

Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física

VINTE E CINCO SÉCULOS DE FÍSICA QUÂNTICA

Mario Bunge

A REACÇÃO DOS QUÍMICOS À AFIRMAÇÃO REDUCIONISTA DE DIRAC

Ana Simões

"USO A BELEZA NA PESQUISA CIENTÍFICA"

Entrevista com Constantino Tsallis, físico brasileiro



GAZETA DE FÍSICA VOL.25 FASC.3,2002

DIRECTOR Carlos Fiolhais
EDITOR Carlos Pessoa

CORRESPONDENTES Paulo Crawford (Lisboa),
Constancia Providência (Coimbra) e Fátima Pinheiro (Porto)

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO
Ana Noronha, Ana Simões, Carlos Sá Furtado, Fernando
Nogueira, Florbela Meireles, José António Paixão, Manuel
Fiolhais, Mario Bunge e R. F. A. Silva.

SECRETARIADO Maria José Couceiro (Lisboa)
e Carolina Borges Simões (Coimbra)

DESIGN
MediaPrimer - Tecnologias e Sistemas Multimédia Lda
Rua Simões de Castro, 132, 1º Esq.
3000-387 Coimbra
E-mail info@mediaprimer.pt

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

TIRAGEM 2500 exemplares

PREÇOS Número avulso 4,00 € (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

ISSN 0396-3561
REGISTO DGCS nº 107280 de 13.05.80
DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91
PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

A Gazeta da Física publica artigos, com indole 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 indole 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

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia



REGRESSO AO TRABALHO

Quando este número da "Gazeta" chegar às mãos dos leitores já o Verão se escoou quase por inteiro, esperamos que com proveito para todos. A hora é a de regressar aos labores de mais um ano de trabalho, esperando também que ele seja em todos os capítulos de ampla e generosa realização pessoal.

Pela nossa parte, cá estamos para lhe dar conta de tudo o que de mais interessante e fecundo vai acontecendo no mundo da Física e, mais em geral, da ciência. "Pièces de résistance", propomos-lhe neste número duas: a primeira parte de um longo e muito interessante artigo do argentino [MARIO BUNGE](#), um dos maiores especialistas mundiais em filosofia das ciências, autor de dezenas de livros e centenas de artigos – em Portugal tem um livro traduzido, "A Filosofia da Física", nas Edições 70. Excepcionalmente, publicamos o artigo em duas partes. O segundo motivo de interesse é o artigo de [ANA SIMÕES](#) sobre o inglês Paul Dirac – de quem se comemoram este ano os 100 anos do seu nascimento – que uniu a teoria quântica à relatividade através da equação que tem o seu nome.

Feita a chamada de atenção para estes conteúdos, faz-se notar que a distribuição da "Gazeta" é contemporânea da 13ª Conferência Nacional de Física, promovida pela Sociedade Portuguesa de Física (SPF) em Évora. É um evento maior que não poderia passar em claro na "Gazeta". Aberto o "apetite" dos leitores, só nos resta marcar encontro no Alentejo, encontro esse do qual daremos conta na próxima edição.

Outra referência vai para a entrevista com [DIOGO GASPAR SILVA](#). Trata-se do jovem portuense que ganhou a edição deste ano do Prémio Mário Silva, um bom exemplo do que pode ser feito, neste caso em parceria da SPF com a editora Gradiva e o jornal "Público", para incentivar os jovens talentos nesta disciplina tão mal-amada nas escolas portuguesas.

Das iniciativas da SPF às notícias da Física em Portugal e no mundo, passando pelo mundo dos livros e a opinião, de tudo há um pouco nesta edição para captar o interesse dos leitores. Destacamos, em particular, a entrevista com o físico brasileiro [CONSTANTINOTSALLIS](#), que esteve há pouco entre nós, e o artigo de opinião sobre a autonomia universitária de [CARLOS SÁ FURTADO](#), ex-director da "Gazeta".

Boas leituras até ao nosso regresso com uma "Gazeta" que queremos ainda mais actual e actuante.

ÍNDICE

ARTIGOS

VINTE E CINCO SÉCULOS DE FÍSICA QUÂNTICA:
DE PITÁGORAS ATÉ HOJE E DO SUBJECTIVISMO AO
REALISMO (1ª PARTE)

Mario Bunge

A REACÇÃO DOS QUÍMICOS À AFIRMAÇÃO
REDUACIONISTA DE DIRAC DE 1929

Ana Simões

ENTREVISTA

"USO A EFICIÊNCIA DA BELEZA NO MEU TRABALHO
DE PESQUISA CIENTÍFICA"

Entrevista com Constantino Tsallis, físico do Centro Brasileiro
de Pesquisas Físicas

Carlos Fiolhais e Carlos Pessoa

NOTÍCIAS

FÍSICA EM PORTUGAL 24

FÍSICA NO MUNDO 30

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA 36

SECÇÕES

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 40

LIVROS E MULTIMÉDIA 42

CARTAS DOS LEITORES 47

OPINIÃO 48

São propostas três teses principais. A primeira é a ideia de que um *quantum* ou unidade mínima não é um exclusivo da teoria quântica, uma vez que surge já nas teorias clássicas da electricidade e electrólise. Em segundo lugar, as peculiaridades dos objectos descritos pela teoria quântica são os seguintes: as suas leis são probabilísticas; algumas das suas propriedades, como a posição e a energia, são espalhadas e não concentradas; duas partículas que antes estiveram juntas continuam a estar juntas mesmo depois de separadas; e o vácuo tem propriedades físicas, sendo por isso um tipo de matéria. Em terceiro lugar, a interpretação ortodoxa ou de Copenhaga é falsa e pode ser convenientemente substituída por uma interpretação realista (embora não classicista). A desigualdade de Heisenberg, o gato de Schrödinger e o paradoxo do *quantum* de Zenão são discutidos à luz das duas interpretações rivais. Mostra-se também que as experiências que falsearam a desigualdade de Bell não refutam o realismo mas um classicismo inerente às teorias de variáveis escondidas.

MARIO BUNGE

Departamento de Filosofia, Universidade de McGill, 855 St West,
Montreal, Quebec, Canadá H3A 2T7

martabunge@hotmail.com

Tradução de Florbela Meireles, revista por Carlos Fiolhais

VINTE E CINCO SÉC FÍSICA QUÂNTICA

De Pitágoras até hoje e do subjectivismo ao realismo

(1ª Parte)

Um *quantum* é uma unidade básica ou indivisível, tal como o cêntimo no sistema monetário europeu, a carga eléctrica do electrão e um *bit* de informação. É usual crer que os *quanta* são exclusivos da Física quântica e que só surgiram há cerca de um século. Quero refutar essas duas teses.

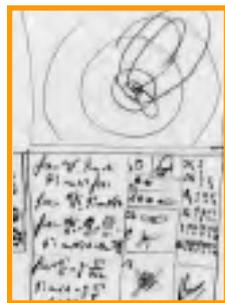
Com efeito, o primeiro a descobrir os *quanta* não foi Planck em 1900, mas Pitágoras no século VI a.C. Fê-lo quando estudava cordas vibrantes como as da harpa. De facto, descobriu que as frequências dessa corda são múltiplos inteiros de uma frequência base ou harmónico.

Também afirmo que uma peculiaridade dos *quantões* – o nome que dou aos objectos da teoria quântica – não é tanto o facto de algumas das suas propriedades variarem por saltos. É antes que, salvo algumas excepções, as suas propriedades, como a posição e a energia, são espalhadas e não concentradas. Mais precisamente, os seus valores obedecem a distribuições de probabilidade.

Outra peculiaridade da física quântica é que ela atribui propriedades físicas ao vácuo electromagnético. Este é um campo flutuante com intensidade média nula que exerce uma força sobre os electrões atómicos, causando o seu declínio "espontâneo" para níveis de energia mais baixos, assim como outros efeitos mensuráveis.

Uma terceira peculiaridade dos quantões é que, se eles tiverem estado juntos, não perdem essa associação: não se

ULOS DE



Notas de Niels Bohr

tornam completamente separáveis, ou individualmente localizáveis, mesmo que a distância entre eles seja grande. Os quântões são certamente estranhos para o senso comum. Contudo, partilham algumas propriedades com os objectos da Física clássica, ou clássões. Um deles, seguramente o mais importante, é que existem independentemente da mente do observador. Assim, a Física quântica, contrariamente à opinião generalizada, não exige uma mudança radical da teoria realista do conhecimento.

QUANTIZAÇÃO CLÁSSICA

QUANTIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA: DE PITÁGORAS A D'ALEMBERT E FOURIER

É bem sabido que o sistema de crenças da fraternidade pitagórica era uma mistura de ouro e ganga. Uma das suas pepitas de ouro é a lei que diz que as frequências possíveis de uma corda vibrante são múltiplos inteiros de um tom harmónico básico (frequência). Isto é, as frequências possíveis de uma corda vibrante são ν , 2ν , 3ν , ..., $m\nu$.

As membranas e os sólidos em vibração têm propriedades semelhantes. Em todos estes casos a origem da descontinuidade é a mesma: na corda (ou membrana ou cilindro) atada nas pontas (ou bordos) há espaço para apenas um número inteiro de meias-ondas estacionárias. Nestes e noutros casos, a quantização é meramente um efeito das condições de fronteira fixas. Se estas forem relaxadas, as

ondas, desencadeadas por um estímulo, são progressivas em vez de estacionárias.

Em suma, Pitágoras descobriu a quantização das frequências de oscilação de corpos elásticos. Tal deve ser enfatizado para contrariar o mito de que apenas objectos micro-físicos exóticos têm propriedades quânticas. Harpas, tambores, cristais, raios, pontes e muitos outros objectos têm também essa propriedade.

O primeiro a construir um modelo matemático de um corpo em vibração foi Jean Le Rond d'Alembert (1747), o grande matemático e físico que, com Denis Diderot, publicou a famosa *Encyclopédie*, que desafiou a ordem estabelecida. Dois séculos depois, a equação com o seu nome é ainda uma das fórmulas centrais da Física teórica. Graças a d'Alembert sabemos igualmente que, quando um músico faz vibrar uma corda de violino, a oscilação equivale à soma das vibrações de numerosas frequências e amplitudes: o violinista obtém uma sobreposição de ondas estacionárias.

Algo de semelhante acontece, claro, com as ondas de luz. As ondas estritamente monocromáticas são excepcionais: em geral, as ondas de luz são a soma de ondas de diferentes amplitudes e frequências. O caso da luz branca é extremo: compõe-se de ondas de luz de todas as frequências capazes de estimular a retina humana. Tudo isto são exemplos do princípio de sobreposição. Este é, de facto, um teorema em qualquer teoria linear de ondas, embora seja muitas vezes considerado um exclusivo da teoria quântica.

Se forem acrescentadas ondas de todas as frequências e amplitudes a onda resultante é uma série de harmónicos, inventada em 1822 por Joseph Fourier – sem qualquer parentesco com Charles, o socialista utópico. De facto, praticamente qualquer função ou curva, oscilação ou onda, estacionária ou progressiva, pode ser analisada como uma série (ou integral) de Fourier. Cada um dos termos desta série, como $\sin(n2\pi\nu t)$, representa uma onda (ou oscilação) elementar, que é um múltiplo inteiro da frequência básica ν . Assim, paradoxalmente, a continuidade resulta de uma acumulação de descontinuidades – estamos perante um caso de emergência.

O trabalho de Fourier foi o culminar de um processo de descobertas e invenções iniciadas por Pitágoras e reiniciadas por d'Alembert mais de vinte e dois séculos mais tarde. São exemplos do que se poderá chamar a lei de Merton (1968): *toda a descoberta ou invenção tem um*

precursor. Por sua vez, esta lei exemplifica a de Lucrecio: *Nada surge do nada*.

QUANTIZAÇÃO DA CARGA ELÉCTRICA: DE FARADAY A MILLIKAN

No seu estudo experimental da electrólise, Michael Faraday descobriu, em 1833, que o efeito químico de uma corrente electrolítica – isto é, a quantidade de matéria depositada num eléctrodo – é proporcional à quantidade de electricidade. Por sua vez, à luz da teoria atómica de Dalton, essa quantidade é vista como um múltiplo inteiro de uma certa carga básica ou elementar. Ou seja, a carga eléctrica é quantizada. Em 1911, Millikan descobriu que a unidade da carga eléctrica é a carga do electrão, que tinha sido descoberta em 1889. Colocando a afirmação na negativa: não há nenhum corpo com carga eléctrica fraccionária.

Estamos tão habituados a este resultado que não paramos para pensar que ele é tão surpreendente como o seria a descoberta de uma unidade natural de massa, sendo a massa de qualquer partícula ou corpo um múltiplo inteiro da massa de uma partícula elementar. Não é menos surpreendente que a teoria dos *quanta* não contenha um operador representando a quantização da carga. Esta parece ser uma falha a preencher: se fôssemos bons seguidores de Pitágoras fabricaríamos uma teoria quântica do campo electrostático, em que a carga do electrão surgiria como o *quantum* da electricidade.

QUANTIZAÇÃO MODERNA

QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA: PLANCK, EINSTEIN E BOHR

Em 1900, Max Planck, embora algo relutante, postulou que um corpo negro, tal como um forno de microondas, não absorve ou emite energia radiante em quantidades arbitrárias mas sim em porções. Mais precisamente, a quantidade de energia electromagnética de frequência ν é um múltiplo inteiro da quantidade básica de energia $h\nu$, onde $h = 6,626 \times 10^{-27}$ erg . s é a famosa constante de Planck.

Uma peculiaridade desta constante é a sua extrema pequenez comparada com as acções que caracterizam os processos quotidianos (note que 1 erg . s é a acção dispendida ao puxar um berlinde de 1 g ao longo de uma distância de 1 cm à velocidade de 1 cm/s.). Uma outra peculiaridade de h é que é universal, ou seja, o seu valor

não depende do tipo de matéria (outras constantes semelhantes são G , c , e e k).

Cinco anos depois, Albert Einstein postulou que algo semelhante se aplica à radiação no espaço livre: que a energia total de um raio de luz de frequência ν é $n h \nu$, onde n é um número inteiro positivo. Por outras palavras, a radiação é composta por fotões, ou *quanta* do campo electromagnético (isto apenas se aplica à radiação: não se aplica aos campos electrostáticos ou magnetostáticos). Mais: a descoberta do efeito de Compton em 1923 confirmou a hipótese de Einstein de que o fotão tem um momento $h\nu/c$, tal como uma partícula. Contudo, um raio de luz visível de 1 erg é constituído por cerca de um trilhão de fotões. Não é de admirar, portanto, que se possa descrever aproximadamente pelas equações clássicas de Maxwell. Só raios de luz bastante fracos requerem a electrodinâmica quântica.



Albert Einstein aos 11 anos

Em 1911 Ernest Rutherford explicou o resultado das suas experiências de dispersão supondo que um átomo é feito de um núcleo duro de carga positiva cercado por electrões. Niels Bohr (1913) matematizou o modelo de Rutherford combinando-o com as ideias sobre radiação de Planck e Einstein. Para o conseguir acrescentou o postulado heterodoxo de que os estados de um átomo estável são enumeráveis. Cada um destes estados, caracterizado por um número inteiro positivo, corresponde à trajetória de um electrão em órbita em redor do núcleo.

Em linguagem técnica, Bohr afirmou que, num átomo, a acção (energia \times tempo) é quantizada ou, mais precisamente, é um múltiplo inteiro da constante h de Planck. Isto sugere que uma transição entre dois estados estáveis sucessivos é descontínua. Tal acontecimento é um salto quântico em que o átomo ganha ou perde a energia $h\nu$, consoante absorve ou emite um fóton da mesma energia. A expressão "salto quântico" tem estado sempre presente desde então. No entanto, relembremos a intenção de Schrödinger de tentar analisar cada um desses saltos como um processo contínuo embora rápido. Isto pode aplicar-se, em particular, ao chamado colapso da função de estado causado por uma medição.

O modelo planetário do átomo de Rutherford-Bohr revelou-se de início tão bem sucedido e tornou-se tão popular que é ainda hoje o emblema da Física moderna. Isto apesar de se ter tornado obsoleto há três quartos de século. Na realidade, a teoria de Bohr é apenas parcialmente quântica, já que retém as ideias clássicas de órbita, forma, tamanho e valor exacto da energia. Estas características tornam-se difusas na mecânica quântica, embora reapareçam gradualmente no caso dos átomos pesados. Por outras palavras, as propriedades geométricas da matéria não são fundamentais, mas emergem quando o sistema se torna mais complicado.



