

A Secção “Olimpíadas de Física” é coordenada por Manuel Fiolhais e José António Paixão. O contacto com os coordenadores poderá ser feito para: Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra; ou pelos telefones 239-410615, 239-410645, fax 239-829158, “e-mails” tmanuel@teor.fis.uc.pt ou jap@pollux.fis.uc.pt.



Entregue relatório de 98/99

Foram entregues nos Ministérios da Educação e da Ciência e da Tecnologia, em Outubro passado, os relatórios de actividades e de contas relativos às Olimpíadas Nacionais e Internacionais do passado ano lectivo. A principal novidade nas actividades olímpicas planeadas para o ano 2000 está relacionada com a primeira participação regular de Portugal na Olimpíada Ibero-Americana.

Calendário das Olimpíadas para 1999/2000

As provas regionais das Olimpíadas de Física de 1999/2000 terão lugar no dia

13 de Maio de 2000 simultaneamente em Lisboa, Coimbra e Porto. As provas nacionais, a cargo da Delegação Regional do Norte da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), decorrerão no Porto nos dias 16 e 17 de Junho de 2000.

A XXXI IPhO decorrerá em Leicester (Reino Unido) de 8 a 16 de Julho de 2000. A Olimpíada Ibero-Americana decorrerá em Jaca (Espanha) de 14 a 21 de Setembro de 2000.

O cartaz promocional das Olimpíadas de Física, reproduzido nesta página, é da autoria do Arquitecto José Carlos Cantante.

Alteração ao Regulamento

Procedeu-se a pequenas alterações ao Regulamento das Olimpíadas de Física, tendo em conta a participação de estudantes portugueses na Olimpíada Ibero-Americana. O ponto III (ver a anterior versão do Regulamento na Gazeta de Física, fasc. 4, vol. 21, 1998) passa a ter a seguinte redacção:

“Aos doze a quinze alunos melhor classificados no escalão B das Olimpíadas Nacionais será, no ano lectivo seguinte, ministrada uma preparação especial englobando as matérias constantes do programa da IPhO, com particular ênfase nos temas não incluídos no ensino secundário. É condição obrigatória a frequência de Física no 12º ano. A Comissão Nacional das Olimpíadas definirá os moldes em que decorre a preparação bem como as provas de apuramento dos cinco estudantes que participarão na IPhO e dos quatro que participarão nas Olimpíadas Ibero-Americanas. Este apuramento será efectuado durante o mês de Maio. A título excepcional, a Comissão Nacional das Olimpíadas poderá admitir à prova de selecção final outros alunos do 12º ano que demonstrem elevadíssima capacidade em Física”.

O novo Regulamento (com esta e outras pequenas alterações) foi enviado a todas as escolas básicas e secundárias convidadas a participar na Olimpíada 2000.

dárias convidadas a participar na Olimpíada 2000.

Publica-se na página 37 o anexo ao Regulamento relativo ao presente ano lectivo.

Provas das Olimpíadas Internacionais

XXXI IPhO — Primeiro problema teórico: absorção de radiação por um gás

Um recipiente cilíndrico, com o eixo vertical, contém um gás molecular em equilíbrio termodinâmico. A parte de cima do cilindro (pistão), que pode mover-se livremente, é de vidro. Admite-se que o gás não escapa do recipiente e que o atrito entre o pistão e a parede interna do cilindro é desprezável. Inicialmente a temperatura do gás é a temperatura ambiente; a pressão na sala onde está o cilindro tem o valor *standard* dado na tabela. O gás pode considerar-se perfeito. Considera-se ainda que as paredes do cilindro, o pistão e a base são praticamente isoladoras térmicas e de capacidade térmica desprezável, pelo que não há transferência de calor do gás para o exterior através destas paredes.

Faz-se incidir no gás através do pistão de vidro a luz proveniente de um laser de potência constante. Esta radiação, que é totalmente transmitida através do ar e do vidro, é completamente absorvida pelo gás dentro do recipiente. Por absorção da radiação neste processo, as moléculas ficam em estados excitados e desexcitam rapidamente, voltando ao estado fundamental. A energia proveniente do laser é rapidamente absorvida pelo gás.

No processo de irradiação com luz laser observa-se que o pistão de vidro sobe. Após um certo tempo de irradiação desliga-se o laser e mede-se o deslocamento do pistão.

1 — Usando os dados no fim do enunciado e, se necessário, as constantes físicas, calcular a temperatura e a

pressão do gás após a irradiação. [1 ponto]

2 – Calcular o trabalho efectuado pelo gás em consequência da absorção da energia da radiação. [1 ponto]

3 – Calcular a energia radiante absorvida durante o processo de irradiação. [2 pontos]

4 – Calcular a potência do laser que é absorvida pelo gás e o corresponde número de fótons absorvidos (que é o número de processos elementares) por unidade de tempo. [1,5 pontos]

5 – Calcular a eficiência do processo de conversão de energia do laser em energia potencial mecânica do pistão. [1 ponto]

De seguida, o eixo do cilindro é rodado lentamente de 90° de forma a colocar o cilindro na horizontal. Neste

processo as trocas de calor entre o gás e o recipiente podem ser desprezadas.

