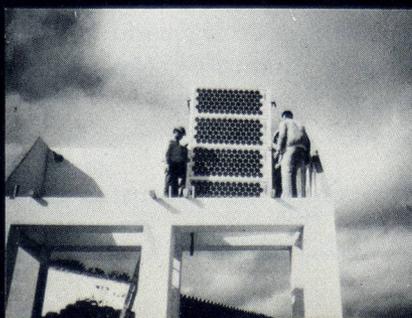
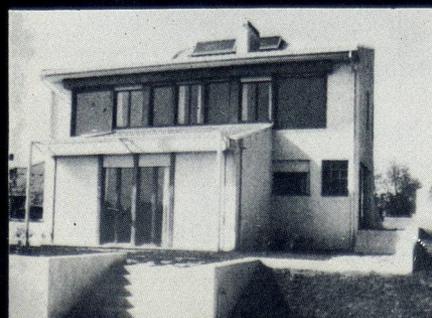
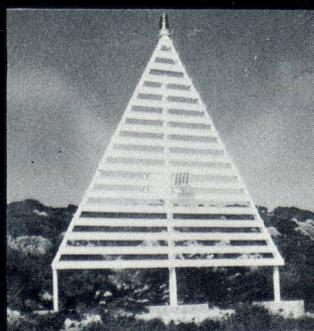
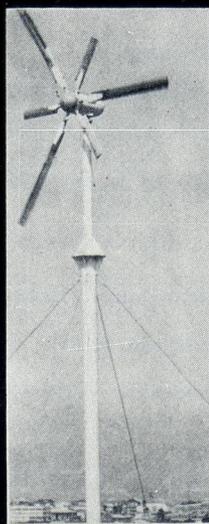
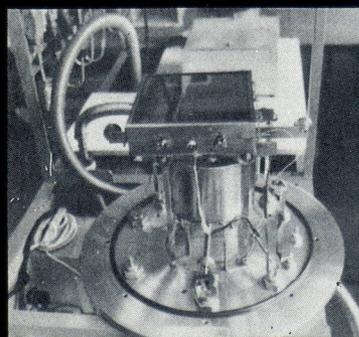
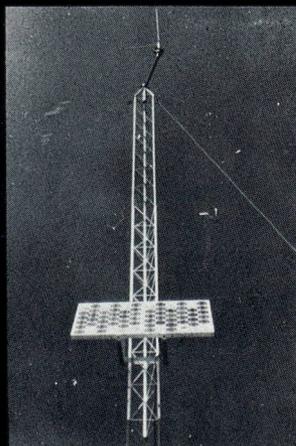
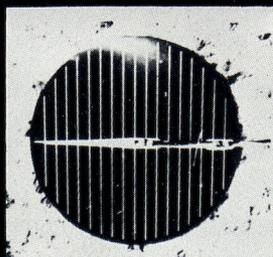
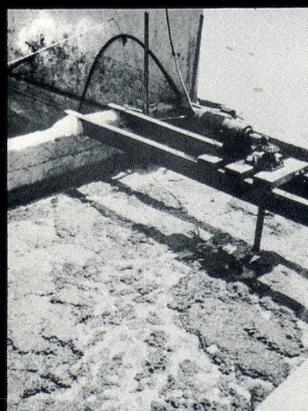


GAZETA DE FISICA

REVISTA DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FISICA



VOL. 8, FASC. 3
JULHO 1985

Energias alternativas em Portugal - algumas realizações: fotovoltaica, eólica, biogás, sistemas solares passivos.

GAZETA DE FÍSICA

Fundada em 1946 por A. Gibert

Propriedade e Edição: Sociedade Portuguesa de Física

Director: Filipe Duarte Santos (Secretário-Geral da S.P.F.)

Comissão de Redacção

Conselho Directivo da S.P.F.: J. Moreira Araújo, F. Duarte Santos, E. Ducla Soares, J. Bessa Sousa, Rui J. Agostinho, J. Carvalho Soares, M. Amaral Fortes, Margarida R. Costa, Maria José Almeida, M. Pereira de Barros, J. Brochado Oliveira.

A **Gazeta de Física** publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Os artigos podem ter índole teórica, experimental ou aplicada, visando promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, o intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam ou aplicam a Física. As opiniões expressas pelos autores não representam necessariamente posições da S.P.F.

A **Gazeta de Física** deverá constituir também um espaço de informação para as actividades da S.P.F., nomeadamente as suas Delegações Regionais e Divisões Técnicas.

Os manuscritos deverão ser submetidos para publicação em duplicado, dactilografados a dois espaços. Figuras ou fotografias deverão ser apresentadas em folhas separadas e prontas para reprodução, com eventual redução de tamanho.

Toda a correspondência deverá ser enviada para

Gazeta de Física

Sociedade Portuguesa de Física

Av. República, 37-4.º – 1000 LISBOA

A **Gazeta de Física** é enviada gratuitamente a todos os Sócios da S.P.F. no pleno uso dos seus direitos.

Preço de assinatura : país 500\$00 ; estrangeiro US\$10.

Preço do fascículo avulso (sede e delegações da SPF) : 100\$00.

7	1	2
6	8	3
5	4	

1. Célula fotovoltaica (Si cristalino) *Sistemas fotovoltaicos:*
2. Repetidor de telecomunicações (Maia, Efacec) 3. Sinalizador de protecção a cabo submarino (Sesimbra) 4. Aldeamento do Vale da Rosa (Alcoutim) 5. Sistema solar passivo (Ramalde, Porto)
6. Fabrico de células de Si amorfo (Un. Nova Lisboa) 7. Instalação de biogás (região Centro) 8. Um gerador eólico português (Aerosil).

Publicação subsidiada pelo Instituto Nacional de Investigação Científica

Problemas pedagógicos do ensino da Dinâmica (*)

M. CONSTANÇA BATORÉU PROVIDÊNCIA

Ladeira das Alpenduradas, 38 — Coimbra

É apresentado um inquérito destinado a revelar as ideias dos alunos e as dificuldades que se lhes poderão deparar no que respeita à aprendizagem das leis da dinâmica.

Da análise dos resultados do inquérito e da identificação das diferenças existentes entre o ponto de vista dos alunos e as concepções cientificamente correctas propomo-nos apresentar métodos e técnicas adequados à correcção dos conceitos errados ou confusos, eventualmente detectados nas respostas.

Não sei o que pareço ao mundo, mas para mim julgo ter sido apenas um menino a brincar na praia, divertindo-me de vez em quando à procura de uma pedra mais polida ou de uma concha mais bonita que as demais. Enquanto que o grande oceano da verdade permanecia desconhecido à minha frente ...

Isaac Newton

... a partir dos fenómenos do movimento investigar as forças da natureza, e depois a partir destas forças demonstrar os outros fenómenos: ... os movimentos dos planetas, dos cometas, da lua e do mar ...

Isaac Newton

1 — Introdução

Vários artigos recentes [1-7] têm chamado a atenção para a necessidade de ter em conta, na abordagem do programa de Física, para além do raciocínio lógico do estudante, também os seus conceitos relativos a questões científicas. É por vezes diferente o próprio significado atribuído pelo aluno, até nos cursos adiantados, e pelo professor a certas palavras como por exemplo força, peso, trabalho e energia. Os alunos desenvolveram ideias sobre grande parte das palavras usadas em disciplinas científicas muito antes do ensino formal destas matérias. As concepções dos jovens e o significado que atribuem às palavras não são conceitos isolados e desconexos mas integram-se numa explicação coerente do mundo sob o seu ponto de vista.

No ensino da Física supõe-se muitas vezes que o aluno não desenvolveu anteriormente qualquer representação intelectual relacionada com o assunto e que portanto quem ensina

pode preencher a seu bel-prazer o vazio existente no espírito daquele. É como se o conhecimento prévio do aluno não estivesse fortemente enraizado nem tivesse grande importância e pudesse ser facilmente substituído pela ciência do professor.

Importa reconhecer a existência, na mente da criança, de conceitos pré-científicos, susceptíveis de interagirem com as noções que o professor pretende transmitir ou pretende que a criança vá construindo. Esta realidade não pode ser ignorada na escolha da estratégia de ensino adequada.

O contacto com os alunos numa Escola Secundária típica permite verificar, por experiência directa, que os quadros conceptuais de referência sobre os quais os nossos alunos baseiam a sua captação do universo entram muitas vezes em conflito com os conceitos que nós lhes queremos comunicar.

(*) Este artigo baseia-se num trabalho apresentado durante o Estágio Pedagógico de 1983/1984.

Há que ter em conta ideias já profundamente implantadas na mente dos jovens ao tentarmos transmitir-lhes novos conceitos e proporcionar-lhes experiências de aprendizagem que os levem a substituir as suas convicções antigas por novas, de modo a adquirirem uma percepção mais científica do universo.

Para que haja modificação da estrutura cognitiva do aluno é portanto essencial que nós, os professores, conheçamos essa estrutura e estejamos conscientes da grande distância que separa a nossa concepção dos fenómenos e a concepção inicial do estudante.

Com o fim de obter um conhecimento tão sistemático quanto possível das ideias prévias dos alunos, um dos métodos a que podemos recorrer é o de inquéritos apropriados. O resultado destes poderá depois ser usado de modo a levar os alunos a atingirem um ponto de vista cientificamente mais correcto através de uma adequada estratégia, apoiada em exemplos, experiências, filmes [12], etc.. A informação que se adquire através de inquéritos pode contribuir decisivamente para melhorar o ensino da Física, pois que o estudo das respostas obtidas e das reacções reveladas permite caracterizar os conceitos mais facilmente assimiláveis bem como as ideias erradas cuja existência constitui o obstáculo mais sério à correcta compreensão dos princípios desta ciência.

Na Secção II é apresentado um inquérito elaborado com vista a caracterizar as dificuldades conceptuais dos alunos na aprendizagem das leis da dinâmica e destinado a ser submetido a uma amostragem de população estudantil representativa do 10.º ano de escolaridade. As situações esquemáticas do domínio da dinâmica nele focadas, foram concebidas por forma a satisfazerem os seguintes requisitos:

- a) serem familiares;
- b) exemplificarem as consequências práticas de uma ou várias leis da dinâmica.

Para responder correctamente ao inquérito apenas se apela ao espírito de observação e não a conhecimentos científicos. O anonimato das respostas deve ser assegurado por forma a evitar a influência de factores inerentes a qualquer processo de avaliação de conhecimentos.

No inquérito são descritas cinco situações diferentes em relação a cada uma das quais é apresentada uma questão de escolha múltipla. Aos alunos é pedido que indiquem qual a resposta que em sua opinião melhor corresponde à interpretação física da situação, bem como as razões da escolha efectuada, sendo, além disso, dada sempre a oportunidade de indicarem qualquer interpretação que não tenha sido sugerida.

II — Inquérito

1. Descrição do inquérito

Este inquérito refere-se a forças e às causas do movimento e consta de cinco questões.

A primeira questão exemplifica a condição para que duas forças se compensem e o princípio de igualdade da acção e reacção.

A segunda questão refere-se ao princípio de inércia.

A terceira questão caracteriza força como causa de alteração do estado de movimento dum corpo e introduz o conceito de massa de inércia.

A quarta questão foca o princípio de independência das forças e exemplifica a condição de equilíbrio de um sistema de forças aplicadas a um ponto material.

A quinta questão é relativa ao princípio de igualdade da acção e reacção e ao conceito de massa de inércia.

Pretendemos que as respostas ao inquérito revelem o que os alunos do 10.º ano de escolaridade pensam de algumas noções elementares de Mecânica.

O inquérito é anónimo para que as respostas não sejam desvirtuadas por preocupações estranhas à sua finalidade.

Após cada questão é reservado um espaço em branco à justificação da escolha efectuada.

2. Questionário

Q.1 Um lavrador tem dois cavalos igualmente possantes. Para os prender a uma árvore usa uma corda que nenhum deles é capaz de partir, embora não deva faltar muito para isso. Se o lavrador prender os cavalos um ao outro

poderão os dois juntos, puxando cada qual para seu lado, partir a corda?

- Sim Não

Justifica a tua resposta.

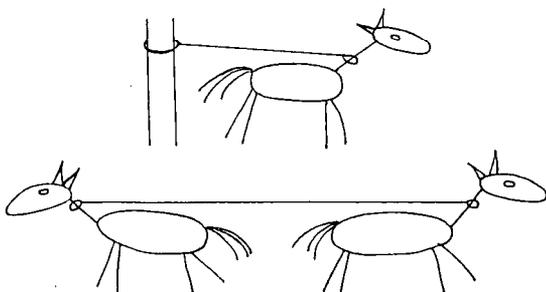


Fig. 1

Q.2 Um automobilista descuidado coloca uma mala sobre o tejadilho do carro esquecendo-se de a amarrar. O automóvel arranca subitamente. Por ser alcatroado e liso o pavimento, não há solavancos. No entanto a mala cai.

Assinala a frase que na tua opinião melhor interprete o fenómeno, justificando a escolha que fizeste.

- A mala cai porque o vento a empurra para trás.
 A mala cai porque, no momento do arranque súbito, o seu peso se dirige instantaneamente para trás.
 A mala cai porque não é puxada e deixa de ter o apoio do tejadilho quando o automóvel arranca.
 É outra a explicação do fenómeno (dizer qual).

Justifica a tua resposta.

Q.3 Uma automotora desloca-se a 100 km/h numa via horizontal e rectilínea necessitando nessas circunstâncias de um percurso de 5 km para travar com segurança.

Esta automotora reboca à referida velocidade de 100 km/h outra automotora de igual peso, cujo sistema de travagem se não encontra, porém, operacional.

Assinala a frase que, em tua opinião, se aplica à situação descrita e justifica a escolha efectuada.

- A operação de travagem necessita de maior distância quando a automotora reboca o atrelado.

- O percurso necessário para travar é menor quando a automotora arrasta o atrelado porque a tendência de um corpo qualquer para parar é tanto maior quanto maior for o seu peso.
 A distância necessária para parar é sempre a mesma, quer haja ou não atrelado.

Justifica a tua resposta.

Q.4 Sobre uma placa de esferovite ou contraplacado delgado, apoiada sobre uma camada de pequenas esferas de aço espalhadas no tampo de uma mesa, é colocado um pequeno carrinho de corda em movimento. A acção do carrinho sobre a placa é tal que esta, devido à sua grande mobilidade, se desloca para a esquerda quando o carrinho se desloca para a direita (Fig. 2).

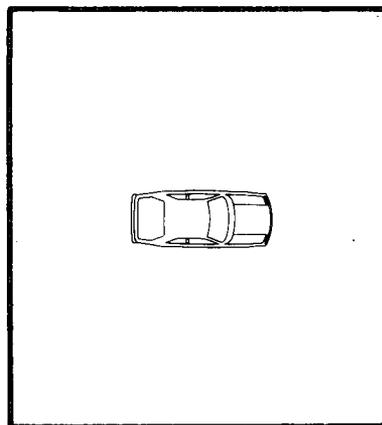


Fig. 2

- a) Pretende-se colocar dois carrinhos, exactamente iguais, em movimento sobre a referida placa de tal modo que esta permaneça imóvel. Escolhe o esquema da Fig. 3 que te pareça apropriado para o efeito.

Justifica a tua resposta.

b) Pretende-se colocar dois carrinhos iguais em movimento sobre a placa de tal modo que o efeito sobre esta seja equivalente ao de um só carrinho deslocando-se para a direita. Escolhe o esquema da Fig. 3 apropriado para o efeito.

Justifica a escolha efectuada.

c) Pretende-se colocar três carrinhos iguais em movimento sobre a referida placa, de tal modo que esta permaneça imóvel. Escolhe o esquema (ou esquemas) na Fig. 3 apropriado(s) para o efeito.

Justifica a escolha que fizeste.

d) Pretende-se colocar três carrinhos iguais em movimento sobre a referida placa, de tal modo que o efeito sobre esta seja equivalente ao de um só carrinho deslocando-se para a direita. Escolhe o esquema (ou esquemas) da Fig. 3 que te pareçam apropriados para o efeito.

Justifica a tua resposta.

Q.5 O Júlio Gorducho puxa pela extremidade de uma corda, da qual a outra ponta está atada ao cinto do Manuel Magriço, fazendo com que este se aproxime. Ambos se equilibram sobre plataformas munidas de rodas lubrificadas devidamente. Verifica-se que ambos se movimentam, sendo, porém, maior o deslocamento do Manuel.

Assinala a explicação que, em tua opinião, melhor interpreta o fenómeno, justificando a escolha efectuada.

- Ao mesmo tempo que puxa o Manuel, o Júlio tenta impedir que a sua plataforma se mova exercendo sobre ela uma força conveniente.
- O deslocamento do Manuel é maior porque é o Júlio quem, puxando pela corda, exerce a força que está na origem do movimento.
- O Júlio é puxado pela própria corda que está a segurar. Por ser mais pesado o seu deslocamento é menor.

É outra a explicação do fenómeno (dizer qual).

Justifica a tua resposta.

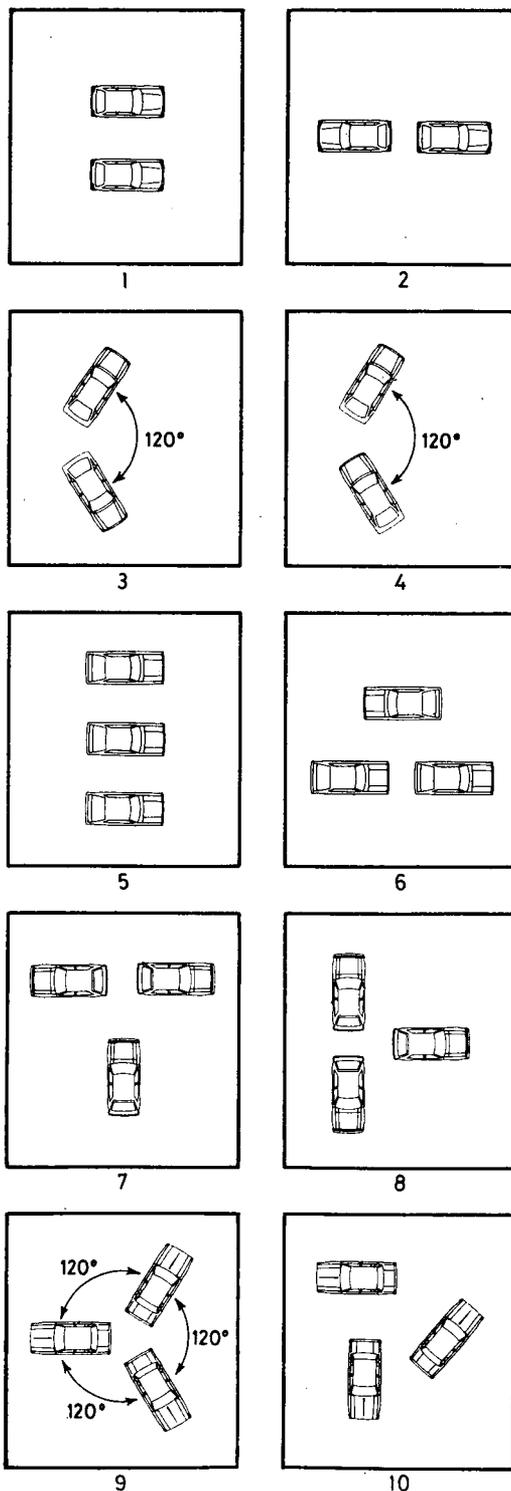


Fig. 3

3. Considerações gerais

O estudo das respostas ao inquérito deverá seguir os seguintes passos:

- a) Caracterização científica da situação focada em cada questão.
- b) Análise dos inquéritos, agrupando as respostas a cada questão consoante os diferentes esquemas conceptuais utilizados pelos alunos na interpretação da situação considerada. Sugere-se que só os esquemas apresentados por três ou mais alunos sejam considerados.
- c) Ilustração dos diferentes quadros conceptuais por meio de transcrições de extractos das justificações mais representativas.
- d) Discussão dos quadros identificados.
- e) Discussão das implicações pedagógicas.