Niels Bohr

VARIÁVEIS QUÂNTICAS E CLÁSSICAS

Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Max Born, Pasqual Jordan, Erwin Schrödinger, Paul Dirac e outros construíram o *quantum* moderno entre 1924 e 1930.

(Conheci três dos fundadores – o que indica que a teoria é recente ou então que eu sou velho.) Esta teoria manteve os conceitos clássicos de espaço, tempo, massa e carga eléctrica. Por outro lado, abandonou os conceitos clássicos de posição, momento linear e angular e de energia. Em vez destes introduziu operadores que actuam na famosa função de estado ψ , formalmente semelhante a uma onda clássica, pelo que também se chama função de onda.

Esta semelhança formal sugeria no início que a matéria é semelhante às ondas: falava-se de ondas de matéria. Em 1927 Davisson e Germer confirmaram experimentalmente esta conjectura sob determinadas condições. Contudo, em condições diferentes, o aspecto corpuscular sobressai. Pode, portanto, falar-se da dualidade partícula – onda. Esta dualidade é óbvia na equação de Broglie $p = h/\lambda$. Não é menos evidente no microscópio de electrões (1933), onde os electrões são disparados como balas mas acabam por ser difractados como ondas.

Os objectos da mecânica quântica não são, portanto, nem partículas nem ondas. São algo *sui generis* que merece uma denominação própria. Propus o nome de *quantões*. A dualidade onda-partícula surge claramente na desigualdade de Heisenberg, chamada erradamente relação de indeterminação ou de incerteza. De acordo com ela, a posição e o momento linear têm distribuições cujas variâncias (ou desvios-padrão) são inversamente proporcionais. Mais precisamente, $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$. Isto é, quanto mais exacta for a *posição* (Δx pequeno), menos exacto será o *momento* (Δp grande). Se um quantão estiver bem localizado não há um valor exacto da velocidade, e, se tiver um valor exacto de velocidade, não está bem localizado (de notar que estou tacitamente a ver estas dispersões como propriedades objectivas dos quantões e não como erros de medição que poderiam concebermente ser reduzidos com a ajuda de melhor equipamento).



Werner Heisenberg

O momento angular do quânto $x \times p$ é ainda mais estranho: se um dos seus componentes tiver um valor preciso, então os outros dois estarão completamente espalhados. Daí que o momento angular não seja um vector (ou melhor, um tensor). O mesmo se passa com a rotação e a velocidade na mecânica quântica relativista. As setas quânticas são tão difusas, quer na sua amplitude quer na sua direcção, que não se assemelham minimamente a setas.

MATÉRIA ESTRANHA

CLASSÕES E QUANTÕES

A discussão precedente sugere a seguinte classificação dos tipos de matéria:

- *Classões* (e.g., raio de luz intensa, molécula de DNA, célula, pedra, planeta);
- *Quantões* (e.g., fóton, electrão, átomo, corpo negro, superconductor).

Na realidade, não se trata de uma divisão radical já que existem coisas intermédias, tais como raios de luz fraca e moléculas de tamanho médio, por exemplo, o carbono 60. São frequentemente chamadas objectos mesoscópicos; podemos também chamar-lhes semiclasses ou semi-quantões. Não é de admirar que essas coisas sejam descritas por teorias semiclássicas (de facto, mesmo a teoria quântica padrão dos átomos é semiclássica, uma vez que deixa o campo electromagnético por quantizar).

Uma particularidade das teorias semiclássicas é que, ao contrário das teorias quânticas, admitem imagens de vários tipos. Por exemplo, a trajectória do electrão exterior de um átomo num estado muito excitado (ou de Rydberg) pode ser retratada de duas formas diferentes: como uma órbita microplanetária, ou como uma órbita circular estacionária com um número de cristas igual ao número quântico principal.

Além dos semiclasses (ou semi-quantões) há coisas materiais concretas, como organismos, robôs e sistemas sociais que estão fora do alcance da teoria quântica – contra os reducionistas radicais, que acreditam que esta é uma teoria universal. Aquelas coisas escapam à teoria quântica não porque tenham grandes dimensões, mas porque têm propriedades supra-físicas, tais como a de estar vivo e obedecer a normas que não derivam de leis físicas.

Devíamos estar gratos por ter uma teoria tão geral e precisa como a teoria quântica, mas seria ridículo tentar aplicá-la para além do seu domínio.

SOBREPOSIÇÃO E MEDIÇÃO

O "princípio" da sobreposição é um teorema segundo o qual, se duas ou mais funções são soluções de uma dada equação diferencial (linear), a sua combinação linear também é solução da mesma equação. Fisicamente: a sobreposição de estados simples (estacionários, em particular) é ainda um estado. Este teorema levanta algumas perplexidades. Consideremos uma delas, nomeadamente a de saber se esse princípio é consistente com a conservação de energia.

Suponhamos que um determinado quânto isolado não se encontra num estado estacionário com um valor de energia exacto, mas sim num estado constituído por vários valores de energia exactos, cada um com um peso determinado (ou probabilidade). Simplificando, assumamos que apenas dois estados estacionários, ψ_1 e ψ_2 , contribuem para o estado total. Ou seja, suponhamos que o quânto tem duas energias possíveis, E_1 com probabilidade p_1 , e E_2 com probabilidade p_2 . (Obviamente, a soma destas probabilidades é um). Por outras palavras, a distribuição de energia tem dois picos, um em E_1 com peso p_1 e o outro em E_2 com peso p_2 . (Isto é, o espaço de estados tem dois eixos e a função do estado é um vector ψ com duas componentes, ψ_1 e ψ_2 : $\psi = a_1 \psi_1 + a_2 \psi_2$, onde $|a_1|^2 = p_1$ e $|a_2|^2 = p_2$.)

De acordo com John von Neumann (1932), se uma medição de energia for feita no quânto, a sobreposição inicial será projectada para o eixo 1 do espaço de estados com probabilidade p_1 , ou para o eixo 2 com probabilidade p_2 . No primeiro caso, o investigador encontrará o valor exacto E_1 e, no segundo caso, o valor exacto E_2 . (Se for efectuado um grande número N de medições em quantões no mesmo estado, aproximadamente pN deles manterão o valor de energia E_1 e $p_2 N$ o valor E_2 .) Em suma, antes da medição ser efectuada, a energia do quânto tinha dois valores, cada um com a sua própria probabilidade (ou tendência, ou peso), e o acto de medição "seleccionou" um deles eliminando o outro.

Foi conservada a energia do quânto? Certamente que a teoria inclui o teorema segundo o qual a energia de um quânto isolado é uma constante do movimento. Mas o nosso caso não satisfaz a condição tácita do teorema, nomeadamente que a energia tem um valor exacto e único. E, obviamente, a energia não pode ser conservada se não tiver um valor bem definido. Além disso, a medição em questão interfere fortemente com o quânto ao ponto de reduzir a sua função de estado, o que viola a condição de que o quânto continua isolado. É, de facto, uma experiência destrutiva.

Este exemplo mostra que, para efectuar uma medição da energia, e, em particular, para testar o correspondente teorema de conservação, o quantão tem de estar preparado de forma adequada. Mais precisamente, tem de ser colocado num estado caracterizado por um valor de energia exacto, como E_1 ou E_2 . Só assim uma medição pode assegurar-se a energia se manteve constante. Mas esta medição terá de ser feita de forma não intrusiva, como é feito em espectroscopia. Isto é, as únicas medições consideradas por von Neumann são do tipo destrutivo: envolvem a redução súbita e não causal da função da onda e, por isso, não se adequam a testes dos teoremas de conservação (ou de constantes do movimento).

A alternativa seria sacrificar os teoremas de conservação no altar de von Neumann. Mas tal sacrifício não satisfaria nem mesmo o chamado fantasma de Copenhaga. De facto, as leis da conservação estão vinculadas a enunciados de leis básicas. Se estas falhassem, aquelas falhariam também, e o universo seria caótico no sentido comum do termo. (Na verdade, de "Se B , então C ", segue-se "se não- C " então "não- B ".)

ORTODOXIA E HETERODOXIA

A INTERPRETAÇÃO DE COPENHAGA OU ORTODOXA

Durante algum tempo os pais da mecânica quântica calcularam funções de estado sem saber o que isso significava. Ou seja, dominavam a sintaxe da teoria mas ignoravam a semântica. Foi apenas em 1927 que Max Born propôs a interpretação com o seu nome que é actualmente aceite. (Esta foi a primeira vez que um prémio Nobel foi atribuído por uma contribuição para a semântica.)

Na interpretação em questão pode ler-se: a quantidade $|\psi(x,t)|^2$ é a probabilidade de *encontrar* o quantão dentro do volume unitário colocado no ponto x quando a sua posição é medida no tempo t . Este postulado mostra, entre outras coisas, que o conceito de probabilidade é básico em mecânica quântica: ou seja, não é deduzido de suposições não-probabilísticas. Também sugere que a probabilidade em questão depende tanto do observador como do objecto observado.

O que acontece quando não é feita nenhuma medição de posição? O que significa então $|\psi(x,t)|^2$? De acordo com a interpretação *standard* (de Copenhaga), neste caso o quantão não tem posição, nem mesmo considerando

um elemento de volume. A ideia é que não se encontra nada a não ser que se procure e o que não se encontra não existe. Em geral, diz-se que faltam propriedades a um quantão que não esteja a ser medido: que as adquire apenas quando elas são medidas, o que, por sua vez, depende de uma decisão do investigador. (Estranhamente, isto só se aplica aos chamados observáveis, *i.e.*, variáveis dinâmicas, como x e p . não se aplica à massa nem à carga.)

A desigualdade de Heisenberg, que vimos atrás, costumava ser interpretada do seguinte modo: os desvios-padrão x e p são os efeitos das medições de x e p , respectivamente. Por exemplo, para localizar um átomo, iluminamo-lo, o que causa a deslocação do átomo por receber um empurrão. Isto é o que vemos na maioria dos manuais.

De notar que esta interpretação pressupõe que o quantão tem uma posição e um momento precisos antes da medição, só que nós não os conhecemos. Também pressupõe que a causalidade impera ao nível do quantão. Contudo, nenhuma dessas suposições está de acordo com a filosofia reinante da comunidade de físicos quando nasceu a teoria quântica. Esta filosofia, o operacionismo, foi formulada por Percy W. Bridgman no seu *best-seller* de 1927, *The Logic of Modern Physics*. Desde esse ano até 1938, a mesma filosofia foi expandida pelos membros da "Ernst Mach Verein", mais tarde conhecida por "Círculo de Viena", o berço do positivismo lógico.

Para contornar essa objecção, Niels Bohr e Werner Heisenberg em 1935, com o apoio do Círculo de Viena, propuseram a chamada interpretação de Copenhaga. De acordo com esta, a medição de uma variável não altera o seu valor preexistente: antes o cria. Ou, expresso de forma negativa, o quantão não tem quaisquer propriedades dinâmicas enquanto não for medido. (Mas, repita-se, pode possuir massa e carga.)

Assim, uma coisa não existe excepto enquanto componente de uma unidade selada e não analisada: objecto (quantão) – aparelho – sujeito (investigador). Como disse Leon Rosenfeld – o colaborador mais próximo de Bohr –, o investigador "conjura" o objecto quântico numa certa posição ou com uma determinada velocidade. Não fossem os físicos e não haveria átomos, nem mesmo nos seus próprios olhos. Tal aplicar-se-ia a todos os objectos físicos. Por exemplo, a Lua não existiria se não houvesse ninguém a olhar para ela.

Em geral, o investigador criaria um mundo quando o medisse. Ser é medir ou ser medido. Esta seria a nova

versão da máxima que George Berkeley propusera em 1710: "*Ser é perceber ou ser percebido*". Não é pois de admirar que meio século depois os sociólogos pós-mertonianos da ciência, como Bruno Latour, Steven Woolgar, Karen Knorr-Cetina, Harry Collins, e outros colaboradores da revista *Social Studies of Science*, tenham achado que os factos científicos são construídos pelos cientistas ou pelas comunidades científicas.

Esta visão é, claramente, antropomórfica e mesmo mágica. Colide frontalmente com o realismo inerente ao senso comum e à prática da ciência. Em particular, é inconsistente com a suposição tácita da investigação científica de que a Natureza satisfaz leis objectivas que precedem os cientistas, que apenas as tentam descobrir minimizando o seu próprio impacto nas coisas estudadas.

Quais são as origens da componente antropomórfica da interpretação de Copenhaga? Sugiro duas raízes. Uma é o facto de os eventos quânticos microfísicos serem imperceptíveis sem a ajuda de amplificadores. Certamente eles acontecem em todo o sítio, a toda a hora, como foi demonstrado, *e.g.*, pelo sucesso da Astrofísica. Mas só podem ser detectados ou produzidos num laboratório devidamente equipado. No entanto, o facto de o investigador poder "conjurar" os efeitos quânticos não implica que estes apenas tenham lugar sob condições experimentais. Uma primeira fonte do subjectivismo inerente à interpretação de Copenhaga é uma mera falácia lógica.

Uma outra origem da interpretação ortodoxa da teoria menos ortodoxa é, como foi mencionado, a filosofia positivista que reinava quando a teoria se desenvolveu. De acordo com essa filosofia, que partiu da Ernst Mach, apenas existe aquilo que pode ser medido, quando, na realidade, a mensurabilidade é apenas uma condição suficiente, logo um indicador ou critério de existência. Assim, a segunda fonte também se torna uma falácia lógica. Voltaremos a este tema no final. Vejamos agora a nossa análise das diferenças entre a Física quântica e a clássica.

A CONTROVÉRSIA BOHR – EINSTEIN: QUEM TINHA RAZÃO SOBRE O QUÊ

Em 1935 Einstein e Bohr travaram um debate memorável na *Physical Review* sobre a interpretação da mecânica quântica. Resumiram-no em 1949, no volume de P. A. Schillp dedicado a Einstein. Ambos tocaram, em particular, as seguintes questões: se as teorias físicas devem representar a realidade tal como ela é, independentemente do investigador (Einstein, sim; Bohr, não); se a teoria quântica é essencialmente completa (Einstein, não; Bohr,

sim); e se a teoria deve ser complementada com a adição de variáveis "escondidas" (isto é, sem dispersão) (Einstein, sim; Bohr, não).

A opinião prevalecente é que Bohr ganhou a batalha: a função de estado contém toda a informação necessária e, no entanto, não representa a realidade mas antes as aparências para o investigador. Apenas um grupo de heréticos, encabeçado por David Bohm e Louis de Broglie em 1951, que mais tarde contou também com John Bell e outros, considerou que Bohr estava errado e divulgou a teoria completa sugerida por Einstein. Em particular, Bohm enriqueceu a mecânica quântica não-relativista com uma coordenada clássica de posição e o correspondente momento e ainda com um potencial *sui generis*.



Bohr e Einstein

Note-se que a variável x que ocorre na mecânica quântica *standard* não é uma função dependente do tempo, representando antes uma propriedade do quânto. É a mesma coordenada geométrica "pública" que ocorre em teorias de campo: identifica um ponto genérico no espaço (assim, contrariamente ao que sucede na mecânica de matrizes de Heisenberg, a variável x que ocorre na teoria *standard*, centrada na equação de Schrödinger, não é um operador e, por isso, não tem funções próprias. É verdade que se pode calcular a sua taxa de variação, mas apenas através do hamiltoniano e da função de estado). A teoria de Bohm contém as duas coordenadas de posição, a geométrica e a dinâmica clássica ou coordenada de posição dependente do tempo. E, como foi mencionado, contém ainda um potencial cujo gradiente é uma estranha força interna ausente quer da mecânica quântica *standard* quer da Física clássica. Como veremos, a tentativa de Bohm

foi derrotada no laboratório. Continuemos, no entanto, com o famoso debate.

