar uma linha adequada, de modo que para um peixe de peso 10 N 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) (IME-94) 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 γ . Considere o ar um gás perfeito.

10) (IME-94) 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: $v_s = 340 \text{ m/s}$.

IME - 95

1) (IME-95) 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:

$$V_A = +2V$$

$$V_B = +3V$$

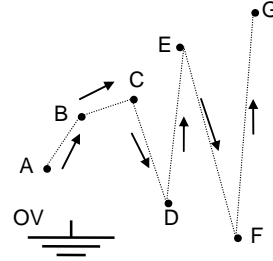
$$V_C = +3V$$

$$V_D = -1V$$

$$V_E = +4V$$

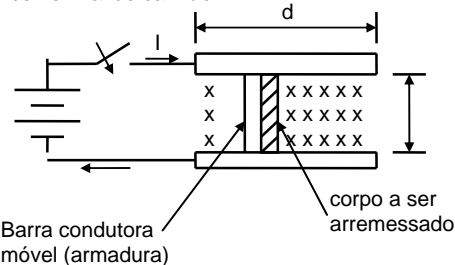
$$V_F = -2V$$

$$V_G = +6V$$



2) (IME-95) 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 100g (incluindo a armadura) de zero a 11,3 km/s no final do canhão.



3) (IME-95) Um tanque rígido contém um determinado gás a uma temperatura de 300K. Durante o seu transporte o tanque fica exposto a incidência de energia solar absorvendo 40 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: 2KJ/K

4) (IME-95) 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 dos dois feixes.

5) (IME-95) 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 distância entre o objeto e a lente nas duas posições mencionadas;
- b) A altura do objeto.

6) (IME-95) 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 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.
 Dados: Velocidade do som no ar $\approx 340 \text{ ms}^{-1}$

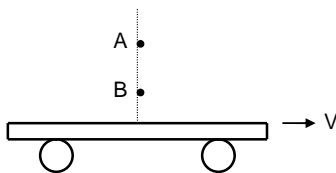
7) (IME-95) Em uma fábrica de bombons, tabletes de balas caem continuamente sobre o prato de uma balança, que originariamente indicava leitura nula. Eles caem de uma altura de 1,8 m à razão de 6 por segundo.
 Determine a leitura da escala da balança, ao fim de 10s, sabendo que cada tablete tem massa de 10g e as colisões são completamente inelásticas.

NOTA: Despreze a resistência do ar.
 Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$

8) (IME-95) Um objeto, feito de uma liga de ouro e prata com massa de 400 gramas é imerso em óleo, cuja massa específica vale $0,8 \text{ kg/dm}^3$. Observa-se uma perda aparente de peso correspondente a 25g de massa.
 Determine o percentual de ouro e de prata usado na liga, sabendo-se que a massa específica do ouro é de 20 g/cm^3 e a da prata é de 10 g/cm^3 .

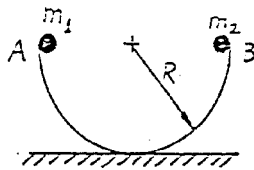
9) (IME-95) Uma bola de borracha de massa m e raio R é submersa a uma profundidade h em um líquido de massa específica ρ .
 Determine a expressão da altura, acima do nível do líquido que a bola atingirá ao ser liberada.
 OBS.: Desprezar as resistências da água e do ar e a possível variação volumétrica da bola.

10) (IME-95) De dois pontos A e B situados sobre a mesma vertical, respectivamente, a 45 metros e 20 metros 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 pontos que distam 2,0 metros. Supondo a aceleração local da gravidade igual a 10 m/s^2 e desprezando a resistência do ar, determine a velocidade da prancha.



IME - 1996

1. (IME-96) A figura mostra um hemisfério ôco e liso, cujo plano equatorial é mantido fixo na horizontal.

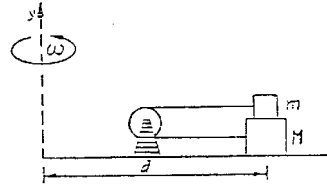


Duas partículas de massas m_1 e m_2 são largadas no mesmo instante, de dois pontos diametralmente oposto, A e B, situados na borda do hemisfério. As partículas chocam-se e, após o choque m_1 sobe até uma altura h_1 e m_2 sobe até uma altura h_2 . Determine o coeficiente de restituição do choque.
 Sabe-se que $h_1 = R/2$ e $h_2 = R/3$, onde R é o raio do hemisfério.