N.R. — *Num próximo número da Gazeta dedicaremos especial atenção à análise de resultados obtidos com o inquérito. Desde já se convidam os leitores a enviarem comentários e resultados eventualmente obtidos.*

BIBLIOGRAFIA

- [1] CLEMENT, J. — «Students' preconceptions in introductory mechanics», *Am. J. Phys.*, **50**, 66 (1982).
- [2] GILBERT, J. K., WATTS, D. M. e OSBORNE, R. J. — «Students' conceptions of ideas in mechanics», *Phys. Educ.*, **17**, 62 (1982).
- [3] McCLOSKEY, M. — «Intuitive Physics», *Scientific American*, **248**, N.º 4, 114 (1983).
- [4] THOMAS, M. F. — «An analysis of students' understanding about the concept of force», 3.ª Conf. Nac. Física, Coimbra, 1982.
- [5] WATTS, D. M. — «A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force», *Eur. J. Sci. Educ.*, **5**, N.º 2, 217 (1983).
- [6] WATTS, D. M. — «Some alternative views of energy», *Phys. Educ.*, **18**, 213 (1983).
- [7] WATTS, D. M. e ZYLBERSZTAJN, A. — «A survey of some children's ideas about force», *Phys. Educ.*, **16**, 360 (1981).
- [8] JARDINE, J. — «Physics is fun», Heinemann Educational Books Ltd, London, 1969.
- [9] PSSC — «Física-III», Edart, S. Paulo, 1976.
- [10] ROGERS, E. M. — «Physics for the Inquiring Mind», Princeton Univ. Press, London, 1977.
- [11] RUTHERFORD, F. J., HOLTON, G. e WATSON, F. G. — «Projecto Física», Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1978.
- [12] NEWTON'S LAWS — Filme, ref. 103-G, FilMOTECA do Dep. Física Univ. Lisboa.

II SIMPÓSIO IBÉRICO DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA

Sevilha, 2 a 4 de Abril de 1986

Foram já distribuídas as primeiras circulares para pré-inscrições, indicações sobre eventual necessidade de alojamento e intenção de apresentação de comunicações. Os temas do Simpósio são: espectroscopia de sólidos, estudos estruturais, propriedades mecânicas e térmicas, propriedades eléctricas, magnéticas e ópticas, fenómenos críticos e transições de fase, física das superfícies, defeitos em sólidos, cristais líquidos e polímeros, materiais amorfos e meios desordenados, ciência dos materiais, técnicas experimentais, líquidos, temas interdisciplinares.

Os interessados que ainda não se inscreveram podem solicitar, com urgência, fichas de pré-inscrição nas Delegações da SPF ou no Secretariado Nacional (vide *Gaz. Fís.* **8**, 64 (1985)).

Cursos de Reciclagem

A Delegação Regional de Lisboa tem vindo a realizar uma série de Cursos de reciclagem para os seus sócios. No princípio do próximo ano lectivo terão lugar ainda os seguintes cursos:

- *Interacção Física-Matemática no Ensino Secundário (30/9 a 4/10);*
- *Estática (30/9 a 4/10);*
- *Mecânica Quântica (7 a 11/10);*
- *Microcomputadores no Ensino (repetição; 30/9 a 4/10).*

Dado que, em alguns cursos, ainda há lugares livres, a Delegação Regional de Lisboa aceita inscrições de professores que não puderam planear com maior antecedência a frequência destes cursos.

Sobre a ordem de grandeza das pressões e temperaturas no interior das estrelas

JOÃO LIN YUN e FILIPE DUARTE SANTOS

Departamento de Física, Faculdade de Ciências de Lisboa

1. Introdução

Pertence já ao passado o tempo em que se desconhecia quase totalmente a natureza e constituição desses objectos longínquos que povoam o céu nocturno com o seu brilho ténue e frágil. A Astronomia e a Astrofísica dos nossos dias permite conhecer com segurança alguns factos importantes sobre a origem e evolução das estrelas.

É um facto bem estabelecido actualmente o carácter nuclear da fonte de energia de uma estrela, capaz de lhe fornecer a energia irradiada e simultaneamente equilibrar as forças gravitacionais, decorrentes da sua própria massa, evitando, ainda que temporariamente, o colapso gravitacional. Uma estrela mantém-se estável, a emitir prodigiosas quantidades de energia, à custa da conversão da sua própria massa em energia. A quantidade de massa convertida, porém, é diminuta. Durante a fase estável de uma estrela, cuja duração é superior a 10^8 anos e ocupa a maior parte da sua vida, a perda percentual de massa é desprezável, pelo que a massa pode considerar-se como sensivelmente constante. Na parte final da vida de uma estrela dão-se em geral fenómenos de tipo explosivo seguidos de um inevitável colapso gravitacional.

Sendo assim o que é uma estrela? Pode definir-se como uma concentração de matéria, essencialmente hidrogénio, de forma aproximadamente esférica, cujo interior atingiu temperaturas suficientemente elevadas para que se tenham iniciado processos de produção de energia nuclear. Na fase estável da vida de uma estrela a matéria no seu interior encontra-se sob a forma de plasma. Este é um meio gasoso e electricamente neutro no seu conjunto, formado por electrões, núcleos atómicos e iões

com elevadas energias cinéticas. Quando um gás é aquecido até atingir temperaturas muito elevadas transforma-se num plasma por meio de processos de ionização. No interior da estrela a energia é produzida em reacções termo-nucleares de fusão nas quais núcleos atómicos se fundem por acção da força nuclear de modo a formar núcleos atómicos com número de massa mais elevado. O principal processo é a fusão do hidrogénio em hélio através de várias cadeias de reacções nucleares. Uma estrela é pois uma gigantesca máquina de transformação de hidrogénio em hélio. É curioso observar que um dos maiores desafios tecnológicos e científicos dos nossos dias é a construção de um reactor de fusão nuclear no qual a energia é produzida através da fusão do hidrogénio em hélio, precisamente como no interior das estrelas.

A energia produzida nas regiões internas da estrela em reacções de fusão é transportada para a periferia, de onde irradia para o exterior, sob forma de radiação electromagnética (ou seja, emissão de fotões), emissão de neutrinos e alguma emissão de massa, sob a forma de protões e outras partículas. A taxa de produção desta energia depende fortemente da temperatura da estrela. Quanto maior é a temperatura, mais elevada é a potência termo-nuclear produzida. A razão deste facto é simples. Para haver fusão nuclear é necessário que os núcleos atómicos se aproximem o suficiente para actuar a força nuclear de curto alcance, vencendo-se a repulsão devida às forças de Coulomb. Quanto mais elevada a temperatura maior é a energia cinética com que se dão as colisões entre núcleos e iões, portanto maior é a probabilidade de ser vencida a barreira de Coulomb.

A temperatura do interior de uma estrela determina o valor da sua luminosidade que é a energia total lançada para o espaço na unidade de tempo. Esta energia é quase exclusivamente de natureza electromagnética.

Por outro lado a temperatura no interior da estrela também determina uma pressão cinética que adicionada à pressão de radiação electromagnética é suficiente para equilibrar a pressão exercida pelas forças gravitacionais. Recorde-se que a pressão de radiação tem a sua origem no facto de que a radiação electromagnética transporta momento linear à velocidade da luz c . A um fluxo de energia de radiação E está associado um fluxo de momento linear E/c .

O valor da luminosidade de uma estrela e a condição de equilíbrio das forças gravitacionais impõem limites inferiores para as temperaturas e pressões no interior da estrela. Vamos mostrar como é possível obter de modo simples, a partir de leis fundamentais da física, bem conhecidas, uma estimativa para a pressão e temperatura das estrelas. Importa salientar que actualmente se conhecem modelos de estrelas muitíssimo mais sofisticados e realistas que permitem chegar a uma previsão para os valores da temperatura, da pressão e da densidade em cada ponto da estrela. Contudo existem ainda grandes incertezas nestes modelos. Por exemplo, as dificuldades na medição laboratorial de secções eficazes de reacções nucleares a baixas energias reflecte-se em incertezas no cálculo da taxa de produção de energia no interior das estrelas. Tais secções eficazes são normalmente muito pequenas devido à repulsão Coulombiana.

Nos cálculos que se seguem usar-se-á a aproximação de considerar a pressão nula na superfície da estrela. De facto, como se verá posteriormente, o elevado valor de P no interior, justifica tal aproximação. Vamos também admitir que a estrela tem simetria esférica e desprezar o seu movimento de rotação e campos magnéticos. Nestas condições as grandezas físicas não dependem das variáveis angulares mas apenas da distância ao centro r .

2. Cálculo da pressão

As equações fundamentais de onde vamos partir são as equações que determinam o gradiente de pressão e de massa

$$\frac{dP}{dr} = -G \frac{M(r)}{r^2} \rho(r), \quad (1)$$

$$\frac{dM}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r), \quad (2)$$

onde G é a constante universal de gravitação, $\rho(r)$ a densidade à distância r do centro e $M(r)$ a massa da esfera de raio r . A eq. (1) traduz o equilíbrio hidrostático, que, numa estrela não-rotativa, é apenas assegurado por duas forças opostas. A gravidade provocaria o colapso da estrela se a força de pressão do gás e de pressão da radiação não fosse suficiente para a equilibrar em cada ponto da estrela. Tem-se pois

$$F_{\text{grav.}} + F_{\text{press}} = 0 \quad (3)$$

onde $F_{\text{grav.}}$ e F_{press} representam a resultante das forças da gravidade e de pressão sobre um elemento de volume dV , altura dr dirigida segundo a direcção radial e de secção trans-

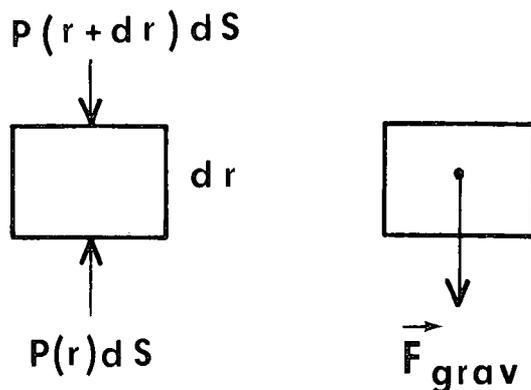


Fig. 1 — Equilíbrio hidrostático de um volume $dV = dr dS$ no interior de uma estrela. Em a) estão representadas as forças de pressão em b) a força gravitacional.

versal dS , conforme se indica na Fig. 1. A massa deste elemento de volume é

$$dm = \rho(r) dV = \rho(r) dr dS$$

e a força gravitacional que sobre ele actua é apenas devida à massa interior à esfera de

raio r (as forças gravitacionais devidas à massa exterior à esfera de raio r têm resultante nula). Consequentemente

$$|\mathbf{F}_{\text{grav.}}| = G \frac{M(r)}{r^2} \rho(r) dr dS. \quad (4)$$

Por outro lado a resultante das forças de pressão sobre o volume dV satisfaz à relação

$$|\mathbf{F}_{\text{press}}| = (P + dP) dS - PdS = dP dS. \quad (5)$$

Combinando as eqs. (3), (4) e (5) obtém-se imediatamente a eq. (1). A eq. (2) traduz a relação entre $M(r)$ e a densidade local $\rho(r)$. Da expressão da massa dM de uma camada esférica de raio r e espessura dr

$$dM = 4\pi \rho(r) r^2 dr,$$

obtém-se directamente a eq. (2).

Eliminando $\rho(r)$ entre as eqs. (1) e (2) vem

$$\frac{dP}{dr} = - \frac{GM(r)}{4\pi r^4} \frac{dM}{dr}$$

e por integração entre $r = 0$ e $r = R$, onde R é o raio da estrela,

$$P_c = \frac{G}{4\pi} \int_0^M \frac{M(r)}{r^4} dM(r). \quad (6)$$

Na eq. (6) $M = M(R)$ é a massa da estrela, $P_c = P(0)$ é a pressão no centro e tomou-se $P(R) = 0$. Obtém-se um limite inferior para a pressão central P_c se substituirmos r por R no denominador da função integrada da eq. (6). Efectuando a integração em r vem

$$P_c > \frac{GM^2}{8\pi R^4}. \quad (7)$$

O cálculo do limite inferior dado pela eq. (7) pressupõe obviamente que se conhece a massa e o raio da estrela. Estes valores estão bem determinados para o Sol. A massa calcula-se facilmente a partir do período de revolução da terra em torno do Sol e do raio desta órbita, por aplicação da terceira lei de Képler. Obtém-se $M_{\odot} = 1.989 \times 10^{33}$ g onde \odot é o símbolo que convencionalmente representa o Sol. O raio do Sol $R_{\odot} = 6.960 \times 10^{10}$ cm pode determinar-se a partir do valor da distância à Terra e por medição do

seu diâmetro aparente. Finalmente recordando $G = 6.673 \times 10^{-8}$ dyn cm² g⁻² obtém-se

$$P_{c\odot} > 4.48 \times 10^{14} \text{ dyn cm}^{-2} = 4.42 \times 10^8 \text{ atm} \quad (8)$$

Para outra qualquer estrela será

$$P_c > 4.42 \times 10^8 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^2 \left(\frac{R_{\odot}}{R} \right)^4 \text{ atm}. \quad (9)$$

Note-se que a determinação da massa e do raio das estrelas é bem mais difícil do que para o Sol. A determinação da massa é possível de fazer em estrelas duplas cuja separação angular é suficiente para ser resolvida pelo telescópio. Torna-se assim possível determinar o semi-eixo maior da órbita em torno da outra estrela e o respectivo período de revolução. Com estes valores calcula-se a massa recorrendo à terceira lei de Képler. A Fig. 2 mostra o movimento aparente das estrelas Sirius A e B e as órbitas que dele se deduzem para este sistema duplo. O raio pode determinar-se através do conhecimento da luminosidade e da temperatura da superfície utilizando a lei de Stefan-Boltzmann, à qual nos referimos na secção seguinte.

3. Cálculo da temperatura

Para determinar a temperatura de uma estrela é necessário começar por fazer hipóteses sobre qual o estado em que se encontra a matéria no seu interior. Conforme foi já mencionado a maioria das estrelas encontra-se no estado gasoso e constitui uma boa aproximação admitir que o gás é um gás perfeito. Consequentemente vamos utilizar a equação de estado dos gases perfeitos que é conveniente escrever sob a forma

$$P = \frac{N_0 k}{\mu} \rho T \quad (10)$$

onde $N_0 = 6.02 \times 10^{23}$ mol⁻¹ é o número de Avogadro, $k = 1.38 \times 10^{-16}$ erg K⁻¹ é a constante de Boltzmann e μ é a massa molecular média do plasma estelar. No caso de estrelas com densidades muito elevadas a apro-

ximação do gás perfeito deixa de ser válida. É o caso das estrelas anãs brancas e das estrelas de neutrões cujo estudo requer necessariamente a consideração explícita do princípio de exclusão de Pauli, de natureza quântica.

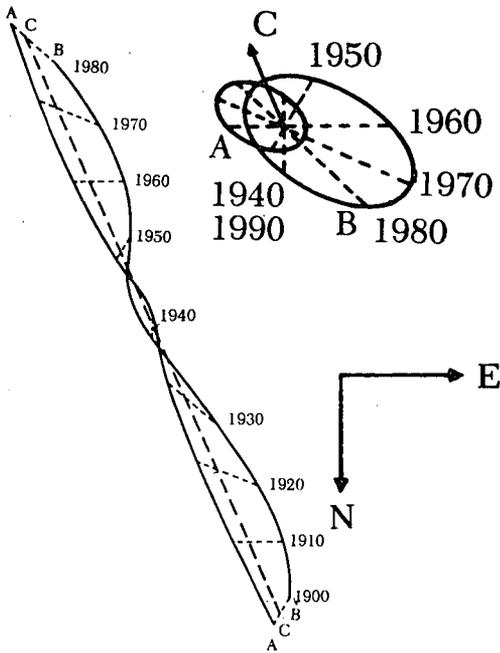


Fig. 2 — À esquerda está representado o movimento aparente da estrela Sírius (Sírius A) e do companheiro de menor massa (Sírius B) que é uma estrela anã branca. À direita estão as órbitas que se deduziram para este sistema binário e das quais se pode extrair o valor das massas das duas estrelas.

Para obter uma estimativa da temperatura central T_c vamos utilizar na eq. (10) a aproximação

$$\rho(0) \cong \bar{\rho} = \frac{3M}{4\pi R^3} \quad (11)$$

onde $\bar{\rho}$ é a densidade média,

$$T_c \cong \frac{\mu P_c}{N_0 k \rho} \quad (12)$$

Para o Sol, $\bar{\rho}_\odot = 1.41 \text{ g cm}^{-3}$ e com o limite inferior para $P_{c\odot}$ dado pela eq. (8), fazendo $\mu_\odot = 1/2$, obtém-se

$$T_{c\odot} = 1.9 \times 10^8 \text{ K,}$$

valor relativamente próximo dos que se deduzem com modelos solares mais realistas e que

se situam entre $1.4 \times 10^7 \text{ K}$ e $1.5 \times 10^7 \text{ K}$. Tomou-se para a massa molecular média $\mu_\odot = 1/2$ porque o Sol é constituído essencialmente por hidrogénio ionizado. Efectivamente o hidrogénio ionizado, isto é, os electrões e prótons constituem cerca de 90 % do número total de partículas do plasma solar. Como a massa molecular do hidrogénio atómico é 1 e cada átomo ioniza-se em duas partículas a massa molecular média do plasma é $1/2$. A presença no Sol de iões e núcleos de elementos com maior número de massa, tais como, He, C, N, O torna μ_\odot ligeiramente superior a $1/2$. Importa salientar que a aplicação da eq. (12) pressupõe que a pressão de radiação é desprezável. Uma análise deste assunto mostra que a importância da pressão de radiação é determinada pela massa da estrela e pela composição química do seu centro. Para estrelas de massa inferior a cerca de 10 massas solares a pressão de radiação é desprezável face à pressão cinética.

Consideremos agora a temperatura na superfície das estrelas. Através da utilização de espectrómetros verifica-se que o espectro de radiação estelar é bastante próximo do espectro de um corpo negro à temperatura T_f da fotosfera. Esta é uma camada gasosa muito fina que se encontra na base da atmosfera da estrela e da qual irradia a maior parte da radiação que constitui a luminosidade. O modelo de um corpo negro permite relacionar a luminosidade com a temperatura da fotosfera por aplicação da lei de Stefan-Boltzmann. Tendo presente que $4\pi R^2$ é a área da superfície da estrela obtém-se

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_f^4$$

onde $\sigma = 5.699 \times 10^{-5} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}$ é a constante de Stefan-Boltzmann. No caso do Sol tomando $T_{f\odot} = 6000 \text{ K}$ vem $L_{\odot} = 4.5 \times 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$ valor muito próximo do valor medido $L_{\odot} = 3.9 \times 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$. Numa estrela estável existe uma determinada relação entre L e T_f . Isto significa que num gráfico de L em função de T_f , designado por diagrama de Hertzsprung-Russel, as estrelas estáveis ocupam posições numa faixa designada por sequência principal.

Ao comparar a temperatura obtida para o interior do Sol com a temperatura da fotosfera conclui-se que o gradiente médio de temperatura

$$(T_{c\odot} - T_{f\odot})/R \cong T_{c\odot}/R = 2.0 \times 10^{-4} \text{ K cm}^{-1}$$

é muito pequeno. Conclusões análogas obtêm-se para outras estrelas da sequência principal. Sendo assim, num cubo de 1 cm de lado a temperatura é aproximadamente constante, o que justifica que se considere o interior de uma estrela em equilíbrio termodinâmico local. Na Fig. 3 está representado o perfil da temperatura e da densidade ρ no interior e atmosfera solares previstos pelos actuais modelos do Sol.

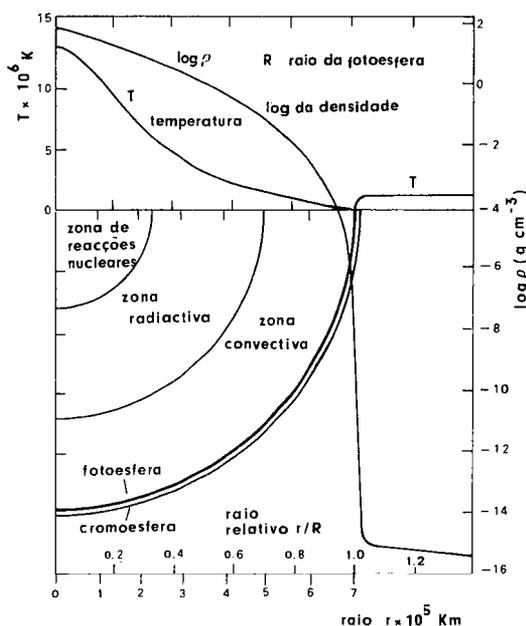


Fig. 3 — Gráfico da temperatura T em unidades de 10^6 K e de $\log \rho$ (com ρ expresso em g cm^{-3}) no interior e na atmosfera do Sol em função da distância radial. Na parte inferior da figura estão indicadas as principais zonas do interior do Sol.

