



## OLIMPÍADAS DE FÍSICA 2012

ETAPA NACIONAL 9 DE JUNHO DE 2012

PROVA TEÓRICA

ESCALÃO B

DURAÇÃO DA PROVA: 1 h 15 min

### Problema 1 – envenenamento radioativo

Na história do crime não faltam relatos do uso de substâncias radioativas, mas só recentemente, com o caso da estranha morte do russo Alexander Litvinenko, foi conhecido um caso concreto com fortes indícios de uso do polónio-210 (Po-210).

Se num dado instante inicial uma amostra radioativa tiver  $N_0$  átomos de determinado isótopo, decorrido um tempo  $\Delta t$ , muito menor que o tempo de vida médio do elemento  $\tau$ , a amostra passará a ter aproximadamente:

$$N(t) \approx N_0 \left(1 - \frac{\Delta t}{\tau}\right)$$

No caso do Po-210, o tempo médio de vida é  $\tau = 199$  dias.

No caso do estranho envenenamento radioativo do russo Litvinenko, todos os indícios apontavam para que a contaminação tivesse sido interior. Como as partículas radioativas emitidas pelo Po-210 não conseguem atravessar completamente a epiderme, infere-se que o veneno teve de ser ingerido, como por exemplo dissolvido numa bebida.

- Suponha uma amostra de Po-210 de 1 mg. Estime o número de átomos.
- Ao fim de 1 dia quantos átomos da amostra terão decaído?
- A energia das partículas emitidas com o decaimento radioativo é elevadíssima, e de valor da ordem de 5 MeV. Calcula a energia depositada na zona abdominal da vítima ao fim de 1 dia após a ingestão do veneno, considerando que a massa total dos órgãos abdominais é de aproximadamente 10 kg.
- Poderá 1 g de Polónio-210 ser fatal para quem o ingere? Comenta o valor obtido na questão anterior, sabendo que o limite de segurança máximo de radiação é de 50 mJ, por quilograma, por ano.

#### Dados Adicionais:

Polónio-210 ( $Z=84$ ,  $M = 210 u$ )

$1 u = 1,660538921 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$

## Problema 2 – O salto do Hulk<sup>1</sup>

No filme “Os Vingadores”, recentemente estreado nas nossas salas de cinema, Bruce Banner é um super-herói transformando-se num gigante esverdeado (Hulk) sempre que se zanga. Este gigante tem uma força fenomenal e consegue saltar sobre prédios com vários andares. Vamos analisar, com algumas simplificações, um dos saltos que ele efetua no filme.

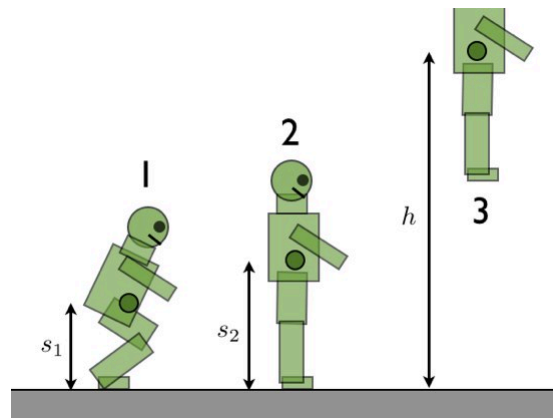


Figura 1: Modelo simplificado do salto \*

Simplificando o movimento de salto podemos usar o modelo da figura (não desenhada à escala) em que  $h$  é a altura máxima do centro de massa do Hulk no salto.

- Para obter a massa do Hulk, vamos considerar que a sua densidade é a mesma dos outros humanos e que aumenta de forma proporcional em todas as dimensões. Sabendo que, por comparação com as pessoas normais no filme, o Hulk tem cerca de 2,50 m de altura, e que um homem com 1,80 m de altura tem 75 kg, calcula a massa do Hulk.
- Analisando o filme, e usando o Google Earth, podemos localizar em Nova York o edifício sobre o qual Hulk fez um dos saltos. Contando o número de pisos, estimamos a altura do salto em 120 m. Calcula a energia que o Hulk teve que usar para saltar a esta altura.  
Nota: Se não fizeste a alínea anterior considera a massa de um homem normal (75 kg) para esta alínea.
- Sabendo que o centro de massa do Hulk está à distância  $s_1=1,15$  m do solo no início do salto e que os pés perdem o contacto com o solo quando está à distância  $s_2=1,65$  m, calcula a força média sobre o solo durante o salto .
- Com base nos resultados das alíneas anteriores e considerando que a área de contacto com o chão dos pés do Hulk é de  $800 \text{ cm}^2$  e que o betão rompe quando sujeito a uma pressão de compressão de  $14 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ , estima se o Hulk ao efetuar o salto quebraria, ou não, o chão do passeio.

