

#### IV. Uma experiência com guilhotina

E se accionarmos uma guilhotina colocada na Entrada quando Frente  $\equiv$  Muro e estão  $5/8 l_0$  de vara fora do celeiro? A vara é cortada (corredor) ou não (agricultor)? É outra questão mal colocada. Retomemos os acontecimentos 1, 2 e 3. Suponhamos agora que o acontecimento 3 (Frente  $\equiv$  Muro) é também caracterizado por:

«Emissão, em Frente  $\equiv$  Muro, de uma ordem de disparo da guilhotina colocada na Entrada» (note-se de passagem que tal emissão é feita em instantes diferentes em S e S', como se viu). Consideremos ainda:

Acontecimento 4.: «Ordem de Disparo Atinge a Entrada»

$$\Delta x_{41} = 0; \Delta t_{41} = 3/4 l_0 (1/c + 1/v)$$

Das equações (I) ou (II) resulta:

$$\Delta x'_{41} = -2,80 l_0; \Delta t'_{41} = 3/2 l_0 (1/c + 1/v),$$

isto é, para S' a guilhotina atravessa o eixo ( $2,8 l_0$ ) atrás da Traseira e não corta a vara, concordando com S. O desacordo será quanto ao ponto do espaço-tempo em que a guilhotina cai e não quanto à integridade da vara.

É também evidente que o instante em que se sincronizam os relógios nada altera (mas a sincronização só pode ser feita uma vez...).

#### V. Conclusão

A linguagem corrente e os conceitos do dia-a-dia são fecundos na formulação de questões sem sentido. Em particular, não deve confundir-se invariância relativista, que garante que todas as leis da Física são as mesmas em referenciais inerciais diferentes, com «Invariância nos resultados das medidas». E também não podemos impor condições físicas impossíveis (e.g. interacções instantâneas) quando se realiza uma experiência de pensamento.

Agradecemos ao Prof. E. Lage (Laboratório de Física, FCUP) pela útil discussão sobre aspectos essenciais e à Dr.<sup>a</sup> F. Mota (idem) pela interessada leitura e comentários.

#### REFERÊNCIAS

- [1] RINDLER, W. — *Essential Relativity: Special, General, and Cosmological*, Revised Second Edition, 1979, Springer-Verlag.
- [2] BROTAS, A. — «A Necessidade duma Elasticidade Relativista dos Corpos Rígidos», 2.<sup>a</sup> Conferência Nacional de Física, Porto, 1980.

## Ponto de Física do 12.º ano

### Soluções «oficiais» e soluções correctas

C. RAMALHO CARLOS, EDUARDO MARTINHO, JORGE VALADARES

Divisão de Educação da Sociedade Portuguesa de Física

No passado mês de Julho decorreram as chamadas provas de aferição do 12.º ano de escolaridade, as quais tiveram este ano um peso muito importante na nota de candidatura para os pretendentes ao ingresso no ensino superior.

A prova escrita de Física da 1.<sup>a</sup> fase/1.<sup>a</sup> chamada (Ponto 73) teve dois casos: um no problema do «satélite», outro no problema do «balão». Na presente nota faz-se uma breve análise desses casos.

#### Problema do satélite

O enunciado do problema II.2 era o seguinte:

«2. Um satélite de massa 2000 Kg descreve uma órbita de raio igual a 9000 Km em volta da Terra com velocidade de módulo constante. Calcule:

- 2.1 O trabalho que seria necessário realizar para afastar o satélite até uma distância infinita da Terra.
- 2.2 A grandeza do momento angular do satélite suposto um ponto material, em relação ao centro da Terra».

No tocante a este enunciado, e a outros do mencionado ponto, percebe-se mal que se

deixe passar em claro os erros de escrita dos símbolos de quilograma (kg, e não Kg) e de quilómetro (km, e não Km). Esta falta de cuidado constitui um mau exemplo e prejudica o esforço dos professores de Física no sentido de que os seus alunos escrevam correctamente os símbolos das unidades.