Finalmente consideremos o percurso médio livre das partículas no interior de uma estrela, ou seja, a distância média que percorrem antes de sofrerem uma colisão. A probabilidade de duas partículas colidirem é determinada pelo valor da secção eficaz de colisão, grandeza que tem as dimensões de uma área. De um ponto de vista estritamente clássico a secção eficaz para uma partícula de raio r_p é πr_p^2 . Dado

que no interior das estrelas há principalmente hidrogénio ionizado a secção eficaz total de colisão num cubo com 1 cm de lado é aproximadamente $\sigma = \pi r_p^2 (2 N_0 \rho)$ onde ρ é a densidade expressa em g cm^{-3} e πr_p^2 é a secção eficaz média por partícula. Obtêm-se uma ordem de grandeza para esta secção eficaz tomando para r_p o valor do raio do protão $r_p = 1,5 \times 10^{-13} \text{ cm}$. No Sol para $\rho \cong \bar{\rho}_{\odot}$ vem $\sigma \cong 0,1 \text{ cm}^2$. Isto significa que o percurso médio livre de uma partícula é superior a 1 cm e da ordem de 0,1 m, portanto muitíssimo mais elevado do que o alcance das forças entre as partículas do plasma. Com efeito apenas ao atravessar uma coluna de 10 cubos de 1 cm^3 a probabilidade de uma partícula sofrer uma colisão se aproxima de um. No núcleo central do Sol (Fig. 3) o percurso médio livre é muito menor devido à elevada densidade. Apenas naquele núcleo as temperaturas são suficientemente elevadas para se darem reacções de fusão. A energia produzida é transportada para a superfície primeiro sob a forma de radiação e depois de movimentos convectivos do plasma solar.

O estudo de modelos de estrelas revela que a massa e a composição química inicial são as grandezas mais importantes para determinar a evolução das estrelas. As eqs. (7) e (12) mostram que para R constante tanto P_c como T_c aumentam com M . A densidade central, porém, tende a diminuir com M devido ao aumento de T_c . Quanto maior é a massa inicial de uma estrela, mais rápida é a sua evolução e portanto mais breve a sua vida. Este facto compreende-se facilmente pois que um aumento da temperatura central implica um incremento nas secções eficazes de fusão. Tal como qualquer máquina que esgota a sua fonte de energia também uma estrela deixa de ser estável quando a acumulação de hélio no seu centro diminui drasticamente a taxa de produção de mais hélio à custa do hidrogénio, agora muito menos abundante no centro. Através da alternância de fases de contracção gravitacional e forte expansão a estrela deixa a sequência principal ao passar a consumir hélio e outros elementos de maior número de massa por meio

de reacções de fusão que para se darem necessitam de temperaturas crescentes.

No caso particular do Sol é previsível que daqui a aproximadamente 5×10^9 anos ele se transforme numa estrela gigante vermelha com luminosidade 1000 vezes superior à actual e raio cerca de 90 vezes superiores ao actual, criando condições em que a vida na Terra será impossível, pelo menos sob a forma actual.

Importa salientar que o equilíbrio hidrostático e termodinâmico local no interior de uma estrela da sequência principal não é incompatível com a sua evolução. Esta processo-se permanentemente mas só provoca alterações apreciáveis nas grandezas determinantes do estado da estrela em intervalos de tempo muitíssimo longos. Porém, após a fase estável da vida das estrelas, os fenómenos de contracção e expansão quebram o equilíbrio hidrostático, pelo que as aproximações que aqui se fizeram deixam de ser válidas.

A partir de considerações simples baseadas em leis físicas fundamentais fizeram-se estima-

tivas sobre o valor da pressão e temperatura nas estrelas. Esta breve e limitada excursão à parte da astrofísica em que se faz o estudo da evolução das estrelas terá porventura mostrado que nela se interpenetram vários domínios da física. Efectivamente é necessário recorrer à mecânica clássica, à termodinâmica, à física estatística, à física nuclear, à mecânica quântica e à relatividade para compreender e procurar atingir uma visão unificada e global do que se passa no interior das estrelas.

REFERÊNCIAS

- JOÃO LIN YUN — Formação dos elementos nas estrelas, Relatório de Estágio de Licenciatura, Departamento de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa, 1984.
- E. P. SMITH and K. C. JACOBS — Introductory Astronomy and Astrophysics, Saunders Co., 1973.
- R. J. TAYLOR — The stars — their structure and evolution, Wykeham Pub., 1972.
- D. D. CLAYTON — Principles of stellar evolution and nucleosynthesis McGraw-Hill, 1968.
- I. S. SHKLOVSKII — Stars: their birth, life and death, W. H. Freeman, 1978.

Comemorações em Física

E. J. S. LAGE

Laboratório de Física, Faculdade de Ciências do Porto

1. Introdução

Em 1979, comemorou-se, em todo o mundo, o centenário do nascimento de Albert Einstein. Também entre nós, embora numa escala naturalmente mais modesta, essa evocação não passou despercebida e várias Delegações Regionais da S.P.F. efectuaram, oportunamente, exposições ou ciclos de conferências alusivas à personalidade e obra do genial físico alemão. Desse modo, aliou-se, ao aspecto histórico da comemoração, um cunho didático certamente apreciado por quem teve oportunidade de participar nas sessões então efectuadas.

Porém, a personalidade e a obra de Einstein são tão grandes, e tão grande, também, o significado público do seu nome, que passou despercebido, para muitos, que naquele ano se comemoravam também, os centenários de nascimento de Otto Hahn, Max von Laue e

O. Richardson, e o centenário da morte de J. C. Maxwell. Foi pena que a S.P.F. não tivesse, também, organizado sessões dedicadas a estes grandes cientistas que seguramente interessariam à grande maioria dos sócios da S.P.F..

Pareceu-nos, portanto, útil indagar de outras comemorações, relativas a físicos ilustres, que possam induzir a S.P.F. a organizar ciclos de conferências, exposições, etc., relacionadas com as vidas e as obras dos evocados aproveitando-se, eventualmente, essas oportunidades para divulgar áreas da Física para as quais aqueles cientistas tivessem dado contribuições proeminentes. Assim, pesquisando por várias enciclopédias ou obras sobre a História da Ciência, compilamos uma série de dados cronológicos sobre cientistas que muito contribuíram para o desenvolvimento da Física (e não só...) ao longo dos tempos.

Não podendo, naturalmente, tal lista ser exhaustiva, utilizamos critérios de selecção que são, certamente, criticáveis — esperamos que essas críticas venham a aumentar a lista de futuras comemorações!

Os critérios utilizados foram os seguintes:

a) Prémios Nobel — se é certo que «há os que são honrados pelo prémio e os que honram o prémio» (no dizer de N. F. Mott, laureado em 1977), não é menos certo que a atribuição de um prémio Nobel é, geralmente, considerada como reconhecimento de trabalho de mérito excepcional. Assim, apresentamos a lista de todos os galardoados com o Prémio Nobel de Física (até 1984, inclusivé) e, desde já, se convida o leitor à sua actualização no final de cada ano. Incluímos, também, alguns galardoados com o Prémio Nobel em Química, já que a sua obra se situa (também) em Física.

b) Sendo os Prémios Nobel uma invenção do século (com o qual nasceram) como seleccionar aqueles que viveram nos tempos em que ele não existia, ou que foram ignorados pela Academia Sueca? A nossa selecção, necessariamente subjectiva, considerou aqueles que, para um físico, têm relevância particular. É, certamente, discutível a inclusão de alguns nomes e a exclusão de outros. Aqui cabe a observação atrás feita: esperamos a ajuda dos leitores para aumentar a lista.

A nossa apresentação segue uma ordem cronológica. O leitor atento não deixará de observar que nomes, por nós incluídos, também suscitariam comemoração pelas Sociedades de Matemática, Química e, até, Filosofia ou Medicina. Tal constatação radica-se no facto de à medida que recuamos no tempo, as fronteiras, entre áreas do conhecimento, hoje distintas, se fundirem cada vez mais, pelo que caminharíamos da actual especialização científica para o universalismo dos grandes humanistas renascentistas.

2. O início e o fim de biografias

2.1 Antes do século XX (*)

Nesta secção, apenas indicaremos as datas de nascimento e morte — os nomes são tão conhecidos que dispensam qualquer comentário, mesmo breve, à sua obra. Restringimo-nos aos últimos cinco séculos, idade da Ciência Moderna.

L. Vinci (It)	—	1452-02.05.1519
N. Copérnico (Po)	—	14.02.1473-24.05.1543
G. Galileu (It)	—	15.02.1564-08.01.1642
J. Kepler (Al)	—	27.12.1571-15.11.1630
W. R. Snell (Ho)	—	1591-30.10.1626
R. Descartes (F)	—	31.03.1596-01.02.1650
C. Huyghens (Ho)	—	04.09.1596-28.03.1687
E. Torricelli (It)	—	15.10.1608-25.10.1647
B. Pascal (F)	—	19.06.1623-19.08.1662
R. Hooke (G.B.)	—	18.07.1635-03.03.1703
I. Newton (G.B.)	—	04.01.1643-31.03.1727
G. W. Leibnitz (Al)	—	01.07.1646-14.11.1716
E. Halley (GB)	—	08.11.1656-14.01.1742
D. Bernouilli (Sç)	—	29.01.1700-17.03.1782
L. Euler (Sç)	—	15.04.1707-18.09.1783
J. L. Lagrange (F)	—	25.01.1736-10.04.1813
C. A. Coulomb (F)	—	14.06.1736-23.08.1806
L. Galvani (It)	—	09.09.1737-04.12.1798
A. L. Lavoisier (F)	—	26.08.1743-08.05.1794
A. Volta (It)	—	18.02.1745-05.03.1827
P. S. Laplace (F)	—	23.03.1749-05.03.1827
J. B. J. Fourier (F)	—	21.03.1768-16.05.1830
T. Young (G.B.)	—	13.06.1773-10.05.1829
J. B. Biot (F)	—	21.04.1774-03.02.1862
A. M. Ampère (F)	—	20.01.1775-10.06.1836
C. F. Gauss (Al)	—	30.04.1777-23.02.1855
H. C. Oersted (Din)	—	14.08.1777-09.03.1851
S. D. Poisson (F)	—	21.06.1781-25.04.1840
J. Fraunhofer (Al)	—	06.03.1787-07.06.1826
A. J. Fresnel (F)	—	10.05.1788-14.07.1827
M. Faraday (G.B.)	—	22.09.1791-25.08.1867
N. L. S. Carnot (F)	—	01.06.1796-24.08.1832
C. Doppler (A)	—	29.11.1803-17.03.1853
W. R. Hamilton (Ir)	—	03.08.1805-02.09.1865
A. H. L. Fizeau (F)	—	23.09.1819-18.09.1896
J. B. L. Foucault (F)	—	18.09.1819-11.02.1868
H. von Helmholtz (Al)	—	31.08.1821-08.09.1894
J. C. Maxwell (G.B.)	—	13.11.1831-05.11.1879
H. R. Hertz (Al)	—	22.02.1857-01.01.1894

(*) Os símbolos entre parentesis designam as respectivas nacionalidades (na geografia actual). Assim:

A — Áustria; Al — Alemanha; B — Bélgica; Ch — China; Din — Dinamarca; F — França; G.B. — Grã-Bretanha; H — Hungria; Ho — Holanda; I — Índia; Ir — Irlanda; It — Itália; J — Japão; N — Noruega; Po — Polónia; Pq — Paquistão; Sç — Suíça; Su — Suécia; USA — Estados Unidos; URSS — Rússia.

2.2 O século XX

Na exposição seguinte, indicamos dados relativos a físicos que ainda viveram (ou vivem) no séc. XX. Dividimos a compilação em três partes: todos os contemplados com o prémio Nobel de Física, alguns contemplados com o prémio Nobel da Química (embora com trabalhos que podem ser considerados de Física), e os outros, entre os quais grandes esquecidos pelo Comité Nobel.

2.2.1 Prémios Nobel em Física

No que se segue, indicamos, em primeiro lugar, o ano da atribuição do Prémio e, no final, uma breve referência à área, em Física, onde se situou a obra do laureado. A existência de várias nacionalidades é sumariamente indicada, referindo-se em primeiro lugar a da origem. Algumas entradas não foram preenchidas por falta de informação precisa. Chama-se a atenção para o facto de em 1916, 1931, 1934 e 1940/2 o prémio não ter sido concedido. Os físicos com (*) nasceram no séc. XIX.

1901—W. Röntgen (Al)*	—27.03.45-10.02.23
<i>Descoberta de raios X.</i>	
1902—H. A. Lorentz (Ho)*	—18.07.53-04.02.28
—P. Zeeman (Ho)*	—25.05.65-09.10.43
<i>Influência de campos magnéticos sobre a radiação electromagnética.</i>	
1903—A. H. Becquerel (F)*	—15.12.52-25.02.08
—M. Curie (Po/F)*	—07.11.67-04.07.34
—P. Curie (F)*	—15.05.59-19.04.06
<i>Descoberta da radioactividade natural.</i>	
1904—W. Rayleigh (G.B.)*	—12.11.42-30.06.19
<i>Descoberta do Argon.</i>	
1905—P. Lennard (Al)*	—07.06.62-20.05.47
<i>Raios catódicos.</i>	
1906—J. J. Thomson (G.B.)	—18.12.56-30.08.40
<i>Condutividade eléctrica de gases.</i>	
1907—A. A. Michelson (Po/USA)*	—19.12.52-09.05.31
<i>Espectroscopia e metrologia com óptica de precisão.</i>	
1908—G. Lippman (F)*	—16.08.45—13.07.21
<i>Fotografia colorida.</i>	
1909—G. Marconi (It)*	—25.04.74-20.07.37
—K. Braun (Al)*	—06.06.50-20.04.18
<i>Telegrafia sem fios.</i>	
1910—J. van der Waals (Ho)*	—23.11.37-09.03.23
<i>Equação de estado de gases e líquidos.</i>	

1911—W. Wien (Al)*	—13.11.64-30.08.28
<i>Leis da radiação térmica.</i>	
1912—N. G. Dalen (Su)*	—30.11.69-09.12.37
<i>Invenção de bóias luminosas.</i>	
1913—H. Kamerlingh Onnes (Ho)*	—21.09.53-21.02.26
<i>Baixas temperaturas; Liquefação do hélio.</i>	
1914—M. von Laue (Al)*	—09.10.79-23.04.60
<i>Difracção de raios X por cristais.</i>	
1915—W. Bragg (G.B.)*	—02.07.62-12.03.42
—L. Bragg (G.B.)*	—31.03.90-01.07.71
<i>Análise de estruturas cristalinas pelos raios X.</i>	
1917—C. Barkla (G.B.)*	—07.06.77-23.10.44
<i>Radiação X dos elementos.</i>	
1918—M. Planck (Al)*	—23.04.58-04.10.47
<i>Quantum elementar.</i>	
1919—J. Stark (Al)*	—15.04.74-21.06.69
<i>Efeitos Doppler nos raios canais e de campos eléctricos em espectros.</i>	
1920—G. Guillaume (Sc)*	—15.02.61-13.06.38
<i>Anomalias em ligas de níquel-aço.</i>	
1921—A. Einstein (Al/Sc/USA)*	—14.03.79-18.04.55
<i>Serviços à física teórica. Leis do efeito fotoeléctrico.</i>	
1922—N. Bohr (Din)*	—07.10.85-18.11.62
<i>Estrutura atómica e radiação.</i>	
1923—R. Millikan (U.S.A.)	—22.03.68-19.12.53
<i>Carga do electrão e efeito fotoeléctrico.</i>	
1924—M. Siegbahn (Su)*	—03.12.86-26.09.78
<i>Espectroscopia de raios X.</i>	
1925—J. Franck (Al)*	—26.08.82-21.05.64
—G. L. Hertz (Al)*	—22.07.87-30.10.75
<i>Leis sobre colisões de electrões com átomos.</i>	
1926—J. B. Perrin (F)*	—30.09.70-17.04.42
<i>Equilíbrio de sedimentação.</i>	
1927—A. H. Compton (U.S.A.)	—10.09.92-15.03.62
<i>Variação do comprimento de onda de raios X difundidos.</i>	
—C. Wilson (G.B.)*	—14.02.69-15.11.59
<i>Câmara de vapor.</i>	
1928—O. Richardson (G.B.)*	—26.04.79-15.02.59
<i>Dependência da emissão electrónica na temperatura.</i>	
1929—L. de Broglie (F)*	—15.08.92-
<i>Natureza ondulatória da matéria.</i>	
1930—C. Raman (I)*	—07.11.88-21.11.70
<i>Difusão da luz.</i>	
1932—W. Heisenberg (Al)	—05.12.01-01.02.76
<i>Criação da Mecânica Quântica.</i>	
1933—P.A.M. Dirac (G.B.)	—08.08.02-20.10.84
—E. Schrödinger (A)*	12.08.87-04.01.61
<i>Contribuições à Mecânica Quântica.</i>	
1935—J. Chadwick (G.B.)*	—20.10.91-24.07.74
<i>Descoberta do neutrão.</i>	
1936—V. Hess (A)*	—24.06.83-17.12.64
<i>Descoberta da radiação cósmica.</i>	
—C. Anderson (U.S.A.)	—03.09.05-
<i>Descoberta do positrão.</i>	

