

## OLIMPIADAS NACIONAIS DE FÍSICA 2011

4 DE JUNHO DE 2011

DURAÇÃO DA PROVA: 1 h 15 min

### PROVA TEÓRICA

### ESCALÃO B

#### Problema 1

#### Como é que o nosso corpo troca calor com o exterior?

Uma das aplicações da Física que mais se tem desenvolvido nas últimas décadas é a da Biofísica. O comportamento dos sistemas biológicos rege-se por leis universais que tanto podem ser aplicadas a seres vivos, como a seres inanimados. Porém, dada a complexidade dos primeiros, o seu estudo torna-se um desafio particularmente aliciante para os cientistas.

Neste problema, pedimos que te debruces sobre algumas questões relacionadas com as formas que o organismo humano tem de diminuir a sua temperatura.

Como certamente saberás, para que ocorram as funções vitais do nosso organismo é necessário o consumo de energia. Este consumo implica também a transformação de energia química proveniente dos alimentos em energia térmica. Deste modo, se o nosso corpo não tivesse mecanismos de libertação de energia térmica, a sua temperatura aumentaria excessivamente.

Numa pesquisa rápida aos conteúdos publicados na internet conclui-se que existem essencialmente três mecanismos de troca de calor entre sistemas: a condução térmica, a convecção e a radiação. O primeiro diz respeito à transferência de calor através de uma

substância e rege-se pela expressão:  $\frac{Q}{\Delta t} = -\frac{K_{\text{cond}} A}{L} (T_1 - T_2)$ , onde  $Q$  é a quantidade de calor

transferida,  $\Delta t$  o intervalo de tempo durante o qual esse calor é transferido,  $A$  é a área de contacto entre os dois sistemas entre os quais o calor é transferido,  $L$  a espessura através da qual o calor terá que fluir,  $T_1$  e  $T_2$  as temperaturas dos dois sistemas e  $K_{\text{cond}}$  o coeficiente de condutividade térmica da substância no interior da qual o calor é transferido. A convecção é o mecanismo através do qual o calor se transfere de um local para o outro com a ajuda de movimentos de fluidos, principalmente através de correntes de ar. Neste caso, cumpre-se a

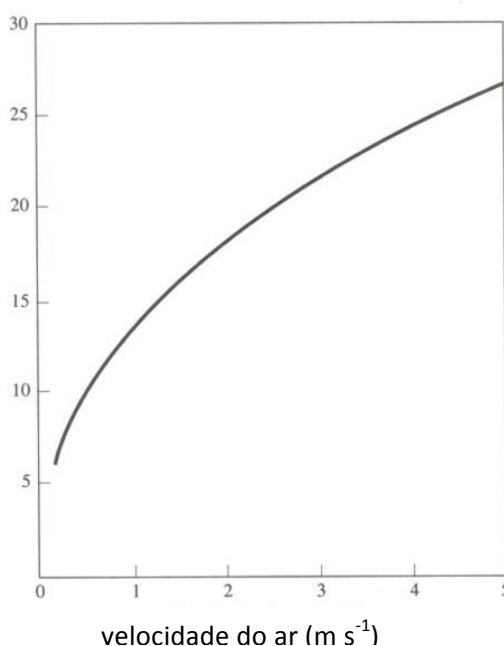
relação:  $\frac{Q}{\Delta t} = -K_{\text{conv}} A (T_1 - T_2)$ , onde as variáveis têm o mesmo significado, sendo  $K_{\text{conv}}$  o coeficiente de convecção. Quanto à troca de calor por radiação electromagnética, tem-se a

relação:  $\frac{Q}{\Delta t} = \sigma A \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)$ , onde para além das variáveis já descritas anteriormente,

introduz-se ainda as variáveis:  $\sigma$  - constante de Boltzmann ( $= 5,67 \times 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4$ ) e  $\varepsilon$  - a emissividade do objecto radiante. (Repare-se que a temperatura deverá estar unidades de Sistema Internacional –  $T(\text{K}) = 273,15 + T(^{\circ}\text{C})$ ).