2) (IME-96) Uma mesa giratória tem velocidade angular constante ω , 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) (IME-96) Um corpo recebe 40 Joules de calor de um outro corpo e rejeita 10 Joules para um ambiente. Simultaneamente, o corpo realiza um trabalho de 200 Joules. Estabeleça, baseado na primeira lei da termodinâmica, o que acontece com a temperatura do corpo em estudo.

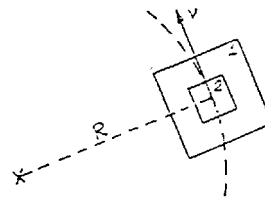
4) (IME-96) Um balão esférico de raio 3 metros deve ser inflado com um gás ideal proveniente de um cilindro. Admitindo que o processo ocorra isotermicamente, que o balão esteja inicialmente vazio e que a pressão final do conjunto cilindro-balão seja a atmosférica, determine:

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

Dados: pressão atmosférica: $1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

pressão inicial do cilindro: $125 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ $\pi = 3,1$

5) (IME-96) 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) (IME-96) Um feixe de luz branca, cujos comprimentos de onda estão no intervalo de 4000 \AA a 7000 \AA , 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) (IME-96) 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) (IME-96) Uma esfera de plástico, maciça, é eletrizada, ficando com uma densidade de carga superficial $\sigma = + 0,05$ Coulombs/m². Em consequência, se uma carga puntiforme $q = + 1 \mu$ Coulomb fosse colocada exteriormente a 3 metros do centro da esfera, sofreria uma repulsão de 0,02 π Newtons.

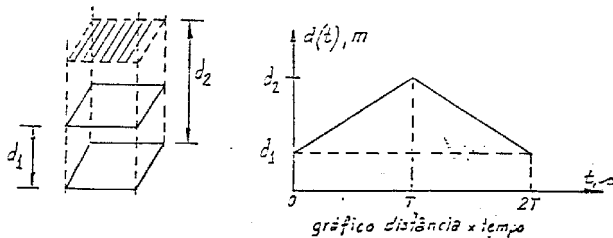
A esfera é descarregada e cai livremente de uma altura de 750 metros, adquirindo 30 fim da queda uma energia de 0,009 π Joules.

Determine a massa específica do plástico da esfera.

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

9)(IME-96) Um capacitor de placas paralelas está carregado com $+ 1 \mu$ Coulomb, havendo entre as placas uma distância de d_1 metros. Em certos 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: Am^2



10) (IME-96) No circuito representado abaixo, o amperímetro A, ideal indica $I = 2\text{A}$. Determine:

a) o valor da resistência R;

b) a quantidade de calor desenvolvida em R_5 , num intervalo de tempo igual a 10 minutos.

Dados:

Bateria 1: fem $E_1 = 9 \text{ V}$; resistência interna $r_1 = 1,5 \Omega$

Bateria 2: fem $E_2 = 3 \text{ V}$; resistência interna $r_2 = 0,5 \Omega$

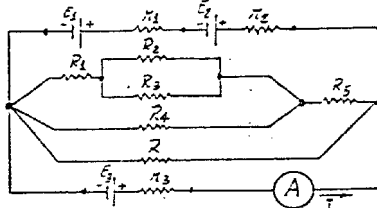
Bateria 3: fem $E_3 = 12 \text{ V}$; resistência interna $r_3 = 2 \Omega$

$R_1 = 2 \Omega$

$R_2 = R_3 = 4 \Omega$

$R_4 = 12 \Omega$

$R_5 = 1 \Omega$



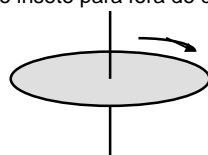
IME - 1997

1) (IME-97) Suponha que a velocidade de propagação v de uma onda sonora dependa somente de pressão P e da massa específica do meio μ , de acordo com a expressão: $v = P \times \mu^y$

Use a equação dimensional para determinar a expressão da velocidade do som, sabendo-se que não existe constante adimensional entre estas grandezas.