- 1937—C. Davisson (U.S.A.)* —22.10.81-01.02.58
—G. P. Thomson (G.B.)* —03.05.92-10.09.75
Fenômenos de interferências em cristais irradiados por electrões.
- 1938—E. Fermi (It/U.S.A.) —29.09.01-28.11.54
Radioactividade artificial.
- 1939—E. Lawrence (U.S.A.) —08.08.01-27.08.58
Ciclotrão.
- 1943—O. Stern (Al)* —17.02.88-17.08.69
Momento magnético do prótão.
- 1944—I. Rabi (A/U.S.A.)* —29.07.98-
Ressonâncias em propriedades magnéticas nucleares.
- 1945—W. Pauli (A/Sç) —25.04.00-15.12.58
Princípio da exclusão.
- 1946—P. Bridgman (U.S.A.)* —21.04.82-20.08.61
Física de altas pressões.
- 1947—E. Appleton (G.B.)* —06.09.92-04.04.65
Meteorologia.
- 1948—P. Blackett (G.B.)* —18.11.97-13.07.74
Física nuclear e radiação cósmica.
- 1949—H. Yukawa (J) —23.01.07-08.09.81
Teoria de mesões
- 1950—C. Powell (G.B.) —05.12.03-09.08.69
Estudos fotográficos de processos nucleares.
- 1951—J. Cockcroft (G.B.)* —27.05.97-18.09.67
—E. Walton (Ir) —06.10.03-
Transmutações nucleares por partículas aceleradas artificialmente.
- 1952—F. Bloch (Al/U.S.A.) —23.10.05-
—E. Purcell (U.S.A.) —30.08.12-
Ressonância magnética nuclear em sólidos.
- 1953—F. Zernicke (Ho)* —16.07.88-10.03.66
Microscópio de contraste de fase.
- 1954—M. Born (Al)* —11.12.82-05.01.70
Interpretação estatística da função de onda.
—W. Bothe (Al)* —08.01.91-08.02.57
Método de coincidências.
- 1955—W. Lamb (U.S.A.) —12.07.13-
Anomalias no espectro do hidrogénio.
—P. Kusch (Al/U.S.A.) —26.01.11-
Momento magnético do electrão.
- 1956—W. Shockley (U.S.A.) —13.02.10-
—J. Bardeen (U.S.A.) —23.05.08-
—W. Brattain (U.S.A.) —10.02.02-
Semicondutores e transistores.
- 1957—T. D. Lee (Ch/U.S.A.) —25.11.26-
—C. N. Yang (Ch/U.S.A.) —22.09.22-
Violação da paridade.
- 1958—P. A. Cherenkov (URSS) —15.07.04-
—I. M. Franck (URSS) —23.10.08-
—I. Y. Tamm (URSS)* —08.07.95-
Emissão de luz por partículas carregadas a altas velocidades.
- 1959—E. Segré (It/U.S.A.) —01.02.05-
—O.W. Chamberlain (U.S.A.)—10.07.20-
Antiprotão.
- 1960—D. Glaser (U.S.A.) —21.09.26-
Câmara de bolhas.
- 1961—R. Hofstadter (U.S.A.) —05.02.15-
Forma e dimensões do núcleo.
—R. Mössbauer (Al/U.S.A.) —31.01.29-
Efeito Mössbauer.
- 1962—L. Landau (URSS) —22.01.08-01.04.68
Superfluidade do hélio líquido.
- 1963—J. H. D. Jensen (Al) —25.06.07-
—M. G. Mayer (Po/U.S.A.) —28.06.06-20.02.72
Modelo em camadas do núcleo.
—E. P. Wigner (H/U.S.A.) —17.11.02-
Interação prótão-neutrão no núcleo.
- 1964—C. H. Townes (U.S.A.) —28.07.15-
—N. G. Basov (URSS) —14.12.22-
—A. M. Prokhorov (URSS)—11.07.16-
Laser, maser.
- 1965—J. S. Schwinger (U.S.A.) —12.02.18-
—R. P. Feynman (U.S.A.) —11.05.18-
—S. Tomonaga (J) —31.03.06-08.07.79
Electrodinâmica quântica.
- 1966—A. Kastler (F) —03.05.02-
Ressonância de ondas hertzianas em átomos.
- 1967—H. A. Bethe (Al/U.S.A.) —02.07.06-
Produção de energia nas estrelas.
- 1968—L. W. Alvarez (U.S.A.) —13.06.11-
Estados ressonantes em partículas elementares.
- 1969—M. Gell-Mann (U.S.A.) —15.09.29-
Classificação de partículas elementares.
- 1970—H. Alfvén (Su) —30.05.08-
Magnetohidrodinâmica.
—L. Néel (F) —22.11.04-
Magnetismo
- 1971—D. Gabor (H/G.B.) —05.06.00-08.02.79
Holografia.
- 1972—J. Bardeen (U.S.A.) —23.05.08-
—L. N. Cooper (U.S.A.) —28.02.30-
—J. R. Schrieffer (U.S.A.) — . . . 31-
Teoria da Supercondutividade.
- 1973—L. Esaki (J) — . . . 25-
—I. Giaever (N/U.S.A.) — . . . 29-
—B. Josephson (G.B.) — . . . 40-
Efeito tunel em semicondutores e supercondutores.
- 1974—M. Ryle (G.B.) —27.09.18- .10.84
—A. Hewish (G.B.) —11.05.24-
Astrofísica.
- 1975—A. Bohr (Din) —19.06.22-
—B. Mottelson (U.S.A./Din)—09.07.26-
—J. Rainwater (U.S.A.) —09.12.26-
Estrutura nuclear.
- 1976—S. Richter (U.S.A.) —22.03.31-
—C. Ting (U.S.A.) —26.06.36-
Descoberta do «charm».
- 1977—J. van Vleck (Ho/U.S.A.)*—13.03.99-27.10.80
—P. W. Anderson (U.S.A.) — . . . 23-
—N. Mott (G.B.) — . . . 05-
Teoria do magnetismo.

- 1978—P. Kapitza (URSS) —26.06.94- .84
Baixas temperaturas, magnetismo.
 —A. Penzias (AI/U.S.A.) — .33-
 —R. W. Wilson (U.S.A.) — .36-
Descoberta da radiação cósmica.
 1979—S. Weinberg (U.S.A.) — .33-
 —S. Glashow (U.S.A.) — .33-
 —A. Salam (Pq) — .26-
Unificação das interações fraca e electromagnética.
 1980—J. W. Cronin (U.S.A.) —29.09.31-
 —V. L. Fitch (U.S.A.) —10.03.23-
Altas energias.
 1981—K. M. Siegbahn (Su) — .18-
 —N. Bloembergen (Ho/U.S.A.) — .20-
 —A. L. Schwalow (U.S.A.) — .21-
Espectroscopia.
 1982—K. G. Wilson (U.S.A.) —08.06.36-
Altas energias e física estatística.
 1983—S. Chandrasekhar (I) —19.10.10-
 —W. A. Fowler (U.S.A.) —09.08.11-
Astrofísica e dinâmica estelar.
 1984—Carlo Rubbia (It) — .34-
 —S. van der Meer (Ho) — .26-
Descoberta do bóson intermediário.

2.2.2 Alguns Prêmios Nobel em Química

A não existência de barreiras rígidas separando Química e Física, traduz-se na atribuição do prémio Nobel da Química a individualidades com uma obra importante em Física. Por isso, aqui os incluímos.

- 1904—W. Ramsay (G.B.)* —02.10.52-23.07.16
Descoberta de gases inertes.
 1908—E. Rutherford (G.B.)* —30.08.74-19.10.37
Modelo nuclear da estrutura atómica.
 1911—M. Curie (Po/F)* —07.11.67-04.07.34
Descoberta de novos elementos.
 1920—W. Nernst (AI)* —25.06.64-18.11.41
3.ª Lei da Termodinâmica.
 1921—F. Soddy (G.B.)* —02.09.77-22.09.56
Teoria dos isótopos.
 1922—F. Aston (G.B.)* —01.09.77-20.11.45
Espectroscopia de massa.
 1934—H. Urey (U.S.A.)* —29.04.93-05.01.81
Descoberta do deutério.
 1935—I. Joliot Curie (F)* —12.09.97-17.03.56
 —F. Joliot Curie (F) —19.03.00-14.08.58
Radioactividade artificial.
 1936—P. Debye (Ho)* —24.03.84-02.11.66
Propriedades eléctricas de moléculas.
 1944—O. Hahn (AI)* —08.03.79-28.07.68
Fissão nuclear.

- 1951—E. McMillan (U.S.A.) —18.09.07-
 —G. T. Seaborg (U.S.A.) —19.04.12-
Descoberta dos transurânídeos.
 1960—W. Libby (U.S.A.) —17.12.08-08.09.80
Datagem pelo carbono radioactivo.
 1968—L. Onsager (N/U.S.A.) —27.11.03-05.10.76
Teoria dos fenómenos irreversíveis.
 1977—I. Prigogine (URSS/B) — .17-
Teoria dos fenómenos irreversíveis.

2.2.3 Outros nomes famosos

Os cientistas que, a seguir citamos são, na sua maioria, bem conhecidos; alguns viveram o suficiente no século actual para poderem (e deverem, quanto a nós!) ter sido contemplados com o prémio Nobel. De qualquer modo, o que é bem mais importante, fica a obra imorredoura por eles criada.

- C. G. Stokes (G.B.)* —13.08.19-01.02.03
Hidrodinâmica.
 W. Thomson-Lord Kelvin (G.B.)* —26.06.24-17.12.07
Termodinâmica.
 E. Mach (AI)* —18.02.38-29.02.16
Mecânica.
 W. Gibbs (U.S.A.)* —11.02.39-28.04.03
Física Estatística.
 O. Reynolds (G.B.)* —23.08.42-21.02.12
Hidrodinâmica.
 L. Boltzmann (A)* —20.02.44-05.09.06
Física Estatística.
 H. Poincaré (F)* —29.04.54-17.07.12
Mecânica, Relatividade.
 P. Weiss (F)* — .65- .40
Magnetismo.
 A. Sommerfeld (AI)* —05.12.68-26.04.51
Mecânica Quântica.
 P. Langevin (F)* — .72- .46
Magnetismo.
 J. H. Jeans (G.B.)* —11.09.77-16.09.46
Astrofísica.
 L. Meitner (A)* —07.11.78-27.10.68
F. Nuclear.
 P. Ehrenfest (Ho)* — .80- .33
Mecânica Quântica, Física Estatística.
 A. S. Eddington (G.B.)* —28.12.82-22.11.44
Cosmologia, Astrofísica.
 S. W. Moseley (G.B.)* —23.11.87-10.08.15
Espectroscopia de raios X.
 E. P. Hubble (U.S.A.)* —20.11.89-28.09.53
Cosmologia.
 S. N. Bose (I)* —01.01.94-04.02.74
F. Estatística.

F. London (G.B.)	—07.03.00-30.03.54
<i>Superfluidos.</i>	
H. Uhlenbeck (Indonésia/Ho)	—06.12.00-
<i>F. atómica e nuclear.</i>	
J. C. Slater (U.S.A.)	—22.12.00-25.07.76
<i>F. molecular e F. Estado Sólido.</i>	
E. U. Condon (U.S.A.)	—02.03.02-26.03.74
<i>F. Nuclear, atómica e do estado Sólido.</i>	
S. Goudsmit (Ho)	—11.07.02-04.12.78
<i>F. atómica e nuclear.</i>	
G. Gamow (URSS/U.S.A.)	—04.03.04-19.08.68
<i>F. Nuclear, Cosmologia.</i>	
J. R. Oppenheimer (U.S.A.)	—22.04.04-18.02.67
<i>F. Nuclear, Cosmologia.</i>	
O. Frisch (A)	—01.10.04-22.09.79
<i>F. Nuclear.</i>	
R. E. Peierls (AI/G.B.)	— . . . 07-
<i>F. Nuclear, F. Estado Sólido.</i>	
E. Teller (H/U.S.A.)	—15.01.08-
<i>F. Nuclear, F. Estado Sólido.</i>	

3. Conclusão

Não queremos encerrar este artigo aqui. A simples apresentação de nomes e datas não deve prescindir uma análise mais profunda, ainda que breve.

Ao leitor atento não terá escapado a ocorrência, inúmeras vezes repetida, das mesmas nações! Não se trata de coincidência, nem do subjectivismo do nosso critério de selecção, nem de algum fatalismo histórico... Aliás, a presença de países do chamado 3.º mundo (Índia e Paquistão, por exemplo) lá está para provar que a Ciência não conhece fronteiras nem existem nações ou raças privilegiadas.

Quem seguir desapaixonadamente a História da Ciência, aqui exemplificada em personagens, terá de concluir que o cientista verdadeiro foge das situações sociais opressivas, que lhe limitam a liberdade do pensamento e criatividade. Assim sucedeu nos séculos XV e XVI, quando as perseguições religiosas fizeram emigrar para o Norte da Europa, mais liberal, a Ciência que então nascia no Sul — lembramos o julgamento de Galileu, como exemplo típico! Assim sucedeu, também, em pleno séc. XX, quando o nazismo repudiou a «Ciência Judaica», o que originou a emigração de Einstein, e muitos outros físicos aqui mencio-

nados, para o Novo Mundo. Atente-se no número de prémios Nobel atribuídos a alemães e americanos, antes e depois da guerra, para se concluir forçosamente que Ciência e liberdade vivem lado a lado. Não é por acaso que a Inglaterra permanece na vanguarda ao longo dos séculos...

Mas se uma atitude liberal em relação a novas ideias é necessária, ela não é, porém, suficiente. Quem visitar os países que viram nascer a maioria dos cientistas aqui citados, terá certamente ficado impressionado com o carinho com que a Cultura é tratada e incentivada. Embora cultura seja difícil de definir, ela é seguramente incompatível com uma atitude puramente pragmática da Sociedade, isto é, a Cultura vegeta — e só existe por importação! — se sistematicamente se nega (e quantas vezes se ridiculariza!) a especulação abstracta ou o conhecimento pelo conhecimento. Que oportunidades poderiam ter as ideias de Copérnico, as abstracções de Newton, as experiências de Faraday, as sínteses de Maxwell, as intuições de Poincaré, os relativismos de Einstein ou as incertezas de Heisenberg, se as sociedades em que viveram lhes exigissem, apenas, a resolução dos seus problemas materiais, concretos, diários? Aparentemente, há um paradoxo em constatar que são precisamente as sociedades que permitem a especulação pura, aquelas que vêem os seus problemas quotidianos encontrar uma solução adequada. Mas o paradoxo é aparente — se isso acontece, é porque tais sociedades sabem muito bem que, do exercício da ciência desinteressada, sempre resultam consequências práticas que o cientista puro, provavelmente, jamais sonhou ao estudar um novo fenómeno ou inventar equações que melhor traduzam o seu anseio de perfeição.

Não queremos terminar sem manifestar a esperança de que, em Portugal, após se reconquistar a atmosfera liberal necessária, se saiba encontrar o caminho correcto que permita, um dia, comemorar, com dignidade, o nascimento de um Nobel de Física português. Se, por decisão voluntária ou por ignorância, se perder tal oportunidade, restar-nos-á lamentar termos também perdido a oportunidade de comemorar o centenário do nascimento de G. Marconi...

Sistemas solares passivos

EDUARDO MALDONADO

Dep. Eng. Mecânica, Faculdade de Engenharia do Porto

Introdução

Quando, entre nós, se fala de um edifício solar, o comum é pensar-se imediatamente em colectores solares planos do tipo dos usados para aquecimento de água. Há, no entanto, uma outra perspectiva, que já é a predominante noutros países: um edifício solar é um edifício concebido por forma a ter no seu interior condições ambientais mais confortáveis, quer no Inverno, quer no Verão, sem grande recurso a fontes convencionais de energia. Estes edifícios, geralmente caracterizados por generosas áreas envidraçadas voltadas a Sul, são habitualmente designados por edifícios solares passivos.

Estes edifícios são designados «passivos» porque captam a energia no Inverno e não a deixam entrar no Verão sem recurso a meios exteriores consumidores de energia convencional, p.ex., electricidade. Em contraste, um sistema activo, por exemplo um colector plano para aquecimento de água, necessita de uma ligação eléctrica para fazer funcionar a bomba circuladora, sem o que não conseguem captar a energia solar.

Também há sistemas de colectores planos para aquecimento de águas que não necessitam de bomba circuladora: são os sistemas em termossifão, caracterizados por terem um depósito colocado a um nível superior aos dos colectores. Estes sistemas também são, portanto, passivos.

A seguir, após se estabelecer uma definição mais formal do que se entende por sistemas solares passivos, enunciam-se os princípios básicos de funcionamento destes sistemas e as suas principais modalidades construtivas.

Definição de sistemas solares passivos

Define-se um sistema solar passivo como aquele em que toda a energia térmica é transferida por meios naturais, isto é, por radiação,

condução e convecção natural. Pelo contrário, num sistema activo, recorre-se a meios artificiais de transferência, nomeadamente à convecção forçada de fluidos por meio de bombas ou ventiladores. Embora a definição de sistemas passivos exija que toda a transferência de energia se processe de um modo natural, admitem-se pequenas contribuições energéticas estranhas ao sistema tendentes à melhoria dos seus resultados, necessários, por exemplo, ao accionamento de dispositivos de controle, de sombreamento ou de isolamento nocturno. Contudo, para limitar a contribuição energética destes sistemas auxiliares, os quais podem ser de natureza manual ou automática, é costume admitir que um sistema passivo é aquele em que a contribuição de energia auxiliar não excede 2 % da energia útil captada pelo sistema. Por outras palavras, num sistema passivo, o «coeficiente de performance» (COP), que se define como o quociente entre a energia útil captada pelo sistema e a energia externa que é necessário fornecer ao sistema para que essa captação tenha lugar, deve ser maior que 50.

Princípio de funcionamento dos sistemas solares passivos

A captação de energia solar a baixa temperatura, seja para aquecimento ambiente através de sistemas solares passivos, seja para aquecimento de água ou ar em colectores planos, baseia-se num mesmo princípio: o efeito de estufa.

A base do efeito de estufa são as propriedades do vidro em relação à transparência da radiação: o vidro é basicamente transparente (cerca de 90 %) aos comprimentos de onda característicos da radiação solar (0 – 4 μm) enquanto é praticamente opaco aos comprimentos de onda característicos da radiação

emitida por corpos a temperatura no intervalo 0 – 100°C ($\lambda > 4 \mu\text{m}$) — ver Fig. 1.

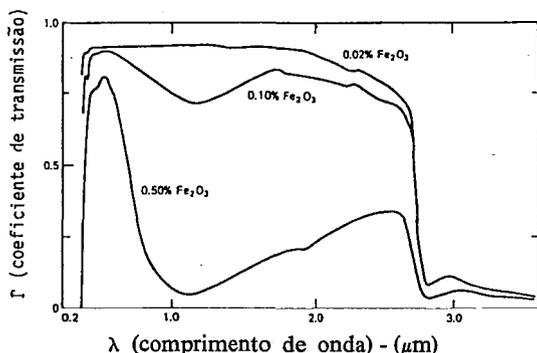


Fig. 1 — Transparência do vidro à radiação.

Assim, num espaço fechado coberto por uma placa de vidro, a radiação solar, (pequenos comprimentos de onda), penetra através do vidro e é absorvida pelas superfícies que limitam o espaço. Estas, por sua vez, também emitem radiação, mas de maiores comprimentos de onda, na gama dos infravermelhos, para a qual o vidro é praticamente opaco (ver Fig. 1). Esta radiação é então absorvida pelo vidro e, embora parte da energia absorvida pelo vidro ainda seja perdida para o exterior por condução através do vidro, uma porção significativa da mesma radiação é re-emitada para o interior do espaço. Desta forma, o espaço aquece devido ao balanço positivo do fluxo energético.

O efeito de estufa pode ser intensificado reduzindo as perdas para o ambiente. As formas mais comuns são o aumento do número de placas de vidro que envolvem o espaço e o recurso a superfícies selectivas.

A utilização de vidro duplo (ou mesmo triplo) actua por redução da fracção da radiação infravermelha emitida pelas superfícies que se escapa por condução através da envolvente. Isto deve-se à dupla barreira, opaca à radiação infravermelha, que é interposta entre o ambiente e as superfícies quentes. Esta dupla barreira reduz também a energia solar que entra no espaço, mas o balanço é ainda bastante favorável ao vidro duplo.

Uma superfície selectiva é aquela cuja emissividade espectral é alta para os baixos comprimentos de onda característicos da radia-

ção solar e é baixa para a radiação infravermelha. Se se admitir que a superfície é difusa, o coeficiente de absorção espectral, pela lei de Kirchoff, segue comportamento igual. Assim, enquanto uma tal superfície pode absorver 90 % ou mesmo mais da radiação solar incidente, poderá só emitir cerca de 10 % da radiação correspondente a um corpo negro à sua temperatura. Para uma superfície não selectiva, a emissão de radiação seria da mesma ordem de grandeza (90 %) da captação, resultando assim a selectividade da superfície numa redução acentuada de perdas para o exterior.

Este tipo de superfícies selectivas é frequentemente utilizado em colectores solares para aquecimento de águas, por exemplo.

Finalmente, deve notar-se que o tipo de vidro utilizado é importante no efeito de estufa. Como se pode ver na Fig. 1, a selectividade do vidro à radiação é tanto maior quanto menor for o seu teor em Fe₂O₃. Para que o vidro seja transparente à radiação solar, interessa usar vidro com pequena percentagem deste óxido de ferro, cuja presença se reconhece pelo tom esverdeado da fractura do vidro. Daí que, nos melhores colectores solares, seja utilizado vidro claro, de fractura branca. Este tipo de vidro tem menor resistência mecânica, necessitando de ser temperado para se obter uma vida aceitável, pelo que tem um preço superior ao do vidro comum.

Sistemas em termosifão para aquecimento de água

Num sistema passivo para aquecimento de água (Fig. 2), a circulação desta é estabelecida naturalmente pelo aquecimento no colector. Devido à diferença de massa volúmica entre o fluido quente e o frio, cria-se uma diferença de pressões nos dois ramos do circuito que é compensada pelas perdas de carga (atrito entre a água e os tubos) resultantes da circulação.

Como o fluido quente só pode subir, o depósito de acumulação tem de estar necessariamente colocado a um nível superior ao do colector. A diferença de níveis necessária depende do diâmetro dos tubos utilizados, já

que as perdas de carga são tanto maiores quanto menor for o tamanho dos tubos. À medida que as perdas de carga aumentam, a diferença de níveis tem também de aumentar para intensificar correspondentemente a diferença de peso das duas colunas de água (ramo frio e ramo quente).