A meu ver, cada um dos gigantes perdeu três pontos e ganhou um:

- a) Bohr estava certo ao afirmar que a mecânica quântica subsiste, pelo menos aproximadamente, sem adicionar variáveis (clássicas) escondidas; mas estava errado ao defender que a mecânica quântica falha na descrição de uma realidade independente do investigador.
- b) Einstein estava certo ao reivindicar que todas as teorias físicas deviam representar a realidade o mais fielmente possível; mas estava errado ao sugerir que era necessário tornar "mais clássica" a mecânica quântica e, em particular, enriquecê-la com trajetórias precisas.
- a) Nem Bohr nem Einstein estavam correctos em relação ao carácter completo e acabado da teoria, já que nenhuma teoria factual (empírica), embora exacta, pode cobrir todos os seus referentes em pormenor. É provável que existam sempre mitos e lacunas e, por isso, espaço também para progressos e avanços.
- b) Nem Bohr nem Einstein caracterizaram de forma clara os conceitos filosóficos essenciais de realidade e causalidade, que são recorrentes no cerne dos seus debates. Além disso, na sua discussão em 1949, Bohr induziu Einstein a persuadi-lo, com a ajuda de uma experiência, de que há uma desigualdade de Heisenberg para a energia e tempo, nomeadamente $E \cdot t \geq h/4\pi$. Mas os axiomas da mecânica quântica não implicam tal fórmula por uma simples razão: nesta teoria o tempo é uma variável clássica (ou "escondida"), isto é, $t = 0$ para qualquer função de estado de um quantão arbitrário. Além disso, nenhuma fórmula teórica moderadamente complicada pode ser inferida de uma análise de experiências, nem mesmo reais – especialmente se não contiver parâmetros empíricos. Em particular, a desigualdade de Heisenberg e suas semelhantes derivam dos postulados da mecânica quântica, que são tão gerais que não fazem nenhuma referência a medições.

Em suma, nenhum dos dois gigantes venceu. No entanto, foram bem sucedidos ao estimular o debate sobre os fundamentos da mecânica quântica – e ao focar as questões filosóficas.

DETERMINISMO E INDETERMINISMO ATOMISMO E PLENISMO

CAUSALIDADE E PROBABILIDADE

Na Física clássica, o acaso só emerge em grandes aglomerados de eventos ou coisas que se comportam individualmente de uma forma causal mas bastante independente umas das outras. Exemplos triviais: moléculas num gás de baixa densidade, suicídios num país, ou acidentes de viação numa cidade. Em contraste, na Física quântica o acaso emerge não só no cruzamento de histórias causais independentes, mas também ao nível individual – de tal forma que funções de estado básicas se referem a dados individuais e não a agregados estatísticos. Por exemplo, qualquer átomo num estado excitado tem uma certa probabilidade de ser disperso por um determinado alvo dentro de um dado ângulo sólido. Não há aqui nenhum tipo de predestinação.

Por outras palavras, a função de estado é básica, não derivada. Isto mantém-se mesmo em teorias que, como a de Bohm, contêm variáveis dinâmicas sem dispersão. Este facto é usualmente visto como um triunfo do indeterminismo. Contudo, esta interpretação está errada, já que o indeterminismo nega, por si, a existência de leis afirmando, por outro lado, que tudo pode acontecer. Em contraste, a mecânica quântica centra-se em leis e exclui um determinado número de coisas e fenómenos conceptualmente possíveis, tais como a formação de partículas a partir do nada e a reabsorção de um fóton pelo átomo que o emitiu.

De notar ainda que algumas leis quânticas teóricas não são probabilísticas. Exemplos são os princípios de conservação de energia e do momento angular; as chamadas leis que "proíbem" certas transições entre níveis atômicos; e o princípio da exclusão, que nega a possibilidade de dois electrões (ou outros fermiões) ocuparem exactamente o mesmo estado num sistema.

Mais, os conceitos de acaso e causalidade ocorrem em simultâneo em frases como "a probabilidade que a causa C produza o efeito E é p ", o que mina as teorias da dispersão e da radiação. Além disso, as flutuações médias do vácuo electromagnético (sem fótons) causam a emissão "espontânea" de luz pelos electrões atômicos em estados excitados (efeito Lamb).

Em resumo, causalidade e acaso interligam-se na mecânica quântica. Esta interligação é clara na equação de estado, onde ocorre o termo $H\psi$. De facto, o operador de energia H é o factor causal, já que contém o potencial (ou fonte das forças, ou causas eficazes), enquanto ψ representa o factor acaso, em virtude do princípio de Born.

Por estas razões, é mais correcto falar no alargamento do determinismo do que na sua ausência – como argumentei no meu livro *Causalidade* (1959). Neste sentido lato, o determinismo pode ser definido como o primado das leis juntamente com o princípio de Lucrecio *ex nihilo nihil fit*.

PLENISMO E ATOMISMO: QUAL DELES TRIUNFOU?

Outro mito popular é a crença no triunfo do atomismo sobre o plenismo de Aristóteles e Descartes. Nada disso aconteceu. Primeiro, porque todos os campos são meios contínuos: são substâncias extensas e não agregados ou partículas. Em particular, os *quanta* do campo electro-magnético – os fótons – não são corpos pontuais mas sim porções estendidas de matéria sem limites precisos. Apenas a sua energia foi quantizada, mas a energia é uma quantidade e não uma coisa. Segundo, os núcleos atómicos, os átomos, as moléculas e os corpos sólidos apenas existem em virtude dos campos que mantêm os seus constituintes agrupados. Terceiro, a teoria quântica básica não é a mecânica quântica mas a chamada segunda quantização, uma teoria de campo. Nesta teoria, os electrões e outras partículas elementares são concebidos como os *quanta* do campo respectivo (*e.g.*, electrónicos e electro-magnéticos). Mais ainda, como já foi mencionado, a electrodinâmica quântica postula a existência de um campo electromagnético residual, de intensidade média nula mas capaz de causar um certo número de efeitos registados, entre eles o declínio espontâneo dos átomos por radiação.

Outro efeito semelhante é a força de Casimir, que provém de uma diferença entre o ponto zero das densidades de energia desse campo. Esta força pode exercer uma pressão de uma atmosfera em dois pratos paralelos condutores separados por uma distância de 10 nm (como mostraram Chan, Aksyuk, Kleiman, Bishop e Capasso em 2001). Claramente, a nanotecnologia terá eventualmente de lutar com a electrodinâmica. E a ontologia terá de se reconciliar com o facto de que não há um nada total em parte nenhuma do universo.

Em suma, certamente que há corpos, mas eles parecem-se com ondas. Além disso, são *quanta* de campos. A visão resultante assemelha-se de alguma forma à de Descartes, também ela uma síntese do plenismo aristotélico e do atomismo de Demócrito. Mas é claro que a síntese quântica, ao contrário da cartesiana, é calculável e passível de confirmação experimental. De facto, é a teoria científica mais exacta que alguma vez foi elaborada.

(Conclui no próximo número)

FÍSICA 2002

Ano do Centenário do Nascimento de Paul Dirac

Évora, 6 a 10 de Setembro, 2002



XIII Conferência Nacional de Física

[A física tal qual se faz no dealbar do séc. XXI]

XII Encontro Ibérico para o Ensino da Física

[Ensinar a aprender, ensinar a fazer]

I "Workshop" Científico

[Astrofísica Nuclear e Evolução do Universo]

XIII Conferência Nacional de Física

[A física tal qual se faz no dealbar do século XXI]

ABERTURA E ENCERRAMENTO

As sessões de abertura (6 de Setembro, às 9h30) e de encerramento (10 de Setembro, às 17h00) terão lugar no Auditório da Universidade de Évora, no Colégio do Espírito Santo.

REGISTO E SECRETARIADO

O Secretariado funcionará no átrio do Auditório com o seguinte horário:

- Quinta-feira, dia 5, das 15h30 às 19h00.
- Sexta a terça, das 8h30 às 12h30 e das 14h00 às 18h30.

Os participantes terão ao seu dispor serviço de fotocópias, correio electrónico e possivelmente fax.

OBJECTIVOS DA FÍSICA 2002

Como é habitual nos encontros da SPF, vamos procurar dar uma panorâmica da Física tal qual se faz a nível nacional e internacional. 2002 é o ano do centenário do nascimento de Paul Dirac, pelo que abrimos a Física 2002 com uma palestra do Prof. Helge Kragh, da Universidade de Aarhus, Dinamarca, sobre "Paul Dirac and the Concept of Antimatter."

Das áreas temáticas habituais nas conferências da SPF, decidimos dar particular destaque a duas. A primeira foi escolhida de modo a ser um assunto de grande inserção na Universidade de Évora: "As Mudanças Climáticas"; e a segunda correspondeu a uma opção de grande impacto: "A Astrofísica Nuclear e a Evolução do Universo". Relativamente ao primeiro tema, tão actual nos tempos que correm, salientamos as palestras plenárias do Profs. João Corte Real, de Évora, e Daniel Rosenfeld, da Hebrew University de Jerusalém.

Demos ao segundo tema a forma de um "workshop" científico, com a participação de vários cientistas nacionais e estrangeiros. Nela se discutirão temas tão interessantes e actuais como a nucleosíntese dos elementos mais pesados, o enigma das estrelas mais compactas (estrelas de neutrões ou de quarks), os neutrinos e o número bariónico do Universo, assimetria bariónica do Universo, e cosmologia. Poderemos ouvir o português João Magueijo e o americano Lawrence Krauss, o primeiro a falar da vida oculta do Universo, e o segundo a falar do futuro da vida num Universo sempre em expansão. Será um dos pontos altos da Física 2002. Mas outro ponto alto será atingido quando Vlatko Vedral falar de Computação Quântica, uma das áreas da Física com um crescimento mais rápido, assinalando como a eficiência no armazenamento e manipulação da informação depende de leis físicas.

Muitos outros temas serão tratados, como uma viagem pelas escalas de temperatura que existem ou já existiram no Universo, a construção de grandes telescópios e o fascínio da Física.

Mas, para além das questões da investigação e do ensino, não ignoraremos os aspectos da relação entre os físicos e o mercado de trabalho. Neste contexto, tem particular relevância o inquérito sobre a Física Médica em Portugal levado a cabo pela SPF e coordenado pela Dra. Maria do Carmo Lopes. Programámos por isso um debate sobre a Física Médica em Portugal.

1º DIA (sexta-feira)	2º DIA (sábado)	3º DIA (domingo)	4º DIA (segunda-feira)	5º DIA (terça-feira)
9H00 Registo de Participantes	9H00 CP Eric Mazur	Passeio na Cidade	9H00 CP Vlatko Vedral	9H00 CP Jacques Treiner
9H30 Abertura			10H00 CP F. Thielemann	10H00 CP Lawrence Krauss
10H00 CP Helge Kragh	10H00 CP D. Rosenfeld		Café	Café
11 - 11H30 Café	Café		11H30 CSP Edwin Taylor	11H30 CSP João Magueijo
11H30 CP João Corte Real	11H30 CP Augusto Fitas		12H15 - 13H00 CSP João Lin Yun	12H15 - 13H00 CSP C. Bento / O. Bertolami
12H15 - 13H00 CSP J. Lopes dos Santos	12H15 - 13H00 CSP António Amorim		Almoço	Almoço
Almoço	Almoço	Passeio	15H00 - 16H30 Debate Formação de Professores	15H00 - 16H30 Debate sobre a Física Médica (Moderadora: M. Carmo Lopes)
15H00 - 16H30 CO	15H00 - 16H30 CO		Café	Café
Café	Café		17H00 Posters	17H00 Encerramento
17H00 Posters	17H00 Posters		18H00 - 19H00 CO	
18H00 - 19H00 CO	18H00 - 19H00 CO			
20H00 Recepção na CME	21H00 Concerto na Sé	21H00 Jantar da Conf.		

FÍSICA 2002

Com base no *Science Citation Index*, analisa-se a reacção dos químicos à afirmação de Dirac segundo a qual "as leis básicas subjacentes à teoria matemática de uma larga parte da Química e de toda a Química são (...) completamente conhecidas, sendo a única dificuldade o facto de a aplicação dessas leis conduzir a equações demasiado complicadas para serem resolvidas".

A REACÇÃO DOS À AFIRMAÇÃO RED DIRAC DE 1929

O início do século XX foi um período particularmente rico para os físicos e para a Física. Do artigo magistral de Max Planck de 1900 às antigas teorias quânticas (1913-1924) e à criação da mecânica quântica (1925-1926), os acontecimentos foram-se sucedendo a uma velocidade vertiginosa. Pouco depois, em 1927, já os físicos alemães Walter Heitler e Fritz London encontravam uma explicação quântica para a formação e condições de estabilidade da molécula de hidrogénio, inaugurando uma nova era na Química.

Dois anos mais tarde, em 1929, Paul Dirac iniciava o seu artigo "Quantum Mechanics of Many-Electron Systems", com a frase que ficaria célebre:

"A teoria geral da mecânica quântica está quase completa, decorrendo as imperfeições que ainda existem do ajuste da teoria com ideias relativistas. Este estado de coisas origina dificuldades apenas no caso de partículas de grande velocidade e, por isso, não é relevante na consideração da estrutura atómica e molecular e das reacções químicas ordinárias, no contexto das quais se obtém uma precisão suficiente ao desprezar a variação relativista da massa com a velocidade e ao considerar apenas forças de Coulomb entre os vários electrões e núcleos. *As leis físicas subjacentes à teoria matemática de uma larga parte da Física e de toda a Química são, portanto, completamente conhecidas, sendo a única dificuldade o facto de a aplicação destas leis conduzir a equações demasiado complicadas para serem resolvidas.* É por isso desejável desenvolver métodos

ANA SIMÕES

Departamento de Física,

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa,

Campo Grande, C8,Piso 6,1749-016 Lisboa

asimoes@fc.ul.pt

QUÍMICOS REDUACIONISTA DE



Paul Dirac (1902 - 1984)

práticos de aplicação da mecânica quântica que ofereçam uma explicação das principais características dos sistemas atômicos complexos sem recorrer a muitos cálculos¹.

A frase em itálico, que doravante designarei por "afirmação de Dirac", é frequentemente citada por historiadores e filósofos da Física e da Química no contexto de discussões sobre a hipotética redução da Química à Física. Se verdadeira, a Química reduzir-se-ia a uma mera aplicação da mecânica quântica, e não poderia ser vista como uma ciência autónoma que se tinha apropriado da mecânica quântica, integrando-a na sua cultura própria. Neste artigo pretendo responder às seguintes questões: Como é que os químicos, ou todos aqueles que contribuíram para a Química quântica, reagiram à afirmação de Dirac? Sentiram-se ameaçados pelos físicos, ficaram indiferentes ou não se preocuparam de todo com tal afirmação?

Uma maneira de responder a estas questões é analisar os artigos científicos que citam especificamente a afirmação de Dirac de 1929 nos cinquenta anos seguintes. O artigo de Dirac foi citado frequentemente? Por que razões? Será que os químicos o citaram especificamente devido à afirmação de Dirac ou por outros motivos? Se o citaram devido à afirmação de Dirac quais foram as razões invocadas, quais as implicações que viam nela, e como reagiram a elas?

Antes de responder a estas questões, farei um breve comentário. No volume intitulado "New Century Issue"

da revista *Theoretical Chemistry Accounts*, publicado no ano 2000, juntaram-se sessenta artigos escolhidos pelos editores da revista com o objectivo de ilustrar "um século de Química teórica" tendo em linha de conta a sua "importância no século XX e tendo os olhos postos no século XXI"². Refiro-me a este projecto pois o artigo de 1929 de Dirac foi um dos artigos escolhidos,³ por ser considerado um dos artigos de Dirac mais citados ainda que não fosse incluído nos artigos científicos mais importantes deste cientista. O químico que o escolheu, Werner Kutzelnigg, atribuía o grande número de citações ao conteúdo do parágrafo inicial e às afirmações controversas que lá se faziam e, com efeito, ia mais longe ao afirmar que poucos químicos conheciam o título ou o conteúdo do artigo de Dirac para além do seu primeiro parágrafo. Apontava-se como um dos erros de Dirac a crença de que cálculos exactos nunca estariam ao alcance dos químicos quânticos, mas, neste ponto, Dirac era desculpado pois não podia ter previsto a proliferação e impacto dos computadores. Dirac era, contudo, acusado de ter afirmado que os efeitos relativistas se podiam desprezar no domínio da Química, não tendo tomado em conta a correlação entre electrões interiores e de valência. A questão de saber se a Química se reduzia à Física permanecia um "problema filosófico não trivial". Ao escolher o artigo de Dirac, Kutzelnigg demonstrava assim ter ideias muito concretas sobre a influência desse artigo na Química e mostrava estar ao corrente das discussões filosóficas sobre a questão do reducionismo.

UMA ANÁLISE BASEADA NO SCIENCE CITATION INDEX

Tentarei seguidamente responder às questões postas atrás com base na análise das citações referidas no *Science Citation Index* (SCI). O SCI faz um levantamento dos artigos publicados em revistas de Física e de Química mas, por enquanto, só recua até 1945. Para o período de quinze anos compreendido entre 1929 e 1945 só foi possível efectuar uma busca não sistemática em revistas que incluem artigos de Química quântica. Apesar destas limitações, e das de qualquer outra análise que se baseie no SCI, as conclusões a que cheguei complementam o meu trabalho anterior, corroborando muitas das teses defendidas em conjunto por Kostas Gavroglu⁴. Mas também, e essa é uma novidade, sugerem uma nova maneira de olhar para a afirmação de Dirac.

