Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 1

• **Problema 1** *Estimar, calcular, interpretar*

a) Estime, usando hipóteses simples e razoáveis, o número de átomos em 1 cm^3 de um sólido (o diâmetro de um átomo é da ordem de 0.5×10^{-10} m = 0.5 Angström).

b) A densidade do alumínio é 2.70 g/cm^3 e a sua massa atómica 27 unidades de massa atómica (u). Calcule o número de átomos em 1 cm^3 de alumínio. Compare com o resultado da alínea a).

c) O chumbo tem uma densidade de 11.3 g/cm^3 e a sua massa atómica é 207 u. Qual a razão entre as densidades do chumbo e do alumínio ? Qual a razão entre as suas massas atómicas ? Porque é que estas duas razões são diferentes ? Qual a razão entre o número de átomos das duas substâncias existentes em um volume de 1 cm^3 ?

• **Problema 2** *O infinitamente grande (para nós)*

a) O diâmetro da nossa galáxia, a Via Láctea, que tem a forma de um disco achatado (com o nosso Sol próximo da extremidade), é da ordem de 100 000 anos-luz. Andrómeda, a galáxia mais próxima de nós, encontra-se a 2 000 000 anos-luz. Se na mesa ao jantar, representarmos a Via Láctea por um prato de 25 cm de diâmetro, determine a distância a que devemos colocar o prato vizinho para representar Andrómeda (no oposto da escala, admitindo que o átomo de hidrogénio teria o tamanho de um campo de futebol circular com 100 m de diâmetro, diga que objecto representaria melhor o núcleo no centro do campo, sabendo que o núcleo é aproximadamente 50000 vezes menor do que o átomo).

b) As massas da Via Láctea e do Sol são aproximadamente dadas por 7×10^{41} Kg e 2×10^{30} Kg, respectivamente. Considerando o Sol como uma estrela típica, estime o número de estrelas que existem na galáxia a que pertencemos.

• **Problema 3** *Medir a gravidade*

Uma medida recente de g, a aceleração da gravidade à superfície da Terra, apresenta um erro de 6 partes em 10^9. Qual é o aumento de altitude h à superfície da Terra que corresponde a uma variação de g igual a este erro. Note que a intensidade da força gravítica é dada por $F_G = mG_NM_T/(R_T + h)^2(N) = m \cdot g(r)$, para $r = R_T + h$, $M_T = 6 \times 10^{24}$Kg, $R_T = 6.376 \times 10^6$m, e $G_N = 6.67 \times 10^{-11}\text{m}^3\text{Kg}^{-1}\text{s}^{-2}$.

• **Problema 4** *Medir espessuras, erros*

A espessura l de uma folha de alumínio mede-se através da absorção de raios β (electrões) emitidos por uma fonte radioactiva. A folha é colocada entre a fonte e um detector que conta as partículas do feixe que o atingem.

Num dado intervalo de tempo registam-se n0 contagens quando não se interpõe a folha entre a fonte e o detector. Durante o mesmo intervalo de tempo, quando se interpõe a folha, contam-se n partículas. As contagens n e n0 estão relacionadas com a espessura l através de $n = n0 \exp(-\mu l)$.

a) Sabendo que $\mu = (1.38 \pm 0.05) \times 10^3 \mathrm{m}^{-1}$, e que se obtiveram as contagens n0=572 e n=417, qual é a espessura que se determina e o erro nessa medida (considere que o desvio padrão de uma contagem de um número N muito grande de acontecimentos discretos é dado por $\sqrt{N}$) ?

b) Numa outra realização da experiência determinou-se $l = (0.29 \pm 0.10)$ mm. Este resultado é compatível com o da alínea anterior ? Porquê ?

• Problema 5 *Declíneo radioactivo*

Restos de madeira carbonizada foram encontrados em Conímbriga, tendo provavelmente origem romana. Quando se mediu a actividade do ^{14}C nestes restos, obtiveram-se 10.8 desintegrações por grama e por segundo. O período de semi-vida do ^{14}C é 5730±30 anos e actividade deste isótopo na atmosfera e na matéria viva é de 13.5 desintegrações por grama e por segundo.

a) a partir do período de semi-vida, calcule a constante de decaimento do ^{14}C.

b) Supondo que a actividade do ^{14}C na atmosfera e nas plantas era aproximadamente igual quando a madeira foi queimada, quantos anos decorreram desde essa altura ? Em que ano foi a madeira carbonizada ?

c) a abundância relativa do ^{14}C na atmosfera sofreu grandes transformações no século passado (para baixo) e a partir de 1954 (para cima), tendo duplicado em 1962. Porquê ?

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 2

• **Problema 1** *Energia*

Certos animais saltam dobrando as pernas de uma certa distância d "distância de aceleração" e estendendo-as muito rapidamente. Essa distância é depois usada para "levantar voo", isto é, à custa da energia elástica dos músculos os animais adquirem uma certa velocidade percorrendo essa distância com uma certa aceleração que podemos, aproximadamente, supor constante. Por ex, para uma mosca, a distância normal para "levantar voo" é de 8×10^{-4} m, e para o Homem, 0.5 m.