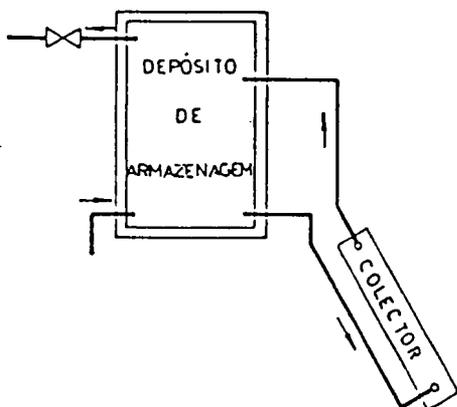


Fig. 2 — Circuito em termosifão.

Estes sistemas têm um bom rendimento mas, para além das consequências estéticas, nem sempre agradáveis, derivadas da localização do depósito no ponto mais alto do sistema, põem problemas de utilização nos locais onde haja perigo frequente de congelamento. Deve notar-se que o congelamento pode mesmo dar-se para temperaturas ambientais superiores a 0°C devido à radiação para a atmosfera. Em noites claras com pouco vento, esta radiação pode fazer congelar a água num coletor quando o ar ambiente está a 4°C–6°C.

A protecção contra congelamento implica o aquecimento do coletor (com resistências eléctricas, p.ex.), e se este for frequentemente necessário, o sistema deixa de ser rentável em termos energéticos. Outras soluções existem (recurso a fluido anticongelante, p.ex.), mas são pouco indicadas para circuitos em termosifão por implicarem elevadas perdas de carga.

Uma última palavra para o cuidado que é necessário tomar no sentido de evitar a circulação de água durante a noite. Devido à radiação nocturna atrás referida, há o perigo de provocar o arrefecimento da água no coletor e,

pelo mesmo processo de equilíbrio que funciona durante o dia, fazer circular água entre o coletor e o depósito no sentido inverso do estabelecido durante o dia, durante o aquecimento da água. Para que a água não arrefeça por esta causa, é conveniente colocar no circuito uma válvula anti-retorno que só permita a circulação do fluido no sentido correcto, durante o período diurno. Esta válvula tem de implicar uma pequena perda de carga sob pena de prejudicar substancialmente o comportamento térmico do sistema.

Descrição dos sistemas solares passivos para controle de temperatura em edifícios

Antes de descrever os sistemas individualmente, e na procura de uma terminologia que permita um diálogo fácil e preciso, convém definir os grupos-tipo em que estes sistemas são geralmente classificados:

- sistemas de ganho directo
- sistemas de ganho indirecto
- sistemas de ganho separado

Como o próprio nome indica, um sistema de *ganho directo* é aquele em que a captação e a utilização da energia se fazem no mesmo espaço. Nos restantes dois tipos de sistemas, a captação e a utilização têm lugar em espaços distintos, os quais, num sistema de *ganho indirecto*, são fisicamente contíguos e estão em comunicação mútua através de uma massa de armazenamento térmico, enquanto que, num sistema de *ganho separado*, estão termicamente isolados um do outro e podem não estar fisicamente contíguos.

Dentro dos sistemas de ganho indirecto considerar-se-ão as paredes de armazenamento térmico, as coberturas de armazenamento térmico e as estufas contíguas. O único sistema de ganho separado que é comum encontrar é o dos sistemas de convecção por termosifão.

Sistemas de ganho directo

Um sistema de ganho directo está esquematicamente representado na Fig. 3a. Nestes

sistemas, a radiação solar entra no espaço a aquecer através duma zona envidraçada preferencialmente exposta a Sul, embora pequenos desvios para Este ou Oeste (15°) não afectem significativamente os resultados do sistema. A envolvente dos espaços é constituída por paredes maciças (tijolo, betão, água em contentores, etc.) cuja superfície, preferencialmente baça e, portanto, difusa no seu comportamento à radiação, absorva a maior parte da radiação incidente graças às múltiplas reflexões que esta sofre no interior do espaço. A energia solar que é absorvida nas superfícies envolventes do local propaga-se para o espaço a aquecer através de vários mecanismos:

- por condução, através das paredes envolventes, para zonas a menor temperatura;
- por convecção natural, para o ar contido no espaço através do contacto deste com a superfície aquecida;
- por radiação (grandes comprimentos de onda), entre diferentes zonas da envolvente a temperaturas distintas.

A energia solar captada no espaço é perdida para o exterior por condução através da envolvente, devendo distinguir-se duas zonas quanto às perdas: a zona opaca e a zona envidraçada. Esta tem uma resistência global à transferência de calor significativamente menor que as zonas opacas da envolvente, mesmo quando se usa vidro duplo. Devido a essa menor resistência térmica, e para evitar perdas de calor excessivas em períodos nocturnos ou de baixa insolação, é recomendado o uso durante esses períodos de painéis isolantes sobre a zona envidraçada.

Dado que se verifica que a acumulação de energia térmica na envolvente só é eficaz nas partes maciças até uma espessura da ordem dos 15 cm, a inércia térmica destes sistemas é relativamente reduzida. Assim, os sistemas de ganho directo caracterizam-se por importantes gradientes diurnos de temperatura, já que só uma pequena percentagem de energia captada pelo sistema é passível de acumulação para uso em períodos nocturnos. Do mesmo modo, tão pouco é possível a acumulação de energia em dias de céu limpo para satisfação

das necessidades energéticas em dias de céu nublado.

Um inconveniente dos sistemas de ganho directo refere-se a excessivos ganhos de Verão que podem provocar situações de sobreaquecimento. Este sobreaquecimento só pode ser evitado mediante escolha apropriada das áreas de captação e do uso de dispositivos de sombreamento. Estes podem consistir em barreiras móveis operadas pelos ocupantes (por ex., estores), em estruturas fixas que levem em conta a diferença da altura do sol em períodos de Inverno ou Verão, (Fig. 3b), ou em vegetação de folhagem caduca, do tipo latadas, por exemplo.

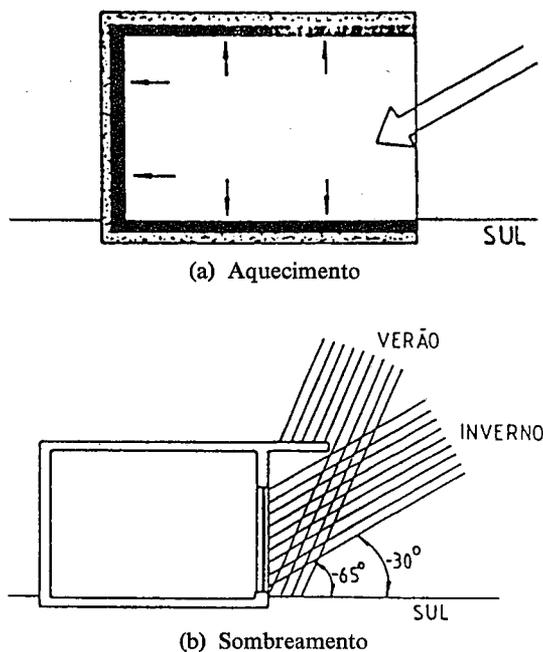


Fig. 3 — Sistemas de ganho directo.

Outros inconvenientes podem ser levantados quanto ao conforto térmico, causados pelas importantes flutuações de temperatura que são características destes sistemas; quanto ao conforto visual, devido à situação de luminosidade excessiva; e quanto à degradação de materiais, devido à exposição directa aos raios solares (ultra-violetas em particular).

Dada a sua pequena inércia térmica, os espaços de ganho directo são mais indicados para zonas de ocupação diurna ou imediata-

mente após o pôr-do-sol. No entanto, estes espaços são de execução relativamente simples e, portanto, envolvendo um baixo custo de construção.

Paredes de armazenamento térmico

Estes sistemas são constituídos por uma parede feita de materiais pesados (tijolo, cimento, água, etc.) que é interposta entre o espaço a aquecer e o vidro (ou plástico) que, tal como nos sistemas de ganho directo, é exposto a Sul e permite a admissão dos raios solares. Um exemplo deste tipo de sistemas está esquematicamente representado na Fig. 4a. A face exposta ao sol deve ser de cor negra, de modo a permitir uma eficiente captação de energia solar. A superfície de captação pode ou não ser selectiva, isto é, com um coeficiente de absorção da radiação solar superior ao coeficiente de emissão da radiação de baixa temperatura (infra-vermelhos). As superfícies não-selectivas conseguem-se, por exemplo, com o uso de tintas negro fosco, ao passo que superfícies selectivas podem ser conseguidas através do uso de revestimentos pré-fabricados que são fixos à parede com colas condutoras do calor.

As paredes de armazenamento térmico podem apresentar-se sob duas formas principais: maciças ou por reservatórios cheios de água (então também designadas por paredes de água). Cada uma destas formas pode dispor de aberturas na base e no topo para permitirem a circulação natural do ar (termossifão) entre o espaço a aquecer e o espaço entre a parede e o vidro, tal como se mostra na Fig. 4b. Assim, consoante a existência ou não destas aberturas, as paredes designam-se habitualmente por paredes com ou sem ventilação, respectivamente. As paredes maciças com ventilação são também geralmente designadas por Paredes de Trombe.

Nestes sistemas de ganho indirecto, a energia solar que atravessa a superfície transparente incide na parede, cuja superfície é geralmente escura de modo a permitir uma eficiente absorção de energia solar. A energia assim absorvida é parcialmente conduzida para o

interior da parede, e parcialmente transferida por convecção e radiação para a superfície do vidro e, daí, para o exterior. Consoante as variantes de construção, outros mecanismos de transferência podem também ocorrer.

- Nas paredes com ventilação, uma grande percentagem da energia captada é transferida por convecção para o ar entre a parede e o vidro, assim se estabelecendo uma corrente de termossifão que transfere essa energia para o espaço a aquecer de uma forma mais rápida que por simples condução através da parede.
- Nas paredes de água, o calor transferido da superfície de absorção para a água estabelece correntes de convecção no interior dos reservatórios que a contêm resultando numa rápida homogeneização da temperatura interna da parede. Assim, a energia captada é mais rapidamente transferida para o espaço a aquecer.

As paredes de armazenamento térmico têm, por natureza própria, uma inércia térmica mais elevada que os sistemas de ganho directo. Assim, são particularmente indicados para áreas com vocação para uso após o pôr-do-sol, por exemplo quartos e salas de estar. Dada a grande gama de variedades possíveis (sólida ou líquida, com ou sem ventilação, variação da espessura), é um sistema altamente flexível, permitindo a transferência da energia captada para o espaço a aquecer com um desfazamento da intensidade máxima de captação que pode ir além das oito horas, tal como se mostra no Quadro 1. Esse desfazamento, que é menor nas paredes de água que nas sólidas, aumenta com a espessura da parede e com a não ventilação do espaço entre o vidro e a parede. Assim, por exemplo, enquanto uma parede menos espessa e com ventilação pode ser mais indicada para uma sala de estar, onde a ocupação ocorre nas primeiras horas após o pôr do sol, uma parede mais espessa e sem ventilação pode já ser mais indicada para um quarto, onde a ocupação é predominantemente nocturna.

Durante o Verão, devem ser utilizados dispositivos de sombreamento semelhantes aos

usados nos sistemas de ganho directo, para evitar ganhos demasiados que aqueceriam o

QUADRO 1—Comportamento térmico de paredes de armazenamento térmico (*)

Material de Construção	Espessura P da parede (m)	Desfazamento (hr)	Varição Típica Diurna de Temperatura no Espaço (°C)
Tijolo	0.10	2	—
	0.20	6	13
	0.30	8	6
Cimento	0.10	3	—
	0.20	5	16
	0.30	8	9
	0.40	10	9
Água	0.10	—	17
	0.20	2	10
	0.30	4	7
	0.50	5	5

(*) Segundo Mazria [2], para paredes sem ventilação.

espaço, tornando-o desconfortável. No entanto, as paredes com ventilação permitem um mecanismo de arrefecimento por ventilação. Para tal, a parede de armazenamento é ainda

exposta aos raios solares mas a corrente de termossifão resultante é dirigida para o exterior do edifício, ao mesmo tempo que ar fresco exterior é admitido pela fachada norte. Este sistema, que está esquematicamente representado na Fig. 4c é particularmente eficaz em climas com temperaturas médias, humidades baixas e elevado grau de insolação.

Finalmente, este tipo de sistemas não apresenta os inconvenientes de desconforto dos sistemas de ganho directo mas, ao contrário destes, as paredes de armazenamento são sistemas que exigem um maior investimento. A falta de luz directa nos sistemas opacos pode também provocar reacções desfavoráveis em certas pessoas. No entanto, sob o ponto de vista térmico, estes sistemas são dos mais eficazes e dos mais facilmente controláveis.

Estufas contíguas

Estes sistemas, esquematicamente representados na Fig. 4d, são espaços de ganho directo colocados na parte sul dum edifício, e que comunicam com a parte ocupada do edifício através duma parede de armazenamento térmico. A cobertura transparente destes sistemas pode ser de vidro ou de plástico.

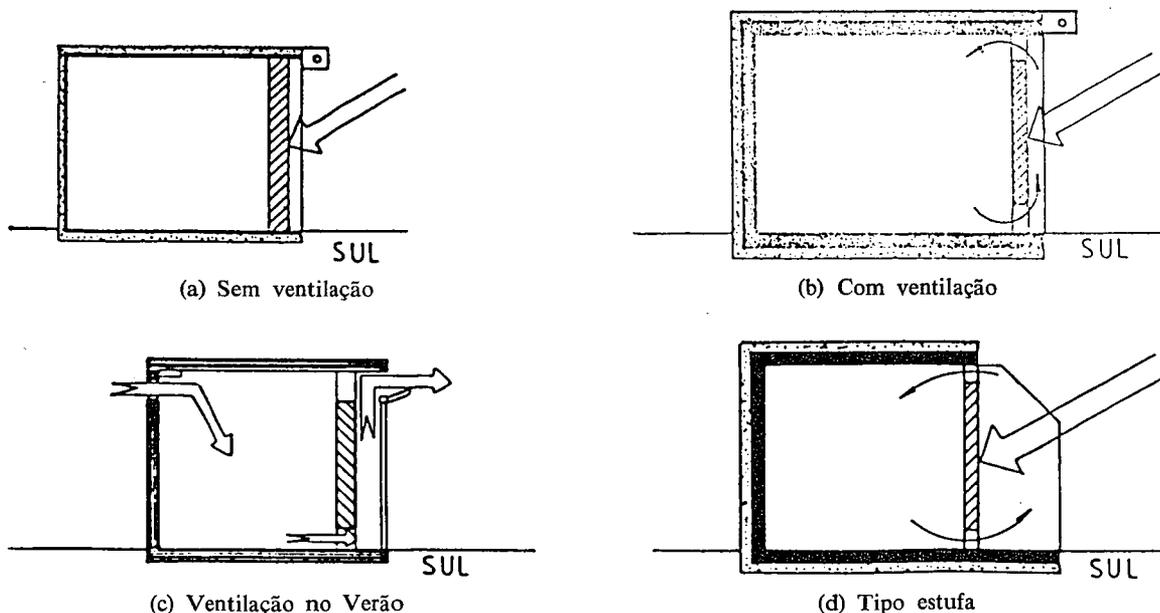


Fig. 4—Sistemas de ganho indirecto.

Embora ambos possam ter comportamento térmico semelhante, o custo de uma cobertura em plástico é inferior ao custo da mesma cobertura em vidro, não só em termos de material transparente como também no que respeita à estrutura de suporte. No entanto, a duração das coberturas de plástico é limitada devido à sua menor resistência mecânica e à sua susceptibilidade aos raios ultra-violetas que provocam uma degradação gradual das suas propriedades de transmissão e absorção da radiação solar (envelhecimento).

Os processos térmicos nestes sistemas são idênticos aos que ocorrem nos sistemas de ganho directo, enquanto que a transferência de calor para o espaço a aquecer se faz de forma idêntica à das paredes de armazenamento térmico. Como a estufa não se destina directamente a ocupação humana, os problemas de sobreaquecimento e flutuações térmicas não são importantes para o conforto. Assim, este sistema combina as vantagens dos sistemas de ganho directo e de paredes de armazenamento térmico, embora a captação da energia solar se faça com uma menor eficiência devido às maiores temperaturas atingidas na estufa. Como vantagem adicional, a estufa pode ainda permitir culturas que não seriam possíveis por vezes ao ar livre e pode, em certas ocasiões, proporcionar também condições agradáveis de habitabilidade.

A construção de estufas pode ser efectuada segundo uma grande gama de tecnologias, desde as quase-artesanais até às mais complexas, correspondendo também a uma gama importante de custos e de qualidade de resultados. Mas, dum modo geral, são dos sistemas solares passivos o que requer menor investimento.

Coberturas de armazenamento térmico

Estes sistemas colocam a massa de armazenamento térmico (água) na cobertura. Para evitar evaporação, a água está geralmente contida em reservatórios plásticos transparentes, podendo ainda haver sistemas de cobertura com vidro simples ou duplo para reduzir

as perdas por convecção. O seu funcionamento de Verão e Inverno está esquematizado na Fig. 5.

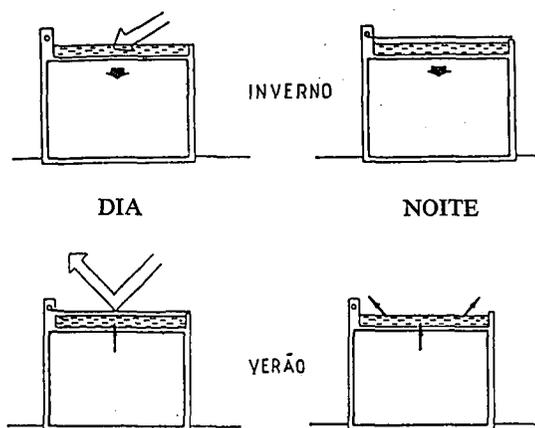


Fig. 5 — Esquema de funcionamento das coberturas de armazenamento térmico.

- No Inverno, os reservatórios de água estão expostos ao sol durante o dia e a energia é absorvida pela própria água e pelo fundo do reservatório, que é geralmente uma superfície negra. O calor é então transferido por condução para o tecto e deste por convecção e radiação para o espaço a aquecer. Em períodos sem insolação, os reservatórios de água são cobertos por uma camada isolante reflectora para evitar perdas para a atmosfera, enquanto que a energia armazenada na água se transfere para o espaço inferior.
- No Verão, a situação inverte-se. Durante os períodos com insolação o isolamento e o reflector são colocados sobre a água para evitar o seu aquecimento. Simultaneamente, dissipa energia por convecção e radiação para o tecto e deste por condução para a água. De noite, o isolamento é então retirado e a água arrefece, transferindo calor por convecção e, principalmente, por radiação para a atmosfera. A água fica assim apta a, no dia seguinte, receber a energia vinda dos espaços a arrefecer, evitando que estes aqueçam demasiado.

Este tipo de sistema é particularmente indicado para regiões cujo clima é quente e

seco durante o dia e com céu limpo durante a noite. As suas principais vantagens são:

- 1) o permitir aquecimento no Inverno e arrefecimento no Verão;
- 2) não obrigar só por si a uma orientação particular do edifício;
- 3) permitir climatização simultânea com igual eficiência de todas as divisões do edifício, não dando preferência a zonas expostas a Sul.

Os seus principais inconvenientes são:

- 1) a necessidade de estruturas adequadas ao suporte da massa de água, o que acarreta um custo relativamente elevado;
- 2) a sua aplicação é limitada ao piso adjacente à cobertura.

Sistemas de convecção por termosifão

Os sistemas de convecção por termosifão são constituídos por um circuito aberto onde o ar se move por convecção natural resultante das diferenças de massa volúmica causadas por variação de temperatura ao longo do circuito, tal como se mostra na Fig. 6.

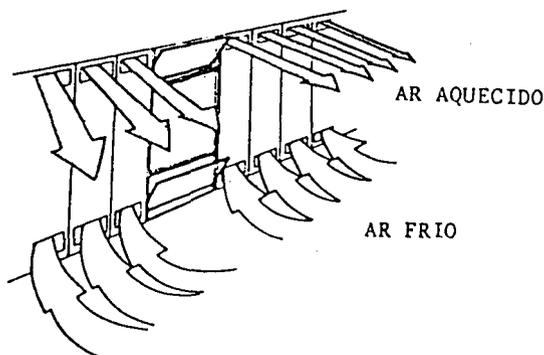


Fig. 6 — Representação esquemática de um sistema de ganho separado—termossifão a ar.