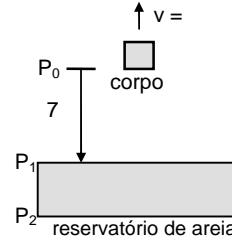
2) (IME-97) Um disco rotativo paralelo ao solo é mostrado na figura. Um inseto de massa $m = 1,0\text{g}$ está pousado no disco a 12,5 cm do eixo de rotação. Sabendo-se que o coeficiente de atrito estático do inseto com a superfície do disco é $\mu_e = 0,8$, determine qual o valor mínimo da velocidade angular, em rpm (rotações por minuto), necessário para arremessar o inseto para fora do disco.

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

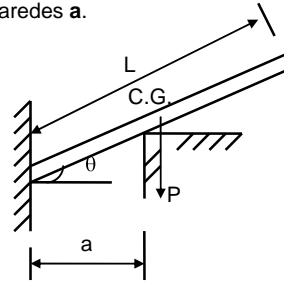


3) (IME-97) Um corpo de 4kg é puxado para cima por uma corda com a velocidade constante igual a 2 m/s. Quando atinge a altura de 7m em relação ao nível da areia de um reservatório, a corda se rompe, o corpo cai e penetra no reservatório de areia, que proporciona uma força constante de atrito igual a 50 N. É verificado que o corpo leva 4s 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.

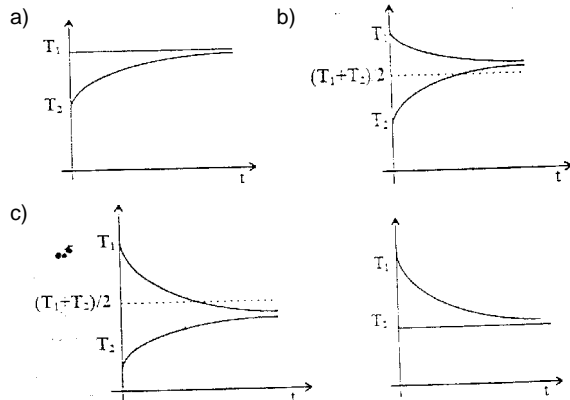
Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$



4) (IME-97) 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 θ na posição de equilíbrio, em função do comprimento da barra L e da distância entre as paredes a .



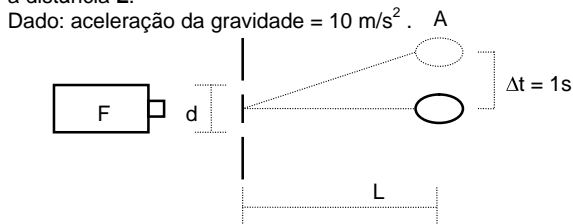
5) (IME-97) Dois corpos, cujas temperaturas iniciais valem T_1 e T_2 , interagem termicamente ao longo do tempo e algumas das possíveis evoluções são mostradas nos gráficos abaixo. Analise cada uma das situações e discorra a respeito da situação física apresentada, procurando, caso procedente, tecer comentários acerca dos conceitos de reservatório térmico e capacidade térmica. Fundamente, sempre que possível, suas afirmações na Primeira Lei da Termodinâmica.



6) (IME-97) 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

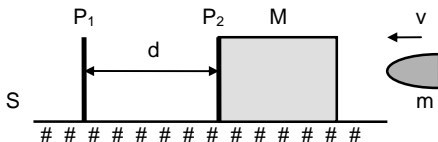
massa e que deve ser afinada no primeiro harmônico, determine a força de tração necessária para afinar a corda.

7) (IME-97) 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**.



8) (IME-97) Na figura abaixo, as placas metálicas **P₁** e **P₂** estão inicialmente separadas por uma distância $d = 12$ cm. A placa **P₁** está fixada na superfície plana **S** e a placa **P₂** 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 $6\mu\text{F}$. 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 $9\mu\text{F}$. Determine a velocidade da bala antes do impacto. (Despreze a resistência do ar e a massa de **P₂**).