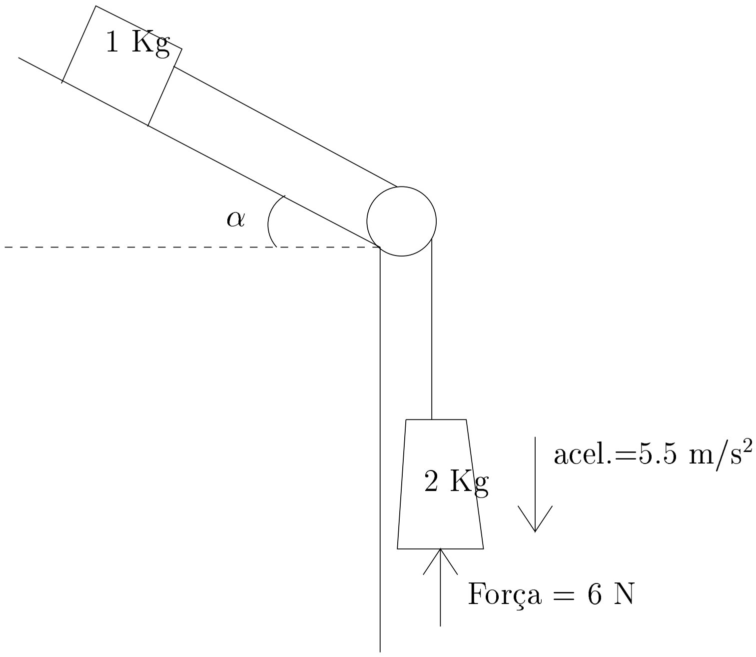
a) Qual é a aceleração do lançamento de um salto de um jogador de basquetebol, sabendo que em média a altura que ele consegue atingir é de 1.5 m ?

b) No filme de David Cronenberg "A Mosca", em que se pretende simular um Homem–Mosca, qual a altura máxima que o herói deve poder saltar, se tiver a capacidade de saltar com a mesma aceleração de uma mosca (supondo que uma mosca salta 0.1 m) ?

c) Qual a Energia que o jogador de basquetebol com uma massa de 90 Kg dispende num salto (de 1.5 m)?

• **Problema 2** *Lei do Movimento: $\vec{F} = m\vec{a}$*

Uma massa de 1 Kg num plano inclinado está ligado por uma corda de massa desprezável que passa através de uma roldana, a uma massa de 2 Kg, como mostra a figura. A força que actua de baixo para a cima a massa 2 tem o valor de 6 N. A massa 2 tem uma aceleração de cima para baixo de 5.5 m/s^2.



a) Qual a tensão na corda ?

b) Qual o ângulo de inclinação do plano ?

• **Problema 3** *Lei do movimento, energia*

Duas massas de 3 Kg e de 5 Kg estão ligadas por uma corda leve sob tensão que passa por uma roldana de massa e atrito desprezáveis fixada no tecto. No instante inicial a massa de 3 Kg está assente no chão e a de 5 Kg está a 4 m de altura, quando esta é largada.

a) Qual a aceleração da massa de 3 Kg ?

b) Até que altura sobe a massa de 3 Kg ?

• **Problema 4** *Lei do movimento, energia, trabalho, quantidade de movimento*

Um carro pesando 1700 Kg começa a descer uma rua inclinada a 30°, sendo μ_c o coeficiente de atrito cinético carro-estrada, $\mu_c = 0.3$ (considere a força de atrito entre o carro e a estrada oposta ao movimento do carro e de valor igual ao produto do coeficiente de atrito cinético pela componente do peso do carro perpendicular à estrada).

Depois de percorridos 100 m o carro embate num muro indestrutível (sem recuar).

Determine:

a) a velocidade com que o carro embate no muro;

b) o trabalho realizado pela força de atrito e pelo peso sobre o carro, durante a descida;

c) o local onde a tampa da mala (de peso igual a 50 Kg) vai parar se se soltar do carro, com a mesma velocidade do carro e um ângulo de 30° com a horizontal (admita que o muro é suficiente alto para a mala passar, e despreze o atrito do ar);

d) finalmente, a força média que o muro exerceu sobre o carro, sabendo que com o choque, o carro ficou reduzido em 1 m devido à deformação (por ex., passando de 5.2 m a 4.2 m), e desprezando a massa perdida quando a tampa da mala se soltou. Mais ou menos quanto tempo deve ter durado o embate?

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 3

• **Problema 1** *Conservação da quantidade de movimento, Centro de massa*

Um projéctil de 1 Kg é lançado a um ângulo de 60° com a horizontal e com uma velocidade inicial de 400 m/s. Despreze os efeitos de atrito com o ar.

No ponto mais alto da sua trajectória ele explode em dois pedaços iguais, um dos quais cai na vertical (sem velocidade vertical inicial).

a) Qual a distância entre os dois fragmentos, quando atinjem o chão ?

b) Qual a energia libertada na explosão ?

c) Quais as velocidades dos dois pedaços no referencial do Centro de Massa ?

• **Problema 2** *Colisões*

Um automóvel de massa igual a 700 kg vai com uma velocidade de 180 Km/h quando embate num camião de massa igual a 40 000 kg, que viaja em sentido contrário a uma velocidade de 100 Km/h.

a) Considerando o choque perfeitamente elástico (conserva-se a energia mecânica), quais as velocidades de cada veículo depois do choque ?

Considerando o choque perfeitamente inelástico (veículos solidários num único camiautomóvel)

b) Qual a velocidade dos veículos depois do choque ?

c) Qual a energia dissipada no choque ?

• **Problema 3** *Quantidade de movimento*

Um pescador de massa igual a 75 Kg está no extremo de um barco de 10 m de comprimento e 1470 N de peso, encontrando-se ambos em repouso. O pescador desloca-se até à outra extremidade do barco, e pára.

Desprezando os efeitos de atrito do barco com a água,

a) Se o pescador tiver uma velocidade média em relação ao barco de 2 m/s, qual a velocidade do barco em relação à água?

b) Qual a distância percorrida pelo barco ?

c) Tendo em conta os efeitos de atrito do barco com a água, imediatamente após o pescador parar em que sentido andará o barco ?

• **Problema 4** *Quantidade de movimento*

Um balde de massa igual a 1 Kg está vazio em cima de uma balança quando começa a cair água dentro do balde. Suponha que a água cai, sem velocidade inicial, de uma altura de 20 m, e despreze a altura da balança, a espessura do balde, os efeitos de atrito com o ar e os *salpicos*. Suponha que a torneira de onde cai a água tem um caudal de 12 l/min e que se mantém sempre aberta.

a) Com que velocidade chega a água ao balde ?