Edifícios solares passivos

Num edifício solar passivo, os sistemas descritos na secção anterior devem ser combinados por forma a obter as vantagens que cada tipo oferece, por exemplo, predominância do ganho directo nos espaços de ocupação diurna ou dos

sistemas de ganho indirecto nos espaços de ocupação mais nocturna. As regras como esta combinação deve ser efectuada são simples mas não cabe aqui a sua discussão. Os mais interessados poderão consultar documentos próprios [2-4]. No entanto, alguns princípios básicos podem ser referidos:

1) Orientação e localização do edifício:

- i) Deve localizar-se o edifício onde receba o máximo de sol de Inverno das 9 h às 15 h TSV (*), na parte Norte do terreno, com atenção aos futuros sombreamentos.
- ii) A forma rectangular com maior eixo alinhado segundo a direcção E - W expõe a maior fachada a Sul e reduz as perdas de Inverno e as necessidades de arrefecimento no Verão.
- iii) A fachada Norte deverá ser convenientemente protegida, ou pelo declive do terreno, ou por talude, ou ainda por redução de aberturas.
- iv) Os espaços com menos exigências de iluminação tais como corredores, espaços de serviços ou garagem, deverão quanto possível ser previstos no lado Norte funcionando como zonas tampão. O conceito de cascata térmica deverá ser aplicado (Fig. 7).

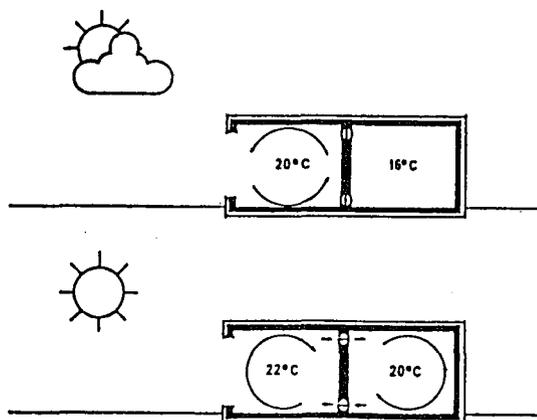


Fig. 7 — Conceito da cascata térmica.

(*) TSV = Tempo Solar Verdadeiro.

2) *Conservação de energia:*

— Num edifício solar passivo, interessa não só captar a energia solar através dos sistemas anteriormente descritos, mas também interessa manter essa energia no seu interior. Para tanto, a envolvente do edifício, isto é, as paredes, janelas e coberturas, devem ser adequadamente isoladas termicamente. Assim, os elementos opacos (paredes e coberturas) devem ser dotados de uma camada de um material de baixa condutibilidade térmica (cortiça, poliestereno, poliuretano, etc.) e os vidros podem ser duplos, por exemplo.

Uma medida complementar é a da redução das infiltrações, através de um adequado cuidado de vedação dos vários elementos, nomeadamente nas caixilharias, portas, estores, etc., onde habitualmente existem fendas maiores ou menores.

3) *Inércia térmica:*

— Para minimizar flutuações da temperatura interior, devem fazer-se as divisórias interiores com uma espessura mínima de 10 cm. As paredes leves devem ter cor mais clara e as espessas uma cor mais escura. A radiação deve incidir preferentemente sob a forma difusa.

4) *Recurso a isolamento móvel:*

— O uso de isolamento móvel sobre os envidraçados (estores, p. ex.) evita que o calor ganho durante o dia se escape rapidamente durante a noite. Para ser eficaz, o isolamento deveria fechar a abertura de forma estanque. Pode-se dizer que um estore, de noite, tem um comportamento semelhante ao do vidro duplo.

5) *Sombreamento:*

— Os envidraçados virados a Sul devem ser sombreados por uma placa horizontal concebida por forma a permitir a entrada franca do Sol no Inverno mas a sombrear completamente a janela no Verão.

A consideração destes princípios e o recurso às tecnologias solares passivas pode levar às mais variadas formas arquitectónicas. Estes princípios tanto podem ser aplicados a edifícios de serviço ou institucionais, sendo apenas necessário que os respectivos projectistas tenham os conhecimentos necessários para saberem vencer os desafios que se lhes põem para integrar estas tecnologias nos edifícios.

Como exemplo de uma residência construída com base nestes princípios, em Portugal, existe a Casa-laboratório Termicamente Optimizada (Fig. 8), projecto de investigação do LNETI e da FEUP.

As temperaturas medidas no interior da CTO têm sido entre 14 e 20°C nos períodos frios de Inverno e 24 a 26°C nos dias quentes de Verão, sem qualquer apoio energético [5].

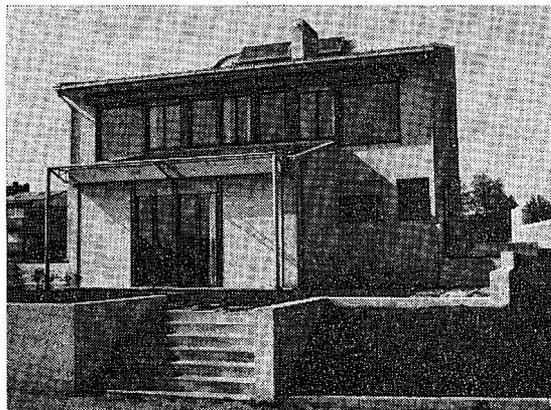


Fig. 8 — Casa termicamente optimizada.

Conclusão

Nestas notas foram apresentadas e discutidas de forma puramente tecnológica as formas passivas de captação da energia solar. Outros problemas, de carácter mais pragmático, merecem ainda aqui uma breve referência.

Viabilidade económica — Em qualquer projecto, a parte económica é importante. Portanto, é necessário decidir a viabilidade económica dum dado sistema solar, para o que há que conhecer o seu custo marginal e o valor da energia convencional poupado como resultado do uso do sistema passivo. Ambos estes custos são frequentemente difíceis de estabelecer, não só pela indefinição da exacta fronteira da maioria dos sistemas passivos mas também porque a evolução de factores económicos como preços de combustíveis e taxas de inflação envolvem significativa incerteza.

Um outro problema se põe a nível da análise dos resultados da avaliação económica do projecto. Assim, importa saber se deve a amortização do sistema cair apenas ao nível do utilizador (micro-economia) ou tendo em

conta a economia global da comunidade (macro-economia) já que, se uma grande percentagem de edifícios incorporassem sistemas solares passivos, haveria necessidade de menores investimentos em instalações de apoio (electricidade ou gás). Nesta última situação, que parece a mais adequada, dever-se-ia ter então mecanismos de incentivos expressos por reduções de taxas de juro para investimento ou comparticipação de custos através de reduções de impostos, por exemplo.

Integração urbanística — Edifícios com sistemas solares passivos devem ser inseridos num tecido urbanístico adequado, de modo a tirar inteiro proveito das suas potencialidades. Por exemplo, é importante a existência do direito de acesso ao Sol, isto é, da garantia de que o edifício não vai ser sujeito a sombreamento causado por construções futuras na vizinhança. Este acesso torna-se cada vez mais difícil nas grandes áreas metropolitanas onde os terrenos são escassos e os edifícios crescem em altura.

Condições de utilização — Os sistemas solares passivos exigem que os utentes dos edifícios onde estão instalados actuem como partes interessadas no seu funcionamento de modo a otimizar os seus resultados. Por exemplo, os ocupantes devem saber quando colocar ou retirar o isolamento «nocturno» colocado sobre zonas envidraçadas, quando promover a ventilação natural para evitar sobreaquecimento do espaço e quando promover o sombreamento dos sistemas passivos para melhor controle da temperatura. Portanto, é pressuposto estarem os utilizadores convenientemente informados. Esta tem sido a situação na grande maioria dos casos nos Estados Unidos, em que os utilizadores típicos são os próprios proprietários que geralmente são quadros ou técnicos superiores com níveis de formação, de informação e de salários acima da média. Nestes casos, pequenos ou mesmo maiores inconvenientes (sobreaquecimentos, oscilações térmicas acentuadas) são encarados com benevolência e acabam por ser aceites como regra de jogo interferindo no domínio subjectivo do conforto.

Esta situação é bem demonstrada pelos

resultados de um inquérito recentemente efectuado a um largo número de «casas solares passivas» nos Estados Unidos, em que, apesar de terem surgido problemas particulares de conforto ou de qualidade do ar numa grande percentagem dos casos, nem um simples ocupante se declarou não satisfeito com os resultados obtidos.

No entanto, a difusão generalizada de arquitectura integrando sistemas solares passivos em ambientes sociais menos cooperantes e, curiosamente, talvez por isso mais exigentes, deverá ser encarada com precaução.

REFERÊNCIAS

- [1] A. J. ALVES e A. TRAÇA DE ALMEIDA — «Contribuição didáctica para o Ensino de Energia Solar». *Gazeta de Física*, vol. 11 Fasc. 3/4 (1984).
- [2] A. MAZRIA — «The Passive Solar Energy Book». Rodale Press, U.S.A., 1979.
- [3] D. BALCOMB — «Passive Solar Design Handbook» (3 vol.). U.S. Dep. of Energy, 1980 e 1981 (1.º e 2.º vol.). ASHRAE, U.S.A., 1984 (3.º vol.).
- [4] BALCOMB e outros — «Orientações—Guia para o projecto de Sistemas Solares Passivos em Portugal». Gabinete de Fluidos e Calor, F.E.U.P., 1983.
- [5] E. O. FERNANDES, E. A. B. MALDONADO e H. J. P. GONÇALVES — «Comportamento Térmico da Casa Termicamente Optimizada — Primeiros Resultados». 2.º Congresso Ibérico de Energia Solar, Lisboa, Outubro de 1984.

união internacional de física pura e aplicada (IUPAP)

Encontra-se já constituída a *Liaison Committee* portuguesa (cf. *Gaz. Fís.* **8**, 16 (1985)): J. Gomes Ferreira (Academia das Ciências de Lisboa), M. F. Laranjeira (INIC), F. Gama Carvalho (LNETI), F. Duarte Santos e J. Bessa Sousa (SPF), M. Amaral Fortes (Sociedade Portuguesa de Materiais), S. K. Mendiratta (U. Aveiro), M. Margarida R. R. Costa (U. Coimbra), E. Ducla Soares (U. Lisboa), A. C. Moutinho (U. Nova de Lisboa), J. Moreira Araújo (U. Porto); Alves Marques (U. Técnica de Lisboa).

Adesão de Portugal ao CERN

Desde há algum tempo que os físicos de partículas portugueses têm desenvolvido esforços no sentido de Portugal aderir à Organização Europeia de Pesquisa Nuclear (CERN). Este empenhamento teve recentemente acolhimento favorável por parte do Governo português, que, em 26 de Abril do corrente ano, assinou, por intermédio do Ministro dos Negócios Estrangeiros, um protocolo de negociação relativo à adesão de Portugal ao CERN. O pedido de adesão foi apreciado pelos órgãos competentes do CERN e em 27 de Junho os países membros votaram por unanimidade a entrada de Portugal na organização. Posteriormente o Conselho de Ministros, em Lisboa, ratificou a adesão que começará a vigorar a partir de 1 de Janeiro de 1986.

A contribuição financeira de Portugal para o CERN será paga por intermédio do Ministério dos Negócios Estrangeiros, sendo aproximadamente de $5,6 \times 10^6$ francos suíços [1] por ano ou seja 380 mil contos, ao câmbio actual (*). A contribuição portuguesa constitui 0,8 % do orçamento anual do CERN. Durante os primeiros 10 anos. Portugal, devido à sua condição de país menos desenvolvido, beneficiará de um regime transitório especial no qual uma percentagem decrescente da quota anual é investida internamente «para desenvolvimento da física das partículas, reforço das infra-estruturas científicas portuguesas relacionadas com a participação de Portugal no CERN e apoio à colaboração técnica e industrial entre Portugal e o CERN» [3]. Em 1986 Portugal pagará ao CERN apenas 10 % dos $5,6 \times 10^6$ francos suíços, sendo o restante investido no país. Aquela percentagem cresce linearmente até atingir 100 % em 1995.

Os fundos a investir em Portugal vão ser administrados pela Comissão Nacional CERN criada por despacho conjunto da Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios dos Negócios Estrangeiros, da Educação e da Indústria e Energia, publicado no Diário da República, II Série, n.º 140 de 21 de Junho, pág. 5668. A Comissão Nacional CERN é

constituída por um representante do Ministro de Estado, por proposta da Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, um representante do Ministério dos Negócios Estrangeiros, um representante do Ministério da Educação, por proposta do Instituto Nacional de Investigação Científica e um representante do Ministério da Indústria e Energia. Na presente data alguns destes representantes foram já designados.

A Comissão Nacional CERN será assessorada por um conselho científico no qual, para além de físicos portugueses, participam também físicos estrangeiros. Este conselho funcionará como órgão consultivo capaz de apreciar propostas de utilização dos referidos fundos para desenvolvimento em Portugal. Importa salientar que a verba anual de $5,6 \times 10^6$ francos suíços destina-se apenas a contribuir para suportar o *budget* do CERN. Isto significa que, especialmente após 1995, as verbas para o grupo ou os grupos portugueses de física de partículas experimental serão adicionais, provenientes, por exemplo, do INIC, e obtidas em competição com verbas para investigação em outras áreas da física.

Em 18 de Junho passado o Presidente do INIC, Prof. Doutor Alberto Ralha promoveu a realização de uma sessão no Complexo II do INIC, dedicada à entrada de Portugal no CERN. Nesta sessão esteve presente o Prof. W. Kummer, Presidente do Conselho do CERN.

Nos últimos meses a SPF, no intuito de procurar informação sobre a adesão de Portugal ao CERN, dirigiu correspondência ao Director-Geral desta Instituição, Prof. Herwig Schopper. Numa carta recente, datada de 29 de Maio, o Prof. H. Schopper refere que «... it is important for Portuguese membership of CERN to benefit other areas in Portugal than

(*) Como termo de referência poderá usar-se a dotação global atribuída pelo INIC aos seus 10 Centros de Física (Aveiro (1), Porto (1), Coimbra (2) e Lisboa (6)) nos anos de 1981 e 1982—de acordo com o último Relatório divulgado [2]: cerca de 80.000 e 59.000 contos, respectivamente.

particle physics alone. I think that this will happen indirectly in a number of ways.

The participation in the various CERN programmes will certainly help to adopt new standards and levels of quality for various scientific and technical fields.

Another example is the development of computing facilities and networks and the establishment of both mechanical and electronics workshops which should benefit the physics community at large in the different Universities and Research Institutes».

Um outro aspecto importante que tem sido salientado pelos responsáveis do CERN no que respeita à adesão de Portugal é a possibilidade que o CERN oferece de treino de físicos, engenheiros e técnicos portugueses. Uma carta recente, datada de 26 de Junho, informa que o CERN tem vários programas para cientistas e estudantes trabalharem no laboratório durante períodos limitados de tempo. Segue-se uma enumeração sucinta das várias possibilidades:

a) *Fellowship Programme*

Destinado a jovens estudantes que terminaram a Licenciatura. Normalmente a permanência no CERN é de 2 anos.

b) *Corresponding Fellowship Programme*

Destinado a físicos estabelecidos profissionalmente que poderão visitar o CERN por períodos de 3 meses durante 3 anos consecutivos.

c) *Scientific Associates Programme*

Destinado a físicos estabelecidos profissionalmente que são contratados por períodos de 1 mês a 1 ano em destacamento da sua Universidade ou Instituição de investigação.

d) *Summer Student Programme*

Destinado a estudantes universitários de Física para que visitem o CERN durante o verão.

e) *Technical Student Programme*

Destinado a jovens que estudam para um grau de técnico ou engenheiro em física aplicada, engenharia ou computação. Normalmente a permanência no CERN é de 6 a 12 meses.

Informação adicional sobre estes programas pode ser obtida escrevendo para a sede da SPF (Av. da República, 37-4.º, 1000 LISBOA) ou directamente para o CERN (CH - 1211 Geneva 23, Suíça).

É natural que a entrada de Portugal para o CERN gere grande interesse e que os físicos

e estudantes de física portugueses pretendam obter informação clara e completa sobre a nossa adesão, sobre os compromissos financeiros estabelecidos, sobre as possibilidades de colaboração entre o CERN e instituições portuguesas e sobre as perspectivas de desenvolvimento em Portugal. A SPF esforça-se por manter os seus sócios informados na medida das suas limitadas possibilidades e meios de informação.

[1] «Adhesion du Portugal», CERN document, 85/49/5/f 16 Avril 1985.

[2] Relatório de Actividades do Instituto Nacional de Investigação Científica, 1981 e 1982 (Oficinas Gráficas da Editorial do M. E., 1983).

[3] «Protocolo de negociação relativo à adesão de Portugal ao CERN», Genebra, 26 de Abril de 1985.

física 86

Braga, 30 Set. - 3 Out. 1986

Confirma-se a realização da 5.ª Conferência Nacional de Física, na cidade de Braga, nas datas anteriormente anunciadas (Gaz. Fís. 7, 80 (1984)). Acham-se já constituídas as Comissões Executiva, Local e Consultiva.

A primeira circular será distribuída no início do ano lectivo 85-86. Apela-se, desde já, para a pronta devolução da ficha de pré-inscrição; com efeito as indicações recebidas poderão contribuir para fixar o programa da FÍSICA 86.

Como em Conferências anteriores serão admitidas comunicações em todas as áreas (Física das Partículas, Física Nuclear, Física Atómica, Física Molecular, Física da Matéria Condensada, Física dos Plasmas, Astronomia e Astrofísica, Geofísica, Biofísica, Óptica, Física Computacional, Ensino da Física, Física na Indústria, etc.).

Os resumos das comunicações deverão ser enviados, até 28 de Fevereiro de 1986, para Comissão Executiva Física 86, Laboratório de Física, Faculdade de Ciências, Praça Gomes Teixeira, 4000 Porto.

OLIMPIADAS DE FÍSICA

Realizaram-se, no período de 11 a 15 de Junho, as provas regionais das Zonas Norte, Centro e Sul. Neste número da Gazeta publica-se os textos das provas organizadas pelas delegações do Porto e Coimbra; as provas da delegação de Lisboa serão incluídas num trabalho a publicar no próximo fascículo. Algumas informações adicionais sobre as provas e os resultados aparecem à frente, no Noticiário SPF.

Delegação de Coimbra (Zona Centro)

1. Prova do 9.º ano

A quatro lâmpadas eléctricas vulgares extraiu-se o interior e adaptou-se ao casquilho de cada uma delas uma peça por forma a poder-se-lhe ligar um tubo de plástico; três das lâmpadas foram pintadas de preto e uma de branco (Fig. 1).

Vamos realizar uma série de experiências devendo tomar-se nota das observações necessárias para dar resposta adequada às perguntas que são feitas; por isso as perguntas devem ser cuidadosamente lidas antes de serem iniciadas as experiências.

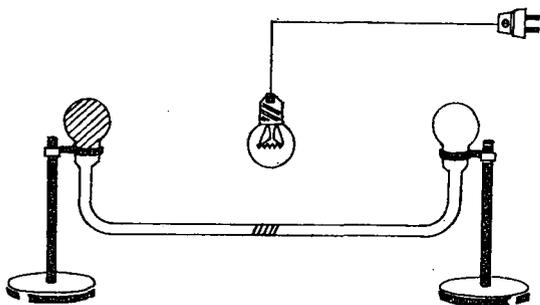


Fig. 1

Experiências

Para esquematizar vamos designar por *E* e *D* respectivamente a lâmpada da esquerda e a lâmpada da direita. Estas duas lâmpadas, que são ambas pintadas, estão ligadas por um tubo de plástico transparente no qual se introduz uma pequena porção de água para servir de indicador. A parte do tubo em que a água se vai deslocar deve procurar manter-se horizontal.

Entre as «lâmpadas» *E* e *D* coloca-se uma lâmpada eléctrica *L*, boa, que se acende.

Em três das experiências usa-se um reflector que, no esquema abaixo, é indicado por um parêntesis.