Encontrei 90 citações no período compreendido entre 1945 e 1979, das quais analisei 68 (as incluídas nas

revistas existentes nas bibliotecas do MIT). Destas só 15 citam o artigo de Dirac devido ao seu parágrafo inicial. As restantes 53 citam-no pois é nele que Dirac apresentou o modelo vectorial como um exemplo de modelos que permitem "explicar as características principais dos sistemas atómicos complexos sem demasiados cálculos"⁵. Dirac mostrava que a força de troca de Heitler e London era em tudo equivalente ao acoplamento dos spins dos electrões. Recordo aqui J. H. van Vleck, que afirmou que, neste novo contexto, "a interacção, em vez de se formular por meio da abstrusa teoria dos grupos ou de pesos determinantes, reduz-se essencialmente ao modelo vectorial tão caro aos espectroscopistas atómicos"⁶.

Revista	Autores	Ano	Local do Autor	Dep./Inst. do Autor	Artigo começa por transcrever 1º parágrafo (todo ou parte)
Proc Nat Acad Sciences	R.G. Parr & B.L. Crawford	1952	USA	Qui (QC)*	Sim
Nuovo Cimento	E.P. Wigner	1956	USA	Fis	Efeitos Relativistas
Proc Nat Acad Sciences	R.S. Mulliken & C.C. J.Roothaan	1959	USA	Fis (QC)	Sim
Helvetica Chimica Acta	H. Primas	1964	Suíça	Qui (QC)	Não
Am J Phys	Siegel	1967	USA	? Fis	Não
Physics Today	R.S. Mulliken	1968	USA	Fis (QC)	Não
Trans NY Acad Sciences	J. Wheeler	1971	USA	Fis	Não
Proc Nat Acad Sciences	R.G. Parr	1975	USA	Qui (QC)	Não
Jour Chem Phys	Jour Chem Phys	1976	USA	Qui (QC)	Sim
Advances in Physics	G.C. Schatz & A. Kupperman	1976	UK	Qui(QC)	Sim
Pure and Applied Chemistry	R.G. Woolley	1976	USA	Qui (QC)	Não
Journ Chem Educ	H.A. Bent	1977	USA	Qui (?)	Não
Chem Reviews	R.K. Boyd	1977	Canada	Qui (?)	Sim
J. Chimie Physique	J.P. Malrieu & D. Maynau	1978	França	Fis	Sim
J Chem Educ	C.J. Balhausen	1979	Dinamarca	? Qui (QC)	Não

*QC, Química Quântica

Tabela 1: Artigos que se referem ao primeiro parágrafo do artigo de Dirac de 1929 de acordo com o SCI (1945-1979)

Passo a analisar as 15 referências que citam o primeiro parágrafo (Tabela 1). Destas, 9 (representadas por Qui) foram escritas por químicos ou por cientistas associados a instituições de Química e 10 (representadas por USA) são de cientistas que trabalhavam nos Estados Unidos da América. É, pois, curioso notar que, apesar do pragmatismo que caracterizou a abordagem pelos americanos da Química quântica, foram eles quem mais contribuiu para as discussões das implicações da afirmação de Dirac, e dois deles, Robert G. Parr e Robert S. Mulliken, são autores de dois artigos. A distribuição temporal dos artigos faz-se do seguinte modo: 3 foram publicados nos anos cinquenta, 3 nos anos sessenta, e 9 nos anos setenta. Da análise dos artigos depreende-se que o aumento substancial de citações nesta última década se deve à utilização dos computadores. Se nos detivermos no tipo de

revistas escolhidas, vemos que 4 dos 15 artigos foram publicados em revistas dirigidas a uma audiência alargada de professores, estudantes e ao público em geral (*Physics Today*, *American Journal of Physics* e *Journal of Chemical Education*); 4 artigos foram publicados em revistas que abrangem várias ciências (*Proceedings of the National Academy of Sciences* e *Transactions of the New York Academy of Sciences*); e, finalmente, 5 artigos aparecem em revistas dedicadas exclusivamente à Química (*Helvetica Chimica Acta*, *Journal of Chemical Physics*, *Pure and Applied Chemistry*, *Chemical Reviews* e *Journal de Chimie Physique*), enquanto os 2 restantes surgem em revistas de Física (*Nuovo Cimento* e *Advances in Physics*).

A Fig. 1 mostra a distribuição dos 15 artigos por grupos temáticos: 3 não se relacionam directamente com a Química quântica,⁷ 2 abordam a extensão da Química quântica ao domínio das reacções químicas,⁸ 5 analisam o impacto dos computadores na disciplina,⁹ 3 elaboram considerações pedagógicas¹⁰ e, finalmente os 2 restantes debruçam-se sobre os fundamentos da Química quântica.¹¹ Não discutirei aqui o conteúdo destes artigos, mas o leitor interessado poderá consultar a revista *Physics in Perspective*¹².

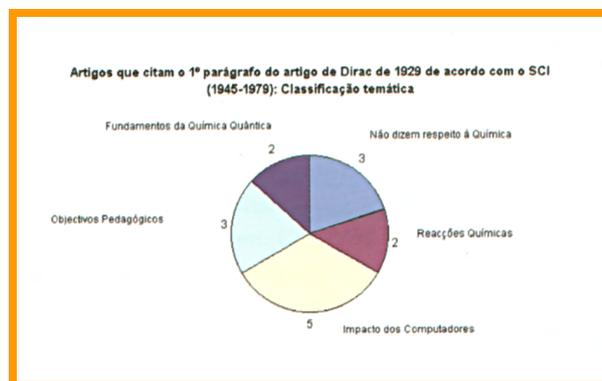


Fig. 1

Tal como já referi, para o período compreendido entre 1929 e 1945 só foi possível realizar uma pesquisa não sistemática entre as revistas que publicam artigos de Química quântica. O resultado desta pesquisa identificou dois artigos mas não alterou as conclusões da análise baseada no SCI. Um dos artigos citava o artigo de Dirac devido ao modelo vectorial e o outro é o primeiro artigo de revisão sobre Química quântica, da autoria de van Vleck e Sherman, publicado em 1935 na *Reviews of Modern Physics*. Os autores deste artigo perguntam em que medida é que se pode falar de uma teoria quântica da valência se ainda não foi possível integrar a equação de Schrödinger com um grau de precisão suficiente no

caso de moléculas mais complexas do que a molécula de hidrogénio. A sua conclusão é a seguinte:

“A resposta é que devemos adoptar a atitude mental do optimista e não a do pessimista se quisermos ficar satisfeitos. Este último exige uma teoria rigorosa assente em postulados e em cálculos que não recorram a nenhuma aproximação questionáveis nem apelem à evidência empírica. O optimista, pelo contrário, satisfaz-se com aproximações da equação de ondas... O pessimista está eternamente preocupado com a omissão de termos que podem ser demasiado grandes de tal modo que não se possa assegurar o rigor necessário. O optimista responde que as soluções aproximadas ainda assim são um excelente "indicador" e dão uma ideia muito boa de "como as coisas são", permitindo a sistematização e o conhecimento do que seria, de outro modo, um labirinto de dados experimentais codificados por regras empíricas de valência...”¹³

Van Vleck e Sherman não identificavam nem os optimistas nem os pessimistas, afirmando adoptar um meio termo entre estas duas atitudes. Contudo, é fácil perceber que a classe dos optimistas incluía americanos como Mulliken, Pauling, Slater, e o próprio van Vleck, enquanto no grupo dos pessimistas se incluíam alemães como Heitler, London, ou Hund.

COMENTÁRIOS FINAIS

O facto de a maioria dos artigos analisados citar o artigo de Dirac de 1929 em virtude da introdução do modelo vectorial e não das implicações do seu primeiro parágrafo significa, na minha opinião, que os químicos, e em particular os químicos quânticos, não ficaram preocupados com as implicações da afirmação reducionista de Dirac para a sua disciplina. Como já afirmei num artigo com Kostas Gavroglu¹⁴, talvez o reducionismo seja uma ferramenta analítica dos físicos e não dos químicos e, se assim for, não devemos recorrer ao reducionismo na discussão de questões do foro da Química. Enquanto os físicos partiram do princípio de que a Química se podia reduzir à Física, os químicos não se deram ao luxo de esperar pela realização de tal programa, que afinal se revelou uma miragem pois, desde o início, nem físicos nem químicos conseguiram resolver analiticamente a equação de Schrödinger no caso de elementos mais complexos do que o hidrogénio ou o hélio.

Foi só após a década de cinquenta, altura em que a Química quântica adquiriu o estatuto de disciplina autónoma,

e especialmente depois da década de sessenta, com a difusão dos computadores, que os químicos quânticos passaram a reflectir sobre as implicações da afirmação de Dirac. Detiveram-se então nas possibilidades oferecidas pelos métodos teóricos *ab initio*, que desafiavam uma das previsões de Dirac, a saber, que as equações eram demasiado complicadas para serem resolvidas exactamente.

Os historiadores e filósofos da ciência têm tomado a afirmação de Dirac como uma afirmação *filosófica*, uma das poucas proferidas pelo menos filosófico de todos os fundadores da mecânica quântica. A minha análise baseada no SCI revela, pelo contrário, que poucos foram os químicos a interpretar a afirmação de Dirac como uma afirmação desse tipo. A grande maioria tomou-a como uma previsão *histórica* acerca do futuro da Química, a qual viria a ser refutada, dada a incapacidade de Dirac em prever a importância dos efeitos relativistas e dos cálculos exactos no domínio da Química. Cabe agora aos historiadores e filósofos da ciência seguir as pisadas dos químicos e explorar as implicações desta nova interpretação da afirmação de Dirac, que a considera uma afirmação de carácter *histórico* e não uma afirmação de carácter *filosófico*, que exprime a crença na redução da Química à Física, e, em particular, na visão de uma Química teórica como uma forma mais física da Química-Física. Deste novo ponto de vista, o erro de Dirac foi a incapacidade de prever que a mecânica quântica passaria também a ser utilizada pelos químicos. Dirac foi incapaz de prever que iria surgir uma nova espécie de químicos e que esta iria abraçar uma cultura diferente da cultura reducionista dos físicos. Ao adoptarem considerações ontológicas diferentes e perfilharem diferentes princípios metodológicos, estes novos químicos, ao contrário dos físicos, seriam capazes de atacar com enorme sucesso os problemas levantados pela Química quântica.

Resta-me responder a uma última questão, que é a de entender a enorme popularidade da afirmação de Dirac, que começa com o artigo de revisão de van Vleck e de Sherman e culmina com a sua selecção no volume dos *Theoretical Chemical Accounts*, a que me referi no início, e o reduzido número de citações encontradas na literatura com base na análise que levei a cabo no SCI. Uma maneira de compatibilizar estas duas verificações aparentemente irreconciliáveis é tomar em consideração os manuais científicos. Esta sugestão é parcialmente corroborada pelas referências, de entre as 15 encontradas, que aparecem em artigos de carácter pedagógico ou em artigos de revisão e, por outro lado, é também confirmada por um estudo que levei a cabo, mais uma vez com Kostas

Gavroglu, sobre o papel dos manuais no desenvolvimento da Química quântica¹⁵. Concluimos aí que muitos dos autores de manuais discutiam de forma implícita, ou mesmo explícita, se os químicos deviam abandonar as normas da sua disciplina, que não é entendida como uma ciência matemática ou se, ao invés, deviam permanecer fiéis à sua cultura e apropriar-se apenas das doses adequadas de mecânica quântica que servissem os seus propósitos. A minha conclusão é, pois, que os químicos quânticos, como investigadores, não se preocuparam com as implicações da afirmação de Dirac mas, como professores-autores de manuais, revelaram uma atitude bastante diferente.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é um resumo de uma comunicação no simpósio "The Foundations of Quantum Physics before 1935," do congresso "Quantum Theory Centenary", que decorreu em Berlim de 14 a 16 de Dezembro de 2000. Esta comunicação foi, entretanto, revista e publicada em *Physics in Perspective*.

Agradeço ao Prof. José Urbano o incentivo para apresentar os resultados desse trabalho na *Gazeta de Física* e os comentários a uma versão preliminar deste texto.

NOTAS

1. P.A.M.Dirac, "Quantum Mechanics of Many-Electron Systems," *Proceedings of the Royal Society of London A* **123** (1929),714-733, p. 714, itálicos meus.
2. Prefácio, "A new century of theoretical chemistry," *Theoretical Chemistry Accounts* **103** (2000).
3. Werner Kutzelnigg, "Perspective on "Quantum mechanics of many-electron systems", *Theoretical Chemistry Accounts* **103** (2000),182-186.
4. Ver Kostas Gavroglu e Ana Simões,"The Americans,the Germans and the Beginnings of Quantum Chemistry:The Confluence of Diverging Traditions," *Historical Studies in the Physical Sciences* **25** (1994),47-110; Ana Simões e Kostas Gavroglu,"Quantum Chemistry qua Applied Mathematics.The contributions of Charles Alfred Coulson (1910-1974)," *Historical Studies in the Physical Sciences* **29** (1999),363-406;Ana Simões e Kostas Gavroglu,"Quantum Chemistry in Great Britain:Developing a Mathematical Framework for Quantum Chemistry," *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics* **31** (2000),511-548.
5. P. A.M.Dirac, "Quantum Mechanics" (ref.1), p. 714.
6. J.H.van Vleck,"Spin,the Great Indicator of Valence Behaviour," in Symposium:Fifty Years of Valence Theory, *Pure and Applied Chemistry* **24** (1970),235-255, p.243.
7. Recensão crítica do livro *Generalized Thermodynamics* de Laszlo Tisza, *American Journal of Physics* **35** (1976),654-655; J.A.Wheeler, "From Mendeléev's atom to the collapsing star," *Transactions of the New York Academy of Sciences* **33** (1971),745-779;E. P.Wigner, "Relativistic invariance in quantum mechanics," *Il Nuovo Cimento* **3** (1976),517-532.
8. G. C. Schatz e A.Kupperman,"Quantum mechanical reactive scattering for three-dimensional atom plus diatom systems.II.Accurate cross sections for H+H2*," *Journal of Chemical Physics* **65** (1976),4668-4692; R.K.Boyd,"Macroscopic and microscopic restrictions on chemical kinetics," *Chemical Reviews* **77** (1977),93-118.
9. R.G. Parr e B. L.Crawford,"National Academy of Sciences Conference on Quantum-Mechanical Methods in Valence Theory," *Proceedings of the National Academy of Sciences* **38** (1952),547-553;R. G. Parr, "The Description of Molecular Structure," *Proceedings of the National Academy of Sciences* **72** (1975),763-771;R.S.Mulliken e C. C. J.Roothaan, "Broken Bottlenecks and the future of Molecular Quantum Mechanics," *Proceedings of the National Academy of Sciences* **45** (1959),394-398;R.S.Mulliken,"Spectroscopy Quantum Chemistry and Molecular Physics," *Physics Today* (April 1968),52-57; E. B. Wilson, "Fifty Years of Quantum Chemistry," *Pure and Applied Chemistry* **47** (1976),41-47.
10. C. J.Balhausen,"Quantum Mechanics and Chemical Bonding in Inorganic Complexes.I.Static Concepts of Bonding;dynamic concepts of valency," *Journal of Chemical Education* **56** (1979),215-218; H.A.Bent,"Uses of History in Teaching Chemistry," *Journal of Chemical Education* **54** (1977),462-466;J.Malrieu e D. Maynau,"Un parcours initiatique au problème a N-corps,a l'intention des physico-chimistes. Proposition pédagogique," *Journal de Chimie Physique* **75** (1978),31-42.
11. H.Primas,"Was sind Elektronen?," *Helvetica Chimica Acta* **47** (1964),1840-1851; R.G. Woolley, "Quantum Theory and Molecular Structure," *Advances in Physics* **25** (1976),27-52.
12. Ana Simões,"Dirac's claim and the chemists," *Physics in Perspective* **1** (2001).
13. Van Vleck e Sherman,"The quantum theory of valence", *Reviews of Modern Physics* **7** (1935),167-227, p. 169.
14. Ana Simões e Kostas Gavroglu,"Issues in the History of Theoretical and Quantum Chemistry 1927-1960," in C. Reinhardt,ed., *Bridging Boundaries* (Weinheim:Wiley-VCH,2001),51-74.
15. Kostas Gavroglu e Ana Simões,"One face or many? The role of textbooks in building the new discipline of quantum chemistry," in Bernardette Bensaude-Vincent and Anders Lundgren,eds., *Communicating Chemistry,Textbooks and their Audiences 1789-1939* (Science History Publications:Watson Publishing International,2000), 415-449.