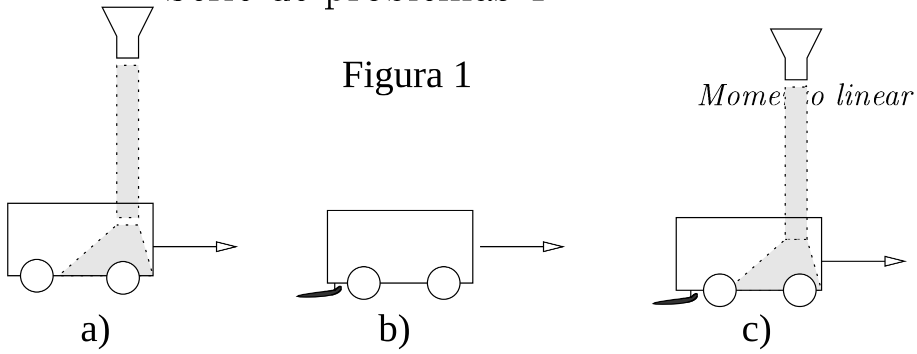
b) Quanto marca a balança ao fim de 10 s ?

c) Se considerar a resistência do ar, a balança marca mais ou menos ? E os salpicos (desprezando a água que sai do balde)?

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 4

Figura 1



• Problema 1 *Momento linear*

Um vagão com areia move-se sem atrito em linha recta sobre um plano horizontal. A sua massa total é $M = 500$Kg.

No instante $t = 0$s, a sua velocidade é $v = 7$m/s. Nesse instante começa a receber mais areia de uma tremonha fixa ao solo. A massa de areia adicional recebida é $m = 200$Kg.

a) Qual a velocidade do vagão a partir do momento em que deixa de receber areia ?

b) No instante $t = t_1$, o vagão que continha areia num total de $m = 250$Kg além da sua massa de 500 Kg, e se movia com velocidade de 5 m/s começa a esvaziar a areia através de um tubo vertical. Qual é a velocidade do vagão no instante t_2 em que já perdeu 100 Kg de areia ?

c) Suponha agora que a areia que cai no vagão acaba por se escapar à mesma taxa, através de um buraco vertical na traseira do vagão, de forma que a massa do vagão mais a sua carga mantém-se constante e igual a 500 Kg. Qual seria então a velocidade do vagão no instante $t = t_1$ (instante em que terão já caído 200 Kg no vagão) ?

• Problema 2 *Momento linear*

Um Engenheiro Aerospacial, sob controle de um Engenheiro de Gestão Industrial, está a projectar um foguete para ser lançado da Terra e está a testar vários tipos de motores. Qual a velocidade em função do tempo para um motor em que a variação de massa do combustível seja proporcional

a) à massa de combustível presente em cada instante ?

b) à massa de combustível presente em cada instante, e inversamente proporcional à velocidade em cada instante ?

• Problema 3 *Momentos de Inércia*

Calcule para os seguintes objectos homogêneos de massa m igual a 1 Kg, os respectivos momentos de inércia

a) Anel de raio interior igual a 1 m, e de secção circular com raio igual a 1 mm, em relação ao seu centro de massa.

b) Disco de espessura 1 mm, raio r igual a 1 m, em relação ao seu centro de massa.

c) Cilindro de 2 m de comprimento e raio r igual a 1 m, em relação ao eixo longitudinal.

d) Esfera de raio r igual a 1 m, em relação a qualquer eixo que passe pelo centro.

e) barra, de comprimento l igual a 2 m, de secção quadrada de lado igual a 1 mm, em relação a um eixo transversal à barra passando pelo seu centro de massa e passando por um dos extremos.

• **Problema 4** *Energia cinética de rotação*

Uma esfera homogénea de massa $m_1 = 1$ Kg e raio $R = 5$ cm roda sem deslizar ao longo de um plano inclinado a 30 graus, durante 2 m, continuando depois a rolar sem deslizar num plano horizontal, indo embater numa massa $m_2 = 1$ Kg ligada a uma mola, ficando ambas as massas ligadas (sem rotação).

a) Qual a aceleração do centro de massa da esfera, enquanto desce o plano inclinado ?

b) Qual a velocidade de rotação da esfera quando atinge o plano horizontal ?

c) Se a mola tiver uma constante $K = 2$N/m, quanto recua a mola ?

• **Problema 5** *Momento linear e momento angular*

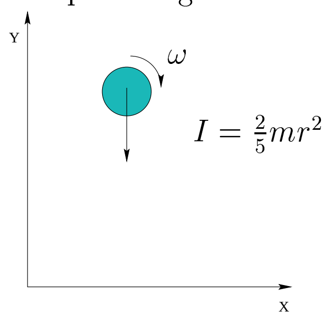
Deixa-se cair uma esfera de raio $r = 2$ cm e massa $m = 50$ g de uma altura de 2 m, rodando em torno de um eixo horizontal com uma velocidade angular $\omega = 180$ rotações por minuto. Depois do choque ELÁSTICO com o solo, a esfera ressalta SEM qualquer movimento de rotação.

a) Calcule a energia mecânica da esfera no momento em que é largada.

b) Determine qualitativamente em que direcção irá ressaltar. Justifique.

c) Determine a componente horizontal da velocidade após o choque (sugestão: observe o comportamento do momento angular da esfera no choque e pense nas suas causas).

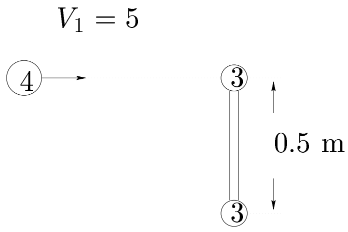
d) A que distância do primeiro choque volta a bola a tocar o solo ?



• **Problema 6** *Momento linear e momento angular*

Uma massa de 4 Kg com uma velocidade de 5 m/s tem um choque elástico com um haltere formado por duas massas de 3 Kg, ligadas por um ferro rígido de massa desprezável e comprimento 0.5 m. A geometria do choque é indicada na figura. Observou-se que depois do choque a velocidade da primeira massa não mudou de direcção (já nada se sabe quanto ao sentido).