1.º Grupo de Experiências: *E* e *D* são ambas pretas

- 1 — E L D (L equidistante de E e D)
 2 — E L D) (« » » » » »)
 3 — E L D

2.º Grupo de experiências: *E* preta e *D* branca

- 4 — E L D (L equidistante de E e D)
 5 — E L D) (« » » » » »)
 6 — (E L D (« » » » » »)
 7 — E L D

Perguntas

1 — Em cada uma das sete experiências feitas indicar:

- Qual a lâmpada que recebeu mais energia. Porquê?
- Em qual das lâmpadas é maior a temperatura do ar nela contido. Justificar a resposta.
- Em qual das lâmpadas é maior a velocidade média das partículas do ar nela contido.

2 — O que entendes por temperatura?

3 — Considerar a experiência n.º 4:

- O que é que causou o deslocamento do líquido?
- Por que motivo parou depois o líquido?
- Qual a razão porque se recomendou que a parte do tubo em que a água se desloca deve manter-se horizontal?

4 — Já ouviste falar em pressão (por exemplo a «pressão dos pneus» de um automóvel). O que entendes por pressão?

5 — Considerar cada uma das sete situações experimentais e indicar para cada um dos casos:

- Se, antes de atingido o equilíbrio, a pressão na lâmpada da esquerda é

maior, igual ou menor que na lâmpada da direita?

- b) Como em a) mas depois de atingido o equilíbrio;
- c) Se, depois de atingido o equilíbrio, as massas de ar contidas em cada uma das lâmpadas são ou não alteradas.

6-a) Podemos considerar, nas experiências feitas, o ar como um gás perfeito. Pode escrever-se a equação dos gases perfeitos na forma $PV = AmT$, em que P , V e T são respectivamente a pressão, volume e temperatura (absoluta) de uma dada massa m de gás e A é constante para uma dada substância. Mostrar a que é igual a razão T_E/T_D , em que T_E e T_D são as temperaturas das massas de ar contidas nas lâmpadas da esquerda e da direita, respectivamente, depois de ter sido atingido o equilíbrio.

- b) Com base na expressão deduzida na alínea anterior explicar as observações feitas nas experiências 1 e 4.

7—Como relacionas as experiências realizadas com o aproveitamento da energia solar?

2. Prova do 11.º ano

«A massa pode ser comparada a um actor que aparece no palco com variados disfarces mas nunca com a sua personalidade própria».

H. L. Jackson, AJP 27, 278 (1959).

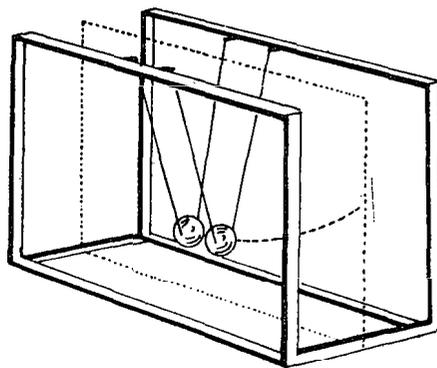
Vamos fazer experiências com 5 esferas do mesmo tamanho, todas pintadas de preto e que, para se distinguirem visualmente, estão marcadas com as letras A, B, C, D, E. (*).

O que for observado ou sentido em cada experiência deve ser cuidadosamente anotado tendo em vista as respostas às perguntas que abaixo se fazem. Por isso, as perguntas devem ser lidas atentamente antes de serem iniciadas as experiências.

Experiências

1—Colocar cada uma das esferas na palma da mão.

- 2—Com as esferas assentes sobre a mesa, dar um piparote em cada uma delas com um dedo (como quem joga ao berlinde).
- 3—Deixar cair da mesma altura duas esferas e procurar observar se chegam ao chão ao mesmo tempo ou não. Fazer esta experiência para os pares AC, AE e CE.



4—Suspender as esferas A e D por forma a que os fios de suspensão de A e D sejam paralelos e as duas bolas fiquem em contacto (Fig. 1).

- a) Deixando a esfera A na posição de equilíbrio, afastar D e abandoná-la; D vai chocar centralmente com A; aliás as duas bolas chocam repetidas vezes e deve observar-se em especial o 1.º choque.
- b) Repetir a experiência deixando a esfera D na posição de equilíbrio; afastar A e abandoná-la.

5—Realizar a exper. 4 para as esferas A e B

6— » » » » » » » B e C

7— » » » » » » » D e E

Perguntas

- 1—a) Em que experiência, ou experiências, é posta em evidência a massa gravítica?
- b) Em que experiência, ou experiências, é posta em evidência a massa de inércia?

(*) Obviamente não foi dito aos participantes que as massas das esferas eram, aproximadamente, $m_A = 280$, $m_B = m_C = 100$, $m_D = m_E = 50$ g.

- c) Diz o que entendes por massa gravítica e massa de inércia?
- d) Quando nos referimos à massa de um corpo, não é costume especificar se se trata da gravítica ou da de inércia, mas simplesmente a massa do corpo; porque será?
- e) Com base nas experiências 1 e 2 faz uma primeira tentativa de avaliação relativa das massas m_A , m_B , m_C , m_D , e m_E das esferas, ordenando-as por ordem decrescente como no seguinte exemplo:

$$m_M = m_O > m_N = m_Q > m_P$$

2—Conta-se que Galileu fez uma experiência, deixando cair do cimo da torre de Pisa duas balas de canhão de tamanhos diferentes.

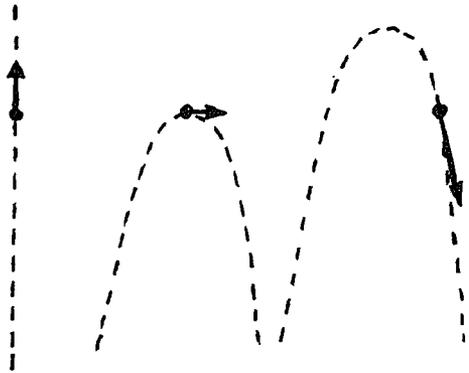
- a) Em relação ao conjunto de experiências n.º 3 indica se:

AC AE CE

- as esferas *chegam* ao mesmo tempo
- as esferas *chegam quase* ao mesmo tempo
- as esferas *não chegam* ao mesmo tempo

- b) Galileu utilizou duas esferas de ferro e nas experiências agora realizadas também se utilizaram esferas de materiais densos. Qual será o motivo para a escolha destas condições experimentais?
- c) As experiências n.º 3 pretendem ser uma repetição laboratorial da experiência de Galileu. Qual foi a conclusão importante a que este célebre cientista chegou?
- d) Considerar três bolas diferentes que foram atiradas ao ar descrevendo trajectórias distintas, e que, num dado instante, se encontram nos pontos indicados na figura, todos à mesma altura do solo.
- i) O que representam os vectores indicados na figura?
- ii) As forças que, nesse instante, se exercem em cada uma das bolas, são iguais ou diferentes?

- iii) E as acelerações de cada uma das bolas, são iguais ou diferentes? Justifica a resposta e caracteriza o vector aceleração em cada um dos casos.



- 3—a) Que lei de conservação se verifica no choque? Escreve esta lei aplicada à experiência 4.
- b) O que se verifica no 1.º choque das esferas pode ser interpretado qualitativamente como se o choque fosse perfeitamente elástico; podemos portanto supor que há conservação da energia cinética. Escrever esta lei de conservação aplicada à experiência 4.
- c) Suponham-se duas esferas quaisquer, designadas genericamente por i e j , que chocam centralmente, como nas experiências 4, 5, 6 e 7. Sejam m_i , m_j as suas massas; v_i , v_j as suas velocidades antes do choque e v'_i , v'_j imediatamente após o choque. Provar que:

$$v_i (m_j - m_i) = -(m_j + m_i) v'_j$$

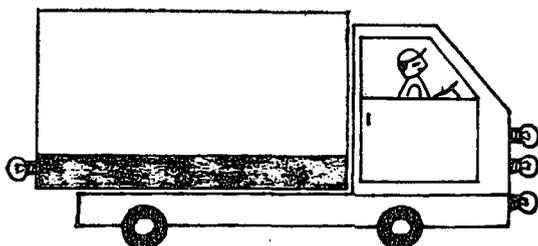
A dedução desta expressão pode ser deixada para o fim; neste caso, passar à alínea seguinte.

- d) Mostrar que a expressão da alínea anterior explica as observações feitas nas experiências 4, 5, 6 e 7.
- e) Na pergunta 1e) pedia-se uma primeira tentativa de avaliação relativa das massas; poderá essa avaliação ser agora mais precisa? Justificar a resposta.

Delegação do Porto (Zona Norte)

1. Prova do 9.º ano (teórico-experimental, 2 horas)

- Lê com atenção as questões que te são postas, reflectindo antes de responder.
- Elabora um relatório sobre cada experiência, indicando todas as manipulações e cálculos que realizares.



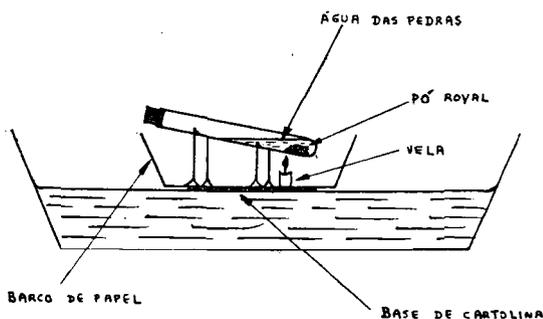
I—Num camião-brinquedo instalou-se um sistema de iluminação rudimentar: uma lâmpada atrás (A) e três lâmpadas à frente (B), (C) e (D), todas iguais. Para o funcionamento daquele sistema eléctrico dispõe-se de uma fonte de 4,5 V e de um só interruptor. Sabe-se que:

- As lâmpadas podem estar todas acesas.
- Fundindo a lâmpada A, as lâmpadas B, C e D continuam acesas.
- Fundindo a lâmpada B, as lâmpadas A e D continuam acesas, mas a lâmpada C apaga-se.
- Fundindo a lâmpada C, as lâmpadas A e D continuam acesas, mas a lâmpada B apaga-se.
- Fundindo a lâmpada D apagam-se todas as lâmpadas.

- 1—Esquematiza o circuito que representa o sistema de iluminação do camião, utilizando os símbolos usuais em electricidade.
- 2—Monta o circuito correspondente com o material que te é fornecido, reproduzindo a instalação eléctrica do camião.

II—O canhão é ainda usado como um modo de «comunicação» ofensiva em situação de guerra. No entanto ele pode tornar-se um brinquedo nestas vossas olimpíadas. De acordo com o esquema seguinte monta um pequeno canhão com o material que te é fornecido:

—Junta 2 colheres de fermento em pó a cerca de 8 cm³ de água mineral no tubo de vidro. Fixa o tubo ao suporte e coloca a rolha ligeiramente enterrada no tubo. Coloca a caixa na água e acende a vela.

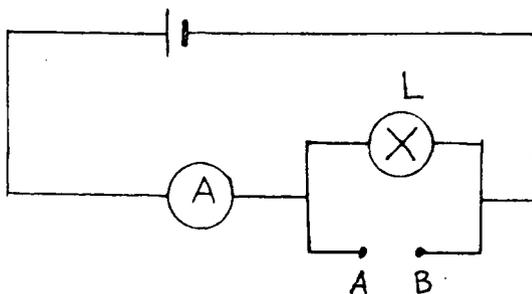


- 1—Indica uma transformação energética ocorrida no sistema «tubo fechado».
- 2—Indica uma transferência de energia, referindo entre que sistemas (corpos) ocorreu.
- 3—Procura explicar, o melhor possível, o recuo do «canhão + barco».

2. Provas do 11.º ano

2.1 Parte prática (1 1/2 horas)

I—Luís pretendia saber quais dos materiais que constituem os objectos contidos numa caixa eram condutores eléctricos, e de entre esses qual o de maior e qual o de menor resistência. Imaginou então o circuito a seguir esquematizado. Entre os pontos A e B introduziria cada um dos objectos.



Se o amperímetro não acusasse passagem de corrente então o objecto não era condutor, caso contrário era. Neste caso,

quanto maior fosse o brilho da lâmpada L menor seria a resistência do condutor.

1—Concordas com a proposta do Luís?

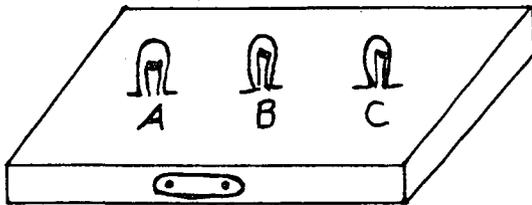
Se não concordares explica as razões da tua discordância e em seguida planeia as experiências que aches necessárias para poderes dar resposta correcta ao problema do Luís.

2—Executa as experiências que propuseste em 1, e com os dados que colheres responde então às questões do problema:

Quais dos materiais são condutores?

Qual o de maior e qual o de menor resistência?

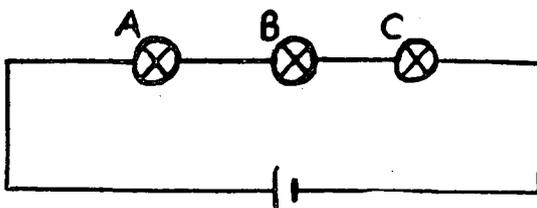
II—Forneceram-se ao Luís quatro caixas C_1 , C_2 , C_3 e C_4 , aparentemente todas iguais, com três lâmpadas A, B e C e uma ficha de ligação eléctrica (ver figura).



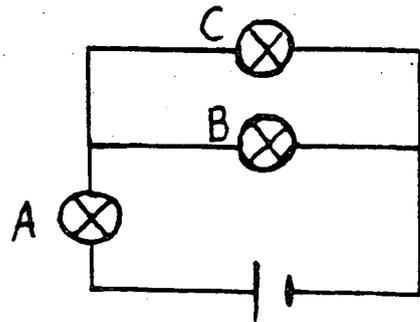
- Na caixa C_1 apagam-se todas as lâmpadas se retirasse qualquer das outras.
- Na caixa C_2 retirando A, a lâmpada B apaga-se mas C continua acesa; retirando C, as lâmpadas A e B permanecem acesas.
- Na caixa C_3 as lâmpadas B e C apagam-se quando se retira a lâmpada A, mas retirando a lâmpada B as outras duas permanecem acesas.
- Na caixa C_4 retirando qualquer das lâmpadas as outras duas permaneciam acesas.

Imaginou então que as lâmpadas estariam assim associadas:

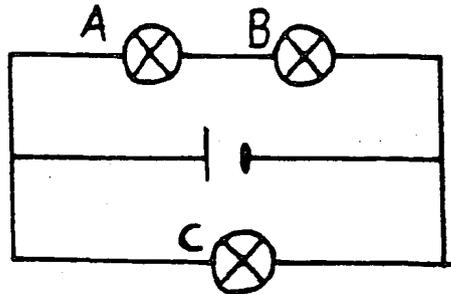
Em C_1 :



Em C_2 e C_3 :



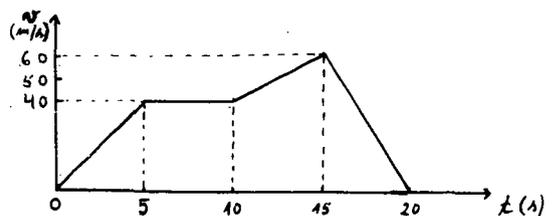
Em C_4 :



- Concordas com todos os esquemas propostos pelo Luís? Nos casos em que não concordares faz os esquemas que aches apropriados.
- Monta, de acordo com a resposta dada em 1, quatro circuitos que pudessem estar contidos nas caixas. Verifica se cada um satisfaz às condições da caixa a que corresponde e que estão descritas em a), b), c) e d).

2.2 Parte teórica (2 horas)

I—Num velho livro de problemas o Luís encontrou o gráfico a seguir representado:

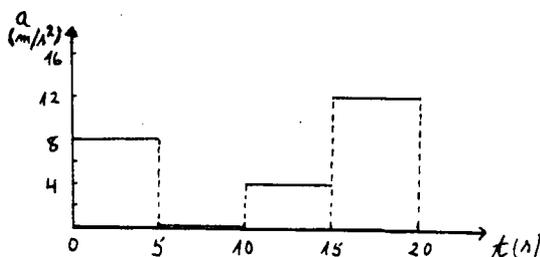


v —valor da velocidade; t —instante considerado.

As únicas indicações que o acompanhavam estão representadas na figura 1.

O Luís admitiu que o gráfico se referia ao movimento de um móvel e resolveu traçar o correspondente gráfico da evolução da aceleração com o tempo.

Traçou então o gráfico indicado na figura:



Concordas com o gráfico traçado pelo Luís, para qualquer intervalo de tempo? Sempre que não concordares justifica claramente a tua discordância.

II—Para cada uma das afirmações A e B, a seguir, escreve V (verdadeira) ou F (falsa) e corrige as afirmações que consideres falsas:

A—Se num dado instante a velocidade de um ponto material for nula, a sua aceleração é necessariamente nula.

B—Se num dado instante a aceleração de um ponto material for nula, a sua velocidade é necessariamente nula.

Indica situações da vida real que possam ser associadas às afirmações A e B, após eventual correcção.

III—Um corpo na Terra, apoiado numa superfície horizontal, rígida, sem atrito, adquire uma aceleração cujo módulo é $a(T)$ quando actuado por uma força horizontal de módulo F . O mesmo corpo actuado, nas mesmas condições, na Lua, adquire uma aceleração de módulo $a(L)$.

A—Pode concluir-se que:

$$a(L) = a(T); a(L) < a(T); a(L) > a(T)$$

Justifica a afirmação que consideres verdadeira.

B—Supõe que suspendemos o mesmo corpo num dinamómetro, na Terra e depois na Lua, para medirmos o seu peso (P). Pode concluir-se que:

$$P(L) = P(T); P(L) < P(T); P(L) > P(T)$$

Justifica a afirmação que consideres verdadeira.

IV—Das afirmações que se seguem (A1, A2, B1, B2, B3, C1, C2, C3), indica as verdadeiras e corrige as falsas de modo a transformá-las em afirmações verdadeiras.

A—Um homem de peso 1000 N e um rapaz de peso 500 N patinam sobre o gelo, na mesma direcção mas em sentidos opostos. Num dado instante chocam-se.

1—Durante o choque o módulo da força exercida pelo rapaz sobre o homem é metade do módulo da força exercida pelo homem sobre o rapaz.

2—O módulo da aceleração adquirida pelo rapaz é o dobro do módulo da aceleração adquirida pelo homem.

B—Considera dois pontos materiais de massas m_1 e m_2 , sendo $m_1 \neq m_2$. Só existe um ponto no espaço onde os campos gravíticos criados por essas massas:

1—São iguais.

2—Têm o mesmo módulo e a mesma direcção.

3—Têm o mesmo módulo.

C—Considera, no ar, uma carga positiva $+q$ fixa no ponto A.

1—Num ponto B, a uma distância r de A, lança-se uma carga negativa $-Q$, de massa m , com uma velocidade v perpendicular ao segmento AB. A carga $-Q$ des-

creverá um movimento circular uniforme se

$$v = \sqrt{\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 m r}}$$

onde ϵ_0 representa a permissividade eléctrica do vazio, aproximadamente igual à do ar.

- 2—A mesma carga $-Q$ é agora colocada no ponto B, ficando livre de se mover. A aceleração que ela adquire é diferente da aceleração na situação da alínea 1.
- 3—A energia cinética da carga $-Q$ mantém-se constante durante o seu movimento, quer na situação da alínea 1 quer na de 2.

Sociedade Europeia de Física

- Terá início em Janeiro de 1986 a publicação de **Europhysics Letters**, a nova revista da Sociedade Europeia de Física, que se espera venha a ser uma publicação de elevado nível e grande difusão. Com o aparecimento de Europhysics Letters suspendem publicação Journal de Physique Lettres, da Sociedade Francesa de Física, e Lettere al Nuovo Cimento, da Sociedade Italiana de Física. Estas duas sociedades, juntamente com o Institute of Physics (Grã-Bretanha), são os «sócios» responsáveis pelo investimento inicial; espera-se que a SPF seja uma das oito outras sociedades envolvidas na iniciativa.

A partir de 1 de Setembro de 1985 podem ser enviados manuscritos para publicação (cf. *Europhysics News*, Junho 1985).