Todavia, o caso neste problema diz respeito à discrepância entre a solução «oficial» fornecida pelo Ministério da Educação para a classificação da questão 2.1 e a solução correcta.

A solução «oficial» baseia-se na relação seguinte:

$$W = 0 - \left( - G \frac{Mm}{r} \right) = G \frac{Mm}{r}$$

em que  $G$  designa a constante de gravitação,  $M$  a massa da Terra,  $m$  a massa do satélite e  $r$  o raio da órbita do satélite.

A solução correcta da questão 2.1 é dada pela relação seguinte:

$$W = 0 - \left( - \frac{1}{2} G \frac{Mm}{r} \right) = \frac{1}{2} G \frac{Mm}{r}$$

em que os símbolos têm o mesmo significado que em cima.

Como se vê, para o Ministério seria preciso mais energia do que a realmente necessária, concretamente o dobro! A validade da solução «oficial» implicaria que a energia cinética do satélite fosse nula, o que é incompatível com a situação de satélite em órbita que o enunciado explicita.

### Problema do balão

O enunciado do problema III.1 era o seguinte:

«1. Num autocarro que transporta alunos para uma Escola, um deles prende por um fio, ao encosto de um dos bancos, um balão de massa desprezável e volume  $V$ , cheio de um gás mais leve que o ar. Em dado momento, repara que o fio deixa de estar vertical, afastando-se dele no sentido do movimento, de modo a formar um ângulo de  $45^\circ$  com aquela direcção.

- 1.1 Indique, justificando, se o condutor acelerou ou travou nesse momento.
- 1.2 Calcule a grandeza da aceleração, sabendo que as massas volúmicas

do ar e do gás no balão são, respectivamente,  $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$  e  $\rho' = 1,00 \text{ Kg/m}^3$ ».

No que se refere ao enunciado, constata-se que são utilizados dois símbolos distintos para a mesma unidade de massa volúmica, reincidindo-se no erro de escrever Kg em vez de kg. Por outro lado, utiliza-se a expressão «gás mais leve que o ar», a qual seria substituída com vantagem por «gás menos denso que o ar».

Também aqui, porém, o caso diz respeito à discrepância entre a solução «oficial» e a solução correcta das questões 1.1 e 1.2.

Na solução «oficial» para a questão 1.1, pode ler-se: «Se o balão se afastou da vertical no sentido do movimento (foi para a frente) é porque o autocarro travou». Para a questão 1.2, na solução «oficial» chega-se à seguinte expressão para a grandeza da aceleração do autocarro:

$$a = \frac{\rho - \rho'}{\rho'} g = 2,93 \text{ m/s}^2$$

em que o significado dos símbolos é dado no enunciado.

A solução correcta para a questão 1.1 corresponderia à seguinte afirmação: «Se o balão se afastou da vertical no sentido do movimento (foi para a frente) é porque o autocarro acelerou». Para a questão 1.2, a solução correcta conduz ao seguinte resultado:

