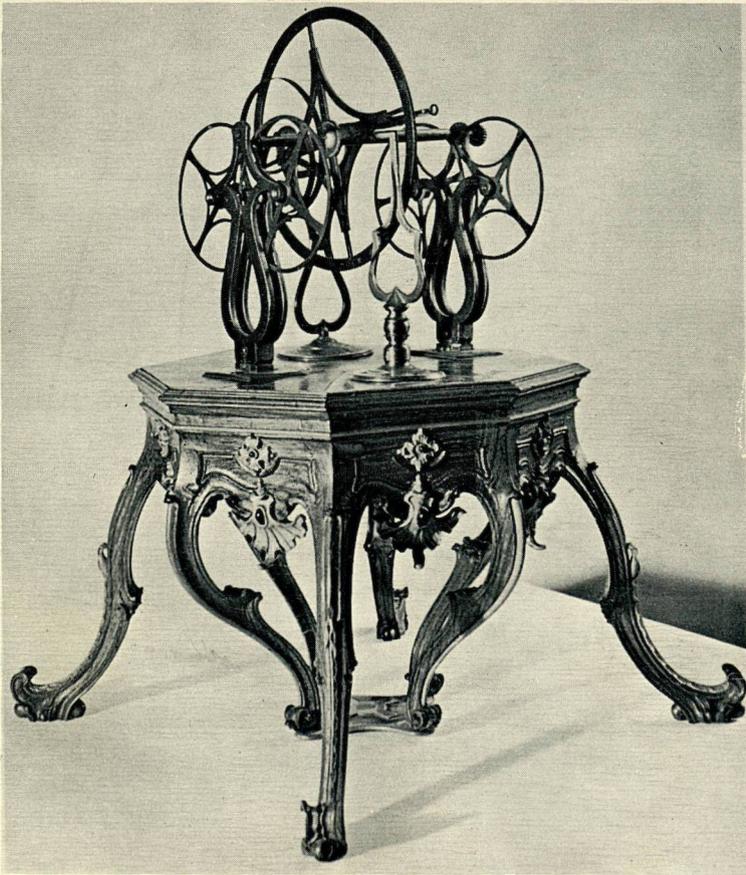


GAZETA DE FISICA

REVISTA DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA
DESTINADA AOS ESTUDANTES DE FÍSICA E AOS FÍSICOS PORTUGUESES



MACHINA EX INVENTO AB. NOLLET (Index Instrumentorum de Coimbra)
— Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra —
Estatutos Pombalinos

GAZETA DE FÍSICA

Fundador: ARMANDO GIBERT

VOL. VI - FASC. 3/4

FEVEREIRO/DEZEMBRO 1979

PROPRIEDADE E EDIÇÃO:

Sociedade Portuguesa de Física
Avenida da República, 37, 4.º — LISBOA

Director:

C. S. FURTADO (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra)

Conselho de Redacção:

ADRIANA NUNES (Escola Secundária Santa Isabel, Porto)
ALCINA DO AIDO (Escola Secundária Pedro Nunes, Lisboa)
ANTÓNIO VALLERA (Faculdade de Ciências, Lisboa)
JÓIA DA SILVA (Escola Secundária D. Dinis, Lisboa)
MARGARIDA COSTA (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra)
MARIA ISABEL AGRIA (Escola Secundária Infanta D. Maria, Coimbra)
OLIVÉRIO SOARES (Faculdade de Ciências, Porto)

Departamento de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade, 3000 COIMBRA

PREÇO DESTE VOLUME DUPLO: 40\$00

SUMÁRIO

Nota de reabertura	77
Verificação experimental de algumas leis fundamentais de mecânica <i>Elisa Maria Prata Pina</i>	78
Resultados de um teste de física para os finalistas do ensino secundário <i>Sushil Kumar Mendiratta</i>	93
Algumas notas sobre a estabilização da corrente eléctrica con- tínua <i>João Bessa Sousa, Maria Renata Chaves e Maria de Fátima Pinheiro</i>	108
Noticiário	119

NOTA DE REABERTURA

Escrever uma nota de reabertura após (mais) uma interrupção de edição pode ser um tributo a pagar a certo tipo de debilidade de estruturas. Mas é também uma oportunidade de reafirmar a confiança num próximo regime de equilíbrio.

Como as organizações congéneres de países em desenvolvimento a SPF (ainda) sofre de dificuldades estruturais que impõem pesado sacrifício a todos os que voluntariam o seu quase nulo tempo disponível, ao serviço de algo em que crêem e de que não tiram benefícios directos.

Compreender essas dificuldades e restrições não implica, porém, que se pactue com a mediocridade. Esta nota marcando o reaparecimento da Gazeta de Física pretende ser a expressão desse inconformismo.

A Gazeta reaparece sob a mão de novo Director, Carlos Sá Furtado. Com uma Comissão Redactorial activa e participante. Com a perspectiva de uma nova fisionomia, já a partir do próximo número. E com a intenção de vir a ser uma dinâmica publicação no domínio da Física e Ciências afins, devotada aos problemas do ensino, da aplicação e à divulgação da Física. Abarcará também, como aliás o fez no passado os problemas de política de ciência a investigação e o desenvolvimento experimental.

Além do mais, da Gazeta de Física espera o Conselho Directivo da SPF, venha a tornar-se o regular e normal órgão de ligação entre a Sociedade e os seus sócios.

Ao subscrever esta Nota aproveitou a oportunidade para saudar o novo Director, agradecer a colaboração do Director cessante, João Sousa Lopes e afirmar a minha confiança em que o novo elenco não desmerecerá a confiança nele depositada.

1 de Abril de 1980

H. MACHADO JORGE
Secretário-Geral

VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DE ALGUMAS LEIS FUNDAMENTAIS DE MECÂNICA

ELISA MARIA PRATA PINA *

Faz-se a descrição e interpretação duma experiência que pode ser realizada com dois pêndulos e um sistema simplificado de registo das suas trajectórias, e que permite verificar algumas leis fundamentais da Mecânica.

Os resultados experimentais baseiam-se no registo das trajectórias dos pêndulos, feito por pincéis embebidos em tinta e adaptados a cada esfera. Na análise destes resultados teve-se o cuidado de marcar segmentos que melhor se adaptassem ao traço, de certa espessura, registado directamente.

O erro, necessariamente introduzido por tal processo, poderá ser corrigido por um sistema mais complexo de registo. Pretende-se no entanto tornar a experiência acessível a alunos do Ensino Secundário de escolas com poucos recursos laboratoriais.

INTRODUÇÃO

Começemos por observar um pêndulo simples, pequena massa suspensa de um fio fino e inextensível, que está fixo na outra extremidade.

Todos sabemos que a posição de equilíbrio do pêndulo (0), é aquela em que o fio fica vertical. Sabemos também que se elevarmos a massa pendular para uma posição (P), diferente da de equilíbrio, e a abandonarmos,

* Professora do Ensino Secundário.

Este trabalho foi subsidiado pelo INIC, integrando-se nas actividades do Centro de Física Teórica da Universidade de Coimbra.

sem velocidade inicial, o pêndulo começa a oscilar numa trajectória circular, cujo centro é o ponto fixo F (Fig. 1).

Se o movimento se inicia no ponto P , com velocidade nula ($v_0(P) = 0$), são as forças que actuam sobre o pêndulo que o obrigam a mover-se em direcção a O . Ao longo de todo o percurso, o peso (\vec{P}) e a tensão do fio (\vec{T}), são as únicas forças que actuam sobre a massa pendular. O peso

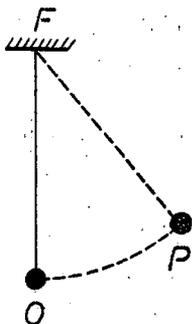


Fig. 1 — Pêndulo simples.

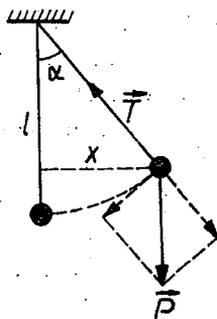


Fig. 2 — Forças que actuam sobre o pêndulo: \vec{P} — peso, \vec{T} — tensão do fio

é de fácil determinação. Quanto à tensão do fio, ela tem a direcção do fio e é em parte compensada pela componente normal do peso e, por outro lado, responsável pela componente centrípeta que mantém o movimento circular. Deste modo a componente tangencial da resultante das forças reduz-se à componente tangencial do peso, de módulo:

$$|\vec{F}| = P \operatorname{sen} \alpha \quad (1)$$

em que α é o ângulo que o fio faz com a vertical em cada instante.

É esta força a única, que, na posição de maior afastamento, origina o movimento. Assim, o corpo que tinha velocidade nula, na posição P , começa a movimentar-se na direcção que coincide com a da força aplicada.

Se designarmos por x , a abcissa correspondente ao afastamento e por l o comprimento do pêndulo vem:

$$x = l \operatorname{sen} \alpha \quad (2)$$

Tratando-se de um movimento de pequena amplitude (pequenas oscilações), o ângulo α é muito pequeno, pelo que podemos fazer a seguinte aproximação:

$$\operatorname{sen} \alpha \simeq \alpha \text{ (com } \alpha \text{ expresso em radianos)} \quad (3)$$

e portanto

$$x = l \alpha \quad (4)$$

A expressão (4) toma então a forma:

$$|\vec{F}| = m \frac{g}{l} x \quad (5)$$

em que m é a massa pendular e g a aceleração da gravidade no lugar.

Concluimos assim que a componente tangencial da resultante das forças que actuam em cada instante, sobre a massa pendular, é directamente proporcional à abcissa x .

Na posição de equilíbrio ($x = 0$), a componente tangencial do peso é nula. Sabemos no entanto que o corpo se encontra animado de certa velocidade, pelo que continua o seu movimento. Ao afastar-se da posição de equilíbrio surge novamente a componente tangencial que agora se opõe ao movimento, pois tem sentido oposto ao da velocidade. Este facto leva a que a velocidade do pêndulo vá diminuindo até que se anula na outra posição extrema. Nesta posição é novamente a componente tangencial do peso a responsável pelo movimento. A partir daí, e até atingir de novo a posição de equilíbrio, o pêndulo adquire uma velocidade cuja direcção coincide com a da força. Mais uma vez na posição de equilíbrio, vai ser esta velocidade responsável pelo movimento. A partir de então o movimento repete-se e o pêndulo oscila. Este processo corresponde, na realidade, a uma transformação de energia potencial em cinética e vice-versa.

É possível manter o atrito num nível suficientemente baixo para que não haja dissipação apreciável de energia no processo. Nestas circunstâncias a soma da energia cinética (E_c) e energia potencial (E_p) mantém-se constante. (Princípio da conservação da energia).

Apliquemos então o princípio da conservação da energia entre a posição de equilíbrio (0) e a posição extrema (P) (Fig. 3):

$$E_c(0) + E_p(0) = E_c(P) + E_p(P) \quad (6)$$

Notando que a velocidade se anula na posição extrema e tomando para origem das energias potenciais a posição de equilíbrio, vem:

$$\begin{aligned} E_c(P) &= 0 \\ E_p(0) &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

que conduz às relações:

$$E_c(0) = E_p(P) \quad (8)$$

$$\frac{1}{2} m v^2(0) = m g h \quad (9)$$

$$v^2(0) = 2gh \quad (10)$$

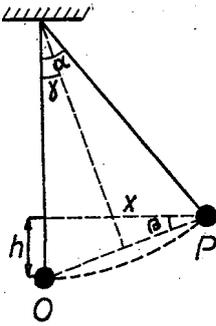


Fig. 3 — O — posição de equilíbrio do pêndulo
 P — posição de amplitude angular α .
 $\gamma = \frac{1}{2} \alpha$.

Tomando em consideração a geometria do problema, podemos exprimir a altura h em função da abscissa x (Fig. 3).

Tirando a bissetriz do ângulo α , verificamos que o ângulo $\gamma = \frac{\alpha}{2}$ tem os lados, respectivamente, perpendiculares aos do ângulo β e são da mesma espécie, pelo que:

$$\beta = \frac{\alpha}{2} \quad (11)$$

Podemos então tirar da figura 3 a relação:

$$\frac{h}{x} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (12)$$

Tomando em consideração a aproximação das pequenas oscilações, $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \simeq \frac{\alpha}{2}$, a relação (12) toma então a forma:

$$\frac{h}{x} = \frac{\alpha}{2} \quad (13)$$

Entrando com a relação (4) vem:

$$h = \frac{x^2}{2l} \quad (14)$$

Substituindo em (10) obtém-se:

$$v(0) = \sqrt{\frac{g}{l}} x \quad (15)$$

Atendendo ainda a que a abscissa x , do ponto extremo, P , considerado, corresponde à amplitude (A) do movimento (elongação máxima) vem:

$$v(0) = \sqrt{\frac{g}{l}} A \quad (16)$$

donde podemos concluir que a velocidade que o pêndulo atinge na posição de equilíbrio é proporcional à abscissa do ponto onde é abandonado, não dependendo da massa da esfera.

Assim, o pêndulo que cai da posição P atinge a posição de equilíbrio com velocidade dupla da que atinge no mesmo ponto, quando é abandonado da posição P' (Fig. 4). Do mesmo modo, se o pêndulo passa na posição de equilíbrio com velocidade dupla, atinge um ponto de abscissa dupla na subida.

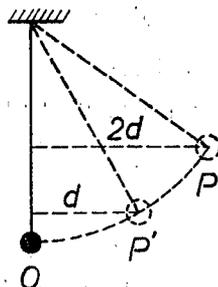


Fig. 4 — P — posição do pêndulo de elongação $2d$
 P' — posição de elongação d .

Torna-se assim fácil comparar as velocidades na posição de equilíbrio a partir da marcação num plano horizontal das correspondentes abscissas das posições extremas.

Um pêndulo simples que oscile livremente, sem atrito, afasta-se igualmente para cada um dos lados da posição de equilíbrio, pois a velocidade com que ele chega a esta posição (caindo de um ponto de abscissa d) é a mesma com que dela parte (que o leva a atingir um ponto com abscissa simétrica da do ponto de partida) (Fig. 5).

