Gazeta de
Física
Sociedade Portuguesa de Física

BURACOS NEGROS NA TERRA?
Vítor Cardoso

O QUE É E PARA QUE SERVE A TEORIA DOS FUNCIONAIS DA DENSIDADE?
Miguel A. L. Marques e Silvana Botti

"HÁ UM PROBLEMA DE FALTA DE CONFIANÇA NA CIÊNCIA"
Entrevista a Peter Mansfield,
Prémio Nobel da Medicina em 2003

Volume 29 | Fascículo 4 | 2006 | Publicação Trimestral | 5,00

GAZETA DE FÍSICA VOL. 29 FASC. 4, 2006

DIRECTOR Carlos Fiolhais
DIRECTORAS ADJUNTAS Constança Providência e Lucília Brito
EDITORA Paula Alexandra Almeida

CORRESPONDENTES Paulo Crawford (Lisboa), Joaquim Santos (Coimbra) e João Pedro Araújo (Porto)

COLABORAM NESTE NÚMERO
Américo Pereira, Carla Filipa Oliveira, Clóvis de Matos, Conceição Ruivo, Fernando Nogueira, George Morrison, João Carvalho, Jorge Dias de Deus, José António Paixão, José Pedro Marques, Manuel Fiolhais, Miguel Marques, Paulo Martins, Silvana Botti, Teresa Peña, Vitor Cardoso.

SECRETARIADO
Maria José Couceiro (Lisboa)
e Cristina Silva (Coimbra)

DESIGN
MediaPrimer - Tecnologias e Sistemas Multimédia Lda
Rua Sanches da Gama, nº 160
3030-021 Coimbra
E-mail info@mediaprimer.pt

PRÉ-IMPRESSÃO E IMPRESSÃO
Carvalho & Simões, Artes Gráficas, Lda
Estrada da Beira 479 / Anexo
3030-173 Coimbra

TIRAGEM 1800 exemplares

PREÇOS Número avulso 5,00 (inclui IVA).
Assinatura anual 15,00 (inclui IVA).
A assinatura é grátis para os sócios da SPF.

PROPRIEDADE DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

ADMINISTRAÇÃO E REDACÇÃO
Avenida da República 37-4º 1050-187 Lisboa
Tel 217 993 665 Fax 217 952 349
E-mail secretariado@spf.pt

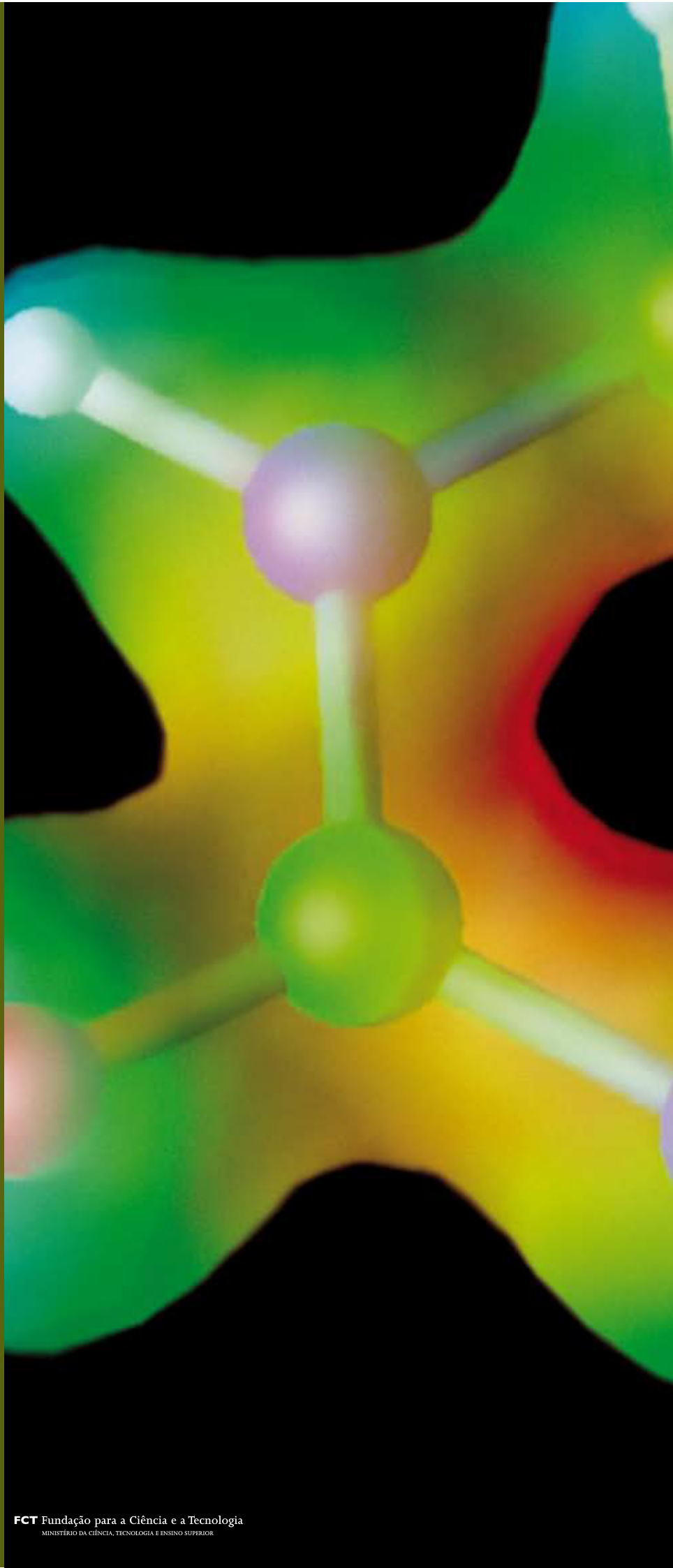
NIPC 501094628
REGISTO ICS nº 110856
ISSN 0367-3561
DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91
PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

A Gazeta da 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 as 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 PC. Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontas para reprodução, e nos formatos electrónicos jpg, gif ou eps.

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA

APOIOS:
Ministério da Educação - Sistema de Incentivos à Qualidade da Educação



FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

ÍNDICE

ARTIGOS

BURACOS NEGROS NA TERRA? 4
Vítor Cardoso

O QUE É E PARA QUE SERVE A TEORIA DOS FUNCIONAIS DA DENSIDADE? 10
Miguel A. L. Marques e Silvana Botti

ENTREVISTA

"HÁ UM PROBLEMA DE FALTA DE CONFIANÇA NA CIÊNCIA" 16
Entrevista a Peter Mansfield,
Prémio Nobel da Medicina em 2003

NOTÍCIAS

FÍSICA NO MUNDO 21
FÍSICA EM PORTUGAL 25
SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA 30

SECÇÕES

ENSINO DA FÍSICA 32
OLIMPÍADAS DE FÍSICA 41
LIVROS E MULTIMÉDIA 47
CARTAS DOS LEITORES 53

NOTA DE ABERTURA

Depois de dois números especiais da Gazeta voltamos com este número ao seu formato usual, que conta as últimas novidades da Física não esquecendo as novidades que entretanto ficaram por contar.

Nesta edição três jovens investigadores explicam-nos assuntos da investigação que fazem: VÍTOR CARDOSO procura responder à pergunta: poderão produzir-se buracos negros na Terra?; por seu lado MIGUEL MARQUES e SILVANA BOTTI explicam-nos o que é a teoria dos funcionais da densidade e de que modo tem revolucionado a física da matéria condensada nos últimos anos.

Por sua vez, o físico prémio Nobel da Medicina PETER MANSFIELD fala-nos da sua investigação em imagiologia por ressonância magnética, de que modo o prémio influenciou a sua vida e o que é que a sociedade ganha com a ciência, numa entrevista feita por José Pedro Marques e George Morrison.

Na secção de ensino os professores do Técnico TERESA PEÑA e JORGE DIAS DE DEUS apresentam-nos uma reflexão sobre o ensino das ciências no secundário. Em particular, analisam o caso português comparando-o ao inglês. Terminam propondo-nos quatro desafios para nos tornarmos realmente europeus. Ainda na mesma secção JOÃO CARVALHO, PAULO MARTINS e AMÉRICO PEREIRA propõem-nos a construção de uma câmara de faíscas, a qual, devido aos seus sinais ópticos intensos, pode ser uma peça excelente em exposições de física.

Na secção das Olimpíadas os leitores poderão ficar a saber tudo sobre as olimpíadas regionais, nacionais e internacionais deste ano, em particular os bons resultados que os nossos estudantes tiveram nas provas internacionais. Parabéns a todos eles!

Voltámos com a secção dedicada à SPF, realçando a "Física 2006", que decorreu em Aveiro e as últimas actividades da Federação Ibero-Americana de Sociedades de Física da qual a SPF faz parte.

Na secção Notícias do Mundo e Notícias de Portugal poderá saber quem e porquê recebeu o prémio Nobel da Física este ano, por que é que o Plutão passou a ser um planeta-anão, o que é a "Milipeia" e qual é o segredo do Departamento de Física do Porto para atrair tantos jovens para a Física!

Por último recordamos Rómulo de Carvalho, no ano em que se celebra o centenário do seu nascimento, com um pequeno artigo de CONCEIÇÃO RUIVO.

Boa leitura!

BURACOS NEG NA TERRA?

Vemos o mundo a três dimensões espaciais e uma dimensão temporal. No entanto, é possível que existam outras dimensões, suficientemente pequenas para terem escapado até agora às nossas observações, mas suficientemente grandes para virem a ser detectadas. Uma das consequências mais espantosas da existência destas dimensões adicionais é a possibilidade de se produzirem buracos negros na Terra, em aceleradores de partículas ou nos choques de raios cósmicos com a atmosfera. Se tal possibilidade se vier a confirmar, podemos esperar uma revolução extraordinária na Física e na forma de pensarmos o Universo. Este artigo pretende ser uma breve introdução a estes assuntos.

VÍTOR CARDOSO
Department of Physics and Astronomy
The University of Mississippi
University, MS 38677-1848
USA

Centro de Física Computacional
Universidade de Coimbra
P-3004-516 Coimbra
Portugal

vcardoso@phy.olemiss.edu

O que nos leva a pensar que o mundo só tem três dimensões espaciais? A pergunta pode parecer disparatada! Não é verdade que largura, altura e comprimento bastam para localizar um ponto no espaço? Há, porém, uma série de motivos que tornam a existência de dimensões adicionais uma ideia muito atraente! A primeira vez que tal ideia surgiu remonta a 1920, quando Kaluza e Klein notaram que as teorias da gravitação e do electromagnetismo se podiam unificar de uma forma simples e elegante num espaço com quatro dimensões espaciais. As teorias quânticas da gravitação mais recentes, como a Teoria de Cordas, são formuladas em espaços com seis ou mesmo sete dimensões adicionais, a fim de evitar inconsistências. Nos primeiros modelos, as dimensões extra eram muito pequenas, da ordem de 10^{-35}m ou ainda menores. Era como se o mundo fosse uma folha de papel e a dimensão extra a sua espessura. Explicava-se assim, também, por que é que as dimensões extra escapavam às observações: para se "ver" um corpo de dimensão L são necessários fotões cujo comprimento de onda, λ, seja menor ou igual do que L. Ora, para explorar dimensões da ordem de 10^{-35}m um fotão deveria ter uma energia ($E=hc/\lambda$) enorme, muito para além do limite que a tecnologia actual permite alcançar.

Recentemente foi apresentado o chamado modelo do "Mundo Brana" que, sendo compatível com todos os dados observacionais existentes, propõe a existência de dimensões extra "grandes", que se podem, em princípio, detectar experimentalmente. A designação "dimensões grandes" resulta de se admitir que possam ter um tamanho da ordem do micrometro (10^{-6}m). Segundo o modelo, o Universo terá $3+n$ dimensões espaciais, possuindo portanto n dimensões extra. As interacções do Modelo Padrão e as suas partículas (fotões, electrões, etc.) apenas

ROS

existem e se propagam nas três dimensões espaciais que nos são familiares, mas a gravidade "passa" para as outras dimensões. Por outras palavras, vivemos numa membrana tridimensional que está imersa num espaço com mais dimensões, mas só a gravidade acede a essas dimensões extra. Como a luz só viaja na nossa membrana tridimensional, não temos acesso directo às dimensões extra. Mas não será possível a interacção gravitacional dizer-nos alguma coisa sobre as dimensões extra, já que é a única a "saber" que elas existem? De facto, a gravidade pode trazer-nos informação nova. Para percebermos como, basta usar a lei de Gauss para obter o campo gravítico, $\mathcal{G}$, criado por uma partícula de massa M. Por simplicidade, vamos supor que há dimensões extra, todas com o mesmo tamanho L. Segundo a lei de Gauss, o fluxo do campo gravítico através de qualquer superfície fechada que envolva a partícula é proporcional à sua massa. Em três dimensões, se escolhemos uma superfície esférica de raio r como superfície gaussiana obtemos a bem conhecida lei de Newton, $\mathcal{G} = G\,M/r^2$, sendo G a constante de gravitação universal. Mas, se o mundo for a $3+n$ dimensões, esta lei terá de ser diferente! Calculemos, em primeiro lugar, o campo numa região próxima da partícula, e para distâncias tais que $r \ll L$. Podemos ainda continuar a usar uma esfera como superfície gaussiana, ou melhor, uma hiper-esfera em $3+n$ dimensões, cuja área é proporcional a r^{n+2}. Como se admite que o Universo tem realmente $3+n$ dimensões, a verdadeira constante de Newton vai ser diferente. Designemos esta nova constante por G_{3+n}, cujo valor, por enquanto, ainda não sabemos. Assim,

$$\mathcal{G} = \frac{G_{3+n}\,M}{r^{n+2}}\,.$$

Portanto, para pequenas distâncias, o campo gravítico já não varia de acordo com a lei do inverso do quadrado da distância. Em vez disso, varia com a potência $n+2$ do inverso da distância! Ora, a experiência mostra-nos categoricamente que os corpos estão sujeitos a uma força que varia com o inverso do quadrado da distância... Portanto, para o modelo apresentado ter sucesso, deverá recuperar este comportamento no limite das distâncias grandes.

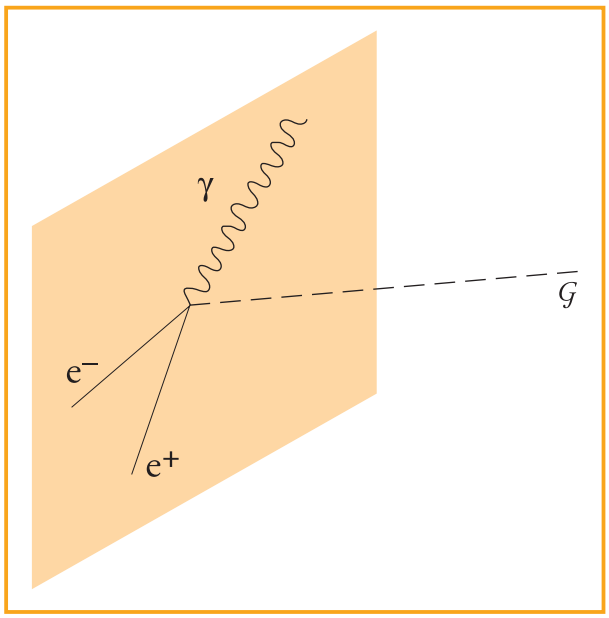


Fig. 1 - As partículas do Modelo Padrão como o electrão (e−), o positrão (e+) ou o fotão (γ) propagam-se numa membrana tridimensional, ela própria imersa num espaço com mais dimensões. Apenas a gravidade (representada por $\mathcal{G}$) consegue "sentir" e propagar-se nas outras dimensões.

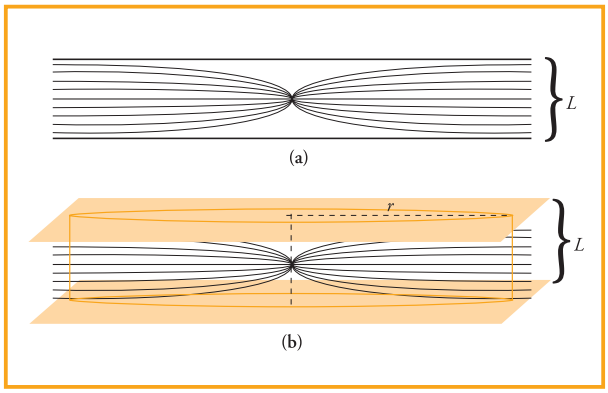


Fig. 2 - Esquema tipo das linhas de força de uma partícula em 1+1 dimensões (a) e em 2+1 dimensões (b). Para distâncias grandes, as linhas curvam-se para se adaptarem à geometria (dimensões extra finitas) e, portanto, ficam mais concentradas.

Nesta situação, ou seja, quando $r >> L$, as linhas de campo de uma partícula deixam de ser radiais e distorcem-se ficando paralelas nas dimensões extra que apenas têm espessura L. A Fig. 2(a) mostra esta situação para uma dimensão espacial "normal" (na horizontal) e uma dimensão extra (na vertical). Longe da partícula as linhas de campo ficam mais concentradas do que se as linhas se mantivessem radiais e a força fica, portanto, mais intensa. As linhas de campo são paralelas a grandes distâncias da partícula e é mais apropriado usar um cilindro para superfície de Gauss, ou melhor, um hiper-cilindro em $3+n$ dimensões, cuja "base" é uma esfera de raio r em 3 dimensões e cuja altura é L em cada uma das dimensões extra. Na Fig. 2(b) representa-se esse cilindro (em 2+1 dimensões: duas "normais" e uma extra). O fluxo do campo através das bases do hiper-cilindro é nulo e, através da superfície lateral, é simplesmente o produto do campo pela área dessa superfície. Ora, a "área" lateral do hiper-cilindro é o "perímetro" da base, $4\pi r^2$ (trata-se da área de uma esfera em três dimensões), a multiplicar pelas alturas L de cada uma das dimensões extra. O campo gravítico é, portanto,

$$\mathcal{G}=\frac{G_{3+n}M}{L^n r^2},$$

recuperando-se a lei do inverso do quadrado da distância! Como, para grandes distâncias, sabemos que a usual Lei de Newton é válida, podemos ir mais longe, relacionando a constante de Newton "efectiva" em 3-dimensões espaciais com a verdadeira constante:

$$G\frac{M}{r^2}=\frac{G_{3+n}}{L^n}\frac{M}{r^2} \Rightarrow G_{3+n}=GL^n .$$

O PROBLEMA DA HIERARQUIA E CONSTRANGIMENTOS ÀS DIMENSÕES EXTRA

O modelo do "Mundo Brana" propõe um Universo com n dimensões extra "grandes". Para grandes distâncias este modelo não pode ser confirmado experimentalmente, tornando-se, por isso, indistinguível dos modelos em três dimensões. Por que razão devemos preferir a descrição do "Mundo Brana" em vez de outras formuladas em espaços a três dimensões? A razão prende-se, por um lado, com o facto de a formulação em $3+n$ dimensões ser mais geral e, por outro lado, e sobretudo, porque resolve uma questão que os modelos em espaços com apenas 3 dimensões não conseguem explicar: trata-se do chamado *problema da hierarquia*. Este é principalmente um problema de "estética" que envolve duas grandezas fundamentais. Uma é a escala fundamental de Planck, que se caracteriza pela energia

$$E_{\mathrm{Pl}}=c^2\sqrt{\frac{c\hbar}{2G}}\sim 10^{18}\,\mathrm{GeV}\simeq 10^{-8}\,\mathrm{J} .$$

Esta escala é importante porque fixa a energia a partir da qual a descrição dos fenómenos no quadro da Relatividade Geral tem necessariamente de incorporar os efeitos quânticos. Para obter o valor da energia de Planck ($E_{\mathrm{Pl}}=Mc^2$), igualamos o raio de Schwarzschild (raio máximo de um objecto compacto de massa M, cujo campo gravítico à superfície é tão grande que a própria luz não pode escapar para o exterior),

$$r_{\mathrm{S}}=\frac{2GM}{c^2}$$

ao comprimento de onda de Compton (comprimento de onda associado à partícula quântica com velocidade próxima da da luz)

$$r_{\mathrm{C}}=\frac{\hbar}{Mc} .$$

A escala de Schwarzschild refere-se à gravitação e a escala de Compton aos aspectos quânticos da partícula. Quando as duas escalas espaciais são da mesma ordem de grandeza, os fenómenos que envolvem a gravidade carecem de tratamento quântico.

Uma outra escala fundamental refere-se à energia a partir da qual se dá a unificação da força fraca (responsável, por exemplo, pelo decaimento β) com a força electromagnética. Esta escala electrofraca é da ordem

$$E_{\mathrm{EF}}\simeq 10^2\ \mathrm{GeV}.$$

Como vemos, as escalas de Planck e electrofraca diferem em 16 ordens de grandeza! Um dos grandes problemas das últimas décadas tem sido procurar explicar esta enorme diferença. Ora, o modelo com dimensões extra resolve o problema de uma forma muito elegante. Na verdade, a escala de Planck é muito grande porque admitimos que o campo gravítico varia sempre com o inverso do quadrado da distância. Mas, de facto, nunca foi possível testar *experimentalmente* um tal comportamento para distâncias inferiores a 1 mm. Existe a possibilidade de, afinal, a *verdadeira* escala de Planck ser da ordem da escala electrofraca. Para tanto, vejamos que condições têm de ser impostas no modelo de dimensões extra apresentado na

secção anterior. Se a gravidade "viver" em $3+n$ dimensões espaciais, o raio de Schwarzschild passará a ser

$$r_S^{3+n} = \frac{2G_{3+n}M}{c^2}$$

e consequentemente a energia de Planck será

$$E_{Pl} = c^2\left[\frac{c^2}{GL^n}\left(\frac{\hbar}{c}\right)^{n+1}\right]^{1/(n+2)} .$$

Se igualarmos esta energia a E_{EF} obtemos uma relação entre o número, n, e o tamanho, L, das dimensões extra:

$$L = 10^{30/n-19}\,\mathrm{m} .$$

Para $n=1$ vem $L=10^{11}$m, o que implicaria que o campo gravítico deveria ter um comportamento diferente do que efectivamente se observa para distâncias da ordem Terra-Sol. Para tais distâncias é sabido desde Kepler que a força varia com $1/r^2$ e, portanto, $n=1$ fica excluído. Contudo, para $n\geq 2$, o campo gravítico só sofreria alterações sensíveis para distâncias inferiores a um milímetro e tal ainda não foi testado experimentalmente. O modelo resolve então o problema da hierarquia, sendo compatível com todos os dados experimentais de que dispomos. O aspecto mais significativo é o facto de o modelo prever que o campo gravítico dependa de forma diferente de $1/r^2$ para pequenas distâncias. Esta possibilidade tem dado origem a um intenso trabalho experimental que está a ser levado a cabo por muitos grupos no mundo inteiro.

CRIAÇÃO E EVAPORAÇÃO DE UM BURACO NEGRO MICROSCÓPICO

Em condições normais, o que impede a matéria de colapsar sobre si própria e formar um buraco negro (que é o resultado final de qualquer colapso)? A existência de forças repulsivas, que contrariam a força atractiva gravitacional. Por exemplo, não caímos para o centro da Terra porque se estabelecem forças electromagnéticas repulsivas entre os nossos sapatos e o chão que pisamos, cuja resultante (reacção normal) é igual e oposta à força gravítica. No núcleo atómico, as forças fraca e electromagnética, que são repulsivas, contrariam a força forte, que é atractiva. No cenário normal (três dimensões espaciais) a força gravítica não desempenha qualquer papel a nível nuclear e, portanto, o núcleo não colapsa.

A matéria só colapsa se a força atractiva gravítica conseguir vencer a força electrofraca. Mas vimos já que tal só acontece para energias superiores à energia de Planck. Se só existirem 3 dimensões espaciais, a energia de Planck é da ordem de 10^{18} GeV e, portanto, só se poderá formar um buraco negro se duas partículas com esta energia colidirem. Esta energia é tão elevada que está excluída a possibilidade de a alcançar com os actuais ou mesmo com os próximos aceleradores. Mas, se o modelo do "Mundo Brana" estiver correcto, a energia de Planck será da ordem de 10^2–10^3 GeV. Neste caso vai ser possível criar um buraco negro em resultado da colisão de duas partículas com energia superior a 10^2–10^3 GeV.

Ora, o *Large Hadron Collider* (LHC) do CERN (em português, "Grande Colisionador Hadrónico"), que é um acelerador circular com 30 quilómetros de perímetro, vai permitir colisões de partículas com 14×10^3 GeV. Segundo o que acabámos de descrever poderá ser possível a criação de buracos negros microscópicos no LHC, à taxa de alguns por segundo! Um "acelerador" ainda maior é o próprio Universo: muitos raios cósmicos atingem a Terra com energia suficiente para produzirem buracos negros ao chocarem com as partículas da atmosfera. Mas não se preocupe o leitor, pois não vamos ser engolidos por estes buracos negros que, de resto, são microscópicos. De facto, após se formarem decaem rapidamente, evaporando-se por emissão de radiação de Hawking! Aos buracos negros está associada uma temperatura, a chamada temperatura de Hawking T_H, que em $3+n$ dimensões é dada por

$$T_H \propto \frac{1}{M^{1/(n+1)}} .$$

Os buracos negros formados no LHC são muito pequenos e, quanto menor for a sua massa, M, maior será a sua temperatura (ver a equação anterior). Logo, evaporam-se rapidamente. Para um buraco negro formado por colisão de duas partículas no LHC, o seu tempo de vida estima-se em 10^{-26} s. A radiação de Hawking consiste em fotões, electrões, gravitões, etc. (os gravitões são os *quanta* do campo gravitacional, tal como os fotões são os *quanta* do campo electromagnético). Uma situação *sui generis* pode ocorrer. As partículas do Modelo Padrão só "vivem" na membrana tridimensional. Mas o campo gravítico "vive" em todo o espaço e, portanto, os gravitões também são emitidos para as dimensões extra. É então possível que uma boa parte da energia inicial vá para as outras dimensões, isto é, "desapareça" simplesmente da nossa membrana tridimensional, como mostra a Fig. 3. Esta energia assim desaparecida pode ser uma possível "impressão digital" das dimensões extra. Quanto maior for o número de dimensões extra, maior será a fracção de energia que flui

para as outras dimensões. Por exemplo, numa dada colisão em três dimensões espaciais apenas (sem dimensões extra, isto é, $n=0$), cerca de 84% da energia total é emitida sob a forma de fermiões (quarks, electrões, neutrinos), 16% sob a forma de fotões e apenas 0,1% é emitida sob a forma de gravitões. Toda a energia fica na nossa "membrana" porque não existem dimensões extra. No entanto, se $n=7$, e para a mesma colisão, cerca de um quarto da energia passará para as outras dimensões e, portanto, vai parecer que a energia desaparece, ou seja, que não se conserva...

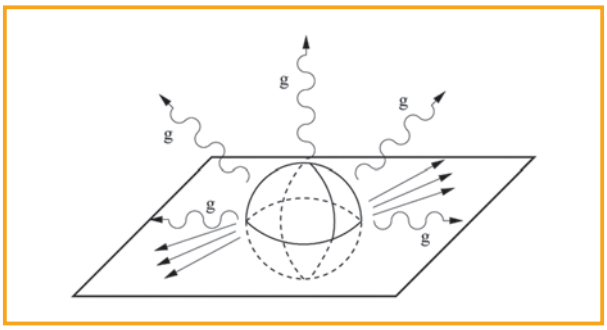


Fig. 3 - Evaporação de um buraco negro, através da radiação de Hawking. A membrana que atravessa o buraco negro representa o nosso Universo visível. As setas direitas que representam as partículas do Modelo Padrão (electrões, fotões, etc.) são emitidas apenas na membrana. Os gravitões, representados pela letra g são emitidos em todas as direcções e, portanto, também para fora da membrana. Parte da radiação será interpretada como tendo desaparecido, pois foi para as outras dimensões.