Calcule, depois do choque:
- a velocidade da primeira massa,
- a velocidade do centro de massa do haltere,
- a velocidade de rotação do haltere em torno do seu centro de massa



- **Problema 7** *Momento linear e momento angular*

Um fio é enrolado num eixo cilíndrico de diâmetro $r = 3$cm, e massa $m = 0.05$Kg que tem duas rodas de raio $R = 5$cm e massa $M = 0.01$Kg (cada uma) nas suas extremidades (tipo carrinho de linhas - ver figura).

O fio é puxado com uma força constante $F = 0.1$N, para a esquerda, e as rodas **rodam sem deslizar** (devido a quê ?).

a) Qual é o sentido do movimento ? Justifique.

b) Qual é a aceleração do centro de massa ?

c) Qual é o coeficiente de atrito (F_a/R_N) mínimo necessário para garantir que as rodas não deslizam ?

Física II
L.E.G.I.
Série de problemas 5

• **Problema 1** *Equações de Lagrange*

Considere um objecto de 2 Kg que se pode deslocar num plano horizontal sem atrito, ligado a uma mola de constante K=4 N/m e comprimento de equilíbrio 0.1 m. Suponha que só há movimento na horizontal, e tome como origem do eixo XX o ponto de fixação da mola.

a) Escreva o lagrangeano do sistema.

b) Escreva as equações do movimento.

c) Qual a posição de equilíbrio estável da massa.

• **Problema 2** *Equações de Lagrange*

Considere um objecto de 5 Kg pendurado numa mola de constante K=2 N/m e comprimento de equilíbrio 0.2 m. Suponha que só há movimento vertical, e tome como origem do eixo vertical o tecto onde está fixada a mola (sug.: e também este ponto como o ponto onde a energia potencial do objecto seja nula).

a) Escreva o lagrangeano do sistema.

b) Escreva as equações do movimento.

c) Qual a posição de equilíbrio estável da massa.

• **Problema 3** *Equações de Lagrange, molas*

Considere o sistema de duas molas encadeadas na vertical, pendurando uma massa de 2 Kg na última mola. Suponha que só há movimento na vertical, e que as molas têm constantes K1=2 N/m e K2=3 N/m, e comprimentos de equilíbrio iguais a 1 m.

a) Escreva o lagrangeano do sistema.

b) Escreva as equações do movimento.

c) Quais as novas posições de equilíbrio da extremidade de cada mola.

d) Um dinamómetro é uma mola usada para medir pesos. Suponha que pendura uma massa em um dinamómetro, e este em outro dinamómetro igual. Suponha que ambos os dinamómetros marcam o peso de 1 Kgf (9.8 N). Qual o valor da massa ?

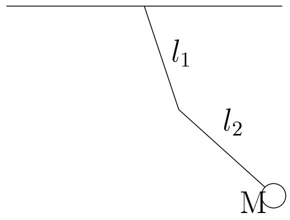
e) Se quisesse construir uma mola equivalente aos dois dinamómetros de constante K, qual seria a sua constante se

i) fossem ligados em série ?

ii) fossem ligados em paralelo ?

• **Problema 4** *Equações de Lagrange*

Considere o sistema de uma massa ligada a dois pêndulos representado na figura.



a) Escreva o lagrangeano do sistema.
b) Escreva as equações do movimento.

• **Problema 5** *Equações de Lagrange*

Considere o sistema do problema anterior, mas em que substitui os fios por molas de constantes K1=1 N/m, K2=2 N/m e comprimentos de equilíbrio l1=0.2 m e l2=0.5 m, respectivamente.

a) Escreva o lagrangeano do sistema.
b) Escreva as equações do movimento.

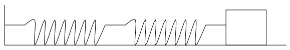
Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 6

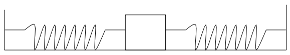
• **Problema 1** *Movimento Oscilatório*

Uma massa está ligada a duas molas de constantes k_1 e k_2, de acordo com as figuras. Mostre que o movimento é harmónico simples (solução é uma função sinusoidal) e que o período do movimento é dado por:

a) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m(k_1+k_2)}{k_1k_2}}$ se a configuração for:



b) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_1+k_2}}$ se a configuração for:



• **Problema 2** *Movimento Oscilatório*

Um bloco de 10 Kg de massa está num plano horizontal sem atrito ligado a uma mola fixa na outra extremidade, tendo um movimento oscilatório com uma frequência f=1.5 Hz.

a) qual a constante da mola ?

b) se colocarmos outro bloco de 2 Kg sobre o primeiro, tal que o coeficiente de atrito estático seja $\mu_s = 0.6$, qual a amplitude máxima da oscilação para o segundo bloco não se deslocar ? Qual a nova frequência do movimento ?

• **Problema 3** *Movimento Oscilatório amortecido*

Um pêndulo de um relógio de sala está a oscilar com um período de 2 s, num dado instante com a amplitude máxima, de valor igual a arctg(0.1). O disco na extremidade do pêndulo tem uma massa igual a 1 Kg.

a) desprezando o atrito, qual o comprimento da haste do pêndulo ?

b) se houvesse atrito, constante e igual a 2 N, sempre oposto ao movimento do disco, qual o período do pêndulo ?

c) qual a energia que temos que fornecer ao pêndulo em cada período, por forma a mantê-lo a funcionar 'eternamente' ?

d) se houvesse atrito, proporcional à velocidade e sempre oposto ao movimento, $\vec{F} = -0.2\vec{v}$, ao fim de quanto tempo deve o pêndulo parar (amplitude máxima inferior a arctg(0.001)) ?

e) qual a frequência de ressonância para o sistema nas alíneas anteriores a) e d) ?

• **Problema 4** *Movimento Oscilatório forçado*

Uma estrada tem valetas regulares, de 10 em 10 m, dando portanto um aspecto sinusoidal à estrada com as alturas mínimas separadas de 10 m.