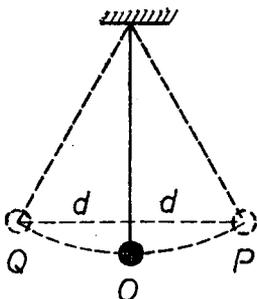


Fig. 5 — Posições extremas atingidas pelo pêndulo, no caso de não haver atrito.

Se o pêndulo, por qualquer razão, modificar a sua velocidade ao passar pela posição de equilíbrio, ele jamais atingirá uma posição extrema a igual distância.

A abcissa do ponto de onde o pêndulo cai e a do ponto que ele atinge servem-nos assim para determinar a velocidade que este tem na posição de equilíbrio, quando vem a descer e quando começa a subir.

Utilizando dois pêndulos que choquem na posição de equilíbrio, as velocidades dos mesmos são alteradas como consequência desse choque. As abcissas dos pontos de partida dos pêndulos e as dos pontos que estes atingem depois do choque dão-nos indicação sobre as velocidades dos mesmos antes e depois do choque, na posição de equilíbrio.

DESCRIÇÃO DO MÉTODO

Nas experiências que se seguem usamos dois pêndulos de comprimento bastante grande (cerca de 2 metros), com massas esféricas de aço m_1 e m_2 , suspensas de tal modo que as esferas fiquem em contacto e os fios paralelos na posição de equilíbrio. Cada esfera tem adaptado um pequeno pincel que se pode mergulhar em tinta, registrando sobre a mesa as trajectórias dos pêndulos, em pequenas oscilações.

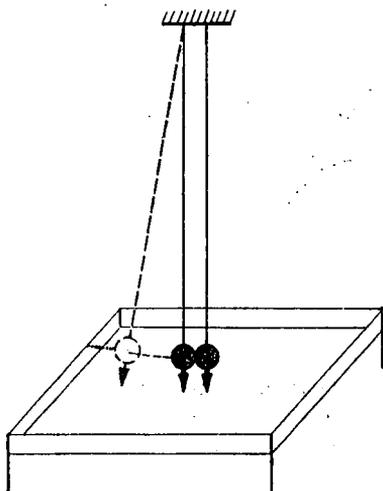


Fig. 6 — Dispositivo experimental: esferas de aço suspensas de fios de comprimento cerca de dois metros. As trajectórias das esferas são registradas sobre a mesa por meio de pincéis que lhes estão adaptados.

Para maior simplicidade, consideraremos um dos pêndulos com velocidades inicial nula (pêndulo imóvel na posição de equilíbrio). Afastemos o segundo pêndulo para uma posição próximo da de equilíbrio (pequenas oscilações) e imobilizemo-lo (prendendo-o a um aro fixo na mesa). Esperemos o tempo suficiente para que este fique em repouso (sem oscilar). Queimemos então o fio, deixando assim que o pêndulo caia sem qualquer impulso e vá chocar com o outro que se encontrava na posição de equilíbrio.

As velocidades que as massas pendulares possuem antes do choque vão ser alteradas por acção deste, conduzindo a trajectórias que ficam registadas sobre a mesa.

As grandezas dos vectores posicionais dos centros das esferas em relação às posições de equilíbrio dão-nos as abcissas x , de que são abandonados os pêndulos antes do choque e que são atingidas pelos mesmos depois do choque. Como referimos anteriormente, estas abcissas são proporcionais às velocidades das esferas pendulares, antes e depois do choque respectivo.

A figura 7 regista as trajectórias, marcadas sobre a mesa pelas duas esferas de massas iguais, durante o choque.

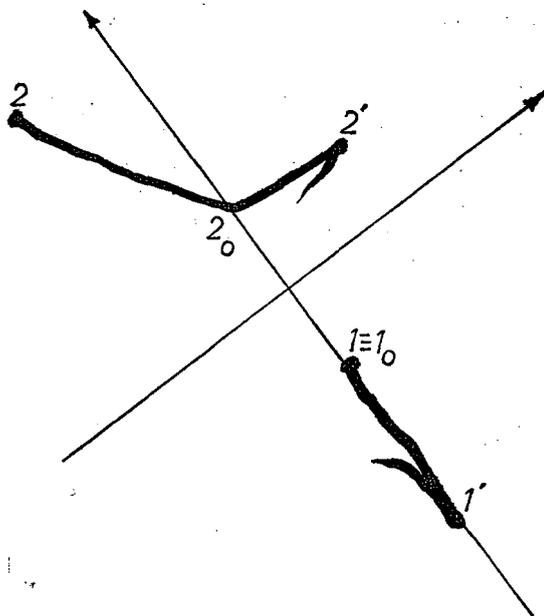


Fig. 7 — Registo das trajectórias das esferas.

- 1 e 2 — posições extremas das esferas antes do choque
- 1₀ e 2₀ — posições das esferas no instante do choque.
- 1' e 2' — posições extremas depois do choque.

Com base neste registo e em outros equivalentes fez-se a análise e interpretação dos resultados, esquematizando cada choque pelos segmentos que melhor se adaptam ao rasto deixado pelo pincel.

Os resultados podem ser melhorados aumentando o comprimento dos pêndulos.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A — Conservação da quantidade de movimento

A.1 — Choque de duas esferas de massas iguais: $m_1 = m_2$

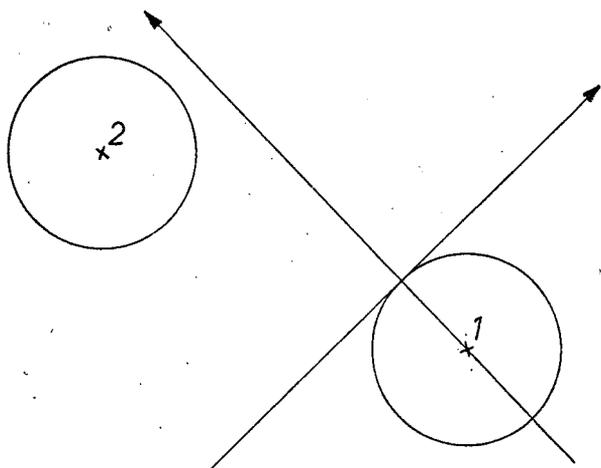


Fig. 8 — Posições extremas dos centros das esferas antes do choque (pontos 1 e 2), deduzidas do registo experimental.

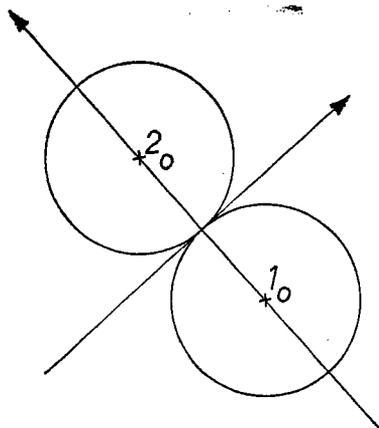


Fig. 9 — Posições dos centros das esferas no instante do choque (pontos 1₀ e 2₀).

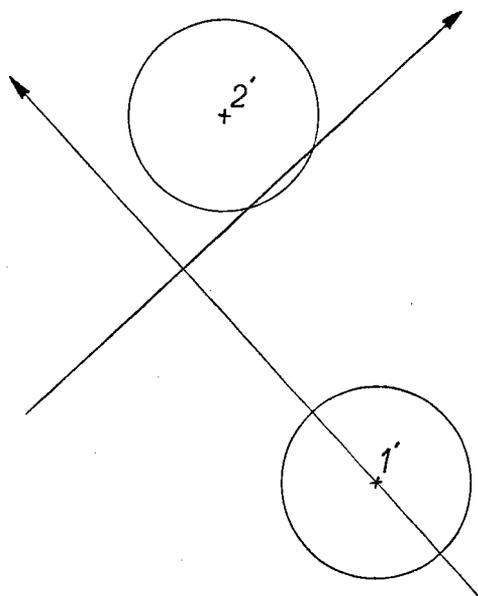


Fig. 10 — Posições extremas dos centros das esferas atingidas depois do choque (pontos 1' e 2').

Na figura 11 marcámos os vectores proporcionais às velocidades de cada esfera antes e depois do choque ($\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}'_1, \vec{v}'_2$), com origem nas posições ocupadas pelos centros das esferas antes e depois do choque.

Na figura 12 traçámos as variações de velocidade de cada uma das esferas (subtracção de vectores):

$$\Delta\vec{v}_1 = \vec{v}'_1 - \vec{0} = \vec{v}'_1 \quad (17)$$

$$\Delta\vec{v}_2 = \vec{v}'_2 - \vec{v}_2 \quad (18)$$

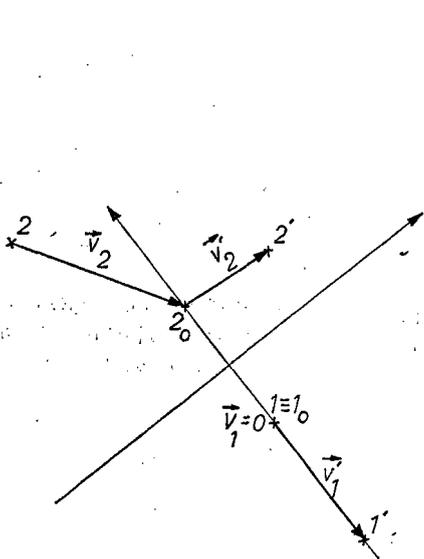


Fig. 11 — Vectores proporcionais às velocidades das esferas na posição de equilíbrio antes e depois do choque ($\vec{v}_1; \vec{v}_2$ e $\vec{v}'_1; \vec{v}'_2$), marcados a partir das posições extremas e de equilíbrio das esferas

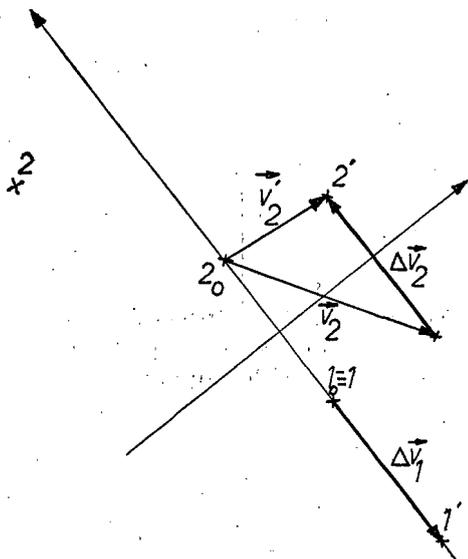


Fig. 12 — Vectores proporcionais às variações de velocidade das esferas durante o choque ($\Delta\vec{v}_1$ e $\Delta\vec{v}_2$), para $m_1 = m_2$.

Podemos notar imediatamente que as variações de velocidades da primeira e da segunda esfera têm a mesma direcção e sentidos opostos. Quanto à relação entre estes dois vectores ($\Delta\vec{v}_1$ e $\Delta\vec{v}_2$), podemos concluir do registo anterior:

$$\frac{\Delta\vec{v}_1}{\Delta\vec{v}_2} \simeq -1 \quad (19)$$

A.2 — *Experiência análoga com esferas de massas, uma dupla da outra:*
 $m_1 = 2m_2$

Na figura 13 registamos as posições iniciais e finais de cada esfera e as variações de velocidade de cada uma.

A observação destas variações $\vec{\Delta v}_1$ e $\vec{\Delta v}_2$ conduz à conclusão que também estes vectores têm a mesma direcção e sentidos opostos, sendo a relação entre eles:

$$\frac{\vec{\Delta v}_1}{\vec{\Delta v}_2} \simeq -\frac{1}{2} \quad (20)$$

A.3 — *Experiência análoga com esferas de massas uma tripla da outra:*
 $m_1 = 3m_2$.

O registo das variações de velocidade de cada uma das esferas, neste caso, conduz à relação:

$$\frac{\vec{\Delta v}_1}{\vec{\Delta v}_2} \simeq -\frac{1}{3} \quad (21)$$

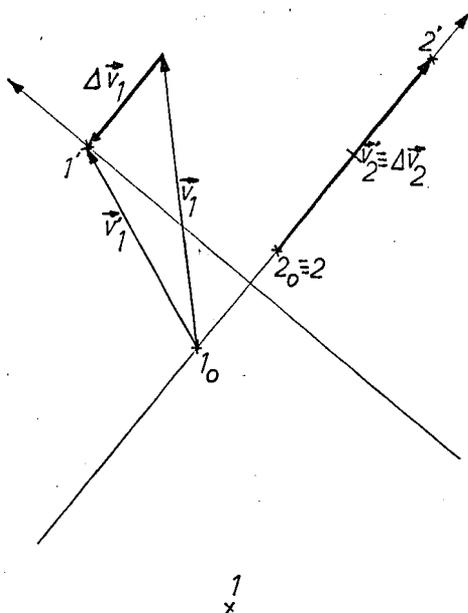


Fig. 13 — Variações das velocidades das esferas durante o choque ($\vec{\Delta v}_1$ e $\vec{\Delta v}_2$) para $m_1 = 2m_2$.

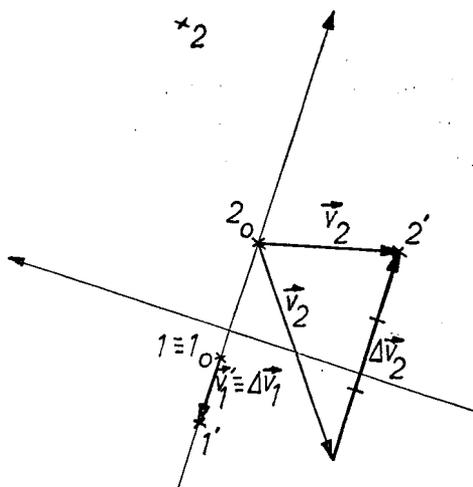


Fig. 14 — Variações das velocidades das esferas durante o choque ($\vec{\Delta v}_1$ e $\vec{\Delta v}_2$) para $m_1 = 3m_2$.