CONCLUSÃO

A existência de dimensões extra *grandes* resolve, de uma forma elegante, muitos problemas conceptuais, entre os quais o problema da hierarquia. Se essas dimensões existirem, parece inevitável que a Lei de Newton tenha de sofrer alterações para pequenas distâncias, alterações essas que estão neste momento a ser procuradas em muitos laboratórios, por todo o mundo. Um dos efeitos mais espectaculares da existência de dimensões extra é a criação de buracos negros em aceleradores de partículas como o LHC ou em resultado da colisão de raios cósmicos com a atmosfera. Se tal vier a acontecer, podemos afirmar que estamos perante um marco muito significativo da Física. Pela primeira vez será possível testar não só a teoria clássica de Einstein como as necessárias correcções quânticas que têm de ser introduzidas na região da energia de Planck. Haverá, evidentemente, consequências para a Física de Partículas: aumentar a energia das partículas nos aceleradores para explorar os constituintes últimos da matéria de nada adiantará, pois estaremos apenas a criar buracos negros maiores. Tudo o que possa existir para além da escala de Planck ficará escondido por detrás do horizonte de eventos.

Agradeço ao Professor Manuel Fiolhais as muitas sugestões e comentários que fez a este trabalho. Agradeço também ao Professor Mário Pimenta, ao Jaime Cardoso e ao Óscar Dias as várias sugestões que me fizeram chegar. Este artigo baseia-se na investigação que tenho desenvolvido nos últimos anos na área da Gravitação e da Relatividade Geral e foi apoiado no quadro do Programa Gulbenkian de Estímulo à Investigação 2005.

BIBLIOGRAFIA

Na lista bibliográfica seguinte indicam-se alguns livros que abordam assuntos relacionados com este artigo, bem como os principais artigos que estiveram na sua base.

1. S. W. Hawking, *Breve História do Tempo*, Gradiva, Lisboa, 2000.

2. K. S. Thorne, *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*, W. W. Norton and Company, New York, 1994.

3. P. C. Davies, *Como Construir uma Máquina do Tempo*, Gradiva, Lisboa, 2003.

4. C. Fiolhais, *Física Divertida*, Gradiva, Lisboa, 1999.

5. I. Antoniadis, N. Arkani-Hamed, S. Dimopoulos and G. R. Dvali, "New dimensions at a millimeter to a Fermi and superstrings at a TeV", *Phys. Lett. B* **436**, 257 (1998).

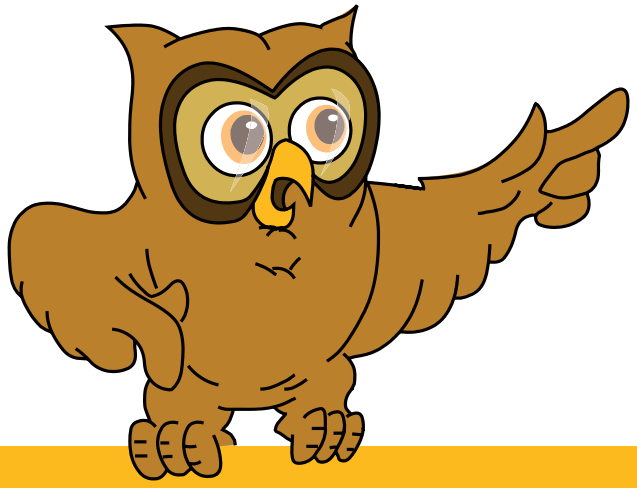
6. S. W. Hawking, "Particle Creation By Black Holes", *Commun. Math. Phys.* **43**, 199 (1975) [*Erratum-ibid.* **46**, 206 (1976)].

7. J. L. Feng and A. D. Shapere, "Black hole production by cosmic rays", *Phys. Rev. Lett.* **88**, 021303 (2002).

8. V. Cardoso, M. C. Espírito Santo, M. Paulos, M. Pimenta and B. Tomé, "Microscopic black hole detection in UHECR: The double bang signature", *Astropart. Phys.* **22**, 399 (2005).

9. V. Cardoso, E. Berti and M. Cavaglià, "What we (don't) know about black hole formation in high-energy collisions", *Class. Quant. Grav.* **22**, L61 (2005).

10. V. Cardoso, M. Cavaglià and L. Gualtieri, "Black hole particle emission in higher-dimensional spacetimes", *Phys. Rev. Lett.* **96**, 071301 (2006).



PORTAL DE ENSINO DAS CIÊNCIAS
E DE CULTURA CIENTIFICA

www.mocho.pt

Leia o boletim electrónico **"Pio do Mocho"**

http://pio.mocho.pt

APOIOS:

POS_CONHECIMENTO Programa Operacional Sociedade do Conhecimento

UNIÃO EUROPEIA FEDER

Ciência Viva

crie

O QUE É E PARA SERVE A TEORIA CIONAIS DA DE

A teoria dos funcionais da densidade (DFT) pode ser vista como uma reformulação da mecânica quântica baseada, não em funções de onda, mas no conceito de densidade electrónica. Criada por Walter Kohn nos anos 60, a DFT é uma teoria revolucionária, já que alia uma extrema simplicidade a uma precisão notável, permitindo assim o desenvolvimento de uma nova forma de estudar o que nos rodeia. Com a ajuda de computadores a DFT permite estudar sistemas cada vez mais complexos, contribuindo para a compreensão e previsão das propriedades dos átomos, moléculas e sólidos.
É também uma ferramenta fundamental em áreas tão diversas como a nanotecnologia, a biotecnologia, a invenção de novos materiais, etc. Em 1998, o Comité Nobel reconheceu a importância dos trabalhos na área da DFT, ao atribuir o Prémio Nobel da Química a Walter Kohn e a John Pople.
Este artigo é uma pequena introdução ao mundo da DFT: à sua história, desenvolvimentos e aplicações.

MIGUEL A. L. MARQUES
Centro de Física Computacional
Universidade de Coimbra
P-3004-516 Coimbra
Portugal

marques@teor.fis.uc.pt

SILVANA BOTTI
Laboratoire des Solids Irradiés
École Polytechnique
Route de Saclay
91128 Palaiseau
França

Foi em 1925 que o físico austríaco Erwin Schrödinger marcou o início da Mecânica Quântica moderna ao propor a famosa equação que hoje tem o seu nome. Esta equação enganadoramente simples determina a função de onda quântica dum sistema – seja ele um átomo, uma molécula ou um sólido – que por sua vez contém toda a informação necessária para determinar o estado do sistema. Depois de ver como a equação de Schrödinger explicava o átomo de hélio e a molécula de hidrogénio, Paul Dirac declarou que a Química teria chegado ao seu fim. É pena, acrescentou este físico inglês, vencedor do prémio Nobel juntamente com Schrödinger, que, para a grande maioria dos casos, a equação seja demasiado complicada para ser resolvida. De facto, os sistemas físicos para os quais podemos encontrar a solução exacta desta equação podem contar-se pelos dedos de uma mão: uma partícula livre, os átomos hidrogenóides... Perante este problema, os químicos e os físicos passaram os últimos 80 anos a tentar descobrir formas aproximadas de resolver a equação de Schrödinger.

Em 1964, o norte-americano de origem austríaca Walter Kohn publicou, juntamente com o seu aluno francês Pierre Hohenberg, um artigo onde apresentavam uma reformulação da mecânica quântica baseada, não em funções de onda, mas na densidade electrónica. Esta densidade, normalmente representada por $\rho(\vec{r})$, mede a probabilidade de encontrarmos um electrão no ponto de coordenada $\vec{r}$. Sobrava, contudo, um problema: como determinar na prática $\rho(\vec{r})$ para um sistema real? A solução chegou no ano seguinte, novamente num artigo de Kohn, mas agora com Lu Sham. Estes dois artigos formam a base da denominada Teoria dos Funcionais da Densidade (DFT, de *Density Functional Theory*). Esta foi uma teoria revolucionária, já

A QUE
A DOS FUN-
ENSIDADE?

que aliava uma extrema simplicidade a uma precisão notável. Para além disso, o desenvolvimento dos computadores permitiu que as equações-chave desta teoria, as equações de Kohn-Sham, pudessem ser facilmente resolvidas para sistemas cada vez mais complexos.

A DFT foi acolhida de imediato com grande entusiasmo na Física do Estado Sólido, encontrando aplicações importantes no estudo de metais, semicondutores, etc. A sua introdução na Química foi mais lenta. Aqui, a contribuição do químico inglês John Pople foi fundamental, ao incluir a DFT no seu programa de computador GAUSSIAN – o programa de Química Quântica mais usado em todo o mundo. A DFT permitiu o desenvolvimento de uma nova forma de estudar o que nos rodeia, em que os computadores são usados para nos ajudar a compreender e a prever as propriedades dos átomos, moléculas e sólidos. É também uma ferramenta fundamental em áreas tão diversas como a nanotecnologia, a biotecnologia, o desenvolvimento de novos materiais, etc. Por tudo isto, Walter Kohn e John Pople partilharam o prémio Nobel da Química de 1998.

Apresentamos aqui uma pequena introdução à DFT. Começamos por explicar o problema de muitos corpos – um dos problemas mais complicados que a Natureza nos coloca. Depois, descrevemos brevemente as ideias originais contidas nos dois artigos de Kohn já citados. Finalmente, ilustramos a utilidade desta teoria com um exemplo prático, e terminamos com algumas conclusões e reflexões para o futuro.

O QUE É UM FUNCIONAL?

Todos nós sabemos o que é uma função: uma regra que faz corresponder a um número outro número. Um funcional não é mais do que uma regra que faz corresponder a uma função um número. De uma certa forma, um funcional é uma função de uma função. Um exemplo simples é o funcional que nos dá a área A debaixo da curva $f(x)$:

$$A[f(x)]=\int_a^b f(x)\,dx.$$

A disciplina da matemática que estuda os funcionais é a Análise Funcional.

O PROBLEMA DE MUITOS CORPOS

Antes de entrarmos no problema de muitos corpos, vamos olhar para um problema de um único corpo. Um dos exemplos mais simples, estudado na cadeira de Mecânica Quântica em qualquer curso de Física, é o átomo de hidrogénio. Neste caso, a equação de Schrödinger independente do tempo que descreve um electrão no campo eléctrico criado pelo núcleo de hidrogénio tem a seguinte forma

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2-k\frac{e^2}{|\vec{r}|}\right]\Psi(\vec{r})=E\,\Psi(\vec{r}).$$

A primeira contribuição dentro dos parêntesis rectos é o termo cinético, escrito em função de $k=1/4\,\pi\,\epsilon_0$, da constante de Planck, $\hbar$, da massa do electrão, m, e do operador laplaciano

$$\nabla^2=\partial^2/\partial x^2+\partial^2/\partial y^2+\partial^2/\partial z^2.$$

A segunda contribuição descreve a interacção electrostática entre o electrão (de carga $-e$) e o protão do hidrogénio (de carga $+e$). Esta equação de valores próprios a três dimensões determina os níveis de energia, E, que podem ser ocupados pelo electrão, e a função de onda do sistema, Ψ. Neste caso, a densidade electrónica do sistema, isto é, a probabilidade de encontrarmos um electrão no ponto $\vec{r}$, é o quadrado do módulo da função de onda,

$$\rho(\vec{r})=|\Psi(\vec{r})|^2.$$

Ao lado do hidrogénio na Tabela Periódica está o hélio, com os seus dois protões e dois electrões. Note-se que os dois electrões não interagem apenas com os protões do núcleo, mas também se repelem mutuamente através da interacção coulombiana. Neste caso, a equação de Schrödinger escreve-se:

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\left(\nabla_1^2+\nabla_2^2\right)-2k\frac{e^2}{|\vec{r}_1|}-2k\frac{e^2}{|\vec{r}_2|}+k\frac{e^2}{|\vec{r}_1-\vec{r}_2|}\right]\Psi(\vec{r}_1,\vec{r}_2)=E\,\Psi(\vec{r}_1,\vec{r}_2).$$

Esta equação diferencial a seis dimensões depende agora das coordenadas dos dois electrões, $\vec{r}_1$ e $\vec{r}_2$. Tal como para o hidrogénio, as duas primeiras contribuições dentro dos parêntesis rectos são os termos cinéticos, as duas seguintes descrevem a interacção coulombiana entre os dois electrões e os dois protões do núcleo, enquanto o último termo representa a repulsão entre os dois electrões. Apesar da aparente simplicidade, este último termo torna impossível a resolução analítica da equação. Contudo, é ainda possível obter uma solução extremamente precisa usando métodos numéricos.

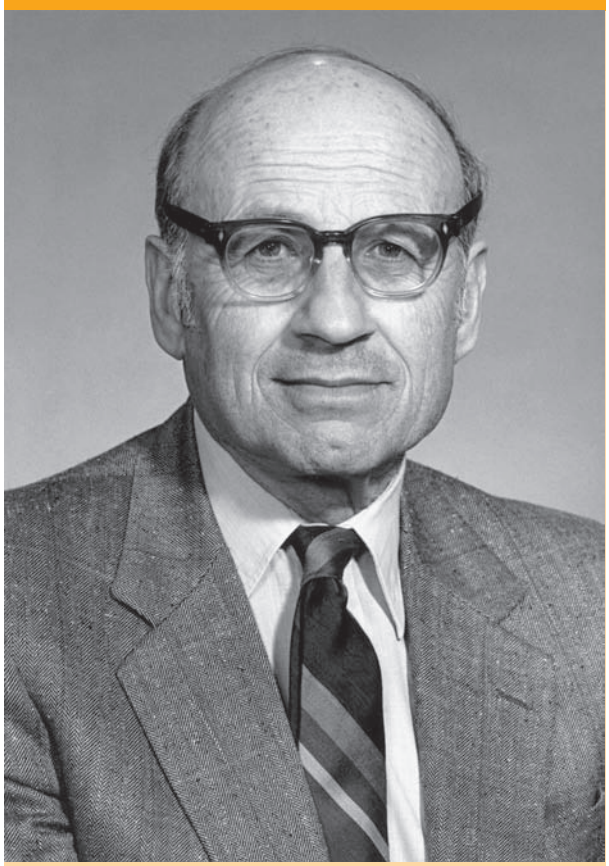
É fácil de adivinhar o que acontece quando aumenta o número de electrões no sistema. O número de termos aumenta, a função de onda fica com cada vez mais variáveis, e a dificuldade de resolver a equação de Schrödinger aumenta exponencialmente. Até para sistemas relativamente modestos é perfeitamente impensável tentar resolver directamente a equação de Schrödinger de muitos corpos, mesmo usando os supercomputadores mais poderosos do mundo! Além disso, num sistema de N electrões, Ψ depende de $3N$ variáveis. Walter Kohn costuma utilizar o átomo de azoto para ilustrar este problema. Vamos imaginar que conseguimos resolver a equação de Schrödinger para este átomo, e que queremos armazenar a função de onda em DVD. Como Ψ é uma função contínua, vamos apenas guardar os seus valores em alguns pontos do espaço, digamos 10 por cada variável (como o azoto tem 7electrões, há 3x7=21 graus de liberdade, e assim 21 variáveis). O número total de valores a armazenar é portanto 10^{21}. Num computador cada número ocupa 8 bytes, o que dá um total de 8×10^{21} bytes, ou seja, cerca de $7{,}5\times10^{13}$ gigabytes. Sabendo que um DVD leva 4,7 gigabytes e que pesa cerca de 10 gramas, chegamos à conclusão de que necessitamos de $1{,}6\times10^{8}$ toneladas de DVD. Não será certamente fácil apresentar os resultados deste cálculo numa conferência!

A IDEIA DE KOHN

Num artigo de 1964, Walter Kohn e o seu aluno Pierre Hohenberg apresentaram uma reformulação da mecânica quântica que não utiliza funções de onda. A grandeza básica que propuseram foi a densidade electrónica $\rho(\vec{r})$, uma simples função tridimensional que cabe em menos do que um DVD, mas que ainda contém toda a informação relevante sobre o sistema. De facto, Hohenberg e Kohn provaram que todos os observáveis, isto é, todas as grandezas físicas que podemos medir num sistema, são unicamente determinadas por $\rho(\vec{r})$, ou seja, são *funcionais* da densidade. A dependência funcional é geralmente indicada com parêntesis rectos, isto é, $O[\rho]$ significa que o observável O é um funcional de $\rho(\vec{r})$. Por outras palavras, para conhecermos qualquer propriedade de um átomo, de uma molécula ou de um sólido, só precisamos de saber qual é a sua densidade electrónica. Além disso, o estado fundamental do sistema pode ser encontrado minimizando a energia total em função da densidade. Este é o equivalente do princípio variacional de Rayleigh-Ritz.

A receita parece clara: como a energia total é um observável, podemos escrevê-la em termos de $\rho(\vec{r})$, isto é, $E[\rho]$. Minimizando este funcional, obtemos o estado fundamental do sistema e a sua densidade. Por sua vez, a partir desta densidade podemos calcular qualquer outra propriedade. No entanto temos um problema. Hohenberg e Kohn disseram apenas que os funcionais existem, não qual é a sua forma analítica exacta. Há, contudo, aproximações razoáveis para $E[\rho]$, a mais conhecida das quais dá pelo nome de teoria de Thomas-Fermi. Nesta teoria, que curiosamente surgiu muito antes da teoria dos funcionais da densidade, todas as componentes da energia são escritas em função de $\rho(\vec{r})$. Encontrar o estado fundamental do sistema não é assim mais do que um exercício de cálculo variacional. Embora a teoria de Thomas-Fermi seja capaz de explicar muitas propriedades, ela não é capaz de descrever as camadas atómicas – que estão no cerne da teoria atómica e molecular.

Para conseguir descrever camadas, Walter Kohn, desta vez com Lu Sham, teve uma outra ideia genial. O problema consiste, como já sabemos, em determinar a densidade do sistema em interacção. A ideia é construir um sistema de electrões "fictícios", onde os "electrões" não interagem uns com os outros, mas cuja densidade é igual à densidade do sistema original. Para isso, imergimos os nossos electrões fictícios num potencial efectivo, o potencial de Kohn-Sham, escolhido de forma a que esta condição seja satisfeita. Como este é um sistema de electrões independentes (não-interactuantes), eles obedecem a uma equação de Schrödinger, a equação de Kohn-Sham, muito seme-



Walter Kohn nasceu a 9 de Março de 1923, em Viena, na Áustria. De origem judaica, deixou o seu país natal fugindo do nazismo. Naturalizou-se norte-americano em 1957, e foi neste país que desenvolveu a maior parte da sua carreira académica. Autor de mais de duzentos artigos científicos, é o pai da Teoria dos Funcionais da Densidade. Por esse trabalho, recebeu o prémio Nobel em 1998, juntamente com John Pople.

lhante à equação para o átomo de hidrogénio. A única diferença é que o potencial eléctrico criado pelo núcleo do hidrogénio, $-k\,e^2/|\vec{r}|$, é substituído pelo potencial de Kohn-Sham, $v_{KS}(\vec{r})$. Podemos também provar que este potencial de Kohn-Sham é, ele próprio, um funcional da densidade, $v_{KS}[\rho](\vec{r})$. Escreve-se normalmente este funcional como a soma de três partes:

$$v_{KS}[\rho](\vec{r}) = v_{ext}(\vec{r}) + v_{Hartree}[\rho](\vec{r}) + v_{xc}[\rho](\vec{r}).$$

O primeiro termo representa o potencial externo, que numa molécula ou num sólido é normalmente criado pelos núcleos atómicos. O segundo, o potencial de Hartree, já presente na teoria de Thomas-Fermi, leva em conta a interacção electrostática clássica entre os electrões, isto é, a interacção entre o electrão e a densidade média de carga de todos os electrões do sistema. O último termo, denominado potencial de troca e correlação, inclui todos os termos não triviais da interacção. Claramente, o problema agora é encontrar boas aproximações para este último termo.

A aproximação mais simples para $v_{xc}[\rho](\vec{r})$, a aproximação da densidade local (LDA, de *Local Density Approximation*), foi proposta por Kohn e Sham no mesmo artigo. A LDA está baseada no paradigma mais utilizado em Física do Estado Sólido, o gás homogéneo de electrões, um sistema idealizado onde os núcleos atómicos são substituídos por uma carga positiva contínua e constante. Com esta aproximação, as equações de Kohn-Sham são pouco mais difíceis de resolver do que o átomo de hidrogénio. Não obstante, os cálculos já não podem ser efectuados analiticamente, com uma caneta e um papel. Mas as equações são facilmente resolvidas num computador. Apesar da sua simplicidade, a LDA dá resultados espantosos. Para sistemas finitos, átomos e moléculas, a precisão é equivalente à do método de Hartree-Fock, uma teoria desenvolvida nos anos 30, muito comum em Química Quântica, mas bastante mais pesada do ponto de vista computacional. Para sólidos, a LDA dá muito melhores resultados do que qualquer outra teoria existente até aos anos 80. Por isso se tornou no método padrão para calcular propriedades mecânicas, electrónicas, etc.

Já se passaram cerca de quarenta anos desde a invenção da LDA. Desde então já foram propostas inúmeras outras aproximações para o potencial de troca e correlação. As mais populares para o estudo de sólidos são agora as chamadas aproximações generalizadas de gradientes (GGA, de *Generalized Gradient Approximation*), aproximações um pouco mais complexas do que a LDA, já que envolvem o gradiente da densidade. Em Química Quântica, para o estudo de moléculas em fase gasosa, os métodos mais em voga são híbridos, contendo uma mistura de GGA com Hartree-Fock. Estes métodos híbridos têm uma precisão mais elevada do que muitos dos métodos tradicionais da Química Quântica, mantendo, contudo, uma grande simplicidade computacional, o que permite a sua aplicação a sistemas de grande complexidade.

Para além desta evolução teórica, as últimas décadas assistiram a um notável desenvolvimento dos computadores. Com computadores cada vez mais rápidos (a velocidade duplica em cada 18 meses segundo a famosa lei de Moore), e com métodos numéricos cada vez mais sofisticados, é agora possível usar a DFT para calcular propriedades de sistemas contendo milhares de átomos – o que é suficiente para simular diversas moléculas e materiais de grande interesse tecnológico. Desta forma, a DFT tornou-se numa ferramenta fundamental não só em física e em química,

mas também nalgumas áreas da bioquímica, da nanotecnologia, etc.

Infelizmente, a DFT original desenvolvida por Walter Kohn não pode ser aplicada a todos os sistemas electrónicos. Em particular, sistemas magnéticos, supercondutores, condensados de Bose-Einstein, etc. estão fora do domínio desta teoria. Nos últimos anos foram construídas diversas extensões que resolvem alguns destes problemas. Por exemplo, nos anos 80 foi proposta uma DFT para estudar problemas dependentes do tempo. Com esta teoria é possível calcular espectros de absorção óptica (literalmente, a cor das moléculas), espectros de fluorescência, etc. Também existem actualmente extensões da DFT que permitem o estudo de sistemas magnéticos e supercondutores (estes últimos foram uma adição recente). Os condensados de Bose-Einstein, contudo, continuam a estar para além das possibilidades da DFT.

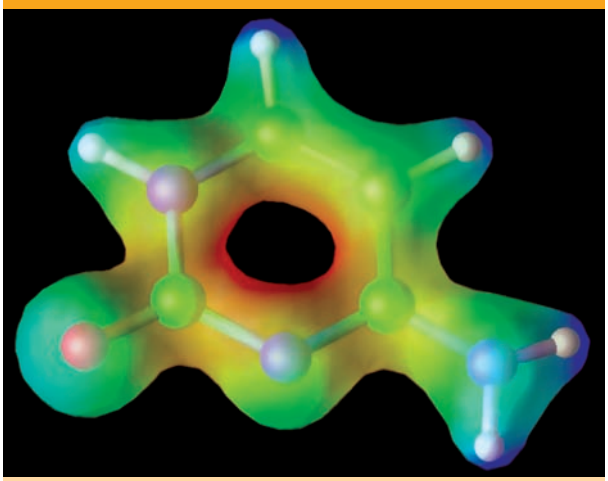
UM EXEMPLO

A melhor forma de ilustrar o que podemos fazer com a DFT é um exemplo prático. Vamos supor que queremos estudar a citosina, uma das quatro bases constituintes do ADN. É necessário compreender esta pequena molécula para perceber o comportamento do ADN, seguramente uma das moléculas mais importantes para a vida. Começamos por "esboçar" uma molécula de citosina no nosso computador. (Na realidade, existem programas que permitem desenhar moléculas da mesma forma que os arquitectos desenham uma casa num programa de CAD.) Partindo do nosso esboço, o computador modifica a posição dos átomos tentando descobrir a conformação de mais baixa energia. Isto faz-se com a ajuda da DFT, é claro. Conhecendo a geometria estável da molécula podemos usar novamente a DFT para calcular a densidade electrónica. Por curiosidade, mostramos na figura $\rho(\vec{r})$ para a citosina. A densidade é difícil de visualizar já que é uma função tridimensional. Por isso, o que está representado na figura é uma superfície de densidade constante. Podemos agora calcular diversas propriedades da molécula. Por exemplo, o momento dipolar da citosina é dado por

$$\vec{d}[\rho]=e\int \vec{r}\,\rho(\vec{r})\,d^3\vec{r}.$$

De igual forma, podemos analisar as ligações químicas, calcular energias de ionização, afinidades electrónicas, estudar os modos normais de vibração, calcular polarizabilidades, espectros de absorção e de emissão, susceptibilidades, propriedades de ressonância magnética nuclear (RMN), etc. Basicamente, todo o comportamento fisico-químico da molécula está ao alcance de um clique do rato.

Fazemos notar que, embora os programas de computador mais utilizados para realizar este tipo de cálculos (o GAUSSIAN[1] para moléculas e o VASP[2] para sólidos) sejam comerciais, estão livremente disponíveis na Internet diversos programas que permitem efectuar cálculos usando DFT. Deixamos aqui uma ou duas sugestões para que os leitores mais curiosos possam experimentar por eles próprios: GAMESS[3], um óptimo e completo programa de Química Quântica, com o qual se podem calcular propriedades moleculares com diversos níveis de precisão; ABINIT[4] e PWSCF[5], dois programas livres e extremamente poderosos para estudar sólidos. Para além disto, o ABINIT inclui um tutorial extraordinário com o qual se pode aprender muita Física do Estado Sólido.



Superfície de densidade constante da citosina, uma das componentes do ADN. Os átomos constituintes são: carbono (verde), hidrogénio (branco), azoto (azul) e oxigénio (vermelho). A superfície foi colorida com o valor do potencial electrostático.

CONCLUSÕES

Embora extremamente poderosa, a teoria dos funcionais da densidade desenvolvida por Walter Kohn tem algumas limitações. Há materiais para os quais esta teoria, mesmo com as aproximações mais recentes para o potencial de troca e correlação, dá resultados pouco precisos, ou mesmo qualitativamente errados. Na Física, um exemplo clássico é o dos materiais altamente correlacionados, como o óxido de níquel ou as cerâmicas supercondutoras. Na Química os problemas mais frequentemente mencionados são a interacção de van der Waals, as excitações de transferência de carga, etc. Claramente, os limites da DFT são os limites das aproximações existentes para o potencial de troca e correlação. A investigação nesta área continua, e

novos $v_{xc}[\rho](\vec{r})$ aparecem todos os anos pelas mãos de cientistas como, por exemplo, os norte-americanos John Perdew e Axel Becke. A investigação também continua para encontrar novas extensões da DFT e para melhorar as extensões já existentes.

É difícil prever o futuro da DFT. Com o desenvolvimento dos computadores, a DFT poderá ser aplicada a sistemas cada vez maiores e mais complexos. Para além disso, a melhoria das ferramentas que temos disponíveis, tanto teóricas como computacionais, dar-nos-á acesso a novas propriedades e a uma maior precisão. Estaremos assim cada vez mais perto do sonho que consiste em ter um laboratório virtual dentro do nosso computador, que nos permita compreender a matéria, natural ou artificial, que nos rodeia.

PARA SABER MAIS

1. P. Hohenberg and W. Kohn, *Phys. Rev.* **B 136**, 864 (1964); W. Kohn and L. J. Sham, *Phys. Rev.* **A 140**, 1133 (1965). São os dois artigos seminais da DFT.

2. http://nobelprize.org/chemistry/laureates/1998/index.html. A página com informação oficial sobre o prémio Nobel de Walter Kohn e John Pople.

3. http://dft.rutgers.edu/dftbook.html. Um livro (incompleto) sobre DFT escrito por Kieron Burke. É um óptimo recurso para aprender as bases da teoria.

4. W. Koch and M. C. Holthausen, *A Chemist's Guide to Density Functional Theory*, Wiley-VCH, Weinheim, 2ª ed., 2002; R. G. Parr and W. Yang, *Density-Functional Theory of Atoms and Molecules*, Oxford University Press, New York, 1989. São dois manuais básicos sobre a DFT.

5. *A Primer in Density Functional Theory*, Springer Lecture Notes in Physics, **620**, 2003, C. Fiolhais, M. Marques and F. Nogueira, Eds.

NOTAS

[1] http://www.gaussian.com/

[2] http://cms.mpi.univie.ac.at/vasp/

[3] http://www.msg.ameslab.gov/GAMESS/GAMESS.html

[4] http://www.abinit.org/

[5] http://www.pwscf.org/

Em 2003 o Prémio Nobel da Medicina foi atribuído a Paul Lauterbur (Estados Unidos) e a Peter Mansfield (Grã-Bretanha) pelas suas descobertas na área da imagiologia por ressonância magnética (MRI). Estas descobertas permitiram obter melhores imagens dos órgãos internos do homem e conduziram à tomografia por ressonância magnética, que representa um avanço significativo para a medicina e a investigação médica.

A imagiologia por ressonância magnética é actualmente uma técnica comum de diagnóstico médico, continuando a desenvolver-se em todo o mundo numerosos trabalhos nesta área. Com este método, não só os diagnósticos têm vindo a ser melhorados, mas também os riscos do exame e o desconforto do paciente têm vindo a ser reduzidos.

Peter Mansfield fala-nos da sua investigação, do papel da ciência na sociedade e do modo como o Nobel afectou a sua vida. A *Gazeta* publica extractos da entrevista dada por Peter Mansfield aos investigadores José Pedro Marques e George Morrison, na Universidade de Nottingham, no Verão de 2004. Uma versão completa desta entrevista encontra-se em *Europhysics News*, **37** (2006) 26.

Entrevista de

JOSÉ PEDRO MARQUES
jose.p.marques@gmail.com

GEORGE C. MORRISON
g.c.morrison@bham.ac.uk

Entrevista a Peter Mansfield

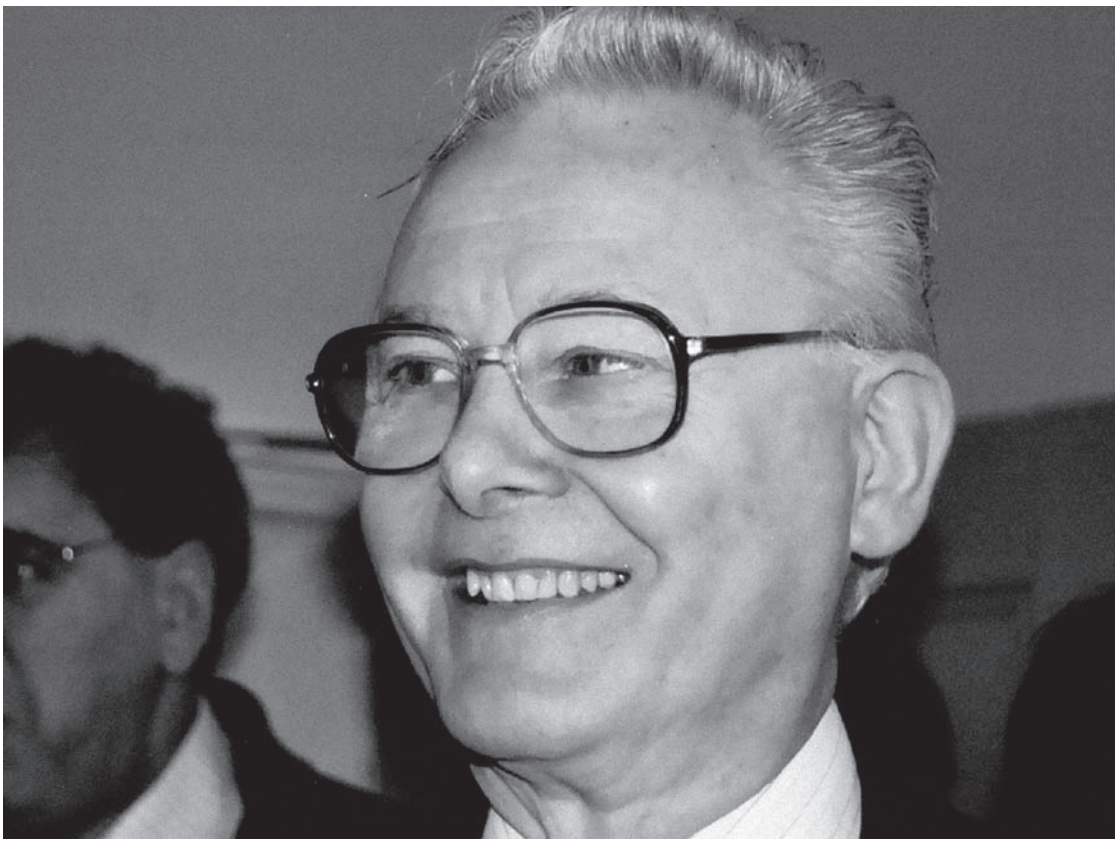
HÁ UM PROBLEMA DE FALT DE CONFIANÇA NA CIÊNC

P. - Poderia explicar-nos por que é que a ressonância magnética (MRI) continua a ser um tópico de investigação nas universidades enquanto a tomografia computorizada (CT) passou rapidamente para a indústria? Como é que os departamentos de Física conseguiram ter um papel tão importante no desenvolvimento da MRI?

R. - Penso que isso se deve à natureza da radiografia de raios X. Há muitos anos, cerca de cem, que os raios X são utilizados internacionalmente nos hospitais, tendo-se acumulado muitos anos de experiência e de especialização na compreensão das imagens de raios X. A tomografia computorizada foi precisamente um desenvolvimento da imagiologia de raios X e, por isso, teve aplicações imediatas no meio hospitalar, onde havia uma longa experiência na interpretação de imagens de raios X. Na imagiologia por ressonância magnética (MRI) não só se está a utilizar um tipo de imagem diferente, como também a física utilizada no método não é ainda compreendida por muitos radiologistas. Penso que nos EUA houve uma grande abertura à nova modalidade de imagiologia. Isso deve-se a uma geração de radiologistas jovens que estão a espalhar o método não apenas devido ao seu trabalho como médicos, mas também pelas aplicações especializadas que eles próprios têm concretizado. A diferença entre o Reino Unido e os EUA é que nos EUA os radiologistas fazem, de um modo geral, doutoramento enquanto no Reino Unido isto não acontece.

TA

CIA



No entanto, penso que foi essa a razão que não permitiu a generalização da MRI. Foram, em parte, os próprios radiologistas que o impediram. E a razão porque a MRI se manteve nas universidades deve-se ao interesse dos estudantes de doutoramento de física e, em alguns casos, de medicina que pegaram no tema e o desenvolveram. Apesar de o método ter sido parcialmente inventado no nosso país, nós fomos muito lentos a usá-lo. Na verdade, Paul Lauterbur fez o seu trabalho, mas no início não foi muito bem aceite...

P. - E agora voltou à química ...

R. - Sim, não sei precisamente porquê, mas penso que foi por considerar que já não havia mais nada a acrescentar no que se refere à aplicação da MRI à medicina. Talvez ele tenha razão, talvez todos nós devêssemos regressar a outras coisas! É claro que não diria isto diante dos nossos estudantes…

P. - Mas referiu-se a muito trabalho nesta área a decorrer nos EUA… Quais são os possíveis aperfeiçoamentos e desenvolvimentos da MRI que gostaria de ver?

R. - Neste momento preocupo-me com as condições de segurança. Desde o início que me preocupei com a existência de campos magnéticos estáticos muito intensos. Mas há outros problemas, nomeadamente o efeito das correntes induzidas no corpo humano. Quando lidamos com este tipo de imagiologia, ligamos e desligamos campos magnéticos muito rapidamente, dando origem a correntes induzidas no corpo que poderão interferir com o ritmo cardíaco...

P. - *Pacemakers* e dispositivos semelhantes...

R. - Bem, essa é uma das razões porque excluímos qualquer pessoa que tenha um *pacemaker*. Uma pessoa com um *pacemaker* não se deve aproximar de um magnete. Mas a minha preocupação era eu não conhecer o efeito dos campos magnéticos estáticos. Entretanto o National Radiological Protection Board (Comissão Nacional de Protecção Radiológica) de Harvard interessou-se por esta nova técnica de imagiologia e nomeou uma comissão para estabelecer as regras de utilização segura da MRI, não só para os doentes como também para as pessoas que operam com as máquinas. Estabeleceram o valor de 2,5 tesla para o campo magnético estático máximo que era permitido utilizar e até hoje este limite ainda não foi alterado. Mas nós estamos a utilizar 3 tesla e fala-se em adquirir um magnete de 7 tesla[1]. Com estes campos fortes pode ocorrer um efeito magneto-hidrodinâmico devido ao fluxo do sangue através do campo magnético. O sangue é um meio condutor que, ao atravessar o campo magnético, pode gerar uma diferença de potencial induzida através da aorta. Este potencial poderá interferir com o batimento cardíaco. Sabemos actualmente que este efeito ocorre e já foi medido no electrocardiograma de macacos sujeitos a campos

magnéticos muito fortes. Ora um macaco é pequeno. Se vamos usar campos de 7 tesla em seres humanos, bem maiores que os macacos, podemos ter problemas. Outro problema consiste nas correntes induzidas. Variando muito rapidamente o campo, as pessoas têm tido sensações estranhas a nível do torax e dos ombros.

P. - Mas pode-se fazer algo em relação a este problema? As suas preocupações têm conduzido a melhoramentos práticos?

R. - Sim, na verdade, neste momento estou a trabalhar em dois problemas distintos. Em primeiro lugar, o problema dos campos eléctricos induzidos que resultam dos campos magnéticos aplicados e dão origem a correntes eléctricas que circulam no corpo. Publicámos recentemente um artigo e registámos uma patente relacionados com este tópico. O outro problema diz respeito aos efeitos acústicos que são muito sérios e podem ser perigosos. Conseguimos reduzir o nível acústico de cerca de 50 decibéis, mas ainda estamos numa fase de testes.

P. - Significa isso que conseguiram reduzir de 130 db para 80 db, o máximo recomendado?

R. - Sim, mas é muito difícil conseguir esta redução tão elevada do ruído. As técnicas apresentadas até hoje conseguem no máximo reduzir o ruído de 30 decibéis. Pensamos, pois, que estamos a ir no caminho certo, mas ainda temos de convencer a indústria de que deveria levar mais a sério o nosso trabalho. Até agora ainda não agarraram o desafio, possivelmente porque têm as suas próprias equipas de investigação também a trabalhar neste tópico.

P. - Que importância tem a ligação entre a investigação universitária em física e a indústria?

R. - Acho que a ligação entre grupos de investigação e a indústria é importante se houver algo que possa ter uma importância comercial, mas não creio que todas as áreas da física, ou da química, por exemplo, tenham aplicação. Poderão, com o tempo, vir a ser relevantes a esse nível, mas não deveria haver qualquer tipo de pressão sobre os investigadores no sentido de trabalharam com empresas para conseguirem patrocínios para os seus projectos. Acho que essa é uma perspectiva negativa.

P. - Mas existe essa tendência...

R. - Existe, e não é negativa para as investigações que tenham potencial para ser usadas na indústria. É uma ajuda financeira, quer para os investigadores quer para as universidades. Mas também pode, se não tivermos cuidado, criar investigadores de primeira e de segunda. Os que têm fundos e patrocínios para sustentar o trabalho de investigação podem vir a ser tratados de forma diferente, e isso não é bom. Aliás, o doutor X, que trabalha sem quaisquer apoios, pode vir a fazer descobertas importantíssimas. Esta é a minha opinião. E penso que neste aspecto temos sido uma classe privilegiada porque temos tido financiamentos, patentes, direitos de autor, e isso tem sido positivo para o desenvolvimento da Universidade.

P. - Mas ainda assim reconhece a importância da investigação pura?

R. - Absolutamente. Acho que é fundamental que continue a existir. Seria desastroso se aqueles que trabalham na investigação fundamental, por vezes discretamente no seu canto, fossem ignorados.

P. - Mas não acha que a indústria deveria financiar mais a investigação universitária?

R. - Eu acho que as tentativas de ir buscar dinheiro à indústria, acenando com benefícios fiscais, é errada. A indústria já contribui muito para os impostos e acho que antes de mais é preciso perceber se o trabalho que se lhes pede para financiar é ou não importante para eles. O que nos leva à resposta anterior. O grande problema, na minha opinião, é que temos demasiadas universidades e, consequentemente, cada vez menos possibilidades de angariação de fundos. E muita coisa seria facilitada se transformássemos uma grande parte dessas universidades em politécnicos.

P. - Concorda que existe, actualmente, na opinião pública uma desconfiança em relação ao cientista e à ciência e já não só por causa da energia nuclear? Se sim, qual acha que pode ser a solução para este problema?

R. - É verdade que há um problema de falta de confiança na ciência e nos cientistas, mas apenas porque alguns deles erraram, ou porque, mesmo não tendo errado, foram alvo de interpretações erradas por parte dos políticos. Um desses exemplos é a crise das vacas loucas, durante a qual o governo só disse asneiras. É este tipo de coisas que contribui para criar um clima de desconfiança.

P. - Mas estariam a ser bem aconselhados cientificamente...

R. - Sim, mas esses conselheiros também poderiam estar errados. A doença das vacas loucas é um exemplo e a SIDA é outro. Se os responsáveis tivessem tido outro tipo de aproximação ao problema, talvez ele não tivesse tomado as proporções que tem hoje em dia. Há um grande número de situações que poderiam ter sido evitadas se se lhes desse atenção na altura própria, em vez das políticas de *laissez faire*…

P. - Acha que as coisas seriam diferentes se houvesse maior conhecimento das iniciativas científicas? Ou seja, muita da

desconfiança do público resulta, como afirmou, de serem erradamente imputadas culpas aos cientistas?

R. - Não sei se terão que ser apenas os cientistas a mudar. Os governos também têm um papel importante nos dias que correm, e são responsáveis pela difusão da informação sempre que isso afecte a saúde pública, uma coisa que, em geral, não fazem.

P. - Então são os cientistas que acabam como culpados...

R. - Ou são os governos ou são os grandes grupos comerciais e industriais. Normalmente não são os cientistas, mas os que lhes são hierarquicamente superiores que escolhem usar ou ignorar os resultados das investigações e há exemplos disso nas indústrias do carvão ou do amianto. Ou, mais actualmente, na grande indústria das telecomunicações, que é uma máquina de fazer dinheiro. Por isso eu não culpo tanto os cientistas, mas mais os políticos e os administradores dos grandes grupos que acham que qualquer fuga de informação lhes pode prejudicar os negócios.

P. - Acha que as sociedades científicas poderão ter aí um papel importante e mais activo, informando o público, por exemplo?

R. - Eu acho que já estão a ter esse papel.

P. - Um pouco por toda a Europa registou-se nos últimos tempos uma descida acentuada no número de estudantes que procuram a física, a química e algumas engenharias. Acha que se deve procurar uma solução para inverter esta quebra de interesse? Acha, por exemplo, que os especialistas deviam ganhar mais?

R. - Eu acho que uma das razões porque se está a perder o interesse pelas áreas científicas é precisamente pelas fracas remunerações profissionais. Actualmente, pode-se fazer qualquer outra coisa, que não ciência, e ganhar muito mais por isso. Isto no caso de Inglaterra, que é o único exemplo que posso usar.

P. - Passa-se o mesmo um pouco por toda a Europa...

R. - E isso também acontece porque há, hoje em dia, muitos cientistas. E a situação vai piorar com esta intenção de o governo incentivar cada vez mais jovens a fazerem um curso universitário. Um destes dias, qualquer varredor ganhará mais do que um licenciado.

P. - Ultimamente refere-se muito este século como o século da biologia, em contrapartida ao século XX que foi o da física. Concorda? Ou a diferença não será assim tão grande se pensarmos que praticamente todas as ciências precisam da física, e vice-versa?

R. - Eu acho que o futuro passa pela interdisciplinaridade. Mas penso que será proveitoso manter as bases da física, da química, da matemática e da biologia separadas. No entanto, e isso já acontece há algum tempo, a investigação actual passa por uma interacção com médicos e biólogos e vai continuar. A interdisciplinaridade é muito positiva, e deve ser encorajada, porque traz visões e experiências completamente diferentes às investigações. O que me preocupa é para onde vão os fundos destinados à investigação. Eu tenho tido muita sorte, como físico, porque tenho trabalhado com fundos destinados à investigação médica. Mas isso vai alterar-se porque cada vez há menos dinheiro disponível para a ciência e investigação interdisciplinar e mais para a investigação médica, como tal. O problema resolver-se-ia com a criação de fundos para as várias ciências, reunidos numa só agência que coordenasse a investigação interdisciplinar. Isso não existe em Inglaterra, mas penso que seria uma boa solução.

P. - O que significou para si o Prémio Nobel?

R. - Foi um triunfo do meu ponto de vista sobre todos os que se me opuseram ao longo dos anos. E houve muitos... Todos aqueles que disseram, "*isso nunca vai resultar*", ou que, quando mostrávamos uma imagem, diziam "*sim, sim, resulta num dedo mas nunca resultará com a cabeça*" e, quando obtivemos uma imagem da cabeça, comentaram "*sim, está óptimo, mas nunca dará para observar o coração*". E nós tivémos que ouvir isso durante anos. Por isso, o prémio colocou as coisas no seu devido lugar. Toda a irritação que sentimos ao longo dos anos, agora está para trás das costas, e isso dá-me uma grande satisfação.

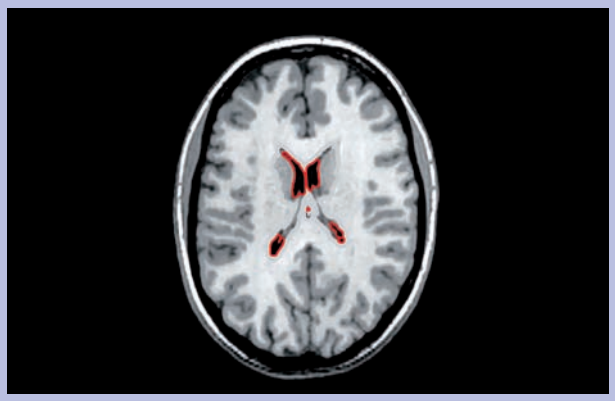
P. - E também lhe trouxe mais trabalho?

R. - Claro, esse é o outro lado de receber um prémio como este... Também recebo convites de todo o mundo, aos quais infelizmente não posso aceder por problemas de saúde. Tenho pena de não poder ajudar mais, mas posso fazê-lo a nível europeu, o que já é bom.

NOTAS

[1] Está em funcionamento desde o Verão de 2005 um magnete de 7 tesla.

BREVES NOTAS SOBRE A IMAGIOLOGIA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA



No início da década de 1970 a ressonância magnética nuclear (NMR, do inglês *Nuclear Magnetic Resonance*), já conhecida desde os anos 30, e usada por físicos e químicos por exemplo no estudo de estruturas moleculares, deu origem a uma nova técnica de diagnóstico de grande utilidade no campo da medicina.

Por causa das conotações negativas da palavra "nuclear" esta técnica de diagnóstico passou a ser designada por imagiologia por ressonância magnética (MRI, do inglês *Magnetic Resonance Imagiology*). Já se sabia nos anos 70 que diferentes tecidos humanos eram caracterizados por diferentes parâmetros em termos de ressonância magnética nuclear, mas não se sabia ainda como tratar a informação recolhida.

As primeiras imagens de ressonância magnética, ou mapas de densidade de spin de protões foram obtidas por Paul Lauterbur usando gradientes de campo magnético e publicadas na revista *Nature* em 1973 [1]. No mesmo ano, Peter Mansfield propôs um método diferente – a construção da imagem usando o espaço dos momentos (espaço dos *k*) – inspirado em trabalhos de difracção em óptica. Nos seus trabalhos recorreu a placas de cânfora, cujos perfis foram observados no espaço das frequências por aplicação de um gradiente de campo magnético [2].

Em 1974 Garroway, Grannell e Mansfield verificaram que combinando a aplicação do gradiente do campo magnético com a possibilidade de usar uma estreita banda de frequências do sinal de radiofrequência (RF) se podiam seleccionar fatias finas de material [3].

Até 1976 foram feitas imagens de MRI usando essencialmente tubos de teste e vegetais. A primeira imagem em seres vivos é de um dedo de um estudante obtida por Mansfield e Maudsley [4].

Novos desenvolvimentos neste campo foram obtidos por Mansfield em 1977 no sentido de melhorar as condições de obtenção de imagens [5] e em 1986 implementando métodos destinados a reduzir as correntes induzidas nos magnetes permitindo obtenção de imagens de forma mais rápida [6]. Um dos problemas associados às técnicas rápidas desenvolvidas nas últimas duas décadas, incluindo imagiologia eco-planar (EPI, do inglês *Echo Planar Imaging*) e imagiologia eco-volumar (EVI, de *Echo Volumar Imaging*) [7], é o elevado nível de ruído. Por esta razão alguns dos trabalhos mais recentes nesta área pretendem investigar a origem desse ruído e a maneira de o reduzir [8].

Apesar de a técnica de MRI estar disponível em muitos hospitais a partir da década de 1980, foi apenas em 2003 que Lauterbur e Mansfield foram distinguidos com o Prémio Nobel da Medicina e Fisiologia, pelo seu contributo nesta área.

REFERÊNCIAS

[1] P. Lauterbur, *Nature*, **242**, (1973),190.

[2] P. Mansfield and P. K. Grannell, *J. Phys. C: Solid State Phys.*, **6**, (1973), L422.

[3] A. N. Garroway, P. K. Grannell and P. Mansfield, *J. Phys. C*, **7**, (1974), L457.

[4] P. Mansfield, A. A. Maudsley and T. Baines, *J. Phys. C*, **9**, (1976), 271.

[5] P. Mansfield, *J. Phys. C*, **10**, (1977), L55.

[6] P. Mansfield and B. Chapman, *J. Magn. Reson.*, **66**, (1986), 573.

[7] P. Mansfield, A. M. Howseman and M. Ordidge, *J. Phys. E. Sci. Instrum.*, **22**, (1989), 324.

[8] P. Mansfield, P. Glover and R. Bowtell, *Meas. Sci. Technology*, **5**, (1994), 1021.

Bolhas de sabão explicam instabilidade dos buracos negros

Constante de Hubble medida directamente

Experiência prova oscilação dos neutrinos

Novo elemento químico

Novos parentes exóticos do protão e do neutrão

Nobel da Física 2006 premeia trabalho sobre a origem do universo

Plutão, planeta anão

A "Gazeta" agradece aos seus leitores sugestões de notícias do mundo da Física. gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA NO MUNDO

BOLHAS DE SABÃO EXPLICAM INSTABILIDADE DOS BURACOS NEGROS

Dois físicos portugueses, Vítor Cardoso e Óscar Dias, que trabalham respectivamente nos EUA e no Canadá, usaram bolhas de sabão para, através de uma analogia com a mecânica dos fluidos, explicar a instabilidade num tipo de buracos negros, as "cordas negras". Este tipo de buraco negro tem origem na teoria das supercordas. No entanto, e apesar de se saber desde 1993 que a solução era instável, pelo que tenderia a desintegrar-se, o mecanismo físico que lhe dava origem nunca tinha sido compreendido. O trabalho dos dois portugueses publicado em Maio na *Physical Review Letters* esclarece a questão.

Cardoso e Dias demonstraram que a desintegração da corda negra é comparável à quebra do fluxo do fluido em gotas. A sua instabilidade faz com que se parta em pequenos fragmentos, tal como uma torneira a pingar.

A solução consiste em encarar a corda negra como um fluido com tensão superficial, à semelhança de um líquido a escoar ao longo de um cilindro, como acontece nas canalizações que levam a água às torneiras. Qualquer perturbação que se introduza nesse cano vai alterar o fluxo do fluido, quebrando-o em gotas esféricas, o mesmo que se passa quando a água que escoa de uma torneira deixa de fluir continuamente passando a gotejar.

CONSTANTE DE HUBBLE MEDIDA DIRECTAMENTE

De acordo com medições independentes da constante de Hubble efectuadas por uma equipa de astrónomos verificou-se que o Universo pode ser maior e mais antigo do que até hoje se julgava. Para chegar a este resultado, a equipa concebeu e pôs em prática novos métodos para determinar distâncias intergalácticas.

Através da recolha de dados provenientes de telescópios de diversos tamanhos, a equipa de 15 astrónomos, liderados por Alceste Bonanos, estudou uma estrela binária (um par de estrelas que gravitam em torno uma da outra) da galáxia Triangulum, e determinou a massa, velocidade e temperatura das estrelas, que se eclipsam a cada cinco dias.

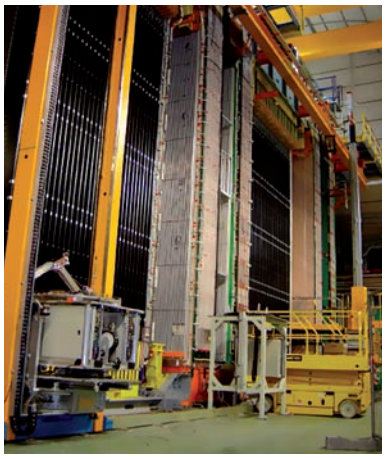
Com estes dados calculou a sua luminosidade intrínseca que, quando comparada com a luminosidade medida na Terra, determina a distância destas estrelas à Terra – a maior distância alguma vez medida directamente, e próxima do limite máximo permitido pelos mais potentes telescópios.
A surpresa foi o valor obtido: 3,14 milhões de anos-luz, ou seja, 15% mais do que se esperava.

O trabalho desta equipa teve uma outra consequência: a obtenção de um novo valor para a constante de Hubble, 15% mais baixo do que estimado até aqui.

Ora, como a constante de Hubble é usada para determinar os limites espaço-temporais do Universo, segundo os novos resultados, o Universo é 15% maior e 15% mais velho (terá 15,8 milhares de milhões de anos) do que o que se julgava.

No entanto, e segundo os próprios autores, o resultado não pode ainda ser considerado definitivo, uma vez que resulta de uma única medição da distância.

EXPERIÊNCIA PROVA OSCILAÇÃO DOS NEUTRINOS



Foi inaugurado no Instituto Nacional de Física Nuclear italiano, em Setembro, um novo equipamento, a "Ópera", que permitirá aos cientistas provar que o neutrino, a mais pequena e misteriosa das partículas elementares, muda de natureza durante a sua existência.

Os sensores da "Ópera" – uma estrutura de 1800 toneladas e 30 metros de altura construída numa galeria subterrânea, nos montes Abruzos – vão ser bombardeados durante cinco anos por milhares de milhões de neutrinos do muão. Durante esta complexa experiência os cientistas esperam testemunhar até 14 oscilações dessas partículas, as quais acabarão por se converter em neutrinos do tau.

Este tem sido um dos grandes mistérios da Física de Partículas. Produzidos no centro das estrelas, os neutrinos são as partículas elementares mais leves. Existem em três variedades, neutrino do electrão, do muão (200 vezes mais pesado do que o electrão) e do tau (6000 vezes mais pesado), e são tão minúsculos que, durante muito tempo, os físicos se interrogaram sobre se teriam massa.

Com a "Ópera" os cientistas europeus esperam vir a provar, a partir de 2007, que as partículas evaporadas se transformam em neutrinos do tau.

NOVOS PARENTES EXÓTICOS DO PROTÃO E DO NEUTRÃO

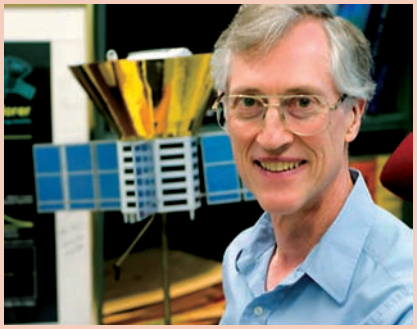
Duas novas partículas formadas por quarks foram detectadas recentemente no acelerador do Fermilab, um Laboratório Nacional dos Estados Unidos da América. As partículas raras, denominadas Σ_b, vêm alargar a tabela dos bariões contribuindo para uma melhor percepção do modo como a matéria é construída a partir dos quarks.

O termo "barião" designa as partículas subatómicas de spin semi-inteiro que participam na interacção forte. O nome deriva do grego *barys* que significa pesado e foi escolhido pelo facto de a família dos bariões incluir partículas de massa igual ou superior à do protão. Os bariões, uma subclasse dos hadrões (partículas que interaccionam através da força forte) são constituídos por três quarks. Os nucleões (protões e neutrões) e os hiperões são exemplos de bariões.

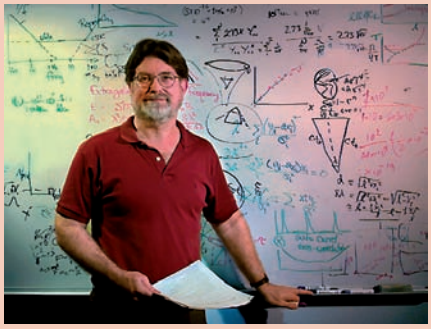
Os dois tipos de partículas Σ_b, cerca de seis vezes mais pesados que o protão, são constituídos por dois quarks *up* e um quark *bottom*, (*uub*) ou dois quarks *down* e um *bottom* (*ddb*). Os nucleões são, com se sabe, (*uud*) para os protões e (*ddu*) para os neutrões. As novas partículas têm vidas médias muito pequenas, decaindo em fracções de segundo.

Através da utilização do acelerador Tevatron, do Fermilab, os físicos conseguiram recriar as condições verificadas no início do Universo, reproduzindo a matéria exótica que abundava pouco após o *Big Bang*.
A matéria que nos rodeia é toda feita de quarks *up* e *down*, mas as formas exóticas contêm outros tipos quarks. A teoria dos quarks prevê seis tipos de bariões que contêm um quark *bottom*, e spin 3/2. A descoberta dos dois Σ_b vem confirmar parte dessa previsão.

NOBEL DA FÍSICA 2006 PREMEIA TRABALHO SOBRE A ORIGEM DO UNIVERSO



John C. Mather



George F. Smoot

Os norte-americanos John C. Mather, astrofísico no Centro Espacial Goddard da NASA, e George F. Smoot, professor na Universidade de Berkeley, receberam o prémio Nobel da Física de 2006 pelo trabalho que realizaram sobre o universo primordial.

Segundo o comunicado da Real Academia Sueca das Ciências, os dois investigadores foram recompensados pelos "trabalhos efectuados sobre a origem do universo numa tentativa para melhor compreender a origem das galáxias e das estrelas". De acordo com a teoria do *Big Bang*, o cosmos formou-se há cerca de 13,7 mil milhões de anos com uma gigantesca explosão de energia.

John C. Mather e George F. Smoot foram fundamentais no desenvolvimento da experiência realizada com a ajuda do satélite Cosmic Background Explorer (COBE) – em português Explorador do Fundo Cósmico –, durante a qual se descobriram pequenas variações de temperatura na radiação cósmica de fundo, o banho de radiação que se conseguiu mover livremente através de todo o universo após a combinação dos electrões com os núcleos atómicos.

A radiação cósmica de fundo foi observada pela primeira vez em 1960 por Arno Penzias e Robert Wilson, nos Laboratórios Bell, trabalho que lhes valeu um Prémio Nobel. Nessa altura supôs-se que a radiação de fundo não deveria ser totalmente uniforme através de todo o espaço, visto que as galáxias que agora se vêem se tiveram de formar a partir de pequenas irregularidades na distribuição de massa do plasma quente que constituía o universo antes de surgirem os primeiros átomos. No entanto, não se sabia ainda qual seria a dimensão dessas irregularidades. Em 1992 o grupo de físicos envolvidos no COBE, incluindo Smoot e Mather, anunciaram a descoberta de variações da ordem de 1 por 100 mil num fundo com a temperatura média de 2,7 K.

O satélite COBE foi lançado no dia 18 de Novembro de 1989, transportando três instrumentos: o DIRBE (Diffuse InfraRed Experiment) que pretendia detectar e medir a radiação cósmica de infra-vermelhos, o DMR (Differential Microwave Radiometers) com o objectivo de mapear com precisão a radiação cósmica de microondas, e o FIRAS (Far-InfaRed Absolute Spectrophotometer) para comparar a radiação cósmica de microondas com a radiação de um corpo negro. John C. Mather dirigiu a equipa do FIRA e George F. Smoot a equipa ligada ao DMR.

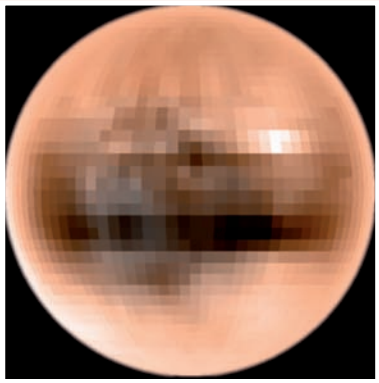
O COBE foi o primeiro satélite a medir as variações da radiação cósmica de fundo e o primeiro a medir com grande precisão a temperatura média do universo, que é 2,726 K (ver http://www.aip.org/pnu/1993/split/pnu109-1.html). Os detectores posteriores, incluindo os das experiências Boomerang e o DASI, vieram só melhorar os resultados do COBE (ver http://www.aip.org/pnu/2001/split/537-1.html).

No entanto, as medições mais recentes e mais precisas do CMB foram obtidas pelo detector WMAP que, além de apresentar os melhores dados sobre a radiação de fundo, obteve ainda os melhores valores de importantes parâmetros cosmológicos tais como a idade do universo, a curvatura do espaço-tempo e a idade do universo quando se formaram os primeiros átomos e as primeiras estrelas (ver http://www.aip.org/pnu/2006/split/769-1.html).

Os interessados poderão encontrar mais informação em artigos do *Scientific American*, de Janeiro de 1990, sobre o COBE, de Maio de 1978, sobre o *Big Bang* e a descoberta do CMB e de Maio de 1984, sobre o modelo cosmológico inflacionário.

A cerimónia de entrega dos Prémios Nobel realiza-se em Estocolmo a 10 de Dezembro.

PLUTÃO, PLANETA ANÃO



Numa noite de boa visibilidade e num local longe de poluição luminosa, é possível observar sem o auxílio de qualquer instrumento, míriades de objectos celestes. Não há dúvida de que os objectos que mais sobressaem são as estrelas.

No entanto, existem outros objectos que aparentam mover-se no céu em relação ao "pano de fundo" de estrelas. Na Antiguidade as pessoas observaram o "movimento" destes corpos e acabaram por lhes atribuir a designação de planetas, expressão proveniente da palavra grega "errantes". Na altura, este conceito de planeta foi baseado nas poucas informações que se obtinham destes objectos, observados a olho nu.

Com o desenvolvimento da ciência, foram descobertos cada vez mais objectos celestes e a compreensão dos mesmos foi e continua a ser melhorada, o que, consequentemente, põe em causa alguns conceitos centenários.

A descoberta de novos objectos, nas regiões exteriores do sistema solar, com dimensões comparáveis e mesmo superiores às de Plutão, veio colocar em causa o significado da palavra planeta.

Na 26.ª Assembleia Geral da União Internacional de Astronomia, realizada este ano em Praga, na qual participaram mais de 2500 astrónomos, foi votada uma resolução que visou a criação de uma definição científica de planeta. Como a resolução foi aprovada, a palavra "planeta" passou a ter um novo significado.

Todos os corpos no sistema solar, com a excepção dos satélites naturais, foram integrados em três categorias: planeta, planeta anão e pequenos corpos. A classificação faz-se do seguinte modo:

1 - Um planeta é um objecto celeste que:

a) se encontra em órbita em torno do Sol;

b) possui massa suficiente para se manter em equilíbrio hidrostático (possuindo assim uma forma aproximadamente esférica);

c) tem a vizinhança da sua órbita "livre" de outros objectos.

2 - Um planeta anão é um objecto celeste que:

a) se encontra em órbita em torno do Sol;

b) possui massa suficiente para se manter em equilíbrio hidrostático (possuindo assim uma forma aproximadamente esférica);

c) não tem a vizinhança da sua órbita "livre" de outros objectos;

d) não é um satélite.

3 - Todos os outros objectos que não se enquadram nas categorias acima descritas, serão designados por "pequenos corpos" do sistema solar.

As definições acima referidas são feitas no contexto do sistema solar. Para generalizar as definições de planeta e de planeta anão, basta acrescentar que estes dois tipos de objectos orbitam uma estrela (no caso do sistema solar, o Sol) sem que eles próprios sejam estrelas. É que existem no Universo muitos sistemas binários, em que duas estrelas se orbitam mutuamente e obviamente nem uma nem outra é um planeta.

Com a referida resolução, Plutão passou de planeta para planeta anão, e o sistema solar passou a ter apenas oito planetas. A despromoção de Plutão deve-se ao facto de este corpo não obedecer a um dos requisitos da nova definição de planeta – a sua órbita reside numa zona, conhecida por cintura de Kuiper, onde se localizam muitos outros objectos. Assim, a vizinhança da sua órbita não se encontra "livre".

Plutão não se encontra sozinho na categoria de planeta anão. Um corpo descoberto em 2003 em órbita do Sol na cintura de Kuiper, com o nome provisório "2003 UB 313", também está inserido nesta categoria. Ceres, o maior asteróide da cintura de Asteróides também passou a ser chamado planeta anão.

Corpos como os cometas e a maioria dos asteróides e objectos transneptunianos, passaram a ser classificados como "pequenos corpos" do sistema solar.

Para ver uma ilustração dos planetas e planetas anões do sistema solar, consulte http://www.oal.ul.pt/astronovas/planetas/pluto.jpg.

Texto (editado) da Newsletter Astronovas, do Observatório Astronómico de Lisboa e Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa.

FÍSICA EM PORTUGAL

Física no Porto é caso de sucesso

Voos parabólicos

Sábados à descoberta da matemática e da física

"Milipeia" disponível em Dezembro

Investigadores da Universidade de Coimbra à conquista do espaço

Físicos portugueses cooperam com o Nobel da Física 2005

Participação portuguesa na Conferência Internacional de Estudantes de Física

Prémios "Jovens Cientistas"

Experiências de física através da Internet

Prémio Rómulo de Carvalho para Carlos Fiolhais

Distribuição do guia "Comunicar Ciência"

Rómulo de Carvalho | António Gedeão
O diálogo dos saberes

A "Gazeta" agradece o envio de notícias para esta secção.

gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA NO PORTO É CASO DE SUCESSO

A Faculdade de Ciências do Porto recebeu, este ano, 43 por cento dos alunos que concorreram em todo o país ao curso superior de Física. Contrariamente ao panorama geral que se vive desde há alguns anos e em que se verifica uma diminuição, em todo o país, da procura dos cursos de Física – em Coimbra entraram apenas cinco alunos – a Faculdade de Ciências do Porto revelou-se um caso de sucesso. Das 40 vagas que tinha para Física, apenas duas ficaram por preencher na primeira fase do concurso e dos 38 estudantes que agora iniciam o curso de Física, nove têm médias iguais ou superiores a 19 valores e três têm mesmo nota de 20. Este êxito é ainda mais relevante pelo facto de, no passado recente, o Departamento de Física do Porto ter passado por uma fase difícil em face da diminuição progressiva no número de alunos, que atingiu o seu auge em 2002.

Para inverter esta situação o departamento tem vindo a apostar no trabalho com os alunos do ensino secundário através de várias actividades. Entre estas destacam-se a Escola de Verão de Física, que este ano contou com a participação de 53 alunos, dos quais cinco entraram no curso de Física. O departamento promove

ainda, com o apoio da Fundação Gulbenkian, o projecto Faraday, em várias escolas do Grande Porto, procurando contribuir para uma melhor adaptação dos alunos do secundário ao futuro ensino superior. No mesmo sentido, o departamento criou também a Sala Eureka, onde os jovens podem trabalhar com vários equipamentos científicos.

A aposta num corpo docente dinâmico contribui igualmente para o êxito deste Departamento de Física junto dos candidatos ao ensino superior.

VOOS PARABÓLICOS

Duas equipas de estudantes do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto foram seleccionadas para uma missão de dez dias da ESA, a bordo do avião especial A300 ZERO G, durante a campanha de voos parabólicos que se realizou nos céus de Bordéus, França, em Agosto. As duas equipas – HeavyMetal (Diogo Fernandes, Lídia del Rio, Mariana Proença, Carlos Costa) e SkySickers (Francisco Silva, João Gil Ferreira, José Pedro Silva e Marcelo Barbosa) – apoiadas pelos professores Carla Carmelo Rosa e Helder Crespo, apresentaram à ESA dois projectos inovadores: o estudo dos modos de vibração de uma esfera de mercúrio e a dinâmica das transições de fase entre gases e líquidos.

SÁBADOS À DESCOBERTA DA MATEMÁTICA E DA FÍSICA

Desde 4 de Novembro que alunos do secundário e do primeiro e segundo ciclo do ensino básico, professores e pais interessados em ciência poderão descobrir a Matemática e a Física aos sábados, em Coimbra. As sessões dedicadas à matemática decorrem no Departamento de Matemática e as sessões de física realizam-se no Museu da Física.

A iniciativa, chamada “Sábados à Descoberta”, consiste em sessões organizadas pelos Departamentos de Matemática e de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, no âmbito do projecto "Actividades Matemáticas", cujo objectivo é incentivar e estimular o gosto pelas duas disciplinas, sendo os alunos confrontados com situações reais, perante as quais tentam descobrir conceitos e raciocínios.

As sessões começaram com os temas “Códigos e Criptografia” e “À Descoberta da Água”. Em 2007 continuam com “Magia Matemática” (13 de Janeiro), “À Descoberta do Som” (27 de Janeiro), “Relógios do Sol” (10 de Março), “À Descoberta da Luz” (19 de Maio) e “Andarilhanças” (9 de Junho).

"MILIPEIA" DISPONÍVEL EM DEZEMBRO

O super computador "Milipeia", o mais poderoso instrumento de cálculo do país, adquirido pela Universidade de Coimbra no quadro de um Projecto de reequipamento, foi instalado no Centro de Física Computacional desta Universidade. Em Dezembro, segundo Manuel Fiolhais, o coordenador da unidade, deverá estar aberto aos utilizadores.

O sistema tem 528 processadores, uma capacidade de armazenamento de 5000 gigabytes e uma memória central de 1000 gigabytes. Física de Partículas, Física de Matéria Condensada. Geofísica, Astrofísica, Matemática, Química, Bioquímica e Engenharias são algumas das áreas em que este computador será utilizado como instrumento da investigação. O investimento global no projecto rondou os 700 mil euros.

O nome “Milipeia”, inventado por Pedro Vieira Alberto, um dos impulsionadores do projecto, tem origem no termo "milípede", que designa os insectos com centenas de patas que, para se deslocarem, têm de avançar de uma forma coordenada.

A "Milipeia" é cerca de dez vezes mais rápida do que a “Centopeia”, que tem 108 processadores e que estava em operação desde 1998. O sistema “Centopeia” passará a ser gerido pelo Laboratório de Instrumentação e Partículas, integrando a rede mundial que analisará dados do novo acelerador de partículas (LHC – Large Hadron Collider) do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN).

INVESTIGADORES DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA À CONQUISTA DO ESPAÇO

Uma equipa de investigadores do Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), está a desenvolver um protótipo de emulador de alta velocidade para a Agência Espacial Europeia (ESA). Um emulador é um software concebido para simular outros computadores, neste caso, utilizados no espaço.

Especificamente, está a ser desenvolvido um protótipo de alta velocidade para o processador LEON2 que será o processador-padrão usado em naves espaciais e satélites europeus da próxima geração.

Estudar por simulação os computadores que vão ser lançados para o

espaço é fulcral, pois, uma vez em órbita, as possibilidades de reparar um problema são muito reduzidas. Todos os problemas têm de ser detectados e corrigidos antes do lançamento. Para fazer os testes, os emuladores têm de ser muito rápidos.

O investigador Paulo Marques reuniu uma equipa e começou a criar um emulador muito mais rápido que os actualmente disponíveis. A primeira sonda da nova geração vai voar para o espaço já no final do corrente ano, segundo Paulo Marques.

FÍSICOS PORTUGUESES COOPERAM COM O NOBEL DA FÍSICA 2005

Uma das questões que mais inquieta os físicos é saber qual é o raio do protão. Um grupo de cientistas do Departamento de Física da Universidade de Coimbra foi escolhido para participar numa investigação em colaboração com Theoidor Hänch do Max-Planck Institut für Quantenoptik, Prémio Nobel da Física em 2005, que visa a determinação do raio do protão com uma precisão elevada.

O grupo de Coimbra é o responsável pelo desenvolvimento de instrumentação para a detecção dos raios X, uma componente importante da experiência. Os investigadores escolhidos são os únicos no mundo a conceber um tipo de detectores de raios X que, segundo o coordenador do grupo, Joaquim Santos, são de "última geração". Têm a capacidade de satisfazer as exigências do projecto que visa a medição precisa do raio do protão (precisão 10 vezes superior à actual).

Participam neste projecto, cujas experiências, estão a decorrer no Paul Scherrer Institute (PSI), Suíça, vários estudantes de licenciaturas, de doutoramento e de pós-doutoramento do Departamento de Física da FCTUC.

PARTICIPAÇÃO PORTUGUESA NA CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ESTUDANTES DE FÍSICA

Entre os dias 14 e 21 de Agosto decorreu em Bucareste, na Roménia, a XXI *Internacional Conference of Physics Students* (ICPS), que contou este ano com a presença de 293 participantes de cerca de 25 países da Europa e da América. O nosso país, que já organizou o evento (em Lisboa, em 1992 e em Coimbra, no ano de 1998), esteve representado por nove estudantes. A referida conferência internacional é o encontro anual da Associação Internacional de Estudantes de Física (IAPS). Foi iniciada em 1987 por iniciativa de alguns estudantes húngaros, tendo procurado e conseguido juntar estudantes de todo o mundo. A reunião tem por objectivo encorajar os estudantes de Física no seu trabalho académico num quadro internacional, promover relações entre alunos de diferentes universidades e ajudar estudantes de Física a estabelecer relações profissionais e a desenvolver parcerias com jovens físicos de todo o mundo.

A ICPS é inteiramente organizada por estudantes de Física, reunindo durante uma semana, em meados de Agosto, cerca de 400 estudantes, de graduação e de pós-graduação. A semana da ICPS é preenchida com diversas actividades, tais como a apresentação de trabalhos de estudantes (cada apresentação com a duração de 25 minutos). Portugal esteve este ano representado por João Ricardo Santos, da Universidade do Minho, que apresentou um trabalho sobre "Modelização da fotoluminescência anti-Stokes de soluções coloidais de pontos quânticos" e por Luís de Matos, da Universidade de Coimbra, com o trabalho "Alice no País das Maravilhas", no qual se apresenta um modelo para descrever a interacção entre mesões.

Estes dois estudantes foram seleccionados no Encontro Nacional de Estudantes de Física, que decorreu na Universidade do Minho entre os dias 24 e 26 de Março de 2006. Na ICPS realizaram-se ainda sessões de *posters*, excursões a lugares de interesse científico, cultural ou histórico, uma visita guiada à cidade anfitriã, uma reunião geral da IAPS, palestras e várias festas, incluindo as festas de boas vindas e de despedida e ainda uma festa nacional. Na festa nacional os participantes foram encorajados a partilhar a gastronomia e as tradições culturais dos respectivos países de origem. Na ICPS a língua utilizada é o inglês e o ambiente é informal e de amizade entre os participantes.

No evento houve também palestras com oradores convidados. Pierre Depommier, Professor da Universidade de Montreal – Canadá, falou sobre "O mistério do neutrino".

No próximo ano a ICPS terá lugar na Universidade de Londres, em Inglaterra.

Carla Oliveira (estudante da Universidade de Coimbra participante na XXI ICPS)

PRÉMIOS "JOVENS CIENTISTAS"

Um trabalho de Biologia sobre o declínio do montado e um outro de Física sobre o tempo de reacção (construção de um dispositivo para medir o tempo de reacção venceram "ex-aequo" o primeiro prémio do concurso "Jovens Cientistas e Investigadores" da Fundação da Juventude.

O primeiro trabalho foi elaborado por três alunos do 11.º ano da Escola Secundária Dr. Manuel Candeias Gonçalves, de Odemira, e o segundo por dois estudantes do 9.º ano da Escola EB 2,3 de Ribeirão.

Foi ainda atribuído um terceiro prémio a um outro trabalho de Biologia sobre os efeitos tóxicos dos metais pesados presentes nas águas subterrâneas da região de Arouca, realizado por três alunos do 12.º ano da escola secundária local e um quarto prémio, por um projecto de construção de redes de difracção usando holografia de transmissão a dois estudantes do 12.º ano da Escola Secundária de Campos de Melo, Covilhã.

EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA ATRAVÉS DA INTERNET

Vários alunos e professores de Física portugueses, italianos e romenos fizeram experiências em Física de Partículas medindo o tempo de vida dos muões através da Internet. O projecto intitula-se "Crescere" (Cosmic Rays in an European School Environment: a remote experiment, ver http://crescere.lip.pt/) e terminará no final deste ano. Envolvendo jovens na ciência espera-se que eles sejam atraídos para uma carreira científica.

Nas experiências realizadas, os jovens mediram o tempo de vida do muão, uma partícula cósmica, parecida com o electrão, excepto na massa, que é 207 vezes superior, e no facto de decair rapidamente.

A experiência envolveu 35 jovens italianos, 42 romenos e 40 portugueses, todos dos 10.º e 11.º anos de escolaridade.

PRÉMIO RÓMULO DE CARVALHO PARA CARLOS FIOLHAIS

O Director da Gazeta de Física está de parabéns!

Carlos Fiolhais, professor catedrático de Física da Universidade de Coimbra e Director da Biblioteca Geral da mesma Universidade, recebeu no passado dia 24 de Novembro, Dia Nacional da Cultura Científica, o Prémio Rómulo de Carvalho.

Este prémio é atribuído bienalmente pela Universidade de Évora para distinguir um autor de língua portuguesa no domínio da História das Ciências, da Didáctica das Ciências ou na divulgação científica.

Carlos Fiolhais, a primeira personalidade a ser distinguida, recebeu este prémio pela sua assinalável obra de divulgação da cultura científica e pelos seus contributos no Ensino e História da Ciência.

Recentemente, Carlos Fiolhais já tinha recebido o Prémio Inovação do Forum III Milénio promovido pelo jornal *O Primeiro de Janeiro* pelo seu trabalho de divulgador da investigação científica em Portugal. Também no início de Novembro em Praga, a convite do Instituto Camões, Carlos Fiolhais representou Portugal na "Expolingua", onde proferiu a comunicação intitulada "O Português como língua de ciência". Pela primeira vez foi escolhido um cientista para representar Portugal neste encontro internacional, *16th International Fair for Languages, Education and Culture*.

Desejamos que o seu empenho na divulgação da ciência e da língua portuguesa continue a atrair muitos jovens para uma área que ultimamente tem perdido popularidade: a ciência e a tecnologia.

DISTRIBUIÇÃO DO GUIA "COMUNICAR CIÊNCIA"

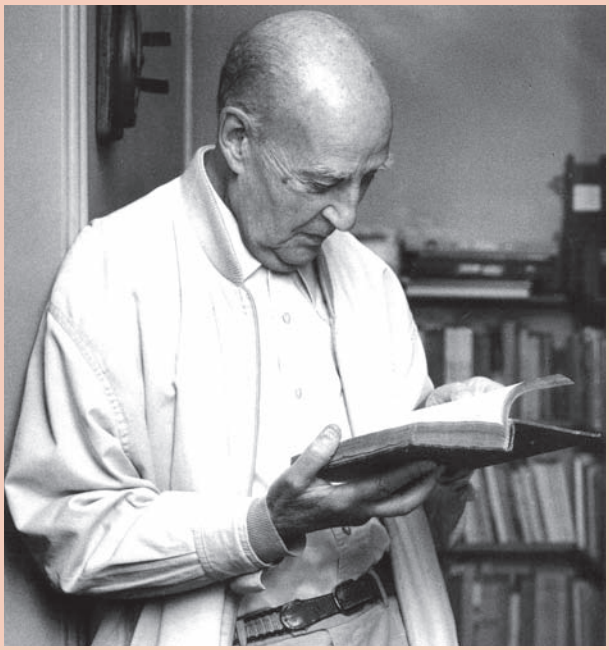
O guia "Comunicar Ciência", um guia prático com dicas sobre como comunicar ciência e um guia teórico com algumas bases sobre comunicação foi lançado em Junho durante o I Encontro de Comunicação de Ciência em Portugal, realizado no Instituto Gulbenkian de Ciência (IGC). Os conteúdos do guia foram editados por Sofia Araújo, Mónica Dias e Ana Paula Coutinho a partir do material de apoio apresentado no *workshop* "Comunicar Ciência", realizado também no IGC em 2003.

A parte prática do livro contém conselhos para seguir quando se fala com a comunicação social e também com o público em geral. A parte teórica foca as bases da comunicação da ciência e resume a história da comunicação.