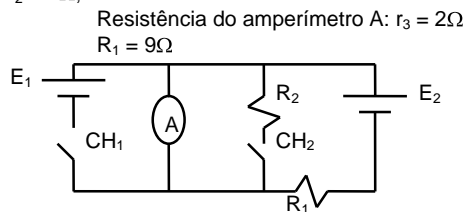
Dados: $M = 600\text{g}$; $m = 6\text{g}$



9) (IME-97) No circuito da figura abaixo, as chaves **CH₁** e **CH₂** 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:

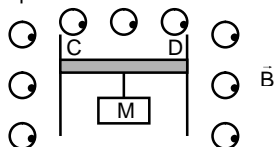
- O valor da resistência **R₂**;
- a potência dissipada por efeito Joule na resistência **R₂** quando **CH₁** e **CH₂** estão fechadas.

Dados: Bateria 1: fem $E_1 = 12\text{V}$; resistência interna $r_1 = 1\Omega$;
Bateria 2: fem $E_2 = 12\text{V}$; resistência interna $r_2 = 1\Omega$;



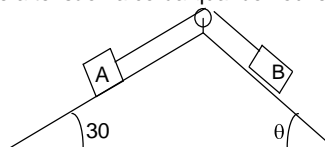
10) (IME-97) Considere uma barra condutora reta (**CD**) com um corpo de massa **M** a ela ligada, imersa em uma região com um campo magnético uniforme \vec{B} , podendo se mover apoiada em dois trilhos condutores verticais e fixos. O comprimento da barra é igual a 500 mm e o valor do campo é igual a 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.



IME – 1998

1. (IME-98) Na figura a seguir os objetos **A** e **B** pesam, respectivamente, 40 N e 30 N 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 θ e a tensão na corda quando houver equilíbrio.

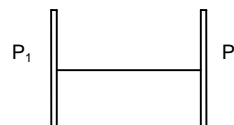


2. (IME-98) Entre duas placas metálicas paralelas e que constituem um capacitor de capacitância $C = 0,08\mu\text{F}$, coloca-se esticado um fio de náilon que vibra na frequência fundamental $f_1 = 100\text{Hz}$.

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. (IME-98) Considere um calorímetro no qual existe uma certa massa de líquido. Para aquecer o conjunto líquido-calorímetro de 30°C para 60°C são necessários $Q_1\text{J}$. Por outro lado, $Q_2\text{J}$ elevam de 40°C para 80°C o calorímetro juntamente com o triplo da massa do líquido.

- Determine a capacidade térmica do calorímetro nas seguintes situações :
 $Q_1 = 2000\text{J}$, $Q_2 = 4000\text{J}$

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

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

4. (IME-98) Um corpo constituído de um material de densidade relativa à água igual a 9,0 pesa 90 N. Quando totalmente imerso em água, o seu peso aparente é de 70 N.

Considere a aceleração local da gravidade $g = 10\text{m/s}^2$ e a massa específica da água igual a 1g/cm^3 .

- Faça o diagrama das forças que atuam no corpo imerso na água e identifique essas forças;
- Conclua, por cálculo, se o corpo é oco ou maciço.

5. (IME-98) 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:

- o tempo que a esfera levará para ir do ponto **A** ao ponto **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.

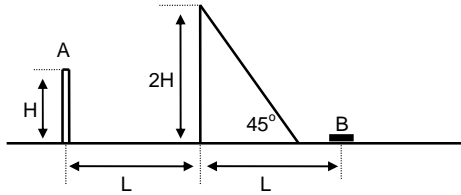
Dados:

ângulo do lançamento da esfera com a horizontal que passa pelo ponto A: α

aceleração da gravidade: g

velocidade inicial da esfera: V_0

considere o índice de refração do ar igual a 1



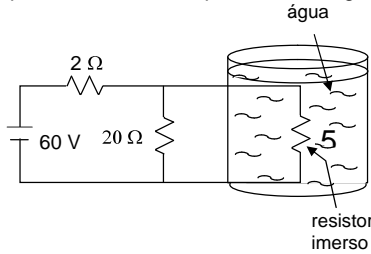
6. (IME-98) Um circuito é construído com o objetivo de aquecer um recipiente adiabático que contém 1 litro de água a 25°C . Considerando-se total a transferência de calor entre o resistor e a água, determine o tempo estimado de operação do circuito da figura abaixo para que a água comece a ferver.

