sidade de corrente I necessária para focar electrões cujas energias pretendemos estudar. Ajustando convenientemente o espectrómetro, podemos obter resoluções (em momento linear) da ordem de grandeza de 1 a 3%, com transmissões da mesma ordem de grandeza.

Na sua presente versão, este espectrómetro pode detectar electrões com energias superiores a cerca de 40 keV; no entanto, a sua adaptação à detecção de electrões abaixo deste limite é tècnicamente viável, desde que se introduza um sistema de detecção de baixo «ruído de fundo» ou um sistema de pré-aceleração dos electrões emitidos pela fonte.

Considerações sobre a resolução de um problema de Mecânica ao nível do 3.° ciclo liceal

por Mário Trigueiros

O exercício cujo enunciado damos a seguir pertence a um tipo de problemas vulgarmente propostos ao nível do último ciclo do ensino liceal:

1) Um corpo com 50 kg resvala por um plano inclinado com 10% de declive, tendo partido do repouso. Ao cabo de 10,0 s de percurso a sua velocidade é de 3,00 m/s. Calcular a quantidade de calor desenvolvida pelos atritos. $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

Res.: 0,52 kcal.

(extraído do *livro único* para a disciplina de Física — 3.° ciclo-II vol.; aprovado oficialmente. D. G. 128-II série — 1/6/66).

A análise deste enunciado sugere, entre outras, as seguintes observações:

a) Os professores de Física do nosso ensino secundário costumam entender por «declive de um plano inclinado» o valor de sen α, em que α é o ângulo que a linha de maior declive do plano faz com o plano horizontal; no livro único (I vol., pág. 94) lê-se: «[...] representando a altura AC do plano por h e o comprimento BC do mesmo por l, [...] a razão $\frac{h}{l}$ mede a *inclinação* do plano; é o valor do seno do ângulo do plano inclinado com o plano horizontal».

Na disciplina de Matemática os mesmos alunos que lêm aquele livro aprendem que o declive de uma recta num referencial cartesiano é o valor da tangente trigonométrica daquele ângulo e não o valor do seno; ao valor do ângulo chama-se *inclinação*.

Estamos perante uma falta de uniformidade de linguagem, que cria dificuldades ao estudante e não se justifica de maneira alguma.

b) A expressão «calcular a quantidade de calor desenvolvida pelos atritos» não é correcta, embora esta expressão esteja de acordo com as ideias sobre o *calor* expostas no citado livro; será mais correcto usar uma expressão como, por exemplo: «calcular, em unidades calorimétricas, o valor da energia dissipada pelos atritos».

No que diz respeito à resolução deste tipo de problemas, é vulgar encontrarmos o seguinte modo de proceder:

1-1) O valor da energia dissipada é calculado pela diferença entre os valores da energia cinética que o corpo adquiriria ao fim de 10,0 s, se *escorregasse* sem atritos, e da energia cinética que ele adquire, nas condições do enunciado, ao fim do mesmo tempo.

$$\varepsilon_a = \frac{1}{2}\,\mathrm{m}\,\mathrm{v}_1^2 - \frac{1}{2}\,\mathrm{m}\,\mathrm{v}_2^2$$

com

$$\mathrm{v}_1 = g\,\mathrm{sen}\,\alpha \cdot t;$$

entrando com os valores numéricos do enunciado, teremos

$$\mathrm{v}_1 = 9{,}8 \times 0{,}1 \times 10 = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

e

$$\varepsilon_a = \frac{1}{2} \times 50 \times 9{,}8^2 - \frac{1}{2} \times 50 \times 3^2 =$$

$$= 2176\,J = 0{,}52\ \mathrm{kcal}.$$

Esta resolução é incorrecta, como poderemos, fàcilmente, verificar:

Se o corpo escorregasse sem, atrito, ao fim de 10,0 s encontrar-se-ia em M (fig. 1), ao passo que, nas condições do

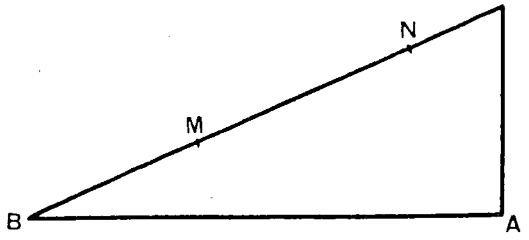

Fig. 1

enunciado, encontra-se, ao fim daquele tempo, no ponto N; há uma diferença de valores da energia potencial do corpo, relativos às duas posições, que não foi considerada na resolução.