- A representação da SPF nos órgãos e comissões da Sociedade Europeia de Física é agora a seguinte: F. D. Santos (Council), F. Carvalho Rodrigues (Applied Physics and Physics in Industry), J. Bessa Sousa (Conference Committee), M. Fernandes Thomaz (Physics Education), J. Moreira Araújo (Publications Committee, Chairman).

Sociedade Europeia de Materiais (*)

A Sociedade Europeia de Materiais, em fase de organização, pretende fomentar na Europa actividade idêntica à sua congénere americana, organizando em Estrasburgo anualmente duas Conferências, uma em Maio e outra em Novembro, com o objectivo de reunir em cada uma delas físicos, químicos e engenheiros activos no domínio da ciência dos materiais.

Em cada uma das Conferências está prevista uma mesa-redonda formada por investigadores da indústria e das universidades para a discussão de projectos de colaboração e transferência de tecnologias. São membros da Sociedade todos os investigadores que tenham participado nas Conferências já realizadas. De futuro a Sociedade estabelecerá uma quota de entrada para todos aqueles que não tendo participado nas Conferências queiram usufruir da informação oferecida gratuitamente aos sócios. Actualmente os sócios recebem toda a documentação da Sociedade americana congénere.

Na última reunião que teve lugar em Estrasburgo, em Maio de 1985, a comissão organizadora discutiu com o Presidente da sua congénere americana as modalidades a introduzir para interacção entre as diferentes sociedades deste tipo e foi informada que está em fase avançada de organização a sua congénere asiática. Foi salientado ainda que a Sociedade irá promover escolas e cursos intensivos para estudantes em temas de grande actualidade em ciências dos materiais.

Informações adicionais a todos os interessados na actividade e objectivos desta Sociedade poderão ser facultadas por: J. Carvalho Soares, CFNUL, Av. Prof. Gama Pinto, 2, 1699 Lisboa Codex (national representative of M R S).

(*) Secretariado: European Materials Research Society (M R S), Centre de Recherches Nucleaires, Laboratoire PHASE; Att: P. Siffert F - 67037 Strasbourg Cedex, França.

OLIMPIADAS DE FÍSICA

Delegação de Lisboa

Teve lugar no edifício C1 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, no dia 15 de Junho de 1985, a etapa regional das primeiras Olimpíadas de Física para alunos do ensino secundário da região de Lisboa, Sul e Ilhas. Das 21 Escolas Secundárias que tinham declarado a intenção de enviar concorrentes estiveram presentes as 16 seguintes:

Amadora, D. Dinis, Olivais, Fonseca Benevides, Alenquer, Elvas, N.º 1 Abrantes, Mação, Emídio Navarro, Alfredo da Silva, S. Julião—Setúbal, Jaime Moniz—Funchal, Antero de Quental—Ponta Delgada, Instituto Militar dos Pupilos do Exército, Instituto de Odivelas, Colégio Militar.

Cerca de 100 alunos participaram nas provas teórico-experimentais do 9.º ano e do 11.º ano e ainda nas provas constituídas pela apresentação de um trabalho original versando um tema de Física.

Foram vencedoras nas diferentes provas as seguintes equipas:

Prova Teórico-Experimental

9.º Ano—Artur Ricardo Coelho de Amaral (15 anos)
António José da Silva Coutinho (15 anos)
Frederico Carlos Reis Morais (15 anos)

Colégio Militar

11.º Ano—José Manuel Paixão Conde (16 anos)
Nuno Paulo Viegas (17 anos)
António Jorge Páscoa Figueiredo (16 anos)

Escola Secundária de S. Julião—Setúbal

Apresentação de trabalho original sobre tema de Física

Programa de Computador

9.º Ano—Paulo Duarte Serra Oliveira (14 anos)
Ricardo Delgado Cabral (15 anos)
Pedro Miguel Costa Raposo (14 anos)

Escola Secundária Antero de Quental—Ponta Delgada

11.º Ano—Francisco M. Marques Fontes (16 anos)
Paulo Miranda Batista Damasco (17 anos)
Jorge Manuel Gaspar (16 anos)

Escola Secundária N.º 1 de Abrantes

Audiovisuais

9.º Ano—Remígio de Matos Machado (15 anos)
João André Tomé Aleixo (15 anos)
Anabela Canas Dias (14 anos)

Escola Secundária de Mação

11.º Ano—José Pedro Calheiros (17 anos)
Ruben Ribeiro Fletecher (16 anos)
Pedro Miguel dos Santos Ruivo (16 anos)

Escola Secundária de S. Julião—Setúbal

Cartazes e/ou Maquetas

9.º Ano—Ricardo Inácio (15 anos)
João Carlos Tavares (15 anos)
Paulo Rego (15 anos)

Escola Secundária Emídio Navarro—Almada

No anfiteatro Prof. Manuel Valadares, do Edifício da Faculdade de Ciências da Rua da Escola Politécnica, às 21 horas do mesmo dia, foram distribuídos os prémios às equipas vencedoras e ainda um prémio de participação às escolas e aos restantes alunos.

Aos alunos vencedores o Senhor Dr. Luís Parreirão, da Comissão Organizadora do Ano Internacional da Juventude entregou uma medalha, bem como um prémio a uma parte das escolas participantes. A Delegação Regional de Lisboa contou com o apoio das seguintes entidades e individualidades para angariação dos restantes prémios e despesas inerentes à organização:

Faculdade de Ciências de Lisboa, Caixa Geral de Depósitos, FOC—Escolar, Editorial Caminho, Instituto Italiano de Cultura, Livraria Escolar Editora, Centro Cultural Americano, Dr. Rómulo de Carvalho, Embaixada do Brasil, Câmara Municipal de Palmela, Câmara Municipal de Sintra.

A Delegação Regional de Lisboa, tendo em conta o entusiasmo e o êxito desta iniciativa, pretende desde já iniciar a organização das próximas Olimpíadas Regionais que terão lugar em 1986. Com esse objectivo vai iniciar uma sondagem às escolas interessadas já em Setembro e Outubro do próximo ano lectivo. Desde já ficaremos gratos por todas as sugestões, críticas e colaboração que nos seja enviada.

Delegação de Coimbra

As provas regionais tiveram lugar no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, no dia 13 de Junho, apresentando-se equipas de nove escolas secundárias.

As equipas mais bem classificadas foram as seguintes:

9.º ano — prova teórico-experimental

- 1.º — Escola Secundária Jácome Ratton, Tomar
- 2.ºs — Esc. Sec. Nuno Álvares, Castelo Branco
— Escola Secundária n.º 1, Aveiro
— Esc. Sec. Domingos Sequeira, Leiria

A equipa vencedora era constituída pelos alunos:

José Manuel dos Prazeres Silva
Francisco Trincão
Eduardo Manuel Costa Godinho Flores

9.º ano — prova de criatividade (computação)

- 1.º — Escola Secundária n.º 1, Aveiro
- 2.º — Esc. Sec. Domingos Sequeira, Leiria

A equipa vencedora era constituída pelos alunos:

Ángelo Miguel Santos Marques
Pedro Fernandes Tomás
Carlos Miguel Loff Barreto

11.º ano — prova teórico-experimental

- 1.º — Escola Secundária n.º 1, Aveiro
- 2.ºs — Esc. Sec. Avelar Brotero, Coimbra
— Esc. Sec. Domingos Sequeira, Leiria

A equipa vencedora era constituída pelos alunos:

Carlos Manuel Mira da Fonseca
Andrea Hall
Patrícia Pinto

11.º ano — prova de criatividade

- 1.ºs — Escola Secundária n.º 1, Aveiro
— Esc. Sec. Avelar Brotero, Coimbra
- 3.º — Esc. Sec. Domingos Sequeira, Leiria

As primeiras equipas, que apresentaram programas de computação, eram constituídas pelos alunos:

Carlos Manuel Mira da Fonseca
Pedro Miguel Pinho dos Santos
António José de S. Alves

e
José Fernando O. C. Santos
Miguel Ferrand A. Lopes
Alexandre J. D. Matos

A equipa da Esc. Sec. Domingos Sequeira apresentou um temporizador electrónico.

Delegação do Porto

Estas provas decorreram na Faculdade de Ciências do Porto, em 11 e 12 de Junho, com equipas das seguintes escolas secundárias:

Esposende, Valadares, Macedo de Cavaleiros, Rodrigues de Freitas, Carolina Michaelis, Vila do Conde (J. Régio), Mogadouro, Oliveira Martins, S. Pedro (V. Real), Carlos Amarante (Braga), Marco de Canaveses, Esc. Música C. Gulbenkian (Braga), V. N. Famalicão.

9.º ano — concorreram 11 Escolas.

As primeiras equipas foram:

- 1.º Esc. Sec. Valadares
- 2.º Esc. Sec. Carlos Amarante, Braga
- 3.º Esc. Sec. Rodrigues de Freitas, Porto

A equipa vencedora era constituída pelos alunos:

António Pedro Macedo
Fernando Luís Poças da Silva
António José Nabais

Esta equipa realizou, além da prova teórica-experimental, uma prova de criatividade (computação); um dos seus elementos trazia ainda um trabalho de Astronomia.

11.º ano — concorreram 11 Escolas.

As primeiras equipas foram:

- 1.º Esc. Sec. Carlos Amarante, Braga
- 2.ºs Esc. Sec. Macedo de Cavaleiros
Esc. Sec. S. Pedro, V. Real

A equipa vencedora era constituída pelos alunos:

Alexandre Alves
Jorge Manuel Fernandes Barroso
Carlos Dantas Giestal

Esta equipa realizou, além da prova teórico-experimental, uma prova de criatividade (dispositivo experimental ilustrativo do funcionamento de um motor/gerador).

Cada aluno recebeu um prémio de presença, sendo atribuído um prémio especial aos elementos das equipas vencedoras. Às respectivas Escolas será entregue um prémio que se espera seja de grande utilidade para os alunos.

A Delegação Regional contou com o apoio das seguintes entidades:

Amorim Lage Ltda, Embaixada de Itália, Fund. Eng.º António de Almeida, Guimarães, Santos e Oliveira, Laboratório de Física Fac. Ciências Porto, Livraria Fernando Machado, Papelaria Fidélia, Porto Editora, Reagente 5, Siemens S.A.R.L., Sound Discos, Timex-Sinclair.

DIVISÕES TÉCNICAS DA SPF

Tiveram lugar no passado mês de Fevereiro as votações para coordenadores das Divisões de Óptica, Física da Matéria Condensada, Física Nuclear e Partículas Elementares, e Educação. Posteriormente o Conselho Directivo designou os coordenadores e vogais, de acordo com o Regulamento das Divisões Técnicas da SPF (Gaz. Fís. 8, 39 (1985)):

Educação—*Coordenador:* J. C. Valadares

Vogais: J. Marat Mendes, Helena Rolão

Física da Matéria Condensada

Coordenador: J. Bessa Sousa

Vogais: A. Vallera, J. M. M. Moreira

Física Nuclear e Partículas Elementares

Coordenador: Augusto M. Barroso

Vogais: A. Policarpo, A. Sá Fonseca

Óptica—*Coordenador:* Olivério D. D. Soares

Vogais: J. Rebordão, L. M. Bernardo

Física Nuclear e Partículas Elementares

- O II Encontro Luso-Espanhol de Física Nuclear deverá ter lugar em Sevilha, de 26 a 29 de Maio de 1986; como é sabido, o I Encontro teve lugar em Lisboa, em 1983.
- Foram, pela primeira vez, atribuídas bolsas através do fundo SPF—Divisão Técnica de Física Nuclear e Partículas Elementares. Destinadas a promover estadias (1 a 3 meses) de cientistas estrangeiros, cuja presença seja importante para projectos de investigação em curso, foram atribuídas três bolsas de um mês.

Óptica

- A Divisão vai promover, na cidade do Porto, nos dias 13 e 14 de Dezembro de 1985, um Encontro intitulado *Laser-Portugal, 25 Anos depois*; pretende-se, assim, assinalar o quarto de século decorrido desde a descoberta do laser. Através de um inquérito prévio será tentado um levantamento despretençioso das múltiplas actividades, no nosso país, que recorrem ao uso de lasers: na investigação, metrologia, diagnóstico e tratamento, comunicações, indústria, etc., etc. O programa do Encontro será oportunamente divulgado; há

a intenção de promover igualmente sessões destinadas ao «grande público». Quaisquer sugestões ou comentários—que antecipadamente se agradece—podem ser dirigidos à Divisão de Óptica, SPF.

Física de Matéria Condensada

- Realizou-se no Porto, de 20 a 22 de Maio, o II Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Materiais (**Materiais-85**) com a colaboração da SPF, através da Divisão de Matéria Condensada.

Os temas do Encontro foram: (1) Processos de fabrico de materiais (2) Comportamento mecânico de materiais (3) Materiais especiais (4) Física dos materiais (5) Conservação dos materiais.

O tema Física dos Materiais englobou 18 trabalhos marcadamente da área da Física, assim distribuídos:

(i) *Técnicas experimentais (6 comun.)*

Projecto e construção de uma unidade de crescimento de cristais pelo método de Bridgmann; unidade de preparação de amostras com um forno de fusão em arco (atmosfera inerte); e unidade de deposição de camadas finas (por radiofrequência) num substracto metálico.

Sobre o emprego de técnicas físicas, refere-se o trabalho de ressonância electromecânica aplicada à caracterização de materiais; o uso da resistividade eléctrica para estudos de envelhecimento em ligas metálicas; e o emprego da espectrometria Mössbauer no estudo dos aços.

(ii) *Materiais metálicos (6 comun.)*

Três das comunicações estudam aços inoxidáveis, com o emprego de diversas técnicas: metalografia, microdureza, microestrutura e microanálise SEM; análise de deformações mecânicas, dilatométrica diferencial, análise térmica diferencial; e medidas termomagnéticas.

Seguem-se trabalhos sobre precipitação em ligas de duralumínio; recristalização em latões; e, por último, análises da homogeneidade de ligas de Al-Si por métodos nucleares não destrutivos.

(iii) *Outros tópicos em Física dos Materiais*
(6 comun.)

Referem-se os estudos das reacções metal-hidrogénio e metal-azoto, e o trabalho sobre dopagem do Si por P, mediante irradiação com neutrões (transmutação Si→P); com a análise da adequação do reactor nuclear português.

Com vista a eventuais aplicações (detectores de radiação infravermelha), foi apresentado um trabalho de caracterização de coeficientes piroeléctricos, através da medida da corrente piroeléctrica.

Sobre cristais líquidos, foi apresentado um estudo de movimentos moleculares (gama dos MHz) na vizinhança da transição isotropo-nemático. Finalmente, refere-se o interessante estudo teórico sobre singularidades na energia interfacial de cristais.

- Está em curso a preparação do II Simpósio Ibérico de Física da Matéria Condensada, em Sevilha, de 2 a 4 de Abril de 1986. (Ver anúncio mais detalhado na página 87).

Curso de actualização

Organizado pela Delegação de Lisboa da Sociedade Portuguesa de Física e com o apoio financeiro da Fundação Calouste Gulbenkian teve lugar, de 6 a 10 de Maio último, um curso intensivo de actualização para professores do ensino secundário sobre o tema *Tópicos em Física Moderna*. Foi organizado em sessões de exposição teórica, de três horas diárias, e de realização de trabalho experimental, de igual duração. A parte experimental foi realizada nos laboratórios do LNETI, em Sacavém (experiência de activação por neutrões, Pt → Au *) e no Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa (instalação didáctica de R.X.; análise por fluorescência de raios X excitados por radiação gama). O curso foi regido pelos Profs. F. Bragança Gil e J. Carvalho Soares, da Faculdade de Ciências de Lisboa e do Centro de Física Nuclear (INIC).

LIVRARIA ESCOLAR EDITORA

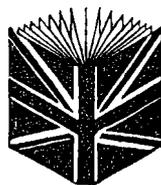


A Livraria Técnico-Científica do País
Serviço rápido de assinaturas
de revistas científicas

LIVRARIA — Rua da Escola Politécnica, 80-A
Telefs. 664040 - 672561
Telex 18570 ESCOLI P - PORTUGAL
1200 LISBOA

Filial no Porto — Rua da Boa Hora, 43 4000 PORTO
Telex 27247 ESCOP - P

LIVRARIA BRITÂNICA



THE ENGLISH BOOKSHOP
Para todos os seus livros
de inglês

Rua S. Marçal, 168-A Telef. 328472 1200 LISBOA

Filial no Porto:
Rua da Boa-Hora, 43 Telef. 382786 4000 PORTO

GAZETA DE FÍSICA

Publicidade

Tiragem actual — 2200

Periodicidade — trimestral

Leitores: professores e estudantes de Física
(ensinos secundário e superior),
investigadores, técnicos industriais

Preços:*

Fracção de página	1/8	1/4	1/2	1/1
Preto e branco	4	6	10	20
Com cor adicional	5	7	12	24

* em contos

Contactos telefónicos: Lisboa 773325-774297 (Prof. J. Carvalho Soares)
Coimbra 23675-29252 (Prof. M. Margarida Costa)
Porto 310290-21653 (Prof. J. Bessa Sousa)

C COMERCIAL LABORUM

**MATERIAL PARA
LABORATÓRIO-INDÚSTRIA, LDA.**

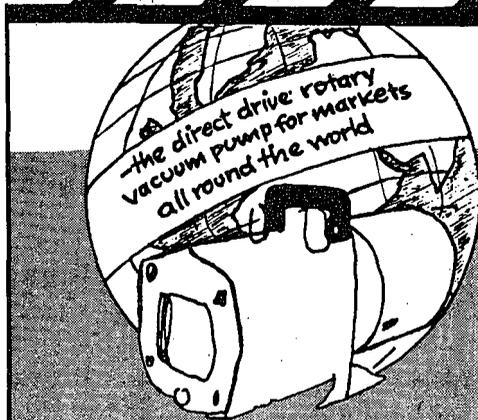
- *Aparelhagem de Electroóptica*
- *Bombas de Vácuo*
- *Equipamentos de Criogenia*
- *Osciloscópios e Multímetros*
- *Computadores e Impressoras*
- *Mesas de Balanças e outro mobiliário*

CONTACTE-NOS:

Rua da Restauração, 83-2.º • 4000 PORTO
Telefs. 695767-699382 - Telex 23156

Rua Arco do Carvalho, 59-6.º Dto. • 1000 LISBOA
Telef. 659793

Edwards



VENDIDO POR
MENDES DE ALMEIDA, LDA.



Av 24 de Julho, 52 - A G
Telex 13559 ALMEDA P

Telef. 663371 1200 LISBOA

KEITHLEY

Multímetros e Termómetros Digitais—Instrumentos Científicos—Sistemas de Componentes—Sistemas de Teste Paramétricos—Medida de Radiações, etc.

LEADER

Aparelhos Electrónicos de Medida—Osciloscópios—Geradores Audio—Geradores de Funções—Milivoltímetros—Multímetros Electrónicos—Frequencímetros Digitais—Comprovador de Transistores—Fontes de Alimentação—Pontes LCR Analógicas e Digitais, etc.

REPRESENTANTES E IMPORTADORES:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA., LDA.

Rua de Bolama, 109 — Telefones 497357 e 489893 — 4200 PORTO

Rua Ferreira da Silva, 9 — Telefone 573046 — 1900 LISBOA

AQUI →
TERÁ A SUA DISPOSIÇÃO
10 KELVIN



SE CARREGAR
NESTE
BOTÃO

PS. SO GASTA ELECTRICIDADE

CRIO LAB

Praça D. Afonso V, 120
4100 Porto • Tel. 682028

EQUIPAMENTO CRIOGÉNICO
E DE LABORATÓRIO, LDA.



VOL. 8 • FASC. 3 • JULHO 1985

SUMÁRIO

Problemas pedagógicos do ensino da Dinâmica	83
<i>M. Constança Batoréu Providência</i>	
Sobre a ordem de grandeza das pressões e temperaturas no interior das estrelas	88
<i>J. Lin Yun e F. Duarte Santos</i>	
Comemorações em Física	93
<i>E. J. S. Lage</i>	
Sistemas solares passivos	99
<i>Eduardo Maldonado</i>	
Adesão de Portugal ao CERN	109
Olimpiadas de Física	111
Noticiário da Sociedade Portuguesa de Física	118