O guia destina-se a cientistas de todos os ramos que tenham interesse em comunicar os seus trabalhos.

Para mais informações contactar info@comunicar-ciencia.org.

RÓMULO DE CARVALHO | ANTÓNIO GEDEÃO O DIÁLOGO DOS SABERES



Rómulo de Carvalho (1906-1997) deixou-nos ainda não há uma década e, embora talvez seja cedo para fazer história, é já indiscutível que se trata de uma grande figura da cultura portuguesa do século XX. Rómulo de Carvalho, foi, felizmente para nós, um transgressor de fronteiras, um homem de múltiplos saberes: a ciência, a poesia, a história da ciência, o ensino, a divulgação, a fotografia. Mas, se atentarmos bem na sua obra, vemos como estes múltiplos saberes se harmonizam de uma forma natural, interligando organicamente manifestações diversas de uma forma de estar no mundo por inteiro.

Professor de Ciências Físico-Químicas, Rómulo de Carvalho foi um dos nossos grandes pedagogos e um dos mais notáveis divulgadores de ciência. O desejo de despertar nos jovens, e no público em geral, a curiosidade e o encantamento pela ciência e de lhes inculcar uma nova atitude face à aprendizagem, com uma forte base experimental, traduziu-se na publicação de excelentes manuais escolares, livros de divulgação, cadernos de iniciação científica, artigos diversos em jornais e revistas, palestras. Rómulo de Carvalho consumou nos seus livros e artigos a difícil arte de combinar o rigor científico com uma simplificação que nunca é superficial. Quantos jovens não terão despertado para o mundo da ciência através das páginas de livros como *História dos Balões*, *História da Radioactividade*, *História do Átomo?*

Só aos 50 anos Rómulo de Carvalho publica, com algum secretismo, o seu primeiro livro de poemas, *Movimento Perpétuo* (Coimbra, 1956), sob o pseudónimo de António Gedeão. Seguem-se outros livros, mais tarde reunidos no volume *Poesias Completas* (Lisboa, 1964) que terá várias reedições. *Poemas Póstumos* (1983) e *Novos Poemas Póstumos* (1990) são os últimos livros de poesia publicados. Rómulo de Carvalho entendera chegado o tempo de o poeta António Gedeão morrer.

Menos conhecida do grande público é a sua obra como historiador da ciência. O interesse de Rómulo de Carvalho pela História da Ciência em Portugal no século XVIII, tema em que é reconhecido como a grande autoridade a nível nacional, decorreu naturalmente da sua paixão pelo ensino, do desejo de compreender a transformação das metodologias de ensino em Portugal, na época das grandes reformas iluministas. Duas das suas primeiras obras de investigação são dedicadas a instituições criadas pelo Marquês de Pombal, no âmbito das suas reformas educativas: a *História da Fundação do Colégio Real dos Nobres de Lisboa (1765-1772)* (Coimbra, 1959) e a *História do Real Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, desde a sua fundação (1772) até ao Jubileu do Prof. Giovanni Antonio Dalla Bella (1790)* (Coimbra, 1978). Esta última é um estudo exaustivo, que vai desde o enquadramento da criação do Gabinete no âmbito da reforma pombalina, ao programa e metodologias de ensino preconizados nos novos Estatutos, à inventariação e descrição dos instrumentos, incluindo informação sobre os construtores da época, as obras setecentistas que descrevem material do mesmo tipo, os inventários anteriores, o papel dos instrumentos na história da física. Outra obra notável é a *História do Ensino em Portugal, desde a fundação da nacionalidade até ao fim do regime de Salazar-Caetano* (Lisboa, 1986). Publicou ainda diversos livros e artigos sobre história da física, da astronomia, da história natural e da Academia de Ciências de Lisboa. Entre as suas múltiplas actividades, conta-se a de director da *Gazeta de Física*, entre 1946 e 1974, e a de director do Museu Maynense, a partir de 1990. Muitos trabalhos do autor, dispersos por jornais e revistas, foram coligidos em dois volumes editados, em 1996 e 1997, pela Universidade de Évora, que lhe tinha atribuído em 1985 o grau de *Doutor Honoris Causa.* Diversas outras distinções foram-lhe conferidas nos últimos anos da sua vida. Em 1996, o Ministério da Ciência e da Tecnologia promoveu a Homenagem Nacional a Rómulo de Carvalho/António Gedeão.

Decorrem este ano as comemorações do centenário do nascimento de Rómulo de Carvalho, incluindo um vasto conjunto de iniciativas, que são testemunho de como a sua obra continua viva. Destacamos a exposição documental *António é o meu nome,* patente na Biblioteca Nacional, uma sessão comemorativa na Academia das Ciências, realizada no dia 24 de Novembro (o dia do nascimento de Rómulo de Carvalho) e, em 2007, a publicação, pela Fundação Calouste Gulbenkian, das memórias até agora inéditas do autor. Mais um passo para tornar presente a herança intelectual do professor, do cientista e do poeta.

Maria da Conceição Ruivo
Departamento de Física da FCTUC
maria@teor.fis.uc.pt

Física 2006 em Aveiro

Federação Ibero-Americana de Física

NOTÍCIAS DA SPF

FÍSICA 2006 EM AVEIRO

Entre 4 e 7 de Setembro decorreram na Universidade de Aveiro a 15ª Conferência Nacional de Física e o 16º Encontro Ibérico de Professores de Física, em colaboração com a Real Sociedade Espanhola de Física e que contaram com a presença de mais de 250 participantes.

O programa de sessões plenárias desenvolveu-se em torno da celebração dos centenários da morte de Ludwig Boltzmann e do nascimento de Rómulo de Carvalho/António Gedeão, bem como de temas actuais de relevância alargada a outras áreas de conhecimento.

Ao longo da Conferência foram apresentadas as comunicações plenárias convidadas:

"As Energias do Presente e do Futuro", por Carlos Varandas, Instituto Superior Técnico

"Understanding the Universe", por Neil Turok, Universidade de Cambridge

"Magnetic Nanoparticles: Materials and Phenomena", por Jose Rivas Rey, Universidade de Santiago de Compostela

"Water Physics and the Mind Imaging", por Denis Le Bihan, Federative Institute of Research on Functional Neuroimaging, Orsay

"Entropy, Coarse Graining, Infinitesimals and Boltzmann's Approach to Complex Systems", por Giovanni Gallavotti,Universidade de Roma

"De la Problemática Energética a la Educación por un Futuro Sostenible", por Daniel Gil-Pérez, Universidade de Valência

A sessão plenária de homenagem a Rómulo de Carvalho/António Gedeão, contou com as intervenções de Frederico Carvalho do I.T.N., Regina Gouveia da E. S. Carolina Michaelis e do Presidente da SPF José Dias Urbano.

O papel da Física no desenvolvimento da sociedade de conhecimento foi o tema da sessão plenária "Traçando o Futuro", dinamizado pelo painel constituído por Maria do Carmo Lopes (IPO Coimbra e Divisão de Física Médica da SPF), Celestino Quaresma (Ordem dos Engenheiros) e Dinis Magalhães Santos (Instituto de Telecomunicações).

Na sessão "O Ensino da Física", as intervenções dos membros da mesa e de vários participantes realçaram, dum modo concreto, as preocupações que a SPF e a comunidade dos docentes de Física e Física e Química têm vindo a manifestar quanto à ausência duma estratégia que sustente o ensino das ciências, em particular promovendo o ensino experimental e que evite situações graves como a que motivou a repetição de exames.

Ao longo dos vários dias, o programa científico da Conferência e do Encontro decorreu com a apresentação de cento e oitenta comunicações orais e em poster, e com a realização de oito oficinas pedagógicas, que tiveram elevada adesão por parte dos participantes.

FEDERAÇÃO IBERO-AMERICANA DE FÍSICA

A primeira Assembleia da Federação Ibero-Americana de Física (FEIASOFI) realizou-se de 20 a 22 de Setembro em Madrid. O nome da Federação foi escolhido num encontro dos presidentes e representantes de todas as sociedades ibero-americanas de Física que teve lugar na Argentina, em Setembro de 2005, e no qual foram aprovados os respectivos estatutos que poderão ser consultados no sítio http://fisica.ciens.ucv.ve/svf/pages/documentos/estatutos_feiasofi.htm.

Na recente reunião de Madrid foram tomadas decisões importantes para a vida da federação. Criaram-se quatro divisões com membros dos diferentes países da federação, das quais destacamos a Divisão de Educação, destinada aos professores e investigadores de todas as áreas de Física. Espera-se que brevemente as diferentes áreas da Física estejam todas representadas em divisões próprias.

Ainda na mesma reunião decidiu-se que a Revista Ibero-americana de Física, da qual saiu recentemente o segundo número, deveria continuar a ser publicada pela Real Sociedade Espanhola com uma regularidade de dois números por ano. Aprovou-se também a criação da sede da Federação localizada em Montevideo, a qual será o centro administrativo e organizativo das actividades da Federação.

Espera-se que com a criação da sede seja mais fácil o reconhecimento jurídico oficial de todas as iniciativas da FEIASOFI.

Delegados à Assembleia da Federação Ibero-Americana de Física, Setembro de 2006.

ENSINO DA FÍSICA

ENSINO DAS CIÊNCIAS: REFLEXÕES E COMPARAÇÕES

Reflexão apresentada na Conferência "A Física na Formação em Engenharia e Tecnologia". Coimbra, 13 de Outubro de 2005.

CÂMARA DE FAÍSCAS

Neste artigo descreve-se uma câmara de faíscas construída no Laboratório de Instrumentações e Física Experimental de Partículas (LIP) em Coimbra. É um trabalho financiado pelo projecto "Outreach" da Fundação para a Ciência e Tecnologia e destina-se a sessões de divulgação sobre raios cósmicos, partículas elementares e detectores.

A Gazeta agradece o envio de contribuições para esta secção
gazeta@teor.fis.uc.pt

ENSINO DAS CIÊNCIAS: REFLEXÕES E COMPARAÇÕES

Nas sociedades desenvolvidas, existe hoje uma contradição profunda entre a importância da ciência e tecnologia (C&T), por um lado, e o modo como se pensa a C&T, por outro. Essas sociedades assentam cada vez mais na C&T, mas o prestígio da C&T parece estar em declínio. Tal traduziu-se, em particular, no afastamento dos jovens das profissões ligadas à C&T, nomeadamente as engenharias. Se há sempre um fascínio pelo novo e pelo progresso que a ciência costuma trazer, também a desconfiança na inutilidade ou nos exageros da ciência é generalizada, vindo mesmo de onde menos se espera: em 1998, José Saramago não se inibiu de, na cerimónia de aceitação do Nobel da Literatura, mencionar o contra-senso dos gastos nas explorações espaciais a Marte, em confronto com a pobreza flagrante não erradicada no planeta Terra. A singularização deste contraste, e omissão de tantos outros, não ajudou decerto a imagem da ciência!

O problema parece ser geral. Os anos gloriosos para a C&T, após a Segunda Guerra Mundial, quando o atómico e o nuclear, quer à esquerda quer à direita, eram promessas de progresso, já passaram. O élan da aventura espacial dos anos 60 também rapidamente se desvaneceu. Os desperdícios bélicos nos anos 80, ligados à Guerra das Estrelas, não ajudaram à imagem. Ao longo dos anos 90, a volatilidade, a renovação permanente do conhecimento científico, e a banalização das tecnologias como "caixas pretas" cada vez mais *user-friendly,* vulgarizaram a C&T, reduzindo a imagem da ciência ao que é para ser aplicado, usado e descartado. A atracção da C&T ficou-se pelo espectáculo, isto é, pelo que é para ser admirado e consumido, mas para ser feito pelos "outros com características especiais"[1].

E, claro, a complexidade social dos problemas que requerem soluções tecnológicas, tornou visível, através da mediatização de discussões científicas, que os princípios científicos nem sempre chegam para fundamentar decisões técnicas.

Não importa agora recuperar uma confiança cega na C&T, mas reconhecer que as sociedades modernas precisam de pessoas qualificadas em C&T, pois sem elas as sociedades não seriam estruturalmente sustentáveis[2]. Ao longo da história, a economia e a educação sempre se alimentaram mutuamente. No momento presente deste ciclo simbiótico, o sentido do percurso actual é o da economia a puxar pela educação (em ciência). Já aconteceu antes: Comenius, pedagogo checo, no século XVII defendia que se generalizasse a todos o ensino dos "ofícios" e também das "letras", tendo para isso de vencer o peso do argumento aristocrático de que, com esta generalização da educação, deixariam de existir artesãos. É bem actual o sonho de Comenius: "Se se fornecer aos jovens uma boa educação, ninguém no futuro vai sentir falta de boa matéria prima para pensar, desejar, ambicionar e trabalhar".

Na luta pela competitividade, hoje reconhece-se, como Comenius no passado, que os "ofícios" se transmutam e só não morrem se se renovarem com uma injecção de "letras", a que têm de acrescentar-se as "ciências". A educação é cara, mas a ignorância sai ainda mais cara, pois paga-se em pobreza e infelicidade. E a educação em ciências é decerto para todos, pois todos precisam da ciência, ou pelo menos da adaptação à mudança que a ciência dá: industriais, professores, empresários, artistas, etc.

Em simultâneo e contraditoriamente, existe um desencanto muito generalizado com a C&T. Quais são as origens deste desencanto? Há muitas causas, ligadas à sociedade em geral: a subestima das questões éticas, ambientais e de segurança, e o crescimento, em especial nos EUA, do irracionalismo fundamentalista, do misticismo, e do relativismo pós-modernista... Em "Science and Technology Education Current Challenges and Possible Solutions"[3], Svein Sjøberg, da Universidade de Oslo[4], na sua contribuição convidada ao encontro de ministros da educação e da investigação que teve lugar em 2001 em Uppsala, apresentou 13 razões para o desencanto em C&T. Treze é o número do azar, e não deixa de ser simbólico a lista ter parado nesse número...

Além das razões já indicadas, Sjøberg põe claramente em cima da mesa a dificuldade e a exigência das ciências duras. Aprendê-las implica inevitavelmente esforço, frustração, enquanto a sociedade actual facilita, não treina, a resistência à dor. E aponta também a transformação do estereótipo do cientista que a nova *Big and Techno Science* trouxeram: de egocêntrico, sonhador e romântico, o cientista passou a ser apenas um entre muitos de uma grande equipa, sem visibilidade e feitos próprios. Esta proletarização do cientista como mero elemento de uma cadeia gigantesca, afasta os que são tentados por valores declaradamente individualistas, e que podem ver, por exemplo, na vida de um gestor, mais hipóteses de concretizar o liberalismo desses ideais. Neste sentido, foi perfeita a escolha, para o Ano Internacional da Física em 2005, do rosto central, sonhador e autoconfiante de Einstein, o génio que trabalha sozinho e impõe ideias totalmente novas a gigantes estabelecidos como Planck e Lorentz. Um gestor de si próprio!

Indicadores de qualificação: Portugal é "menos igual"

Há pois várias razões para o desencanto pela ciência, estando algumas ligadas ao ensino. A situação não é específica para Portugal e é, de algum modo, igual para todos[5]. Porém, e não exactamente como diz Orwell, parece que "há uns que são menos iguais do que outros". Portugal surge como o "menos igual". A situação da qualificação humana em Portugal é dada pela realidade *hard* dos números, que é em *flash*:

- Quase metade da população portuguesa (48%) é funcionalmente analfabeta, o que quer dizer, de uma maneira simplificada, que as pessoas podem ler, mas não entendem o que lêem. Nos restantes países da União Europeia essa percentagem varia entre 23 e 8% (caso da Suécia).

- O número médio de anos de escolaridade é em Portugal 8,2 (na Espanha 10,5, na Turquia 9,6, e no México 8,7).

- A percentagem da população adulta portuguesa com alguma formação para além do ensino secundário, isto é, de tipo superior, é de 20%, em comparação com valores da ordem de 70% para a média dos países da União Europeia.

- No ano 2001, em cada dois portugueses já na vida activa e que passaram pelo secundário, um não o acabou.

- No universo dos jovens portugueses, dos 18 aos 24 anos, a percentagem dos que não concluíram o ensino secundário é de 45%, enquanto nos restantes países da União Europeia essa percentagem varia entre os 10% (na Finlândia) e os 20% (na Espanha). Em números absolutos trata-se em Portugal de 266 mil jovens que falham o ensino secundário, num total de 485 mil.

- No desempenho em matemática e ciências no "Third International Maths and Science Study", para jovens de 13 anos, num conjunto de 40 países Portugal ficou no 33º lugar nas ciências, e em 37º na matemática. Atrás de Portugal não ficou nenhum país europeu. A mesma realidade surgiu nos estudos Pisa que incidem genericamente sobre a literacia e não em matérias escolares[6].

Historicamente o insucesso no ensino secundário tem algumas das suas raízes no pecado original que acompanhou a democratização do ensino, nos anos 70: a aniquilação do ensino técnico-profissional. Este problema foi mesmo denunciado – em Setembro de 2005, mas mais vale tarde que nunca! – pelo próprio primeiro-ministro que, na Assembleia da República, prometeu a criação de cursos desta natureza para 107 mil jovens[7].

O que estes indicadores simples dizem é que Portugal está bem longe dos padrões normais europeus. Talvez o problema mais grave com que o país se defronta para viabilizar uma vida económica, social e política, saudável e estimulante, seja o da ineficácia educacional[8].

O estranho currículo do secundário português: a descentralização da física e da química

No que se segue actualizamos, à luz do que entretanto aconteceu, as reflexões que fizemos no estudo pedido pela Sociedade Portuguesa de Física, *Inovações nos Planos Curriculares dos Ensinos Básico e Secundário*, e em que participámos entre 1998 e 2000. O objectivo era comparar sistemas educativos de três países da União Europeia com o sistema português, tendo sido publicado um relatório final[9].

As críticas principais feitas em geral ao ensino das ciências em relatórios europeus[10] coincidem com as que apontámos em 2001 na nossa análise do sistema português:

- Programas em geral abstractizantes, excessiva e desnecessariamente formalizados, desinteressantes e irrelevantes (conducentes mesmo à crítica de que a ciência é autoritária, o que no mínimo é incompreensível para quem faz ciência!)

- Professores deficientemente preparados, que não dominam as matérias, e que, eles próprios, muitas vezes não gostam delas.

- Incapacidade de transmissão directa, intuitiva, dos conceitos científicos, não havendo o recurso à experimentação acessível e motivadora.

No caso português, há a acrescentar:

- Reduzido número de horas curriculares dedicadas à aprendizagem das ciências de base experimental e indutiva, como a física.

Após o estudo que terminámos em 2001, tem vindo a ocorrer em Portugal uma reforma nos ensinos básico (terceiro ciclo) e secundário (vulgarmente designada por *reforma David Justino*). Não conhecendo nós em pormenor o que se passa no terreno, e não sabendo até que ponto e como se avançou na aplicação do modelo, pode dizer-se que a mudança se afigura, pelo menos teoricamente, positiva nos programas[11]. Já no que respeita o desenho curricular propriamente dito, existem pontos de fundo que se estranham (e não se entranham).

O que verdadeiramente se estranha no desenho curricular, e que inevitavelmente traz consequências para o ensino superior, nas engenharias e nas ciências, nas condições de acesso e não só, é a descentralização da física e da química, que são ciências estruturantes. Usando os próprios *slogans* da reforma, essas disciplinas não serão fornecedoras de "*formação de base*"? Não motivararão *"a abertura para conhecimento, à inovação e à mudança"*? Serão estranhas *"à afirmação dos valores de civilidade e do personalismo"* ? De facto, no desenho curricular salientamos:

1) É explicita a centralidade do Português, da Língua estrangeira e das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). No caso do Português, não se estará a empurrar para a frente um problema que deveria ter sido resolvido no ensino básico e não foi? Não seria melhor reforçar o Português no ensino básico e evitar prolongamentos de soluções mal resolvidas? O mesmo se pode também dizer relativamente à Língua estrangeira, já que se sabe muito bem que é tanto mais fácil

aprender uma língua quanto mais cedo tal for feito. E o mesmo também serve ainda obviamente para as TIC! A questão consiste em saber se estas matérias não deveriam ter sido abordadas com a devida profundidade anteriormente, no terceiro ciclo do básico. Esse ciclo deve ter por objectivo ser estruturante e nivelador, fornecendo o domínio da comunicação escrita e falada. Porquê empurrar para o secundário estas funções?

2) A disciplina de Filosofia é justificada por permitir "*que todos aprendam a reflectir, a problematizar e a relacionar diferentes formas de interpretação da realidade. As questões de desenvolvimento da ciência, da arte e da tecnologia, numa sociedade em mudança permanente, devem constituir motivo de análise, de interpretação e de reflexão*".

Se é bom reflectir sobre a arte, a ciência, e a tecnologia, a verdade é que é melhor ainda praticar a arte, a ciência e a tecnologia. Por outras palavras, a reflexão sobre a ciência e a tecnologia é feita à custa de tempo de familiarização e aprendizagem da ciência e da tecnologia.

Não é a cadeira de Filosofia em si que é contestada, mas a ênfase maior no discurso sobre o conhecimento do que no próprio conhecimento.

3) Não existe uma cadeira de Física como prova de acesso ao ensino superior. Isto não se entende se, de facto, se vierem a criar cursos técnicos e profissionais de sucesso. O binómio tradicional de Física-Química pode servir para o acesso ao prosseguimento de estudos, bem como o binómio Biologia-Geologia. Um aluno que faça as duas cadeiras de Física-Química no 10º e 11º anos, no 12º pode fazer Física, mas essa matéria não contribui directamente para a prova de acesso, e para cúmulo fará um exame sobre matéria aprendida até há um ano atrás. Muito dificilmente alguém optará por tal percurso. O pragmatismo realista (da nota, da minimização do esforço) vencerá a racionalidade na escolha da opção mais adequada à formação. Se fizer Física-Química no 11º e 12º anos, então não poderá sequer ter a cadeira de Física, porque esta decorre ao mesmo tempo. Deve acrescentar-se que estas subtilezas não são específicas para a Física, pois ocorrem também para a Química, a Biologia e a Geologia.

4) Se o par Física-Química pode ser questionado, o par Biologia-Geologia pode sê-lo muito mais. De facto, a biologia é uma ciência que tem tido um desenvolvimento extraordinário nestes últimos anos, cruzando-se cada vez mais com física e com química, e afastando-se cada vez mais da geologia. Isso tem levado ao aparecimento de engenharias baseadas na biologia, como as engenharias biológica e biomédica. Nestas engenharias faz sentido uma prova de acesso de Biologia, mas

fá-lo-á uma de Biologia-Geologia? A ligação da biologia à geologia é uma ideia verdadeiramente paleontológica, muito atávica! Ao juntar-se à geologia, a biologia moderna perde-se.

5) Se não contestamos a existência de uma disciplina de Filosofia, mas apenas que ela implique o sacrifício das disciplinas de ciências, já nos parece um exagero a inclusão nas opções d) de 12º ano deste agrupamento das disciplinas de Economia e nas opções e) de Psicologia e de Ciência Política. Se a ideia é manter uma certa "plasticidade" de formação então é mais adequada a oferta de uma disciplina de História da Ciência e da Tecnologia, e deixar para a disciplina de projecto tal abertura de formação.

Mas a questão mais pertinente é: O que realmente foi feito para mudar as condições em que decorre o ensino? O ensino das ciências não se faz sem experimentação. Há condições para transformar o espaço da sala de aula em laboratório acessível? Como se integrarão nestes currículos os recursos e práticas das extintas disciplinas de Técnicas Laboratoriais? Há professores qualificados para melhorar a qualificação dos alunos?[12] Há um ambiente favorável, na escola e no país, para o desenvolvimento da componente científica da cultura? Até acreditamos que sim. Mas estará já feita a avaliação deste potencial e da sua evolução recente nas escolas para podermos fazer ajustes e garantirmos o sucesso?

Comparação com o Reino Unido: pensar não é só ser lógico.

Para traçar diferenças entre o ensino secundário português e a realidade internacional, destacamos o Reino Unido por considerarmos ser o ensino no Reino Unido o que mais drasticamente se afasta do nosso, formando mesmo os dois sistemas um dipolo de contrastes.

No Reino Unido (pelo menos até ao começo da presente década era assim) o ensino obrigatório tem a duração de 11 anos, iniciando-se aos 5 anos. Há mais 2 anos de ensino secundário não obrigatório para preparação para o ensino superior (*General Certificate of Education*) ou, o que foi apagado em Portugal, para formação vocacional (*General National Vocational Qualification*). Os princípios programáticos são os velhos valores materialistas-liberais: "*apoiar o crescimento económico e melhorar a competitividade e qualidade de vida da nação (...) elevação dos níveis de sucesso e saber fazer (skills) (...) promoção de um mercado de trabalho eficiente e flexível*"[13].

Uma das grandes diferenças entre o sistema português e o do Reino Unido diz respeito à autonomia de ensino e de organização escolar. No Reino Unido há sempre a preocupação de adaptar o ensino às condições locais e de valorizar a interacção com a comunidade. Este espaço de liberdade é regulado por um sistema permanente de avaliação do desempenho das escolas, existindo efectiva no terreno uma Autoridade para Currículos e Avaliação nas escolas.

Outro contraste tem a ver com manuais. Para os docentes existem verdadeiros manuais, onde há explicação pormenorizada e referências avançadas. Para os alunos existem praticamente só cadernos – cadernos baratos, não manuais caros – onde pode haver pequenos resumos da matéria, mas há sobretudo muitos testes, muitas perguntas, muitos problemas que apelam à inteligência e à experiência. Está clara a mensagem, não está? O ensino quer-se rigoroso: professores qualificados e material científico de apoio de qualidade, compilações a automatizações de boas práticas.

E a ciência não se tira dos manuais: vai-se buscar à experimentação e à análise inteligente.

Convém dizer, em relação à física, que ela começa a ser ensinada muito antes do ensino secundário: aos cinco anos, as crianças brincam com circuitos eléctricos, acendem lâmpadas, testam materiais, etc. Habituam-se à experimentação e ao questionamento científico. Perdem receios e ganham curiosidade. O ensino no Reino Unido valoriza os procedimentos. Sobretudo, não há lugar para confundir rigor com formalismo oco. Ousamos mesmo dizer que o sistema do Reino Unido reconhece devidamente que pensar não é (só) ser lógico, como sabemos desde Galileu, e Niels Bohr gostava de comentar aos seus colaboradores[14].

Conclusão: o desafio de sermos europeus

Sem questionar a prioridade da formação em português e matemática, a física, como está subjacente ao sistema inglês, é a ciência que serve de base a métodos universais de compreensão, análise e resolução de problemas. Isso faz-nos estranhar, a paridade nas opções do curriculo do 12º ano da Física com a Economia, a Psicologia e a Ciência Política...

Por último, acreditamos (o que é demonstrado por estudos europeus) que são as práticas, mais do que os programas, que determinam o sucesso do sistema de ensino. O sistema do Reino Unido prova-o. Há ainda quatro desafios a vencer para sermos membros da União Europeia com as mesmas oportunidades, e a mesma participação económica e intelectual dos outros, isto é, para sermos mesmo iguais:

- o desafio dos dados e da comparabilidade (observação e avaliação)

- o desafio dos recursos (equipamentos e sua manutenção)

- o desafio da descentralização[15] (autonomia, responsabilidade e responsabilização)

- o desafio da inserção social (taxas normais de sucesso escolar).

Last but not the least: um esforço de estabilidade.

Teresa Peña e Jorge Dias de Deus

Departamento de Física
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais
1049-001 Lisboa

teresa@fisica.ist.utl.pt
jdd@fisica.ist.utl.pt

NOTAS E REFERÊNCIAS

[1] As atitudes dos adolescentes nas sociedades modernas face à Ciência foram quantificadas no artigo "Important but nor for me: students´ attitudes towards secondary school science in England" *de* Jenkins, E. W. e Nelson N. W., *in Research in Science and Technological Education,* **23** *(1)*, que relata resultados do projecto ROSE. Neste estudo conclui-se que os jovens do Norte da Europa e do Japão são os que menos reconhecem a relevância da ciência no dia-a-dia e o seu valor no futuro e na carreira, enquanto os dos países da África Sub-Sahariana e da Ásia são os que mais reconhecem estes aspectos. Entre os dois grupos ficam os jovens dos países da Europa de Leste e do Sul. Este assunto vem tratado em "Is science education relevant?", Henrik Busch, *Europhysics News,* **36**/5 2005.

[2] As economias desenvolvidas, competitivas, apresentam naturalmente os níveis mais elevados de educação. Sobre as evidências deste facto, ver por exemplo, o artigo de P. Conceição e M. Heitor, "On the role of the university in the knowledge economy", *Science and Public Policy*, **21**, 37-51, 1999. A ligação entre percentagem de PIB em inovação e desenvolvimento e o sucesso económico é complexa, mas existe e é forte. Presumivelmente, ocorre o efeito "bola de neve": mais bem estar económico possibilita mais educação, e mais educação realimenta o sucesso económico, pelo que os papéis de causa e de efeito se alternam no tempo.

[3] Publicado por Jenkins Edgar (ed.) em *Innovations in Science and Technology Education,* Vol VIII Paris, UNESCO (2002).

[4] http://folk.uio.no/sveinsj

[5] Ver, por exemplo, *The world in 2006*, 20ª edição especial do *Economist,* 1987-2006. Os EUA, nomeadamente, apresentam resultados frustrantes do ensino secundário, apesar da correlação entre educação e riqueza. O que pode dominar nessa correlação é o funcionamento das universidades, onde os EUA compensam os problemas do ensino secundário, quer através dos estudantes estrangeiros, quer através de um sistema de gestão universitária não centralizada pelo Estado e monitorizada por *trustees* de origens diferentes, do mundo económico e não só.

[6] Ver http://nces.ed.gov/timss/pdf/naep_timss_pisa_comp.pdf.

[7] Nota adicionada durante a publicação deste artigo, um ano após da apresentação pública do mesmo: Em 2005 existiam 72 cursos destes em todo o país. No ano lectivo de 2006 arrancaram efectivamente, em sequência deste compromisso, 650 cursos correspondendo a 15 mil alunos, que podem assim obter diploma profissional e equivalência ao 12º ano.

[8] Nota adicionada durante a publicação deste artigo, um ano após a apresentação pública do mesmo: de facto, em Setembro de 2006, Portugal caiu três lugares no *ranking* do Fórum de Davos devido a indicadores do sistema de ensino.

[9] *Três Dimensões Básicas do Currículo*, Instituto de Inovação Educacional (ed.) 2001, coordenação Maria Ivone Gaspar, autores da parte sobre as Ciências: Amália Barros, Isabel Maria Cunha, Jorge Dias de Deus e Teresa Peña.

[10] Pode citar-se de novo o artigo de Svein Sjøberg, "Science and Technology Education Current Challenges and Possible Solutions", *Innovations in Science and Technology Education*, Vol VIII, Paris, UNESCO (2002).

[11] Nota adicionada durante a publicação deste artigo, um ano após da apresentação pública do mesmo: os maus resultados dos exames nacionais de 2005/2006, já com os novos programas no terreno, dificilmente se relacionam com os programas. As médias nacionais em 2006 para exames sobre o programa novo de Física foram 7,7 na 1ª fase . Em 2005 , na primeira fase a média do exame de 12º ano foi 7,4 (ver também a nota seguinte).

[12] Estes são problemas que decerto se relacionam com os resultados dos exames nacionais de 2005/2006. A que se adiciona, claro, a componente de treino, mecanização e habituação a perguntas-tipo, ainda não enraizada para os novos programas.

[13] *The English Education System – An Overview of Structure and Policy*, Department of Education and Employment, 1995.

[14] *What little I can remember*, Otto Frisch, Cambridge University Press, 1979.

[15] Por coincidência, já depois desta comunicação ter sido feita, o Ministério da Educação anunciou para breve algumas medidas de descentralização.

CÂMARA DE FAÍSCAS

As câmaras de faíscas tiveram a sua origem nos trabalhos de Keuffel que, em 1949, observou uma descarga eléctrica entre placas metálicas paralelas, atravessadas por um raio cósmico. Após desenvolvimentos por diferentes investigadores, como o uso de vários planos de placas paralelas, o aumento da corrente de descarga com a ajuda de condensadores e registo das faíscas em fotografias, estes detectores passaram a ser usados em experiências de física nuclear e de partículas, até aos anos 70 do século XX. As câmaras de faíscas foram então empregues em detectores para visualizar as trajectórias de partículas carregadas, que eram registadas em película para posterior análise. Dada a sua baixa resolução espacial e elevada taxa de aquisição, elas foram sendo progressivamente substituídas por detectores com melhores resoluções espacial e temporal, como as câmaras de deriva e os detectores de semicondutor. Ainda assim são câmaras que, pela sua fácil operação e pelos seus sinais ópticos muito intensos, se mantiveram para fins pedagógicos. Estas câmaras são peças centrais em exposições de física de partículas patentes em grandes instituições.

A câmara de faíscas é um dispositivo robusto e seguro, com um custo de operação baixo, que se coloca rapidamente em funcionamento e que impressiona qualquer pessoa!

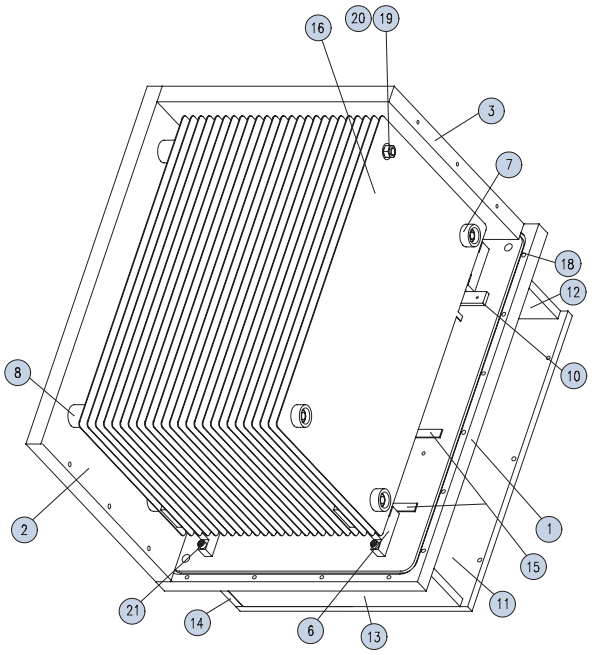


Fig. 1 - Câmara de faíscas, parcialmente desmontada, construída no LIP para fins educativos. São visíveis as 25 placas de alumínio (eléctrodos) dispostas paralelamente e ligadas alternadamente à terra e a um condensador de alta tensão.

Princípio de funcionamento

A passagem de uma partícula carregada através de um meio material "arranca" electrões aos átomos do meio, deixando um rasto de ionização formado por pares electrão-ião positivo. Num meio gasoso, e na ausência de um campo eléctrico, estes pares acabam, ao fim de algum tempo, por se recombinar. Na presença de um campo eléctrico os electrões movem-se rapidamente no sentido contrário ao do campo e os iões positivos movem-se, muito mais lentamente, em sentido oposto. Se o campo for suficientemente elevado os electrões poderão ganhar energia suficiente para, ao chocar com os átomos do meio, arrancar outros electrões (ionizações secundárias). Este processo pode repetir-se, multiplicando-se assim o número de electrões até se formar uma avalanche e uma corrente eléctrica. A emissão de fotões no processo de avalanche ioniza o meio atrás e à frente, dando origem a outras avalanches que acabam por se unir e estabelecer uma ligação eléctrica entre os eléctrodos. Estas avalanches são acompanhadas pela emissão de um elevado número de fotões, com origem no processo de recombinação, originando uma faísca claramente visível bem como um estalido característico.

Numa câmara de faíscas os eléctrodos são constituídos por placas metálicas, dispostas em planos paralelos (Fig. 1). Logo depois de uma partícula carregada a atravessar, é aplicado um campo eléctrico muito elevado. Este campo dá origem a avalanches ao longo da trajectória da partícula (onde há ionização primária do gás), permitindo a passagem, nesses pontos, de corrente eléctrica entre as placas. A corrente provém da carga armazenada em condensadores de alta tensão. Usando uma mistura gasosa adequada, no caso hélio-néon na proporção 70%-30%, esta faísca gera um elevado número de fotões, que permitem visualizar cada uma das faíscas e, assim, a trajectória da partícula inicial. A diferença de potencial elevada apenas se aplica quando a partícula carregada passa pela câmara. Para isso é usado um sistema de disparo baseado na coincidência entre os sinais registados por dois cintiladores plásticos um directamente acima e o outro logo abaixo da câmara (Fig. 2). Quando uma partícula carregada atravessa um material cintilador é emitida luz com origem na excitação das moléculas do meio. A luz produzida é conduzida até um fotomultiplicador, onde os fotões, por efeito fotoeléctrico, arrancam electrões do fotocátodo. Estes são depois multiplicados por uma sucessão de acelerações num campo eléctrico elevado seguidas de choques com eléctrodos do material adequado, que arrancam novos electrões. A coincidência entre os sinais registados nos dois cintiladores indica que uma partícula carregada atravessou o volume da câmara (excepto no caso, raro, de coincidências fortuitas com origem no ruído electrónico e térmico dos fotomultiplicadores ou na passagem quase simultânea de duas partículas distintas).

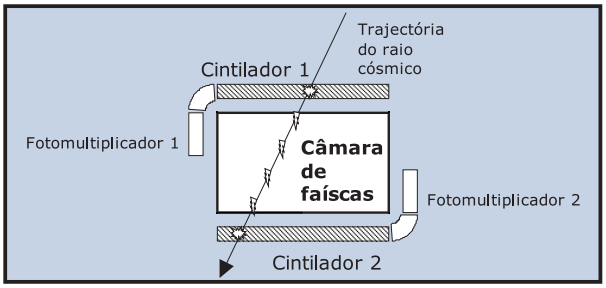


Fig. 2 - Esquema do "telescópio" que serve para disparar a câmara de faíscas, o qual recorre à concidência entre os sinais registados por placas cintiladoras colocadas directamente abaixo e acima da câmara.

Mecânica e electrónica

A câmara de faíscas com fins pedagógicos e de divulgação construída no Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP), segundo o desenho do laboratório NIKHEF, de Amesterdão, fornecido pelo Prof. Henk Tiecke, é constituída por 25 placas paralelas, de alumínio. A dimensão das placas é de 200 x 400 mm^2 e a sua separação de 10 mm (Fig. 1). As placas estão, alternadamente, ligadas à terra por uma resistência de 10 kΩ ou a um condensador de alta tensão, com uma capacidade de 2,5 nF.

Os sinais produzidos nos fotomultiplicadores entram numa placa electrónica, especialmente desenhada para este fim. Após passarem um discriminador, para selecção dos sinais de maior amplitude (rejeitando assim o ruído), são conduzidos a um circuito de coincidência. Se existir coincidência entre os dois sinais, dentro do intervalo de tempo especificado, é accionada uma bobina ligada a uma *spark gap* de três eléctrodos. Este último dispositivo, construído a partir de uma vela de automóvel, é um interruptor rápido de alta tensão. Quando a tensão fornecida pela bobina, cerca de -7 kV, é aplicada no eléctrodo central da vela, vai saltar uma faísca para o seu eléctrodo lateral, que está à terra. Esta ionização do gás no interior da *spark gap*, preenchida com azoto, é o percursor da faísca para o terceiro eléctrodo (Fig. 3), a uma tensão de cerca de 5,6 kV, colocado a aproximadamente 2 mm do eléctrodo central da vela. É esta última faísca que fecha o circuito permitindo ligar rapidamente o condensador à terra.

Os condensadores de alta tensão, carregados a partir de uma diferença de potencial de 5,6 kV, ficam, com o disparo da *spark gap,* com um dos eléctrodos, que inicialmente estava ao potencial de 5,6 kV, à tensão da terra. O segundo eléctrodo do condensador, inicialmente à tensão da terra, e ligado a uma placa da câmara, é forçado a passar rapidamente para a tensão inversa (Fig. 4). Aí metade das placas da câmara, as que estão ligadas a condensadores, ficam a ~5,6 kV ao passo que a outra metade continua

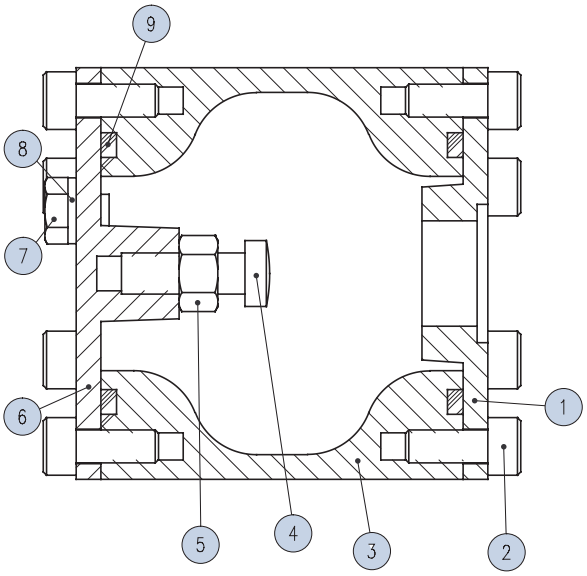


Fig. 3 - *Spark gap* de três eléctrodos, o interruptor rápido de alta tensão utilizado no disparo da câmara de faíscas. Não está representada a vela de automóvel, que é inserida em 1. Na vela o eléctrodo central passa a uma tensão eléctrica negativa elevada no disparo, enquanto o eléctrodo lateral está à tensão da terra. Salta então uma faísca entre eles que é o percursor da faísca para o terceiro eléctrodo (fechando o circuito). Este, indicado em 4, está a uma tensão positiva elevada, sendo preenchido por azoto.

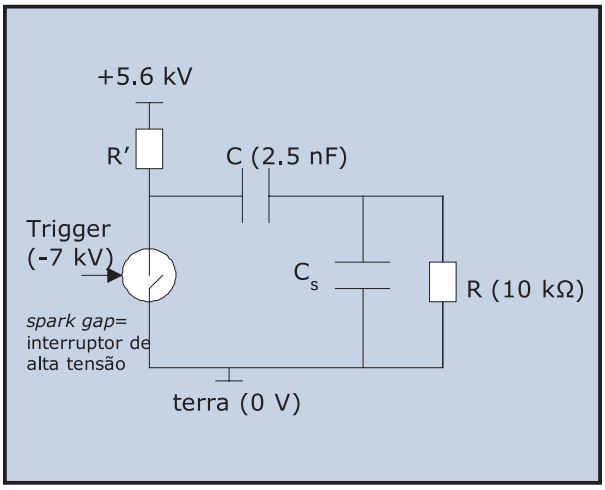


Fig. 4 - Esquema eléctrico da câmara de faíscas. C_S representa a capacidade equivalente das placas da câmara. O impulso de disparo (*trigger*) resulta da coincidência de sinais nos dois cintiladores.

à tensão da terra, levando à formação de avalanches, e consequentes faíscas, nos pontos previamente ionizados pela passagem da partícula carregada. Os condensadores de alta tensão descarregam (parcialmente) pelo caminho mais fácil, de menor resistência, ou seja, pelo percurso das avalanches entre os eléctrodos.

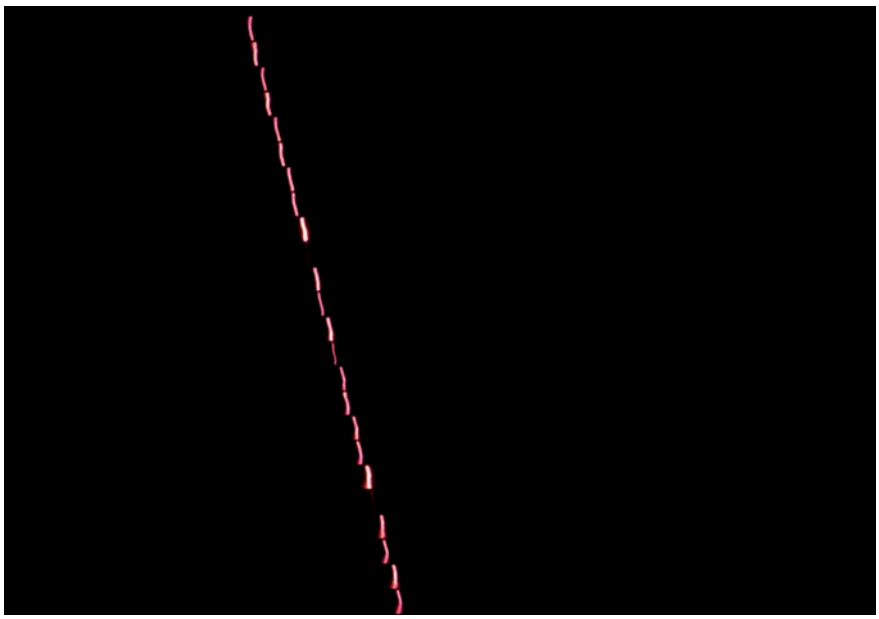


Fig. 5 - Trajectória de um raio cósmico registada na câmara de faíscas. As linhas brilhantes são as faíscas que ocorrem entre as placas da câmara nos pontos onde o gás foi ionizado pela passagem da partícula carregada.

Raios cósmicos

Os raios cósmicos primários têm como fonte principal a nossa Galáxia. Os mais energéticos parecem ter origem nas explosões de supernovas, o colapso de uma estrela de grande massa. A toda a hora a Terra está a ser atingida por um grande número de partículas de alta energia (principalmente protões, com energias entre 10^6-10^{20} eV, ou 10^{-13}-10J), de origem extraterrestre. Estas colidem com moléculas da alta atmosfera, criando novas partículas de elevada energia, as quais chocam com átomos criando ainda mais partículas, e dando origem ao chamado chuveiro de partículas. Este, com a forma de um cone, acaba por atingir a superfície da Terra. As partículas carregadas que cá chegam são as mais penetrantes, principalmente muões (electrões pesados). As suas energias estendem-se por um espectro muito largo, podendo interagir no material da câmara e produzir acontecimentos mais complexos, com vértices de onde emergem várias partículas.

A câmara em acções de divulgação

A nossa câmara de faíscas foi inicialmente testada e mostrada ao público no Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Mais tarde, em Setembro de 2006, foi apresentada no "20th European Cosmic Ray Symposium" em Lisboa. Durante este encontro foi dedicada uma tarde à divulgação da ciência para as escolas secundárias. Os alunos puderam não só assistir ao funcionamento da câmara de faíscas como também "levar um raio cósmico para casa"! A partir da filmagem das faíscas com uma câmara digital, foi possível escolher o fotograma com o acontecimento mais interessante, imprimi-lo com uma breve explicação do funcionamento da câmara de faíscas e da origem dos raios cósmicos, e entregá-lo ao visitante. Esta iniciativa foi um claro sucesso. A Fig. 5 apresenta um exemplo da trajectória de um raio cósmico registado nesta câmara.

A câmara de faíscas descrita foi construída na oficina e no laboratório do LIP, com financiamento pelo projecto "Outreach" da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, sendo possível construir mais exemplares para equipar centros de ciência e departamentos de física nacionais e internacionais. Trata-se de um equipamento ideal para sessões de divulgação sobre raios cósmicos, partículas elementares e detectores.

João Carvalho [1,2], Paulo Martins [2] e Américo Pereira [2]

[1] Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

[2] LIP - Coimbra

jcarlos@lipc.fis.uc.pt

BIBLIOGRAFIA

1. *Bubble and spark chambers*, R. P. Shutt, (ed.), Academic Press, 1967.

2. *Spark chambers*, O. C. Allkofer, Verlag Karl Thiemig, Munique, 1969.

3. *Spark, streamer, proportional and drift chambers*, P. Rice-Evans, Richelieu Press, London, 1974.

A Secção "Olimpíadas de Física" é dirigida por José António Paixão, Manuel Fiolhais e Fernando Nogueira do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra

Foi criado um fórum – "Quark" – de discussão destinado a todos os interessados nas Olimpíadas de Física: http://algol.fis.uc.pt/quark

olimpiadas@teor.fis.uc.pt

OLIMPÍADAS DE FÍSICA

MEDALHAS PARA PORTUGAL NA XXXVII OLIMPÍADA INTERNACIONAL DE FÍSICA (IPHO'06)

A equipa de cinco jovens estudantes que representou Portugal na XXXVII Olimpíada Internacional de Física (IPhO'06) teve uma boa prestação ao conquistar duas medalhas de bronze e uma menção honrosa. Em número de prémios, esta foi a melhor participação de Portugal na IPhO. A competição decorreu em Singapura, de 8 a 17 de Julho e a organização do evento esteve a cargo da universidade tecnológica de Nanyang. A delegação portuguesa foi chefiada pelos "team-leaders" Doutores José António Paixão e Fernando Nogueira. Este ano a delegação contou ainda com a presença de dois observadores, o Doutor Manuel Fiolhais da Comissão Nacional das Olimpíadas de Física e Carlos Azevedo, professor do Colégio Luso-Francês do Porto e tutor de um dos alunos da equipa.

Participaram este ano na IPhO cerca de 400 estudantes oriundos de 85 países, um novo recorde para a olimpíada internacional. Registe-se a participação pela primeira vez nesta competição do Nepal, Porto Rico e Zimbabué na qualidade de observadores.

Como é hábito, o nível da competição foi muito elevado. A prova teórica foi constituída por três questões independentes. A primeira inspirou-se numa versão simplificada de uma famosa experiência de interferometria de neutrões realizada por Collela, Overhauser e Werner em 1975, que pôs em evidência o efeito da gravidade no comportamento quântico de um feixe de neutrões térmicos.

A segunda questão teórica baseou-se numa experiência pensada cujo objectivo era fotografar uma barra em movimento com velocidade próxima da da luz. Para o efeito, seria usada uma caixa onde a luz passasse através

de um pequeno orifício e impressionasse uma película fotográfica. Pedia-se aos estudantes uma análise detalhada da experiência pensada que permitisse determinar o comprimento aparente da barra. O problema tocava conceitos subtis como o da simultaneidade de eventos na teoria da relatividade e exigia a utilização de expressões matemáticas algo complexas.

A terceira questão teórica era constituída por um conjunto de cinco problemas curtos versando vários temas de física, nomeadamente óptica, electricidade, termodinâmica e hidrodinâmica. Era a questão mais acessível.

A prova experimental deste ano consistiu num conjunto de experiências envolvendo radiação de microondas produzida por um díodo de Gunn. A primeira tarefa consistia em medir o comprimento de onda da radiação. Para o efeito era necessário montar e alinhar um interferómetro de Michelson. De seguida, os estudantes investigavam a interferência das ondas electromagnéticas num "filme fino" de um material dieléctrico com o objectivo de determinar o seu índice de refracção, bem como a reflexão interna total frustrada num prisma de cera. Por último, pedia-se a determinação do parâmetro de uma rede metálica que se encontrava escondida numa caixa, recorrendo à lei de Bragg. A prova experimental era muita extensa e revelou-se de elevado grau de dificuldade para a maioria dos estudantes.

Os enunciados das questões bem como propostas de resolução podem ser consultadas em http://olimpiadas.fis.uc.pt.

As duas medalhas de bronze da equipa portuguesa foram atribuídas a Flávio de Sousa Coelho, aluno do Colégio Luso-Francês, Porto e a Rui Miguel Soares Barbosa, da Escola Secundária Carlos Amarante, Braga. O estudante galardoado com a menção honrosa foi André Felipe de França, da Escola Secundária Emídio Navarro, em Almada. Da delegação portuguesa fizeram ainda parte João Miguel da Gama Batista, também da Escola Secundária Carlos Amarante e Leonardo Filipe Gonçalves Novo, da Escola Secundária da Maia.

Flávio Coelho foi o melhor classificado da equipa portuguesa, tendo obtido uma classificação de 26 num máximo de 50 pontos. O vencedor absoluto da XXXVII IPhO foi um estudante Indonésio com a classificação de 47,2 pontos.

O programa da IPhO incluiu, para além das provas, um grande número de actividades para professores e estudantes. Foram organizadas visitas guiadas aos locais mais pitorescos da cidade, como os bairros chinês, muçulmano e "Little India", que contrastam com a modernidade da baixa da cidade dominada pelos arranha-céus. No dia dedicado à tradicional excursão, após as provas, foi visitada a ilha de Sentosa. Aí foi possível relaxar na praia, visitar o oceanário e um museu sobre a história da cidade. À noite, foi oferecido um impressionante espectáculo de luz e som.

Estudantes e professores tiveram a oportunidade de visitar alguns dos mais conceituados centros de investigação e de transferência tecnológica da Universidade de Nanyang. A IPhO contou com a presença de quatro cientistas galardoados com o prémio Nobel: C.N. Yang, D. Osheroff, A. Ciechanover e M. Koshiba. Destaca-se, pelo impacte que teve nos estudantes, a conferência proferida por C.N. Yang sobre a importância do conceito de simetria na ciência e na arte.

A organização da IPhO'06 não poupou esforços para que esta olimpíada fosse um grande sucesso. Merecem destaque a eficiência com que foi cumprido o extenso calendário de actividades e a simpatia do guia da delegação portuguesa, um estudante pré-universitário.

A XXXVIII edição da IPhO está prevista para o Irão, de 13 a 22 de Julho de 2007 e será organizada pela Universidade Técnica de Isfahan.

A equipa portuguesa presente em Singapura: João Batista, André França, Flávio Coelho, Rui Barbosa e Leonardo Novo.

OLIMPÍADA IBERO-AMERICANA DE FÍSICA EM COIMBRA

Coube este ano a Portugal a organização da XI Olimpíada Ibero-americana de Física, OIbF'06. A OIbF decorreu de 23 a 30 de Setembro no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Participaram na competição 59 alunos e 39 professores de 17 países. Estiveram representados todos os países da comunidade de estados ibero-americanos, à excepção do Equador, Honduras, Nicarágua e Venezuela.

A cerimónia de abertura do evento decorreu no dia 24 de Setembro e contou com a presença do Reitor da Universidade de Coimbra, Doutor Fernando Seabra Santos, do Doutor Luís Capucha, Director-Geral da Inovação e Desen-

volvimento Curricular, que representou o Ministério da Educação, da Doutora Ana Noronha, da Agência Ciência Viva e do Doutor José Dias Urbano, Presidente da SPF.

A equipa portuguesa foi constituída pelos estudantes João Caldeira, da Esc. Sec. Emídio Navarro, de Almada, Miguel Nogueira, da Esc. Sec. da Marinha Grande, João Costa, da Esc. Sec. Carlos Amarante, de Braga e Filipe José Direito, da Esc. Sec. de Valpaços. A equipa foi liderada pelas Doutoras Lucília Brito e Constança Providência, professoras do Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

A prova teórica consistiu em quatro problemas, que abordaram um largo leque de assuntos do programa oficial. Na prova prática os estudantes realizaram duas experiências. Na primeira, foi necessário improvisar um "pesa-espíritos" com um tubo de ensaio e grãos de chumbo, com o objectivo de medir a densidade de um líquido desconhecido usando o tradicional método "estático" e um método "dinâmico". A segunda experiência tinha por objectivo determinar a constante de Planck a partir das curvas características e da cor da luz emitida por um conjunto de díodos emissores de luz (LED). Ambas as provas estão disponíveis em: http://oibf2006.fis.uc.pt.

No primeiro e no segundo dia da olimpíada, para além das provas, foram organizados outros eventos para os estudantes. Cabe destacar uma competição de "aviões de papel", onde os estudantes puseram à prova os seus conhecimentos de aerodinâmica, e uma competição de robôs *Mindstorms* promovida por estudantes dos departamentos de Física e Engª Electrotécnica da FCTUC. Foram ainda realizadas várias sessões nocturnas de observação astronómica com a colaboração de astrónomos amadores.

Enquanto o júri internacional procedia à correcção das provas, os estudantes tiveram a oportunidade de visitar a cidade da Figueira da Foz. De caminho, deliciaram-se com a visita à fábrica "Afonso" dos famosos pastéis de Tentúgal.

Para a tradicional excursão da olimpíada, que decorreu no dia 28 de Setembro, foi escolhido como destino a típica vila de Óbidos. De caminho, houve oportunidade para visitar a praia da Nazaré e, no regresso a Coimbra, os mosteiros de Alcobaça e da Batalha.

Durante o evento foi editado um pequeno jornal diário "O jornalinho da Física", com reportagens sobre o evento e outras notícias, curiosidades e passatempos relacionados com a Física. Esta publicação, que foi dirigida pelo Doutor Orlando Oliveira, teve a colaboração do grupo de jornalismo da Associação Académica de Coimbra.

Naturalmente, não podiam faltar iniciativas de carácter cultural. Foram organizadas visitas à Universidade de

Delegação portuguesa na OIbF'06: Constança Providência, João Costa, Miguel Nogueira, João Caldeira, Filipe Direito e Lucília Brito.

Coimbra e à cidade, a Conímbriga, ao Museu de Física e à exposição "À luz de Einstein" patente no Museu Nacional da Ciência e da Técnica.

Os participantes puderam assistir a fados e guitarradas de Coimbra pelo grupo "Rua Larga" e pelo grupo de fados da Tuna da Associação Académica de Coimbra. Ainda no campo da música, registe-se a entusiástica colaboração na olimpíada do grupo de percussão "Rebimb-ó-malho" do Ateneu de Coimbra e o magnífico concerto de órgão pelo Doutor Rui Vilão na Capela da Universidade de Coimbra.

O vencedor absoluto da competição foi o estudante Javier Alárcon, do Chile, com 40,2 pontos num máximo de 50. A segunda melhor pontuação da prova (37,5) foi obtida pelo estudante português João Caldeira, que obteve uma das cinco medalhas de ouro. Os restantes membros da equipa portuguesa foram todos medalhados: Miguel Nogueira com prata, e João Costa e Filipe Direito com bronze. Foi muito boa a prestação da equipa portuguesa – a melhor nas Olimpíadas Ibero-americanas de Física.

A cerimónia de encerramento, onde se procedeu à entrega dos prémios, foi precedida da conferência intitulada "A inconstância da Física" pelo Doutor João Magueijo, que cativou a assistência com o seu entusiasmo.

No próximo ano a OIbF terá lugar na Argentina, e decorrerá na universidade mais antiga desse país, a Universidade de Córdoba. A participação de Portugal nas Olimpíadas foi patrocinada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, através do programa POCI-2010, e pelo Ministério da Educação. A SPF agradece ainda à Câmara Municipal de Coimbra, à Reitoria da Universidade de Coimbra, à Texas Instruments, ao Banco BPI, à Fundação Calouste Gulbenkian e à editora Gradiva os apoios concedidos à XI Olimpíada Ibero-americana de Física.

A comissão organizadora da OIbF agradece calorosamente a todos os professores e funcionários do Departamento de

Física da Universidade de Coimbra que trabalharam para que o evento fosse um grande êxito. Em particular, cabe realçar o trabalho da comissão científica que preparou os problemas. Um agradecimento especial é devido aos estudantes da Universidade de Coimbra e aos ex-olímpicos que colaboraram como guias das delegações que, com o seu entusiasmo e dedicação, criaram uma atmosfera de jovial convívio durante a olimpíada que perdurará na memória de todos os participantes.

PROVAS DE SELECÇÃO PARA AS OLIMPÍADAS INTERNACIONAIS

As provas de selecção para as olimpíadas internacionais e ibero-americanas de Física decorreram no Dep. de Física da FCTUC no dia 26 de Maio e consistiram, à semelhança das provas internacionais, numa prova teórica e numa prova experimental.

Os enunciados e resoluções destas provas estão disponíveis em http://olimpiadas.fis.uc.pt/apuramento.htm. Os resultados foram os seguintes:

1º Flávio de Sousa Coelho, do Colégio Luso-Francês (Porto);
2º André Felipe de França, da Esc. Sec. Emídio Navarro (Almada);
3º João Manuel Gonçalves Caldeira, Esc. Sec. Emídio Navarro (Almada);
4º Rui Miguel Soares Barbosa, da Esc. Sec. Carlos Amarante (Braga);
5º João Miguel da Gama Batista, da Esc. Sec. Carlos Amarante (Braga);
6º Leonardo Filipe Gonçalves Novo, da Esc. Sec. da Maia(Maia);
7º Miguel Rogério Figueiredo Nogueira, da Esc. Sec. da Marinha Grande (Marinha Grande);
8º João Carlos Cardoso da Costa, da Esc. Sec. Carlos Amarante (Braga);
9º Filipe José Neto Direito, da Esc. Sec. de Valpaços (Valpaços);
10º *ex-aequo* - Angelo José di Pillo Hernández, Esc. Sec. Emídio Navarro (Viseu), Filipe Miguel Figueiredo Murtinheira, da Esc. Sec. Emídio Navarro (Viseu), José Luís Costa e Sousa Teixeira da Esc. Sec. Francisco Rodrigues Lobo (Leiria), Marco André Costa Ferreira, da Esc. Sec. da Trofa (Trofa)

Os cinco primeiro classificados ficaram apurados para representar Portugal na IPhO'06 e os estudantes classificados do 6º ao 9º lugar ficaram apurados para a OIbF'06. O estudante João Caldeira por ter sido apurado para as Olimpíadas Internacionais de Matemática, que este ano coincidiram com a IPhO, optou por participar na Olimpíada de Matemática e na OIbF, pelo que Leonardo Novo integrou a equipa da IPhO. João Caldeira viria a obter uma medalha de bronze na competição de matemática e uma medalha de ouro na OIbF'06, como anteriormente se referiu.

A Comissão Nacional das Olimpíadas agradece aos professores tutores que, generosamente, ajudaram os alunos na sua preparação ao longo do ano lectivo.

OLIMPÍADAS REGIONAIS

Decorreu no dia 13 de Maio de 2006, nos Departamentos de Física das Universidades do Porto, Coimbra e Lisboa, a etapa regional das Olimpíadas de Física. Participaram nesta etapa cerca de 600 alunos de aproximadamente 200 escolas de todo o país, nos escalões A (9º ano) e B (11º ano).

Os vencedores do escalão A foram os seguintes:

DELEGAÇÃO NORTE

Medalha de Ouro
- Maria Isabel Bastos Rodrigues, Ana Raquel Lebre Pereira e Alexandra Sofia Martins dos Santos, do Colégio Internato dos Carvalhos (Vila Nova de Gaia)

Medalha de Prata
- Diogo Bastos, Miguel Valido Pereira e Pedro Francisco Brandão, da Esc. EB 2,3 de Soares dos Reis (Vila Nova de Gaia)

Medalha de Bronze
- Ana Catarina Moniz Teixeira, Rui Pedro Oliveira Faria e João Tiago Neto Alves, do Colégio dos Órfãos do Porto (Porto)

DELEGAÇÃO CENTRO

Medalha de Ouro
- João Morais Pereira, Fábio Morgado e Mariana Jorge, da Esc. EB 2,3 Dr. Correia Alexandre (Leiria)

Medalha de Prata
- André Gonçalves, David Teixeira e Xénon Cruz, da Esc. EB 2,3 Martim de Freitas (Coimbra)

Medalha de Bronze
- Ana Caetano, André Gorgulho e Vasco Mota, da Esc. EB 2,3 Inês de Castro (Coimbra)

DELEGAÇÃO SUL E ILHAS

Medalha de Ouro
- Edi Lopes Kettemann, Maria Afonso Pinhal Bayley e

Rui Pedro Lourenço Lino, da Esc. EB 2,3 Eugénio dos Santos (Lisboa)

Medalha de Prata
- Maria Castelo Branco Pulido Valente, Tomás Maria Manoel Loureiro e Verónica de Novais de Mourão Gamelas, da Esc. Técnica e Liceal Salesiana do Estoril (Estoril)

Medalha de Bronze
- Ricardo José L. V. Ribeiro, Pedro Manuel Serra e Silva e Ana Marta P. Vicente, da Esc. Sec. Prof. Reynaldo dos Santos (Vila Franca de Xira)

Os vencedores do escalão B foram:

DELEGAÇÃO NORTE

Medalha de Ouro
- João Pedro Ayres Pereira da Cunha Ramos, do Colégio Luso-Francês (Porto)

Medalha de Prata
- João Carlos Pinto Barros, da Esc. Sec. de Rio Tinto (Rio Tinto)

Medalha de Bronze
- João Fidalgo, da Esc. Sec. Filipa de Vilhena (Porto)

Menções Honrosas
- Ivo José Pinto de Macedo Timóteo, da Esc. Sec. António Sérgio (Vila Nova de Gaia)
- Tiago Raul de Sousa Pereira, da Esc. Sec. Almeida Garrett (Vila Nova de Gaia)
- Raul João de Sousa Pereira, da Esc. Sec. Almeida Garrett (Vila Nova de Gaia)
- Pedro Vaz Coke, da Esc. Sec. da Maia (Maia)
- Manuel Jorge Marques, da Esc. Sec. Filipa de Vilhena (Porto)
- Mariana da Silva Beirão Carrapatoso, do Externato Augusto Simões Ferreira da Silva (Porto)
- Nuno António Aguiar dos Santos, da Esc. Sec. de Gondomar (Gondomar)

DELEGAÇÃO CENTRO

Medalha de Ouro
- Astrid Nathalie Hiller Blin, do Colégio Rainha Santa Isabel (Coimbra)

Medalha de Prata
- Pedro Miguel Monteiro Campos de Melo, da Esc. Sec. de Cantanhede (Cantanhede)

Olimpíadas Regionais: prova experimental do escalão B

Medalha de Bronze
- Miguel Gonçalves Tavares, da Esc. Sec. Infanta D. Maria (Coimbra)

Menções Honrosas
- Adriana Isabel Dias Roque, do Instituto Pedro Hispano (Soure)
- Paulo David Rodrigues Santos, da Esc. Sec. Emídio Navarro (Viseu)
- Nuno Emanuel Cabral Monteiro, da Esc. Sec. Alves Martins (Viseu)
- Miguel Filipe Ribeiro Pais, da Esc. Sec. de Peniche (Peniche)
- Rafael da Costa Figueiredo, da Esc. Sec. de Albergaria-a--Velha (Albergaria-a-Velha)
- José Ricardo Cardoso de Andrade, da Esc. Sec. Infanta D. Maria (Coimbra) e Rui Fiel Cordeiro, do Instituto Educativo do Juncal (Porto de Mós)

DELEGAÇÃO SUL E ILHAS

Medalha de Ouro
- João Leitão Guerreiro, do Colégio Valsassina (Lisboa)

Medalha de Prata
- Salomé Pereira de Matos, do Instituto de Odivelas (Odivelas)

Medalha de Bronze
- João Miguel Oliveira Alves, da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho (Lisboa)

Menções Honrosas
- Pedro Miguel Gregório Carrilho, da Esc. Sec. Gabriel Pereira (Évora)
- André Guilherme Domingos Oliveira, da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho (Lisboa)
- André Ricardo Simões Bento, da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho (Lisboa)

- Maycoll Ferreira Vieira, da Esc. B/S de Ponta do Sol (Ponta do Sol, Madeira)
- André Alexandre, da Esc. Sec. de Leal da Câmara (Rio de Mouro)
- Rui Miguel Raposo Pinto, da Esc. Sec. Ferreira Dias (Cacém)

OLIMPÍADAS NACIONAIS

Este ano as Olimpíadas Nacionais de Física foram organizadas pela Delegação Norte da SPF e decorreram no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, nos dias 9 e 10 de Junho. Participaram na etapa nacional todos os premiados da etapa regional, isto é, 27 alunos do escalão A, divididos em 9 equipas, e 30 alunos do escalão B. Os vencedores da etapa nacional ficaram pré-seleccionados para uma preparação a decorrer durante o próximo ano lectivo que os poderá levar a representar Portugal na Olimpíada Internacional de Física, IPhO'07, e na Olimpíada Ibero-Americana de Física, OIbF'07.

Os vencedores do escalão A foram:

Medalha de Ouro

- Maria Castelo Branco Pulido Valente, Tomás Maria Manoel Loureiro e Verónica de Novais de Mourão Gamelas, da Esc. Técnica e Liceal Salesiana do Estoril (Estoril)

Medalha de Prata

- Edi Lopes Kettemann, Maria Afonso Pinhal Bayley e Rui Pedro Lourenço Lino, da Esc. EB 2,3 Eugénio dos Santos (Lisboa)

Medalha de Bronze

- André Gonçalves, David Teixeira e Xénon Cruz, da Esc. EB 2,3 Martim de Freitas (Coimbra)

Os vencedores do escalão B foram:

Medalha de Ouro

- João Pedro Ayres Pereira da Cunha Ramos, do Colégio Luso-Francês (Porto)

Medalha de Prata

- Raul João de Sousa Pereira, da Esc. Sec. Almeida Garrett (Vila Nova de Gaia)

Medalha de Bronze

- João Leitão Guerreiro, do Colégio Valsassina (Lisboa)

Menções Honrosas

- Tiago Raul de Sousa Pereira, da Esc. Sec. Almeida Garrett (Vila Nova de Gaia)
- João Miguel Oliveira Alves, da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho (Lisboa)
- Ivo José Pinto de Macedo Timóteo, da Esc. Sec. António Sérgio (Vila Nova de Gaia)
- André Guilherme Domingos Oliveira e André Ricardo Simões Bento, ambos da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho (Lisboa)
- Miguel Gonçalves Tavares, da Esc. Sec. Infanta D. Maria (Coimbra)
- Paulo David Rodrigues dos Santos, da Esc. Sec. Emídio Navarro (Viseu)
- Manuel Jorge Marques, da Esc. Sec. Filipa de Vilhena (Porto)

Foram ainda pré-seleccionados para a fase de preparação para as Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física, os seguintes alunos:

João Carlos Pinto Barros, da Esc. Sec. de Rio Tinto (Rio Tinto), João Fidalgo, da Esc. Sec. Filipa de Vilhena (Porto), Pedro Vaz Coke, da Esc. Sec. da Maia (Maia), Nuno António Aguiar dos Santos, da Esc. Sec. de Gondomar (Gondomar), Nuno Emanuel Cabral Monteiro, da Esc. Sec. Alves Martins (Viseu), Miguel Filipe Ribeiro Pais, da Esc. Sec. de Peniche (Peniche), Salomé Pereira de Matos, do Instituto de Odivelas (Odivelas), Pedro Miguel Gregório Carrilho, da Esc. Sec. Gabriel Pereira (Évora), Rui Miguel Raposo Pinto, da Esc. Sec. Ferreira Dias (Cacém)

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 2006/2007

O calendário das Olimpíadas de Física para o ano 2006/2007 está disponível em http://olimpiadas.fis.uc.pt. Na mesma página está disponível o regulamento da competição. As pré-inscrições das escolas deverão ser efectuadas pela *Internet* até ao dia 31 de Janeiro de 2007.

LIVROS NOVOS

Registam-se os seguintes títulos novos sobre temas de Física, de ciência em geral ou de educação, publicados nos últimos meses:

Armando Coelho Ferreira da Silva e
Alice Semedo (coord.)
Colecções de Ciências Físicas e Tecnológicas em Museus Universitários: Homenagem a Fernando Bragança Gil
Faculdade de Letras da Universidade do Porto
Secção de Museologia do Departamento de Ciências e Técnicas do Património, 2005

Barry Parker
À Boleia com Isaac Newton
O Automóvel e a Física
Edições 70, Lda., 2006

Conceição Tavares e Henrique Leitão
Bibliografia de História da Ciência em Portugal 2000-2004
Centro de História das Ciências
Universidade de Lisboa, 2006

Demétrio Alves
Energética Portuguesa
Breve Evolução Histórica
Campo da Comunicação, 2006

Jorge Nascimento Rodrigues e Virgílio Azevedo
Nuclear
O Debate Sobre o Novo Modelo Energético em Portugal
Centro Atlântico, 2006

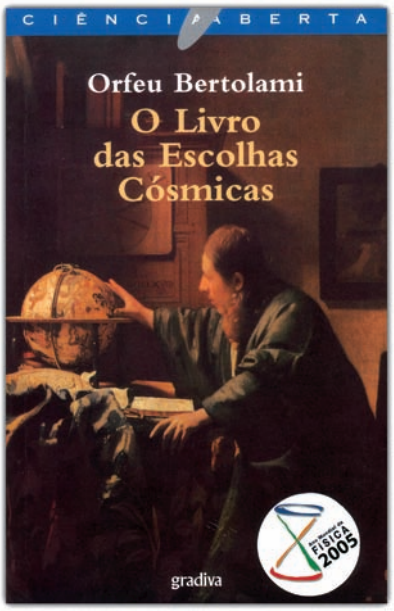
Monique Sicard
A Fábrica do Olhar
Imagens de Ciência e Aparelhos de Visão (Século XV-XX)
Edições 70, Lda., 2006

Nuno Luís Madureira (coord.)
A História da Energia
Portugal 1890-1980
Livros Horizonte, 2005

Nuno Sá
Astronomia Geral
Escolar Editora, 2005

Agradecemos aos editores o envio de novos livros de ciência e/ou educação, aos quais faremos a devida referência.

O LIVRO DAS ESCOLHAS CÓSMICAS



Orfeu Bertolami
O Livro das Escolhas Cósmicas
Gradiva, 2006.

O Livro das Escolhas Cósmicas, saído na Gradiva, não só informa como inspira. Nele, Orfeu Bertolami expõe com talento e competência a física moderna no espaço humano multidimensional. O livro é um convite ao leitor para partilhar a grande aventura humana da leitura do livro cósmico. Bertolami transporta-nos numa viagem através do espaço e do tempo - uma viagem que se inicia numa escala onde os conceitos físicos correntes se dissolvem (a escala de Planck), passando pelo mundo da física das partículas, atravessando depois o sistema solar, até às galáxias e às maiores estruturas cósmicas...

A viagem cósmica a que nos convida Bertolami é feita por mulheres e

homens, na jangada espacial chamada Terra. Uma jangada onde a física se faz entre a poesia, a história, o teatro, e, em geral, a vida humana. Uma jangada onde a aquisição de conhecimentos sobre o Universo é uma história trágica e cómica. É uma história profundamente humana, que nos leva à humilde conclusão que, se não ocupamos uma posição especial no Universo, transcendemos de algum modo as suas leis. "*Os seres humanos estão sujeitos às leis universais da física, da biologia ou da psicologia, mas o seu comportamento não se esgota nestas leis*".

O Livro das Escolhas Cósmicas é um livro de física em português. Por isso é um livro raro, directamente acessível a todos os lusófonos ávidos das novidades científicas. É, em particular, um livro dirigido aos jovens, que precisam de incentivos para estudar e contribuir para o desenvolvimento das ciências. As disciplinas científicas na Europa e no mundo conhecem desde há uma década um progressivo e preocupante abandono: o conhecimento e a cultura devem ser os motores fundamentais da democracia, garantes da liberdade, da pluralidade e do respeito pelo homem. Em suma, garantes de um futuro que "*permita que todos os seres humanos usufruam as conquistas materiais e científicas de forma equilibrada com os que o cercam e em harmonia com a natureza*".

No contexto actual, onde velhos obscurantismos emergem de cantos tenebrosos, esta mensagem "cósmica" positiva, de esperança e entusiasmo, é muito bem-vinda! Esta apresenta-se com humildade, sem cair nos excessos de um pretenso conhecimento absoluto, pois "*a complexidade dos processos e a diversidade fenomenológica do mundo transcendem qualquer teorização concebível*". E, a par com o reconhecimento dos limites do nosso conhecimento, lê-se a aceitação de uma ética, que considera o infinitamente grande e o infinitamente pequeno sem desprezar o humanamente próximo: "*o fazer científico não pode constituir uma ameaça à dignidade humana e à integridade do nosso planeta e dos seres vivos*".

O livro dá-nos uma informação actual dos últimos desenvolvimentos, nos domínios da astronomia, cosmologia, física das partículas, teorias de unificação das interacções e das mais recentes "ferramentas" espaciais que já se encontram ao dispor dos cientistas, ou estão a ser planeadas. Bertolami guia-nos com energia e lucidez na descoberta destes temas, uma vez que é um cientista activo nos meios da física e da exploração espacial, que tem contribuído para uma imagem positiva da ciência que se faz em Portugal e, em particular, no Instituto Superior Técnico, onde trabalha. É importantíssimo que se desperte nas organizações europeias e internacionais o desejo de colaborar, apoiar e promover as actividades científicas nacionais.

O Livro das Escolhas Cósmicas contém também algumas propostas de interesse geral e de natureza deontológica, que poderão ser úteis ao físico profissional. Longe da imagem do cientista distraído, perdido para sempre na abstracção, é-nos relembrado que aqueles que estudam o Cosmos, como acontece em qualquer outra ciência "dura" ou "suave", têm responsabilidades éticas que devem ser assumidas.

Abordando o domínio e a organização que conheço melhor - a física fundamental e a Agência Espacial Europeia (ESA) - posso dizer que Orfeu Bertolami tem sido um exemplo do envolvimento que um cientista deve ter perante um problema científico emergente; conquistou assim o direito de desempenhar um papel activo no desenvolvimento e no usufruto de missões espaciais dedicadas à investigação de assuntos de física fundamental. Refiro-me em concreto ao enigma da aceleração anómala associada ao sinal de rastreio Doppler das sondas espaciais *Pioneer* 10 e 11. Esta aceleração, designada por anomalia *Pioneer*, aponta em direcção ao Sol e foi detectada pela medição das posições das sondas (utilizando o tempo de propagação de um sinal electromagnético entre a sonda e a estação de rastreio) e velocidades (efeito Doppler na frequência deste sinal). O valor desta aceleração anómala é aproximadamente onze mil milhões de vezes menor do que a gravidade terrestre. No entanto, apesar de fraquíssimo, no tempo considerável de integração ao longo das órbitas das sondas, que viajam actualmente para além da fronteira do sistema solar, este fenómeno já produziu um desvio cumulativo nas suas trajectórias da ordem da distância entre a Terra e a Lua!

O problema, inicialmente ignorado ou pouco discutido, foi amadurecendo durante as décadas de 80 e 90 do século passado, nos laboratórios do Jet Propulsion Laboratory da NASA, e do Los Alamos National Laboratory. A anomalia da *Pioneer* foi inicialmente tratada como um efeito secundário, sem explicação satisfatória, mas desprezável devido à fraca magnitude do fenómeno. Em 1998, após intensos esforços para demonstrar que a anomalia não se devia a qualquer artefacto ligado a aspectos de engenharia das sondas ou do processamento dos dados telemétricos, e não é explicável no quadro actual da física teórica, os físicos John Anderson, Phillip Laing, Eunice Lau, Anthony Liu, Michael Nieto e Slava Turyshev publicaram um artigo na *Physical Review Letters*, que recebeu um eco positivo da comunidade internacional.

Nesse ano submeti com um colega, Jean Christophe Grenouilleau, uma proposta de estudo ao programa de estudos avançados da ESA; defendi uma definição da linha da frente na investigação em física gravitacional. Foi nesta altura que contactei Orfeu Bertolami (especialista em cosmologia e gravitação) e Tajmar

(especialista em propulsão eléctrica) para elaborarem um estudo. Uma das vantagens de trabalhar na ESA é a possibilidade de criar contextos de trabalho e propor assuntos de investigação que coloquem face a face cientistas e engenheiros vindos de diferentes disciplinas, trabalhando juntos para o mesmo fim. Frequentemente resultam destas interacções novas linhas de trabalho.

Foi o que aconteceu no caso da anomalia da *Pioneer*. Logo após termos proposto, no quadro do nosso estudo, uma missão dedicada à investigação deste fenómeno inexplicado, que designámos por *Sputnik-5* (devido à possibilidade de associar a aceleração anómala à presença de uma quinta força além das quatro fundamentais já conhecidas), a NASA fez uma proposta semelhante. A comunidade internacional, desejosa de explorar esta anomalia, tem-se desde então organizado, no quadro da definição do programa científico da ESA. Neste contexto, Portugal tem sido representado com êxito por Bertolami e pela sua equipa. É minha convicção que, sendo as mais longínquas experiências de queda livre jamais realizadas, as missões *Pioneer* levaram à observação de um desvio em relação às leis da gravidade conhecidas - e que temos de repetir estas experiências para compreender devidamente a gravitação à escala do sistema solar. Na obra *O Livro das Escolhas Cósmicas*, temos a oportunidade de aprender mais sobre este assunto, bem como sobre o programa científico da ESA, cobrindo as áreas da exploração do sistema solar, astrofísica e física fundamental.

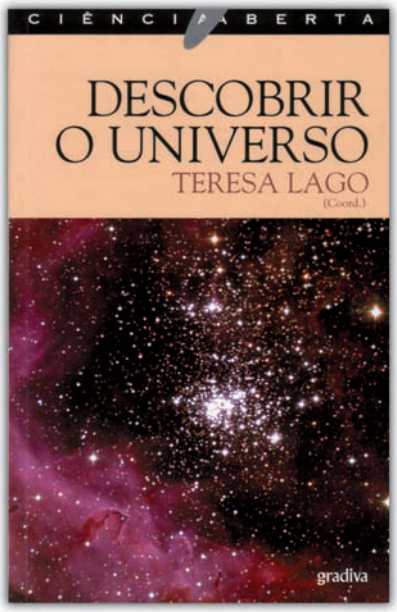
Desde os anos 90 do século passado, durante a *"década dourada da cosmologia observacional*", chegámos à fascinante conclusão que desconhecemos a natureza física de cerca de 95% da energia que compõe o nosso Universo. Daqui deduzimos que a palavra "cosmos" é de facto adequada, dada a sua origem no grego *Kosmo*: desconhecido. As observações dos espectros Doppler das supernovas de tipo IA e de estruturas em larga escala mostram-nos que vivemos num Universo plano, em expansão acelerada. A energia repulsiva e "invisível" necessária para explicar esta expansão acelerada é de origem desconhecida, sendo por isso chamada *energia escura*. Paralelamente, a observação das curvas de rotação das galáxias mostra que temos de invocar quantidades consideráveis de matéria não-visível para compensar gravitacionalmente a força centrífuga devida à rotação, e assim assegurar a estabilidade das galáxias; esta matéria, por não emitir radiação electromagnética, é denominada *matéria escura*.

Um problema que, à primeira vista, está completamente desligado deste é a dramática questão energética com que se confrontam as sociedades industriais modernas. A procura de energias alternativas ao petróleo, para alimentar as nossas indústrias e sistemas de transporte, talvez passe também por uma compreensão mais profunda do que é a energia e a matéria. Desta forma, o problema de fundo residirá na necessidade de uma evolução dos paradigmas actuais de definição de energia e matéria. O desafio cósmico que nos é descrito, de forma por vezes poética, no livro de Bertolami, é o de perseguir uma evolução intelectual rumo a uma compreensão mais profunda da realidade e destes conceitos fundamentais. Em resumo, a compreensão do cosmos pode levar-nos a uma mudança de paradigma; tal como sucedeu na Revolução Industrial, fruto dos avanços na termodinâmica e noutros ramos da física clássica, as questões que se colocam hoje em física podem conduzir a uma nova era, onde a humanidade viva mais em harmonia com a Natureza, manipulando-a com sensatez. Hoje tal é apenas um sonho...

Parece que a humanidade atravessa uma crise de adolescência, caminhando entre o suicídio e a maturidade. Uma das mensagens de *O Livro das Escolhas Cósmicas* é que a passagem da adolescência para a idade adulta da humanidade não ocorrerá sem que certas questões sejam entendidas. Essa compreensão irá provavelmente redefinir a nossa relação com o mundo. Este passo intelectual terá, julgo, profundas consequências para o comportamento da Humanidade. Eis o desafio que nos propõe a cosmologia do século XXI! Um desafio de grande responsabilidade, mas que Orfeu Bertolami sabe apresentar com uma sobriedade e uma simplicidade que seriam do agrado de Voltaire. Porque a "*física, no fundo, é apenas jardinagem*".

Clovis Jacinto de Matos
Clovis.De.Matos@esa.int

DESCOBRIR O UNIVERSO



Teresa Lago (Coord.)
Descobrir o Universo
Gradiva, 2006.

O livro *Descobrir o Universo* reúne um conjunto de textos de cientistas do Centro de Astrofísica da Universidade do Porto (CAUP). Trata-se de uma obra que se destina principalmente ao público em geral – e

não apenas à comunidade científica –, transmitindo o entusiasmo dos autores pela astronomia.

O fascínio que o céu exerce sobre o homem é tão antigo como a humanidade, tendo os nossos antepassados procurado respostas às perguntas que colocavam sobre o céu.

"*Saber-se parte integrante de um Universo de tal dimensão, partilhar a composição química do cosmos, ser feito de elementos sintetizados no Universo primitivo, ou no interior de uma estrela e posteriormente ejectados para o espaço a velocidades impensáveis, emociona-nos*", declara a coordenadora no prefácio do livro. "*Tal como é emocionante compreender a importância deste planeta frágil, perdido num vastíssimo e inóspito meio (interestelar e intergalático) quase vazio*". Ainda nas palavras deTeresa Lago, "*deslumbra-nos sermos capazes de ir montando, peça a peça, um puzzle de tal complexidade e vermos que ele faz sentido. Um puzzle cuja dimensão e imagem global desconhecemos, mas que vamos antevendo, passo a passo*".

Segundo a coordenadora, este livro, editado na comemoração dos 16 anos do CAUP, espelha o trabalho realizado na astronomia portuguesa durante os últimos anos. Nele participam Joana Ascenso, Rui Azevedo, Jarle Brinchmann, Paulo Maurício de Carvalho, Margarida Cunha, Amadeu Fernandes, Mercedes Filho, Filipe Gameiro, Paulo Garcia, Jorge Grave, Teresa Lago, João Lima, Catarina Lobo, Jorge Martins, Cândida Monteiro, Fernando Pinheiro, Rui Pinto, Filipe Pires, Ricardo Reis, Bruno Silva, Elsa Silva, Nelma Silva e Pedro Viana.

Este grupo de pessoas fala do que mais os entusiasma – o Universo e a Astronomia, desde os planetas do sistema solar ao ciclo de vida das estrelas e das galáxias nos confins do Universo – numa linguagem acessível. Um dos objectivos dos autores é que o livro possa ser lido por jovens a partir dos 15 ou 16 anos. A obra inclui diversas imagens a cores e esquemas que a tornam de fácil leitura e compreensão.

TEMPO E CIÊNCIA

Rui Fausto e Rita Marnoto (Coord.)
Tempo e Ciência
Gradiva, 2006.

Este livro reúne uma série de conferências realizadas durante o ano de 2003, apresentando textos de vários cientistas e pensadores que abordam o tempo nas suas mais diversas relações com o mundo físico, biológico, social e filosófico. Os textos são acompanhados de comentários.

O tempo percorre todas as áreas do saber, da cosmologia à física das partículas, da química-física à embriologia, da genética à antropologia, à psicologia cognitiva, à sociologia ou à filosofia. Se o conceito de tempo tem vindo a ser explorado no âmbito dos mais variados campos do conhecimento, são também muito diversas as doutrinas à luz das quais é actualmente considerado.

Isto mesmo é reconhecido pelos coordenadores no prefácio da obra. "*Num quotidiano vivido ao ritmo dos minutos, dos segundos e até das fracções de segundo marcadas pela instrumentação digital, falar dos ponteiros do relógio possui, cada vez mais, o sabor de uma imagem para uso retórico*".

Na obra, Martin Rees, director do Instituto de Astronomia de Cambridge e presidente da Royal Astronomic Society e do Conselho Consultivo da Agência Espacial Europeia, apresenta uma fantástica viagem pelo cosmos, desde o seu alvorecer até aos seus possíveis ocasos. Rees reflecte ainda sobre as incidências sociológicas do fluir do tempo e das suas implicações no futuro da humanidade.

Peter Atkins, professor de Química da Universidade de Oxford, centra a sua intervenção na relação estreita do tempo com a temperatura: a seta do tempo é dada pela seta entrópica, definida na Segunda Lei da Termodinâmica. Analisa ainda os fenómenos da percepção do tempo e da formação e esvanecimento da memória numa perspectiva físico-química.

Lewis Wolpert, professor de Biologia Aplicada à Medicina no University College de Londres, aborda a importância do tempo para a biologia, para a ontogenia (desenvolvimento do indivíduo) e para a filogenia (desenvolvimento da espécie).

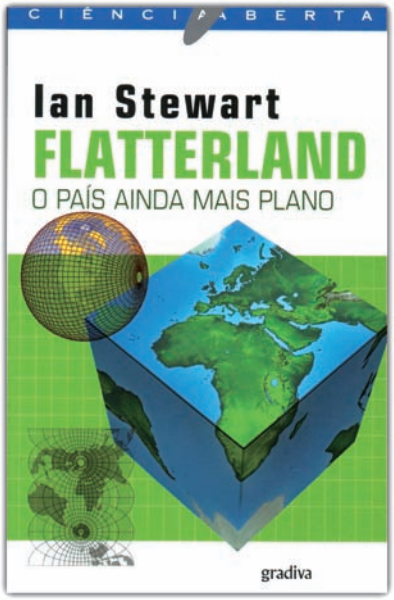
Tendo por base uma metodologia que intersecta a psicologia cognitiva e a antropologia, Maurice Bloch faz uma reflexão de fundo sobre o lugar ocupado pelo tempo nos estudos antropológicos, retomando pesquisas anteriores acerca do povo nuer.

Já Bertand Jordan, biólogo molecular e geneticista, aborda a temática da clonagem, particularmente a humana, desmontando mitos e fantasmas que se foram associando não só a esta técnica mas também à engenharia genética em geral.

Finalmente, Carlo Carena, especialista no pensamento de Santo Agostinho, remonta ao modo como o mito grego representava Cronos, para depois acompanhar as ideias expressas por poetas, homens da ciência e historiadores do mundo antigo, de forma a mostrar como a noção de eternidade vai emergindo, residindo na divindade a única possibilidade do processo histórico.

Rui Fausto e Rita Marnoto, os coordenadores deste livro, são, respectivamente, professores de Química e de Literatura Comparada na UC.

FLATTERLAND



Ian Stewart
Flatterland
O país ainda mais plano
Gradiva, 2006.

Flatterland – O país ainda mais plano é a narrativa da fantástica viagem de Vikki pelo Matemativerso. A ideia de escrever *Flatterland* surgiu da leitura de *Flatland – O país plano*, que Edwin Abbott Abbott escreveu em 1884. Nesse livro, Abbott dava conta de vários acontecimentos passados num mundo em duas dimensões. Os habitantes do país plano são figuras geométricas – linhas, triângulos, quadrados, pentágonos... Na obra, o quadrado vê as suas convicções algo tacanhas desfeitas pelos rumores da terceira dimensão, rumores confirmados pela esfera, um visitante que vem de um mundo a mais dimensões. O livro de Abbott foi e é desde então um sucesso de vendas permanente.

No século XXI a matemática e a física estão muitíssimo mais avançadas do que no fim do século XIX. Agora, Vikki, trineta do quadrado, é uma jovem moderna que vive numa sociedade como a britânica ou a americana do início dos anos 60, mas com Internet. Ao longo da sua viagem, Vikki vai encontrando personagens cada vez mais estranhas, do Cordial Ente Construtor a Mubius, a vaca com um só lado, ou do Rei Falcão às Space Girls. Assiste ao encontro de dois Leões Paralelos e vê o Arganaz do Pão transformar um *donut* num bule de chá sem violar quaisquer leis matemáticas. Contempla a expansão do Universo a partir de um ponto fora dele e sobrevive a um mergulho alucinante num buraco negro. Por fim, na posse de uma visão mais clara do mundo que está para além do seu mundo, Vikki regressa a casa, à *Flatland* bidimensional, e começa a espalhar a boa nova.

Ian Stewart é professor catedrático de Matemática na Universidade de Warwick, Reino Unido, onde desempenha as funções de director do Centro de Sensibilização para a Matemática. É autor de mais de sessenta livros, entre os quais *Deus Joga aos Dados?*, *Os Problemas da Matemática* e *Jogos, Conjuntos e Matemática* (editados pela Gradiva). Stewart recebeu a Medalha Michael Faraday da Real Sociedade Espanhola de Física por serviços prestados na área da divulgação da ciência. É autor de obras de ficção científica e colabora em muitos jornais e revistas da Europa e dos Estados Unidos.

ERA UMA VEZ... CIÊNCIA E POESIA NO REINO DA FANTASIA

Regina Gouveia
Era uma vez... ciência e poesia no reino da fantasia
Campo das Letras, 2006.

Regina Gouveia, professora de Físico-Químicas da Secundária Carolina Michaelis do Porto, lançou recentemente um livro de poesia intitulado "Era uma vez... ciência e poesia no reino da fantasia". A ilustração é de Nuno Gouveia.

Era uma vez... assim começa a viagem em cada um dos cinco poemas do livro. Cinco poemas para manter vivo o respeito pela Natureza e que têm, cada um, uma pérola de ciência. São eles: "Era uma vez… o Mar", "Era uma vez… o Vento", "Era uma vez… um Planeta", "Era uma vez… uma gotinha de Orvalho" e "Era uma vez… um Ecoponto".

Segundo Ferreira da Silva, professor jubilado de Física da Universidade do Porto, "a formação científica da autora transparece, como em António Gedeão, na obra poética". Nilza Costa, professora da Universidade de Aveiro, destaca "a beleza da sua escrita, onde a ciência é introduzida subtilmente, mas de forma rigorosa e adequada a públicos mais jovens".

Maria de Fátima Pinheiro, também da Universidade do Porto, considera que Regina Gouveia, de forma "simples, espontânea, quase divertida, mas sem sacrificar o rigor científico, alerta as crianças para a observação de fenómenos físicos e sensibiliza-as para problemas ambientais", enquanto o Centro de Ciência Viva de Vila do Conde, escreve no seu sítio da Internet que "o seu espírito vivo e inventivo integra muito mais do que a ciência que ensina e, de um modo simples, concilia harmoniosamente a Ciência e a Poesia".

Regina Gouveia nasceu em Outubro de 1945 e passou a sua infância e adolescência no Nordeste Transmontano. É licenciada em Físico-Química pela Universidade do Porto e Mestre em Supervisão pela Universidade da Aveiro. Tem dedicado muito do seu tempo à formação de professores (foi orientadora de estágios durante 22 anos). Publicou já outros três livros: "Se eu não fosse professora de Física… Algumas reflexões sobre práticas lectivas", "Reflexões e Interferências" e "Magnetismo Terrestre", bem como vários artigos, sozinha ou em co-autoria, alguns dos quais no estrangeiro.

Um dos seus passatempos favoritos é a leitura e um dos seus livros de cabeceira é sempre um livro de poesia. A poesia por vezes designada como científica exerce sobre ela um fascínio muito particular, pelo que não admira que António Gedeão seja um dos seus poetas favoritos.

SÍTIO DO TRIMESTRE

www.e-escola.pt

O portal *e-escola* destina-se a todos os que sentem curiosidade pelo mundo que os rodeia, em especial aos estudantes do ensino secundário e dos primeiros anos do ensino superior, e, ainda, aos professores do ensino secundário e investigadores das áreas de matemática, física, química e biologia.

No sítio encontram-se respostas a questões como, por exemplo,o que é o princípio de indução finita, de que é feita a luz, quais são as características das células, dos fungos e das bactérias, qual é a estrutura e composição dos diferentes materiais que compõem o Universo e muito mais.

O *e-escola* é um portal de divulgação científica da Universidade Técnica de Lisboa, assegurado pelo Instituto Superior Técnico, que garante a produção de conteúdos e o suporte técnico do portal. Depois de uma primeira versão (em Junho de 2002), o *e-escola* surge agora renovado, nomeadamente ao nível de produção e gestão dos conteúdos, arquitectura da informação, interface e usabilidade.

Entre as quatro áreas abordadas, destacamos a física. Com o portal *e-escola* de Física, pretende mostrar-se que os conhecimentos de física permitem explicar muitos fenómenos do mundo que nos rodeia e mesmo demonstrar que esses conhecimentos podem ajudar a melhorar o nosso desempenho.

No *e-escola* o visitante não deve ficar apenas pela leitura da informação existente. "*Queremos que, baseando-se no*

que aqui aprende, ele exerça activamente um método de experimentação (a Física é uma ciência experimental!) e de modelização, não só através dos projectos existentes no e-lab, mas também, em cada momento da sua existência, tentando usar o método experimental para compreender como evoluem todos os objectos que mais ou menos remotamente com ele interagem. Com base nessa compreensão deve então criar modelos para prever a evolução futura desses objectos".

O *e-escola* deve, por isso, ser o início de uma viagem de descoberta de tudo o que está à nossa volta... Viagem ao pequeno, ao grande e ao complexo.

CARTAS DOS LEITORES

A PROPÓSITO DA PROVA 715 DE FÍSICA E QUÍMICA – A DA 1ª FASE

Logo que foi tornado público o enunciado desta prova, professores do ensino secundário e do ensino superior aperceberam-se de que a questão 4.4 carecia de sentido pois nenhuma das opções de escolha satisfazia ao enunciado.

Assim, foram recolhidos pareceres de professores universitários e do secundário de reconhecida competência (Maria José Almeida, José António Paixão, Manuel Fiolhais, Décio Martins, Graça Ventura, Adriano Sampaio, etc.). Todos os pareceres concordaram sobre a falta de sentido físico da questão. De imediato foram feitos alertas ao Gabinete de Avaliação Educacional (GAVE) que não se mostrou receptivo aos mesmos. Posteriormente, surgiu na página *Web* da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) um parecer da Coordenadora da Divisão de Educação no essencial bastante elogioso em relação à prova, mas sem referir a questão em causa. Alguns professores enviaram, com conhecimento ao GAVE, um documento à referida Coordenadora. Transcrevem-se em seguida extractos do documento enviado por Décio Martins:

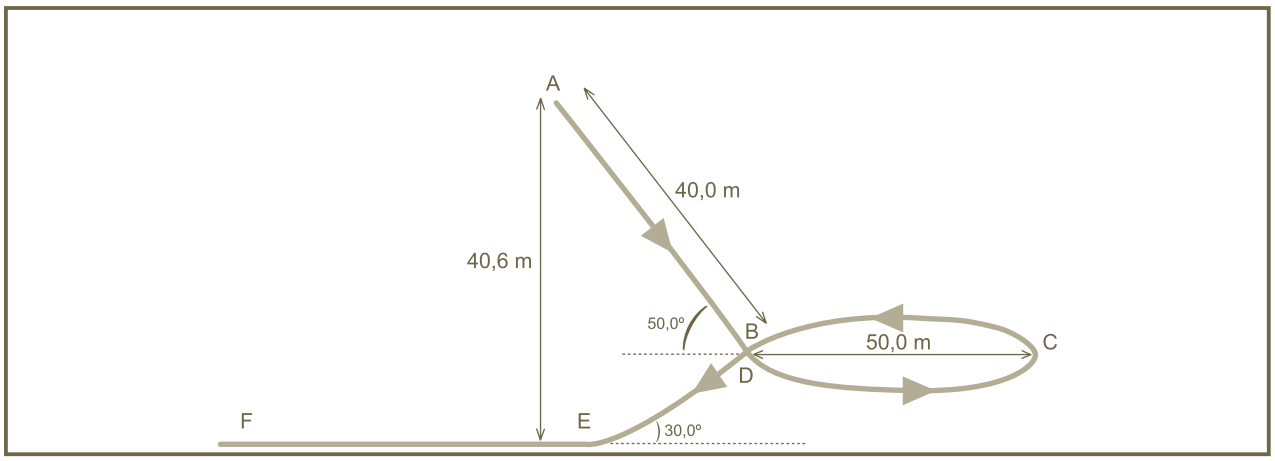
"Em relação à alínea 4.4, nos dois percursos AB e DE o movimento é uniformemente acelerado, sendo a aceleração em AB maior do que em DE – esta situação tem correspondência em pelo menos um dos gráficos. No percurso BCD o movimento é uniforme, mas a aceleração é v^2/r (só tem componente centrípeta). A componente tangencial da aceleração é zero (não considerada em qualquer dos gráficos). No percurso EF o movimento é retardado, e pela referência estabelecida, tem um valor algébrico negativo (situação considerada em pelo menos um dos gráficos).

Em relação aos gráficos que os estudantes deviam analisar, parece-me que há um erro que impossibilita a escolha de qualquer opção apresentada. Por um lado, os gráficos correspondem aos valores algébricos da componente tangencial da aceleração nos percursos rectilíneos, considerando positivo o sentido do movimento. Por outro lado, no percurso BCD estão a considerar o módulo do vector aceleração (neste percurso a aceleração só tem componente normal).

Como é óbvio, não se devem misturar num mesmo gráfico informações distintas, correspondentes às componentes de um vector num determinado sistema de referência (percursos AB, DE e EF) e o módulo do vector (percurso BCD)."

Relativamente ao mesmo problema transcreve-se também parte da resposta do GAVE à carta que lhe foi enviada por Graça Ventura:

"Define-se valor (algébrico) de um vector como o valor da sua componente segundo a direcção do eixo escolhido como referência, de acordo com o Livro de Física da Disciplina de Física e Química A 11.º ano, de Adelaide Bello e Helena Caldeira (Porto Editora), na página 34.



De acordo com esta definição, é correcto afirmar que o gráfico representa o valor da aceleração nos diferentes pontos da trajectória, tomando-se em cada ponto como eixo de referência o único eixo a que a componente da aceleração é não nula e adoptando-se a convenção habitual de tomar como sentido positivo o sentido do movimento. Pode haver alguma dúvida em relação ao percurso circular, em que a direcção do eixo de referência varia em cada ponto, e em que o sentido positivo poderia ser para o centro da trajectória ou o contrário, aí as quatro respostas sugeridas apresentam o mesmo valor para a aceleração."

Neste parecer é citado *o Livro de Física da Disciplina de Física e Química A 11.º ano,* de Adelaide Bello e Helena Caldeira (página 34). Ora neste livro, logo a seguir, na página 35, o texto continua:

"*É positivo se o sentido do vector coincide com o do eixo de referência. É negativo se o vector e o eixo de referência têm sentidos opostos.*"

Analisemos, então, a figura correspondente à questão em causa e tomemos, por exemplo, a linha que constituirá, de acordo com a resposta do GAVE, o eixo de referência em B e em C: ao longo desse eixo temos dois sentidos positivos. E o mesmo para qualquer outra direcção da aceleração no percurso circular.

E este é apenas um dos aspectos caricatos da questão.

É lamentável que o GAVE tenha tido uma posição autista em vez de reconhecer que errou (errar é humano!). E é criticável o parecer que a Coordenadora da Divisão de Educação da SPF apresentou sobre a prova. Mas o pior de tudo é que tenha havido alunos (e houve alguns) que gastaram muito tempo a reflectir sobre a questão e não escolheram qualquer alternativa por acharem que nenhuma era satisfatória, tendo obtido zero pontos nessa questão.

Na prova da segunda fase, a questão 4.3 merece também um comentário.

Questão 4.3:
Seleccione a alternativa que permite escrever uma afirmação correcta:

A altitude de um satélite geoestacionário terrestre depende…

(A) … da massa do satélite

(B) … do módulo da velocidade linear do satélite

(C) … da massa da Terra

(D) … da velocidade de lançamento do satélite

Não é aceitável considerar que a altitude do satélite geostacionário depende apenas da massa da Terra pois basta analisar a equação $v^2 = GM/r$ para reconhecer a dependência entre v e r. O valor da altitude (ou do raio da órbita) é fixo para qualquer satélite geoestacionário (o termo "terrestre" é redundante). Naturalmente que, se o quisermos calcular, teremos de usar o valor do período de rotação e da massa da Terra. Mas, como a velocidade está relacionada com o período, a altitude dependerá da velocidade.

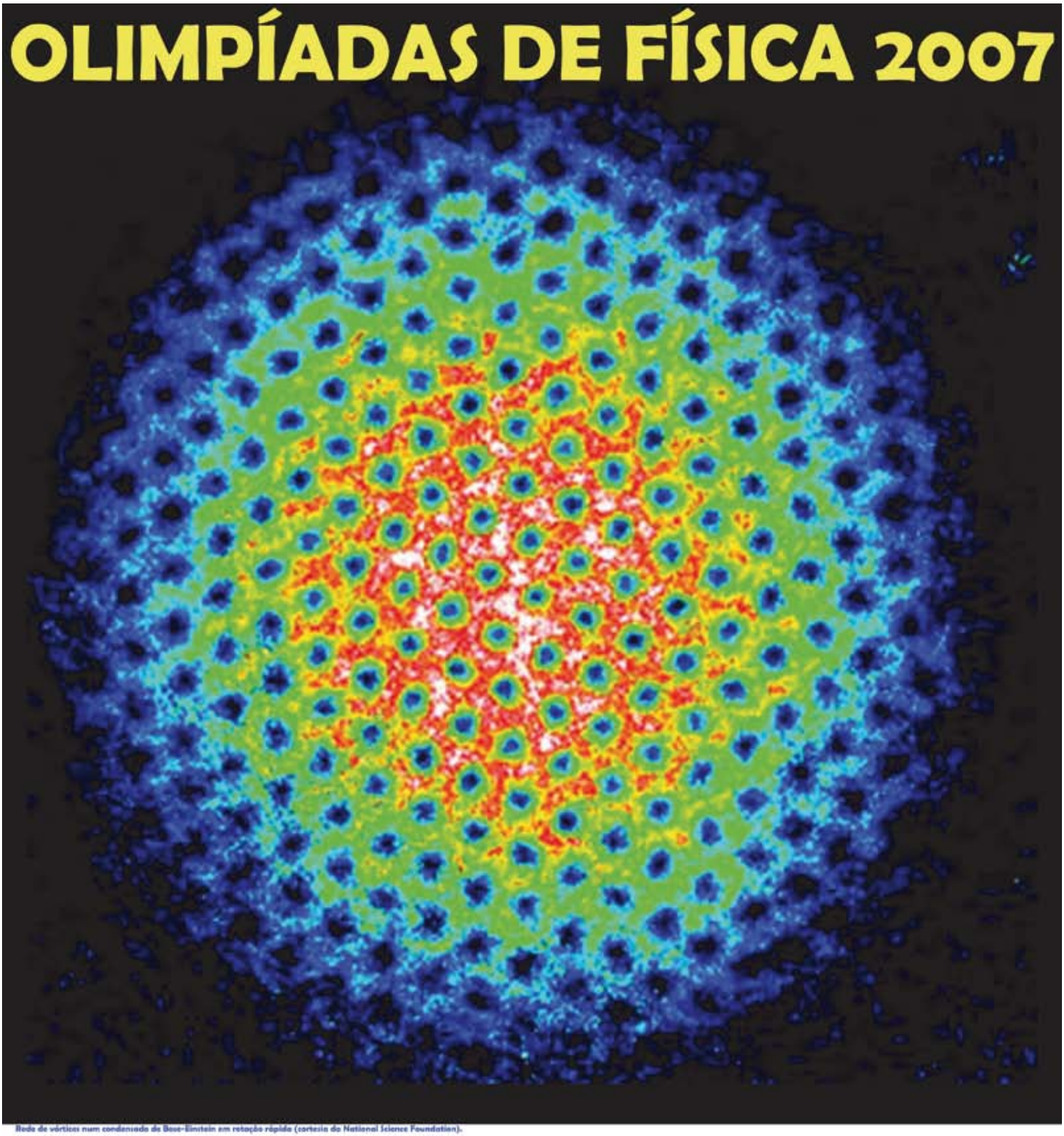
Regina Gouveia
Esc. Sec. Carolina Michaellis - Porto

Daisi Raquel Leitão Agostinho da Silva
Esc. Sec. Carolina Michaellis - Porto

Rogério Nogueira
Esc. Sec. Acácio Calazans Duarte - Marinha Grande

Esmeralda Cardoso
Esc. Sec. da Quinta das Flores- Coimbra

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 2007



Rede de vórtices num condensado de Bose-Einstein em rotação rápida (cortesia da National Science Foundation).

PROVAS

Regionais: 12/5/2007
Nacionais: 22-23/6/2007, Coimbra
Internacionais: 7/2008, Vietname
Iberoamericanas: 9/2008, México

Escalão A: alunos do 9º ano
Escalão B: alunos do 11º ano

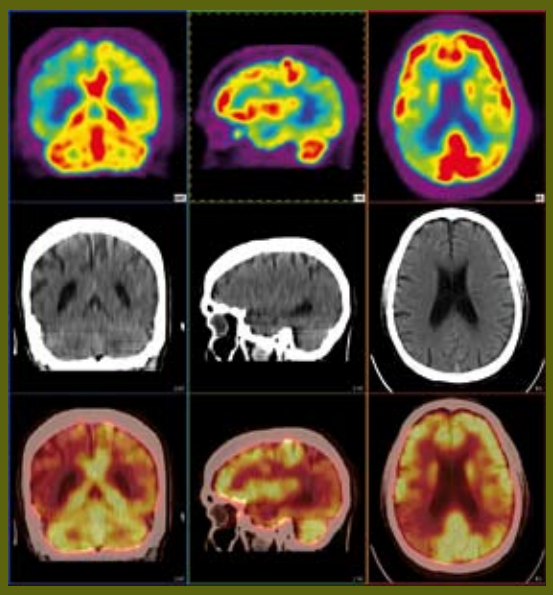
Inscrições até 31/1/2007
http://olimpiadas.fis.uc.pt

Sociedade Portuguesa de Física

APOIOS:
Ministério da Educação
Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

Ciência Viva | Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica | Ciência Inovação 2010 | União Europeia Fundos Estruturais | Governo da República Portuguesa

NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



A FÍSICA E A VIDA