- 1.1 Considera os seguintes dados: Se não existisse circulação sanguínea, os tecidos humanos, nomeadamente a pele, apresentariam uma condutividade térmica de aproximadamente  $18 \text{ kcal cm m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ . A espessura de tecido entre o interior e o exterior do corpo é cerca de 3 cm. Em média, a área através da qual é possível ocorrer condução de calor entre o interior e o exterior do corpo é cerca de  $1,5 \text{ m}^2$ . A diferença de temperaturas entre o interior do corpo e a pele é considerada ser de  $2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Qual seria, nessas condições, a taxa de calor entre o interior e a parte exterior do corpo em  $\text{kcal h}^{-1}$ ?
- 1.2 Atenta no gráfico seguinte. Admite que a velocidade do ar é cerca de  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . Admite ainda que o ar se encontra a uma temperatura de  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e que a pele está  $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  abaixo da temperatura que se considera ser a normal para o corpo humano, ou seja,  $37 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Assume que apenas 20% da área do corpo se encontra em contacto com o ar. Qual será a taxa de perda de calor do mesmo indivíduo nas mesmas unidades da alínea anterior. Com esta velocidade de vento, o calor proveniente do interior do corpo será facilmente perdido? Justifica.

$K'_c (\text{kcal m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1})$



- 1.3 Usa os dados das alíneas anteriores e admite que o coeficiente de emissividade do corpo humano é aproximadamente 1. Qual será a taxa de perda de calor por radiação, nas mesmas unidades? ( $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ ).

- 1.4 Atenta no facto de um indivíduo de estatura média, com uma actividade física moderada, consumir diariamente cerca de 6250 kcal, das quais 80% são convertidas em calor. Comenta os teus resultados tendo em conta esta informação. Serão necessárias outras formas de perda de calor. Sugere outra.
- 1.5 Nas condições das alíneas anteriores, que quantidade de calor é que o organismo despende para aquecer todo o ar que inala durante um dia inteiro. (volume de ar de cada inalação –  $0,5 \text{ dm}^3$ , número médio de inalações por minuto – 20, calor específico do ar –  $1020 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , massa de ar que ocupa  $1,0 \text{ dm}^3$  –  $1,3 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ). Comenta este valor à luz dos resultados das alíneas anteriores.

## Problema 2

Johannes Kepler (1571-1630) foi uma das figuras entre os grandes da ciência. A sua persistência, de décadas, permitiu-lhe descrever, com uma precisão nunca antes igualada, o movimento dos planetas em torno do Sol. A Terceira das Leis que ostentam o seu nome é denominada Lei dos Períodos. A expressão matemática que a traduz é:  $\frac{T^2}{R^3} = \text{constante}$ . Em que  $T$  é o período de translação do planeta em torno do Sol e  $R$  o raio da órbita do planeta se a considerarmos circular. Décadas mais tarde, Isaac Newton (1643-1727) utilizou as Leis de Kepler para deduzir a Lei da Gravitação Universal. Com base nela e admitindo que o movimento da Terra em torno do Sol é circular uniforme propomos que:

- 2.1 Deduzas a expressão que traduz a Terceira Lei de Kepler. Explicita todas as expressões e Leis que uses.
- 2.2 Calcula a massa do Sol (Raio médio da órbita da Terra em torno do Sol –  $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$ , Constante de Gravitação Universal –  $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ).

## Problema 3

Depois de descobrir que a força exercida sobre os planetas variava na razão inversa do quadrado da distância, Newton quis verificar se ela era Universal. Se o fosse, aplicar-se-ia ao movimento dos planetas em torno do Sol, ao movimento de uma maçã em queda para a Terra, com uma aceleração de  $9,8 \text{ m s}^{-2}$ , e ao movimento da Lua em volta da Terra. Sendo o raio da órbita da Lua em torno da Terra, aproximadamente, 60 vezes superior ao raio da Terra e o período de translação da Lua em torno da Terra de 27,3 dias, calcula a aceleração centrípeta que a Terra produz na Lua admitindo que o movimento desta é circular uniforme e compara-a com a aceleração prevista pela Lei da Gravitação Universal. Justifica se Newton tinha razões para se sentir genial. (Raio da Terra  $6,37 \times 10^6 \text{ m}$ ; massa da Terra  $5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ ).