



Gazeta de Física Vol. 22 (1999) Fasc. 3

Director Carlos Fiolhais  
Editor Carlos Pessoa

Correspondentes Paulo Crawford (Lisboa),  
Rui Ferreira Marques (Coimbra) e Fátima Pinheiro  
(Porto).

Colaboraram ainda neste número Ana Eiro,  
Augusto Barroso, Célia Sousa, Eduardo Lage,  
Ermelinda Antunes, Fernanda Vasconcelos, Francisco  
Lobo, Guilherme de Almeida, Hugo Natal da Luz,  
José António Paixão, José Luís Martins, Manuel  
Fiolhais, Nilza Costa, Paulo Crawford e Rui Medeiros  
Silva.

Secretariado Maria José Couceiro (Lisboa) e Carolina  
Borges Simões (Coimbra).

Design Lupa, R. da Graça, 140- 2º 1170-171 Lisboa  
E-mail [lupa@esoterica.pt](mailto:lupa@esoterica.pt)  
Pré-impressão e Impressão  
Textype Artes Gráficas Lda.  
Tiragem 1500 exemplares

Preços Número avulso 650\$00 (inclui IVA), ou 3,25  
euros. Consultar a administração para condições de  
assinatura.

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

Administração e Redacção  
Avenida da República, 37-4º 1050-187 Lisboa  
Tel. 21 799 36 65; Fax 21 795 23 49

ISSN 0367-3561  
Registo DGCS nº 107280 de 13/5/80  
Depósito Legal nº 51419/91  
Publicação Trimestral  
Publicação subsidiada pela Fundação para a Ciência  
e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia.

*A Gazeta de Física publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Deverá constituir também um espaço de informação para a actividades da SPF, nomeadamente as suas Delegações Regionais e Divisões Técnicas. 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 SPF.*

*Os manuscritos devem ser submetidos em duplicado, dactilografados em folhas A4 a dois espaços (máximo equivalente a 3500 palavras ou 17500 caracteres, incluindo figuras, sendo que uma figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve(m) ser indicado(s) o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores, assim como o endereço electrónico para eventual contacto. Agradece-se o envio dos textos em disquete, de preferência "Word" para Macintosh ou PC. Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontos para reprodução, e nos formatos electrónicos jpg, gif ou eps.*

nota de abertura

# Os leitores têm a palavra

Ao segundo número, o efeito de surpresa já só é parcial. Ou seja, os leitores podem contar com a concretização de um dado figurino gráfico e editorial, desvendado anteriormente, mas manterão intacta – pelo menos, assim o esperamos... – a sua curiosidade acerca do que lhes vai ser proposto como conteúdos nesta edição da “Gazeta”.

Esperamos que as suas expectativas não saiam defraudadas. E, para o conseguir, reunimos um conjunto interessante de artigos, entrevista, notícias, opiniões e tudo o mais que poderá ser lido nesta edição. Para além das secções “convencionais” – noticiário diverso sobre a Física em Portugal e no mundo, projectos “Ciência Viva”, movimento editorial e, naturalmente, os ecos da dinâmica própria da SPF –, destacamos os dois artigos apresentados nesta edição. Os conteúdos, metodologias e objectivos são, como se constatará, distintos, mas preenchem na sua diversidade linhas de trabalho que a “Gazeta” pretende trazer ao conhecimento dos seus leitores.

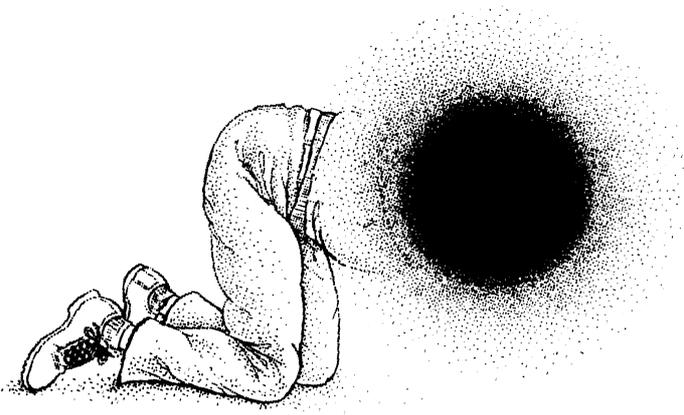
Sabe quem é José Luís Martins? O físico português cujos trabalhos têm maior número de citações nas publicações científicas internacionais é o nosso entrevistado deste número. Vale a pena ler. Uma palavra final de desafio aos nossos leitores: queremos saber o que pensam da “Gazeta”, e isso significa que precisamos das sugestões, críticas, comentários e ideias que a leitura da revista lhes sugerir. Sem isso, o nosso esforço de melhorar a qualidade da publicação ficará incompleto. Ficamos à espera.  
Até lá, boa leitura.

## índice

|   |    |
|---|----|
| artigos   |    |
| “Wormholes”: túneis no espaço-tempo<br><i>Francisco Lobo e Paulo Crawford</i>                                       | 4  |
| O trabalho experimental no ensino de tópicos de Electricidade (8º ano)<br><i>Fernanda Vasconcelos e Nilza Costa</i> | 11 |
| entrevista  |    |
| “Um Nobel não tem emprego em Portugal”<br>Entrevista com José Luis Martins<br><i>Carlos Pessoa</i>                  | 16 |
| notícias  |    |
| Física em Portugal  | 18 |
| Física no Mundo   | 24 |
| Sociedade Portuguesa de Física  | 30 |
| Projectos “Ciência Viva”  | 31 |
| Olimpíadas de Física  | 32 |
| livros e multimédia   | 34 |
| opinião   | 37 |
| cartas dos leitores   | 38 |

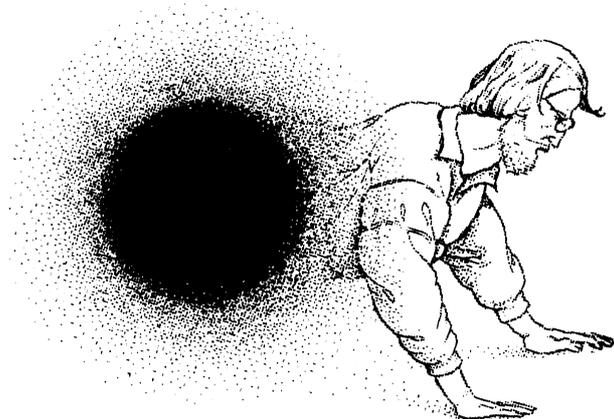
# “Wormholes”: Túneis no Espaço-Tempo

Francisco Lobo \*  
Paulo Crawford \*



Existem soluções das equações de Einstein que descrevem túneis ou wormholes transitáveis no espaço-tempo. Poder-se-á utilizar uma geometria destas para efectuar viagens interestelares rápidas? Esta questão tem sido avançada nos últimos tempos. No entanto, a matéria que constitui um tal wormhole (transitável) tem densidade de energia negativa, o que viola algumas condições de energia fundamentais. Por isso, ela se designa por matéria exótica. Apesar desta e doutras dificuldades, não existe uma prova irrefutável da inexistência de wormholes, pelo que nada nos impede de os considerar possíveis.

Mostramos aqui como construir wormholes transitáveis e analisamos as condições necessárias para uma viagem confortável de seres humanos através deles. Trata-se do desenvolvimento da ideia de Carl Sagan no seu livro *Contacto*, que deu origem ao filme com o mesmo nome.



## Introdução

É frequente os escritores de ficção científica considerarem buracos negros para viagens interestelares rápidas. Imaginam viajantes intrépidos lançando-se num buraco negro e encontrando-se subitamente numa região distante do universo. Para ilustrar tais buracos recorre-se normalmente a soluções esfericamente simétricas das equações de Einstein, por serem as mais fáceis de tratar. No entanto, podem levantar-se objecções muito sérias às viagens interestelares através de buracos negros esfericamente simétricos.

Em primeiro lugar, no caso mais simples, conhecido por buraco negro de Schwarzschild, as forças de maré na vizinhança do buraco podem produzir acelerações tão grandes que esmagariam qualquer viajante, comprimindo-o transversalmente e esticando-o na direcção longitudinal. Em segundo lugar, a fronteira do buraco, conhecida por horizonte de acontecimentos, pode ser considerada uma “membrana” com um só sentido, através da qual os objectos entram mas não podem sair. Logo, uma viagem nos dois sentidos é estritamente proibida a não ser que o buraco negro tenha carga eléctrica, sendo então a sua geometria dada pela solução de Reissner-Nordstrom, e o objecto de saída seja um buraco branco. Os buracos brancos possuem anti-horizontes, que são superfícies instáveis face a pequenas perturbações e das quais só podem emergir objectos ou luz mas nada pode entrar. Como resultado dessa instabilidade, o anti-horizonte pode converter-se em horizonte, num intervalo de tempo extremamente pequeno. Esta conversão, que ocorre pouco depois da criação do anti-horizonte, impede na prática uma travessia nos dois sentidos.

Uma outra solução das equações de Einstein, sem simetria esférica mas com simetria em torno de um eixo, é a solução de Kerr, que descreve buracos negros em rotação. Esta geometria possui no seu interior túneis que ligam regiões assintoticamente planas do espaço-tempo. Se aceitarmos a formação dos túneis de Kerr, estes não existiriam por muito tempo devido à presença de horizontes de Cauchy: superfícies nulas (*i.e.*, luminosas) para além das quais se quebra a previsibilidade. Estes horizontes de Cauchy também são instáveis relativamente a pequenas perturbações. Um pacote de ondas luminosas incidente sofreria um *blue-shift*, com um aumento exponencial da energia ao aproximar-se do horizonte de Cauchy, dando origem a campos gravitacionais intensos que fechariam os túneis, convertendo-os possivelmente em singularidades físicas. Logo, o interior de um buraco negro de Kerr não deve possuir túneis a ligar regiões diferentes do espaço-tempo, mas singularidades que também esmagariam qualquer viajante.

Se fosse possível a formação e a estabilização dos túneis de Kerr, estes possuiriam singularidades em forma de anel. Se a física fosse puramente clássica e o buraco negro suficientemente grande e com rotação elevada, um viajante facilmente atravessaria a singularidade. No entanto, a teoria quântica de campos prevê que as singularidades quebram o estado de vácuo (quântico), irradiando um fluxo intenso de partículas de altas energias que certamente mataria qualquer viajante.

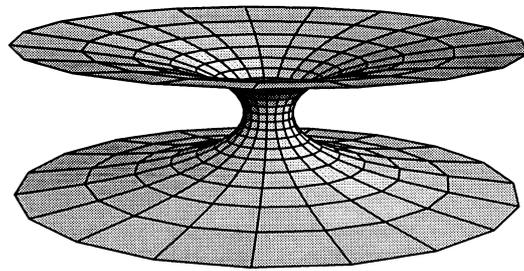


Fig. 1 Diagrama de um wormhole que liga dois universos diferentes.

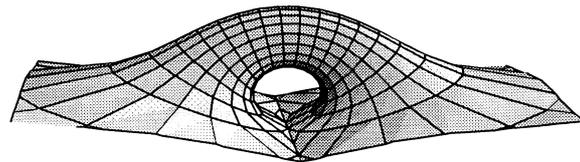


Fig. 2 Diagrama de um wormhole que liga duas regiões distintas de um espaço-tempo.

Os *wormholes* (tradução à letra: buracos de verme) oferecem um mecanismo para viagens interestelares rápidas. A Fig. 1 apresenta um diagrama de um *wormhole* que liga dois universos diferentes; a Fig. 2 apresenta duas regiões distantes do mesmo universo. Ambos os *wormholes* são descritos pela mesma solução das equações de Einstein, a solução de Schwarzschild, diferindo apenas nas suas topologias. Saliente-se que estas equações não impõem restrições à topologia das soluções.

Mas também existe uma série de objecções às viagens interestelares utilizando os *wormholes* de Schwarzschild. As forças de maré de origem gravitacional na garganta destes *wormholes* têm a mesma ordem de grandeza que as do horizonte do buraco negro de Schwarzschild.

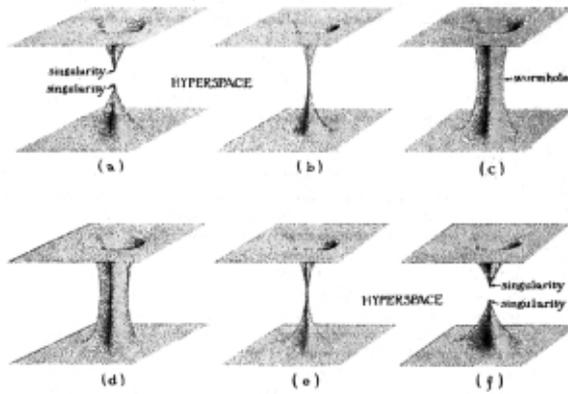


Fig. 3. Processo de expansão e contracção de um wormhole de Schwarzschild.

Um *wormhole* de Schwarzschild é dinâmico. Expande-se a partir de uma circunferência nula (dois universos desligados) até um valor máximo na garganta, e depois contrai-se para um valor nulo (Fig. 3). Este processo de expansão e contracção é tão rápido que é impossível efectuar uma viagem sem se ser esmagado pela contracção. Tal como o buraco branco, o *wormhole* de Schwarzschild possui um anti-horizonte e é altamente instável relativamente a pequenas perturbações.

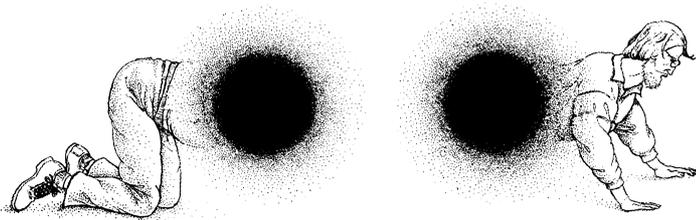


Fig. 4. Kip Thorne atravessa um wormhole.

Em 1986 Kip Thorne e Michael Morris descobriram [1] uma solução das equações de Einstein que descreve um *wormhole* transitável (Fig. 4). É uma solução relativamente simples, inspirada em parte por um desafio de Carl Sagan sobre a possibilidade real de viagens interestelares rápidas, ideia que é utilizada no seu livro *Contacto*, que deu origem ao filme com o mesmo nome (Fig. 5).

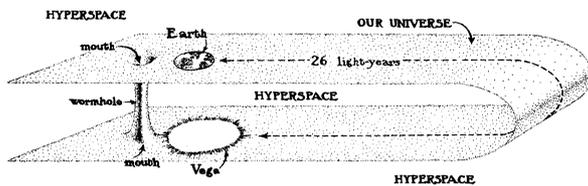


Fig. 5. O diagrama de imersão do wormhole transitável utilizado em *Contacto* em que uma personagem viaja da Terra a Vega.

### Propriedades do Wormhole Transitável

Como vimos, existem várias objecções à possibilidade de se realizarem viagens interestelares através de buracos negros ou de *wormholes* de Schwarzschild. Para se tornar transitável um *wormhole* deverá possuir as seguintes propriedades:

1. Geometria esfericamente simétrica e estática. É uma condição imposta para simplificar os cálculos.
2. Ser solução das equações de Einstein.
3. Conter uma garganta (um fragmento estreito do espaço-tempo, extremamente curvo) ligando duas regiões assintoticamente planas do espaço-tempo.
4. Ausência de horizontes para permitir a viagem nos dois sentidos.
5. Forças de maré pequenas, para não destruir possíveis viajantes.
6. Permitir que um viajante possa atravessar o *wormhole* num tempo próprio e num tempo coordenado razoáveis. Este último é medido por um observador muito afastado das fontes do campo gravítico.
7. A matéria e os campos que geram a curvatura do espaço-tempo são descritas por um tensor de energia-momento com significado físico.
8. A solução deve ser estável para pequenas perturbações durante a passagem do viajante.
9. Finalmente, o *wormhole* deve ser construído com uma quantidade de matéria finita, certamente inferior ao conteúdo material do universo, e num intervalo de tempo finito, claramente inferior à idade do universo.

### 1. A métrica

Na ausência de campo gravítico, a geometria do espaço-tempo é plana, *i.e.*, se dois acontecimentos A e B são infinitesimalmente próximos então existe um conjunto infinito de sistemas de coordenadas tais que as diferenças das coordenadas temporal e espaciais,  $dt$ ,  $dx$ ,  $dy$ , e  $dz$  medidas num dado sistema de coordenadas, estão relacionadas pela expressão invariante conhecida por métrica do espaço-tempo [2]

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 \quad (1)$$

Os campos gravíticos deformam o espaço-tempo de tal modo que a Eq. (1) deixa de ser válida. Para o caso de um *wormhole*, vamos considerar um espaço-tempo estático e esfericamente simétrico dado pela métrica

$$ds^2 = -e^{2\Phi} c^2 dt^2 + \frac{dr^2}{(1-b/r)} + r^2 (d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \quad (2)$$

onde  $\Phi = \Phi(r)$  e  $b = b(r)$  são funções arbitrárias da coordenada radial;  $b(r)$  determina a forma do *wormhole* (por isso se designa *função de forma*);  $\Phi(r)$  determina o *redshift* de origem gravitacional (e é designada *função de*

*redshift*). A coordenada radial  $r$  tem um significado geométrico específico, em que  $2\pi r$  é a circunferência de um círculo centrado na garganta do *wormhole*. Portanto,  $r$  é não-monótona uma vez que diminui de  $+\infty$  até um valor mínimo,  $b_0$ , na garganta, aumentando novamente para  $+\infty$ .

Num espaço-tempo estático e assintoticamente plano, as superfícies não-singulares onde  $g_{00} = -e^{2\Phi} \rightarrow 0$  identificam os horizontes. Por exemplo, o *wormhole* de Schwarzschild possui um horizonte precisamente na garganta,  $r=2GM/c^2$ . Logo, a condição do *wormhole* não possuir qualquer horizonte corresponde ao facto de  $\Phi(r)$  ser finita em qualquer ponto do espaço-tempo.

Os cálculos subsequentes e a respectiva interpretação física serão simplificados utilizando uma base de vectores ortonormados, associados ao referencial próprio de um conjunto de observadores em repouso no sistema de coordenadas com  $(r, \theta, \phi)$  constante,

$$\begin{cases} \vec{e}_t = e^{-\Phi} \vec{e}_t \\ \vec{e}_r = (1 - b/r)^{1/2} \vec{e}_r \\ \vec{e}_\theta = r^{-1} \vec{e}_\theta \\ \vec{e}_\phi = (r \sin \theta)^{-1} \vec{e}_\phi \end{cases}$$

Nessa base a métrica toma localmente a forma dada pela Eq. (1) e as equações de Einstein,  $G_{\hat{\alpha}\hat{\beta}} = 8\pi Gc^{-4} T_{\hat{\alpha}\hat{\beta}}$ , que relacionam a curvatura do espaço-tempo com as distribuições de massa-energia representadas pelo tensor energia-momento,  $T_{\hat{\mu}\hat{\nu}}$ , ficam aqui reduzidas as três equações, como veremos adiante.

## 2. O tensor energia-momento

Sabe-se que a única solução de vácuo ( $T_{\hat{\mu}\hat{\nu}} = 0$ ) e esfericamente simétrica das equações de Einstein é a solução de Schwarzschild. Mas, como o *wormhole* de Schwarzschild não é transitável, somos obrigados a exigir um tensor energia-momento não nulo para construir um *wormhole* transitável.

Na base ortonormada o tensor de Einstein,  $G_{\hat{\mu}\hat{\nu}}$ , tem a mesma estrutura algébrica do tensor energia-momento,  $T_{\hat{\mu}\hat{\nu}}$ , portanto, este tensor só tem três componentes não-nulas que são,  $T_{\hat{t}\hat{t}}, T_{\hat{r}\hat{r}}, T_{\hat{\theta}\hat{\theta}} = T_{\hat{\phi}\hat{\phi}}$ . Como os observadores estáticos utilizam os vectores de base ortonormados, cada uma das componentes do tensor de energia-momento tem uma interpretação física simples:

$$\begin{cases} T_{\hat{t}\hat{t}} = \rho(r)c^2 \\ T_{\hat{r}\hat{r}} = -\tau(r) \\ T_{\hat{\theta}\hat{\theta}} = T_{\hat{\phi}\hat{\phi}} = p(r) \end{cases} \quad (3)$$

em que  $\rho(r)$  é a densidade de massa-energia total;  $\tau(r)$  é a tensão por unidade de área medida na direcção radial

(i.e., a pressão radial a menos de um sinal negativo); e  $p(r)$  é a pressão medida nas direcções angulares (direcções ortogonais à direcção radial).

## 3. As equações de Einstein

As equações de Einstein para a métrica dada pela Eq. (2), depois de referidas a uma base ortonormada, ficam:

$$\rho = \frac{b'c^2}{8\pi Gr^2} \quad (4)$$

$$\tau = \frac{[b/r - 2(r-b)\Phi]c^4}{8\pi Gr^2} \quad (5)$$

$$p = \frac{r}{2} [\rho c^2 - \tau] \Phi' - \tau \quad (6)$$

A nossa escolha de  $b(r)$  fornecerá  $\rho(r)$  através da Eq. (4);  $\Phi(r)$  e  $b(r)$  forneceram  $\tau(r)$ , e, portanto,  $p(r)$ .

## A matemática da imersão

Utilizam-se diagramas de imersão para demonstrar que a métrica (2) descreve um *wormhole*. A geometria do espaço tridimensional com a coordenada temporal fixa tem um interesse particular. Como esta geometria é esfericamente simétrica, podemos confinar a análise a um plano equatorial ( $\theta=\pi/2$ ), sem perda de generalidade. O elemento de linha, com  $t=const.$  e  $\theta=\pi/2$ , vem agora

$$ds^2 = \left(1 - \frac{b}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\phi^2 \quad (7)$$

O objectivo da imersão é construir uma superfície (bidimensional) do espaço euclidiano tridimensional, com a mesma geometria do plano equatorial descrito acima, i.e., queremos visualizar a camada equatorial removida do espaço-tempo e imersa no espaço euclidiano.

Utilizam-se as coordenadas cilíndricas  $z, r$  e  $\phi$  no espaço euclidiano de imersão (Figs. 1 e 2), cuja métrica tem a seguinte forma:

$$ds^2 = dz^2 + dr^2 + r^2 d\phi^2$$

A superfície de imersão apresenta uma simetria axial e pode ser descrita pela função  $z(r)$ . O elemento de linha é:

$$ds^2 = \left[1 + \left(\frac{dz}{dr}\right)^2\right] dr^2 + r^2 d\phi^2$$

que é o mesmo da Eq. (7) se identificarmos as coordenadas  $(r, \phi)$  do espaço de imersão com as coordenadas  $(r, \phi)$  do espaço-tempo do *wormhole*. Logo a função  $z(r)$  satisfaz a relação

$$\frac{dz}{dr} = \pm \left[ \frac{r}{b(r)} - 1 \right]^{-1/2} \quad (8)$$

o que mostra o modo como  $b(r)$  condiciona a forma do *wormhole*.

### Forças de maré e tempo de travessia no wormhole

Imaginemos uma viagem através do *wormhole*, numa direcção radial, em que o viajante parte do repouso de uma estação espacial no universo inferior, em  $l=-l_1$ , e termina numa estação espacial no universo superior, em  $l=+l_2$ . Designemos por  $v(r)$  a velocidade radial do viajante, medida por um observador estático em  $r$  e seja  $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$ , com  $\beta=v/c$ . O valor de  $v(r)$  é dado pela derivada da distância própria percorrida pelo viajante,  $dl$ , em ordem ao tempo próprio medido pelo observador estático,  $d\tau_S=e^\Phi dt$ . Temos então as equações:

$$v = \frac{dl}{e^\Phi dt} = \mp \frac{dr}{(1-b/r)^{1/2} e^\Phi dt}$$

$$v\gamma = \frac{v}{(1-\beta^2)^{1/2}} = \frac{dl}{d\tau} = \mp \frac{dr}{(1-b/r)^{1/2} d\tau}$$

em que  $d\tau$  é o tempo próprio medido pelo viajante, que se relaciona com  $d\tau_S$  por uma transformação de Lorentz  $d\tau=d\tau_S/\gamma$ . O sinal  $-$  refere-se à primeira parte da viagem (no universo inferior); o sinal  $+$  refere-se à segunda parte da viagem (no universo superior).

Para que seres humanos possam realizar comodamente uma viagem através de um *wormhole* impomos três condições:

(i) A viagem deve demorar pouco tempo, digamos menos de um ano, quer para o viajante quer para os observadores nas estações  $-l_1$  e  $+l_2$ .

$$\Delta\tau = \int_{-l_1}^{+l_2} \frac{dl}{v\gamma} \leq 1 \text{ ano}$$

$$\Delta t = \int_{-l_1}^{+l_2} \frac{dl}{ve^\Phi} \leq 1 \text{ ano} \quad (9)$$

(ii) A aceleração sentida pelo viajante não deve exceder a aceleração gravítica terrestre  $g_\oplus$ . Localmente, podemos introduzir uma outra base ortonormada no referencial próprio do viajante,  $(\vec{e}_0, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3)$ , definida em função da base ortonormada dos observadores estáticos,  $(\vec{e}_i, \vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_\phi)$ , pela transformação de Lorentz  $\vec{e}_{\hat{\mu}} = \Lambda^{\hat{\mu}}_{\hat{\nu}} \vec{e}_{\hat{\nu}}$ :

$$\begin{cases} \vec{e}_0 = \vec{U} = \gamma e_i \mp \gamma \beta \vec{e}_r \\ \vec{e}_1 = \mp \gamma \vec{e}_r + \gamma \beta \vec{e}_i \\ \vec{e}_2 = \vec{e}_\theta \\ \vec{e}_3 = \vec{e}_\phi \end{cases}$$

$\vec{U} = \vec{e}_0$  é o quadri-vector velocidade do viajante. O quadri-vector aceleração do viajante é  $a_{\hat{\alpha}} = U_{\hat{\alpha};\hat{\beta}} U^{\hat{\beta}} c^2$ . Logo, os dois quadri-vectores são ortogonais entre si e, portanto,  $\vec{a} \cdot \vec{U} = 0 = \vec{a} \cdot \vec{e}_0 = a_{\hat{0}} = -a^{\hat{0}} = 0$ . Como o viajante se move radialmente, a sua aceleração tridimensional tem apenas a componente radial, *i.e.*,  $a_{\hat{2}} = a_{\hat{3}} = 0$  e  $\vec{a} = \vec{a} \vec{e}_1$ , onde  $a$  é a intensidade da aceleração.

Para que o viajante sinta uma aceleração menor ou igual à aceleração gravítica terrestre exige-se que

$$|a| = \left| e^{-\Phi} c^2 \frac{d(\gamma e^\Phi)}{dl} \right| \leq g_\oplus \Leftrightarrow \left| e^{-\Phi} c^2 \frac{d(\gamma e^\Phi)}{dt} \right| \leq g_\oplus \quad (10)$$

(iii) As acelerações de maré,  $\Delta \vec{a}$ , entre as várias partes do corpo do viajante também não deverão exceder a aceleração gravítica terrestre  $g_\oplus$ . Designemos por  $\vec{\xi}$  a separação vectorial entre duas partes do corpo do viajante (por exemplo, a separação entre a cabeça e os pés).  $\vec{\xi}$  é puramente espacial no referencial próprio do viajante, *i.e.*,  $\vec{\xi} \cdot \vec{U} = 0 = -\xi^{\hat{0}}$ .

A aceleração de maré entre duas partes do corpo do viajante é dada pela equação do desvio geodésico:  $\Delta a^{\hat{\alpha}} = -c^2 R^{\hat{\alpha}}_{\hat{\beta}\hat{\gamma}\hat{\delta}} U^{\hat{\beta}} \xi^{\hat{\gamma}} U^{\hat{\delta}}$ , onde  $R^{\hat{\alpha}}_{\hat{\beta}\hat{\gamma}\hat{\delta}}$  são as componentes do tensor curvatura de Riemann. Com base nesta equação é ainda possível impôr condições na velocidade,  $v$ , do viajante ao atravessar o *wormhole* e na função de *redshift*  $\Phi$ , mas evitámos apresentá-las aqui.

### Restrições impostas à tensão e à densidade de energia na garganta do wormhole

As restrições impostas à função de forma,  $b(r)$ , do *wormhole* implicam que, através das equações de Einstein (4)-(6), surjam restrições na densidade de massa-energia,  $\rho$ , na tensão radial,  $\tau$ , e na pressão lateral,  $p$ , que geram a curvatura do espaço-tempo. As restrições mais severas ocorrem na garganta do *wormhole*. A tensão radial na garganta é:

$$\tau_0 \equiv \frac{1}{8\pi G c^{-4} b_0^2} \approx 5 \times 10^{40} \frac{N}{m^2} \left( \frac{10m}{b_0} \right)^2$$

Para analisar as tensões na garganta e na sua vizinhança, definimos a seguinte função sem dimensões, utilizando as equações de campo (4) e (5) e substituindo as funções  $\tau$  e  $\rho$  pelas funções  $b$  e  $\Phi$ :

$$\zeta \equiv \frac{\tau - \rho c^2}{|\rho c^2|} = \frac{(b/r) - b' - 2(r-b)\Phi'}{|b|} \quad (11)$$

Na garganta ou nas suas vizinhanças:  $\zeta > 0$ .

A condição  $\tau_0 > \rho_0 c^2$ , estipulando uma tensão radial na garganta superior à densidade de massa-energia, introduz uma dificuldade na construção de um *wormhole*. Como a matéria usual não goza dessa propriedade, essa matéria designa-se por *matéria exótica*. A natureza exótica dessa matéria, está associada às medições efectuadas por observadores que se movam através da garganta com uma velocidade radial próxima da velocidade da luz, *i.e.*,  $\gamma \gg 1$ . Qualquer desses observadores medirá uma densidade de massa-energia negativa:  $\rho c^2 < 0$ , pois  $\rho c^2 = \gamma^2 (\rho_0 c^2 - \tau_0) + \tau_0$ .

Um *wormhole* é um atalho hipotético que liga duas regiões de um espaço-tempo. Contém duas entradas que designamos por *bocas*, ligadas por um túnel, cuja circunferência mínima chamamos a *garganta*. Pode-se visualizar um *wormhole* através de um diagrama de imersão, que idealiza um espaço-tempo com apenas duas dimensões espaciais. Neste diagrama, a garganta do *wormhole* é representada por uma circunferência, mas no espaço-tempo tetradimensional seria uma esfera.

Os *wormholes* foram descobertos matematicamente como soluções das equações de campo por Flamm em 1916, poucos meses depois de estas serem formuladas por Einstein. Em 1935, Einstein e Rosen, numa tentativa de construir um modelo geométrico de uma partícula elementar, encontraram soluções que representavam o espaço físico por dois planos idênticos, em que a partícula era representada por uma *ponte* que ligava os dois planos. Esta solução posteriormente ficou conhecida por “*ponte de Einstein-Rosen*”.

Os *wormholes* foram alvo de estudo exaustivo na década de 50 pelo físico norte-americano John Wheeler e seus colaboradores. No entanto, nenhuma das soluções a que chegaram representa um *wormhole* transitável no espaço-tempo. As soluções encontradas eram as de um *wormhole* dinâmico, que, uma vez criado, se expandia até um valor máximo da garganta, contraindo-se novamente até a garganta desaparecer.

A expansão e a contração do *wormhole* é tão rápida que impede a travessia de qualquer viajante ou mesmo de um raio luminoso.

Os físicos têm sido bastante cépticos em relação aos *wormholes*. Em finais da década de 80 deu-se um renascimento, em parte devido a um desafio, lançado por Carl Sagan a Kip Thorne, sobre a possibilidade real de viagens interestelares rápidas, ideia utilizada no livro *Contacto* (saído na Gradiva). Foram encontradas soluções das equa-

ções de campo de Einstein que apresentavam algumas características peculiares [1].

Nomeadamente, a matéria que constitui o *wormhole* tem uma densidade de energia negativa, quando observada por um viajante que atravessa o *wormhole* a uma velocidade elevada. Diz-se, por vezes, que esta matéria é exótica, porque viola algumas condições de energia que são fundamentais para os teoremas clássicos sobre singularidades do espaço-tempo.

Aparentemente, as leis da física clássica proíbem as densidades de energia negativas, mas a teoria quântica de campo prevê a sua existência, violando por isso algumas destas condições de energia. Este assunto continua a ser alvo de intensa investigação. Espera-se que uma eventual teoria da gravitação quântica venha a resolver o problema.

Se é certo que os buracos negros parecem ser uma consequência inevitável da evolução estelar, já não se pode afirmar que exista um mecanismo natural para a criação de *wormholes*. Pergunta-se: será que uma civilização infinitamente avançada poderia construir um *wormhole* para realizar viagens interestelares? Será que as leis da física permitem a construção de *wormholes* e a mudança topológica associada? Atendendo às flutuações gravitacionais do vácuo, predomina uma espuma quântica com uma topologia multiplamente conexa à escala de Planck. Podemos imaginar uma civilização avançadíssima a extrair um *wormhole* da espuma quântica e a expandi-lo até dimensões clássicas. Thomas Roman oferece outra perspectiva interessante [5]. Considera a formação de um *wormhole* no *big-bang* através de uma flutuação quântica que se expandiu exponencialmente durante a inflação do universo, atingindo dimensões clássicas.



Mesmo os *wormhole* não-estáticos e sem simetria esférica são constituídos por matéria cuja densidade de energia é negativa para alguns observadores. Uma análise qualitativa é a seguinte: um feixe luminoso (formado por geodésicas nulas) que entra numa boca e emerge na outra tem uma secção eficaz que inicialmente diminui e depois de atravessar a garganta aumenta. A conversão do decréscimo para o acréscimo da secção recta eficaz apenas pode ser produzida pela repulsão gravitacional da matéria do *wormhole*, o que corresponde à existência de densidades de massa-energia (ou pressões) negativas.

Por outro lado, a restrição  $\tau > \rho c^2$  viola algumas condições de energia, nomeadamente as condições de energia fraca,

forte e dominante que são fundamentais para demonstrar alguns dos teoremas sobre a existência de singularidades.

### Construção e estabilidade de um *wormhole* transitável

Seria extremamente desconfortável para um viajante interagir com matéria sujeita a tensões da ordem de  $\tau_e \approx 5 \times 10^{40} \text{ N/m}^2 (10 \text{ m}/b_0)^2$ . Existem várias maneiras de proteger o viajante. Morris e Thorne sugerem que poderíamos colocar um tubo de vácuo através do *wormhole*, com um diâmetro muito menor do que o raio da garganta, e utilizar tensões nas paredes do tubo para evitar o acoplamento da matéria exótica com o viajante.

Essa possibilidade quebra a simetria esférica do *wormhole*, e obriga a obter soluções das equações de Einstein para um *wormhole* não-esférico. De facto, Matt Visser [3] aplicou o formalismo das condições de junção e descobriu soluções de *wormholes* cúbicos e poliédricos. Essas soluções têm a vantagem de um viajante não encontrar matéria exótica na travessia. Morris e Thorne ainda sugerem que a matéria exótica que constitui o *wormhole* (apesar das suas tensões e densidade de energia enormes) acopla muito fracamente com a matéria normal, tal como acontece com os neutrinos e as ondas gravitacionais.

Na ausência de uma compreensão mais completa da matéria exótica, é impossível estabelecer uma análise da estabilidade do *wormhole* face a pequenas ou grandes perturbações, tal como na travessia de uma nave espacial. Mas se o *wormhole* apresenta instabilidades naturais, uma civilização avançada poderia monitorizar a sua estrutura e aplicar forças de *feedback* de modo a estabilizá-lo (nova sugestão de Morris e Thorne).

A construção de um *wormhole* é muito problemática, pois implica mudanças da topologia do espaço-tempo (Fig. 6). Na relatividade geral as mudanças topológicas são provavelmente acompanhadas de singularidades do espaço-tempo, as quais só poderão ser compreendidas e talvez evitadas no quadro de uma teoria quântica da gravitação.

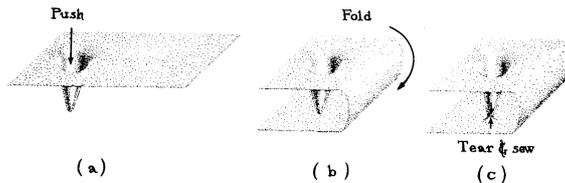


Fig. 6 A mudança da topologia do espaço-tempo na construção de um *wormhole*. (a) É criada uma deformação na curvatura do espaço-tempo. (b) Efectua-se uma dobra ligeira no hiperespaço. (c) O tecido do espaço-tempo é rompido na deformação e na dobra, e, em seguida, efectua-se uma colagem. O processo de rompimento produz uma singularidade, governada pelas leis da gravitação quântica.

Aliás, existem fortes indicações de que os efeitos da gravitação quântica predominam à escala de Planck,  $l_p = (G\hbar/c^3)^{1/2} = 1,6 \times 10^{-35} \text{ m}$ , produzindo uma *espuma* com uma estrutura multiplamente conexa do espaço-tempo. Poderíamos imaginar uma civilização avançadíssima a extrair um *wormhole* transitável dessa espuma quântica, expandindo-o até ele atingir dimensões macroscópicas.

Thomas Roman oferece uma perspectiva mais realista [5]. Suponhamos que um *wormhole* transitável se poderia formar no universo recém-nascido, através de uma flutuação

quântica. Será possível, num cenário inflacionário do universo, converter um *wormhole* quântico num *wormhole* com dimensões clássicas?

Qualquer esperança de construir um *wormhole* depende da futura descoberta de um campo exótico, ou seja, de um estado quântico cuja tensão exceda a densidade de energia à escala macroscópica. Mas mesmo que um tal campo exótico existisse, há outras dificuldades, nomeadamente: a mecânica quântica poderá proibir uma mudança topológica do espaço-tempo, ou os *wormholes* serem altamente instáveis, e a matéria exótica acoplar fortemente com a matéria normal, o que impediria a travessia.

Outra consideração assombrosa acerca dos *wormholes* é a sua possível utilização como máquinas do tempo, embora tal viole aparentemente a causalidade...

Em conclusão: apesar das dificuldades apresentadas, não existe uma prova irrefutável da inexistência de *wormholes* como soluções das equações de Einstein da gravitação. Portanto, não nos resta senão admitir *wormholes* transitáveis no espaço-tempo como uma possibilidade teórica e continuar a investigar a matéria exótica e todas as outras consequências incómodas associadas aos *wormholes*.

\* Departamento de Física e Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa

Av. Prof. Gama Pinto, 2 1699 Lisboa

[crawford@cosmo.cii.fc.ul.pt](mailto:crawford@cosmo.cii.fc.ul.pt)

#### Referências:

- [1] Morris, M. S. e Thorne, K. S., "Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: A tool for teaching general relativity", *American Journal of Physics* 56 (1988) 395-411.
- [2] Crawford, P. e Simões, A. I., "Tempo e Relatividade I e II", *Gazeta de Física*, Vol 9 (1986), 36-40 e 49-56.
- [3] Visser, M., "Lorentzian wormholes: From Einstein to Hawking", AIP Press, New York, 1995.
- [4] Thorne, K. S., "Black holes and time warps: Einstein's outrageous legacy", Papermac, New York, 1995.
- [5] Roman, T. A., "Inflating Lorentzian wormholes", *Physical Review D* 47 (1993), 1370-1379.

#### Créditos das Figuras:

Figs. 1 e 2: Ref. [1]. Figs. 3, 4, 5 e 6: Ref. [4].

# O Trabalho Experimental no Ensino de Tópicos de Electricidade (8<sup>o</sup> ano)

Fernanda Vasconcelos \*  
Nilza Costa \*\*

Descrevemos a fundamentação e realização de um estudo conduzido em ambiente de sala de aula, numa perspectiva construtivista da aprendizagem. Esse estudo constou da concepção, concretização e avaliação de um conjunto de estratégias didáticas para o ensino de tópicos de Electricidade, integrados na unidade “Produção, Distribuição e Utilização da Electricidade”, da disciplina de Ciências Físico-Químicas do 8<sup>o</sup> ano de escolaridade. A perspectiva de ensino subjacente enquadra-se no denominado movimento das concepções alternativas. Damos uma especial relevância às estratégias didáticas concebidas com recurso ao trabalho experimental. Os resultados obtidos evidenciam as potencialidades desse tipo de estratégias.

## Introdução

A Electricidade é considerada por muitos alunos um assunto difícil [1] e referida por diversos investigadores em Didáctica da Física [2] [3] como uma das áreas onde existem concepções alternativas dos alunos muito estáveis e resistentes à mudança. Tal põe em causa a eficácia de uma abordagem tradicional de tópicos dessa área, nomeadamente circuitos eléctricos, corrente eléctrica e diferença de potencial.

Numa tentativa de melhor compreender e contribuir para uma eventual alteração dessa situação desenvolveu-se, no âmbito de uma tese de mestrado [4], um estudo que consistiu em conceber, concretizar (em ambiente normal de sala de aula) e avaliar um conjunto de estratégias de ensino/aprendizagem, e respectivo material didáctico, para esses tópicos a nível do ensino básico (8<sup>o</sup> ano). Uma das estratégias utilizadas foi o trabalho experimental realizado pelos alunos. Este artigo centra-se na importância desse trabalho.

Alguns investigadores têm vindo a analisar criticamente a eficácia e o papel desempenhado pelo trabalho experimental no ensino das ciências <sup>[6]</sup>. Hodson [5], por exemplo, refere que ele é muitas vezes usado de uma forma tanto excessiva como insuficiente: excessiva, dado que os professores o utilizam por vezes em situações onde outro tipo de estratégias seria mais adequada; insuficiente, na medida em que o seu potencial educativo não é frequentemente conseguido. Para ultrapassar esta situação, Hodson (6) defende a reconceptualização do trabalho experimental, tendo em conta que o ensino das ciências visa:

- i) a aprendizagem das ciências;
- ii) a aprendizagem sobre a natureza das ciências;
- iii) a prática das ciências.

Se diferenciarmos o que é aprender ciências, aprender sobre as ciências e aprender a fazer ciência, devemos reconhecer que os alunos só aprenderão a “fazer ciência” praticando-a, o que lhes permitirá concluir que fazer ciência depende tanto da teoria como da prática.

### Contextualização do Estudo

O nosso estudo envolveu 149 alunos do 8º ano da Escola Secundária de Carvalhos, inseridos em cinco turmas. Destas, três turmas constituíram o grupo experimental (E1, E2 e E3) da responsabilidade da primeira autora, e duas turmas o grupo de controlo, da responsabilidade de outras professoras. O estudo desenvolveu-se em três fases ao longo do ano lectivo de 1994/95. Na primeira fase foi distribuído um questionário sobre conceitos, como pré-teste, que permitiu identificar as concepções prévias dos alunos sobre conceitos de electricidade. Na segunda fase desenvolveu-se, implementou-se, na sala de aula e nas turmas experimentais, e avaliou-se uma proposta de ensino/aprendizagem, numa perspectiva de aprendizagem construtivista; às turmas de controlo foi leccionado o mesmo conteúdo programático, utilizando uma abordagem tradicional. Para a implementação e avaliação da proposta de ensino/aprendizagem foram considerados os seguintes materiais: fichas de trabalho, fichas de problemas e relatórios, fichas de reflexão, fichas de observação de aulas pelos alunos, diário da professora (registo e reflexão sobre as aulas).

Na planificação tivemos em conta três factores:

- a problemática dos conteúdos a abordar, integrados na área temática “Produção, Distribuição e Utilização da Electricidade”;
- a problemática da aprendizagem dos conceitos desses conteúdos (as ideias/concepções dos alunos neste nível de escolaridade);
- a problemática do ensino desses conteúdos (o processo metodológico que seguimos).

A selecção das estratégias didácticas passou pela adopção de um modelo de ensino perspectivado para a mudança conceptual, proposto por Loureiro (7), que inclui as

seguintes quatro fases:

- **Motivação/Consciencialização.** Os alunos explicitam as suas ideias sobre o tópico em estudo e tomam consciência do seu próprio pensamento e do dos seus colegas;
- **Reestruturação.** Abordagem de situações que procuram gerar conflitos, em particular, entre as ideias dos alunos e dados experimentais; apresentação das concepções curriculares;
- **Aplicação.** Abordagem de problemas que levam os alunos a aplicar as novas ideias em várias situações, algumas das quais do quotidiano.
- **Reflexão.** Reflexão pelos alunos e professora sobre a mudança ou a evolução das suas ideias e sobre as estratégias que mais os ajudaram nesse sentido.

### A utilização do trabalho experimental: propostas e resultados

Nesta secção apresentamos duas das propostas do trabalho experimental utilizadas, assim como alguns dos principais resultados.

No tópico “Circuitos Eléctricos” (ver ficha de trabalho 1), o problema colocado à turma consistiu em perguntar, após a professora ter mostrado uma caixa preta com uma lâmpada acesa: “O que existe dentro da caixa?”.

A actividade realizada pelos alunos constou, fundamentalmente, das fases seguintes:

- i) previsões individuais sobre o circuito do interior da caixa;
- ii) discussão em grupo dessas previsões (e chegada ou não a consenso);
- iii) experimentação (o circuito proposto funciona?) e discussão;
- iv) conclusões sobre as condições para acender uma lâmpada.

A nível das previsões individuais os modelos mais frequentes para os circuitos eléctricos foram:

- **Modelo A** – é necessário apenas um fio que liga uma “ponta” da pilha à “ponta” da lâmpada (considera a pilha e a lâmpada unipolares);
- **Modelo B** – são necessários dois fios que saem de cada um dos pólos da pilha para a “ponta” da lâmpada (considera a pilha bipolar e a lâmpada unipolar).

Após a discussão em grupo, foram escolhidos em alguns dos grupos todos os esquemas propostos individualmente e apenas escolhidos noutros grupos o que lhes pareceu mais adequado. Na fase de experimentação (a cada grupo foram fornecidas lâmpadas, pilhas e fios condutores) a maioria dos grupos, após várias tentativas e discussão entre alunos e com a professora, encontrou a solução; as questões colocadas pelos alunos eram do tipo: “o problema está na lâmpada, não é?” (observam com atenção a lâmpada); “o fiozinho que está lá dentro vai até à pontinha preta?” (apontando a extremidade da lâmpada); “o que existe mais lá dentro?”

<sup>[6]</sup> Entende-se por ciências as disciplinas de Física, Química, Biologia e Geologia.

A realização da experiência pelos alunos pareceu-nos crucial como contributo para a conceptualização do circuito eléctrico de um modo operacional. A discussão no grupo, o debate na turma e a formalização/sistematização dos conceitos científicos pela professora pareceu-nos ter contribuído para esclarecer os alunos sobre dois aspectos importantes, numa abordagem a nível elementar da Electricidade: i) a necessidade do circuito estar fechado para que funcione (neste caso, a lâmpada acender); e ii) a bipolaridade dos elementos de um circuito eléctrico (pilha, lâmpada, etc.).

No tópico “Corrente Eléctrica - suas propriedades” (ver ficha de trabalho 2), os problemas colocados à turma foram: “A corrente eléctrica terá uma dada direcção? Será que a corrente eléctrica se conserva num circuito?” A actividade proposta aos alunos constou fundamentalmente das fases seguintes:

- i) previsões individuais num circuito simples (com pilha, lâmpada e dois amperímetros um de cada lado da lâmpada) sobre o sentido da corrente e o valor indicado num dos amperímetros, sabendo que o ponteiro do outro amperímetro apontava para a direita uma unidade;
- ii) discussão em grupo dessas previsões (e chegada ou não a consenso);
- iii) experimentação e discussão;
- iv) conclusões sobre o sentido e a conservação da corrente eléctrica.

A nível das previsões individuais, a maioria dos alunos considerou que a corrente eléctrica é bidireccional (o ponteiro aponta para a esquerda) e que a intensidade da corrente é a mesma nos dois amperímetros porque “*sai de ambos os pólos da pilha a mesma quantidade*”. Os restantes alunos consideraram a corrente eléctrica unidireccional e a intensidade da corrente a mesma nos dois amperímetros porque “*a corrente se reparte pelos dois amperímetros*”.

Verificámos que os alunos, com base na experimentação, discussão e argumentação, adoptam sem grande hesitação o modelo unidireccional para a corrente eléctrica, o mesmo não acontecendo relativamente ao modelo conservativo da corrente. Assim, embora os alunos o pareçam aceitar operacionalmente (“*a corrente eléctrica é a mesma antes e depois da lâmpada, porque medimos o seu valor e é igual*”) fizeram comentários do tipo “*vimos que a corrente anda só para um lado, então não devíamos ler o mesmo valor nos dois amperímetros, este (apontando para um deles) devia ler menos, gastou-se um bocadinho de corrente na lâmpada; não percebo!*”. Há mesmo alunos que manifestam relutância em aceitar a evidência experimental (o mesmo valor nos dois amperímetros) formulando questões do tipo “*os amperímetros estão a funcionar bem? Será que a corrente diminui um bocadinho e não se nota no amperímetro?*”.

## Ficha de trabalho 1

### Circuitos Eléctricos

1 Desenha o esquema da montagem, que julgas poder existir dentro da caixa negra e que faz acender a lâmpada. Justifica porque pensas que essa montagem funciona.

Caso não consigas especifica as dificuldades que o problema te levanta.

2 Discute no teu grupo de trabalho os esquemas, as justificações e as eventuais dificuldades na realização da tarefa individual; selecciona um ou mais esquemas que julgas poderão funcionar

3 Faz a montagem dos esquemas referidos anteriormente. Regista se a montagem funciona ou não funciona, ou seja, se a lâmpada acende ou não acende.

Se há alguma montagem que não funciona, refere qual julgas poder ser a causa.

4 Com base no trabalho que efectuaste ao longo desta aula e nas discussões ocorridas, indica as condições necessárias para que uma lâmpada acenda.



As conclusões dos grupos nesta ficha de trabalho e as questões colocadas durante a discussão no grupo “*O que se gasta na lâmpada?*”, “*Porque é que a pilha ao fim de algum tempo se gasta?*”, “*Porque é que a corrente eléctrica é a mesma do lado direito e do lado esquerdo da lâmpada?*” serviram de base ao debate onde foram clarificados vários aspectos, nomeadamente: i) o papel dos amperímetros – alguns alunos não os conceptualizaram como instrumentos de medida, mas sim como aparelhos eléctricos (tipo lâmpada); ii) o termo “corrente eléctrica” para os alunos tem dois significados: “*algo que circula no circuito eléctrico*” e “*algo que se gasta na lâmpada*”; foi então feita a distinção entre corrente eléctrica e energia eléctrica, salientando o papel que a corrente eléctrica desempenha no transporte de energia eléctrica num circuito eléctrico.

Da experiência vivida de ensino/aprendizagem, parece-nos que:

- i) a medição do valor da intensidade da corrente eléctrica nos dois amperímetros colocados entre a lâmpada é uma das experiências que, para além de ajudar à conceptualização do modelo científico da corrente eléctrica, pode contribuir para a superação da análise sequencial dos circuitos eléctricos;
- ii) a conceptualização da conservação da corrente eléctrica foi fundamental na análise dos circuitos eléctricos.

### Alguns resultados

A metodologia adoptada parece ter sido aceite positivamente pela generalidade dos alunos. A professora verificou, também, que o grau de participação e interesse dos alunos foi genericamente superior ao normalmente observado em “aulas normais” manifestando-se, por exemplo, no número de questões colocadas durante a aula (no grupo, directamente à professora, ou ainda na turma) e na atenção e respeito revelados pelos alunos quando ouviam a opinião dos outros colegas ou da professora. Este aspecto registado pela professora está de acordo com muitos dos aspectos positivos apontados pelos alunos (na ficha de observação de aulas): “Fazer perguntas relacionadas com o dia-a-dia”, “Foi melhor sermos nós a fazer a experiência porque assim aprendemos melhor”, “Aprendemos melhor, surgiram muitas ideias”, “Podemos ouvir as opiniões e trocá-las”, “Há mais opiniões e por isso há mais empenho”, “Reflecti sobre a direcção e conservação da corrente eléctrica num circuito”.

**Tabela 1**

Classificação (média) atribuída pelos alunos, de cada turma, à utilidade das diferentes estratégias na abordagem do tópico “Corrente eléctrica”. A escala é 1 – nada útil; 2 – um pouco útil; 3 – útil; 4 – muito útil

| Estratégias                | Turma E1<br>(n=30) | Turma E2<br>(n=30) | Turma E3<br>(n=30) |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Debate na turma            | 3,4                | 3,1                | 2,6                |
| Discussão no grupo         | 3,5                | 3,4                | 3,2                |
| Realização de experiências | 3,9                | 3,8                | 3,7                |
| Explicação da professora   | 3,7                | 3,7                | 3,6                |

Julgamos que o trabalho experimental foi uma das estratégias que teve grande importância na eficácia da metodologia utilizada. Esta é também a opinião dos alunos, uma vez que foi uma das estratégias mais valorizadas em todos os tópicos (ver a Tabela 1).

Como se pode verificar na Tabela 1, os alunos consideraram que todas as estratégias utilizadas contribuíram para a evolução das suas concepções. Contudo, a “realização de experiências” e a “explicação da professora” são as estratégias que obtiveram maior classificação em todas as turmas, o que parece significar que, para os alunos, estas foram as estratégias mais úteis.

### Ficha de trabalho 2

#### Corrente eléctrica – Suas propriedades

1 Vamos hoje estudar um pouco mais a grandeza física corrente eléctrica. Vamos reflectir e fazer experiências que nos vão ajudar a responder às seguintes questões:

Será que a corrente eléctrica se conserva num circuito eléctrico?

A corrente eléctrica terá uma dada direcção?

Observa a montagem seguinte. Há dois amperímetros num circuito com uma lâmpada e uma pilha.



O ponteiro no amperímetro A<sub>1</sub> aponta uma unidade para a direita. Prevês que o ponteiro do amperímetro A<sub>2</sub>.

- Aponte para a direita 1 unidade
- Aponte para a direita menos que 1 unidade
- Aponte para a direita mais que 1 unidade
- Aponte para a esquerda 1 unidade
- Aponte para a esquerda menos que 1 unidade
- Aponte para a esquerda mais que 1 unidade

Indica as tuas razões em relação quer à direcção em que o ponteiro se desloca, quer ao valor por ele indicado.

2 Escreve como poderias estudar experimentalmente as previsões feitas em 1.

Verifica se os resultados obtidos estão de acordo com as tuas previsões. No caso de desacordo tenta explicar esse facto.

3 O que podes concluir das discussões e experiências realizadas em relação às duas propriedades – direcção e conservação da corrente eléctrica?

O resultado do processo de ensino ao nível da aprendizagem de conceitos foi avaliado a partir das respostas dos alunos ao “Questionário de conceitos” antes do ensino (A), logo depois de ensino (D) e seis meses depois (D6). A Tabela 2 apresenta esses resultados, no grupo experimental e no grupo de controlo, para algumas concepções alternativas dos alunos em Electricidade. Antes do ensino, a maioria dos alunos no grupo experimental e de controlo evidenciaram um conjunto semelhante de concepções alternativas identificadas na literatura (não havendo diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos). Logo após o ensino, o grupo experimental e o grupo de controlo revelaram um comportamento diferente no que diz respeito à evolução das suas concepções (há diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos). Assim, no grupo experimental diminuiu acentuadamente a percentagem de respostas que envolvem concepções alternativas, enquanto no grupo de controlo essa percentagem se manteve, variou ligeiramente ou até aumentou (lâmpada unipolar, corrente eléctrica não conservativa).

### Considerações finais

Os nossos resultados parecem indicar que a metodologia de ensino utilizada se revelou mais eficaz na promoção do desenvolvimento e modificação conceptual dos alunos do que metodologias tradicionais. Esta conclusão, embora possa não ser generalizável, reforça a nossa convicção de que se pode conseguir uma melhoria na aprendizagem utilizando estratégias de ensino baseadas numa perspectiva construtivista da aprendizagem.

O trabalho experimental foi uma das estratégias mais valorizadas pelos alunos em todos os tópicos. Este facto pode estar relacionado com o tipo de trabalho utilizado, e que se pautou pelas seguintes características: experiências concebidas para explorar, desenvolver e eventualmente modificar as ideias dos alunos e ainda incentivo às tentativas dos alunos de repensar e a reelaborar as suas ideias; assim, para além de motivar, ensinar destrezas laboratoriais, promover a compreensão de conceitos científicos, o trabalho experimental procurou, ainda, desenvolver atitudes científicas, envolvendo os alunos em pequenos trabalhos de pesquisa. Dada a importância do papel desempenhado pela professora nesta metodologia e, em particular, no planeamento do trabalho experimental, consoante as recomendações no programa da disciplina de Ciências Físico-Químicas do ensino básico e na literatura da especialidade, impõe-se que a actividade docente seja precedida e/ou acompanhada de uma actualização na formação de professores que dê resposta a essas exigências.

**Tabela 2**

Resultados da análise dos dados dos pré (A) e pós-testes (D e D6) nas turmas experimentais e de controlo (valores em percentagem).

Nota: A – pré-teste; D – Pós-teste logo após o ensino; D6 – pós-teste seis meses depois do ensino

| Concepções Alternativas                             | Percentagem de alunos nas: |             |              |                    |             |              |
|---|----------------------------|-------------|--------------|--------------------|-------------|--------------|
|   | Turmas experimentais       |             |              | Turmas de controlo |             |              |
|   | A<br>(n=90)                | D<br>(n=86) | D6<br>(n=85) | A<br>(n=59)        | D<br>(n=59) | D6<br>(n=54) |
| A bateria como reservatório de corrente eléctrica   | 47,8                       | 23,3        | 30,6         | 54,2               | 45,8        | 50,0         |
| Existência de corrente eléctrica em circuito aberto | 80,0                       | 36,0        | 54,1         | 83,0               | 91,5        | 81,5         |
| Corrente eléctrica bidireccional                    | 45,6                       | 8,1         | 12,9         | 35,6               | 35,6        | 40,7         |
| Corrente eléctrica não conservativa                 | 38,9                       | 19,8        | 14,1         | 36,6               | 47,5        | 48,2         |
| Lâmpada unipolar                                    | 65,2                       | 9,3         | 9,4          | 42,8               | 79,7        | 77,8         |
| A lâmpada consome corrente eléctrica                | 63,4                       | 21,0        | 36,0         | 66,5               | 60,0        | 61,5         |

\* Escola Secundária de Santa Maria da Feira  
[escsmf@mail.telepac.pt](mailto:escsmf@mail.telepac.pt)

\*\* Universidade de Aveiro/Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa  
[nilza@dte.ua.pt](mailto:nilza@dte.ua.pt)

#### Referências:

- [1] Neto, A., Valente, M. e Valente, M. O. (1991). "Circuitos elementares de corrente contínua: dificuldades de aprendizagem e formas de as superar", *Gazeta de Física* 14 (3) 94-106.
- [2] Shipstone, D. (1988). "Pupil's understanding of simple electrical circuits: some implications for instruction", *Physics Education* 23, 92-96.
- [3] Licht, P. (1991). "Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach", *Physics Education* 26 (5), 272-277.
- [4] Vasconcelos, F. (1997). "O ensino/aprendizagem de tópicos de Electricidade (8º ano) numa perspectiva de mudança conceptual: um estudo de investigação-ação", tese de mestrado, Universidade do Minho, Braga.
- [5] Hodson, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio", *Enseñanza de las Ciencias* 12 (3), 299-313.
- [6] Hodson, D. (1996). "Practical work in school science: exploring some directions for change", *International Journal of Science Education* 18 (7), 755-760.
- [7] Loureiro, M. (1991). "Uma nova abordagem ao ensino da Electricidade - 8º ano", em *Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino*, Universidade de Aveiro, Aveiro, 212-224

# José Luís Martins, o físico português mais citado

## “Um Nobel não tem emprego em Portugal”

entrevistado por Carlos Pessoa



Professor Associado e Agregado do Instituto Superior Técnico, José Luís Martins (ver o currículo em [www://bohr.inesc.pt/~jlm](http://www://bohr.inesc.pt/~jlm)) é o físico português com maior número de citações nas revistas científicas de todo o mundo. Na lista dos 1120 físicos com maior número de citações de 1981 a 1997 é, aparentemente, o único português (<http://fluo.univ-lemans.fr.8001/1120physiciens.html>). Formado na Suíça, com uma carreira de investigação que se divide por aquele país europeu e pelos Estados Unidos, e um dos maiores especialistas mundiais em estrutura electrónica de sólidos e moléculas, decidiu voltar a Portugal em 1992. Explica porquê na entrevista que deu à “Gazeta”, onde fala também das diferenças entre o ambiente da investigação universitária no nosso país e no estrangeiro.

**Gazeta de Física** — É o físico português com maior número de citações nas revistas científicas internacionais. Qual é o seu trabalho mais citado?

**José Luís Martins** — Tenho vários trabalhos com muitas citações. O mais citado não é o melhor, mas o mais útil. É um artigo de doutoramento [de um aluno meu nos EUA] em que se desenvolve uma nova forma de pseudopotencial que permite fazer cálculos mais facilmente, e que é praticamente usado por toda a gente. Daí as referências no trabalho de outros investigadores, que se vão acumulando.

Há outros muito citados, entre os quais um publicado em 1991 que fez parte dos 10 mais citados, em todas as áreas científicas, nesse ano. É sobre a estrutura electrónica do carbono 60.

**P.** — Os seus estudos universitários e uma parte significativa do seu trabalho de investigação foram feitos no estrangeiro. Porque decidiu regressar a Portugal?

**R.** — É verdade que estive 16 anos no estrangeiro, metade na Suíça e a outra metade nos Estados Unidos. Mas a certa altura cheguei à conclusão que ou regressava a Portugal ou nunca mais vinha para cá. O meu primeiro estágio de pós-doutoramento tinha acabado e o segundo estava a começar, e como não tinha compromissos científicos, pedi seis meses de licença sem vencimento. Cheguei a 1 de Janeiro de 1992 e quando esse período acabou resolvi ficar.

**P.** — Houve alguma razão específica para tomar essa decisão?

**R.** — Pus três condições a mim. A primeira foi que, ao fim de seis meses, estivesse em vias de financiamento de projectos. Outra consistia em ter um gabinete só para mim. A terceira era ter um computador pessoal relativamente rápido para trabalhar. Ao fim de seis meses essas condições estavam preenchidas e resolvi ficar.

**P.** — O que encontrou de diferente em Portugal relativamente aos outros sítios onde trabalhou?

**R.** — É tudo completamente diferente. Eu recomendo a todos os estudantes que me perguntam o que hão-de fazer com a sua carreira que, a menos que tenham razões pessoais para ficarem em Portugal, vão uns anos para o estrangeiro.

**P.** — Na sua opinião, os jovens físicos devem “emigrar”...

**R.** — Sempre. Uma das coisas que eu dizia aos primeiros estudantes que fizeram licenciatura comigo era que o ambiente lá fora era diferente. Claro que queriam saber mais, ou seja, em que é que era diferente. Bem, é diferente! E três ou quatro dias depois de lá chegarem eu recebia um “e-mail” a dizer “percebemos por que é que o ambiente é diferente”...

**P.** — Consegue explicar em que consiste essa diferença?

**R.** — Tomemos o caso dos Estados Unidos. Há uma vida

de “campus” e de departamento que não existe de todo em Portugal. Por exemplo: um desses alunos estava muito orgulhoso por ter conseguido organizar uma série de concertos de música clássica no Salão Nobre do Instituto Superior Técnico (IST). Quando chegou lá descobriu que a Universidade tinha... duas orquestras, uma praticamente profissional e a outra para os amadores de música. Para não falar de dezenas de outras estruturas e actividades culturais.

Depois, há as discussões nos corredores. Existindo um departamento onde as pessoas passam todos os dias, acabam por se encontrar, quer seja à hora do café, nos seminários ou nos colóquios. Em Portugal nada disso existe. No nosso departamento [Departamento de Física do IST] cada pessoa está no seu canto – eu estou aqui no INESC, outros no LIP, outros ainda no próprio departamento ou no antigo Complexo 2 – e raramente se encontram. A dispersão geográfica impede que se façam coisas...

Quando eu cheguei estava a dar-se a grande transformação do Técnico – essencialmente um grande liceu onde as pessoas iam dar as aulas e se iam embora – para um espaço onde as pessoas ficavam e faziam investigação. Entre o que ele era há 10 anos ou que é agora, comparado com aquilo que existe no estrangeiro, a diferença é enorme.

**P. – Quais são as maiores dificuldades com que se depara no seu trabalho de investigação?**

**R. –** O problema que tenho agora [Julho de 1999] é não ter dinheiro para investigar.

**P. – O que reduz todos os outros problemas que possa ter a insignificâncias...**

**R. –** Claro. Houve um hiato muito grande entre concursos. Como em Portugal há uma ideia enraizada que, quando se tem de mexer nas coisas, tem de se mudar tudo, quando isso acontece pára tudo. Como era preciso mudar tudo, não houve concursos durante anos. O último em que recebi algum dinheiro considerável para fazer investigação foi em 1994. No ano passado houve outro, mas esse dinheiro ainda não chegou.

**P. – Neste momento está parado?**

**R. –** Não estou parado! Mas a situação não é muito brilhante.

**P. – Vamos imaginar que tem dinheiro para investigar. Quais são os problemas concretos que dificultam o seu trabalho de investigação?**

**R. –** Há um problema com as bibliotecas. A do IST encontra-se distribuída por várias mini-bibliotecas e comparada com a de qualquer instituição deste tamanho no estrangeiro, é ridícula. Creio que o único departamento

que tem uma biblioteca minimamente decente é o de Física de Coimbra.

E há um problema de atitude perante as coisas. Por vezes levo pessoas a ver a biblioteca para lhes mostrar o que se passa aqui e elas vêem que os livros estão fechados à chave para não serem roubados. Qualquer estrangeiro ri-se com isso, pois o objectivo de qualquer biblioteca é facultar o acesso à informação. Os roubos, que acontecem em todo o lado, fazem parte do risco de haver informação. Com a Internet, felizmente que as coisas estão a melhorar, pois há um acesso directo à informação.

**P. – O que é preciso fazer em Portugal para reduzir essa diferença, que mencionou, em relação a outros países considerados de referência na sua área de investigação?**

**R. –** Neste momento, o importante é dar oportunidade aos vários jovens que saíram para o estrangeiro nos últimos anos – a política de enviar muita gente para fora do país foi muito importante – e que estão a regressar.

Há um sério problema de enquadramento, pois a nossa estrutura de investigação empresarial é muito pequena e as universidades estão completamente esclerosadas. Costumo perguntar: se um português a trabalhar no estrangeiro ganhar um prémio Nobel e quiser vir para Portugal trabalhar, pode fazê-lo? Não, porque os quadros das grandes universidades de Lisboa, Porto e Coimbra estão cheios e há um minúsculo número de pessoas que se vão reformar nos próximos tempos. Além disso, não existe aquela flexibilidade que existe nos Estados Unidos que permite arranjar sempre lugar para uma pessoa brilhante que apareça.

Por tudo isso, creio que só uma nova geração que venha com vontade de trabalhar e os hábitos de trabalho adquiridos nos Estados Unidos, Inglaterra ou Alemanha, é que vai poder refazer um estilo de investigação em Portugal.

**P. – Mas há outras universidades além das que citou...**

**R. –** A vinda desses jovens investigadores seria uma boa oportunidade para as universidades mais pequenas, mas, salvo algumas excepções, elas não estão a aproveitar essas possibilidades.

**P. – Que balanço faz da actividade do Ministério da Ciência e Tecnologia?**

**R. –** Ainda é um bocado cedo, porque se fizeram modificações demasiado profundas e falta ver se, a médio prazo, isso é positivo ou não. A curto-prazo, os efeitos foram negativos, porque ao querer mudar-se tudo, não se fez nada. Praticamente só há um ano é que as instituições começaram a funcionar nos novos moldes e, por isso, é ainda cedo para se fazer uma avaliação do seu trabalho.

## Física em Portugal

### Estudantes do Porto dão curso de Astronomia

Começa em meados de Outubro mais um Curso de Introdução à Astronomia promovido pela Associação para a Promoção Cultural da Criança (APCC). Desta vez o curso realizar-se-á, pela primeira vez, na Delegação Regional Norte daquela associação e será ministrado por estudantes da licenciatura de Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Estes animadores fazem parte do Grupo de Informação e Recreação Astronómica (GIRA), que se dedica à divulgação da Astronomia em geral, tendo por isso uma vasta experiência em acções deste tipo.

O GIRA publica o Giroscópio (ver <http://come.to/GIRA>), um suplemento de Astronomia na revista “Ciência J”, da Associação Juvenil de Ciência (ver <http://www.ajc.pt/cienciaj>). Para mais informações contactar a APCC na Praça da República, 93 – 3º escrit. 4, Tel. 22 2004284 ou o GIRA na Rua Capitão Pombeiro, 59 – 2º dtº, 4000 Porto, telefone 22 5091520, e-mail - [gira@geocities.com](mailto:gira@geocities.com).

### Dinâmica da Cisão

Terá lugar no Luso de 15 a 20 de Maio de 2000, por iniciativa do Centro de Física Teórica da Universidade de Coimbra, um encontro sobre “Dinâmica da cisão”. A comissão organizadora é formada pelos Drs. D. M. Brink, F. F. Karpechine, F. B. Malik e J. da Providência. O programa abrange a área da cisão atómica (situação experimental e desenvolvimentos teóricos) e cisão nuclear (situação experimental: cisão ternária, fria e espontânea, cisão induzida por múons, características gerais da cisão a energias baixas, intermédias, altas, e desenvolvimentos teóricos).

### Provas na Universidade de Aveiro

Agregação: João de Lemos Pinto, em Julho de 1999, e Vítor Torres, em Outubro de 1999.

Mestrado em Ensino de Física e Química: Carlos Alberto Duarte, “A Interpretação do Mundo Físico”, em Maio de 1999 e Pedro Pombo, “Óptica e Holografia no Ensino Secundário”, em Julho de 1999.

### Provas na Universidade de Coimbra

Agregação: Rui Ferreira Marques, em Setembro de 1999.

Doutoramento em Física Teórica: Fernando Nogueira, “Descrição de sólidos e agregados metálicos usando pseudopotenciais”, em Julho de 1999.

Mestrado em Física Teórica: Miguel Afonso Oliveira, “Integrais de caminho em teoria de Colisões – Método de Makri e Miller”, em Julho de 1999.

Mestrado em Física Tecnológica: Luís Miguel da Silva Margato, “Estudo de detectores do tipo MSGC, MGC e GEM para aplicação a elevadas taxas de contagem”, em Maio de 1999, Filipa Leonor Rodrigues Vinagre, “Técnica de medição do valor de W para raios X em gases: resultados para misturas Ne-Xe”, em Julho de 1999, e Carla Cristina Alves de Oliveira, “Dosimetria termoluminescente em radioterapia externa com o sistema Rialto, modelo 688, da NE Technology - Estudo das condições de aplicabilidade”, em Outubro de 1999.

### Hadrões para a Saúde

A exposição itinerante do CERN sobre a terapia com hadrões, “Hadrons for Health”, deverá vir a Coimbra durante o ano de 2000, estando em negociação as datas exactas dessa realização. “Coimbra Cidade da Saúde” acolherá essa exposição com a colaboração de várias instituições, entre elas o LIP

(Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas), o Instituto Pedro Nunes e o recém-criado Centro de Tecnologias Nucleares Aplicadas à Saúde.

### Física em Colisão

Realiza-se em Junho de 2000, durante três dias, a “20th Conference Physics in Collision”, no Museu da Ciência, da Universidade de Lisboa. A organização é do LIP e da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Da Comissão Organizadora fazem parte os Drs. Gaspar Barreira, Augusto Barroso e Amélia Maio. As datas exactas da conferência, com a duração de dois dias, serão fixadas no próximo mês de Dezembro.

### Formação contínua de professores em Coimbra

Começaram em Setembro e prolongam-se por Outubro próximo, no Departamento de Física da Universidade de Coimbra, as acções “Foco” intituladas “FORPROFIS 2: Formação de Professores de Física-Das Teorias aos Procedimentos 2” (coordenada pela Drª Maria José de Almeida) e “Exploração de Equipamento Experimental Existente nas Escolas Secundárias para a Leccionação dos Curricula de Física” (coordenada pelo Dr. Adriano Pedroso de Lima). Ambas as acções têm 38 horas de leccionação (15 unidades de crédito) e são destinadas a professores do ensino secundário, sendo a primeira extensível a professores do 3º ciclo do ensino básico. A avaliação é individual, estando os formando obrigados à presença em 75 por cento das acções, que têm lugar às sextas feiras das 15 às 19 horas. Pedidos de esclarecimento sobre acções de formação de professores devem ser feitos por “e-mail” para [jacruz@ci.uc.pt](mailto:jacruz@ci.uc.pt)

### Escola de Física do CERN

No próximo ano decorrerá em Portugal a “European School of High Energy Physics”, escola organizada anualmente pelo Centro Europeu de Investigação Nuclear (CERN) com a colaboração do “Joint Institute for Nuclear Research” (JINR), de Dubna, Rússia, e que reúne mais de uma centena de estudantes de doutoramento oriundos de países europeus. A edição do ano 2000 realiza-se entre 20 de Agosto e 2 de Setembro no Quality Hotel, no Caramulo.

Da comissão organizadora local fazem parte os Drs. Armando Policarpo (Universidade de Coimbra), Rui Ferreira Marques (Universidade de Coimbra), Luís Peralta (Universidade de Lisboa), António Onofre (Universidade Católica de Portugal, pólo da Figueira da Foz) e João Carvalho (Universidade de Coimbra). Entre os docentes da escola contam-se dois portugueses, os Drs. Jorge Dias de Deus e Gustavo Castelo Branco. A edição de 1999 decorreu em Casta-Papiernicka, na República da Eslováquia, entre 22 de Agosto e 4 de Setembro.

### Física de Astropartículas

Na Universidade do Algarve, em Faro, realiza-se de 3 a 5 de Setembro de 2000 uma reunião sobre “New Worlds in Astroparticle Physics”. O terceiro encontro desta série será realizado uma vez mais no pólo de Gambelas da Universidade do Algarve. Trata-se de uma organização conjunta do Instituto Superior Técnico, Universidade do Algarve, CENTRA e LIP. O programa inclui contribuições em diversos temas como “Para além dos modelos padrão”, “Física de Neutrinos e Astrofísica”, “A Física da Cosmologia”, “Raios cósmicos: origem, propagação e interação” e “Astrofísica na Terra”.

### Alteração dos planos curriculares da licenciatura em Física em Coimbra

A par de algumas alterações de pormenor na estrutura do ramo científico da licenciatura em Física e em Engenharia Física, foram recentemente introduzidas modificações importantes no ramo pedagógico da licenciatura em Física que passou

a chamar-se “Ramo Educacional – Ensino da Física e da Química”. Esta remodelação, que se caracteriza pelo aumento significativo das componentes de Química deste ramo da licenciatura, visa habilitar os estudantes para a leccionação das disciplinas do 4º grupo A e B nas melhores condições.

## O que dizem os físicos

### João da Providência

(Abril/1997)

“As ciências exactas, nomeadamente a Física, não têm sido entre nós cultivadas com a devida dedicação.

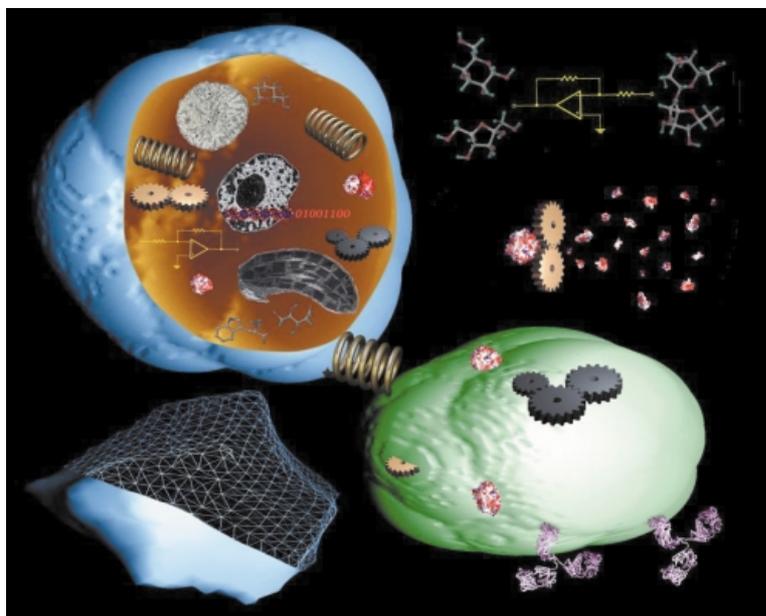
A nossa contribuição, a nível mundial, para esta área do saber tem sido escassa.

Não por fatalismo genético mas, como a História abundantemente mostra, devido a circunstâncias de carácter ideológico e político.”

### Simulação de processos biológicos

Decorre em Santarém nos dias 2 e 3 de Outubro o segundo curso da Sociedade Portuguesa de Biofísica, cujo objectivo é dar um panorama de técnicas de simulação usadas nas ciências biológicas, com uma aplicação essencialmente prática. Os tópicos cobertos são simulações de dinâmica molecular (clássica e quântica), interações moleculares, métodos electrostáticos no contínuo, predição da estrutura de proteínas, organização de membranas, etc. É co-organizador o Dr. Cláudio Soares, do ITQB, Universidade Nova de Lisboa. Para mais informações ver

<http://www.itqb.unl.pt>



## Provas nacionais de Física do 12º ano

Pedimos à Dra. Ana Eiró, professora do Departamento de Física da Universidade de Lisboa, e que acompanhou pela parte da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) o processo dos exames do 12º ano, alguns comentários sobre as provas nacionais de Física. Fizemos-lhe duas perguntas e, como é evidente, as suas respostas são dadas a título pessoal e não veiculam a posição da SPF.

**P. — Como comenta os exames de Física do 12º ano deste ano? Os enunciados eram adequados?**

**R. —** As provas foram adequadas ao programa da disciplina. Pareceram-me equilibradas relativamente à distribuição das diferentes partes da matéria e ao alcance do aluno médio. Apesar de não serem complicadas, as provas exigiam a realização de alguns cálculos, um pouco longos para os alunos menos treinados.

Havia questões de variados graus de dificuldade, o que permite distinguir os alunos. Algumas destas questões podem ter provocado hesitações no aluno bem preparado.

Por exemplo, na questão 3.3 do ponto da 2ª chamada, o aluno conhecedor da matéria pode ter procurado o movimento de uma partícula sujeita simultaneamente a um campo eléctrico e magnético, em vez de encontrar uma resposta simples baseada no equilíbrio entre as forças no ponto inicial do movimento.

O aspecto gráfico das provas era bom, mas algumas figuras deveriam ter sido mais cuidadas. Por exemplo, no ponto da 1ª chamada, na questão II.1, o pormenor da figura era essencial à resolução do problema. A figura 4 deveria ter sido ampliada e, sobretudo, respeitada a escala dos ângulos assinalados.

Há ainda aspectos de pormenor, como o fornecimento de dados não necessários à resolução e a não explicitação completa das condições em que se colocam as questões. À primeira vista a existência de dados a mais não deveria prejudicar os alunos e, de facto, penso que assim acontece no caso do aluno médio. Contudo, os melhores alunos podem ser perturbados por informação irrelevante.

Quanto à explicitação das condições do problema, é uma questão de precisão: o campo gravítico que se refere no problema II.2 da 1ª chamada é seguramente uniforme...

Um comentário geral sobre as questões do grupo III, ditas experimentais: embora tendo sido introduzidas nos exames com o objectivo de fomentar o ensino experimental — ou pelo menos de criar hábitos de análise dos resultados experimentais —, a resposta a estas perguntas não avalia a capacidade ou experiência do aluno em trabalhos de laboratório. Têm sido questões simples, que ajudam a cotação a subir... É, contudo, essencial que as palavras utilizadas e os conceitos subjacentes sejam claros. Pede-se para calcular a incerteza dos valores e o valor da incerteza em percentagem e fala-se, nos critérios de correcção, em incerteza absoluta e incerteza relativa. Apesar

destes termos serem hoje geralmente utilizados, eles não são adequados. Quando se procura avaliar experimentalmente uma grandeza fazendo várias medições, idealmente em número muito grande, obtém-se o valor da grandeza calculando a média dos valores obtidos ou traçando uma recta “pelo meio dos pontos” obtidos, como é o caso do exemplo na questão III do ponto da 1ª chamada. Define-se erro absoluto da medição como o módulo do maior desvio, isto é, o módulo da maior diferença entre o valor medido e o valor médio (que não é necessariamente o valor mais provável), e o erro relativo como a razão entre o erro absoluto e o valor experimental da grandeza. Estas definições aparecem frequentemente referidas ao “valor verdadeiro”, no pressuposto de que se conhece a grandeza que se vai medir. Era isto que se pedia nos enunciados dos exames e toda a gente entendeu o que se pretendia, até porque estas questões foram muito semelhantes às que apareceram nas provas modelo. Quanto a incerteza da medição, remeto para a definição proposta por G. Almeida no seu livro “Sistema Internacional de Unidades” (Plátano, 2ª ed., 1997): “estimativa que caracteriza o intervalo de valores no qual se situa o verdadeiro valor da grandeza medida”.

**P. — Houve ou não erro ou imprecisão no ponto da 2ª chamada?**

**R. —** Houve, de facto, uma incorrecção na questão 1.5 do exame da 2ª chamada. Embora seja interessante, a questão não apresenta nenhuma solução correcta. A aceleração do corpo quando percorre o líquido Y é maior do que quando percorre o líquido X, o que significa que a velocidade cresce com o tempo em Y de uma forma mais acentuada do que em X. O gráfico escolhido deve ter uma descontinuidade. Este raciocínio leva o aluno a optar pelo gráfico D (o mesmo nas duas versões). Mas este gráfico não está correcto, pois apresenta a variação da velocidade com a altura e não com o tempo. Se a velocidade varia linearmente com o tempo não varia linearmente com a altura. Só o quadrado da velocidade varia linearmente com a altura, pelo que o gráfico correcto devia apresentar dois ramos de parábola em lugar de dois segmentos de recta ou, alternativamente, indicar no eixo das ordenadas o quadrado da velocidade.

Não creio que este erro tenha prejudicado a maioria dos alunos, que nem deram conta dele. Poderá, porém, ter confundido uma minoria que terá optado por não assinalar nenhuma resposta certa. O Ministério deu indicação aos correctores de que deveriam dar a cotação completa a quem tivesse assinalado a opção D ou não tivesse assinalado nenhuma hipótese, ou ainda tivesse dito que nenhuma das hipóteses estava correcta, o que me pareceu uma opção equilibrada no sentido de minorar os males. Mas o “remédio” adoptado não resolve a questão de fundo... É inacreditável que apareçam erros nos enunciados! Será que não é possível resolver de vez esta questão?

## Museu de Física

O Museu de Física da Universidade de Coimbra tem a sua origem no Real Gabinete de Física, uma valiosa colecção de instrumentos de Física pertencente ao Real Colégio de Nobres de Lisboa e transferida para Coimbra para integrar a cadeira de Física Experimental (criada pelos Estatutos de 1772 no âmbito da reforma pombalina da Universidade). Este museu possui hoje um notável espólio de instrumentos científicos e didácticos de Física dos séculos XVIII e XIX, utilizados no Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra desde que ele foi criado.

A colecção de instrumentos é uma das mais raras no mundo. Os instrumentos do século XVIII, que deram origem na época a um dos mais completos gabinetes para o estudo da Física Experimental, são considerados verdadeiras obras de arte. Os instrumentos do século XIX são, por sua vez, representativos do desenvolvimento da Física Experimental naquele período. Uma parte do actual espólio do Museu encontra-se em exposição permanente nas salas onde foi originalmente instalado o Gabinete de Física. Estas salas, com o mobiliário da época, constituem parte integrante do Museu. Numa delas é feita uma recriação de um Gabinete de Física da segunda metade do século XVIII. Na outra são apresentados instrumentos adquiridos ao longo do século XIX.

### Actividades recentes

O Museu de Física abriu as suas portas ao público em 29 de Janeiro de 1997, tendo desde então mantido um funcionamento regular. O material exposto é constituído por cerca de 300 instrumentos científicos dos séculos XVIII e XIX, e por livros antigos de carácter científico. Para a exposição inaugural foi publicado o catálogo “O Engenho e a Arte: Colecção de Instrumentos do Real Gabinete de Física” (Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Museu de Física e Fundação Calouste

Gulbenkian, 1997), do qual existe uma versão em inglês.

O Museu de Física tem recebido, para além de numerosos visitantes nacionais e estrangeiros, muitos grupos de alunos dos 2º e 3º ciclos do ensino básico e do ensino secundário, de cursos de pós-graduação em Museologia, e ainda grupos de cientistas nacionais e estrangeiros.

O interesse da colecção motivou ainda a visita de especialistas, nomeadamente Jane Wess (Conservadora do Museu de História da Ciência de Londres), Emanuel Araújo (Director da Pinacoteca do Estado de São Paulo), Gian Antonio Saladin (Director do Museu de História da Física de Pádua), Stuart Talbot (Presidente da “Scientific Instrument Commission” da “International Union of the History and Philosophy of Science”) e, por ocasião da conferência anual desta última organização, realizada em Lisboa em Maio passado, de um grupo de cerca de 50 cientistas de várias nacionalidades. No sentido de melhorar a exploração pedagógica do espólio do Museu foram construídas réplicas de alguns instrumentos cuja utilização poderá complementar a visita por alunos.



### Participações exteriores

O Museu de Física participou nas seguintes exposições:

- “A Magia da Imagem”, no Centro Cultural de Belém, de Fevereiro a Junho de 1996. Nesta exposição estiveram expostas algumas lâminas de vidro pintadas e a câmara óptica.
- “O Engenho e a Arte”, na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa. De Abril a Agosto de 1998 esteve patente uma mostra constituída por uma selecção de 149 instrumentos científicos dos séculos XVIII e XIX. Esta

exposição, realizada pela Fundação Calouste Gulbenkian com o apoio do Museu de Física, foi visitada por cerca de 50 000 pessoas.

- “O Engenho e a Arte”, na Sala da Cidade e no Edifício do Chiado, em Coimbra, de Dezembro de 1997 a Março de 1998. A exposição, constituída pelos 149 instrumentos anteriormente expostos na Fundação Calouste Gulbenkian, teve cerca de 12 000 visitantes.
- “Os Construtores do Oriente Português”, no Museu de Transportes e Comunicações da Alfândega do Porto, de Junho a Novembro de 1998.
- “Splendors of Portugal”, exposição a decorrer no Japão entre Maio e Dezembro de 1999 e que integra a máquina electrostática de disco de vidro e o magnete esférico.
- Exposição temporária no Visionarium, Centro de Ciência do Europarque de Santa Maria da Feira, de Junho de 1998 a Agosto de 1999. Para esta exposição o Museu cedeu 17 peças da sua colecção.

### Projectos em curso

Actualmente o Museu desenvolve os seguintes projectos:

- Projecto PRAXIS XXI/2/2.1/DC&T/1939/96 - Mediatização do Museu de Física da FCTUC.

O projecto está em vias de conclusão, podendo visitar-se, no endereço <http://www.fis.uc.pt/museu>, páginas que incluem: informação geral; “O Engenho e a Arte” (colecção de 149 instrumentos mostrados através de fotografias, esquemas, textos e animações); passeio virtual (novo: salas e objectos reconstituídos em três dimensões); homenagem (Mário Silva e Rómulo de Carvalho); obras de Física dos séculos XVIII (novo), etc.

- “Science and Technology Historical Routes - STHIR”, projecto submetido em 1999 ao programa RAFAEL, em colaboração com o Museu Nacional da Ciência e da Técnica de Madrid e com o Museu de História da Física da Universidade de Pádua.
- MULTILAB, projecto submetido em 1999 à Comissão Europeia, em

colaboração com o Museu Nacional da Técnica de Praga, a Universidade Politécnica de Madrid, o Instituto de Matemática Aplicada de Génova e o Museu Nacional da Ciência e da Técnica de Madrid.

Ao abrigo do Contrato-Programa para Financiamento dos Anexos, da Reitoria da Universidade de Coimbra, foram avaliados e financiados os seguintes projectos: “Armazenamento do espólio de reserva”, “Melhoria de condições das salas de exposição do Museu de Física”, “Consulta pública dos livros dos séculos XVIII e XIX”, “Recuperação de todo o espólio do Museu”, “Exploração pedagógica do espólio do Museu” e “Instalação de oficinas de restauro de instrumentos científicos”, todos com execução prevista até ao ano 2002.

Ermelinda Ramos Antunes  
(Departamento de Física da Universidade de Coimbra)  
[ermelinda@lipc.fis.uc.pt](mailto:ermelinda@lipc.fis.uc.pt)

## Mestrados no Departamento de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa em 1998 e 1999

Na continuação da lista de mestrados incluída no último número, acrescentamos os seguintes:

- . António Alberto Dias, “Fotoionização e Adsorção de Moléculas Instáveis”, em Ciência e Engenharia de Superfícies.
- . Rui Gomes Neves, “Bosões W, Estados Ligados e Efeitos Anómalos”, Física – Altas Energias e Gravitação.
- . João Manuel Lourenço, “Interações com uma Superfície Líquida (PFPE - Perfluoropolietileno)”, em Ciência e Engenharia de Superfícies.
- . João Pedro Jarego, “Transístores de Filme Fino de Silício Amorfo Hidrogenado”, em Ciência e Engenharia de Superfícies.
- . Sofia Andringa Dias, “Estados Finais com Fotões em LEP2”, em Física – Altas Energias e Gravitação.
- . Ana Margarida Rodrigues, “Estudo Qualitativo de um Fluido Cosmológico de Três Componentes”, em Física – Altas Energias e Gravitação.

## Doutoramentos na Universidade de Lisboa

- Carlos Miguel Martins, “Estudo da Circulação Oceânica Superficial no Atlântico Nordeste Utilizando Bóias Derivantes com Telemetria por Satélite”, em Física (Oceanografia), em Abril de 1998.
- Carlos Gil Martins, “Oceanus: um Atlas Digital Oceanográfico Aplicado ao Estudo da Estrutura, Variabilidade e Climatologia do Atlântico ao Largo de Portugal Continental”, em Física (Oceanografia), em Abril de 1998.
- Rui Alberto Santos, “Renormalização do Modelo Padrão com Dois Dubletos de Higgs: alguns Exemplos e Aplicações”, em Física (Física das Partículas Elementares), em Maio de 1998.
- José Paulo Pinto, “Dispersão Deutério-núcleo, Fragmentação do Deutério em Protões, Dispersão Profundamente Inelástica do Deutério”, em Física (Física Nuclear), em Setembro de 1998.
- Maria Ana Baptista, “Génese e Impacte de Tsunamis na Costa Portuguesa”, em Física (Geofísica Interna), em Outubro de 1998.
- Elsa Maria Lopes, “Transporte Eléctrico Não Linear em Sistemas Moleculares de Onda de Densidade de Carga”, em Física (Física da Matéria Condensada), em Outubro de 1998.
- Henrique José Leitão, “Estrutura e Termodinâmica de Misturas Ternárias com Anfífilo”, em Física (Física da Matéria Condensada), em Outubro de 1998.
- Maria Catarina Espírito Santo, “Procura de Leptões Compostos e Exóticos com o Detector Delphi em LEP 2”, em Física (Física de Partículas Elementares), em Novembro de 1998.
- Bernardo António Tomé, “Determinação da Luminosidade em LEP com o Calorímetro STIC de Delphi”, em Física (Física de Partículas Elementares), em Novembro de 1998.
- Carla Maria Silva, “Processamento de Dados Electroencefalográficos – Aplicações à Epilepsia”, em Biofísica, em Dezembro de 1998.
- João Manuel Alves, “Seeing the Light Through the Dark – Infrared Dust Extinction and the Structure of Molecular Clouds”, em Astronomia e Astrofísica, em Abril de 1999.

## O que dizem os físicos

### Físicos na indústria, porquê?

Existem alguns factos que todos os estudantes de Física deveriam saber mas que a maioria dos seus professores não lhes dizem. Deixem-me contribuir com sete factos inquestionáveis. Assim, os físicos não podem fazer...

- Engenharia electrotécnica tão bem como os engenheiros electrotécnicos;
- Engenharia química tão bem como os engenheiros químicos;
- Engenharia de “software” tão bem como os engenheiros informáticos;
- Engenharia mecânica tão bem como os engenheiros mecânicos;
- Engenharia óptica tão bem como os engenheiros ópticos;
- Engenharia aeronáutica tão bem como os engenheiros aeronáuticos;
- Matemática tão bem como os matemáticos.

Dados estes factos, porque diabo alguém quererá empregar um físico? Eis a resposta: os físicos podem fazer qualquer uma destas tarefas 80 por cento tão bem como os respectivos especialistas. Porém, a competência dos especialistas tende rapidamente para zero fora do seu domínio de especialização. Na minha empresa há engenheiros de toda a espécie que realizam diferentes tarefas.

Contudo, no topo, a percentagem de doutores em física é quase 100 por cento (também existem dois engenheiros e um químico). E isto porquê? Porque os físicos são os que têm uma melhor visão de conjunto e podem, portanto, verificar se cada disciplina está a dar a contribuição certa para o problema.

Jeffrey Hunt  
(Boeing Corporation)

(Extracto de um artigo publicado em APS News, Fevereiro de 1999)

## Questões de Física

Como diferenciar as fases sólida e líquida através de propriedades macroscópicas? Antigamente dizia-se que em ambos os “estados” o volume era fixo, mas que no estado sólido a forma era fixa, enquanto no estado líquido a forma era variável, pois o líquido tomava a forma do recipiente. Acontece que isto nem sempre é verdade: o pó de talco, que está no estado sólido, adquire a forma do recipiente onde está contido.

(Um professor do ensino secundário)

Porque é que um pneu com maior superfície escorrega mais nas curvas do que um com menor superfície?

A resposta à questão colocada na página 27 da edição anterior da “Gazeta” é a seguinte:

Dada a complexidade da estrutura de um pneu, esta questão não pode ser respondida com base apenas nas leis clássicas do atrito. Apesar desta complexidade, as três principais funções do pneu de um automóvel são as seguintes:

1 O pneu “agarra-se” à estrada, particularmente durante os períodos de aceleração, desaceleração e travagem.

2 O pneu actua como um amortecedor nas irregularidades do piso (isto é, deforma-se), auxiliando os amortecedores mecânicos.

3 Quando o carro rola na estrada, ou seja, circula com velocidade constante, a energia dissipada no pneu deve ser mínima.

Se se entrasse em conta exclusivamente com a primeira e a última destas funções, assegurar-se-ia que as rodas do automóvel rolassem sem deslizar. Neste caso, o carro não derraparia ao descrever uma curva. Isto significa que o atrito entre as rodas e o solo é estático. Exemplificando: se um carro

descreve um arco de circunferência numa curva sem inclinação (para não complicar) em que o coeficiente de atrito (estático) é de 0,81 e se o raio da curva for de 80 metros, facilmente se verifica que a velocidade máxima a que o automóvel pode circular é de 25 metros por segundo.

Isto nem sempre se verifica e convém então referir outras situações. Se o carro derrapa ao descrever a curva, isto pode querer dizer que o coeficiente de atrito em causa é cinético, inferior, portanto, ao coeficiente de atrito estático. Devemos também entrar em conta com efeitos de lubrificação, aos quais já não se aplicam as leis clássicas do atrito. Assim, outros efeitos físicos têm de ser considerados como, por exemplo, a viscosidade (piso molhado) e a histerese, que não são formas de atrito.

Experiências laboratoriais entre uma superfície dura e borracha permitem tirar as seguintes conclusões:

– Para uma superfície não lubrificada, o coeficiente de atrito (próximo do valor 1) diminui com o aumento da pressão de contacto entre as duas superfícies. Neste caso, o atrito é em grande parte devido às fortes forças de adesão.

Se as superfícies são ligeiramente lubrificadas, as forças intersuperficiais reduzem-se significativamente. Neste caso, o coeficiente de “atrito” é proporcional ao valor médio da pressão e depende das perdas resultantes da deformação da borracha (ou, noutra linguagem, das propriedades de histerese da borracha). Neste contexto, introduz-se o conceito de “atrito” de rolamento que tem as dimensões de um comprimento.

Por este motivo, escreveu-se “atrito” entre aspas. De facto, apesar das analogias que podem existir, trata-se de fenómenos conceptualmente distintos, obedendo a regras muito diferentes.

Os dados anteriores são tidos em conta pelos construtores de pneus, dado que uma boa conjugação destes factores permite conciliar economia no

consumo de combustível com segurança na condução. A histerese provoca dissipação de energia, que deverá ser compensada pelo motor (lei de conservação da energia).

Uma bola, cuja área de contacto se vai deformando à medida que rola sobre uma superfície horizontal, pode constituir uma analogia útil. Se o seu material for perfeitamente elástico (deformação pequena) não há transferência de energia para a superfície horizontal durante o movimento. O mesmo não se passa com materiais reais, como os dum pneu, onde se verificam perdas por histerese (deformação maior). Como, neste caso, a velocidade angular da bola diminui, o efeito de histerese é análogo ao de uma força de atrito ou de viscosidade. Daí a designação, pouco apropriada, de “atrito” de rolamento que, na verdade, surge como um momento, em relação ao centro de massa da bola, oposto à rotação.

Apesar da situação ser mais complicada num pneu real, também aí ocorrem efeitos deste tipo. Quanto maior for a superfície de contacto com o solo menor será a pressão efectiva e, conseqüentemente, menor será o “atrito” de rolamento. Por outro lado, uma fina camada, ligeiramente lubrificada, de areias e poeira, situada entre algumas zonas do pneu e a estrada, funciona como um mecanismo de rolamento, eliminando o atrito uma vez que o contacto directo não se verifica.

Célia Sousa

Departamento de Física da  
Universidade de Coimbra

[celia@teor.fis.uc.pt](mailto:celia@teor.fis.uc.pt)

### Referências:

- D. Tabor, “The rolling and skidding of automobile tyres”, *Physics Education* 29 (1994) 301.
- A. Doménech, T. Doménech and J. Cebrían, “Introduction to the study of rolling friction”, *American Journal of Physics* 55 (1987) 231.

## Física no Mundo

### O domínio da matéria e a estranha seta do tempo

É um facto experimental, bem estabelecido pelas observações em Astrofísica e Cosmologia, que o Universo é constituído por matéria (essencialmente, prótons, neutrões e electrões). Contudo, a teoria do Big-Bang, tão bem sucedida na compreensão da dinâmica do Universo, assenta num princípio democrático - no instante inicial, a enorme energia disponível originou igual número de partículas e anti-partículas. Ora, se partículas e anti-partículas se aniquilassem à medida que o Universo arrefeceu, então nada sobrava (senão um gás de fótons constituindo, hoje, a radiação de fundo).

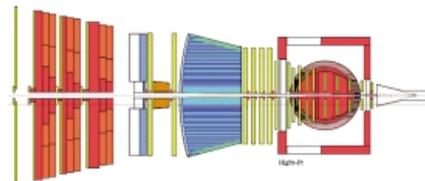
É também um facto experimental, consciente nos seres humanos de uma forma bem profunda, que o tempo só tem um sentido, fluindo irreversivelmente do passado para o futuro. Contudo, é tão fácil inverter o sentido do espaço - faça-se uma experiência e observemo-la num espelho; a experiência reflectida ainda segue as leis da Física. Porque não pode ser invertido o sentido do tempo, parceiro indissociável, em relatividade, das três coordenadas espaciais?

Dirá o leitor que a segunda lei da termodinâmica proíbe tais processos: a entropia de um sistema isolado só cresce num dos sentidos do tempo. Mas a segunda lei tem uma natureza estatística: o crescimento da entropia é o resultado da evolução mais provável de um sistema macroscópico. Se observarmos a nível microscópico esse mesmo sistema, não distinguiríamos o sentido do tempo - um filme dos átomos em movimento revelar-se-ia igualmente aceitável, quer o projectássemos “para diante” quer “para trás”. O leitor lembrar-se-á de uma outra objecção - em electrodinâmica, só os potenciais retardados (o campo é sentido após as cargas o criarem) dão

um sentido ao tempo. Realmente assim é, mas as equações básicas do electromagnetismo (equações de Maxwell) também dão as soluções avançadas - rejeitamo-las com base no princípio da causalidade, isto é, invocamos a seta do tempo. Uma última objecção é lembrada pelo leitor paciente: o Universo expande-se! Na verdade, a expansão do Universo é bem descrita pelas equações do campo gravitacional (de Einstein), as quais são invariantes para a inversão do tempo. Assim, a expansão é a consequência necessária de um estado inicial privilegiado (Big-Bang) e poderá, ela própria, ser sucedida por contracção e colapso, se houver massa suficiente no Universo. Não haverá, então, nenhum mecanismo básico que determine a seta do tempo?

As duas questões aqui expostas - o domínio da matéria e a seta do tempo - estão estranhamente ligadas por um dos princípios mais profundos da Física - o que é traduzido pelo teorema CPT. Considere o leitor um comportamento físico qualquer, que seja permitido pelas leis da Física, para um sistema de partículas. O teorema afirma que o mesmo comportamento é observado se realizar três operações: trocar as partículas pelas anti-partículas correspondentes (C: conjugação de carga), inverter as coordenadas espaciais (P: paridade) e a coordenada temporal (T: inversão do tempo). O teorema, já testado em 18 casas decimais (!), resulta, em todas as teorias quânticas de campo actuais, de três princípios físicos inquestionáveis: localidade (as interações são locais no espaço-tempo), invariância de Lorentz (as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais) e unitariedade (a soma de todas as probabilidades é um). Ora, as interações electromagnéticas e fortes conservam, só por si, a simetria CP e, portanto, a simetria T. Contudo, as interações fracas não conservam a simetria CP e, portanto, deverão quebrar a simetria T, isto é, distinguem o sentido do tempo.

A descoberta da quebra de simetria CP, ocorrida em 1964, deve-se aos grupos liderados por V. Fitch e J. Cronin (Prémios Nobel da Física em 1980): a partícula K (kaon, em português caão), de vida média longa, desintegra-se habitualmente em 3 piões, mas, uma vez em cada 500 desintegrações, origina apenas 2 piões. A explicação é a seguinte: a partícula  $K^+$  é uma sobreposição (mistura) da partícula  $K^0$  (estado ligado de um quark  $d$  e um antiquark  $\bar{s}$ , com estranheza 1) e da sua anti-partícula  $\bar{K}^0$  ( $\bar{d}s$ , com estranheza +1). A interacção fraca não conserva a estranheza, pelo que, ao longo do tempo, o  $K^0$  se converte no  $\bar{K}^0$ , e vice-versa. Contudo, a mistura não é simétrica nestas duas partículas: a reacção  $\bar{K}^0 \rightarrow K^0$  processa-se com uma taxa maior (cerca de 0,2 por cento) que a reacção inversa  $K^0 \rightarrow \bar{K}^0$ .



Detector de uma experiência CP

Experiências recentes vieram confirmar esta interpretação. No CERN (Centro Europeu de Investigação Nuclear) fizeram-se colidir prótons com anti-prótons, segundo a reacção  $p + \bar{p} \rightarrow \pi^+ + K^- + K^0$  (estado final identificado pela estranheza do  $K^-$ ). O  $K^0$  muda, ao fim de algum tempo, no  $\bar{K}^0$  e este desintegra-se:  $K^0 \rightarrow \pi^+ + e^- + \bar{\nu}$  (a detecção do electrão confirma o progenitor  $\bar{K}^0$ ). Mas também a reacção, possível por CP,  $p + \bar{p} \rightarrow \pi^- + K^+ + \bar{K}^0$  é verificada, mudando-se o  $\bar{K}^0$ , ao fim de algum tempo, em  $K^0$  e desintegrando-se este segundo  $K^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu$  (a detecção do positrão confirma o progenitor  $K^0$ ). Ora, observou-se que há uma probabilidade maior (apenas em 0,66%) da mudança  $\bar{K}^0 \rightarrow K^0$  do que  $K^0 \rightarrow \bar{K}^0$ . No Fermilab (Chicago, EUA), foi estudado o raríssimo (um num milhão)

decaimento do  $K^0$  com dupla produção de electrões e píões ( $K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + e^+ + e^-$ ), tendo sido medida a distribuição do ângulo formado pelo plano que contém as trajectórias iniciais dos electrões com o plano que contém as trajectórias dos píões. Se a simetria T fosse válida, essa distribuição seria simétrica; contudo, foi observada uma assimetria (da ordem de 13,5 por cento).

Estão em curso experiências mais exigentes, explorando outros canais de decaimento onde melhor se evidencia a quebra de simetria CP ou T. Para isso, devem, em breve, entrar em acção verdadeiras fábricas de mesões-B (estados ligados de um quark  $d$  com um antiquark  $\bar{b}$ ), os quais, tendo maior massa que o caão e com uma vida média dilatada pelo conhecido efeito relativista, vai permitir uma melhor caracterização, qualitativa e quantitativa, destas quebras de simetria. As experiências em curso nos laboratórios SLAC (Stanford, EUA) e KEK (Japão) irão sobretudo concentrar-se no chamado canal dourado da desintegração  $B \rightarrow J + K$ , o qual deverá mostrar uma taxa diferente de  $B \rightarrow \bar{J} + \bar{K}$ . Uma primeira consequência dos resultados já obtidos é a exibição de uma quebra de simetria bem maior do que a prevista pelo modelo standard (embora este ainda permita alguns ajustes). Uma outra consequência, filosoficamente mais profunda, é a de se confirmar, por um lado, a explicação (dada por Sakharov em 1967) de o Universo actual ser constituído por matéria por a anti-matéria decair mais rapidamente; e, por outro lado, se verificar directamente e a um nível fundamental, a quebra de simetria T: os bosões K ou B “envelhecem”. Será essa, afinal, a origem de toda a irreversibilidade no Universo?

**Eduardo Lage**

(Departamento de Física da Universidade do Porto)

[eslage@fc.up.pt](mailto:eslage@fc.up.pt)

#### Referências:

- Surprising asymmetry seen in kaon decays, *Science* 283 (1999) 1428.
- Accelerator gets set to explore cosmic bias, *Science* 281 (1998) 764.
- Time's broken arrow, *Nature* 396 (1998) 407
- B-meson breakthrough, *Physics World* (Jan/1999) 5.
- The lopsided Universe, *New Scientist* (6/Feb/1999) 26.
- Particle decay reveals arrow of time, *Science* 282 (1998) 602.
- Experiment sees the arrow of time - at last!, *Physics World* (Dec/ 1998) 21.

### Novos jornais europeus

A Sociedade Alemã de Física (DPG) e o Instituto de Física Britânico (IOP) lançaram o “The New Journal of Physics”, uma publicação geral de Física que é exclusivamente electrónica (<http://www.njp.org>). Os artigos são avaliados por um processo de “refereeing” semelhante ao usado em publicações em papel (embora mais rápido, pois todo o processo é electrónico), pagando os autores uma “fee” pela publicação depois da aceitação. O acesso ao jornal é livre através da Internet. Esta iniciativa europeia segue-se a uma outra promovida conjuntamente pela Sociedade Francesa de Física e a editora alemã Springer para lançar o “European Physics Journal”, que substituiu outras duas publicações, o “Zeitschrift für Physik” e o “Journal de Physique”. Uma componente do “European Physics Journal” é “on-line”: EPJ direct. Tanto o “New Journal of Physics” como o “European Physics Journal” têm planos de expansão.

### Físicos na política

O belga Philippe Busquin, novo comissário europeu para a investigação científica, é um físico. Mas há vários outros exemplos de físicos que têm seguido uma carreira política. Xavier Solana, físico espanhol da matéria condensada, depois de ser secretário-geral da NATO, ocupou o importante

lugar de responsável pelos negócios estrangeiros e assuntos de segurança da União Europeia, o “senhor PESC”. Este êxito na política de um físico contrasta com reveses políticos recentes de outros físicos, como o alemão Oskar Lafontaine, que foi Ministro das Finanças, e o português José Veiga Simão, que foi Ministro da Defesa. Lembre-se que vários outros físicos estão activos na política, como o geofísico Claude Allègre (é Ministro da Educação e Ciência em França) e o físico de altas energias José Mariano Gago, que continua como Ministro da Ciência e Tecnologia em Portugal.

### Tendências da Física

Realizou-se em Londres, de 6 a 10 de Setembro a 10ª Conferência da Sociedade Europeia de Física, intitulada “Trends of Physics”. Com um programa variado e interessante, é de destacar a conferência inaugural de “Sir” Robert May, conselheiro para a ciência do governo britânico (um físico que se tornou biólogo e que falou da importância da Física na Biologia e não só), a apresentação dos resultados da experiência AMS (Alpha Magnetic Spectrometer) pelo Prémio Nobel Samuel Ting, e a palestra do último dia pelo também Prémio Nobel Cohen-Tannoudji sobre o controlo de átomos por meio de lasers. A conferência teve como encontros-satélites o “Malvern Seminar” sobre problemas de educação em Física e o encontro da rede europeia de Departamentos de Física EUPEN no “Institute of Physics” em Londres. O Dr. Carlos Matos Ferreira, ex Secretário Geral da Sociedade Portuguesa de Física e membro da direcção do EUPEN, esteve presente nesta última reunião.

## "Ranking" de Departamentos de Física

Os "rankings" de Departamentos de Física são quase sempre injustos, distorcidos, desactualizados e enganadores. Mas são, de qualquer modo, interessantes.

A revista norte-americana "US News and World Report" classificou recentemente um grande número de escolas e departamentos nas universidades americanas. No topo dos programas de doutoramento encontram-se os seguintes Departamentos de Física, por ordem decrescente:

- 1 California Institute of Technology (5.0, nota máxima possível)
- 2 Stanford University (5.0)
- 3 Harvard University (4.9)
- 4 Massachusetts Institute of Technology (4.9)
- 5 Princeton University (4.9)
- 6 University of California–Berkeley (4.9)
- 7 Cornell University (4.7)
- 8 University of Chicago (4.7)
- 9 University of Illinois–Urbana-Champaign (4.5).

Em Física de Partículas, os departamentos no "top" são Harvard, Berkeley, Stanford, Caltech e Princeton. Em Física Nuclear são o MIT, Michigan State, Universidade de Washington, Indiana e Caltech. Em Matéria Condensada: Illinois, MIT, Stanford, Cornell e Harvard. Em Física Atómica e Molecular: MIT, Harvard, Stanford, Colorado e Michigan. Em Astrofísica/Ciências Espaciais: Caltech, Harvard, Berkeley, Princeton e Chicago. E em Ciências Não Lineares/Caos: Maryland, Texas, Cornell, Chicago e Georgia Tech. Para mais informações ver:

[www.usnews.com/usnews/edu/beyomd/bchome.htm](http://www.usnews.com/usnews/edu/beyomd/bchome.htm).

## Primeiro passo para o Nobel da Física

"Primeiro passo para o Prémio Nobel da Física" é o título de uma competição anual internacional em projectos de investigação em Física. Todos os estudantes do ensino secundário, independentemente do país, tipo de escola, sexo, nacionalidade, etc., são elegíveis para a competição. A única condição é que não tenham mais de 20 anos no dia 31 de Março de cada ano (prazo de candidatura). Não existem restrições sobre o assunto dos seus artigos, nível, metodologia, etc., que podem ser escolhidas livremente pelos participantes. Os artigos, contudo, têm de ser escritos em inglês, ter um carácter de investigação, e tratar de temas de Física ou directamente relacionados com esta. Para participar, não é necessária a autorização da escola ou autoridades educacionais.

A competição já vai na sua oitava edição (prazo: 31 de Março de 2000) e é organizada pelo Instituto de Física da Academia Polaca de Ciências, em Varsóvia. Podem ser atribuídos vários prémios "ex-aequo", que consistem num convite para uma estada de um mês no Instituto de Física de Varsóvia ou institutos que colaboram com este. As despesas de viagem não são cobertas, tendo de ser procurado apoio local. Mais informações:

Dr. W. Gorzkowski

Tel: (48) 22- 8435212

fax: (48) 22 - 8430926

"e-mail" [gorzk@ifpan.edu.pl](mailto:gorzk@ifpan.edu.pl)

<http://nobelprizes.com/firststep>

## Centro Europeu de Cálculo Atómico e Molecular

O "Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire" (CECAM), associação europeia dedicada a simulações computacionais sediada em Lyon (França), celebrou em Maio o seu 30º aniversário (ver <http://www.cecam.fr>). A "festa" constou de uma conferência de um dia com palestras sobre alguns dos avanços na área em causa durante

as últimas décadas. Merecem destaque as intervenções de Michele Parrinello, do "Max Planck Institute" (Estugarda, Alemanha), sobre dinâmica molecular a partir de primeiros princípios; de Nick Handy, da Universidade de Cambridge (Inglaterra), sobre métodos funcionais da densidade (que valeram o Prémio Nobel da Química de 1998 ao físico norte-americano Walter Kohn); e de Berni Alder, do "Lawrence Livermore Laboratory" (EUA), sobre a história das simulações moleculares.

No dia seguinte à conferência de aniversário, arrancou um grande projecto europeu sobre simulações moleculares, patrocinado pela "European Science Foundation", no qual participam cinco laboratórios portugueses. É representante nacional no projecto a Dra. Margarida Telo da Gama. Recorde-se que vários físicos portugueses solicitaram há mais de um ano ao Ministério da Ciência e Tecnologia Português a adesão ao CECAM, que é actualmente presidido pelo belga Michel Mareschal.

## Prémio Hewlett-Packard EPS

O prémio europeu Hewlett Packard Europhysics, atribuído pela Sociedade Europeia de Física, com o patrocínio da empresa Hewlett-Packard, foi atribuído a Christian Glatti (CEA, Saclay, France) e Michael Reznikov (Technion, Israel) "por desenvolverem novas técnicas para medidas de ruído em sólidos que levaram à observação experimental de portadores de uma carga fraccionária". O prémio foi recebido na conferência Trends in Physics de Londres, tendo os premiados proferido conferências sobre os trabalhos distinguidos. Note-se que o prémio europeu Hewlett Packard tem sido premonitório em muitos casos do Prémio Nobel da Física.

## Reunião bienal em Valência

Teve lugar em Valência, de 20 a 24 de Setembro de 1999, a XXVII Reunião Bienal da Real Sociedade Espanhola de Física. Como é habitual, esta conferência integrou o Encontro Ibérico para o Ensino da Física, que este ano se realizou pela nona vez, numa organização conjunta das duas sociedades ibéricas.

Ao longo dos cinco dias realizaram-se conferências plenárias (da parte da manhã) e conferências sectoriais (da parte da tarde, em sessões paralelas). Realce-se a grande qualidade das conferências plenárias, onde foram apresentados temas de actualidade por cientistas espanhóis e estrangeiros. Realizaram-se mesas redondas sobre "As grandes instalações científicas em Espanha" e "Jornalismo científico e divulgação. A Física nos mass media". No Encontro Ibérico para o Ensino da Física efectuaram-se mais duas mesas redondas sobre "A problemática do ensino da Física no ensino não-superior" e "Avaliação da qualidade do ensino da Física na universidade".

Do programa social destaca-se a visita à "Ciudad de las Artes y de las Ciencias", um conjunto arquitectónico desenhado por Santiago Calatrava e Félix Candela que alberga várias mostras científicas (ver <http://www.cac.es/>).

A Sociedade Portuguesa de Física esteve representada, no impedimento do seu Secretário-Geral, pelo Secretário-Geral Adjunto, Dr. Manuel Fiolhais.



## Participação Portuguesa na ICPS'99

No passado mês de Agosto teve lugar em Helsínquia, Finlândia, a XIV International Conference for Physics Students (ICPS'99), conferência anual da International Association of Physics Students (IAPS).

A ICPS tem desde 1986 permitido que estudantes de Física de vários países estabeleçam contacto, de forma a promover a troca de ideias e experiências a nível internacional. O programa da ICPS é constituído por sessões de debate, palestras e apresentações de trabalhos realizados nas diversas áreas da Física, quer por estudantes quer por personalidades convidadas. A organização da conferência está a cargo do país anfitrião, sendo este ainda responsável pelo alojamento dos participantes e pela organização de visitas a centros de investigação, museus e exposições de modo a dar a conhecer o país acolhedor.

Após a ocorrência do evento em Portugal por duas vezes (1992 em Lisboa e 1998 em Coimbra), desta vez coube à Universidade de Helsínquia a tarefa de acolher cerca de 280 estudantes provenientes de 37 países diferentes. Portugal tem vindo a ser representado todos os anos nesta Conferência, tendo este ano atingido o número recorde de 60 participantes, incluindo os vencedores do I Encontro Nacional de Estudantes de Física bem como os laureados com menções honrosas.

Foram também apresentadas palestras por três cientistas convidados: Cecilia Jarlskog, cuja apresentação teve como título "Particle Physics", Anton Zeilinger com "Experiment and the Foundations of Quantum Physics", e Kari Enqvist com "New Directions in Cosmology".

Do programa da conferência constavam várias visitas aos laboratórios da Universidade, bem como visitas ao Centro de Investigação da Nokia e ao Centro Tecnológico Fortum, entre outras. Houve também um vasto programa cultural, com viagens às ilhas de Helsínquia, um cruzeiro no Mar Báltico, sessões de sauna e uma recepção pela Presidente da Câmara Municipal de Helsínquia.

No fim da conferência decorreu a Assembleia Geral da IAPS, onde os vários comités locais e nacionais e os membros individuais desta associação manifestaram a sua vontade para que a Physis constituísse a Direcção da IAPS para o mandato 2000/2001.

Como vem sendo hábito, esta conferência permitiu o convívio entre vários estudantes de países diferentes num ambiente informal, e em que se pôde falar de Física, de ciência em geral e de cultura. Os contactos estabelecidos são muito proveitosos, já que permitem um intercâmbio de informação e reforçam os laços entre os participantes.

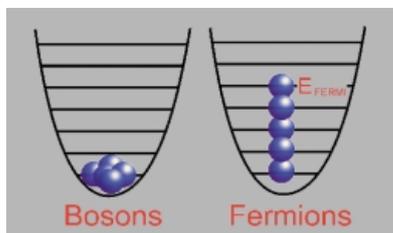
Hugo Natal da Luz

(Associação Portuguesa de Estudantes de Física, Physis)

[physis@nautilus.fis.uc.pt](mailto:physis@nautilus.fis.uc.pt)

### Gás de fermiões quase ao zero absoluto

Um gás atômico com “degenerescência de Fermi”, um gás de átomos fermiônicos (átomos compostos por um número ímpar de partículas: electrões, prótons e neutrões) que essencialmente se sobrepõem uns aos outros, foi criado pela primeira vez, prometendo obter conclusões no laboratório sobre as principais propriedades de estrelas de neutrões, hélio superfluido e todas as formas de supercondutividade. A preparação deste gás de fermiões requer as mesmas condições que a preparação de um condensado de Bose-Einstein (BEC) de átomos bosónicos, átomos compostos por um número par de partículas. Tem de se arrefecer um gás de átomos até estes exibirem propriedades ondulatórias e empacotá-los densamente até que a distância média entre os átomos seja comparável ao seu comprimento de onda de Broglie. Nesta altura, os átomos individuais tornam-se indistinguíveis. Se os átomos são bosões, então caem todos no estado de energia mais baixo (fundamental) para formar um BEC. Se os átomos são fermiões, porém, isto não acontece. O princípio de exclusão de Pauli proíbe dois fermiões de ocupar o mesmo estado. Em vez disso, os fermiões ocupam estados quânticos diferentes nos níveis de energia mais baixos, tal como a água que enche uma garrafa desde o fundo até um certo nível (ver figura).



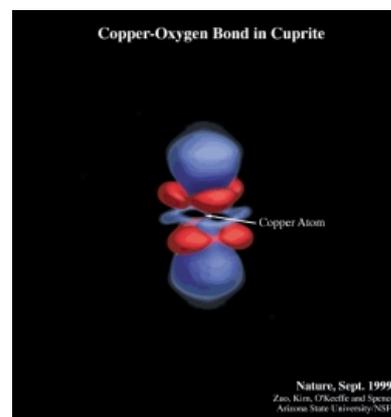
Este conjunto de átomos é chamado um “gás com degenerescência quântica”, pelo facto de as diferenças entre bosões e fermiões só se tornarem importantes neste regime de baixa temperatura e alta-densidade. Um gás

de Fermi com degenerescência quântica tem mais energia do que a prevista pela física clássica, uma vez que os fermiões têm de ocupar níveis de energias cada vez mais altos à medida que os níveis de baixo são preenchidos. A obtenção desta situação no laboratório tem-se revelado difícil uma vez que arrefecer fermiões é mais difícil do que arrefecer bosões: uma vez colocados numa “ratoeira” construída com campo magnéticos, os fermiões em estados semelhantes tendem a repelir-se uns aos outros e evitam as colisões transferidoras de energia que são necessárias para o chamado “arrefecimento por evaporação”. Para contrariar isto, investigadores em Colorado, EUA (Deborah Jin, NIST/University of Colorado) prepararam átomos de potássio-40 em dois estados diferentes de “spin”, que descreve como os átomos respondem a um campo magnético externo. As duas espécies podiam colidir uma com a outra e isso permitiu o arrefecimento por evaporação. Então, uma espécie de “spin” foi removida por um campo de rádio-frequência, deixando cerca de um milhão de átomos do outro spin para estudo.

O grupo do Colorado deduziu que a temperatura era de aproximadamente 290 nanokelvins – a temperatura mais baixa algum dia atingida para um gás de fermiões. Verificaram que a natureza fermiônica dos átomos inibia de facto dramaticamente o arrefecimento por evaporação. Isto é devido em parte à pressão de Fermi – a repulsão dos átomos na “ratoeira” – que resiste à compressão necessária para um arrefecimento por evaporação efectivo. Este sistema pode fornecer uma visão sobre o modo como os fermiões que formam anãs brancas e estrelas de neutrões permanecem a flutuar em vez de colapsar pela força da gravidade. No futuro, os investigadores esperam estudar a supercondutividade conseguindo formar pares de Cooper com os fermiões, a temperaturas ainda mais baixas do que as que agora se obtiveram. A criação de um tal “super-

fluido de Fermi” permitirá investigações das várias formas de superfluidez e supercondutividade. Outros grupos estão a procurar estes e outros estados similares com átomos fermiônicos. (DeMarco and Jin, Science, 10 / Set. / 1999 e Physical Review Focus, 24/ Mai./ 1999).

### Visualizando orbitais electrónicas



A imagem de um átomo é, de facto, a imagem dos electrões mais exteriores ou, para ser mais preciso, a imagem da probabilidade de que esses electrões estejam nos vários pontos do espaço. Para todos os electrões, excepto os mais interiores, a forma desta superfície de probabilidade (ou orbital) será não-esférica. Físicos do Arizona (EUA) obtiveram uma imagem destas orbitais pela primeira vez e mostraram que elas se parecem mesmo com os desenhos que aparecem nos livros de mecânica quântica desde há décadas. Usando uma técnica que combina difracção de raios-X e microscopia electrónica, os cientistas da Arizona State University produziram um mapa 3D das orbitais de átomos de cobre e das suas ligações com os átomos vizinhos no composto de cobre  $\text{Cu}_2\text{O}$  (ver figura). As imagens das ligações Cu-O e Cu-Cu podem fornecer uma visão sobre o mecanismo dos supercondutores a alta temperatura, onde são cruciais a posição dos electrões e lacunas (os buracos deixados por electrões).

(J. M. Zuo et al., Nature, 2 / Set. / 1999)

## Computadores quânticos fazem primeiras simulações

Até agora, os computadores quânticos tinham conseguido operações de aritmética simples e realizado buscas em pequenas bases de dados. Mas uma das primeiras aplicações, proposta em 1982 por Richard Feynman, foi que eles podiam simular processos quânticos melhor e mais eficientemente do que computadores clássicos. Demonstrando a ideia de Feynman pela primeira vez, um grupo de investigadores (David Cory, MIT, EUA) usou um computador quântico para resolver um problema simples de um curso de física. Nomeadamente, simularam um “oscilador harmónico truncado”, com a série de níveis de energia – suposta finita por simplicidade. Para simular este sistema, usaram um computador quântico de RMN (Ressonância Magnética Nuclear), um dispositivo no qual um campo magnético externo actua sobre um grupo de núcleos atómicos num líquido, sólido ou gás, de modo que o pequeno magnete associado a cada núcleo atómico esteja ou alinhado com o campo (num estado de “spin-down”, que pode ser representado por 0 em código binário) ou oposto a ele (“spin-up”, que pode ser representado por um 1). Tal como em designs anteriores, o computador RMN consiste em moléculas no estado líquido; neste caso, os investigadores manipularam todos os spins dos núcleos atómicos dentro de cada molécula. Os resultados da manipulação nos estados de energia possíveis para este sistema de dois “spins” simula exactamente os estados de energia possíveis da partícula quântica no oscilador. Passos futuros poderão incluir a modelação de um sistema do mundo real um pouco mais sofisticado – por exemplo, o electrão num átomo de hidrogénio.

(Somaroo et al., Physical Review Letters, 28 / Junho / 1999)

## Prémio Nobel da Física para os holandeses 't Hooft e Veltman

Gerard 't Hooft, da Universidade de Utrecht na Holanda ganhou o Prémio Nobel da Física de 1999 juntamente com o seu antigo supervisor Martinus Veltman, que depois de ter sido professor na Universidade de Utrecht foi professor na Universidade de Michigan (EUA) e hoje se encontra jubilado. O prémio dos dois físicos reconhece trabalho teórico no domínio da física de altas



Martinus Veltmann

energias realizado há mais de 20 anos e que se revelou de importância vital para o estabelecimento do modelo padrão das partículas. Conseguiram a chamada renormalização de teorias de invariância padrão (teorias de “gauge”) não abelianas. Refira-se que num acto premonitório, a Sociedade Europeia de Física (EPS), pouco antes do Nobel, conferiu a

energias realizado há mais de 20 anos e que se revelou de importância vital para o estabelecimento do modelo padrão das partículas. Conseguiram a chamada renormalização de teorias de invariância padrão (teorias de “gauge”) não abelianas. Refira-se que num acto premonitório, a Sociedade Europeia de Física (EPS), pouco antes do Nobel, conferiu a

't Hooft em Julho passado o High Energy Physics Prize daquela sociedade pela “seu pioneira contribuição para a renormalização de teorias de gauge não abelianas, incluindo os aspectos não perturbativos dessas teorias” O físico 't Hooft recebeu o prémio no Encontro de Física de Altas Energias da EPS realizado em

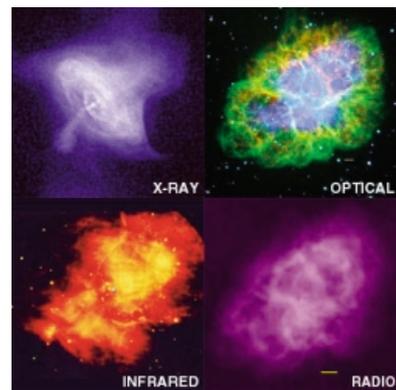


Gerhard 't Hooft

Tampere, Finland, em Julho passado. A “Gazeta de Física” conta publicar no próximo número mais informação sobre os premiados. As páginas da Academia Nobel (ver <http://www.kva.se/>) e a página pessoal de Hooft na Internet (<http://www.phys.uu.nl/~thooft/>) contêm informação suplementar. O interesse recente de Hooft são os buracos negros, havendo até na sua página uma pequena animação sobre a queda de objectos em buracos negros.

## O telescópio Chandra de raios-x

O telescópio Chandra de raios X está agora instalado numa órbita muito elíptica, onde a própria Terra, e não apenas a sua atmosfera, não pode interferir com a recepção de raios X. Designado em honra do astrofísico Subrahmanyan Chandrasekhar, o telescópio de 14 metros de comprimento é considerado um dos “grandes observatórios” da NASA. Os outros telescópios nesta classe são o Telescópio Espacial Hubble Space e o Observatório de Raios Gama Compton. O Chandra tem uma soberba resolução angular (metade de um segundo de arco, 8 vezes mais do que os telescópios de raios X anteriores), sensibilidade a objectos ténues (20 vezes melhor do que antes) e boa resolução espectral (1 eV). O objectivo



da missão é registar fenómenos violentos onde quer que eles se manifestem em comprimentos de onda de raios X: quasares, buracos negros, pulsares, supernovas e plasmas intergalácticos.

(Ver <http://www1.msfc.nasa.gov/NEWSROOM/background/facts/cxoquikk.htm>)

## NOTÍCIAS SPF

### 25 anos da SPF

Vai realizar-se na Fundação Gulbenkian, em Lisboa, em Novembro próximo um Encontro comemorativo dos 25 anos da constituição da Sociedade Portuguesa de Física (SPF). A Comissão Organizadora é constituída por Adelaide de Jesus, Augusto Barroso, Conceição Abreu, Manuel Fiolhais e Paulo Crawford.

A iniciativa (ver programa detalhado em anúncio inserido nesta mesma edição da "Gazeta") tem o patrocínio da Fundação Calouste Gulbenkian, da Fundação para a Ciência e Tecnologia e da Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento.

### Física 2000

A reunião Física 2000, 12ª Conferência Nacional de Física e 10º Encontro Ibérico para o Ensino da Física decorrerão no Casino da Figueira da Foz de 27 a 30 de Setembro de 2000. As duas iniciativas contam com o apoio do pólo local da Universidade Católica Portuguesa que, pela primeira vez, junta o seu nome às realizações da SPF. As Comissões Científica e Organizadora de cada uma daquelas reuniões encontram-se constituídas, estando para breve previstas as suas primeiras reuniões de trabalho.

### Sócios honorários da SPF

A direcção da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) decidiu propor a atribuição do título de sócios honorários a três personalidades que se destacaram pelo seu trabalho relevante em prol do estabelecimento e progresso da SPF.

A iniciativa, inserida nas comemorações do 25º aniversário da Sociedade, visa os Professores Fernando Bragança Gil, José Moreira Araújo e Lídia Salgueiro. No texto da proposta da direcção da SPF, dirigida à Assembleia Geral da SPF, destaca-se o facto de o Professor

Bragança Gil ter sido o primeiro Secretário Geral da SPF e, no desempenho dessas funções, a ele se ter ficado a dever, entre outras coisas, a instalação da Sociedade na sede que ainda hoje ocupa, assim como a iniciativa de realizar as Conferências Nacionais de Física. Posteriormente, foi Presidente da SPF no triénio 1981/83. Quanto ao Professor Moreira Araújo, foi o primeiro Presidente da Assembleia Geral da Sociedade, cargo a que renunciaria por ter sido eleito Presidente da Delegação Regional Norte. Nessa qualidade foi o primeiro grande impulsor da Sociedade nessa região. Posteriormente foi editor da "Portugaliae Physica" e Presidente da SPF no triénio 1984/86. Representou a Sociedade em várias reuniões no estrangeiro e, em particular, negociou a participação da SPF no lançamento da nova revista "European Physics Letters".

Finalmente, a Professora Lídia Salgueiro foi também sócia fundadora da SPF e pertenceu ao grupo dos físicos que, em 1947, iniciaram a publicação da "Gazeta de Física". Durante vários anos manteve com grande dificuldade a publicação regular desta revista e, em 1975, após a fundação da Sociedade cedeu-a, a título gracioso, à SPF.

A proposta foi aprovada na Assembleia Geral da SPF realizada em Setembro último.

### Eleição para a IUC

A Drª Maria Arménia Carrondo, do ITQB, delegada da Sociedade Portuguesa de Física na International Union of Crystallography, foi eleita para a respectiva comissão executiva.

Veja <http://spf.pt>

## SPF DELEGAÇÕES

### CENTRO

#### Palestras na Delegação Regional do Centro

A Drª Alexandra Pais, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, vai falar em Janeiro de 2000 nesse Departamento sobre "Campo Magnético Terrestre e Geofísica Interna". (Ver [http://www.nautilus.fis.uc.pt/~spf/palestras\\_1999-2000.html](http://www.nautilus.fis.uc.pt/~spf/palestras_1999-2000.html))

No Departamento de Física da Universidade de Aveiro, o Dr. Jaime Carvalho e Silva falou em Outubro sobre "A difícil relação entre os programas de Matemática e os programas de Física no ensino secundário".

### SUL E ILHAS

#### Palestras no Museu da Ciência

Organizadas pela SPF, decorreram no Museu da Ciência da Universidade de Lisboa diversas palestras durante a apresentação ao público da exposição do CERN " $E=mc^2$  – quando a energia se transforma em matéria":

- Filipe Duarte Santos (FCUL), "A Descoberta de Planetas Extrasolares", 8 de Julho.
- António Fonseca (FCUL), "Física Nuclear para o Começo do Milénio", 10 de Julho.
- Augusto Barroso (FCUL), "O Mundo sub-nuclear: leptões e quarks", 17 de Julho.
- José Sande Lemos (IST), "Buracos Negros", 22 de Julho.
- António Vallera (FCUL), "Partículas de um outro Universo: os Semicondutores", 24 de Julho.
- Paulo Crawford (FCUL), "A Expansão do Universo", 29 de Julho.
- Jorge Dias de Deus (IST), "Unificação Final da Física", 31 de Julho.

## Projectos Ciência Viva

Alguns dos projectos “Ciência Viva” (Av. Combatentes, 43-A, 10º B, 1600 Lisboa, Tel. 21 7270228, Fax. 21 7220265, [ciencia@ucv.mct.pt](mailto:ciencia@ucv.mct.pt) e <http://www.ucv.mct.pt>), financiados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, situam-se na área das Ciências Físico-Químicas. Eis os resumos de alguns dos projectos sobre os quais nos chegou informação.

### Novo Centro “Ciência Viva” em Vila do Conde

Na antiga Cadeia de Vila do Conde foi inaugurado um novo Centro “Ciência Viva”. Abriu com a exposição a “Dinâmica da Água”, que esteve patente na Expo 98 em Lisboa. Os centros “Ciência Viva” são unidades para a aprendizagem informal e interactiva da ciência, existindo já em Vila da Feira (Visionário), Coimbra (Exploratório), Lisboa (Pavilhão do Conhecimento) e Faro, entre outros. No Centro Ciência Viva de Faro foi inaugurada uma nova sala destinada a actividades experimentais, o Experimentarium.

### Aprovado “Experimenta” em Leiria

A Sociedade Portuguesa de Física, Delegação Regional do Centro, viu aprovado em Setembro pelo programa “Ciência Viva” o seu projecto “Experimenta, Laboratório de Ciências Físicas”, que visa instalar, gerir e explorar um laboratório moderno de ciências físicas na Escola Secundária Domingos Sequeira, em Leiria. O projecto tem o apoio da Câmara Municipal de Leiria e deverá em breve começar a ser concretizado. Prevê-se que, para além dos alunos das escolas secundárias, seu “público-alvo” preferencial, o “Experimenta” venha a constituir um núcleo a partir do qual se promovam acções de divulgação da cultura científica destinadas a toda a população da área de Leiria e, mais em geral, da região Centro. Contacto: Rui Ferreira Marques, e-mail: [rui@lipc.fis.uc.pt](mailto:rui@lipc.fis.uc.pt)

### “Ciência em Acção” em Coimbra

As actividades do projecto “Física em Acção” (do programa “Ciência Viva” e da responsabilidade da SPF) e do subprojecto “Ciência Interactiva” (do programa “Nónio século XXI”) da Escola Secundária Infanta D. Maria, Coimbra, fundiram-se num projecto a nível de escola, “Ciência em Acção”, que funcionou no ano lectivo de 1998/99. O projecto desenvolveu, com professores e alunos, trabalho laboratorial que incluiu aquisição de dados por computador utilizando equipamento adquirido pelos projectos (sensores e interface “Pasco” geridos pelo “software” “Science Workshop”).

As actividades com professores foram as seguintes:

- selecção de experiências integradas nos programas dos 10º, 11º e 12º anos, a realizar pelos alunos;
- adaptação de actividades descritas nos manuais de experiências, e outras, com elaboração de guiões;
- concepção de novas experiências.

Quanto às actividades com alunos, foram realizadas diversas actividades experimentais contempladas nos programas curriculares em aulas dos 11º (duas turmas) e do 12º (duas turmas) anos com os novos equipamentos e o apoio dos professores responsáveis pelo projecto.

Fora da sala de aula, foi aberto aos alunos o espaço reservado ao projecto, permitindo a participação regular de alunos do 11º ano. Aderiram oito alunos que, divididos em dois grupos de trabalho, executaram semanalmente actividades laboratoriais sob a orientação de uma professora.

Ainda no âmbito do projecto, foram realizadas visitas de estudo ao Exploratório Infante D. Henrique com alunos do 11º e 12º anos.

## O que dizem os físicos

### José Mariano Gago (Março/1999)

“Portugal continua ainda muito abaixo dos níveis razoáveis em termos europeia no sector da ciência e tecnologia (...) O salto só pode ser dado se se mantiver, nos próximos 10 anos, uma política de apoio sistemático aos investigadores e aos centros de investigação e se o sistema permitir a ascensão aos lugares de chefia de quadros jovens e com capacidade de liderança”.

### José Emílio Ribeiro e Jorge Dias de Deus (Maio/1999)

“A produção científica nacional continua anormalmente baixa – dados do Science Citation Index e CIA revelam que Portugal, em contraste com a Irlanda, produz três vezes menos do que seria de esperar para o seu PIB – e a inovação, medida por patentes, não se afasta do nível zero. Houve certa animação interna, com avaliações internacionais atribuindo estrelas aos centros de investigação – estilo Guia Michelin – mas, no essencial, não se alterou nada. As avaliações, em alguns casos (relembrar debates da época) não se revelaram prestigiantes.”

A Secção “Olimpíadas de Física” é coordenada por José António Paixão e Manuel Fiolhais.

O contacto com os coordenadores poderá ser feito para:

Departamento de Física,  
Universidade de Coimbra,  
3000 Coimbra;

ou pelos telefones  
239-410645, 410615,  
fax 239-829158

ou “e-mails”

[jap@pollux.fis.uc.pt](mailto:jap@pollux.fis.uc.pt) e  
[tmanuel@teor.fis.uc.pt](mailto:tmanuel@teor.fis.uc.pt)

### Olimpíadas Nacionais 1999

Decorreram no passado dia 26 de Junho, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, as Olimpíadas Nacionais de Física. Nesta prova concorreram as três equipas do escalão A vencedoras da etapa regional e no escalão B os oito melhores classificados nesta etapa, em cada região.

Na prova teórica do escalão A foi proposto um problema sobre um instrumento de precisão e, na parte experimental, investigou-se o custo energético de aquecer e evaporar uma certa quantidade de água. A prova teórica do escalão B desenvolveu-se em torno de uma questão de mecânica de corpos celestes e, na prova experimental, os alunos mediram a distância entre duas espiras consecutivas de um CD, que funcionou como rede de difracção de um laser. Os enunciados de todas as provas estão disponíveis através da Internet ([spf.pt/dsul/olimpiadas.html](http://spf.pt/dsul/olimpiadas.html)).

Durante a realização das provas, o Dr. António Vallera, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), proferiu uma conferência para os professores acompanhantes sobre “Colaboração Universidade-Escolas no desenvolvimento de experiências de

Física”, seguida de visita ao Laboratório onde foram apresentados alguns trabalhos experimentais realizados por alunos do Mestrado em Física para o ensino da FCUL. Da parte da tarde, durante a correcção das provas, foi organizada uma visita à exposição do CERN “ $E=mc^2$  – quando a energia se transforma em matéria”, no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa.

A equipa vencedora do escalão A foi a da Escola Secundária Quinta do Marquês (Oeiras), constituída pelos seguintes elementos: Catarina Miguel Martins, Liliana Patrícia da Silva e Pedro Miguel Leal.

Os vencedores do escalão B foram, por ordem de classificação: 1- Ricardo Miguel Paiva, Esc. Sec. Camões, Lisboa, 2- João Eduardo Gouveia, Esc. Sec. José Falcão, Coimbra, 3- Pedro Tiago Batista, Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho, Lisboa, 4- Fernando José Abegão, Esc. Sec. Gabriel Pereira, Évora, 5- Marta Maria Varela, Esc. Sec. do Lumiar, Lisboa, e José Pedro Farinha, Esc. Sec. Jaime Moniz, Funchal (ex-æquo); 7- Pedro Miguel Caldes, Esc. Sec. Gabriel Pereira, Évora, 8- Ângelo Gabriel Cardoso, Esc. Sec. Bernardino Machado, Figueira da Foz.

Os vencedores do escalão B e ainda os 9º e 10º classificados, João Vide Barbosa (Esc. Sec. António Sérgio, V. N. de Gaia) e André Nuno Carvalho Souto (Esc. Sec. Infante D. Henrique, Porto), encontram-se pré-seleccionados para integrar a equipa olímpica que irá participar nas competições internacionais do próximo ano, a IPhO-2000 que decorrerá em Leicester (Reino Unido) e as Olimpíadas Ibero-Americanas de Física, que terão lugar em Jaca (Espanha) e onde Portugal irá participar pela primeira vez. Esta “selecção olímpica” terá, à semelhança dos anos anteriores, uma preparação que decorrerá durante o próximo ano lectivo, e que conta com a colaboração de professores da Universidade de Coimbra e dos professores orientadores dos alunos, a designar pelas escolas onde os alunos frequentarão o 12º ano. Esta preparação tem em vista cobrir

assuntos do programa das Olimpíadas Internacionais de Física que não fazem parte dos currículos do ensino secundário português.

### Menção honrosa na XXX Olimpíada Internacional de Física

A Olimpíada Internacional de Física (IPhO) de 1999 decorreu na cidade italiana de Pádua de 18 a 27 de Julho de 1999. Estiveram presentes estudantes de 62 países de todo o mundo e observadores de três países (entre os quais o Brasil). A representação portuguesa foi constituída pelos alunos do 12º ano Rui Bebiano (Esc. Sec. Herculano Carvalho, Lisboa), Rui Meleiro (Esc. Sec. Emídio Navarro, Viseu), João Cardeiro (Esc. Sec. D. Pedro V, Lisboa), Pedro Miranda (Esc. Sec. José Sara-mago, Lisboa) e José Miguel Santos (Esc. Sec. Latino Coelho, Lamego),



A equipa olímpica portuguesa

e ainda pelos “team-leaders” José António Paixão e Manuel Fiolhais. Rui Bebiano obteve uma menção honrosa, sendo esta a primeira vez que um estudante português é premiado numa Olimpíada Internacional de Física.

A prova teórica foi constituída por três problemas: o primeiro tratava um assunto de Termodinâmica, com alguns afloramentos de Física Moderna; o segundo, de Electromagnetismo, andou em torno do campo de indução magnética criado por um fio infinito, dobrado em V, percorrido por uma

corrente estacionária; na terceira questão pedia-se para analisar o movimento de um satélite enviado ao planeta Júpiter e envolvia, sobretudo, conhecimentos sobre o movimento de uma partícula num campo de forças central.

Na questão experimental estudava-se um pêndulo de torsão de momento de inércia variável. Contamos apresentar na Internet, na página da SPF, os enunciados de todas as questões bem como de propostas de resolução (todos os textos em português).

O facto de este ano a IPhO se realizar mais tarde do que o habitual tornou possível propiciar aos nossos estudantes uma preparação suplementar de quatro dias antes da partida para Itália e já depois de terem realizados os exames do 12º ano. Uma tal preparação intensiva é absolutamente necessária, já que as matérias sobre as quais incide a prova olímpica vai muito para além do programa de Física do ensino secundário. Em anos anteriores esta preparação decorreu antes ou, por vezes, durante o período de exames, o que lhe retirou eficácia. Este ano, o próprio calendário terá contribuído para uma melhoria significativa nos resultados dos nossos estudantes, sendo certo que o principal mérito dessa melhoria vai sobretudo para o esforço desenvolvido ao longo do ano pelos próprios alunos, mas também para o trabalho empenhado dos professores orientadores e para a escola que apoiou cada um dos alunos, e para os docentes do Departamento de Física da Universidade de Coimbra (Adriano Lima, Pedro Alberto, Lucília Brito, Francisco Gil, Décio Martins) que colaboraram com os “team leaders” na preparação suplementar.

Registe-se ainda que Rui Meleiro ficou a 0,8 ponto (em 50) da menção honrosa e João Carneiro e Pedro Miranda a dois pontos.

O vencedor absoluto da XXX IPhO foi um estudante russo.

A organização da IPhO promoveu visitas a locais de interesse turístico, entre os quais Veneza, e aos Laboratórios Nacionais de Legnaro. Aí pudémos observar, entre outros, os equipamentos utilizados nas experiências de detecção de ondas gravitacionais.

Na cerimónia de encerramento, que contou com a presença do prémio Nobel italiano Carlo Rubia, foi oficialmente anunciado que a XXXI IPhO decorrerá em Leicester (Reino Unido), em Julho de 2000.

### Olimpíadas Ibero-Americanas de Física

Teve lugar de 20 a 24 de Setembro em Ochomogo (Costa Rica) a IV Olimpíada Ibero-Americana de Física onde Portugal participou, pela primeira vez, com o estatuto de observador. Esta competição, cujas edições anteriores tiveram como países anfitriões a Colômbia, a Venezuela e o México, pretende promover a Física entre os jovens da América Latina, Portugal e Espanha e estreitar a cooperação entre estes países no domínio da divulgação e ensino da Física.

Participaram este ano na competição 13 países de um total de 22 que formam a comunidade de países ibero-americanos. A representação de Portugal ficou a cargo do Dr. José António Paixão.

Tal como na IPhO, há duas provas – uma de índole teórica e outra experimental. O programa de Física também é idêntico ao da IPhO, mas as questões apresentadas nas Olimpíadas Ibero-Americanas têm, geralmente, um grau de dificuldade menor.

Nas Olimpíadas Ibero-Americanas podem participar alunos do ensino secundário, sendo a idade máxima dos estudantes de 18 anos. A competição é individual, sendo cada país representado por uma equipa de, no máximo, quatro estudantes.

O vencedor da competição deste ano foi um estudante argentino que obteve

uma classificação de 41,5 num total de 50 pontos. Este estudante obteve também a melhor classificação na prova experimental. A melhor prova teórica foi realizada por um estudante espanhol.

No ano 2000 a competição terá lugar em Jaca (Espanha), estando prevista, como já se referiu, a participação de Portugal com uma equipa de quatro elementos, a seleccionar por entre os estudantes apurados nas Olimpíadas de Física de 1999.



Rui Bebiano que obteve uma menção honrosa na XXX IPhO



Eclipse do Sol de 11 de Agosto de 1999

## O guia dos eclipses

Num pequeno volume de 140 páginas, editado pela Gradiva, quatro conhecidos astrónomos amadores expõem, de forma clara e muito acessível, o essencial sobre os eclipses. A experiência dos autores e a fluência da escrita fazem da leitura de “Eclipses” um verdadeiro prazer. Trata-se de um guia prático para a observação e fotografia dos eclipses, acessível a qualquer pessoa, que cumpre plenamente os objectivos propostos na nota introdutória.

A equipa de autores aproveita bem a sinergia resultante de diferentes experiências. Nuno Crato é professor de Matemática e Estatística no “New Jersey Institute of Technology”, nos EUA, e escreve regularmente sobre ciência no jornal “Expresso”. António Magalhães, médico oftalmologista, foi presidente da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores (APAA) e é um observador activo. António Cidadão, professor da Faculdade de Medicina de Lisboa e membro da APAA, dedica-se há vários anos à astrofotografia de objectos do Sistema Solar. Pedro Ré, actual presidente da APAA, é biólogo marinho e interessa-se pela fotografia de objectos do céu profundo há mais de duas décadas. As páginas que os dois últimos autores têm na Internet mostram bem o nível dos seus trabalhos, que têm projecção internacional e mereceram publicação em revistas como a “Sky & Telescope”, a “Astronomy” e outras. Todas as fotografias que ilustram o livro, incluindo as da capa, são destes dois autores, acompanhadas por desenhos claros e elucidativos de Sérgio Magalhães.

Prefaciada por Manuel Nunes Marques, Director do Observatório Astronómico de Lisboa, a obra está organizada em oito capítulos. Começa por descrever os eclipses através da história, mencionando algumas peripécias curiosas, seguindo-se uma abordagem simples da mecânica destes fenómenos e das condições para a sua ocorrência. Nos eclipses do Sol dá-se especial destaque à protecção dos olhos, “equipamento” insubstituível dos observadores, indicando as precauções a ter, a escolha de filtros adequados e os vários métodos de observação; no caso dos eclipses da Lua, que não

exigem qualquer protecção ocular, descrevem-se os seus vários momentos e a respectiva observação com binóculos comuns. Há um capítulo dedicado à fotografia de eclipses que contém numerosos conselhos práticos e tabelas, mostrando que fotografar um eclipse é mais fácil do que parece.

A única parte “desactualizável” desta obra é o capítulo 6, que trata especificamente do eclipse que ocorreu em 11 de Agosto último. Mas a obra manterá a sua utilidade, pois continuará a haver eclipses, como é óbvio, e este livro menciona (no capítulo 7) todos os que vão ocorrer até ao ano 2010, sem esquecer os locais de onde serão visíveis e as correspondentes magnitudes.

A obra termina com uma secção de informações úteis, incluindo endereços na Internet para os leitores que queiram saber mais, além da correspondente bibliografia com indicações explícitas de leitura. Como bónus o leitor encontrará uns óculos seguros para observação dos eclipses do Sol a olho nu e uma cartolina negra perfurada para a projecção da imagem do Sol numa cartolina branca, também incluída. O facto de o Ministério da Ciência e da Tecnologia ter subsidiado esta obra permitiu um preço de capa extremamente atractivo (1000\$00).

A obra perfeita não existe e um livro sem gralhas também não. Depois de ter sido criticado pelas gralhas que havia na primeira edição dos “Principia Mathematica”, Newton retorquiu que, depois de os seus detractores as terem apontado, ele próprio tinha encontrado mais de duzentas. Porém, “Eclipses” é uma obra quase sem gralhas, e quem nunca as cometeu que atire a primeira pedra. A definição de dioptria (p. 47) e algumas imprecisões nas figuras das pp. 49 e 103 serão certamente corrigidas em próximas edições. A indicação de alguns acidentes da topografia lunar (p. 73) para referir a evolução dos eclipses da Lua seria valorizada com um mapa simples que ajudasse o leitor menos conhecedor a identificar esses mesmos acidentes.

Estes reparos ligeiros não desmerecem de modo algum brilho da obra e a sua clara utilidade. É indiscutivelmente um bom livro, indispensável na biblioteca pessoal de todos os que se interessam por estes fenómenos.

Guilherme de Almeida  
Colégio Militar, Lisboa

“Eclipses”  
Nuno Crato, António Magalhães,  
António Cidadão e Pedro Ré  
Gradiva, Lisboa, 1999

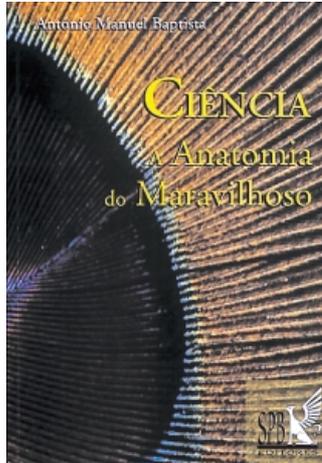
## Ciência: uma designação imprópria

O professor de Física e divulgador científico Dr. António Manuel Baptista (muitos recordam os seus programas na televisão e na rádio!) reuniu em “Ciência na Crista das Ondas” (SPB Editores, Lisboa, 1994) e neste volume mais recente (saído do mesmo prelo) muitos dos seus textos sobre ciência, sempre bem informados e escritos, aqui e ali polémicos. Para dar um “sabor” do conteúdo, trancrevemos, com a devida vénia, um extracto do último capítulo, “Ciência, um nome impróprio para filosofia experimental”:

“(…) O autor não se sente feliz por William Whewell ter criado a palavra cientista para qualificar o praticante de uma actividade que todos pareciam aceitar se chamasse Ciência (...). Bem melhor teria sido adoptar a designação, que tão bem Newton justificou, e que foi anunciada por Francis Bacon, de Filosofia Experimental. Com efeito, muitos dos desencontros, que levam até a acrimoniosas discussões, gravitam em torno da ambiguidade do significado da palavra Ciência com uma ganga milenária profundamente incrustada. Permito-me assim sugerir uma prova que julgo pelo menos servir para acertar agulhas nesta navegação entre palavras que é qualquer discurso. Consiste, onde se encontrem as palavras Ciência ou Cientista, na sua substituição por Filosofia Experimental e Filósofo Experimental, respectivamente. O efeito, por vezes, é quase mágico e, outras vezes, introduz uma pausa reflexiva de que só pode beneficiar a consistência do discurso.

Muitos autores gravíssimos, como diria António Vieira, entre eles eminentes matemáticos, falam de ciência matemática. Mas quando assim for leíamos ou escutemos filosofia experimental matemática e talvez já não pareça tão estranho porque defendemos que a Matemática (não estamos a referir a Matemática Aplicada, claro) não é uma ciência. Fazemos a prova mais vezes: quando se falar em ciência política ou ciência social ouçamos filosofia experimental, política ou filosofia experimental social; em vez de ciência linguística, filosofia experimental linguística; em vez de psicologia científica, filosofia experimental psicológica, etc. O que nos pareceria se ouvíssemos referir o cientista Sigmund Freud como o filósofo experimental Sigmund Freud? Mesmo quando dizemos filosofia da Ciência deveríamos ter presente que nos estamos a referir a filosofia da Filosofia Experimental. Se alguns se atrevem mesmo a falar de ciência metafísica, se ouvíssemos falar de filosofia experimental metafísica, todos estremeceíamos, principalmente, acreditamos, os metafísicos... Não estamos, nos exemplos indicados (por exemplo, quando falámos de psicologia científica), que se poderiam multiplicar, a propor o teste como absolutamente negando qualquer carácter científico à actividade referida mas a indicar que possivelmente muito do que se lhe refere como “científico” não tem jus a este adjectivo. E já não falamos da astrologia científica, ou parapsicologia científica, ou de quaisquer outras perversões e abusos insultantes.”

C. F.



“Ciência, a Anatomia do Maravilhoso”

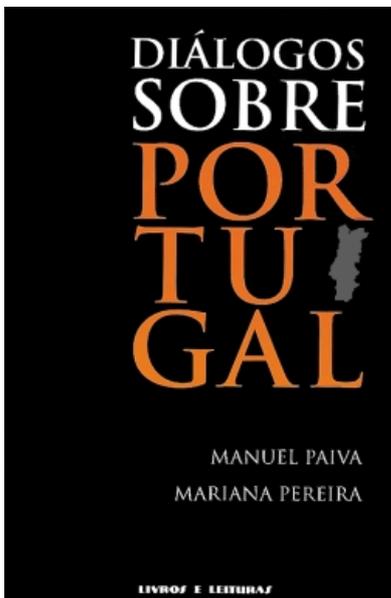
António Manuel Baptista  
SPB Editores, Lisboa, 1998

### Obras editadas

A partir deste número procederemos à menção, sem prejuízo de eventuais notas críticas mais desenvolvidas a publicar posteriormente, dos livros editados que chegarem à redacção da “Gazeta de Física”.

Eis uma selecção de obras de Física e de Ciência em geral publicadas desde 1998:

- “Perfil da Investigação Científica em Portugal”, Ministério da Ciência e Tecnologia, Fundação para a Ciência e Tecnologia”, Carlos Matos Ferreira (Coord.), Observatório das Ciências e Tecnologias, 1998.
- “Introdução à Relatividade Restrita”, João Manuel Resina Rodrigues, IST Press, 1998.
- “Por que não são Negros os Buracos Negros”, Robert M. Hazen e Maxine Singer, Dinalivro, 1998.
- “Fé de Físico!”, Louis Leprince-Ringuet, Gráfica de Coimbra, 1998.
- “Visões”, Michio Kaku, Bizâncio, 1998.
- “O Universo de Carl Sagan”, Yervant Terzian e Elisabeth Bilson, Universidade de Aveiro/Gradiva, 1998.
- “Imposturas Intelectuais”, Alan Sokal e Jean Bricmont, Gradiva, 1999.
- “Perguntem ao Tio Alberto”, Russell Stannard, Edições 70, 1999.
- “A Natureza e os Gregos e Ciência e Humanismo”, Erwin Schroedinger, Edições 70, 1999.
- “Respostas da Ciência”, John Brockman e Katinka Matson, Círculo de Leitores, 1999.



### Dois olhares sobre o nosso país

Tudo pode acontecer quando dois físicos se encontram, e sobretudo quando a distância geográfica e os referenciais geracionais e culturais são tão vincadamente distintos. E o resultado desse encontro pode ser, por exemplo, um livro. Este livro.

Manuel Paiva é professor na Universidade de Bruxelas, Bélgica, há mais de 30 anos. Mariana Pereira prepara o doutoramento em Filadélfia, EUA. Quis o acaso que os respectivos percursos se cruzassem algures em terras portuguesas. E assim surgiram estes diálogos, desdobrados e traduzidos em inúmeros olhares específicos sobre aspectos distintos da condição de ser português. Constituem igualmente uma reflexão cruzada sobre experiências, vivências, sentidos e emoções pessoais, expressos numa linguagem directa e despojada, que sensibilizou Macário Correia, presidente da Câmara de Tavira, autor do prefácio da obra.

De entre as inúmeras e sugestivas reflexões que são objecto de comunhão entre os dois autores, permitimo-nos seleccionar duas.

“– Mas qual é a contradição em ser bom comerciante e bom cientista?

– Em geral, o comerciante procura o benefício imediato. O cientista vê as coisas numa perspectiva a longo prazo.

Com a evolução tecnológica actual, as duas coisas vão ficar necessariamente associadas. Na Europa, os novos produtos serão cada vez mais ligados à tecnologia e, sem ela, os comerciantes deixarão de ter que vender”.

E mais adiante:

“Cada vez estou mais convencido que a existência mesmo da nossa espécie vai depender da capacidade dos jovens das próximas gerações para resolver os problemas gigantescos com os quais vão estar confrontados. São aqueles que vão agora para a escola primária que deverão corrigir os erros feitos pelas gerações anteriores. A utilização do método científico será indispensável. É por isso que penso que o ensino das Ciências e, em particular, o da Física, terá que ser revisto. É preciso encorajar a cultura científica desde pequenino”.

C. P.

### “Diálogos sobre Portugal”

Manuel Paiva e Mariana Pereira

Livros e Leituras, Lisboa, 1998



### SETI procura extraterrestres

O programa SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) pediu a ajuda de 100 000 voluntários para analisar sinais que confirmem (ou não) que há vida nos outros planetas. O programa que realiza o trabalho é cedido gratuitamente pelo SETI, via Internet, e põe-se automaticamente em funcionamento quando o colaborador tem o seu computador pessoal em “stand by” (tal qual um “screen saver”). A resposta excedeu as expectativas: actualmente mais de 400 000 utilizadores ajudam o projecto, dos quais cerca de 5000 em Portugal.

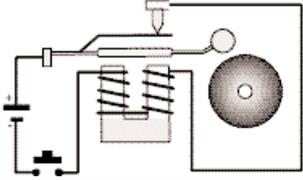
Ver <http://www.seti.planetary.org> ou <http://setiathome.ssl.berkeley.edu>




VIDROS E EQUIPAMENTOS, LDA.

Telefs.: 21 9588450/1/2/3/4    Telefax 351 21 9588455  
Rua Soeiro Pereira Gomes; 15 - R/C Frente  
BOM SUCESSO - 2615 ALVERCA  
PORTUGAL

## MATERIAL DIDÁCTICO



FÍSICA

# Promoções e Concursos



*Augusto Barroso\**

As universidades em Portugal gozam de autonomia consagrada na Constituição da República. Contudo, a esta solenidade no plano dos princípios corresponde uma prática pouco autónoma. Desde logo, o acto mais importante da vida da universidade, a escolha dos seus professores, está balizado por um diploma legal, designado por estatuto da carreira docente, negociado entre o Estado e os sindicatos sem que a instituição universidade tivesse tido qualquer interferência. Apesar da tradição, não estou convencido de que terá de ser sempre assim. Antes pelo contrário: a realidade muda-se. Por isso, é tempo de abrir um debate sobre estes assuntos. É o que vou procurar fazer aqui.

Pelo menos no âmbito dos maiores departamentos de Física das nossas universidades, é um dado adquirido, que a contratação se faz, pelo menos, para o lugar de professor auxiliar. Está assim definitivamente afastado, salvo em condições excepcionais que podemos considerar em vias de extinção, a contratação de assistentes para funções docentes. Por esta via, fica assim resolvido o problema da passagem automática dos assistentes a professores auxiliares. Falta agora abordar de uma forma cientificamente correcta, isto é, de uma forma que garanta a defesa dos interesses da instituição universitária, a permanência na carreira e a promoção. Quanto à permanência na carreira, designada habitualmente por nomeação definitiva, o sistema vigente deveria ser revisto. Actualmente, após um primeiro quinquénio como professor auxiliar, o professor elabora um relatório sobre a sua actividade que submete à apreciação do conselho científico da sua faculdade. Este órgão nomeia dois professores para efectuarem um parecer sobre o relatório que é depois votado por todos os professores. Infelizmente, esta democraticidade está na origem de uma grande irresponsabilidade. Diria mesmo que a irresponsabilidade cresce na razão directa do número de votantes, já que na sua maioria não tem nem competência científica na área do candidato nem interesse directo no resultado da apreciação. Talvez fosse razoável encurtar o período probatório de cinco para três anos e transferir a decisão para um júri de cinco a sete membros nomeados pelo conselho científico.

## Perder os melhores

Quanto à progressão na carreira, ela é actualmente efectuada por concurso público para professor associado e para professor catedrático, abertos sempre que exista uma vaga nos respectivos quadros. Acresce ainda que, para concorrer a catedrático, se exige que o candidato

esteja habilitado com o título académico de agregado. Concordo com esta exigência e também concordo com quadros com um número de lugares pré-determinado. As chamadas carreiras circulares são incompatíveis com uma carreira cuja hierarquia deve corresponder a níveis progressivamente mais exigentes de competência científica. Pelo contrário, esta exigência progressiva implica uma carreira em pirâmide, como forma de garantir uma saudável competição entre vários candidatos.

Contudo, estou em desacordo com a prática actual porque ela não permite uma distinção entre promoção dos professores de um determinado departamento e recrutamento de novos professores. Quanto ao recrutamento, ele deveria ser efectuado por concurso aberto exclusivamente a candidatos exteriores ao departamento. Estes concursos poderiam ser abertos para qualquer das três categorias de professores e corresponderiam à implementação da política de desenvolvimento do departamento. Se é necessário um professor para reforçar ou iniciar uma dada área, então deve procurar-se contratar o melhor candidato que se consiga atrair. Este candidato deverá vir do exterior, já que a promoção a uma posição mais elevada na hierarquia de um professor já existente no departamento não introduzirá, obviamente, qualquer alteração qualitativa no departamento.

Por outro lado, parece-me imprescindível que, na universidade, também exista uma política de promoção do seu pessoal docente. Em qualquer instituição, uma política de gestão de recursos humanos passa pela implementação de um esquema de promoções que premeie os melhores. Sem este esquema, a instituição arrisca-se a perder os seus melhores quadros ou, pior ainda, arrisca-se a que se instale um clima que não incentive o esforço e a iniciativa. Tal é ainda mais grave em instituições, como são presentemente as universidades portuguesas, onde a política de remunerações está ligada à função e não ao desempenho.

## Proposta "delicada"

Como fazer então as promoções? Atribuir a sua competência a um júri formado por todos os professores catedráticos de um determinado departamento mais outros professores catedráticos ou especialistas exteriores

em número igual a pelo menos 50 por cento dos membros internos ao departamento.

É claro que, existindo esta dicotomia entre concurso e promoção, falta saber em que condições se poderia optar por uma ou por outra modalidade em caso de ocorrência de uma vaga. Estou consciente que este seria o ponto mais delicado da alteração que defendo. Por um lado, é preciso assegurar que as universidades se renovem e que esta renovação se faça com uma percentagem de elementos vindos do exterior. Por outro lado, é necessário garantir que a carreira seja suficientemente dinâmica para ser estimulante. Acresce que, entre nós, o corpo docente das universidades já sofre de uma excessiva falta de mobilidade. Há, portanto, que ser cauteloso e não introduzir medidas que venham reforçar este “inbreeding”. Um esquema possível seria exigir que, em cada quatro vagas de associado, uma fosse obrigatoriamente posta a concurso exterior e que, em cada três vagas de catedrático, uma fosse obrigatoriamente preenchida por concurso externo.

Não tenho a pretensão nem de ter encontrado a solução única para este problema nem sequer de ter esgotado a análise das suas várias implicações. O que pretendo é iniciar nestas páginas o debate deste assunto. Já o vi debatido, em privado, várias vezes e algumas das teses que apresentei já foram defendidas por outros colegas. Têm agora a palavra.

A Sociedade Portuguesa de Física também deve ser um fórum onde estes assuntos profissionais são abordados. Evidentemente, as opiniões expressas são pessoais e não comprometem a direcção da sociedade.

\*Departamento de Física da Universidade de Lisboa  
[barroso@alf1.cii.fc.ul.pt](mailto:barroso@alf1.cii.fc.ul.pt)

(Subtítulos da responsabilidade da redacção)

#### Errata

A data mencionada na capa da última “Gazeta” saiu errada, pois a edição em causa corresponde ao trimestre Abril-Junho e não ao período Julho-Agosto. Na página 24, em vez de Hélder Coelho deve ser Hélder Crespo. Na página 25, nas notícias da Física em Portugal, está incorrecto o nome do padrinho no doutoramento “honoris causa” de Johannes Los. Trata-se do Dr. Augusto Moutinho, da Universidade Nova de Lisboa, e não Augusto Miranda.

Na página 26, o endereço de “Ciência a Brincar” (e não “Ciência e Brincar”) é <http://nautilus.fis.uc.pt/~spf/projectos.html>.

Também na página 34, o endereço electrónico de Manuel Fiolhais é [tmanuel@teor.fis.uc.pt](mailto:tmanuel@teor.fis.uc.pt), e não o que o foi publicado.

## Lufada de ar fresco

Acabo de receber o último número da Gazeta de Física (Vol. 22, Fasc. 2), que muito apreciei. Só de folhear a revista, senti vontade de dizer que gostei francamente do novo figurino. O conteúdo vem na linha da qualidade anterior, mas há assinaláveis acrescentos de informação e um sentido de humor que registo e saúdo. Parabéns por esta lufada de ar fresco. Que não vos esmoreçam o entusiasmo e o dinamismo revelados.

Um outro facto que muito me agradou, afectivamente, foi verificar que os 25 anos da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) não foram esquecidos, e vão mesmo ser comemorados com uma conferência nacional. Foi praticado até o acto de justiça de lembrar os nomes dos colegas que integraram os primeiros corpos gerentes nacionais (triénio 1995-1978), o que é digno de realce, sabendo-se como se sabe que a memória dos homens nem sempre é dada ao cultivo saudável do passado.

Neste aspecto, porém, afigura-se-me ter havido uma falha. A páginas 4 e 32 é mencionada a comissão organizadora da Sociedade Portuguesa de Física (comissão pró-SPF) — ao assinalar-se o acto fundador que foi a assinatura da escritura de constituição da Sociedade em 24 de Abril de 1974 —, mas não houve a mesma gentileza de recordar a sua constituição, o que teria sido, a meu ver, igualmente justo.

Convém não esquecer que, a anteceder o grupo dos iniciadores, houve um grupo de pré-iniciadores que desbravou um longo caminho, em condições delicadas. Embora ninguém seja bom juiz em causa própria, posso assegurar-lhe, Senhor Director, com conhecimento de causa, que o trabalho desenvolvido pela comissão pró-SPF ao longo de quatro anos (Fevereiro de 1971 a Janeiro de 1975) — desde que o Núcleo de Física de Lisboa da Sociedade Portuguesa de Química e Física iniciou o processo de autonomização associativa dos físicos portugueses até à realização da primeira Assembleia Geral da SPF em Coimbra, a que tive a honra de presidir — não foi isento de escolhos.

Eduardo J. C. Martinho  
 (Instituto Tecnológico e Nuclear, Sacavém)