<sup>1</sup> Problema baseado no texto de Rhett Allain <http://www.wired.com/wiredscience/2012/05/the-physics-of-the-hulks-jump/>

### Problema 3

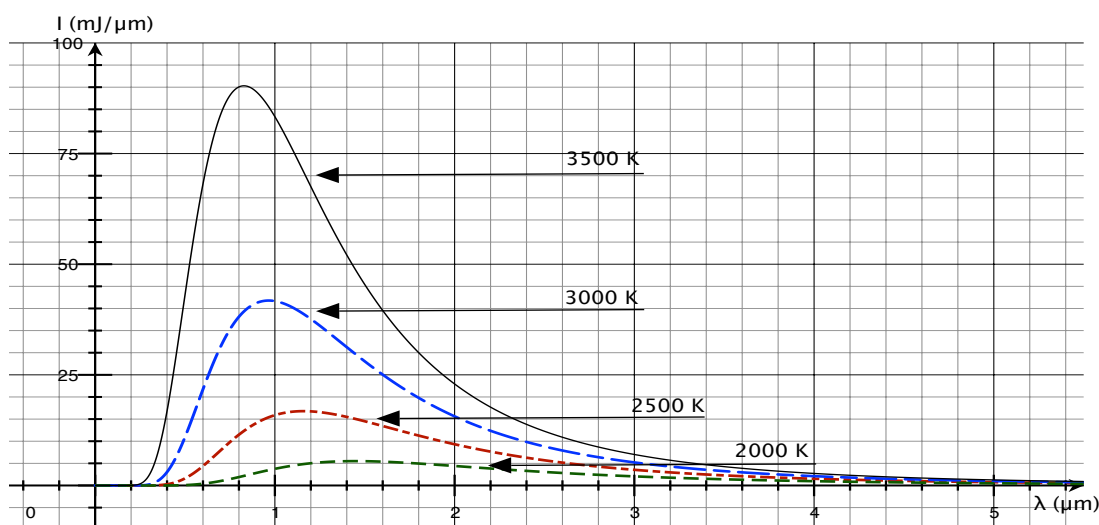
Wilhelm Wien foi prémio Nobel da Física em 1911, um reconhecimento pelo importante trabalho por ele desenvolvido em torno da radiação térmica emitida pelos corpos<sup>2</sup>. Um dos resultados obtidos por Wien resume-se numa lei muito simples que permite inferir a temperatura ( $T$ , em kelvin) de um corpo a partir do espectro de radiação térmica por ele emitida. Essa lei, conhecida como lei de Wien, é expressa na forma:

$$\lambda_{Max} T = constante$$

onde  $\lambda_{Max}$  é o comprimento de onda correspondente à radiação de maior intensidade emitida por um corpo à temperatura  $T$ . Nota que o comprimento de onda  $\lambda_{Max}$  não depende do material emissor de radiação térmica!



O gráfico seguinte traduz a intensidade de radiação térmica emitida em função do comprimento de onda, para quatro temperaturas distintas do corpo emissor.



- 1) O olho humano está perfeitamente adaptado à radiação que nos chega do Sol. A sua sensibilidade é máxima no comprimento de onda onde a emissão solar é mais intensa, a 550 nm. Estima o valor da temperatura superficial do Sol em centígrados.

**Nota:**

a temperatura em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) exprime-se em kelvin através da expressão:

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$

<sup>2</sup> [http://www.uni-wuerzburg.de/en/ueber/university\\_of\\_wuerzburg/roentgenring\\_science\\_mile/nobel\\_laureates/wilhelm\\_wien\\_1911](http://www.uni-wuerzburg.de/en/ueber/university_of_wuerzburg/roentgenring_science_mile/nobel_laureates/wilhelm_wien_1911)