Comparando agora as relações obtidas com a razão das massas, em cada experiência, podemos concluir que:

$$\frac{\vec{\Delta v}_1}{\vec{\Delta v}_2} = -\frac{m_2}{m_1} \quad (22)$$

a que podemos dar a forma:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \quad (23)$$

Explicitando ainda a quantidade de movimento $p = mv$, podemos escrever:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 \quad (24)$$

que traduz a conservação da quantidade de movimento durante o choque, para as duas esferas em questão: *a quantidade de movimento das duas esferas antes do choque é igual à quantidade de movimento das mesmas depois do choque.*

B — Princípio de acção e reacção

Terá interesse pensarmos nesta altura que forças são estas que actuam no curto intervalo de tempo que dura o choque e que levam à conservação da quantidade de movimento.

Retomemos a relação encontrada em (22)

$$m_1 \vec{\Delta v}_1 = -m_2 \vec{\Delta v}_2 \quad (25)$$

Atendendo a que a variação de velocidade das duas esferas surge no mesmo intervalo de tempo (duração do choque), podemos dividir aquela igualdade por esse intervalo de tempo, Δt .

$$m_1 \frac{\vec{\Delta v}_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\vec{\Delta v}_2}{\Delta t} \quad (26)$$

Sabemos que o intervalo de tempo de duração do choque é extremamente curto; admitindo que a relação (26) permanece válida quando $\Delta t \rightarrow 0$, vem então:

$$m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} = -m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} \quad (27)$$

ou

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2 \quad (28)$$

O primeiro membro representa a força que actua sobre a esfera 1 e o segundo a força que actua sobre a esfera 2, no instante do choque.

Vimos anteriormente que a esfera (2), afastada da posição de equilíbrio, começou a mover-se por acção da componente tangencial do peso a qual se anulou no instante do choque (posição de equilíbrio). Esta esfera atingiu a posição de equilíbrio com a velocidade \vec{v}_2 (velocidade antes do choque) e tinha na mesma posição, imediatamente depois do choque, uma velocidade \vec{v}_2' , diferente de \vec{v}_2 . Por outro lado a esfera 1 que estava em repouso antes do choque passou a mover-se. Todas estas modificações das velocidades deverão ser produzidas por forças que actuem durante o choque.

Quem poderá exercer essas forças?

Como não são exercidas exteriormente sobre o sistema, elas só poderão surgir da acção de uma esfera sobre a outra, durante o tempo (muito curto) em que estão em contacto. Somos levados a concluir que durante o choque actuam forças internas ao sistema — a esfera 1 exerce uma força $\vec{f}_1(2)$ sobre a esfera 2 e esta exerce uma força $\vec{f}_2(1)$ sobre a esfera 1. São estas forças internas as responsáveis pela conservação da quantidade de movimento.

A relação (28) pode então escrever-se

$$\vec{f}_2(1) = -\vec{f}_1(2) \quad (29)$$

se a esfera 2 exerce sobre a esfera 1 uma certa força, então a esfera 1 exerce sobre 2 uma força igual e directamente oposta — princípio de igualdade de acção e reacção.

C — Massa de inércia

Atendendo à expressão (22) por nós encontrada podemos escrever:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{|\Delta\vec{v}_1|}{|\Delta\vec{v}_2|} \quad (30)$$

concluindo que a relação entre as massas pode ser medida pela razão das variações dos módulos da velocidade dos corpos em interacção. É em factos desta natureza que se baseia a noção de massa de inércia.

Retomando as experiências descritas em A_1 , A_2 , A_3 e designando por m_A , m_B e m_C as massas supostas sucessivamente para a esfera 1 e por m a massa da esfera 2 verificamos que as relações:

$$\begin{aligned} m_A &= m \\ m_B &= 2m \\ m_C &= 3m \end{aligned} \quad (31)$$

conduzem a:

$$\frac{|\vec{\Delta v}_A|}{|\vec{\Delta v}|} = 1; \quad \frac{|\vec{\Delta v}_B|}{|\vec{\Delta v}|} = \frac{1}{2}; \quad \frac{|\vec{\Delta v}_C|}{|\vec{\Delta v}|} = \frac{1}{3} \quad (32)$$

em que $\vec{\Delta v}_A$, $\vec{\Delta v}_B$, $\vec{\Delta v}_C$ e $\vec{\Delta v}$ designam as variações de velocidade das esferas de massas m_A , m_B , m_C e m , respectivamente.

Ou ainda:

$$\begin{aligned} |\vec{\Delta v}_A| &= |\vec{\Delta v}| \\ |\vec{\Delta v}_B| &= \frac{1}{2} |\vec{\Delta v}| \\ |\vec{\Delta v}_C| &= \frac{1}{3} |\vec{\Delta v}| \end{aligned} \quad (33)$$

Nas mesma condições (chocando sempre com a esfera m), quanto maior a massa, menor a variação de velocidade. *A massa de inércia aparece assim como uma medida da resistência oferecida por um corpo a qualquer alteração do seu movimento.*

D — Velocidades relativas

Até aqui, quando falámos em velocidades das esferas, fizemo-lo em relação a um sistema ligado ao laboratório, aquele em que está o observador. Podemos no entanto falar em velocidade em relação a outros sistemas. Em particular podemos determinar a velocidade de uma esfera em relação à outra. É como se um observador viajasse sobre uma esfera e daí observasse a outra.

É fácil ver que as velocidades relativas se podem determinar a partir das primeiras velocidades encontradas por uma subtração de vectores:

$$\vec{v}_r = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \quad \text{— velocidade da esfera 2 em relação à esfera 1, antes do choque.}$$

$$\vec{v}'_r = \vec{v}'_2 - \vec{v}'_1 \quad \text{— velocidade da esfera 2 em relação à esfera 1, depois do choque.}$$

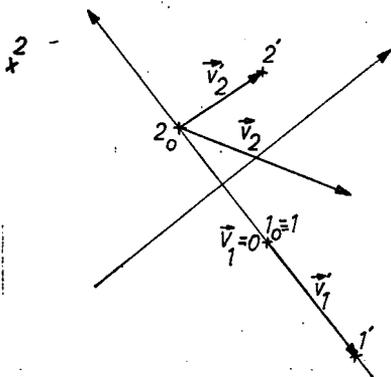


Fig. 15 — Velocidades das esferas antes e depois do choque para $m_1 = m_2$.

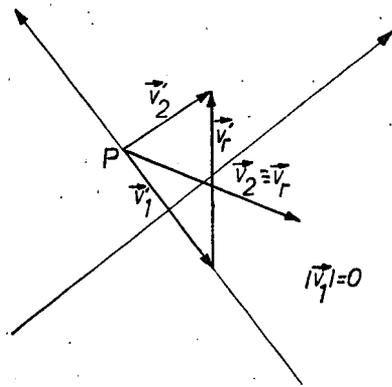


Fig. 16 — Velocidades da esfera 2 em relação a 1, antes e depois do choque:

$$\vec{v}_r = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \text{ e } \vec{v}'_r = \vec{v}'_2 - \vec{v}'_1 \quad (m_1 = m_2).$$

A figura 15 repete os registos das velocidades das esferas 1 e 2, antes e depois do choque da experiência A_1 . Na figura 16 marcamos no ponto P vectores equipolentes àqueles vectores velocidade, e traçamos geometricamente as diferenças de vectores que representam as velocidades relativas da esfera 2 em relação à esfera 1, antes e depois do choque:

$$\vec{v}_r = \vec{v}_2 - \vec{0} \equiv \vec{v}_2; \vec{v}'_r = \vec{v}'_2 - \vec{v}'_1.$$

Procedemos de modo análogo para o choque experimentado em A_2 obtendo as figuras 17 e 18.

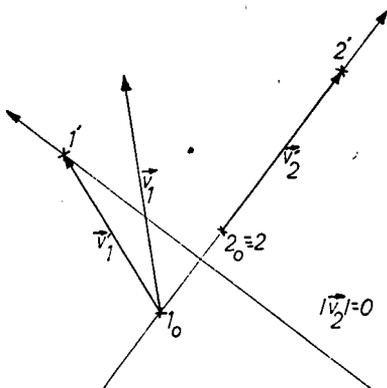


Fig. 17 — Velocidades das esferas antes e depois do choque para $m_1 = 2 m_2$

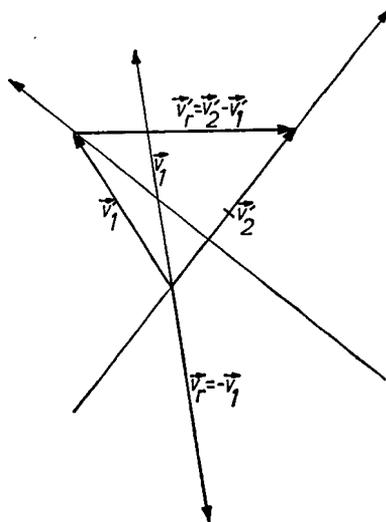


Fig. 18 — Velocidades da esfera 2 em relação a 1, antes e depois do choque

$$\vec{v}_r = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \text{ e } \vec{v}'_r = \vec{v}'_2 - \vec{v}'_1 \quad (m_1 = 2 m_2)$$

Nestes dois exemplos podemos notar que as velocidades relativas antes e depois do choque são vectores distintos (em direcção, sentido e em módulo).

Comparando ainda os módulos destes vectores, velocidade relativa, em cada caso, podemos concluir que o módulo da velocidade relativa depois do choque é ligeiramente inferior ao módulo da velocidade relativa antes do choque, nos casos considerados

$$|\vec{v}'_r| < |\vec{v}_r|$$

Este facto é interpretado como consequência duma pequena dissipação de energia no processo. Porém poderíamos ter realizado outras experiências (com material distinto) em que os módulos das velocidades relativas apresentassem relações diferentes. Se durante o choque ocorresse uma grande dissipação de energia, o módulo da velocidade relativa depois do choque viria muito menor que o módulo da mesma, antes do choque. Se, pelo contrário, não houvesse qualquer dissipação de energia no processo (choque perfeitamente elástico) o módulo da velocidade relativa não sofreria alteração. A natureza do choque depende da substância de que são feitas as esferas.

RESULTADOS DE UM TESTE DE FÍSICA PARA OS FINALISTAS DO ENSINO SECUNDÁRIO

(REALIZADO EM 76-77)

SUSHIL KUMAR MENDIRATTA *

RESUMO

Realizou-se um teste de Física do tipo escolha múltipla para alunos finalistas do Curso Complementar dos Liceus no ano escolar de 1976-1977. Os resultados da análise de uma amostra de cerca de 500 estudantes pertencentes a várias escolas põem em destaque alguns aspectos importantes. Neste trabalho discutem-se esses aspectos bem como as suas implicações tanto no ensino de Física no Liceu como no ensino de Física nos cursos universitários de engenharia.

INTRODUÇÃO

A ideia básica de realizar um teste de Física enquadra-se num projecto de investigação para desenvolvimento dos cursos de Física e Matemática dados aos alunos de engenharia⁽¹⁾. A finalidade do ensino da Física aos alunos dos primeiros anos dos cursos de engenharia é elevar os seus conhecimentos ao nível necessário para a compreensão dos assuntos

* Departamento de Física, Universidade de Aveiro.

⁽¹⁾ «Estudo de um Programa de Ensino Coordenado de Física e Matemática para o bacharelato de Engenharia» — subsidiado pela Fundação Gulbenkian.

de engenharia. Assim, um dos objectivos do projecto foi determinar tão precisamente quanto possível o nível dos estudantes que entram na Universidade.

O autor, ao longo da sua experiência, tem observado que a classificação obtida pelo aluno, num número substancial de casos, não corresponde à sua capacidade de assimilar aqueles aspectos da Física universitária que são, na nossa opinião, essenciais para a compreensão das matérias de engenharia. Tendo isto em vista, o teste foi projectado com o fim de avaliar não só a familiaridade do aluno com conceitos e fenómenos básicos da Física, mas principalmente a sua capacidade de aplicar esses conceitos na resolução de problemas práticos. Uma vez que a realização deste tipo de teste, ao que pensamos saber, não é muito comum em Portugal, a ênfase principal deste relatório não é posta no rigor estatístico da análise dos dados, mas sim na introdução da metodologia de como projectar um teste e interpretar os seus resultados.

O TESTE

As perguntas escolhidas faziam, todas, parte do programa do Liceu ⁽²⁾. Obviamente, havia algumas perguntas do programa do Curso Geral. Pensou-se que tal fosse necessário para observar o grau de assimilação das ideias mais rudimentares, mas não menos importantes, da Física.

As questões foram estruturadas segundo o tipo de teste de escolha múltipla; para cada questão existiam 3 ou 4 alternativas de resposta. A decisão de usar esta estrutura foi baseada nas seguintes vantagens bem conhecidas:

A. Este tipo de teste é muito fácil de analisar no caso de um grande número de estudantes.

B. Reflecte melhor a capacidade dos estudantes em aplicar conceitos na resolução de problemas do que a aprendizagem puramente verbal dos conceitos.

C. Pode também servir como indicador da capacidade dos alunos para fazer uma escolha inteligente entre várias alternativas possíveis, uma virtude que na nossa opinião um engenheiro deve cultivar o mais cedo possível.

É preciso admitir que este tipo de teste não revela a sequência lógica pela qual os estudantes chegam à resposta. Para ter alguma informação sobre este aspecto foi pedido aos professores que recolhessem as folhas de rascunho fornecidas conjuntamente com o teste. Infelizmente uma grande percentagem dessas folhas não fora usada; tal facto pode, talvez, relacionar-se com os aspectos psicológicos do aluno face ao exame.

⁽²⁾ Um exemplar do teste completo pode ser obtido através do autor.

Não reproduzimos aqui totalmente o teste, figurando no entanto algumas questões representativas no Apêndice I. As questões podem ser classificadas em três categorias:

1. Aquelas que exigem apenas uma aplicação directa dos conceitos adquiridos ou seja o tipo de problemas que encontraram e resolveram durante o seu estudo. Um exemplo deste tipo de problemas no caso da Mecânica é o «choque de vagões numa linha de caminho de ferro» (aplicação da lei da conservação do momento linear).