Se um automóvel de 1200 Kg de massa tiver uma suspensão com molas helicoidais, de constante igual a $K = 4.8 \times 10^5$N/m, determine,

a) quanto baixa o centro de massa do automóvel quando nele se sentar um condutor com massa=100 Kg;

b) desprezando o efeito dos amortecedores, para que velocidade entrará o sistema em ressonância;

c) considerando amortecedores com constante de amortecimento $\lambda = 0.1\text{s}^{-1}$, para que velocidade terá o sistema amplitude máxima.

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 7

• **Problema 1** *Pressão*

Suponha que se quer tirar água de um poço, usando para tal um motor (bomba) colocada à superfície que puxa a água. Qual a altura máxima que o poço pode ter, considerando a pressão atmosférica normal (1 atm = 1.013 bar = 101300 Pa = 101300 N/m^2)? Se o ar estivesse todo à temperatura de zero graus centígrados, qual a seria a altura de uma atmosfera uniforme ?

(Hg: Densidade do mercúrio = $\rho_{\text{Hg}} = 13.6 \times 10^3$ Kg/m^3); à temperatura de zero graus centígrados, densidade do ar média $\rho_{\text{ar}} = 1.294$ Kg/m^3)

• **Problema 2** *Contas com Número de Avogadro*

Qual o volume de uma mole de um gás perfeito (qualquer) à pressão atmosférica (1 atm = 1.013 bar = 1.013×10^5 Pa = Peso por unidade de superfície de uma coluna de mercúrio com 760 mm de altura) e à temperatura de 0°C ? e à temperatura de 25°C ?

Qual o número de moléculas de hidrogénio a -269°C existente numa câmara de vácuo com um litro de volume e uma pressão de 10^{-10} torr (1 torr = 1.33×10^3 Pa = 1 mm Hg, isto é, 1 torr = peso por unidade de superfície de uma coluna de mercúrio com 1 mm de altura) ?

• **Problema 3** *Equação de estado do gás ideal*

A gravidade da Terra atrai a atmosfera e provoca uma pressão à superfície suficiente para suportar uma coluna de 76 cm de altura de mercúrio.

Considerando a atmosfera como um gás ideal, o raio da Terra com o valor de 6376 Km, a massa molecular do ar $\mu_{\text{ar}} = 0.029$ Kg/mol, e desprezando a variação da gravidade com a altura, estime:

a) a Massa total da atmosfera.

b) a Pressão atmosférica à superfície da Terra, se fosse $\mu_{\text{ar}} = 0.087$ Kg/mol (e mesmo número de moles).

c) a pressão que a atmosfera normal exerceria se estivesse dentro de uma esfera ôca, com o volume da Terra (à temperatura constante de 300 K).

d) mostre que a variação da pressão P com a altura h é dada por:

$$\frac{dP}{P} = -\frac{\mu \cdot g}{RT} dh$$

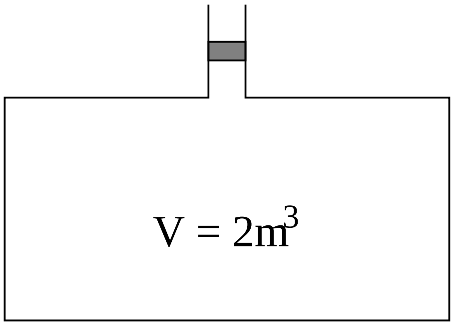
em que $T = T(h)$ é a temperatura absoluta à altura h.

e) Qual a expressão da função $P(h)$, se $T(h) = \frac{\alpha}{h}$?

• **Problema 4** *Lei de Boyle-Mariotte*

Um congelador vertical com capacidade para 200 litros, tem uma porta de 0.4 m de largura e 1.25 m de altura. Quando se abre a porta, e sem que se escape ou entre ar, a temperatura do ar no interior sobe até -12°C. Quando a porta é fechada, o ar no interior arrefece outra vez até -18°C. Se a junta da porta fôr completamente hermética, qual é a fôrça necessária para abrir a porta (Pressão exterior = 1 atm) ? O que acha que se passa quando vai buscar o peixe congelado: terá que fazer aquela força cada vez que abre o congelador?

• **Problema 5** *Lei de Boyle-Mariotte*



Na figura, um contentor de volume igual a 2 m^3 contém um gás que obedece à Lei de Boyle(-Mariotte), e é fechado no topo por uma tampa de área igual a 10^{-4} m^2 e massa igual a 2 Kg, que se pode mover verticalmente sem atrito, por ação da pressão do gás e da gravidade. O sistema está inicialmente em equilíbrio.

1) Qual a pressão do gás no início ?

2) Qual a intensidade da força de restituição sobre a tampa, quando esta é deslocada de uma distância dy ?

3) Para pequenos deslocamentos (dy), qual a equação (diferencial) do movimento da tampa?

4) Qual a frequência de movimento da tampa ? (sugestão: pense numa mola).

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 8

• **Problema 1** *Calor específico*

Um metal com uma massa de 0.1 Kg é mantido durante algum tempo em água a ferver. De seguida, é transferido para um recipiente isolado de Cobre (calorímetro) de massa igual a 0.3 Kg, onde o metal é mergulhado em 0.5 l de água a 20°C. A temperatura de equilíbrio do conjunto é 25°C.

Qual o calor específico do metal? ($c_{\text{Cu}} = 390$ J/KgK; $c_{\text{água}} = 4186$ J/KgK)

• **Problema 2** *Energia e calor específico*

De que altura devem cair 0.01 Kg de água para que a sua temperatura aumente de 10°C ? e 1 l ? (Admita que toda a energia potencial inicial da água é convertida em energia térmica, quando a água choca com o chão; $c_{\text{água}} = 4186$ J/KgK)

• **Problema 3** *Calor específico*

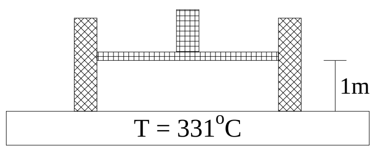
O clima nas regiões junto à costa é muito mais temperado, porque a a temperatura do ar é influenciada pelo elevado calor específico da água ($c_{\text{água}} = 4186$ J/KgK), quando os ventos têm como sentido predominante mar para terra.