Dados:

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

massa específica da água: 1 kg/l

temperatura necessária para ferver a água: 100°C



7. (IME-98) Um bloco de material isolante elétrico, de peso 5 N , é abandonado do repouso na situação da figura abaixo. 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:

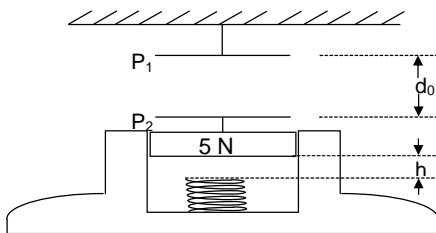
constante da mola: 30 N/m

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: $h = 8\text{ cm}$

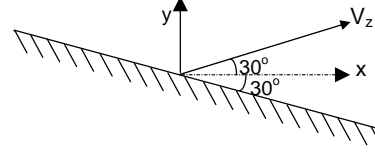


8. (IME-98) Um objeto é lançado da superfície de um espelho, segundo um ângulo de 30° com a horizontal, com velocidade inicial V_z . Sabendo que o espelho está inclinado de 30° , conforme a figura, determine:

- 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



9. (IME-98) Na figura abaixo, uma corda é fixada a uma parede e depois de passar por uma roldana é tensionada por uma esfera metálica com 330 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 cm , determine a frequência de ressonância do trecho da corda entre a parede e a roldana:

a) com as duas esferas descarregadas;

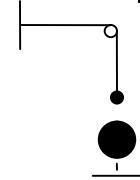
b) com as duas esferas carregadas, a primeira com uma carga elétrica de $+1,0 \times 10^{-7}\text{ C}$ e a segunda com uma carga elétrica de $-2,0 \times 10^{-6}\text{ C}$.

Dados:

aceleração da gravidade: $g = 9,8\text{ m/s}^2$

permissividade do vácuo: $\epsilon_0 = 8,9 \times 10^{-12}\text{ F/m}$

densidade linear da corda: $\mu = 2,0\text{ g/m}$



10. (IME-98) Um pequeno cesto é preso em uma haste que o faz girar no sentido horário com velocidade constante. Um carrinho, com velocidade de $1,5\text{ m/s}$, traz consigo um brinquedo que arremessa bolinhas na vertical para cima com velocidade de $5,5\text{ m/s}$.

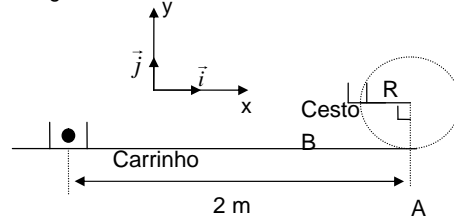
Quando o carrinho está a uma distância de 2 m do eixo onde a haste é presa, uma bolinha é lançada. Nesse instante, o cesto está na posição mais baixa da trajetória (posição A), que é a altura do chão e a do lançamento da bolinha.

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

Determine:

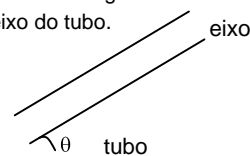
- o vetor velocidade da bolinha ao entrar no cesto;
- a menor velocidade angular do cesto para que a bolinha entre no cesto.

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



IME-99

01. (IME-99) Uma gota de chuva vai verticalmente com velocidade constante igual a v . Um tubo retilíneo está animado de translação horizontal com velocidade constante $v\sqrt{3}$. Determine o ângulo θ de modo que a gota de chuva percorra o eixo do tubo.



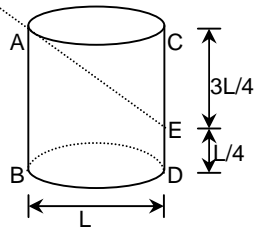
02. (IME-99) Um cilindro com um êmbolo móvel contém 1 mol de um gás ideal que é aquecido isobaricamente de 300 K até 400 K. Ilustre o processo em um diagrama pressão versus volume e determine o trabalho realizado pelo gás, em joules.

Dados:

- constante universal dos gases ideais: 0,082 (atm.l)/(mol.K);
- 1 atm = 10^5 Pa.

03. (IME-99)

a) 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.



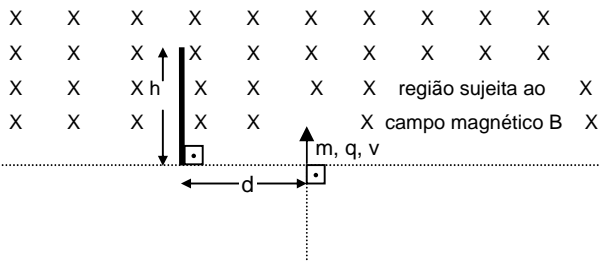
b) Uma máquina fotográfica obtém, em tamanho natural, a fotografia de um objeto quando sua lente está a 10cm do filme. Determine a separação que deve existir entre a lente e o filme para que se obtenha a fotografia nítida de um coqueiro que se encontra a uma grande distância.