2. Aquelas que provavelmente os alunos nunca tinham enfrentado antes e que exigem serem olhadas cautelosamente.

3. Finalmente problemas que exigem conhecimento das unidades das quantidades físicas.

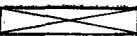
Foram também incluídas duas perguntas de carácter geral. Do Apêndice I excluímos problemas do tipo 1. A maneira como as diversas questões estão distribuídas entre os vários tópicos pode ver-se no Apêndice II.

O teste não foi patrocinado oficialmente pelo Ministério da Educação. Por isso o número de escolas e de alunos em cada escola que concordaram em efectuar o teste dependeu apenas dos contactos e recursos pessoais do autor. Pela mesma razão o teste teve que ser limitado, no que diz respeito à sua duração, a uma hora. A distribuição dos estudantes pelas várias escolas é mostrada na Tabela 1. Além dos testes forneceu-se a cada escola uma folha de instruções para os professores. Pediu-se também a estes para preparar os alunos com uma semana de antecedência discutindo com eles o tipo de teste, os tópicos que abordava e o método de o resolver ilustrando este com dois exemplos.

Também foi distribuído aos professores um questionário onde se pedia as suas opiniões sobre o teste, quais os tópicos que não tinham sido ensinados, etc.

RESULTADOS DO TESTE

Uma primeira análise dos resultados consistiu na simples contagem das respostas certas, das respostas absurdas e das perguntas a que a turma em bloco não respondeu. Calculámos depois a percentagem de estudantes que responderam correctamente, a qual, para uma amostra suficientemente grande deve ser igual à percentagem de perguntas a que um estudante típico responde correctamente. Contudo, deve notar-se que este processo de cálculo conduz a uma média optimista. Calculámos ainda a percentagem de respostas absurdas e um número a que chamámos de «correção relativa». Este número foi obtido não entrando em linha de conta com as questões a que menos de 10% da turma conseguiu responder. Estes resultados estão indicados

na Fig. 1. Nessa figura  representa as respostas certas,  as respostas absurdas,  as de «correção relativa» e  as de resultados relativos às perguntas mais difíceis. A última percentagem em nossa opinião é o melhor indicador da capacidade dos estudantes para

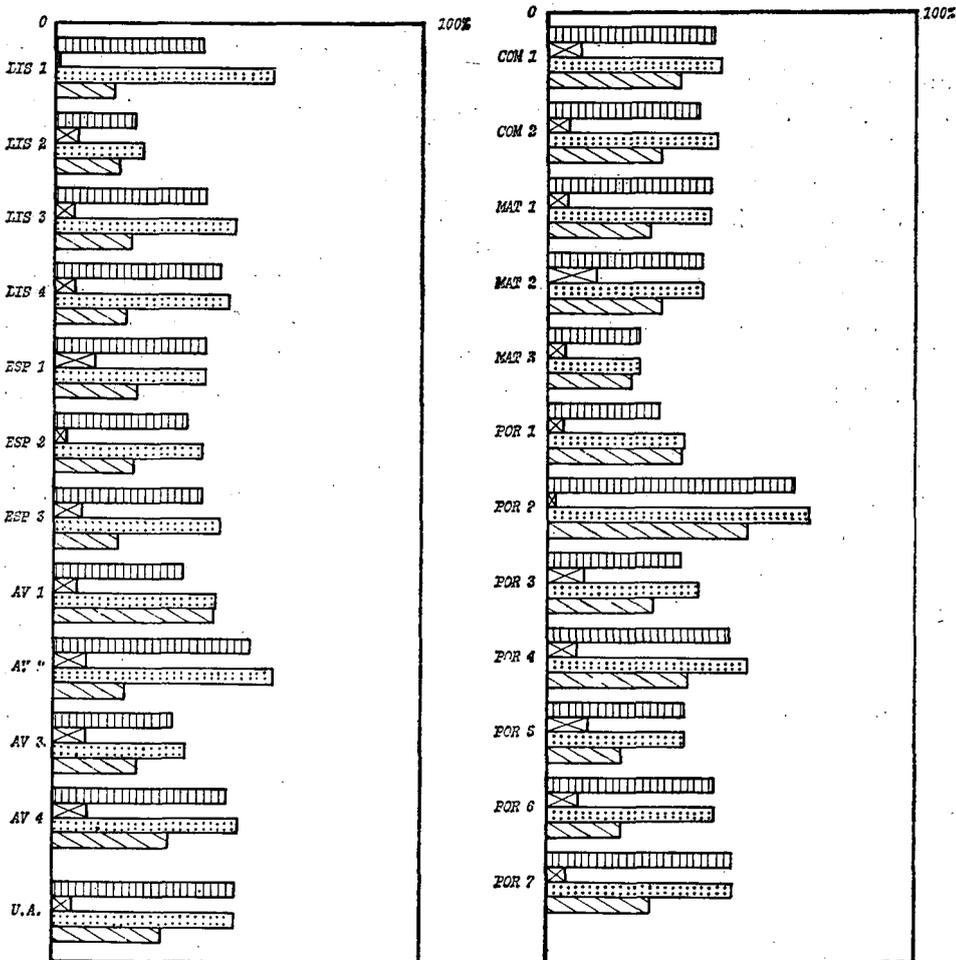


FIGURA 1

aplicar conceitos físicos a problemas concretos (as perguntas do tipo B e C atrás referidas). Na Fig. 1 estão indicadas aquelas quatro percentagens para cada turma. Na Fig. 2 esses mesmos resultados são agrupados por tipo de resposta permitindo uma comparação entre as diferentes turmas.

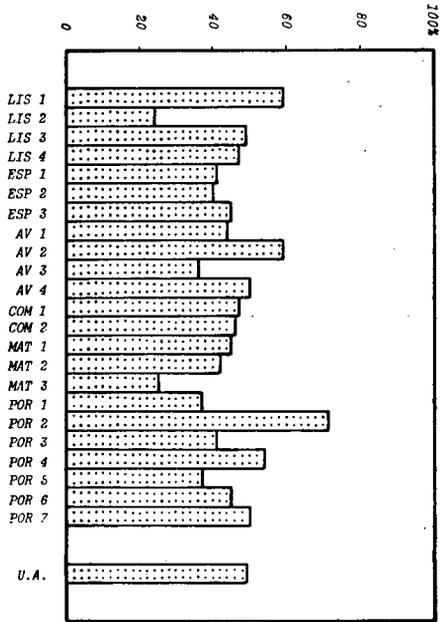
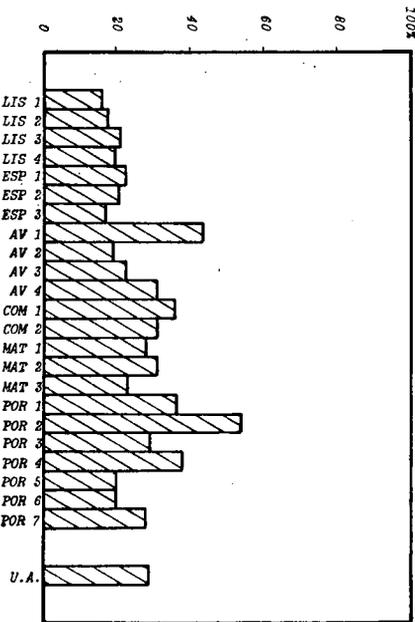
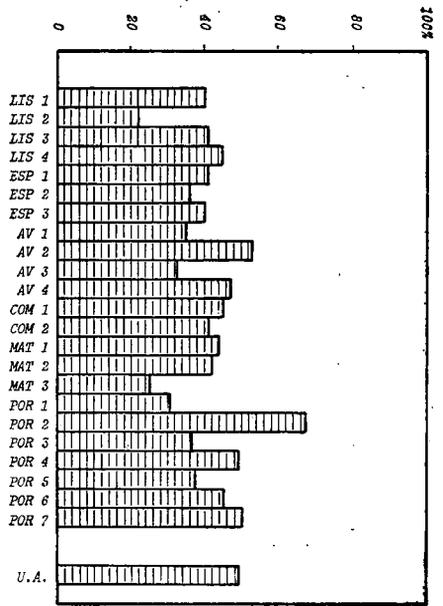
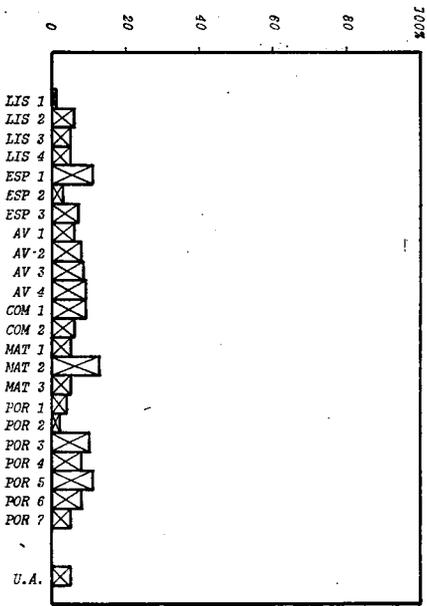


FIGURA 2

Estudámos também a distribuição do número de respostas certas pelos estudantes. A Fig. 3 mostra a curva de distribuição para duas turmas de uma escola de Coimbra e para quatro turmas de uma escola de Aveiro.

Finalmente agrupámos os resultados para cada turma, da maneira exemplificada no Apêndice II, com o fim de os enviar para a escola.

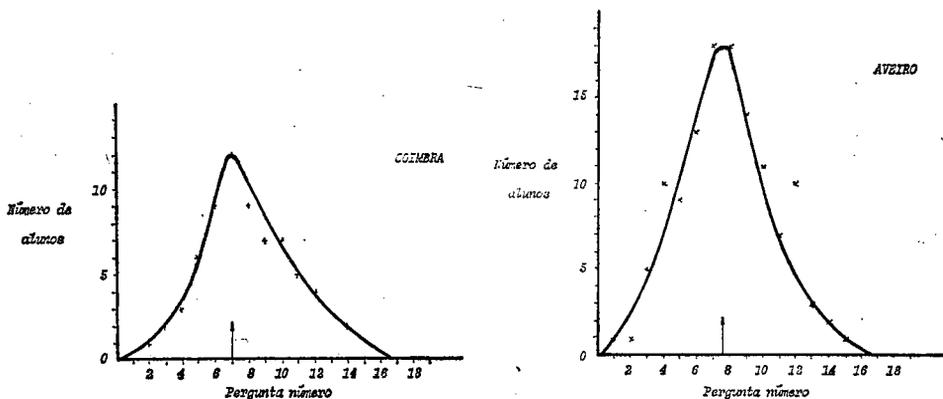


FIGURA 3

Sobre os resultados obtidos julgamos pertinentes as seguintes observações:

1. Não há grandes diferenças entre os estudantes liceais das várias regiões urbanas. As diferenças verificadas são da mesma ordem de grandeza das verificadas entre turmas da mesma escola. Isto indica que os problemas com que se debate e os defeitos que reflecte o ensino liceal da Física em pequenos centros urbanos como Aveiro e Espinho não são diferentes dos verificados em grandes cidades como Lisboa.

2. Tanto quanto o teste o permite avaliar, verificou-se que não existe nenhuma diferença de nível entre raparigas e rapazes.

3. Os resultados traduzidos na «correção relativa», podem ser causa de satisfação se olhados dum ponto de vista imediatista. O princípio de se considerar, em planificação educacional, satisfatório e capacitado para fazer face à educação universitária um aluno que consiga 50% de respostas certas, se aplicado à letra ao nosso teste (dados da Fig. 1), leva à conclusão de que mais de 70% dos estudantes do Liceu têm um nível de conhecimentos suficiente. Uma percentagem bastante alta. Contudo, isto é uma indicação errada por razões que já demos e por outras que enumeraremos a seguir.

4. Os resultados respeitantes às questões que saem fora da rotina são muito piores. As perguntas directas foram introduzidas no teste no

sentido de não chocar e desencorajar os estudantes. No que diz respeito às perguntas mais difíceis pode ver-se, se usarmos ainda os dados da Fig. 1, que somente 27% dos estudantes responderam correctamente.

5. Uma conclusão mais realista e adequada pode obter-se se usarmos os dados da Fig. 3, respeitantes a Aveiro e Coimbra, escolas que se incluem no conjunto de escolas típicas. O número mais provável de respostas certas situa-se entre 7 e 8 em 19. O número que é contudo mais significativo é a percentagem de estudantes que responderam correctamente a mais de metade das questões. No caso de Coimbra essa percentagem é de 42% e no caso de Aveiro 39%. Mas uma vez que havia questões do «Curso Geral» e outras muito directas, calculou-se o número de estudantes que acertaram 13 ou mais questões, número que pensamos indicar de maneira mais realista a capacidade dos estudantes. Este número é inferior a 10% para Coimbra e 5% para Aveiro. Assim concluímos que numa escola média apenas 10% dos estudantes podem responder acertadamente a 75% ou mais das perguntas postas. E uma vez que as escolas consideradas apresentam resultados típicos então aquela conclusão é, em geral, válida.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO TESTE

Pode argumentar-se que, não sendo o teste oficial e portanto obrigatório, os bons alunos não compareceram. Isto foi-nos apontado pelo professor de uma das escolas. Contudo, não acreditamos que tal facto constituísse uma regra geral sendo a amplitude da amostra (556 alunos) e a sua distribuição por diferentes regiões uma boa garantia para a validade estatística dos nossos resultados.

Um outro argumento, este válido, é que nem todos os estudantes que fizeram o teste cursarão engenharia. Pensamos, no entanto, que o teste versa aspectos do conhecimento que são essenciais e comuns a todos os ramos das ciências físicas.

Os parágrafos seguintes que representam a nossa visão do ensino da Física no Liceu, podem não ser cem por cento certos mas apresentam alguns pontos que reputamos de interesse.