Justifique a afirmação anterior, sabendo que densidade da água é $\rho_{\text{água}} = 1000$ Kg/m^3, a densidade do ar é $\rho_{\text{ar}} = 1.25$ Kg/m^3 e que o calor específico do ar é $c_{\text{ar}} = 1000$ J/KgK.

• **Problema 4** *Transformações isotérmicas*

Um pistão de 100 Kg de massa está num cilindro de 0.2 m de raio, a 1 m da base. A base está em contacto com um reservatório (ou fonte) de calor à temperatura constante de T=331°C (ver figura). Dentro do cilindro de paredes isolantes (como o pistão), estão 3 moles de um gás ideal à temperatura da fonte. Suponha que a pressão exterior inicial é suficiente para equilibrar o movimento do pistão, isto é, que inicialmente a soma da pressão exterior com o peso do pistão por unidade de área é igual à pressão interior.

A dado momento, a pressão exterior baixa subitamente até à pressão atmosférica. Considere que o pistão se move lentamente e sem atrito.



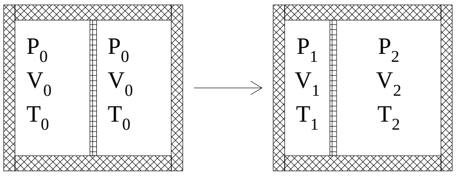
a) Qual a altura final a que sobe o pistão ?
b) Qual o trabalho realizado pelo gás ?
c) Qual o calor cedido ao gás pela fonte ?

• Problema 5 *Transformações adiabáticas*

Considere o sistema isolado representado na figura, em que a parede separadora dos dois gases está isolada termicamente (não passa calor através da parede), e pode mover-se sem atrito. Inicialmente ambos os gases têm pressão, temperatura e volumes iguais a P_0, T_0 e V_0.

A dada altura, entra lentamente calor no lado direito (por exemplo, ligando um ferro de engomar que lá dentro se encontrava), até o gás do lado direito atingir a pressão final $P_2 = \frac{64}{27}P_0$. Admita que ambos os gases são ideais e que a razões entre o calor específico molar dos gases a pressão constante e o calor a volume constante são ambas iguais a $\frac{C_P}{C_V} \equiv \gamma = 1.5$.

Determine em função de P_0, T_0, V_0:



a) V_1, T_1, T_2
b) O trabalho realizado sobre o gás do lado esquerdo.

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 9

• **Problema 1** *Entropia*

Uma mole de um gás ideal a 300 K expande-se isotermicamente, sofrendo uma variação de pressão de $2\times10^6 Pa$ para $2\times10^5 Pa$. Suponha que o processo é reversível.

a) Qual é o trabalho realizado pelo gás ?

b) Quanto calor é absorvido pelo gás ?

c) Qual a variação de entropia do gás ?

d) Qual a variação de entropia da vizinhança ? e do Universo?

e) Responda às mesmas questões considerando agora que o gás se expande contra uma pressão exterior nula. Este processo é reversível (justifique)?

• **Problema 2** *Máquinas térmicas*

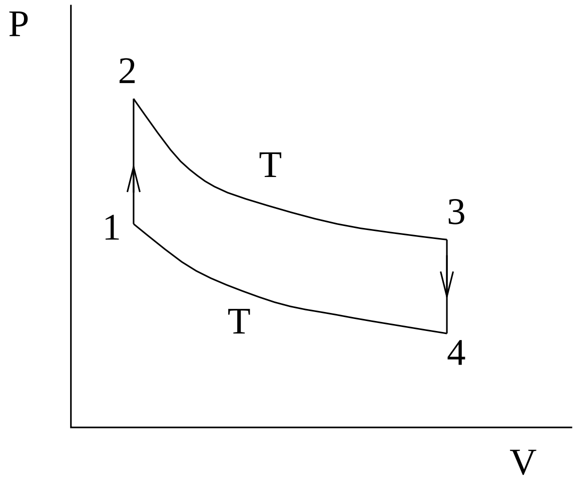
Um *iceberg* com uma massa de 10^{10} Kg aparece à deriva no golfo do México (água à temperatura de 22°C). Sabendo que o calor de fusão do gelo é 333000 J/Kg, qual a quantidade máxima de trabalho que poderá ser gerada por uma máquina térmica enquanto o *iceberg* funde?

Se nessa máquina térmica ar atingir um volume máximo de 10 l e um volume mínimo de 0.946 l e uma pressão mínima de 1 atm, qual a pressão máxima atingida pelo ar ($\gamma \equiv \frac{C_P}{C_V} = 1.4$) ? Qual a variação da entropia do Universo em cada ciclo ?

Qual a variação da entropia do Universo se o gelo fundisse sem a intervenção da máquina ?

• **Problema 3** *Máquinas térmicas*

Considere uma máquina térmica que funciona com o ciclo indicado na figura (duas moles de um gás ideal monoatómico são comprimidas a temperatura constante, recebem calor a volume constante, são expandidas a temperatura constante, e cedem calor a volume constante). A temperatura mais baixa atingida pelo gás é igual à temperatura da fonte fria e igual a 300 K, a temperatura mais alta atingida pelo gás é igual à temperatura da fonte quente. As pressões máximas e mínimas atingidas pelo gás são respectivamente 1 e 6 atm. O volume mínimo do gás é 16.4 l.



a) Calcule o rendimento do ciclo.

