



Sociedade Portuguesa de Física



Olimpíadas da Física

Etapa Nacional

7 de junho de 2014

Duração: 1 h 15 min

## PROVA TEÓRICA - Escalão B

Constante de Coulomb:  $k = 9,0 \times 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$ .

Aceleração gravítica:  $g = 9,8 \text{ m} / \text{s}^2$

1. Numa estância de esqui, um empresário contratou um engenheiro para dimensionar um espaço de entretenimento para crianças. A ideia dele era construir uma rampa coberta de gelo, inclinada de  $30^\circ$  (ver Figura 1) onde as crianças se pudessem lançar num trenó. Preocupado com questões de segurança, ele pretende criar uma plataforma horizontal de comprimento  $d$ , suficiente para que as crianças se imobilizem, mesmo que não travem com os pés. Essa plataforma deverá ser construída num material cujo coeficiente de atrito seja maior do que o do gelo. O engenheiro estimou que o coeficiente de atrito cinético entre o gelo e a superfície do trenó seria de  $k_g=0,02$  e que o coeficiente de atrito cinético entre a plataforma e o trenó seria de  $k_p=0,2$ .

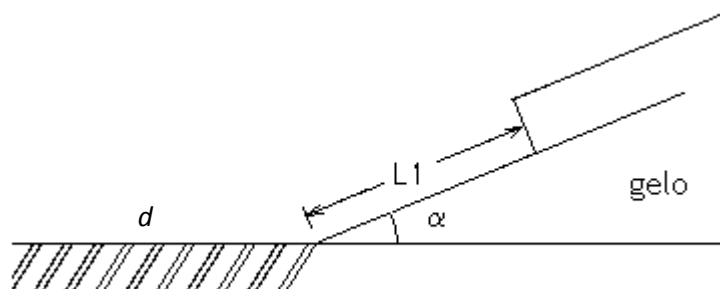


Figura 1

Qual foi a razão entre  $L_1$  e  $d$  a que o engenheiro chegou?

2. Um dispositivo como o representado na Figura 2 é utilizado para determinar o estado de eletrização dos corpos. As duas esferas são carregadas com uma carga igual, mede-se o ângulo de afastamento das esferas e estima-se a carga de cada uma delas. Considera que a massa de cada uma delas é de 10 g, que o comprimento do fio é de 10 cm e que o ângulo formado pelos dois fios é de  $15^\circ$ .

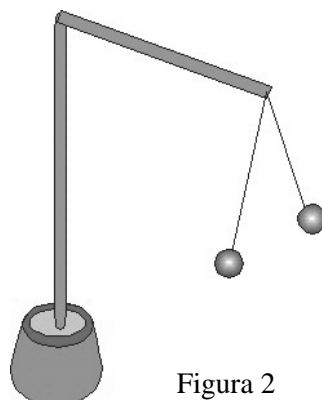


Figura 2

- a) O que podes dizer sobre a relação entre os sinais das cargas?
  - b) Calcula a força elétrica que cada esfera exerce sobre a outra.
  - c) Determina a carga de cada uma delas, sabendo que o módulo da força elétrica cumpre a relação:  $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ , onde  $k$  é a constante de Coulomb,  $Q_1$  é a carga de uma das esferas,  $Q_2$  a carga da outra, e  $r$  é a distância entre elas.
  - d) Descreve qualitativamente, justificando, o que esperas que aconteça se a carga de uma delas passar a metade.
3. Quando a terra foi formada, há 4,5 mil milhões de anos, era um corpo em fusão com uma temperatura aproximada de 4000 K. Foi arrefecendo desde a sua formação e a temperatura média na sua superfície é atualmente de aproximadamente 300 K.
- a) Explica, com uma curta justificação, o processo pelo qual a energia é transferida na forma de calor do interior da terra para a superfície.
  - b) De modo semelhante, explica e justifica de que forma a energia que é gerada no interior da terra é transferida para o espaço, através da sua superfície, sob a forma de calor.
  - c) A taxa de arrefecimento de uma esfera quente pode ser deduzida e depende da temperatura da superfície,  $T$  (em K), da área da sua superfície exterior,  $A$  (em  $\text{m}^2$ ), da natureza do material da esfera e da natureza da superfície. Lord Kelvin aplicou esta ideia ao arrefecimento da terra e o tempo de arrefecimento veio dado por:

$$t_{\text{arref}} = [Nk/(\sigma A)] (1/T_f^3 - 1/T_i^3)$$

onde  $T_i$  é a temperatura da terra na altura da sua formação e  $T_f$  a temperatura atual da superfície,  $N$  é o número de átomos na esfera,  $k$  e  $\sigma$  são constantes com os valores:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

e a superfície da terra tem o valor aproximado de:  $A = 5,1 \times 10^{14} \text{ m}^2$

- i) Explica por que razão o valor exato da temperatura inicial tem pouca importância no cálculo de  $t_{\text{arref}}$ .
- ii) Simplifica a equação dada, com base na aproximação sugerida na alínea i).
- iii) Sabendo que a ordem de grandeza do número de átomos na terra é  $N \approx 10^{50}$ , estima o tempo de arrefecimento  $t_{\text{arref}}$  e expressa o resultado em anos.
- iv) Compara o valor numérico obtido com a idade aproximada da terra. Justifica sumariamente porque é que a terra não arrefeceu desde então.
- v) Estima a energia radiada pelo sol durante um ano (nota que a distância da terra ao sol é aproximadamente  $1,5 \times 10^{11} \text{ m}$ , e que podes considerar que a terra é um corpo negro que emite radiação à taxa  $P = \sigma A T^4$ ).