O ensino da Física no Liceu pode ser considerado sob dois aspectos:

1. Estrutural
2. Pedagógico

Referentes ao primeiro aspecto salientamos as observações seguintes que se baseiam no teste em si e ainda no que nos foi comunicado pelos professores:

A. Tópicos importantes como Electricidade e Magnetismo são em muitos casos deixados para o fim do semestre e em alguns casos não são pura e simplesmente ensinados. Por outro lado é gasto um tempo muito grande

com a Mecânica (num caso, 40 H) e apesar disso os alunos não se podem considerar bem apetrechados mesmo quando são capazes de resolver correctamente problemas de triângulos de forças. Assim, na nossa opinião, seria desejável um guia para os professores, guia esse que contivesse não só um programa muito detalhado como o tempo a gastar com cada um dos tópicos.

B. Além do problema dos professores serem muito pouco acessíveis a contactos com os alunos fora das aulas durante todo o ano lectivo, outro aspecto deve ser mencionado. Se com razão a Matemática é um assunto individualizado que merece todo o respeito, do mesmo modo o são a Física e a Química. Atribuir à Física (e à Química) metade da importância atribuída à Matemática não tem razão de ser e apresenta por isso as suas consequências. Uma vez que na esmagadora maioria dos casos o mesmo professor é encarregado de ensinar Física e Química, a profundidade relativa com a qual ele ensina a Física depende não só da sua especialização como do seu interesse.

No que respeita ao aspecto pedagógico julgamos pertinentes as seguintes observações:

A. O facto de os estudantes terem em geral fraca capacidade para resolver problemas, em especial se estes forem novos, evidencia a necessidade de olhar com mais atenção tanto para os testes que são efectuados durante o ano como para os problemas que são resolvidos como exercícios nas aulas. A este respeito foca-se que além das sessões de resolução de problemas deve também dar-se ênfase à realização de trabalhos em casa.

B. A incapacidade dos alunos de resolver problemas relacionados com factos experimentais simples leva-nos a concluir que deve ser insuficiente o equipamento dos Liceus em material de laboratório para Física.

C. O facto de alguns professores pensarem que o teste era muito fácil, ao mesmo tempo que os seus alunos nele conseguiam fracos resultados, aponta para um insuficiente contacto professor-aluno.

D. A maior parte dos professores indicaram que menos de metade dos seus alunos estavam interessados em Física.

NOTA FINAL

O teste apontou um conjunto de problemas com que se debate o ensino da Física, problemas que foram discutidos na secção anterior. Muito importante do ponto de vista do ensino universitário é o facto de o mesmo teste, quando dado a alunos do 2.º ano dum curso de engenharia da Universidade de Aveiro não ter apresentado melhores resultados do que os obtidos pelos estudantes do Liceu⁽³⁾. Este facto mostra o paralelismo

(3) Os resultados do teste estão indicados sob o símbolo U.A. nas Figs. 1 e 2

existente entre os problemas existentes no ensino da Física a nível liceal e a nível universitário.

Sabemos que nenhuma formulações de política educacional podem ser baseadas apenas em testes. Esperamos todavia que seja reconhecido o valor que os testes bem imaginados e sua respectiva interpretação podem assumir na criação de argumentos de base que serviam de ponto de partida para mudanças estruturais.

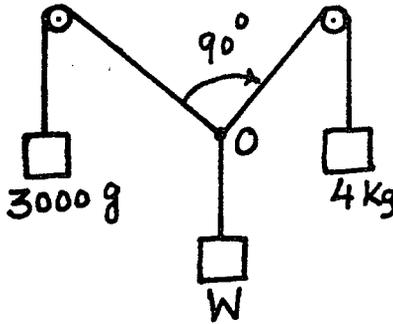
AGRADECIMENTOS

Agradece-se o apoio financeiro da Fundação Gulbenkian que tornou possível a realização deste teste. O autor gostaria também de agradecer aos seus colegas da Universidade de Aveiro pelo seu encorajamento e cooperação e em particular ao Eng. Pedro Guedes de Oliveira e ao Prof. M. F. Thomaz. A Dra. Maria Celeste do Carmo realizou a maior parte da análise dos dados. A sua ajuda é gratamente reconhecida.

APÊNDICE I

P. n.º 2

O desenho representa uma experiência de fios, roldanas e pesos. Quando o ponto O atingiu o repouso, o ângulo entre os fios é como indicado. Qual é o valor do peso w ?



- | | |
|--|---|
| A. 5000 g | A |
| B. 2 kg | B |
| C. 1 kg | C |
| D. Os dados fornecidos não são suficientes para calcular w | D |

P. n.º 6

Esta pergunta tem três partes, todas elas simples.

6.1 A unidade do calor específico é:

- | | |
|--------------|---|
| A. cal./g | A |
| B. cal./g °C | C |
| C. cal./°C | C |

6.2 Um recipiente perfeitamente isolado do ponto de vista térmico contém 100 g de água, cuja temperatura é de 20°C. Uma quantidade desconhecida de água a ferver é deitada no vaso. Depois de algum tempo

a temperatura estabiliza a 60°C . Qual a quantidade de água quente que foi adicionada?

- | | |
|----------|---|
| A. 20 g | A |
| B. 50 g | B |
| C. 100 g | C |

6.3 Os dados fornecidos em 6.2 são suficientes para calcular o calor específico da água?

- | | |
|--------|---|
| A. sim | A |
| B. não | B |

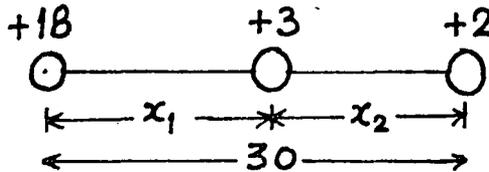
P. n.º 8

Qual das seguintes afirmações sobre um condutor perfeito carregado é correcta?

- | | |
|---|---|
| A. A intensidade do campo eléctrico dentro dum condutor é zero e o potencial aumenta linearmente com a distância do centro à superfície | A |
| B. O potencial é constante e a intensidade do campo eléctrico aumenta com a distância do centro à superfície | B |
| C. A intensidade do campo eléctrico é zero e o potencial é constante | C |
| D. A intensidade do campo eléctrico dentro dum condutor varia como $\frac{1}{r^2}$ e o potencial como $\frac{1}{r}$ | D |

P. n.º 9

Duas cargas positivas, uma de $+18$ Coulombs e outra de $+2$ Coulombs estão fixas entre si à distância de 30 cm. Uma terceira carga de valor



$+3$ Coulombs está colocada entre as duas cargas de tal maneira que aquela não se move. Qual é o valor de x_1/x_2 ?

- | | |
|----------|---|
| A. 9 | A |
| B. $1/3$ | B |
| C. 1 | C |
| D. 3 | D |

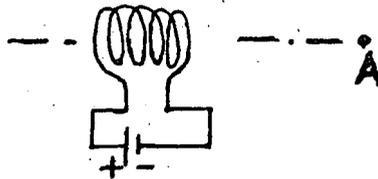
P. n.º 11

Uma lâmpada eléctrica tem as seguintes características escritas: 220V-75W. Esta lâmpada é ligada a uma tensão de 110V. A potência consumida pela lâmpada é:

- A. Um quarto da indicada A
- B. Metade da indicada B
- C. A potência indicada C
- D. Duas vezes a indicada D
- E. Quatro vezes a indicada E

P. n.º 12

Uma bobine ligada aos terminais de uma bateria (ver figura), produz num ponto A situado no eixo da bobine um campo magnético de 5 Gauss.

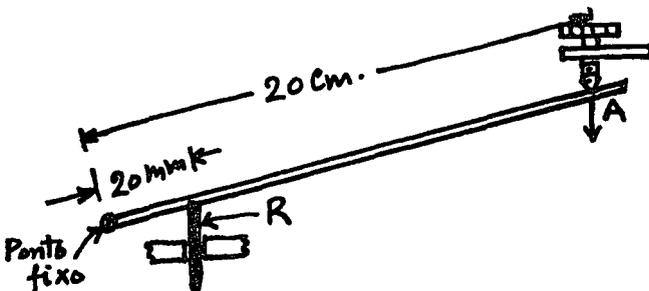


Coloca-se uma segunda bobine, idêntica à primeira, na proximidade desta de modo que os eixos de ambas as bobines fiquem coincidentes. O campo magnético no ponto A torna-se então nulo. Isto aconteceu porque:

- A. A bateria da segunda bobine está descarregada A
- B. A bateria da primeira bobine descarregou-se devido ao efeito de indução da segunda bobine B
- C. A bateria da segunda bobine está ligada no sentido oposto ao da bateria da primeira bobine C
- D. A segunda bobine está interrompida D

P. n.º 15

O seguinte dispositivo é usado para obter pequenos deslocamentos da barra (do eixo) R no sentido indicado na figura. Quando o parafuso P



roda uma volta completa o ponto A avança de 1 mm. Quanto avançará o eixo R quando o parafuso P rodar de $3,6^\circ$?

A. $0,036$ mm

B. $0,001$ mm

C. $0,1$ mm

A

B

C

APÊNDICE II

Nome da Escola e seu endereço:

Liceu José Estêvão
Aveiro

Número de alunos que fizeram o teste: 30

Designação da turma: AV - 1

Resultados:

Tópico	Pergunta n.º	Respostas certas %	Respostas erradas %	Respostas absurdas %
Mecânica	1	83.3	3.3	13.3
	2	86.7	10.0	—
	3	56.7	3.3	16.7
Gravitação	4.1	90.0	0	6.7
	4.2	76.7	23.3	—
	4.3	86.7	13.3	—
Calor e Termodinâmica	5	90.0	10.0	—
	6.1	83.3	0	6.7
	6.2	26.7	13.3	—
	6.3	20.0	26.7	—
	7	36.7	33.3	10.0
Electrostática	8	63.3	3.3	20.0
	9	3.3	63.3	10.0
Corrente eléctrica	10	73.3	26.7	—
	11	36.7	40.0	0
Campo Magnético e Indução	12	3.3	3.3	—
	13	0	10.0	—
Perguntas gerais	14	83.3	6.7	—
	15	10.0	26.7	—

Perguntas que menos de 10% dos alunos responderam:

Indicador de performance global: Indicado na folha anexada conjuntamente com resultados de outras escolas.

Notas especiais para esta escola:

.....

.....

TABELA 1

Lugar	Nome da Escola	N.º de alunos que fizeram o teste	Código para a Figura 1
Aveiro	Liceu José Estêvão		
	Turma 1	30	AV — 1
	Turma 2	30	AV — 2
	Turma 3	30	AV — 3
Coimbra	Turma 4	33	AV — 4
	Liceu Nacional Infanta D. Maria	37	COM — 1
Espinho		36	COM — 2
	Liceu de Espinho		
	Turma 1	21	ESP — 1
	Turma 2	14	ESP — 2
Lisboa	Turma 3	10	ESP — 3
	Liceu de S. João do Estoril	19	LIS — 1
		32	LIS — 2
	Escola Secun. de Torres Novas	18	LIS — 3
Matosinhos		40	LIS — 4
	Liceu de Matosinhos		
	Turma 1	25	MAT — 1
	Turma 2	25	MAT — 2
Porto	Turma 3	17	MAT — 3
	Liceu Rodrigues de Freitas		
	Turma 1	13	POR — 1
	Turma 2	14	POR — 2
	Turma 3	13	POR — 3
	Turma 4	20	POR — 4
	Liceu Garcia da Orta		
Turma 1	33	POR — 5	
Turma 2	32	POR — 6	
	Turma 3	14	POR — 7
	Total	556	
Aveiro	Universidade de Aveiro	35	U. A.

ALGUMAS NOTAS SOBRE A ESTABILIZAÇÃO DA CORRENTE ELÉCTRICA CONTÍNUA

JOÃO BESSA SOUSA, MARIA RENATA CHAVES, MARIA DE FÁTIMA PINHEIRO *
Laboratório de Física da Faculdade de Ciências do Porto

RESUMO

Referem-se variadas situações que no laboratório exigem o emprego de correntes eléctricas altamente estáveis, analisando potencialidades e limitações das fontes electrónicas correntes, das fontes com amplificação servo-foto-eléctrica, pilhas e acumuladores.

Chama-se a atenção para a existência de um método prático extremamente simples, barato e eficaz, baseado numa associação conveniente de acumuladores (de Pb, por exemplo) que permite obter correntes estáveis a menos de $2/10^7$ por minuto, em circuitos cuja resistência total se possa tomar na prática como constante. Apresentam-se testes de uma tal unidade, construída localmente e ensaiada nas condições acima referidas.

1. INTRODUÇÃO

No laboratório são variadas as situações de emprego de correntes eléctricas contínuas estáveis. Na estabilização do zero de um potenciómetro, na termometria de resistência, na produção de campos magnéticos permanentes, no estudo do efeito Hall, surgem tais situações.

Na prática é sempre mais difícil obter correntes estáveis quando se trata de intensidades elevadas (superiores a 1 A) ou muito baixas (infe-

* Bolseiros do Instituto de Alta Cultura, associados ao projecto de investigação PF1.

riores ao μA). No primeiro caso os efeitos térmicos que se manifestam nos circuitos das unidades de regulação da corrente podem afectar criticamente as suas características, e no segundo torna-se difícil contrariar a presença de correntes parasitas nos circuitos de utilização. Basta observar que uma f.e.m. parasita de $1\ \mu\text{V}$ dá origem, num circuito com resistência da ordem de $1\ \Omega$, a uma corrente com uma intensidade da ordem de $1\ \mu\text{A}$.

Há situações em que o circuito de utilização apresenta uma resistência praticamente constante no tempo, como acontece, por exemplo, no caso de um potenciómetro ou de um magnete depois de atingidos os respectivos regimes de equilíbrio térmico. Para obter uma corrente estável basta dispor nestes casos de uma fonte de *tensão* estabilizada. Por vezes o circuito de utilização, embora de resistência r variável, apresenta valores de r tão baixos que a ligação em série de uma resistência adicional $R_0 \gg r$ e altamente estável é suficiente para construir um circuito com uma resistência total praticamente constante no tempo ⁽¹⁾; nestes casos está também indicado o uso de uma fonte de *tensão* estabilizada. Em todos os outros casos impõe-se em geral o emprego de fontes de *corrente* estabilizada.