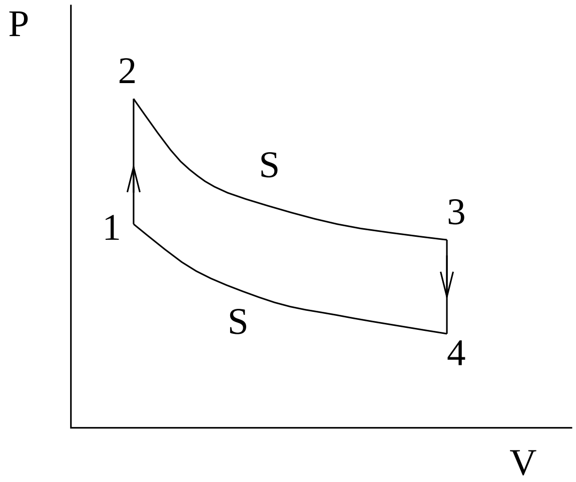
b) Qual a variação da entropia do Universo ?

c) Suponha agora que consegue recuperar todo o calor perdido pelo gás a volume constante na fase $\boxed{3\rightarrow4}$, para o injectar outra vez a volume constante na fase $\boxed{1\rightarrow2}$ (a fonte quente só precisa de dar calor na fase $\boxed{2\rightarrow3}$). Repita os cálculos do rendimento e da variação da entropia do Universo.

d) Compare o rendimento (eficiência) com o rendimento (eficiência) de um ciclo de Carnot funcionando às mesmas temperaturas extremas.

• **Problema 4** *Máquinas térmicas*

Considere o ciclo Otto representado na figura no plano (P,V), funcionando com um gás ideal. As curvas $\boxed{1\rightarrow2}$ e $\boxed{3\rightarrow4}$ são isocóricas (volume constante), e as curvas $\boxed{2\rightarrow3}$ e $\boxed{4\rightarrow1}$ são adiabáticas.

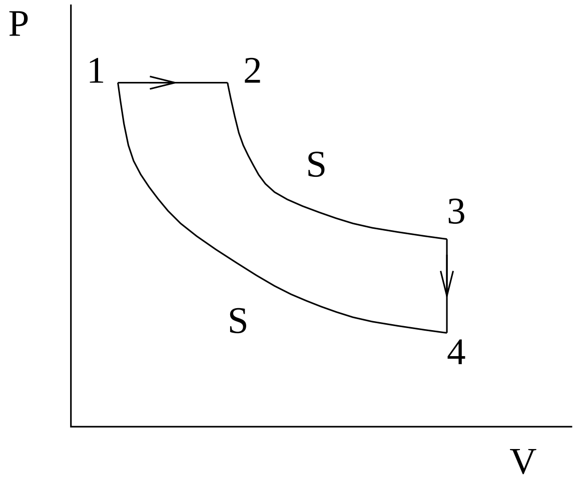


Definindo a Taxa de Compressão $r = \frac{V_4}{V_1}$ (razão entre o volume máximo e o volume mínimo), mostre que o rendimento deste ciclo é dado por ($\gamma \equiv C_P/C_V$)

$$\eta = 1 - r^{1-\gamma}$$

• **Problema 5** *Máquinas térmicas*

Considere o ciclo Diesel representado na figura no plano (P,V), funcionando com um gás ideal. A curva $\boxed{1 \rightarrow 2}$ é isobárica (pressão constante), a curva $\boxed{3 \rightarrow 4}$ é isocórica (volume constante), e as curvas $\boxed{2 \rightarrow 3}$ e $\boxed{4 \rightarrow 1}$ são adiabáticas.



Definindo a Taxa de Compressão $r = \frac{V_4}{V_1}$ (razão entre o volume máximo e o volume mínimo), e a taxa de expansão $R = \frac{V_4}{V_2}$ mostre que o rendimento deste ciclo é dado por ($\gamma \equiv C_P/C_V$)

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{R^{-\gamma} - r^{-\gamma}}{R^{-1} - r^{-1}}$$

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 10

• **Problema 1** *Equação de Clayperon*

Observa-se que um pedaço de gelo flutua na água submergindo 11/12 da sua altura (daí o perigo de embater num iceberg!)

a) Calcule a razão entre a densidade do gelo e da água.

O efeito da pressão no ponto de fusão do gelo (na temperatura de fusão) é descrito pela equação (equação de Clayperon):

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L_g}{T(v_a - v_g)}$$

em que L_g, v_a, v_g são respectivamente o calor latente de fusão do gelo, o volume da água e o volume do gelo, por unidade de massa.

Imagine agora uma massa de 1 Kg sobre um pedaço de gelo tal que a superfície em contacto seja de $1mm^2$.

b) Calcule a pressão exercida no gelo pela massa.

c) Supondo que a massa não fornece significativamente energia ao gelo, de quanto é que se deve baixar a temperatura do gelo, se se pretender que o gelo resista à penetraç ao da massa ?

• **Problema 2** *Física Estatística*

a) A que temperatura a velocidade média das moléculas do Hélio e do Oxigénio são superiores a 1.12×10^4 m/s (veloc. escape da Terra) ? Calcule neste caso a velocidade quadrática média e a velocidade mais provável das moléculas do Hélio.

b) Titã é uma das luas de Saturno com uma velocidade de escape semelhante à da Lua. No entanto Titã tem uma atmosfera de metano (CH_4) e amoníaco (NH_3) e a Lua não tem atmosfera. Sabendo que a velocidade de escape da Lua é de 2.4 Km/s, que a velocidade de escape de Titã é de 2.6 Km/s, que a temperatura à superfície da Lua (virada para o Sol) é de 100°C, e que a temperatura à superfície de Titã (virada para o Sol) é de -153°C, explique porque é que a Lua não pode ter uma atmosfera semelhante (sugestão: calcule a probabilidade de se ter $v(CH_4) > v_{\text{esc}}$ para Titã e para a Lua).

E uma atmosfera semelhante à da Terra (Temp. Terra igual a 300 K)? (sugestão: calcule a probabilidade de se ter $v(O_2, N_2) > v_{\text{esc}}$ para a Terra e para a Lua).

• **Problema 3** *Física Estatística*

Dadas as energias dos primeiros níveis rotationais e vibracionais para a molécula de hidrogénio

$$E_r = 7 \cdot 10^{-3} \text{ eV}$$

$$E_v = 0.5 \text{ eV}$$

calcule a percentagem de moléculas que se podem encontrar a rodar e a vibrar

a) à temperatura T= 7000 K

b) à temperatura T= 300 K

Que pode concluir para o calor específico a volume constante do hidrogénio a essas temperaturas ?