$$a = g = 10 \text{ m/s}^2.$$

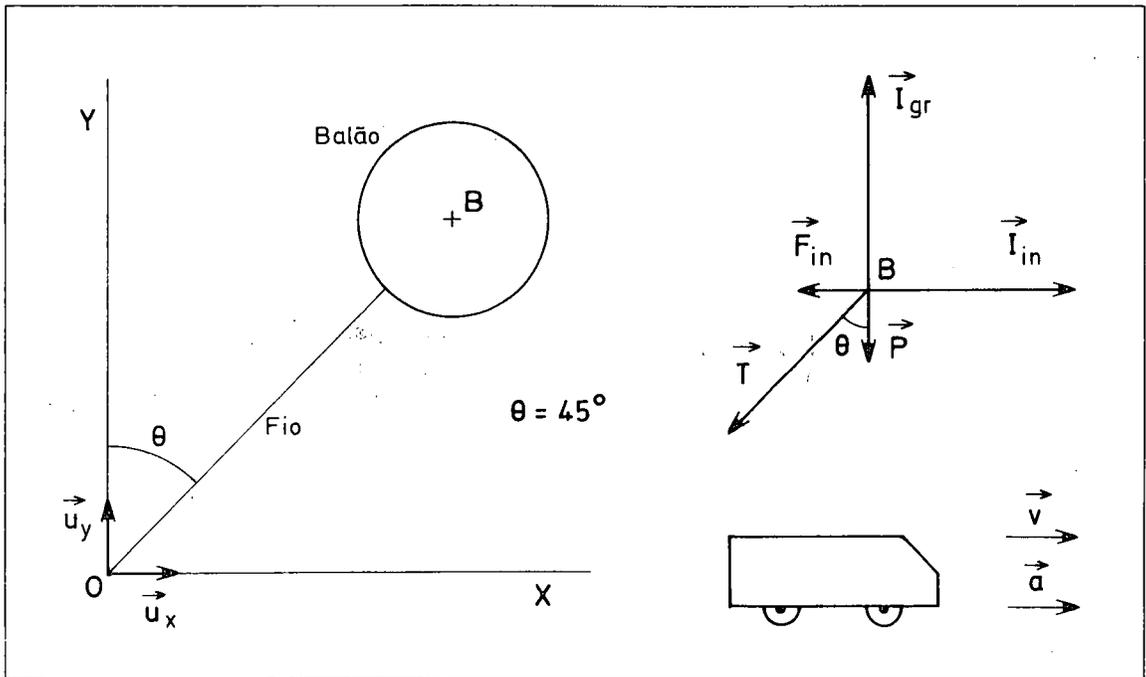
No que se segue, justifica-se sucintamente a solução correcta.

Consideremos um referencial cartesiano OXY, com origem no ponto de fixação do balão, cujos vectores unitários são  $\mathbf{u}_x$  e  $\mathbf{u}_y$ , coincidindo  $\mathbf{u}_y$  com a vertical do lugar e estando  $\mathbf{u}_x$  contido no plano horizontal. Admitamos que a velocidade e a aceleração do autocarro têm a direcção e o sentido do vector unitário  $\mathbf{u}_x$  (cf. figura).

No referencial do autocarro, as forças aplicadas ao balão, que se consideram em equilíbrio, são as cinco seguintes:

1. Peso do gás do balão:

$$\mathbf{P} = - \rho' V g \mathbf{u}_y$$



A velocidade e a aceleração do autocarro têm a direcção e o sentido do eixo OX, por hipótese. À direita, em cima, estão representadas as forças aplicadas ao balão. O balão inclina-se para a frente, no sentido da aceleração do autocarro.

- Impulsão devida ao campo gravítico, associada à diferença de pressão entre a parte inferior e a parte superior do balão (a pressão é maior na parte inferior):

$$I_{gr} = + \rho V g u_y$$

- Força de inércia:

$$F_{in} = - \rho' V a u_x$$

- Impulsão devida ao campo de forças de inércia do ar, associada à diferença de pressão entre a parte de trás e a parte da frente do balão <sup>(1)</sup> (a pressão é maior na parte de trás):

$$I_{in} = + \rho V a u_x$$

- Tensão do fio: T.

Considerando a fig., verifica-se o seguinte:

- O balão está para cima do eixo OX porque  $|I_{gr}| > |P|$ , dado que  $\rho > \rho'$ ;
- O balão está para a direita do eixo OY porque  $|I_{in}| > |F_{in}|$ , pela mesma razão;
- O balão exerce sobre o fio uma força cujas componentes algébricas são ambas positivas.

Em consequência, conclui-se que o balão se inclina no sentido da aceleração do movimento do autocarro. Ou seja, o balão «foi para a frente» porque o autocarro acelerou.

No tocante à grandeza da aceleração do autocarro, dado que a inclinação do fio vale  $45^\circ$ , verifica-se que as componentes da força equilibrante de T são iguais:

$$|P + I_{gr}| = |F_{in} + I_{in}|$$

ou seja

$$(\rho - \rho') V g = (\rho - \rho') V a$$

donde

$$a = g = 10 \text{ m/s}^2. \text{ (}^2\text{)}$$

<sup>(1)</sup> De notar que, quando o autocarro acelera, o ar tende a concentrar-se preferencialmente na parte de trás do veículo, onde, portanto, a pressão será maior.