2. ESTABILIDADE A CURTO E A LONGO PRAZO

Na prática, interessa garantir que as variações relativas da corrente eléctrica se conservem inferiores a um dado valor, pelo menos durante o intervalo de tempo estritamente necessário para executar todas as operações inerentes a cada medição completa. Define-se por isso a estabilidade ($1/S$) da corrente num intervalo de tempo Δt através do coeficiente:

$$S = [(\text{sup } |I - I_m|) / I_m] \Delta t$$

onde $\text{sup } |I - I_m|$ representa o módulo da diferença máxima, ocorrida no intervalo Δt , entre o valor instantâneo da corrente I e o seu valor médio nesse mesmo intervalo, I_m .

Como ilustração, suponhamos que $I(t)$ é uma função monotonamente decrescente, com uma derivada em módulo suficientemente pequena para garantir uma boa estabilidade num pequeno intervalo de tempo (Fig. 1, a): Vemos que S toma valores reduzidos quando Δt é suficientemente pequeno (boa estabilidade a curto prazo) mas pode tomar valores consideravelmente elevados quando Δt é elevado (má estabilidade a longo prazo).

⁽¹⁾ Por exemplo, num circuito com $r = 10^{-3}\ \Omega$ e apresentando variações relativas $\frac{\Delta r}{r} \approx 10\ \%$, basta uma resistência adicional de $10\ \Omega$, suficientemente isolada de perturbações térmicas externas, para obter um circuito com resistência total ($R_0 + r$) estável a menos de $1/10^5$.

Suponhamos agora que $I(t)$ oscila em torno de um valor médio, não se afastando contudo de modo apreciável deste valor (fig. 1, b). Para intervalos Δt pequenos o valor de S pode ser consideravelmente superior ao da situação da fig. 1a, devido aos elevados valores que $|dI/dt|$ apresenta em certos pontos; contudo, para intervalos Δt superiores a um dado valor, S torna-se consideravelmente menor. A noção de estabilidade está portanto associada não só ao valor de S mas ainda ao valor do intervalo Δt considerado em cada caso.

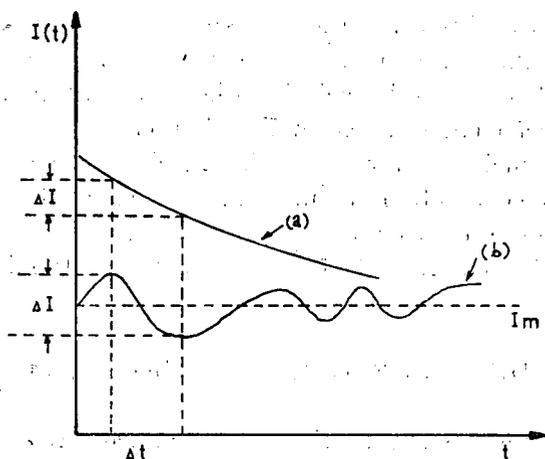


FIGURA 1

Sobrepostas às variações relativamente lentas, embora aleatórias, que a corrente pode apresentar, podem ainda estar presentes componentes alternadas com frequências superiores à do fenómeno em observação («ripple»). É o que acontece, por exemplo, quando a corrente é obtida a partir da rectificação e filtragem de uma tensão alternada. No caso usual em que a tensão tem uma frequência de 50 Hz, o período destas alternâncias é de 0,01 segundo. Quando os aparelhos de medida possuem um elevado tempo de resposta aos sinais de entrada, como acontece por exemplo com os galvanómetros (tempo de resposta da ordem de uma fracção do segundo), a presença destas pequenas componentes alternadas não chega a afectar significativamente as indicações respectivas. Porém, quando se trata de aparelhos electrónicos, a presença das componentes alternadas afecta em geral, de modo apreciável, as respectivas condições de funcionamento.

3. FONTES ELECTRÓNICAS

O emprego de unidades electrónicas para a estabilização da tensão ou da corrente encontra-se hoje generalizado, havendo uma larga gama de

correntes, tensões e factores de estabilização realizáveis. Obtém-se no mercado fontes capazes de fornecer correntes da ordem de 1A com uma estabilidade de $1/10^3$ em qualquer intervalo de tempo de utilização prática corrente. A possibilidade de programação ou controlo remoto destas unidades constitui um atractivo adicional. Os princípios básicos do funcionamento de uma fonte de corrente estabilizada são também conhecidos, como se ilustra no diagrama da figura 2:

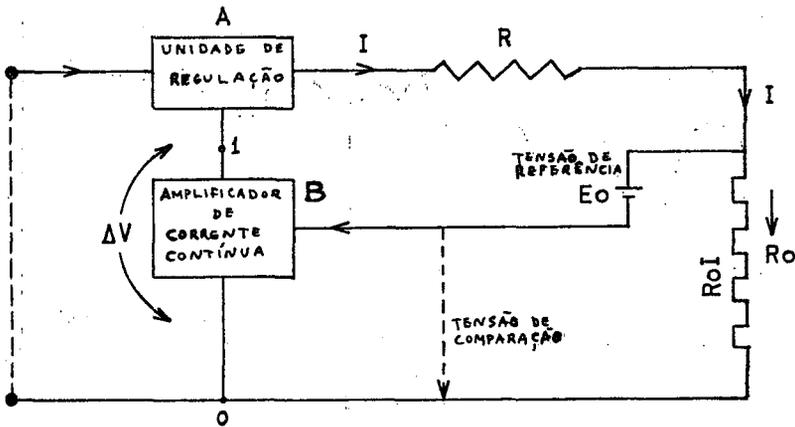


FIGURA 2

A tensão contínua não estabilizada, obtida previamente numa unidade de rectificação e filtragem (reguladores integrados têm hoje grande difusão) produz uma corrente I que passa numa unidade de regulação A , na resistência de utilização R e numa resistência padrão R_0 . A unidade A não é mais do que um elemento de resistência eléctrica regulável por meio de uma tensão eléctrica conveniente, a tensão de regulação. A resistência R_0 permite obter uma tensão R_0I que é comparada com uma tensão de referência estável E_0 . Qualquer variação da corrente I altera a diferença ($E_0 - R_0I$) que, depois de amplificada em B , actua na unidade de regulação A . As ligações são feitas de modo que a resistência desta unidade varie sempre no sentido conveniente (realimentação negativa) ⁽²⁾.

Na prática, empregam-se em geral transistores nas unidades de amplificação e regulação, e um dos problemas reside na dificuldade de garantir a estabilidade da unidade de amplificação com transistores, por serem as características destes muito afectadas pela temperatura.

⁽²⁾ Em rigor deveríamos comparar E_0 com $R_0(I - i)$ onde i é a corrente que atravessa o ramo que contém E_0 . Contudo na prática garante-se que $i \ll I$, graças aos elevados valores do ganho e da impedância de entrada. Para produzir a tensão de referência usam-se em geral díodos do tipo Zener ou pilhas do tipo Mallory (Hg), habituais nos modernos amplificadores de c. c.

Mostra-se na figura 3 um gráfico da corrente em função do tempo, obtido com uma fonte electrónica de corrente estabilizada (Keithley 225) ligada a um circuito de resistência constante:

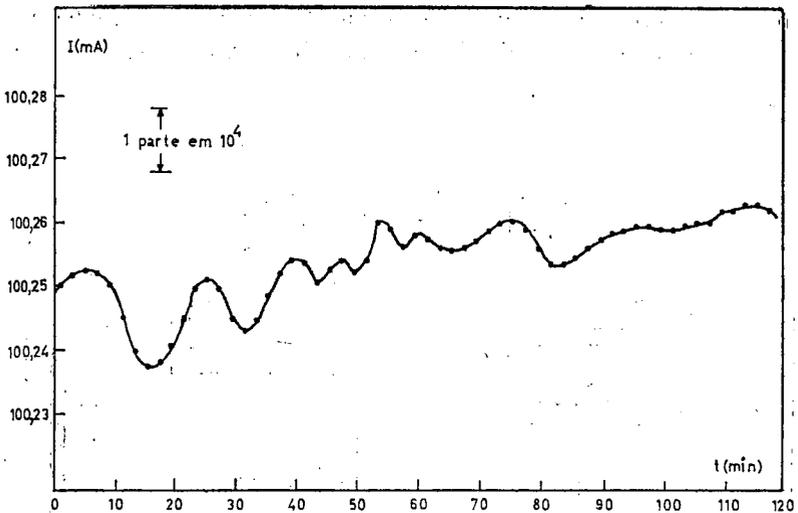


FIGURA 3

4. AMPLIFICAÇÃO SERVO-FOTO-ELÉCTRICA

Empregando métodos de amplificação foto-eléctrica existem no mercado fontes com características excelentes, capazes de fornecer correntes até 2A com uma estabilidade de $1/10^8$, para intervalos de tempo de várias horas. A figura 4 ilustra o princípio de funcionamento destas unidades:

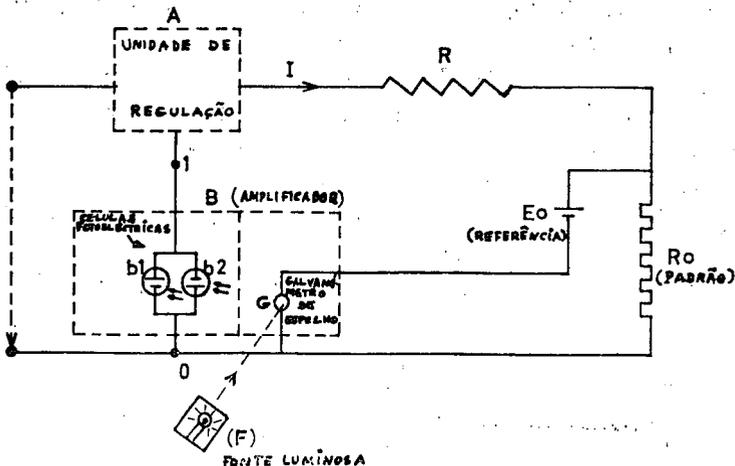


FIGURA 4

Suponhamos ser I_0 o valor da corrente de equilíbrio desejada, para a qual é nula a diferença entre a tensão $R_0 I_0$ e a tensão de referência E_0 ⁽³⁾. Se houver variações da corrente em relação a este valor, a diferença resultante entre $R_0 I_0$ e E_0 é aqui detectada por um galvanómetro G de elevada sensibilidade e com o respectivo espelho iluminado por um feixe luminoso proveniente de uma fonte luminosa como se mostra no esquema.

O desvio do espelho vai modificar a razão das iluminações de duas células foto-eléctricas gémeas, alterando a tensão de regulação (terminais 0-1) ⁽⁴⁾. As ligações são feitas de modo que a tensão de regulação contraria qualquer variação da corrente em relação ao seu valor de equilíbrio. Como é óbvio, esta unidade é particularmente sensível aos choques e vibrações mecânicas. Estas fontes têm de ser ajustadas para fornecer correntes fixas, de acordo com os valores de vários padrões R_0 , intermutáveis, de modo a garantir em cada caso que $R_0 I = E_0$. Esta falta de versatilidade pode tornar-se incômoda na prática. Como é óbvio, a estabilidade destes sistemas depende das estabilidades de E_0 e R_0 (o uso de potenciómetros multiturn em paralelo com R_0 ou uma sua parte poderá ser uma alternativa a considerar).

5. ACUMULADORES DE CHUMBO

5.1 Características

Quando o circuito de utilização tiver uma resistência praticamente constante, pode adoptar-se uma solução muito simples e económica com o emprego de acumuladores de chumbo de capacidade apreciável, por exemplo, do tipo bateria de automóvel.

Um simples acumulador de chumbo de capacidade elevada constitui já uma fonte de tensão com uma estabilidade satisfatória algumas horas após a sua ligação. É o que pode verificar-se na figura 5, que mostra várias curvas da variação temporal da tensão nos bornes de um acumulador de chumbo com 80 Ah de capacidade, em vários regimes de descarga $I = 300, 50, 10$ mA):

Inicialmente, a corrente apresenta variações relativas da ordem de $1/10^4$ por minuto, atingindo-se valores da ordem de $1/10^6$ por minuto ao fim de várias horas. Um dos maiores inconvenientes reside no tempo demasiado longo necessário para atingir estas condições de estabilidade. Verifica-se ainda que qualquer alteração apreciável do valor da corrente, motivada

⁽³⁾ Obtida, por exemplo, a partir de uma pilha padrão do tipo Weston.

⁽⁴⁾ Naturalmente, as células gémeas poderão ser eventualmente substituídas por uma célula única com sectores em montagem diferencial.

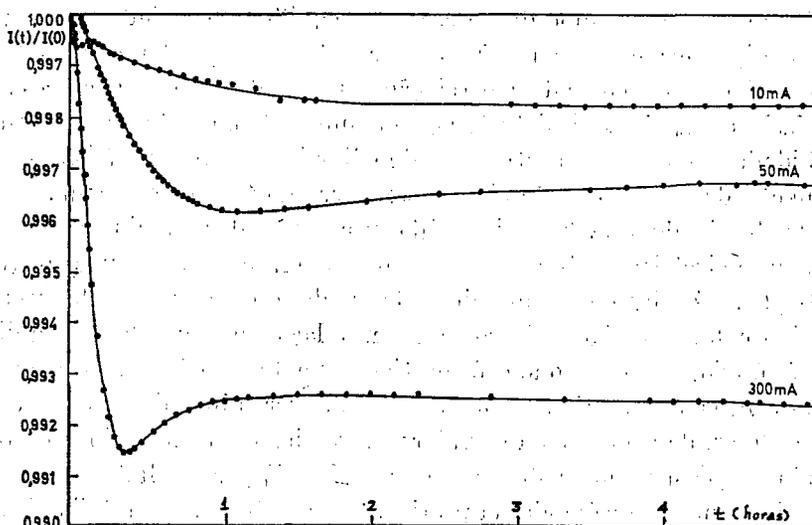


FIGURA 5

por exemplo por modificações bruscas da resistência do circuito, requer novamente um tempo apreciável para atingir um novo regime de equilíbrio.