• **Problema 4** *Partição da energia e graus de liberdade*

A análise dos calores específicos das substâncias permite tirar conclusões sobre a estrutura molecular que não podemos "ver" directamente, dando-nos informação sobre o número n_g de graus de liberdade "activos" nas moléculas (considere que para um grau de liberdade de vibração o valor para n_g correspondente é $n_g(vib) = 2$)

a) Comece por verificar que para um dado gás que se comporta como ideal,

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1 + \frac{2}{n_g}$$

b) A velocidade do som num gás satisfaz $v^2 = \gamma kT/m$, em que m é a massa molecular. Sabendo que a 15°C o som se propaga no dióxido de carbono (molécula triatómica linear O–C–O) com velocidade v=264.7 m/s, e a 1000°C com v=536.5 m/s, que níveis quânticos de energia estão "activos" ou "excitados", a cada uma dessas temperaturas ?

Física II
L.E.G.I.

Série de problemas 11

• **Problema 1** *Condução de calor*

Uma sala rectangular tem paredes em tijolo ($k = 0.8$W/mK), de 3 m de altura e 0.225 m de espessura. Duas paredes têm 7 m de comprimento e as outras duas têm 4 m de comprimento. Despreze as fugas de calor pelo chão e pelo tecto da sala. Suponha que a temperatura exterior é 0°C.

a) Se quiser manter a sala numa temperatura confortável de 22°C, qual a potência mínima que um calorífico terá que ter (despreze o efeito de convecção) ?

b) Com caloríficos eléctricos com regulador de potência, quanto gasta por dia, se estiverem permanentemente ligados (1 KWh = 18$70) ? E se fossem a gás (para uma potência de 2800 W, gastam-se aproximadamente 0.2 Kg em uma hora, e 13 Kg de gás custam 2000$00)

c) Uma forma de reduzir as perdas de calor, é a introdução de uma camada de ar na parede, isto é, construir em parede dupla: 0.075 m de tijolo, 0.05 m de ar, e 0.075 m de tijolo. Sabendo que para o ar se tem $k = 0.0234$W/mK, determine a potência que os caloríficos teriam de ter, e o mínimo que gastaria num dia ?

• **Problema 2** *Condução de calor*

Uma caixa feita com paredes de 'styrofoam' (polistireno rígido) de espessura igual a 0.02 m tem uma superfície exterior de 0.8 m^2. A temperatura interior é de 5°C, e a temperatura exterior é de 25°C. Se levar 8 h para derreter 5 Kg de gelo no interior da caixa, qual a condutividade térmica do 'styrofoam' (Calor latente de fusão do gelo é $\lambda_F = 333000$ J/Kg) ?

Porque é que este é um bom material para construir depósitos de hidrogénio e oxigénio líquido ?

• **Problema 3** *Condução de calor*

Um lago a 0°C está coberto por uma camada de gelo de 0.04 m de espessura. Se a temperatura do ar exterior se mantiver constante a -10°C, daí a quanto tempo a espessura da camada de gelo será 0.08 m (densidade do gelo $\rho_g = 920$ Kg/m^3, condutividade térmica do gelo $k_g = 2$ W/mK) ?

• **Problema 4** *Radiação*

Um estudante em fato de banho está na Lua (como sempre), na face oposta ao Sol. Quanta energia perde ele em 10 minutos, se a emissividade da pele for $\varepsilon = 0.9$ e a área exposta de 1.5 m^2 (despreze a energia recebida por ele) ?

E se ele estivesse numa sala de aula (na Lua só em espírito) a 20°C ?

• **Problema 5** *Radiação*

Qual o comprimento de onda correspondendo à intensidade máxima emitida pelo Sol (temperatura à superfície do Sol = 5780 K) ? Qual a potência total emitida pelo Sol (Raio do Sol = 6.96×10^8m; considere o Sol como um corpo negro) ? Qual a potência recebida na Terra, e qual o comprimento de onda da intensidade máxima emitida pela Terra, supondo esta em equilíbrio térmico (potência emitida igual à potência recebida; considere a Terra como um corpo negro) ? Porque é que os dias enublados são muito mais frios de dia do que os dias "com Sol" e de noite é o contrário ?

(Raio da Terra = 6.376×10^6m, distância Terra-Sol = 1.49×10^{11}m)

• Problema 6 *Radiação*

A temperatura no interior do Sol é de aproximadamente 6 milhões de graus (centígrados ou Kelvin?!). Se a radiação emitida pelo interior do Sol (admitindo que é um corpo negro) conseguisse sair do Sol,

a) poderíamos ver o Sol ?

b) qual a potência recebida na Terra, e qual a temperatura da Terra, estando esta em equilíbrio térmico ? poderíamos existir ? Qual a distância a que a Terra teria que estar do Sol (actual) para receber toda esta energia ?

c) os fotões radiados no interior do Sol não conseguem escapar do seu interior facilmente, pois estão sempre "aos choques" com o gás (e assim perdendo energia). Sendo l o caminho livre médio de um fotão (caminho percorrido numa direcção constante sem "chocar"), a relação entre a energia emitida no interior do Sol e à superfície é aproximadamente igual a (R_S = Raio do Sol)

$$P_I = P_s \frac{R_S}{l}$$

Sabendo as temperaturas no interior e à superfície, estime o caminho livre médio para um fotão no interior do Sol. Se o fotão escapasse directamente (sem "choques") quanto tempo, à velocidade da luz, levaria para um fotão chegar à superfície do Sol ? Tendo em conta os "choques" o tempo aumenta pelo factor R_S/l (num total de R_S^2/l^2 passos de comprimento l, cada um levando um tempo l/c). Quanto tempo leva para esse fotão chegar à superfície do Sol e finalmente escapar do Sol ?