<sup>(2)</sup> O leitor poderá reconhecer que, sendo uma aceleração  $a$  segundo  $u_x$  equivalente a um campo gravitacional  $-a$  (segundo  $u_x$ ), o facto de o campo resultante equivalente estar dirigido segundo a bissetriz dos eixos implica  $a = g$ . Quanto à pressão no interior do autocarro a sua expressão será  $p = p_0 - \rho g(x + y)$ , com  $p_0$  constante.

## Conclusões

1. Verifica-se que houve falta de cuidado na elaboração do ponto em apreciação.
2. O Ministério forneceu instruções erradas para a correcção das questões II.2.1, III.1.1 e III.1.2.

## BOLSAS DA DIVISÃO DE FÍSICA NUCLEAR E PARTÍCULAS

Com o objectivo de subsidiar a vinda e estadia em Portugal de cientistas estrangeiros das áreas de Física Nuclear e Partículas Elementares, a divisão técnica F.N.P. da S.P.F. promove anualmente um concurso público para a atribuição de bolsas.

### *Regulamento do concurso:*

- 1—Objectivo da(s) bolsa(s)—pagamento das despesas de estadia em Portugal de investigadores das áreas de Física Nuclear e Partículas Elementares por períodos mínimos de 1 mês.
- 2—O quantitativo global da bolsa será fixado anualmente pela divisão F.N.P. de acordo com o rendimento do seu fundo próprio SPF/EPS. Desde já se considera que para 1986 a bolsa terá o valor global de Esc. 240 000\$00, correspondente a 3 meses  $\times$  80 000\$00 / mês.
- 3—Podem concorrer os investigadores portugueses ou grupos de investigadores com trabalhos publicados nas áreas referidas anteriormente. As candidaturas ao concurso devem ser enviadas para:

Divisão de Física Nuclear e Partículas, SPF  
Av. República, 37-4.º, 1000 Lisboa

Serão consideradas para o concurso de cada ano as candidaturas recebidas durante o ano anterior e até 15 de Janeiro do mesmo ano (\*).

- 4—A selecção das candidaturas será feita pelo coordenador e vogais da divisão

3. Mais grave, porém, é o facto de o Ministério não ter reconhecido, ainda que alertado, que as soluções «oficiais» estavam erradas, tudo indicando que a análise dos recursos interpostos foi abusivamente feita numa base incorrecta.

F.N.P. e por um representante do Conselho Directivo da SPF, sendo o resultado divulgado até 31 de Janeiro.

- 5—Na selecção das candidaturas serão tidos em conta os seguintes critérios:
  - i) Curriculum *científico* do(s) proponente(s) e trabalho de investigação nas áreas a que respeita o concurso desenvolvido nos 3 anos anteriores;
  - ii) Integração do cientista a convidar em projectos de investigações nacionais.
- 6—Do processo de candidatura deve constar:
  - a) Nome(s) do(s) proponente(s);
  - b) Lista dos trabalhos científicos do(s) proponente(s) *publicados em revistas internacionais* nos últimos 3 anos;
  - c) Nome ou nomes dos visitantes a convidar, indicando para cada um deles a instituição a que pertencem e a duração da sua estadia em Portugal;
  - d) Descrição sumária do projecto de investigação em que se enquadra a visita;
  - e) Breve curriculum do(s) cientista(s) a convidar.
- 7—No final do ano deverá ser enviado à divisão F.N.P. da S.P.F. um relatório sobre a actividade desenvolvida durante a visita (\*\*).

(\*) O prazo do próximo concurso termina, assim, a 15 de Janeiro de 1986.

(\*\*) Em 1985 foram atribuídas bolsas a J. Carvalho Soares (D. Sink, Berlin, RFA), J. Dias de Deus (G. Rupp, Nejmegen, Holanda) e G. Castelo Branco (R. Peccei, DESY, Hamburgo, RFA).