Como se pode verificar no gráfico, a estabilidade da tensão de um acumulador é tanto melhor quanto menor for o valor da corrente debitada. A f.e.m. é ainda afectada pela temperatura, apresentando na prática variações da ordem de $200 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Porém, em condições normais de trabalho no laboratório, as taxas de variação da temperatura são geralmente inferiores a $0,01^\circ\text{C}/\text{minuto}$, devido à elevada inércia térmica destes acumuladores. Nestas condições, a estabilidade da f.e.m. devida à variação da temperatura será em geral melhor que $1/10^6$ por minuto.

Uma outra característica favorável dos acumuladores de chumbo é a sua resistência interna muito baixa, da ordem de $10^{-2}\Omega$ (em contraste com a resistência interna das pilhas secas, da ordem ou superior a 10Ω); e naturalmente a ausência de «ripple» na tensão que produzem.

5.2 Resultados experimentais

Como vimos, a estabilidade da tensão de um acumulador aumenta com a diminuição da corrente debitada, sendo possível associar convenientemente vários acumuladores, de modo que um deles seja percorrido por uma corrente de baixa intensidade, precisamente o acumulador que assegura a tensão de saída da unidade. Com base no princípio que a seguir se descreve⁽⁵⁾, foram construídas e ensaiadas várias unidades que permitiram

(5) A. N. GERRITSEN, «Handbuch der Physik», IX, 151-152, 1956.

obter elevadas estabilidades para a tensão, da ordem de $1/10^7$ por minuto. Foram também introduzidos refinamentos e sistematizadas as operações de ajustamento das unidades mais complexas.

O princípio de estabilização é o seguinte: a uma temperatura constante, a estabilidade no tempo da tensão de um acumulador é tanto maior quanto maior for a corrente debitada pelo acumulador. Associando convenientemente vários acumuladores, é possível conseguir que a corrente debitada saia, quase exclusivamente, de um dos acumuladores, utilizando-se justamente os restantes para compensar (com baixos débitos de corrente, logo elevada estabilidade nas respectivas tensões) o decréscimo natural da tensão do primeiro acumulador com o tempo. Como ilustração, consideremos dois acumuladores de f.e.m. E_1 e E_2 ligados em paralelo e com uma resistência R_2 intercalada, como se mostra na Fig. 6a. Sendo r_1, r_2 as resistências internas

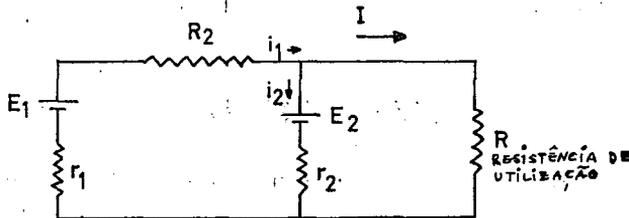


FIGURA 6a

dos acumuladores e I, i_1, i_2 as intensidades das correntes nos vários ramos independentes do circuito, podemos escrever as leis de Kirchoff para o circuito:

$$\begin{aligned} E_1 - E_2 &= R_2 i_1 + r_1 i_1 + r_2 i_2 \\ E_2 &= -r_2 i_2 + RI \\ i_1 &= i_2 + I \end{aligned}$$

Resolvendo este sistema obtém-se para valor da corrente que percorre a resistência de utilização:

$$I = (1/D) \cdot [(r_1 + R_2)E_2 + r_2 E_1] \quad (1)$$

onde D é o determinante do sistema, $D = (r_2 + R) \cdot (r_1 + R_2) + r_2 R$.

Começemos por verificar como é afectada a corrente $I(I \rightarrow I + \Delta I)$ quando se altera de ΔE_1 a f.e.m. do primeiro acumulador, tendo-se da eq. (1):

$$\Delta I = (r_2/D) \cdot \Delta E_1$$

e portanto

$$\Delta I/I = \frac{r_2 \cdot \Delta E_1}{(r_1 + R_2)E_2 + r_2 E_1}$$

Atendendo a que $r_1, r_2 \ll R_1, R_2$ (para acumuladores, $r_1, r_2 \simeq$ décimos de Ω) e que E_1 e E_2 são da mesma ordem de grandeza, conclui-se que:

$$|\Delta I/I| = |(E_1/E_2) \cdot (r_2/R_2) \cdot (\Delta E_1/E_1)| \ll |\Delta E_1/E_1|$$

Por um processo análogo se conclui também que a variação relativa da corrente i , provocada pelas variações de R_2 , é dada por:

$$|\Delta I/I| = |(1 - E_1/E_2)(r_2/R_2)(\Delta R_2/R_2)| \ll |\Delta R_2/R_2|$$

Finalmente, vejamos o efeito das variações da f.e.m. do acumulador de saída (E_2):

$$|\Delta I/I| = |\Delta E_2/E_2|$$

Em resumo, a corrente debitada pela unidade é estável com respeito às variações da f.e.m. E_1 do primeiro acumulador e da resistência R_2 , mas não quanto às variações da f.e.m. E_2 do acumulador de saída. No entanto, por conveniente ajustamento de R_2 , podemos anular a corrente i_2 que percorre este acumulador e, como vimos, a respectiva f.e.m. torna-se então muito estável⁽⁶⁾. Para melhorar ainda mais a estabilidade, devem evitar-se variações apreciáveis na temperatura deste acumulador.

O princípio de estabilização acabado de descrever pode ser generalizado a circuitos com um número arbitrário de acumuladores (n):

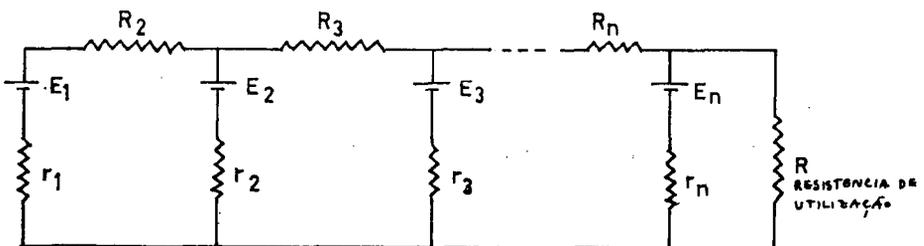


FIGURA 6b

⁽⁶⁾ Das Leis de Kirchoff tira-se que:

$$i_2 = (1/D) \cdot [RE_1 - (R + R_2 + r_1)E_2]$$

Para ter $i_2 = 0$, basta então fazer $R_2 = R[(E_1/E_2) - 1] - r_1$.

É fácil verificar que uma alteração ΔE_1 na f.e.m. do primeiro acumulador origina uma alteração ΔI na corrente de saída dada por:

$$\Delta I = (\Delta E_1/R) \cdot [r_2/(r_1 + r_2 + R_2)] \cdot \prod_3^n [r_j/(r_j + R_j)]$$

Uma vez que $r_j \ll R_j$, e $I \simeq E_n/R$, vem:

$$\Delta I/I = (\prod_3^n r_j/R_j) \cdot (E_1/E_n) \cdot (\Delta E_1/E_1)$$

expressão que conduz a um resultado já obtido no caso particular $n = 2$.

Como ilustração do método, tomemos três acumuladores de f.e.m. $E_1 = 12\text{ V}$, $E_2 = 8\text{ V}$, $E_3 = 4\text{ V}$, resistências internas $r_1 = r_2 = r_3 = 0,1\ \Omega$, e escolhamos $I = 1\text{ A}$, $R_2 = R_3 = R = 4\ \Omega$. Nestas condições apenas ocorre uma alteração da corrente de saída de $I = 1,5 \cdot 10^{-4}\text{ A}$ quando a f.e.m. do primeiro acumulador ($E_1 = 12\text{ V}$) se altera de 1 V . De notar também que a corrente no segundo acumulador é então de apenas 6 mA por cada volt de variação da f.e.m. E_1 .

O circuito representa pois uma fonte de alimentação altamente estabilizada, com uma impedância (resistência de saída) da ordem de $0,1\ \Omega$.

5.3 Resultados experimentais

A Fig. 6c mostra o esquema de uma unidade que construímos e ensaiamos, com uma tensão de saída de 4 V e formada pela associação de três acumuladores de chumbo com f.e.m. de 12 V , 8 V e 4 V , e capacidades individuais de 80 Ah :

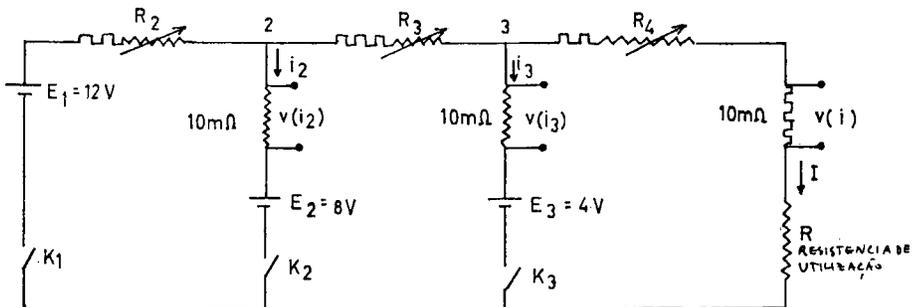


FIGURA 6c

Cada uma das resistências R_2, R_3, R é constituída por uma resistência fixa de alguns Ω (?) em série com uma resistência de décadas de elevada estabilidade e ajustável até ao décimo de Ω . A resistência padrão $R_0 = 0,1 \Omega$ em série com a resistência de utilização R permite obter uma tensão $R_0 I$ para a medida precisa da corrente por um método potenciométrico.

Para utilizar a unidade ligam-se os acumuladores E_1, E_2 e E_3 , e ajusta-se a resistência R de modo a levar I ao valor desejado; em seguida ajustam-se as resistências R_2 e R_3 de modo a tornar mínimas as intensidades i_2 e i_3 (8).

A figura 7 mostra uma curva da corrente I em função do tempo, obtida com a unidade descrita. Atingem-se pois valores de estabilidade de cerca de $2/10^7$ por minuto em menos de 1 hora após a ligação.

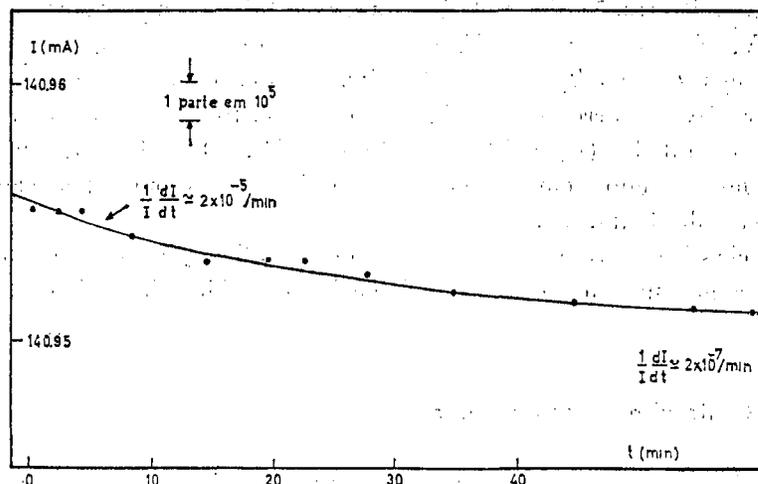


FIGURA 7

(7) As resistências fixas destinam-se apenas a proteger os acumulares.

(8) Na prática, $i_2(i_3)$ são ajustadas a valores inferiores a 1 mA . Como as tensões $v(i_2)$ e $v(i_3)$ são obtidas com uma resistência de $10 \text{ m}\Omega$, basta dispor de um voltímetro com resolução até $10 \mu \text{ V}$. Notar que o valor de $10 \text{ m}\Omega$ não altera significativamente a resistência dos ramos onde estão intercalados os acumuladores.

NOTICIÁRIO

I — DO RELATÓRIO DA Direcção da Delegação Regional de Lisboa REFERENTE AO ANO DE 1979

1 — *Actividades realizadas*

1.1 Jornadas de Divulgação Científica

Com o objectivo de contribuir para atenuar o isolamento cultural e científico da província e por outro lado chamar a atenção das camadas jovens para a importância da Física e para o estado actual do seu desenvolvimento no nosso País realizaram-se as seguintes Jornadas de Divulgação Científicas:

19 Janeiro 79	Évora	— <i>Física Nuclear</i> por A. Barroso (FCL) — <i>Novas formas de energia</i> por Rui Namorado Rosa (LFEN)
20 Janeiro 79	Elvas	— <i>O programa anterior</i>
26 Janeiro 79	Faro	— <i>Física Nuclear</i> por J. Emilio Ribeiro (CFMC) <i>Energia Nuclear</i> por Frederico de Carvalho (LFEN)
27 Janeiro 79	Portimão	— <i>O programa anterior</i>

1.2 Sobre o Centenário do Nascimento de Einstein

29 Março 79	— <i>Einstein e a Teoria Quântica</i> por J. Andrade e Silva (FCL)
19 Abril 79	— <i>Einstein e a Relatividade</i> — por M. Bazin
26 Abril 79	— <i>Einstein: Incidências Filosóficas da sua Obra</i> por J. Resina Rodrigues (IST)
3 Maio 79	— <i>Importância do Ensino da Relatividade</i> por A. Brotas (IST)

As palestras realizaram-se no Anfiteatro de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa, Rua da Escola Politécnica.

1.3 Jornadas Pedagógicas e de Acção Sindical — Curso de Setembro — Organizadas pelo Sindicato dos Professores da Grande Lisboa.