Duas maneiras correctas de resolver o problema são as que a seguir se indicam:

1-2) O trabalho da resultante das forças exteriores aplicadas ao corpo, durante o percurso correspondente a um intervalo de tempo t, é igual à soma algébrica da variação do valor da energia do corpo e do valor da energia dissipada pelos atritos, durante o mesmo intervalo de tempo:

$$W = \Delta \frac{1}{2} m v^2 + \Delta m g h + \varepsilon_a$$

De

$$v = j t \quad \mathrm{e} \quad e = \frac{1}{2} j t^2$$

calcula-se $e = 15$ m, distância percorrida pelo móvel ao fim de 10,0 s; e, representando por h o desnível correspondente,

$$h = 0{,}1 \times 15 = 1{,}5\ \mathrm{m}$$

donde

$$0 = \frac{1}{2} \times 50 \times 3^2 - 50 \times 9{,}8 \times 1{,}5 + \varepsilon_a$$

$$\varepsilon_a = 510\,J = 0{,}122\ \mathrm{kcal}.$$

1-3) O valor da energia dissipada é calculado pelo trabalho da resultante das forças de atrito, durante o percurso correspondente a 10,0 s; representando por j_a o valor numérico da aceleração retardadora que os atritos comunicam ao corpo e por F_a a resultante das forças de atrito, será

$$F_a = m\,j_a = m\,(g\,\mathrm{sen}\,\alpha - j), \quad \mathrm{com} \quad v = j\,t;$$

donde

$$j = \frac{3}{10} = 0{,}3\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

$$F_a = 50 \times (9{,}8 \times 0{,}1 - 0{,}30) = 34\ \mathrm{N}$$

e, por ser $e = 15\,\mathrm{m}$, como se calculou anteriormente,

$$W_a = F_a \times e = 34 \times 15 =$$
$$= 510\,J = 0{,}122\,\mathrm{kcal}.$$

A resolução do tipo 1-1) não é correcta, mesmo tratando-se de movimentos no plano horizontal, como se verifica pela resolução do problema seguinte:

2) Um ponto material de 2,00 kg de massa, inicialmente em repouso, escorrega ao longo de um plano horizontal sob a acção de uma força de 10,0 N, cuja direcção é paralela ao plano. Ao fim de 6,0 segundos a sua velocidade é 20,0 m/s. Calcular o valor da energia dissipada pelos atritos durante aquele intervalo de tempo.

Vamos resolver este problema utilizando os três processos indicados para a resolução do problema anterior.

2-1) Sendo $\mathrm{v}_1 = \frac{\mathrm{F\,t}}{\mathrm{m}}$ a velocidade adquirida pelo móvel no instante t, se escorregasse sem atritos, teremos

$$\mathrm{v}_1 = \frac{10 \times 6}{2} = 30\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$$

e

$$\varepsilon_a = \frac{1}{2} \times 2 \times 30^2 - \frac{1}{2} \times 2 \times 20^2 = 500\,J$$

2-2) Como $\Delta\, m g h = 0$

e

$$e = \frac{1}{2} \times 20 \times 6 = 60\,\mathrm{m}$$

teremos

$$10 \times 60 = \frac{1}{2} \times 2 \times 400 + \varepsilon_a$$
$$\varepsilon_a = 200\,J$$

2-3) De $F_a = F - m j$, com $v = j t$, virá

$$F_a = 10 - 2 \times \frac{20}{6} = \frac{10}{3}\,N$$

e, por ser $e = 60\,\mathrm{m}$, como se calculou em 2-2)

$$W_a = \frac{10}{3} \times 60 = 200\,J$$

Como neste caso não há variação do valor da energia potencial do móvel, como se explica que a resolução 2-1) não conduza a uma solução idêntica às que se obtêm pelas resoluções 2-2) e 2-3)?