XII Encontro Ibérico para o Ensino da Física

[Ensinar a aprender, ensinar a fazer]

Uma das maiores preocupações da SPF é o da qualidade da transmissão da Física nos vários níveis de ensino, que tanta importância tem no despertar da curiosidade e na construção da cultura científica. Aproveitaremos, por isso, o 12º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, em paralelo com a 13ª Conferência Nacional de Física, para analisar e debater as dificuldades do ensino da Física desde o básico ao superior, com a colaboração de especialistas nacionais e estrangeiros e, em particular, através do confronto de experiências com a Real Sociedad Española de Física. Daremos a conhecer o "Livro Branco da Física e da Química 2002", e discutiremos o currículo de formação dos professores de Física licenciados pelas nossas universidades, bem como as formas de cooperação entre as escolas e as faculdades. Queremos também discutir a forma e o conteúdo do ensino da Física nas universidades, a escolha de manuais escolares e o despertar da curiosidade científica ao nível do ensino básico. Em síntese, o Encontro Ibérico é o espaço privilegiado para desenvolver o lema "Ensinar a aprender, ensinar a fazer".

Na linha de preocupação com o ensino da Física destacamos as palestras mais dedicadas ao ensino superior: "Memorization and Understanding: Are we teaching the right thing?" pelo Prof. Eric

Mazur, da Universidade de Harvard, e "Goodbye F=ma?" pelo Prof. Edwin Taylor do MIT, EUA. Mas também esperamos poder contar com a colaboração do Prof. Jacques Treiner, que nos vem falar no ensino da Física numa perspectiva europeia, ao nível do secundário.

Neste encontro queremos dar particular relevo ao ensino das ciências no básico, através da realização de oficinas pedagógicas e montagens experimentais para os professores do primeiro ciclo.

A estrutura paralela do encontro deve ser utilizada para fortalecer os laços entre a comunidade científica, predominantemente universitária, e a dos professores do ensino secundário e básico.

1º DIA (sexta-feira)	2º DIA (sábado)	3º DIA (domingo)	4º DIA (segunda-feira)	5º DIA (terça-feira)	
9H00 Registo de Participantes	9H00 CP Eric Mazur	Passeio na Cidade	9H00 CP Vlatko Vedral	9H00 CP Jacques Treiner	
9H30 Abertura					
10H00 CP Helge Kragh	10H00 CP D. Rosenfeld			10H00 CP F. Thielemann	10H00 CP Lawrence Krauss
11H00 - 11H30 Café	Café			Café	Café
11H30 CP João Corte Real	11H30 CP Augusto Fitas			11H30 - 13H00 Debate Formação de Professores	11H30 - 13H00 Oficinas pedagógicas (básico/sec.)
Amoço	Almoço		Almoço	Almoço	
15H00 - 16H30 CO	15H00 - 16H30 Oficina pedagógica	Passeios fora da cidade	15H00 - 16H30 Oficina pedagógica	15H00 - 16H30 Debate Livro Branco (Moderadora: Anabela Martins)	
Café	Café		Café	Café	
17H00 Posters	17H00 Posters			17H00 Posters	17H00 Encerramento
18H00 - 19H00 CO	18H00 - 19H00 CO		18H00 - 19H00 CO		
20H00 Recepção na CME	21H00 Concerto na Sé	21H00 Jantar da Conf.			

FÍSICA 2002

Enveredou pela Física pelo "prazer no raciocínio matemático" e também por ter uma certa facilidade de praticá-lo. Já a especialização em Física Estatística aconteceu "um pouco por acaso, por razões circunstanciais", mas afirma que é "um caso de paixão intelectual". Lamenta que os seus colegas brasileiros receiem tanto fazer propostas profundamente originais que não sigam necessariamente o padrão dos países cientificamente mais evoluídos do globo, embora reconheça que "imitar é bom" na medida em que isso "é o início da sabedoria". Mas, acrescenta, "a ciência só se torna realmente inovadora quando ultrapassa a imitação, quando se afasta dela". É por essa atitude que o físico brasileiro Constantino Tsallis – que recentemente esteve em Aveiro onde deu um curso e proferiu uma conferência pública – é, hoje, um dos nomes de maior prestígio mundial na área da Mecânica Estatística. Propôs, em 1988, a "mecânica estatística não extensiva", um dos temas abordados nesta entrevista que concedeu à "Gazeta".

Entrevistado por:
CARLOS FIOLEAIS E CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.uc.pt

Constantino Tsallis, físico do Centro Brasileiro de Pes

"USO A EFICIÊNCIA DA B DE PESQUISA CIENTÍFICA"

Gazeta de Física – "O que é que a ciência e a arte têm em comum?" foi o tema da sua palestra na Câmara Municipal de Aveiro. Pode resumir para os leitores da "Gazeta de Física" a resposta que deu a esta questão?

Constantino Tsallis – A ciência e a arte têm muitas coisas em comum. Uma maneira de resumir isto seria chamando a atenção para o facto de que a utopia da ciência é a verdade, e a utopia da arte é a beleza. Mas como escreveu o poeta John Keats, a beleza é verdade e a verdade é beleza. Platão já tinha feito esta conexão há muito tempo. Nas ciências físicas, qualquer descoberta de relevância teórica ou experimental é inevitavelmente acompanhada de uma profunda sensação estética. Analogamente, a arte sempre é, de certo modo, uma tomada de consciência. Em todo caso, tanto a ciência como a arte modificam a nossa maneira de ver o mundo, e fazem-no de modo irreversível.

P. – E, pelo contrário, o que é que a ciência e arte não têm em comum?

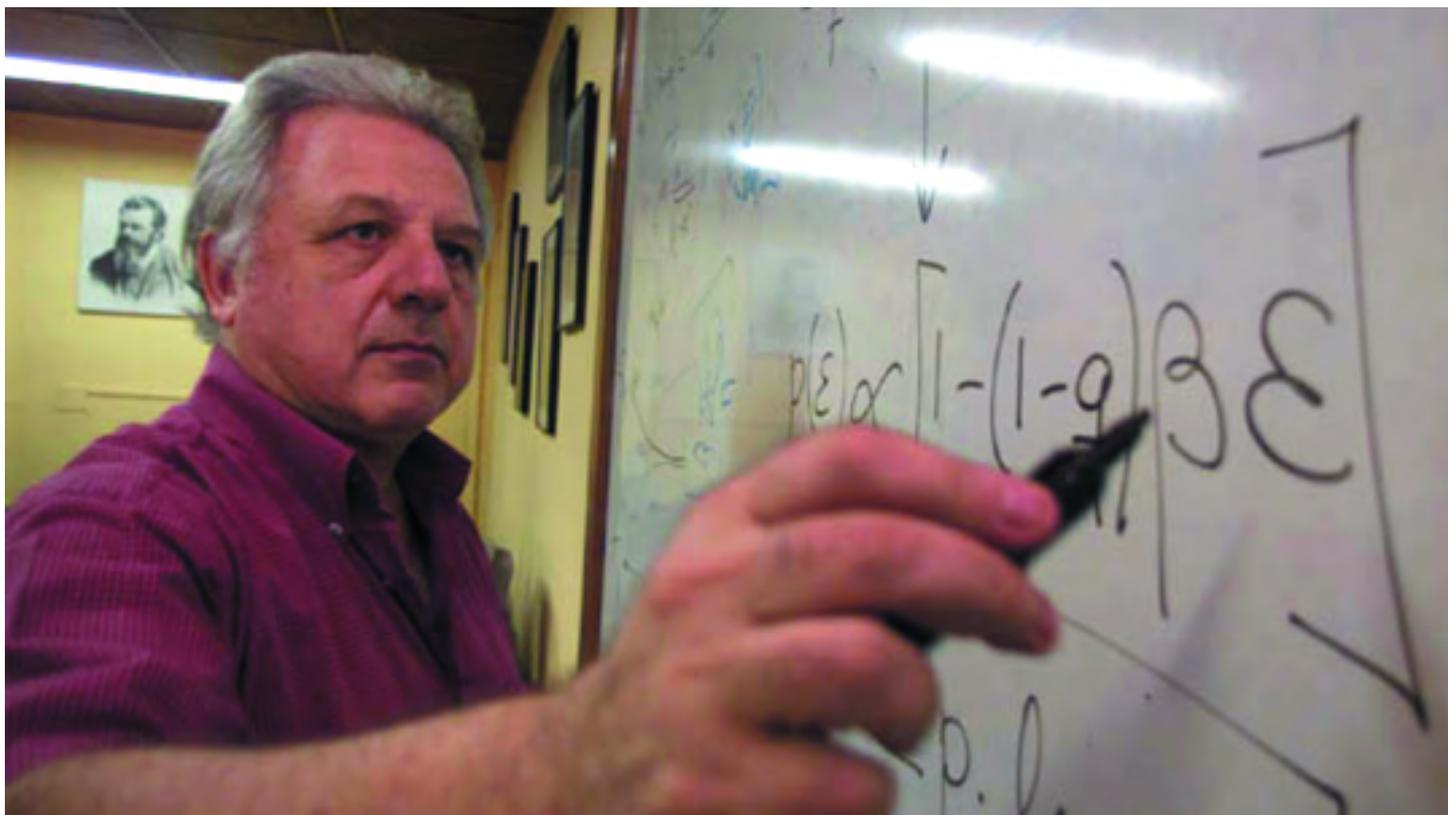
R. – Embora ambas envolvam integralmente a personalidade, creio ser correcto dizer que a ciência usa mais a razão do que a emoção, enquanto a arte usa mais a emoção do que a razão.

P. – No seu trabalho de investigação científica, usa perspectivas ou critérios de ordem estética, tal como foi sugerido por físicos como Paul Dirac ou Hermann Weyl?

R. – Absolutamente. Para mim não existe critério maior ou mais prazeroso de verdade, ou de probabilidade de

quisas Físicas e especialista em Física Estatística

BELEZA NO MEU TRABALHO



Fotografias de António Gaudério.

verdade, que a beleza estética do resultado ou da descoberta, ou da conjectura. Não creio que seja exagerado dizer que uso a eficiência da beleza quotidianamente no meu trabalho de pesquisa científica. É quase impossível um resultado verdadeiramente belo estar errado, e um resultado verdadeiro ser feio.

P. – Por que enveredou por uma carreira em Física? E, dentro da Física, por que escolheu a Física Estatística

R. – Creio ter enveredado pela carreira da Física por prazer no raciocínio matemático, e talvez uma certa facilidade de praticá-lo. Dentro da Física, enveredei pela Física Estatística um pouco por acaso, por razões circunstanciais. Entretanto,

após tê-la conhecido, creio poder dizer que se trata de um caso de paixão intelectual. Por ser a ciência que conecta diversas escalas do saber, e por ser a ciência do saber incompleto, a Física Estatística tem qualquer coisa de fascinante que não encontro nas outras ciências. Não digo que não o tenham, mas apenas que eu não o vejo.

P. – Qual é, na sua opinião, o maior problema – ou os maiores – em aberto na Física Estatística?

R. – Um dos problemas clássicos em aberto na Física Estatística é, certamente, a chamada "seta do tempo". Ou seja, por que os fenómenos macroscópicos são irreversíveis no tempo apesar de estarem baseados em dinâmicas

microscópicas reversíveis no tempo. Mas eu tenho mais curiosidade em entender como a geometria, ou a simetria, determinam a forma funcional da entropia (a de Boltzmann-Gibbs ou outra), esse conceito que significa um fantástico atalho intelectual na descrição de um sistema dinâmico.

P. – Em que consiste a mecânica estatística não extensiva que propôs? E onde encontra aplicações?

R. – Consiste numa proposta de englobar, através do conceito de entropia e das relações termodinâmicas, sistemas com uma geometria hierárquica fractal, no seu comportamento dinâmico microscópico. Se pudéssemos simplificar um tanto exageradamente, poderíamos dizer que a Mecânica Estatística de Boltzmann e Gibbs é a dos sistemas simples, tipicamente os que representam a matéria inanimada, enquanto a mecânica estatística não extensiva incide sobre os sistemas ditos complexos, tipicamente os que representam a matéria viva, ou semelhante à viva. A não extensividade aproxima a Biologia, a Linguística, a Sociologia, a Psicologia Cognitiva, a Economia. Esta teoria tem recebido nos últimos cinco ou seis anos inúmeras e, por vezes, surpreendentes aplicações – nos fluxos de raios cósmicos, turbulência, plasmas não neutros, frequência de palavras em textos literários, neutrinos emitidos pelo plasma solar, reassociação de monóxido de carbono ou de oxigénio em hemoproteínas enrugadas, distribuições de citações e co-autorias de trabalhos científicos, co-autorias de artistas cinematográficos, leis dos terremotos, nas sequências químicas de proteínas e ácidos nucleicos, detecção e análise de crises epilépticas, caracterização detalhada de sistemas dinâmicos simples no limiar do caos (em uma ou duas dimensões, conservativos e dissipativos), no estudo de sistemas de muitas partículas com interações de longo alcance, tais como a gravitação e outros, fenómenos básicos de economia tais como a aversão humana ao risco quando existe a expectativa de ganhar. Enfim, a lista é enorme... Não a teria jamais imaginado quando fiz publicamente a proposta deste formalismo em 1988. E não deixa de ser para mim motivo de profunda perplexidade.

P. – Falou de fractais. Qual é o papel das figuras fractais na aproximação da ciência às artes visuais?

R. – Os fractais, ao repetirem o todo nas suas partes, dão uma estranha sensação de integridade, de ver o mundo numa das suas facetas mais fascinantes. É um dos lados bonitos da geometria e da complexidade.

P. – Há quem use métodos da Mecânica Estatística para "medir" uma obra de arte. "Medem", por exemplo, a

dimensão fractal de uma pintura. O que pensa disso?

R. – Desconheço qualquer tentativa séria neste sentido, e não creio que ela tivesse qualquer utilidade. Para que o contrário fosse verdade, a ideia de tal medição usando conceitos de mecânica estatística teria que ser simplesmente genial, ou o valor da obra artística em questão teria que ser modesto. Entretanto, analogias entre conceitos de mecânica estatística e facetas estéticas da arte são fáceis de imaginar.

P. – Que apreciação faz do panorama actual da Física no Brasil? Quais são os pontos fortes e os pontos fracos?

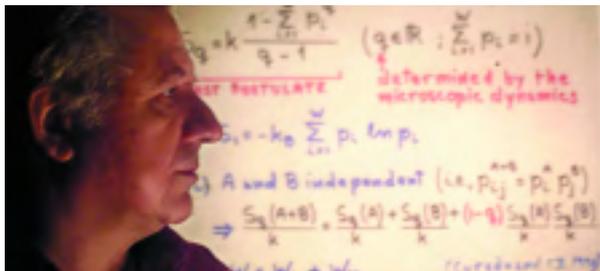
R. – Os pontos fortes tem a ver com o apoio governamental à ciência e tecnologia durante as últimas décadas. Ele é bastante grande, quando comparado com outros países da América Latina, apesar de já ter sido maior. Outro ponto forte é a diversidade temática e geográfica, particularmente no caso da Física.

O ponto fraco que mais me impressiona é o temor em fazer propostas profundamente originais, que não sigam necessariamente o padrão dos países cientificamente mais evoluídos do globo. Presta-se uma exagerada atenção ao que é feito e dito nos Estados Unidos e em alguns países da Europa. Imitar é bom e é o início da sabedoria. Mas a ciência só se torna realmente inovadora quando ultrapassa a imitação, quando se afasta dela.

P. – Por último, já é a segunda vez que visita Portugal. Com que opinião ficou da Física e dos físicos em Portugal?

R. – Nestas duas visitas tive a oportunidade de acompanhar, com grande interesse e prazer, as actividades de alguns grupos de Física de Portugal.

Impressionaram-me particularmente trabalhos de dinâmica molecular na Universidade de Lisboa, trabalhos experimentais em matéria condensada na Universidade de Aveiro, assim como as actividades de grupos mais tradicionais como os de Coimbra e do Porto. De modo geral, diria que fico com a impressão que, desde que Portugal se integrou mais solidamente na ciência europeia, as suas contribuições atingiram rapidamente um nível internacional indiscutível, o que muito me alegra.



I "Workshop" Científico

[Astrofísica Nuclear e Evolução do Universo]

Em paralelo com a Física 2002, realizar-se-á um "workshop" internacional sobre "Astrofísica Nuclear e a Evolução do Universo", para a qual convidámos vários cientistas que trabalham em Portugal e no estrangeiro. A lista destes últimos inclui: Friederich Thielemann (Basel, Suíça), Ignazio Bombaci (Pisa, Itália), G. Pollarolo (Torino, Itália), Filippo Terraci (Luna, Itália), Lawrence Krauss (Cleveland, EUA) e João Magueijo (Imperial College, Reino Unido). Dos investigadores que trabalham em Portugal, participam Luís Bento, Conceição Bento, Orfeu Bertolami e José Maneira.

PAULO CRAWFORD
Presidente da Comissão Organizadora
crawford@cosmo.fis.fc.ul.pt

4º DIA (segunda-feira)	5º DIA (terça-feira)
9H00 CP	9H00 CP
10H00 -11H00 CP F. Thielemann	10H00 -11H00 CP Lawrence Krauss
11H00 -11H30 Café	
11H30 -12H15 G. Pollarolo	11H30 -12H15 João Magueijo
12H15 -13H00 I. Bombaci	12H15 -13H00 C. Bento / O. Bertolami
13H00 -14H30 Almoço	
14H30 -15H15 F. Terraci	14H30 -15H00 J. Maneira
15H15 -16H00 Luís Bento	15H00 -16H00 CO
16H30 -17H00 Café	
16H30 -17H00 Posters	17H00 Encerramento
18H00 -19H00 CO	



FÍSICA 2002

Universidade de Coimbra cria licenciatura em Engenharia Biomédica

2º Encontro Nacional de Astrónomos em Ourém

Palestras no Observatório Astronómico de Lisboa

XX Encontro Juvenil de Ciência

INETI participa na estratégia da União Europeia para a investigação

Escola da NATO sobre Nanotecnologia

Palestra de Thierry Dujardin no novo auditório do ITN

Escola de Verão para estudantes de Física

Do *big bang* à vida

Física em Palco

Matemático português demonstra impossibilidade do *warp drive*

XIV Congresso da Ordem dos Engenheiros debateu o ensino da engenharia

Universidade de Aveiro promove conferência sobre educação superior

Investigação ameaçada pelo estrangulamento das bibliotecas científicas

FÍSICA EM PORTUGAL

UNIVERSIDADE DE COIMBRA CRIA LICENCIATURA EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

A Universidade de Coimbra anunciou a criação, no ano lectivo de 2002-2003, de uma licenciatura em Engenharia Biomédica, no âmbito da Faculdade de Ciências e de Tecnologia e da Faculdade de Medicina, com a participação do Departamento de Física.

Esta licenciatura destina-se a formar profissionais capazes de intervir a nível da aplicação e inovação tecnológicas nos domínios da Medicina e da Biologia.

Os domínios de intervenção desta nova licenciatura são os seguintes:

- Aplicações de engenharia de sistemas (modelação fisiológica, simulação e controlo) a problemas biológicos;
- detecção, medida e monitorização de sinais fisiológicos (bio-sensores e instrumentação biomédica);
- desenvolvimento de instrumentos para substituir ou melhorar funções do corpo (órgãos e tecidos artificiais);
- análise computacional de dados de pacientes e ajuda à tomada de decisão clínica (informática médica, telemedicina e inteligência artificial);
- desenvolvimento de instrumentação e métodos de apoio ao diagnóstico.

As saídas profissionais situam-se a três níveis: industrial (projecto e teste de instrumentos e serviços; assessoria em decisões de aquisição de equipamentos e orientação de equipas de manutenção), científica (desenvolvimento e teste de modelos e processos de análise e controlo) e clínica (assistência no uso e adaptação de instrumentação para diagnóstico e terapêutica).

O plano de estudos e mais informações estão disponíveis em <http://www.fis.uc.pt/>.

2º ENCONTRO NACIONAL DE ASTRÓNOMOS EM OURÉM

Realizou-se nos passados dias 20 e 21 de Abril o "2º Encontro Nacional de Astrónomos", em Ourém, organizado pelo Núcleo de Astronomia da Câmara de Ourém (NACO).

Durante os dois dias do encontro realizaram-se diversas actividades, especialmente palestras a cargo de Pedro Ré ("Fotografar o Céu"), Guilherme de Almeida ("Como construir uma estrela artificial" e "Visita guiada ao céu"), Nuno Crato ("Os instrumentos astronómicos de Pedro Nunes"), José Matos ("800 milhões de anos-luz"), Maarten Roos Serote ("As missões da ESA e os astrónomos amadores"), Rui Gonçalves ("Astrometria e Ocultações"), António Magalhães ("As cores da estrela"), Máximo Ferreira ("Os observatórios urbanos no ensino e a divulgação da Astronomia") e Paulo Coelho ("Webcams na astrofotografia").

Para mais informações consultar <http://www.anoa.pt/ceu/ena.html>.

PALESTRAS NO OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DE LISBOA

O calendário de palestras públicas a realizar pelo Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa até ao final do corrente ano é o seguinte:

30 de Agosto – Palestra integrada no programa "Ciência Viva de Verão".

27 de Setembro – "De que é feito o Universo?", pelo Dr. Augusto Barroso.

25 de Outubro – "Crepúsculos e outras questões astronómicas em Pedro

Nunes", pelo Dr. Henrique Leitão.

29 de Novembro – "Os melhores telescópios do mundo", pelo Dr. Joco Lin Yun.

20 de Dezembro – "Tempo astronómico, atómico e o GPS", pelo Dr. Virgílio Mendes.

As últimas palestras foram feitas pelo Dr. Pedro Ré (26 de Abril, "Astrosfia para todos"), pelo Dr. Ivo Vieira (31 de Maio), e pelo Dr. Alexandre Correia (28 de Junho, "Evolução da rotação dos planetas").

A entrada faz-se pelo Instituto Superior de Agronomia, na Tapada da Ajuda (portão da Calçada da Tapada). No final das palestras, e caso o estado do tempo o permita, estarão disponíveis telescópios para observação dos corpos celestes. Para qualquer esclarecimento adicional, contactar Eugénia Carvalho (tel: 21 3616739 ou fax: 21 3616752).



XX ENCONTRO JUVENIL DE CIÊNCIA

Realizou-se de 2 e 14 de Setembro em Lisboa o XX Encontro Juvenil de Ciência, tendo a intervenção de abertura formal dos trabalhos sido proferida pelo físico Dr. António Manuel Baptista. Entre os vários grupos de trabalho que integraram o encontro houve um especificamente dedicado à Física, que contou com palestras a cargo do Dr. Orfeu Bertolami (do Instituto Superior Técnico) e do Dr. João Alves (do Observatório Europeu do Sul). Os três primeiros classificados na Categoria B das Olimpíadas de Física puderam participar no encontro com isenção de taxa de inscrição.

INETI PARTICIPA NA ESTRATÉGIA DA UNIÃO EUROPEIA PARA A INVESTIGAÇÃO

O presidente do INETI, Carlos Campos Morais, esteve presente em Maio passado numa reunião, em Bruxelas, do *European Research Advisory Board* (EURAB). Nomeado pela Comissão Europeia para participar no EURAB, Campos Morais participou na reunião deste órgão onde foram elaboradas propostas para o processo de avaliação de projectos de investigação a serem financiados no âmbito do do Programa-Quadro Comunitário (2002-2006) recentemente aprovado. Fundado em 2001, o EURAB é um comité criado para aconselhar a Comissão Europeia no que diz respeito à estruturação e implementação da política de investigação da União Europeia, nomeadamente sobre o papel das universidades na *European Research Area*. É constituído por 45 especialistas (cientistas e industriais) de vários países e funciona junto do Comissário Europeu para a Investigação, Philippe Busquin.

O presidente do INETI participou ainda no seminário "Nanotechnologies in the Area of Physics, Chemistry and Biotechnology", que decorreu de 27 a 29 de Maio, em São Petersburgo. Carlos Campos Morais apresentou a comunicação "Nanotechnologies: a long-term interdisciplinary challenge for EU development", fazendo a ponte entre o trabalho desenvolvido pelo INETI nesta área e os desafios da União Europeia na área da investigação, nomeadamente ao nível da Nanotecnologia e da sua importância para o desenvolvimento comunitário. Organizado pelo *International Science and Technology Center* (ISTC), o seminário fez a revisão dos avanços da Nanotecnologia nos seus vários campos de aplicação. Esta ciência, entre outros assuntos, trata a estrutura dos materiais à escala do nanometro na perspectiva de criar materiais e aparelhos com funções novas e melhoradas.

ESCOLA DA NATO SOBRE NANOTECNOLOGIA

Realiza-se de 1 a 13 de Outubro em Albufeira um "Advanced Study Institut" da NATO intitulado "Scanning Probe Microscopy : Characterization, Nanofabrication and Device Application of Functional Materials"

É codirectora a Dra. Paula Vilarinho, da Universidade de Aveiro,

Email: paulas@cv.ua.pt

Para mais informações ver <http://www.cv.ua.pt/ASINATO/SPM/>

PALESTRA DE THIERRY DUJARDIN NO NOVO AUDITÓRIO DO ITN

O futuro da energia nuclear foi o tema da palestra realizada no passado dia 29 de Maio por Thierry Dujardin, da Agência para a Energia Nuclear da OCDE, no novo auditório da biblioteca do Instituto Tecnológico e Nuclear (ITN), que se encheu por completo. Sem entrar em detalhes demasiado técnicos, Dujardin focou os pontos essenciais de uma nova política nuclear tendo em vista o melhoramento das infraestruturas existentes num âmbito económico, ambiental e social.

Com uma potência instalada de 353 GW, representando 15 por cento da energia eléctrica produzida no mundo inteiro, a tecnologia nuclear atingiu um estado de maturidade que conta já com uma experiência de mais de 10000 anos de tempo total em operação de reactores. Esta maturidade, afirmou o orador, reflecte-se no avanço dos dispositivos de segurança e na melhor preparação do pessoal operador (o número de *scrams* – paragem automática de reactores – desceu para um terço durante a última década).

Por outro lado, acrescentou, sendo uma tecnologia com "emissão zero" de gases de efeito de estufa, a opção nuclear apresenta-se como a alternativa mais capaz de levar os estados a cumprir o Protocolo de Quioto sem comprometer o seu desenvolvimento sustentado.

Dujardin falou também das novas vertentes tecnológicas que estão na mira dos objectivos da Agência para a Energia Nuclear da OCDE. Um maior aproveitamento térmico dos reactores, desenvolvimento de modernos sistemas de segurança, novos compostos combustíveis, reprocessamento de resíduos e novos sistemas de arrefecimento são alguns dos desafios tecnológicos para as próximas décadas.

Tudo isto para concluir que a inovação tecnológica será o grande motor da evolução dos processos nucleares de produção de energia.

R. F. A. SILVA

(Instituto Tecnológico e Nuclear)

ESCOLA DE VERÃO PARA ESTUDANTES DE FÍSICA

Promovido pela Associação Internacional de Estudantes de Física (IAPS) e com o apoio do Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra, realiza-se em Coimbra de 16 a 21 de Setembro uma escola de verão sobre "Estrutura Electrónica e Dinâmica Molecular" destinada a estudantes dos últimos anos ou de pós-graduação.

<http://cfc.fis.uc.pt/events/IAPS/>

DO BIG BANG À VIDA

A Associação Ciência e Desenvolvimento, uma parceria entre a Universidade e a Câmara Municipal do Porto, organizou em Junho passado durante dois fins de semana um série de conferências no teatro do Campo Alegre sobre Astronomia, Geologia, Paleontologia e Física. Entre os oradores, esteve o físico português João Magueijo, a trabalhar em Londres, cujos trabalhos desafiam os fundamentos da teoria da relatividade. Foi comissário do acontecimento o geólogo e divulgador científico José Fernandes Monteiro.



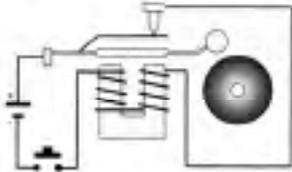




VIDROS E EQUIPAMENTOS, LDA.

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

MATERIAL DIDÁCTICO





FÍSICA

FÍSICA EM PALCO

"Talvez o maior desafio com que os professores se deparam hoje seja a procura constante de novas formas de transmitir o entusiasmo e o fascínio da Física aos mais jovens", afirmou Philippe Busquin, Comissário Europeu para a Investigação. Com efeito, a redução do número de estudantes e de professores de Física verificada na maioria dos países europeus durante a última década tem vindo a preocupar a comunidade científica. Para tentar inverter esta tendência, foi lançada um projecto – especialmente dirigido aos professores de Física e de Astronomia – para a dinamização do ensino e da divulgação destas áreas.

Nasceu assim o *Physics on Stage*, um projecto conjunto do CERN (Organização Europeia para a Investigação Nuclear), da ESA (Agência Espacial Europeia) e do ESO (Observatório Europeu do Sul). Com o apoio da Comissão Europeia, o primeiro festival *Physics on Stage* decorreu no CERN, em Novembro de 2000 e, desde então, transformou-se no maior evento europeu sobre formas inovadoras de ensinar Física.

Este ano, o Festival decorreu na Agência Espacial Europeia – ESTEC, na Holanda, de 2 a 6 de Abril. Durante 5 dias, professores de 22 países europeus, trocaram experiências e materiais de ensino, compilados numa publicação: o *Physics on Stage Handbook*.

A participação portuguesa

A coordenação e financiamento do projecto, a nível nacional é assegurado pela Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica – Ciência Viva, em colaboração com a SPF, a quem compete a selecção da delegação nacional. Este ano, a selecção foi feita a partir de 25 propostas apresentadas publicamente no Pavilhão do Conhecimento em Lisboa, tendo resultado na escolha de cinco apresentações nacionais.

A Escola Secundária de José Afonso, de Loures, e a Escola Secundária de Odivelas apresentaram um projecto, com o

apoio da Faculdade de Ciências de Lisboa, que permite transformar a vulgar placa de som de um computador numa interface para a realização de experiências. O projecto "*Física brincando com som e imagem*" criou um sistema de aquisição de dados usando *webcams*, fotodiodos e outros equipamentos simples, que pode ser usado para introduzir conceitos comuns num laboratório de Física.

O Departamento de Física da Universidade de Aveiro continuou – com o projecto "*Gabor*" – o trabalho de holografia que tem vindo a desenvolver com uma rede de escolas com clubes de holografia, alguns deles já premiados em concursos europeus. Este ano mostraram como funcionam os códigos de barras que invadem o nosso dia-a-dia, como pôr em evidência a polarização da luz, e como se propaga a luz num meio com um gradiente de índice de refração.

"*Energia solar: construção e caracterização de uma célula fotovoltaica na sala de aula*" – outra proposta do Departamento de Física da Universidade de Aveiro – permite introduzir a produção de energia fotovoltaica na sala de aula, usando para tal células fotovoltaicas do tipo Grätzel montadas por alunos e professores a partir de substâncias e materiais simples como chá, pequenas placas de vidro e cliques.

A Escola Secundária de Santa Comba Dão construiu uma montagem experimental para estudar o momento angular que permite recriar a experiência, habitual em centros de ciência, de segurar uma roda de bicicleta sentado num banco giratório. A diferença é que aqui quem segura a roda em rotação é um simpático boneco em *papier maché*: o "boneco angular". O "banco", dotado de uma tampa transparente, permite verificar que o movimento do boneco se deve apenas à rotação da roda (Fig. 1).

As Escolas Básicas do 2º e 3º Ciclo de João da Rosa (Olhão) e do Poeta Passos Bernardo (S. Brás de Alportel) apresentaram um conjunto de equipamentos

para o ensino da Astronomia: a "Caixa Mágica", cujo conteúdo permite introduzir conceitos como o do *big bang* e a expansão do Universo, as fases da Lua, as constelações e as cores das estrelas (Fig. 2).

Está já em preparação a terceira edição do *Physics on Stage*, sendo esta iniciativa aberta a todos os professores dos vários níveis de ensino, associações científicas e estudantes de Física. Para mais informações consulte a página da coordenação nacional do *Physics on Stage*, <http://www.cienciaviva.pt/physics/>, ou contacte através do endereço electrónico physics@cienciaviva.pt.

ANA NORONHA

Ciência Viva - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica

anoronha@cienciaviva.pt



Fig.1. Participantes do festival *Physics on Stage* descobrem a física do "boneco angular"



Fig.2. Demonstração de actividades com a "Caixa Mágica": o *big-bang* com balões, os espectros das estrelas e um relógio de sol.