A Delegação Regional de Lisboa colaborou com o Sindicato na organização dos seguintes cursos:

- 1 a 4 Outubro — *Análise do Programa do 10.º ano de escolaridade*
debate orientado por: M. H. Andrade e Silva
(FCL)
e Margarida Leitão (Lic. P.
Ant. Vieira)
- Setembro. Outubro — *Curso sobre Instrumentação*
por J. Sousa Lopes. (FCL e LFEN)
- 2 e 3 Outubro — *A Teoria do Campo*
por J. Andrade e Silva (FCL)

1.4 Ciclo de Palestras nas Escolas Secundárias da zona da Grande Lisboa.

Organizaram-se as seguintes Palestras:

- | | |
|--|----------|
| 1. Escola Secundária Emídio Navarro | 5.79 |
| <i>A Física e a Astronomia</i>
Cândido Marciano da Silva (U. N. Lisboa) | |
| 2. Liceu Camões | 17.10.79 |
| <i>Fundamentos Físicos dos Reactores Nucleares de Cisão</i>
Jaime Oliveira (LFEN) | |
| 3. Liceu D. Pedro V | 27.10.79 |
| <i>A Física e a Atmosfera</i>
A. Costa Malheiros (INMG) | |
| 4. Escola Josefa d'Óbidos | 7.11.79 |
| <i>Perspectivas de Utilização da Energia Solar em Portugal</i>
Colares Pereira (CFMC) | |
| 5. Escola Secundária dos Olivais | 15.11.79 |
| <i>Aplicações de Feixes de Neutrões no Estudo da Matéria Condensada</i>
A. Vallèra (FCL/LFEN) | |
| 6. Escola Gama Barros (Cacém) | 21.11.79 |
| <i>De que são feitos os Protões?</i>
Mariano Gago (CFMC/IST) | |
| 7. Liceu Padre António Vieira | 28.11.79 |
| <i>Cristais Líquidos na Física e na Tecnologia</i>
A. Farinha Martins (CFMC) | |
| 8. Liceu D. Dinis | 5.12.79 |
| <i>Aplicações Industriais de Radiações e de Radioisótopos</i>
José Salgado (LFEN) | |

Já está organizado o calendário referente ao 2.º Período.

- 1.5 A Delegação Regional de Lisboa manifestou junto da Direcção Geral do Ensino Secundário a sua preocupação pelas alterações nos currículos do Ensino Secundário que levaram a uma redução apreciável do número de tempos lectivos dedicados ao ensino da Física, quer no campo teórico quer no campo experimental.

2 — *Sócios da Delegação Regional de Lisboa*

Em 31.XII.79 estavam inscritos nesta Delegação 498 sócios.

Contudo o verificar-se que um número apreciável de sócios tem quotas em atraso, como se mostra pelo quadro seguinte:

Quotas em dia	39
1979 em atraso	175
1978-1979 »	154
1977-1979 »	76
1976-1979 »	10
1975-1979 »	44

Rogamos o nosso apelo para que os sócios ponham as quotas em dia, podendo fazê-lo por meio de cheque ou vale do correio pagável a:

Sociedade Portuguesa de Física

Delegação Regional de Lisboa

II — DO RELATÓRIO DA DIRECÇÃO DA DELEGAÇÃO REGIONAL DE COIMBRA REFERENTE AO ANO DE 1979

Informações

1 — A Direcção da Delegação Regional de Coimbra tem promovido Encontros de Professores do Ensino Secundário e Básico. No ano lectivo 1978-79 reuniram-se periodicamente Professores que leccionaram as disciplinas de Física e Química do 10.º Ano. Debateram-se problemas relativos a objectivos, gerais, específicos e comportamentais, conteúdos programáticos, condições de trabalho, etc.. Esses encontros revelaram-se extremamente proveitosos não só por terem dado oportunidade a uma útil troca de experiências, mas também porque foi organizada uma compilação de textos que muito ajudou a dar conteúdo a um programa lançado em regime experimental.

2 — Tendo decorrido este ano, como é do conhecimento geral, as comemorações do Centenário do Nascimento de Albert Einstein colaborou esta Direcção no ciclo de conferências promovidas pelo Instituto de Coimbra.

3 — Recebemos, enviados pela Comissão Coordenadora do Centro Integrado de Formação de Professores, três exemplares dos trabalhos correspondentes a actividades desenvolvidas na Universidade de Aveiro durante a visita do Prof. V. N. Lunetta, da Universidade de Iowa, E.U.A..

1 — «Ensinar a Pesquisar».

2 — «Avaliação da Aprendizagem. Desenvolvimento intelectual e conceptual».

3 — «Avaliação do comportamento do Professor».

4 — Registou-se um aumento de 29 inscrições. No total o número de sócios passou a 281.

Actividades

20 de Janeiro — Encontro de Professores do Ensino Secundário para «Análise do Programa do 10.º Ano». Foi aprovada proposta a fazer à Direcção Geral do Ensino Secundário sobre a modificação da distribuição das horas curriculares da cadeira de Física e Química e decidiu-se transformar estes encontros em reuniões mensais.

22 de Janeiro — Reunião da Direcção com a seguinte ordem do dia:

- a — Preparação do Plano de Actividades para 1979.
- b — Assuntos de ordem administrativa.
- c — Aprovação de novos sócios.

3 de Fevereiro — Apresentação do Relatório e Contas de 1978 à Assembleia Regional

17 de Fevereiro — Reunião de Professores do Ensino Secundário tendo como objectivos:

- 1 — Troca de impressões sobre o trabalho já realizado.
- 2 — Crítica ao programa global de Química, a enviar à Direcção Geral do Ensino Secundário.
- 3 — Análise das alterações do Programa de Física, emanadas da Direcção Geral do Ensino Secundário.
- 4 — Planificação das unidades 4 e 5 de Física.

21 de Abril — Reunião do grupo de trabalho de Análise do Programa de Física e Química do 10.º Ano com os Professores do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, que regem cadeiras do primeiro ano. A síntese das conclusões foi enviada à Direcção Geral do Ensino Secundário, pela Direcção da Delegação Regional de Coimbra da S.P.F..

9 de Junho — Em colaboração com o Departamento Integrado de Formação de Professores da Universidade de Aveiro, realizou-se uma conferência pelo Prof. Vicent N. Lunetta da Universidade de Iowa E.U.A., subordinada ao tema:

«Actividades num Centro Regional para o Apoio do Ensino (das Ciências)».

16 de Junho — Último Encontro mensal para Análise dos Programas de Física e Química do 10.º Ano, relativo ao ano lectivo de 1978-79 com a seguinte ordem de trabalhos:

- 1 — Crítica ao programa do 10.º Ano (1978-79).
- 2 — Apreciação do trabalho realizado nos encontros mensais promovidos pela Direcção da Delegação de Coimbra da S.P.F..
- 3 — Sugestões para trabalho futuro a nível de Professores da Zona Centro.
- 4 — Planificação do trabalho de Análise dos Programas do 11.º Ano.

28 de Junho — Enviou esta Direcção aos Director Geral e Inspector Superior do Ensino Secundário um resumo do trabalho desenvolvido sobre o tema «Programa de Física e Química do 10.º Ano de Escolaridade». Em resumo, dessas conclusões julga-se ser necessário repensar o programa, pois os Professores são unânimes em afirmar que apenas os alunos bons conseguiram acompanhar na sua totalidade o programa leccionado. Torna-se também evidente um grande desequilíbrio na previsão do tempo reservado à Física e à Química ao longo do ano lectivo e que já foi referido em comunicação à Direcção Geral enviada a 21-4-1979.

Salienta-se o facto de que na generalidade das Escolas, o programa de Química para o qual estava reservado um terço do tempo lectivo total ocupou o 1.º e 2.º períodos.

Deu-se conta também das realizações ligadas ao tema referido, previstas para o primeiro trimestre do ano lectivo 1979-80.

13 de Outubro — Promoveu esta Direcção um Encontro para Análise do Programa de Física do 11.º ano, com a seguinte ordem de trabalhos:

- 1 — Articulação entre a matéria leccionada no 10.º ano de 1978-79 e o programa do 11.º ano.
- 2 — Análise global do programa do 11.º ano.
- 3 — Sugestões para trabalho futuro.

23 de Outubro — Informamos os Directores Gerais do Ensino Secundário e Básico da próxima realização em Coimbra de um III Curso de Actualização de Professores do Ensino Secundário e Básico, pedindo a necessária autorização para que fosse considerado serviço oficial. Autorização que foi concedida.

Foi solicitada à Reitoria desta Universidade o direito à utilização das Cantinas Universitárias para refeições dos participantes no Curso.

III Curso de Actualização de Professores dos Ensinos Secundário e Básico

Programa

Segunda-feira 5 de Novembro

- 9,30 h. — 1. Abertura do curso
2. Trabalhos de Grupo (I Parte)
 - A — Curso Unificado (8.º e 9.º)
 - B — Curso Complementar (10.º e 11.º)
- 14,30 h. — 3. Trabalhos de Grupo (II Parte)

Terça-feira 6 de Novembro

- 9,00 h. — Apresentação e apreciação dos trabalhos do Grupo A em sessão plenária.
- 11,00 h. — «Erros nas medidas Físicas»
Prof. Doutora Maria Margarida Ramalho da Costa
- 14,30 h. — Apresentação e apreciação dos trabalhos do Grupo B em sessão plenária.

Quarta-feira 7 de Novembro

- 9,00 h. — «O conceito de Resistência Eléctrica, pretexto para dar vida a um modelo físico através de um relance pela sua aplicabilidade industrial.
Prof. Doutor António de Figueiredo
- 11,00 h. — «Referenciais — massa e carga eléctrica em movimento; referências; forças de inércia».
Prof. Doutor Luís Alte da Veiga
- 14,30 h. — Encerramento do curso com planificação de trabalhos futuros.

Da síntese das conclusões das sessões de trabalho realizadas no decorrer deste curso salientam-se.

- a necessidade da introdução da disciplina de Físico-Químicas no curriculum do 7.º ano de Escolaridade.
- a impossibilidade de proporcionar aos alunos do Curso Complementar a execução de trabalhos laboratoriais na presente distribuição do número de horas semanais.
- a experiência positiva do Curso Complementar do Ensino Técnico em que se efectuou a separação da Física da Química.

- constatado o deficiente apetrechamento da maioria das Escolas Secundárias foi referida a criação de um grupo de Professores, com capacidade reconhecida que, em regime de destacamento, fizesse o levantamento das necessidades de equipamento nas escolas da zona e se propusessem recuperar e improvisar material acessível.
- foi apontada a deficiente preparação dos alunos na disciplina de Matemática, sugerindo-se ainda uma melhor articulação entre os programas de Física e Matemática.

III — SERVIÇO «CUIDE»

O serviço «CUIDE» (Cooperation Universitaire pour l'Information et la Documentation des Enseignants) procura estabelecer uma ligação entre o Ensino Secundário e a Universidade.

Com a colaboração de Professores da Universidade Pierre et Marie Curie (entre outras), este serviço publica anualmente três fascículos e responde a variadas questões postas por professores do ensino secundário.

O primeiro fascículo foi publicado em Abril de 1974 e o último (n.º 15) em Janeiro de 1980. Qualquer deles pode ser adquirido através do serviço «CUIDE», mediante o envio de 15F por cada fascículo encomendado.

Para obter informação adicional, é favor escrever para:

Nicole HULIN, Lydie MOUSSELIN ou Jean BUTAUX

Service CUIDE

Université Pierre et Marie Curie

Tour 32-22, 3ème étage

4, place Jussieu

75230 PARIS Cedex 05,

FRANCE

IV — EUROPEAN JOURNAL OF PHYSICS

O Institute of Physics (IOP) assinou um acordo com a European Physical Society (EPS) para a publicação a partir de 1980 de uma nova revista: European Journal of Physics. Prevê-se que o primeiro número saia em Junho de 1980 e os sete seguintes, que constituirão os dois primeiros volumes, até fins de 1981. A partir desta data, a periodicidade da revista será trimestral.

A nova revista pretende preencher uma lacuna no conjunto das muitas publicações europeias relativas a áreas especializadas da Física. Terá por objectivo a permuta de ideias sobre a Física e o seu ensino nas universidades e outras instituições de ensino superior: uma revista cuja função pretende ser a de comunicar aos seus leitores as ideias daqueles que têm por missão ensinar e que facultará um espaço de discussão de ideias novas, porventura controversas, sobre tópicos de Física bem conhecidos.

As contribuições a publicar enquadrar-se-ão dentro das categorias seguintes: artigos explicitamente educacionais, de natureza pedagógica, versando tópicos de física, ou métodos de ensino praticados em diversas instituições ou países, ou referentes à formação de novos professores; artigos sobre temas de carácter interdisciplinar; artigos que tratem as implicações culturais da Física.

O primeiro Editor da revista será o Professor G. W. Series, da Universidade de Reading. O corpo editorial é constituído por físicos dos países membros da EPS interessados na ensino da Física.

NOTAS PARA OS AUTORES

A Gazeta de Física convida os seus leitores a contribuir com originais para publicação. Embora o conteúdo dos trabalhos publicados seja da responsabilidade dos autores, os originais apresentados para publicação são previamente sujeitos a uma leitura crítica por um ou mais especialistas na matéria versada que poderão propor alterações. Os originais não publicados serão devolvidos e acompanhados da respectiva justificação.

Recomenda-se aos autores que, na medida do possível, sigam as normas seguintes:

- 1 — Indicar, sob o título do trabalho, o nome dos autores na forma em que estes desejam subscrever a sua colaboração e, facultativamente, o nome da instituição a que eventualmente estejam ligados. Por outro lado, deverão sempre indicar o endereço para o qual serão enviadas as provas tipográficas.
- 2 — Apresentar um breve resumo do artigo.
- 3 — Os originais deverão ser dactilografados a dois espaços, com uma margem esquerda de cerca de 3 cm.
- 4 — O texto e as figuras deverão ser apresentadas sob forma definitiva para publicação. As provas tipográficas destinam-se a permitir aos autores a correcção de «gralhas» e, se estritamente indispensável, a introdução de ligeiras alterações ou adições. A alteração da pontuação é equivalente à alteração do texto. Qualquer alteração constitui um encargo adicional para a SPF.
- 5 — As figuras deverão ser executadas, separadamente, a tinta da china e com o rigor necessário à sua reprodução definitiva. Todos os seus detalhes, e os símbolos em especial, deverão ser de dimensões compatíveis com a redução a que a figura será sujeita para publicação. Quando se trate de fotografias estas deverão ser a preto e branco sobre papel brilhante.
- 6 — Deverá ser apresentada, em separado, uma lista das figuras com as respectivas legendas.

A Gazeta de Física oferecerá aos autores 50 separatas de cada artigo publicado. Separatas adicionais poderão ser solicitadas a quando da revisão das provas, sendo o respectivo encargo suportado pelos autores.