Seja O (fig. 2) a posição do móvel no momento inicial. Se o corpo escorregasse sem atrito, ao fim de 6,0 s encontrar-se-ia em M, ao passo que, nas condições do enunciado, se encontra em N, ao fim do mesmo tempo.

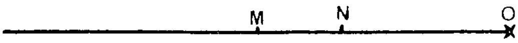

Fig. 2

Ora o facto de o trabalho das forças de atrito se referir a um percurso determinado, $\overline{\mathrm{ON}}$, implica que uma resolução do tipo 1-1) ou 2-1) só é admissível se as velocidades do corpo, não sujeito a atrito, forem referidos ao instante em que o móvel passa por N; isto é, a resolução implica o cálculo do valor de velocidades simultâneas no espaço e não no tempo.

Desta maneira para o problema 2) virá a resolução

2-4) $$v^2 = 2\,j\,e$$

com

$$j = \frac{10}{2} = 5\,\mathrm{m \cdot s^{-}}$$

e

$$e = 60\,\mathrm{m}$$

donde

$$v^2 = 2 \times 5 \times 60 = 600\,\mathrm{m^2 \cdot s^{-2}}$$

e

$$\varepsilon_a = \frac{1}{2} \times 2 \times 600 - \frac{1}{2} \times 2 \times 400 = 200\,J.$$

Anàlogamente, para o problema 1) teremos uma resolução equivalente:

1-4) $$v^2 = 2\,j\,e$$

com

$$j = 9{,}8 \times 0{,}1 = 0{,}98\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$$

$$e = 15\,\mathrm{m}$$

$$v^2 = 2 \times 0{,}98 \times 15 = 29{,}4\,\mathrm{m^2 \cdot s^{-2}}$$

e

$$\varepsilon_a = \frac{1}{2} \times 50 \times 29{,}4 - \frac{1}{2} \times 50 \times 9 = $$

$$= 510\,J = 0{,}122\,\mathrm{kcal}.$$

Estas soluções coincidem com os valores encontrados nas resoluções 2-2) e 2-3), 1-2) e 1-3), respectivamente.

A medida do tempo em Física Nuclear

por J. Sousa Lopes
(Laboratório de Física e Engenharia Nucleares, Sacavém)

1. Introdução

Os intervalos de tempo em que decorrem os fenómenos nucleares têm ordens de grandeza compreendidas entre cerca de 10^{-22} e 10^{18} segundos. Num extremo está o intervalo em que, por exemplo, se realiza uma reacção nuclear directa e que é essencialmente determinado pelo tempo de passagem duma partícula incidente através de um núcleo; no outro situa-se o período de vida do ^{187}Re.

A esta enorme dispersão nas ordens de grandeza dos intervalos de tempo têm de corresponder métodos diversos de medida, mesmo quando os fenómenos a medir sejam da mesma natureza. O período de vida de sistemas nucleares é uma das quantidades de maior significado em física nuclear, e este artigo limita-se a considerar a medição desses períodos; exclui-se, por exemplo, a medição do período de precessão dum protão num campo magnético.

Os sistemas nucleares aqui referidos constituem núcleos de átomos que, como se sabe, são constituídos por protões e neutrões. Quando estas partículas estão organizadas por forma a que o seu conjunto tenha um mínimo de energia potencial, diz-se que o núcleo está no seu estado fundamental. Partindo deste estado é possível fornecer energia ao núcleo que, assim, fica num estado excitado; o núcleo regressa depois ao estado inicial, em geral por emissão de radiação electromagnética (radiação gama)—houve uma desexcitação. Por outro lado, pode acontecer que o estado fundamental não seja estável; neste caso o núcleo vai emitir uma partícula α, β^- ou β^+ (ou absorver um electrão, transformando num neutrão um dos seus protões) e o núcleo final tem um número de protões e neutrões diferente do do núcleo inicial — houve uma desintegração.

Num caso e noutro, o número de transformações por unidade de tempo é proporcional à quantidade N de sistemas ainda não transformados:

(1) $$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$