MATEMÁTICO PORTUGUÊS DEMONSTRA IMPOSSIBILIDADE DO WARP DRIVE

O matemático português José Natário viu a sua atenção atraída por um artigo científico publicado pelo físico mexicano Alcubierre, em 1994, em que avançava uma forma de uma nave espacial poder viajar a uma velocidade superior à da luz (*warp drive*). Natário, que nessa altura fazia o doutoramento em Oxford, achou graça à ideia, mas só dois anos mais tarde se decidiu a fazer umas contas que, constatou, deitavam por terra a hipótese do mexicano.

Nada disto seria notícia se, em Março passado, os seus cálculos não viessem à luz do dia na revista *Classical and Quantum Gravity* e a partir daí conhecessem uma inesperada projecção, passando pela *New Scientist* e pelo *Der Spiegel*.

A tese de Alcubierre ganhou grande popularidade entre os fãs de "Star Trek" e de "Star Wars", fascinados pela possibilidade de viajarem no tempo. Em poucas palavras descreve-se assim: se é possível viajar mais depressa do que a luz, pode-se pegar numa "fatia" do espaço e lançá-la a maior velocidade em relação ao espaço circundante. Uma nave colocada nessa situação estaria, de facto, parada lá dentro, enquanto a bolha que a continha se deslocaria mais rápido que a luz.

As contas de José Natário contrariam esta possibilidade, uma vez que há três problemas insolúveis na tese do físico mexicano. A primeira impossibilidade diz respeito ao horizonte: quem está dentro da bolha que se desloca vertiginosamente não pode comunicar ao espaço à sua frente que se deforme para que a bolha possa passar.

Por outro lado, diz Natário, quando a bolha fosse lançada à referida velocidade "o horizonte ficaria infinitamente pesado e haveria uma catástrofe". Por fim, para deformar o espaço da forma proposta pelo físico mexicano seria necessária energia negativa, o que ninguém viu até agora.

XIV CONGRESSO DA ORDEM DOS ENGENHEIROS DEBATEU O ENSINO DA ENGENHARIA

Realizou-se entre 27 e 29 de Junho passado na Universidade de Coimbra o XIV Congresso da Ordem dos Engenheiros, consagrado ao tema "Ensino da Engenharia". Durante os três dias da reunião foram abordadas os seguintes temas sectoriais: a autonomia universitária; a formação do engenheiro e a integração profissional; a declaração de Bolonha e os perfis das engenharias; a cultura de avaliação e os novos modelos de ensino; o ensino da engenharia e a investigação científica; e a importância da formação contínua. A "Gazeta" publica no seu espaço permanente de opinião o essencial da intervenção do Dr. Carlos Sá Furtado no painel sobre autonomia universitária.

Note-se que a Ordem dos Engenheiros, através do seu bastonário, Eng. Francisco Sousa Soares, tem vindo a defender a Matemática e a Física como bases do ensino da engenharia.

UNIVERSIDADE DE AVEIRO PROMOVE CONFERÊNCIA SOBRE EDUCAÇÃO SUPERIOR

Entre 13 e 17 de Abril de 2003 realiza-se em Aveiro uma conferência internacional sobre "Teaching and Learning in Higher Education", promovida pela universidade local. A iniciativa está aberta à participação de todos os interessados nos temas em análise, nomeadamente as questões que dizem respeito ao perfil dos estudantes, transição do secundário para o ensino universitário, reconhecimento da qualificação, ensino à distância, programas de inovação, articulação com a vida profissional, etc.

Para mais informações ver <http://event.ua.pt/iched/main>.

INVESTIGAÇÃO AMEAÇADA PELO ESTRANGULAMENTO DAS BIBLIOTECAS CIENTÍFICAS

As persistentes dificuldades financeiras das universidades portuguesas estão a comprometer a existência das bibliotecas científicas, cujos orçamentos têm sofrido cortes continuados de ano para ano. Segundo uma estimativa do Observatório de Ciência e Tecnologia (OCT), são despendidos anualmente cerca de um milhão de euros (dois milhões de contos) em assinaturas de publicações científicas, mas a subida continuada dos custos das aquisições (entre 8 a 10 por cento ao ano), impostos pelos editores choca frontalmente com os espalhos orçamentais das universidades.

As consequências da existência desta "tesoura sempre a fechar-se", para utilizar uma expressão de Rui Santos, subdirector do OCT, são fáceis de determinar. No caso concreto da Biblioteca de Física da Universidade de Coimbra, considerada a melhor do país, o número de títulos de revistas assinadas diminui de ano para ano. "Nos últimos dois anos a situação atingiu um estado particularmente grave, que compromete o papel indispensável da biblioteca no apoio à investigação científica", afirmou-nos a co-responsável Helena Vieira Alberto. Os números falam por si: em 2000, foram subscritos cerca de 70 títulos de revistas, mas em 2001 esse número caiu para cerca de metade. Este ano, no final do primeiro semestre (Fevereiro) ainda não tinha sido renovada nenhuma publicação para 2002, prevendo-se que o número de assinaturas teria de continuar a ser reduzido. Vai valendo a preciosa ajuda dos grupos de investigação, que assinam eles próprios algumas publicações.

António Sá Fonseca, director do Complexo Interdisciplinar da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, partilha as mesmas preocupações. A biblioteca do Complexo gasta cerca de 300 mil euros por ano em assinaturas (dos quais 200 mil em Física) e com esse orçamento, considerado insuficiente para as necessidades, é possível continuar a assi-

nar cerca de 70 títulos de Física e 100 de Matemática, além de serem recebidas outras 160 publicações desta última área através de uma permuta com a Sociedade Portuguesa de Matemática. Mas nada garante que continue a ser assim. "As verbas do Complexo vêm do Orçamento de Estado, através da Reitoria da Universidade. Se continua o estrangulamento, a biblioteca sofrerá com isso".

Em 1992, o Complexo tinha um orçamento total de 80 mil contos, que passaram a ser transferidos para a Universidade. Depois, esse montante passou a ser incluído na verba de 6 por cento adicional para investigação em toda a Universidade. Consequência: o orçamento do Complexo passou a ficar diluído num "bolo" mais global, não havendo qualquer garantia de que ele não possa ser desviado para pagar despesas correntes de financiamento de actividade.

Além dos custos crescentes das assinaturas e da redução dos orçamentos das bibliotecas, outros factores – estes positivos – contribuem para o agravamento da situação. Rui Santos menciona o crescimento da investigação portuguesa e da respectiva internacionalização, medido através de um aumento em 16 por cento ao ano do número de publicações de trabalhos nas revistas de referência. "Os trabalhos de co-autoria internacional têm grandes exigências e obrigam a um domínio muito bom do que já foi feito para trás, de modo a que não se esteja a abrir, no processo de investigação, portas já abertas ou a fechar outras que já o foram há muito".

O agravamento deste cenário orçamental levou o anterior Ministro da Ciência e Tecnologia, Mariano Gago, a incumbir o OCT de estudar alternativas e, em particular, a constituição de uma biblioteca científica em rede de escala nacional. A ideia de base, explica Rui Santos, era "a agregação da procura para criar maiores capacidades negociais com os fornecedores". A partir de um levantamento, realizado em 2001, foi possível ficar com uma ideia mais precisa da realidade nacional das assinaturas por parte das diversas instituições, apontando-se para

a aglutinação dos principais parceiros (as universidades e alguns laboratórios de Estado) num consórcio nacional que possa negociar as melhores condições com os grandes editores internacionais de revistas científicas. Em todo o caso, sublinha Rui Santos, esta alternativa não é para poupar dinheiro mas sim a única maneira de "rentabilizar o que tem inevitavelmente de se gastar para manter um mínimo que já é claramente insuficiente". Mais: esta solução implicará mesmo um acréscimo de despesa na ordem dos 10 a 15 por cento ao ano, com a diferença que isso implicará uma gestão mais racional do acesso à informação científica de qualidade.

Enquanto prosseguiam as diligências em direcção ao melhor figurino de uma biblioteca científica em rede, o OCT negociou com êxito a aquisição das principais bases de dados internacionais, que permitem o acesso por parte da comunidade científica portuguesa e dos estudantes aos respectivos registos bibliográficos (e não aos conteúdos). A negociação com os editores dos pacotes de publicações mais favoráveis – apenas assinatura digital ou assinatura digital com assinatura das publicações em suporte tradicional, incluindo ou não o acesso aos depósitos centrais e às chamadas "janelas perpétuas" (os últimos cinco anos de publicação) – foi interrompida com a queda do anterior governo. A criação de uma biblioteca científica virtual também consta do programa do actual executivo, mas o momento é de expectativa em relação ao que a tutela governamental do sector irá fazer.

Para António Sá Fonseca, o problema maior desta opção "digital" é a forma como ela irá "assumir a sua sustentabilidade sem quebra dos compromissos já assumidos, sob pena de se perder tudo". O mesmo responsável considera que "a negociação com as editoras será muito difícil, pois elas não irão, por exemplo, aceitar a compra de uma revista para o país inteiro em substituição das cinco ou seis assinaturas em papel que agora existem". A solução passaria, assim, por manter as assinaturas existentes e o Estado pagar o acesso a outras.

Helena Vieira Alberto, por seu lado, considera de "importância vital" que o trabalho até agora desenvolvido no âmbito do OCT (entretanto extinto) "tenha continuidade". A negociação ministerial com as editoras de assinaturas colectivas para um conjunto alargado de instituições é uma hipótese bem vista por esta responsável, com garantia de acesso electrónico às revistas, "podendo o número de cópias em papel ser mais reduzido". Cita ainda a hipótese de criação de bibliotecas gerais de ciência em cada universidade, uma ideia também avançada por António Sá Fonseca.

Para ambos, a resolução deste grave problema é uma questão importantíssima. Sá Fonseca não tem dúvidas de que "sem acesso à informação não há investigação digna desse nome". Helena Vieira Alberto, por seu lado, sustenta que "a contenção orçamental não pode comprometer o apoio insubstituível e indispensável que uma biblioteca tem de prestar à actividade científica".

CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.uc.pt



Odyssey encontra gelo em sob a superfície de Marte

Vida em lagos sub-glaciares

Estrelas de *quarks*

Novas imagens do fundo cósmico

LED de um só fóton

Micro-satélite propulsionado a plasma

Parlamento finlandês aprova nova central nuclear

Conferência da Sociedade Europeia de Física

Conferência da UNESCO sobre Física Teórica

Novo acelerador do CERN só em 2007

Equipa australiana teletransporta feixe de laser

Algumas destas notícias foram adaptadas das "Physics News" do American Institute of Physics.

A "Gazeta" agradece aos seus leitores sugestões de notícias do mundo da Física.

gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA NO MUNDO

ODYSSEY ENCONTRA GELO SOB A SUPERFÍCIE DE MARTE



Usando os instrumentos a bordo da nave espacial *Odyssey* enviada em 2001 pela NASA, cientistas encontraram enormes quantidades de algo precioso escondido logo por baixo da superfície de Marte – uma quantidade de água no estado sólido suficiente para encher o equivalente a duas vezes o lago Michigan, nos EUA (58 240 quilómetros quadrados de área). "É realmente incrível! Esta é a melhor prova concreta que temos da existência de água congelada na sub-superfície de Marte. Tínhamos esperança de encontrar alguns vestígios de gelo, mas o que descobrimos foi muito mais gelo do que esperávamos!", revelou William Boyton, o investigador principal do grupo de espectrometria de raios gama da sonda *Odyssey*, da Universidade do Arizona, no Tucson, EUA.

Os cientistas usaram o espectroscópio de raios gama da *Odyssey* para detectarem hidrogénio. Ele indicou a presença de gelo a apenas um metro abaixo do solo, numa vasta região que rodeia o pólo Sul do planeta. A detecção de hidrogénio baseia-se na intensidade de raios gama emitidos por este elemento, bem com na intensidade dos neutrões afectados pelo mesmo. Um detector de neutrões de alta

energia e um espectrómetro de neutrões registaram a intensidade neutrónica.

A quantidade de hidrogénio detectado indica que o gelo constitui entre 20 e 50 por cento da massa da camada mais baixa. E, como a rocha tem uma densidade maior do que o gelo, tal implica que mais de 50 por cento do volume dessa camada será preenchido por gelo. Isto significa que, se alguém aquecesse um balde inteiro deste solo rico em gelo, mais de metade do balde ficaria cheio de água.

O espectroscópio de raios gama usado é único, já que é capaz de sondar a composição do solo abaixo da superfície até cerca de um metro de profundidade. Pela combinação dos diferentes tipos de dados recolhidos pelo instrumento, concluiu-se que o hidrogénio não está uniformemente distribuído pelo primeiro metro de profundidade, encontrando-se concentrado na parte inferior.

Foi descoberto também que as regiões ricas em hidrogénio estão localizadas em áreas muito frias onde, portanto, o gelo deve ser estável. Esta relação entre o elevado conteúdo de hidrogénio e regiões de previsível estabilidade do gelo permitiu concluir que o hidrogénio se encontra sob a forma de gelo. A camada rica em hidrogénio estende-se entre cerca de 60 e 30 cm de profundidade, a latitudes que variam entre os 60° e 75° Sul, respectivamente.

Indícios de hidrogénio subterrâneo são também visíveis no Norte, mas não nas proximidades do pólo. Isto deve-se ao facto de o dióxido de carbono (gelo seco) sazonal congelar e cobrir as regiões polares durante o Inverno, como uma espécie de geada. À medida que a Primavera se aproxima no hemisfério Norte, os dados indicam que a geada está a regredir, reve-

lando, por baixo, um solo rico em hidrogénio.

Outro resultado obtido a partir das informações dos neutrões é que vastas áreas de Marte entre latitudes baixas e médias contêm uma certa quantidade de hidrogénio. A interpretação deste facto ainda está em estudo, mas a hipótese preliminar mais provável é de que esta quantidade relativamente pequena de hidrogénio esteja ligada aos minerais existentes no solo, não se encontrando portanto na forma de gelo.

(ver *Science*, 31/Maio/ 2002).

Adaptação de um texto recolhido de "ASTRONOVAS", lista de distribuição de notícias de Astronomia em português, organizada pelo Observatório Astronómico de Lisboa e Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa. Para inscrição envie a mensagem "subscribe astronovas" (sem aspas nem 'assunto') para o endereço majordomo@oal.ul.pt

VIDA EM LAGOS SUB-GLACIARES

A vida em lagos sub-glaciares é um assunto "quente" quando se fala em ambientes frios. Na lua Europa de Júpiter poderá esconder-se vida num oceano líquido que está isolado por cima por uma folha espessa de gelo. Um novo relatório refere que a espessura dessa folha é de pelo menos 19 km, tornando difícil que uma futura sonda espacial penetre até ao nível líquido. A nova estimativa baseia-se na forma das crateras de impacto da superfície, semelhante à do Ártico, da lua Europa (Schenk, *Nature*, 23/Maio/2002).

Ao mesmo tempo, no pólo Sul da Terra, cientistas estão a estudar o Lago Vostok, uma massa de água líquida do tamanho do lago Ontário situada debaixo de quatro quilómetros de gelo. No encontro de Maio da União Americana de Geofísica, em Washington DC, uma sessão foi dedicada ao referido lago. Nunca pensaríamos na Antárctica como a "terra dos lagos" mas, de facto, é! Vostok é o maior mas há outros do tamanho do Lago

Tahoe e muitos mais de menores dimensões. Uma operação russa de perfuração parou logo antes de entrar na zona de água líquida do lago Vostok a fim de explorar a zona em que a água do lago subiu congelando perto do fundo do glaciar sobrejacente. No encontro, Jean Robert Petit (do Laboratório do CNRS, França) referiu que níveis acrescidos de hélio 4 presente no gelo aderente do lago, mas não no gelo do glaciar, indicam a acção de ventilação térmica no fundo do glaciar. Sergei Bulat (do Instituto de Física Nuclear de São Petersburgo, Rússia) e John Priscu (da Universidade Estadual de Montana, EUA) referiram que bactérias e vírus retirados do gelo aderente eram semelhantes a criaturas termofílicas encontradas no Parque Nacional de Yellowstone, o que também sugere a presença de acção hidrotérmica no Lago Vostok.