04. (IME-99) Ao encher-se um recipiente com água, o som produzido fica mais agudo com o passar do tempo.

- a) Explique por que isto ocorre;
- b) Determine uma expressão para a frequência fundamental do som em função do tempo, para o caso de um recipiente cilíndrico com 6cm de diâmetro e 30cm 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 m/s.

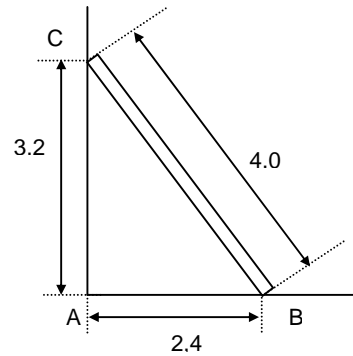
05. (IME-99) Uma partícula de massa m e carga q viaja a uma velocidade v até atingir perpendicularmente uma região sujeita a um campo magnético uniforme B .

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.



06. (IME-99) Uma escada de 4,0m de comprimento está apoiada contra uma parede vertical com a sua extremidade inferior a 2,4m da parede, como mostra a figura. A escada pesa 20 kgf 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:

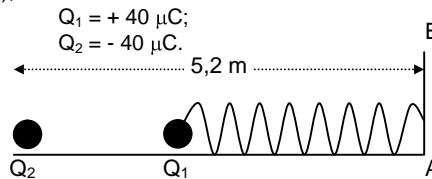


- a) A altura máxima, em relação ao solo, a que um homem de 90 kgf de peso pode subir, sem provocar o escorregamento da escada;
- b) A distância máxima da parede a que se pode apoiar a parte inferior da escada vazia, sem provocar escorregamento.

07. (IME-99) 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 5,2m 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.

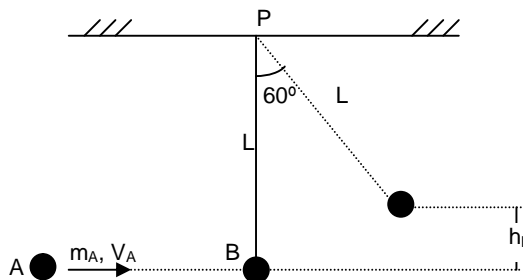
Determine qual deve ser o valor de Q_2 para que a mola se alongue 120% em relação ao seu comprimento original.

Dados: constante eletrostática do ar $\cong 9 \times 10^9$ (unidades do S.I.);



08. (IME-99) 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. 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 a variação de temperatura de $0,010 \text{ }^\circ\text{C}$, determine o calor específico do material que compõe as esferas.

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

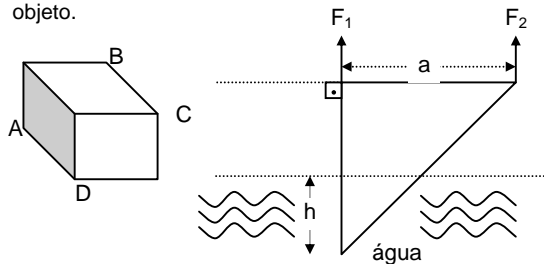


09. (IME-99) Um objeto de massa m é construído ao seccionar-se ao meio um cubo de aresta a pelo plano que passa pelos seus vértices $ABCD$, como mostra as figuras abaixo. O objeto é parcialmente imerso em água, mas mantido em equilíbrio por duas forças F_1 e F_2 . Determine:

- 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 (μ);
- profundidade de imersão (h);
- a massa m é uniformemente distribuída pelo volume do objeto.



10. (IME-99) Uma bolinha de 50g 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 $a_x = 2t \text{ m/s}^2$.

- Faça o gráfico da componente horizontal da aceleração, desde o instante inicial até o instante em que a bolinha atinge o chão;
- Determine:
 - o vetor velocidade da bolinha, no instante em que ela atinge o chão.
 - 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 m/s^2 .