6 – Indicar se a pressão e/ou a temperatura mudam em consequência desta rotação e – se for esse o caso – indicar os novos valores de pressão e temperatura. [2,5 pontos]

Dados

Pressão ambiente: $P_0 = 101,3$ kPa

Temperatura ambiente: $T_0 = 20,0$ °C

Diâmetro interno do cilindro:

$$2r = 100 \text{ mm}$$

Massa do pistão de vidro: $m = 800$ g

Quantidade de gás no cilindro:

$$n = 0,100 \text{ mol}$$

Capacidade térmica molar a volume constante do gás: $C_V = 20,8$ J/(mol K)

Comprimento de onda do laser:

$$\lambda = 514 \text{ nm}$$

Tempo de irradiação: $\Delta t = 10,0$ s

Deslocamento do pistão no fim da irradiação: $\Delta s = 30,0$ mm

Constantes físicas e outros dados

Velocidade da luz no vazio:

$$c = 299792458 \text{ ms}^{-1}$$

Constante dos gases perfeitos:

$$R = 8,314510 \text{ J/(mol K)}$$

Constante de Planck:

$$h = 6,6260755 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Ponto de fusão da água:

$$T_g = 273,15 \text{ K}$$

Valor *standard* da aceleração da gravidade à superfície da Terra:

$$g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$$

Pressão normal: $p_0 = 101325$ Pa

$$\pi = 3,14159265$$

Proposta de resolução

1) A pressão no interior do recipiente é igual à soma da pressão na sala, p_0 e da pressão devida ao pistão:

$$p_i = p_0 + \frac{mg}{\pi r^2} = 101325 + \frac{0,8 \times 9,8}{3,14 \times 0,05^2} \text{ Pa}$$

Esta expressão é válida quer antes quer depois da irradiação, ou seja, a pressão mantém-se constante e igual a $p_i = 102,3$ kPa.

Pode usar-se a equação de estado dos gases perfeitos para encontrar a temperatura final do gás, $pV = nRT$. Como o processo é a pressão constante, $T_f = T_i V_f / V_i$. Como o recipiente é cilíndrico, a razão entre os volumes final e inicial é igual à razão entre as alturas inicial e final, pelo que

$$T_f = T_i \times \frac{h_i + \Delta s}{h_i}$$

O valor de h_i obtém-se a partir da equação de estado aplicada ao estado inicial:

$$h_i = \frac{V_i}{\pi r^2} = \frac{nRT_i}{\pi r^2 p_i}$$

Substituindo valores encontra-se $h_i = 0,306$ m e $T_f = 322$ K = 49 °C.

2) Como o processo é isobárico o trabalho realizado pode ser obtido

directamente a partir da expressão

$$W = \int p dV = -p \Delta V = -(mg + \pi r^2 p_0) \Delta s,$$

obtendo-se $W = -24,1$ J. Este trabalho de configuração é negativo (de acordo com a convenção da IUPAP) pois o sistema aumenta de volume.

3) Durante o processo de irradiação há variação de energia interna do sistema pois varia a sua temperatura. A variação de energia interna é

$$\Delta U = nc_v(T_f - T_i) = 0,1 \times 20,8 \times (49 - 20) = 60,3 \text{ J},$$

onde c_v é a capacidade térmica molar do gás a volume constante.

Por outro lado, da primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q + W$.

A energia radiante absorvida durante o processo é, pois,

$$Q = \Delta U - W = 60,3 - (-24,1) = 84,4 \text{ J}.$$

4) Como o laser emite com uma potência constante e toda a energia emitida pelo laser é absorvida pelo gás, a potência perdida é

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{84,4}{10} = 8,4 \text{ W}.$$

Como a energia de cada fóton é hc/λ (λ é o comprimento de onda), o número de fótons absorvidos por unidade de tempo é

$$\frac{P\lambda}{hc} = 2,2 \times 10^{19} \text{ s}^{-1}.$$

5) A eficiência do processo é expressa por

$$\eta = \frac{mg\Delta s}{Q}$$

onde o numerador é a variação da energia potencial do pistão e o denominador a energia total absorvida. Substituindo valores encontra-se $\eta = 2,8 \times 10^{-3} \approx 0,3\%$.

6) O processo é adiabático e, portanto, o estado final e o estado inicial relacionam-se através da "equação da adiabática"

$p_0 V_0^\gamma = p_f V_f^\gamma$, onde p_f e V_f são a pressão e o volume no final do processo e

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_v + R}{c_v} = 1,399 = \frac{7}{5}$$

(o gás é diatómico). Usando a equação de estado do gás perfeito e a equação da adiabática, chega-se à seguinte expressão que relaciona pressão e temperatura:

$$T_f = T_i \left(\frac{p_i}{p_f} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

No estado final a pressão é a pressão da sala, $p_f = p_0$. Usando os valores dados e os calculados para g e para p_i [ver alínea 1)] obtém-se $T_f = 321$ K = 48 °C.