ESTRELAS DE QUARKS

As estrelas de *quarks* são o que resultaria se uma estrela em colapso passasse do estado de estrela de neutrões, no qual os constituintes da estrela são principalmente neutrões (cada neutrão consiste em dois *quarks down* e um *quark up*), para um estado em que as fronteiras dos neutrões se dissolvessem, permitindo que os quarks se desloquem isolados. O acelerador RHIC de Brookhaven, nos EUA, tenta fazer algo semelhante a uma escala muito menor quando faz colidir átomos de ouro um contra o outro. No caso de uma estrela de *quarks* é a sua própria gravidade em vez dos gradientes dos aceleradores artificiais que fornece a energia de colisão necessária. Nestas condições, talvez seja energeticamente

concebível que muitos *quarks* existam sob a forma de *quarks* estranhos em vez dos *quarks* up e down bastante mais leves. Daí o nome de "estrelas estranhas". Provas de existência de estrelas de *quarks* surgiram agora com observações de duas estrelas de neutrões, observadas através de raios-X pelo telescópio de raios-X Chandra e pelo telescópio espacial Hubble. Um dos objectos, RXJ 1856, é demasiado pequeno (a julgar pela sua riqueza em raios-X e pela sua escassez em emissões visíveis) para ser uma estrela de neutrões convencional constituída essencialmente por neutrões. O outro objecto, 3C58, parece ter arrefecido demasiado depressa (a julgar pela sua temperatura actual e pelo seu tempo de vida, apontando para registos medievais chineses que referem o nascimento do objecto como uma supernova em 1181) para ser uma vulgar estrela de neutrões. Em ambos os casos as observações correspondem melhor a uma estrela de *quarks* (um núcleo grande), ou a uma mistura de camadas de *quarks* e neutrões. (Ver dois artigos a publicar no *Astrophysical Journal*: Slane *et al.*, astro-ph/0204151 e Drake *et al.*, astro-ph/0204159).

Um dia após a conferência de imprensa em que estes resultados foram anunciados, surgiu um novo *preprint* (astro-ph/0204199) sugerindo que a distância a JXJ1856 é, de facto, superior à estimada e que o objecto não é necessariamente uma estrela de *quarks*.

NOVAS IMAGENS DO FUNDO CÓSMICO

As imagens de CMB (*cosmic background radiation*, radiação cósmica de fundo) mais nítidas, com uma resolução de seis minutos de arco, permitem detectar manchas de matéria com massas entre cinco e oitenta vezes 10^{14} massas solares, que correspondem à massa a galáxias. Por outras palavras, o novo mapa da CMB revela, pela primeira vez, os nós primitivos de matéria de onde nasceram os maiores objectos celestes que hoje são observados. Tal como o disco brilhante

do Sol é a superfície da última dispersão para os fotões que emergem do centro do Sol, o CMB é a superfície da última dispersão para os fotões que emergem do plasma quente prestes a condensar-se nos primeiros átomos neutros, trezentos mil anos após o *big bang*.

O instrumento usado para fazer a nova medição da radiação cósmica de fundo, o *Cosmic Background Imager* (CBI), situa-se a 5090 metros de altitude num planalto alto e seco do Chile. Trata-se de um conjunto de 13 antenas que podem ser direccionadas simultaneamente para observar regiões seleccionadas do céu. Foram inspeccionados quarenta graus quadrados da abóbada celeste. Tal como em estudos anteriores sobre a radiação cósmica de fundo (<http://www.aip.org/enews/physnews/2001/split/537-1.html>) os resultados do CBI podem ser projectados num gráfico de pequenas diferenças de temperatura versus tamanho angular da amostra. Este "espectro de energia" apresenta os picos registados anteriormente e oferece a possibilidade de resolução dos picos seguintes. Vários parâmetros cosmológicos, como a densidade da matéria (foi medido o valor de 0,99 para o parâmetro Ω , a razão da densidade observada para a densidade crítica correspondente ao fecho do universo), são consistentes com o modelo inflacionário padrão (comunicado de imprensa e *preprint* disponíveis em <http://www.astro.caltech.edu/~tjp/CBI/>).



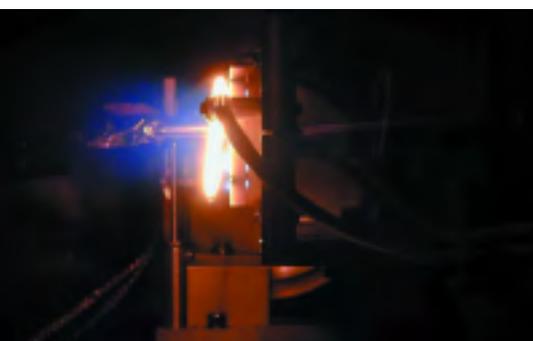
LED DE UM SÓ FOTÃO

Foi criado um LED de um único fotão, um diodo emissor de luz que dispara um fotão de cada vez, oferecendo um componente barato e fácil de produzir à criptografia quântica e outras aplicações. No encontro do CLEO/QELS, realizado em Maio em Long Beach (EUA), cientistas da Toshiba Research Europe Limited descreveram um pequeníssimo ponto quântico de arsenieto de índio a uma escala de um nanómetro embutido numa estrutura de LED de arsenieto de gálio. O ponto quântico é tão pequeno que só consegue capturar alguns electrões e lacunas de um impulso de corrente eléctrica. É criado um único fotão pela recombinação de um único electrão e uma única lacuna no ponto quântico. Os investigadores reclamam ser esta a primeira fonte de um único fotão accionada electricamente. Estas fontes emissoras de partículas únicas são essenciais para realizar uma criptografia quântica realmente segura. Se forem emitidos vários fotões de um aparelho, alguns poderão ser recolhidos por um "espião", que interceptaria a mensagem sem ser detectado (ver também Yuan *et al.*, *Science*, 4/ Janeiro/2002.).

MICRO-SATÉLITE PROPULSIONADO A PLASMA

O desenvolvimento de micro-naves espaciais (com menos de um quilograma) tem sido bem sucedido devido à nova tecnologia dos MEMS (sistemas micro-electromecânicos), com uma excepção: propulsores em miniatura, mini-foguetes que conduzam a nave e façam ajustes de órbita. Mas John Foster, investigador no Glenn Research Centre, da NASA, em Cleveland (EUA), construiu recentemente um pequeno foguete que é propulsionado através da aceleração de iões de xénon de um plasma criado em cavidades milimétricas. Isto é conseguido numa escala milimétrica sem serem precisos imans permanentes exóticos ou electroímans volumosos. O aparelho é

muito eficiente: 88 por cento do combustível é transformado em iões. O novo acelerador compacto produz um feixe de iões com energias na faixa dos 50-200 eV e, por isso, além de manobrar satélites em órbita, o aparelho poderá ser útil na química de superfícies e na produção de películas muito finas (John Foster, *Review of Scientific Instruments*, Maio de 2002; a imagem, que mostra o teste de lançamento, foi tirada de <http://www.aip.org/mgr/png/2002/154.htm>).



PARLAMENTO FINLANDÊS APROVA NOVA CENTRAL NUCLEAR

Com 107 votos a favor e 92 contra, o Parlamento finlandês decidiu aprovar no dia 24 de Maio a proposta governamental de construção de um novo reactor nuclear que se irá juntar aos já quatro existentes no país.

A empresa de produção de energia Teollisuuden Voima Oy é a responsável pela idealização e construção da nova central. Duas localidades, Hästholmen e Olkiluoto, já se mostraram interessadas em receber a nova central nuclear. Se tudo correr como previsto, a construção poderá iniciar-se em 2005, prevendo-se que o reactor esteja operacional no final desta década.

Com o objectivo de diminuir a dependência energética da Finlândia do exterior e cumprir os protocolos internacionais para a redução da emissão de gases de efeito de estufa, a energia nuclear foi a escolhida por este país por se apresentar uma alternativa viável do ponto de vista económico e ecológico (de facto, a opção nuclear obedece à estratégia climática finlandesa adoptada no ano

passado). As centrais nucleares na Finlândia produzem cerca de 30 por cento da electricidade consumida no país. Com um sector industrial em franco crescimento, nomeadamente nos sectores metalúrgicos e da indústria papelreira, que representam 55 por cento do consumo, este país necessita de um impulso na capacidade de produção de energia eléctrica.

Esta decisão do país nórdico vem colocar fim a um vazio de quase uma década em questões nucleares no espaço europeu. De facto, o último país a ter aprovado a construção de novos equipamentos nucleares para produção de energia foi a França, em 1993. A aprovação foi já aplaudida pela Comissária Europeia responsável pelo sector, Loyola de Palácio, que referiu a necessidade de reactivar o debate sobre o futuro nuclear da União. De facto, é bem conhecida a posição da Comissária da Energia e Transportes, que defende uma opção nuclear como forma de cumprir os protocolos de Quioto. A construção da central nuclear finlandesa pode mesmo representar um ponto de inflexão na política energética europeia. Na Itália, por exemplo, um país que recusou a energia nuclear num referendo em 1984, o primeiro-ministro Silvio Berlusconi já manifestou a sua intenção em reabrir o debate em torno desta questão.

Mas esta decisão de construção de uma nova central nuclear não é, como já seria de esperar, pacífica. Fazendo parte da coligação governamental finlandesa, o partido "Os Verdes" viu-se colocado numa posição incómoda e abandonou o executivo três dias depois da aprovação. Mesmo assim, e segundo estudos de opinião, a maioria dos finlandeses, por uma estreita margem, apoia a opção nuclear.

R. F. A. SILVA
(Instituto Tecnológico e Nuclear)

CONFERÊNCIA DA SOCIEDADE EUROPEIA DE FÍSICA

A 12ª Conferência da Sociedade Europeia de Física (EPS), da qual a SPF faz parte, teve lugar em Budapeste, na Hungria, de 26 a 30 de Agosto, reunindo um grande número de físicos europeus. O programa teve uma parte comum com a Conferência Internacional de Estudantes de Física realizada no mesmo local de 21 a 27 de Agosto, organizada pela associação internacional de estudantes de Física (de cuja direcção faz parte a estudante portuguesa Patrícia Maduro). Para mais informações ver <http://www.eps12.kfi.hu/>

CONFERÊNCIA DA UNESCO SOBRE FÍSICA TEÓRICA

Decorreu no passado mês de Julho em Paris (22 a 27) uma Conferência Internacional de Física Teórica, promovida pela UNESCO, que contou com mais de mil participantes. Foi dada ênfase particular aos mais recentes desenvolvimentos na área, tendo havido a intervenções especiais a cargo dos Prémios Nobel P. W. A. Anderson e C. N. Yang. Entre outros oradores convidados, registou-se a participação de G. Altarelli e G. Veneziano (área temática "Para além do modelo padrão, cordas e gravidade quântica"); F. Wilczek ("QCD, Dinâmica de Hadrões"); A. Linde e J. Silk (tema "Astrofísica e Cosmologia"); M. Fisher e D. Ruelle ("Física Estatística"); B. Altshuler e F. D. Haldane ("Teoria da Matéria Condensada"); T. Lubensky ("Matéria Mole e Biologia"); J. Laskar e Y. Pomeau ("Sistemas Dinâmicos e Caos Quântico"); e C. Cohen-Tannoudji e L. Pitaevskii ("Mecânica Quântica Teórica").

Realizaram-se sessões interdisciplinares sobre "Matrizes aleatórias e aplicações" e "Formalismo geral e métodos matemáticos".

NOVO ACELERADOR DO CERN SÓ EM 2007

Inicialmente previsto para entrar em funcionamento em 2006, o novo acelerador de partículas para observar a colisão de hádrons (*Large Hadron Collider*, LHC, na designação em língua inglesa) só entrará ao serviço em 2007, devido sobretudo a problemas de ordem financeira que se traduziram numa ultrapassagem dos custos em cerca de 11 por cento. Em fase de instalação no túnel circular de 27 quilómetros de perímetro do CERN, na fronteira entre a França e a Suíça, que funcionou nos anos 90 para observar a colisão de electrões, o LHC permitirá aos físicos saber "como é que as partículas adquirem massa", segundo explicou Jean-Jacques Aubert, director do Instituto Nacional de Física Nuclear e de Física de Partículas (CNRS) de França. A tese dominante é que as partículas adquirem massa quando interagem com o campo e a partícula de Higgs (do nome do físico escocês que a propôs). No entanto, só o LHC poderá corroborar esta hipótese, quando a deslocação dos prótons, acelerados até quase à velocidade da luz em dois feixes em sentidos

opostos, se cruzarem num cilindro metálico de 35 metros de largura, 55 metros de comprimento e 40 metros de altura que os técnicos se afadigam a instalar no túnel. Ao ocorrerem choques frontais entre partículas, milhões de novas partículas surgirão, susceptíveis de revelar os segredos mais íntimos da matéria. Para que isso aconteça, será obviamente necessário que os físicos consigam capturar essas partículas, identificando-as e medindo-as. É esse o objecto dos dois principais detectores de hádrons, o Atlas e o CMS, cujas dimensões físicas são uma obra sem precedentes. O primeiro é um cilindro de 22 metros de diâmetro e 45 metros de comprimento, que 1800 físicos de 34 países e 150 laboratórios estão agora a construir. O objectivo é instalar ali milhares de toneladas de instrumentos sofisticados, munidos de uma electrónica capaz de resistir a intensas radiações e, sobretudo, permitir uma triagem de milhares de milhões de partículas que são produzidas a um ritmo alucinante.

Recorde-se que físicos portugueses participarão em experiências do LHC.

C. P.

EQUIPA AUSTRALIANA TELETRANSPORTA FEIXE DE LASER

Um grupo de cientistas da Universidade Nacional da Austrália anunciou em Junho passado ter conseguido teletransportar um feixe de laser de um lado para outro, a um metro de distância, num instante. Os resultados da experiência ainda não foram publicados numa revista científica.

Formada por físicos australianos, alemães, franceses, chineses e neozelandeses, a equipa afirma-se esperançada em conseguir teletransportar matéria sólida dentro de um prazo de três a cinco anos, ou seja, realizar o "teletransporte de um átomo isolado", como referiu à imprensa Ping Koy Lam, coordenador do projecto, que trabalha neste domínio deste 1997. Lam, que considera quase impossível fazer o teletransporte com seres humanos, formados por um número quase infinito de átomos – o sonho expresso na série de ficção científica "Star Trek" –, explicou que na sua experiência com o feixe de laser foi usada uma técnica de computação quântica, que poderá ser útil futuramente para criar sistemas ultra-rápidos e seguros de comunicação.



ERRATA

O gráfico "ITN in numbers" publicado na p. 32 da última "Gazeta" mostra várias curvas que, infelizmente, saíram sem legenda. As curvas de cima para baixo representam:

- Número de publicações (revistas internacionais e actas de conferências internacionais): 175 em 2001.
- Número de investigadores (não incluindo 10 professores universitários que fazem o seu trabalho de pesquisa no ITN): 76 em 2001.
- Estudantes de pós-graduação: 70 em 2001
- Estudantes de licenciatura: 19 em 2001
- Pós-docs: 10 em 2001

QUESTÕES DE FÍSICA

NOVA QUESTÃO

"Sou aluna na Escola Superior de Educação de Leiria e numa aula de Física surgiu-me a seguinte dúvida relativamente à propagação do som:

Por que razão o som se propaga a maior velocidade quando se aumenta a temperatura do ar? Esta dúvida surge pelo facto de, ao aumentarmos a temperatura do ar, este ficar mais rarefeito logo com menor densidade, pelo que aparentemente deveria dificultar mais a propagação do som.

QUESTÃO ANTERIOR

Relembremos a questão colocada no número anterior por um leitor não físico:

"A limitação descrita pelo princípio da incerteza de Heisenberg – impossibilidade de medida precisa e simultânea da posição e da quantidade de movimento de uma partícula quântica – é devida à aparelhagem de medida?"

RESPOSTA

O físico e filósofo argentino (residente no Canadá) Mario Bunge, de quem a "Gazeta" publica neste número um artigo, explica o que diz o princípio da incerteza numa dúzia de linhas extremamente claras no seu "Dictionary of Philosophy". A ficha encontra-se em "teorema de Heisenberg" e não em "princípio de incerteza", uma vez que é de um teorema que se trata e não de um princípio (quer dizer, é uma afirmação que se prova matematicamente a partir dos postulados ou princípios gerais da mecânica quântica):

"TEOREMA DE HEISENBERG. Fórmula da mecânica quântica segundo a qual a variância (dispersão em torno da média) da posição de um electrão, ou de qualquer outra partícula quântica, é inversamente proporcional à variância da velocidade. Corolário: se a dispersão na posição diminui, a dispersão na velocidade aumenta e ao contrário. A fórmula é rigorosa e deriva de alguns dos axiomas da teoria, sem nenhuma referência a processos de medidas. Deve portanto ser válida universalmente sem nenhuma referência a condições de laboratório. Contudo, tem sido muitas vezes mal interpretada falando de perturbações causadas pelo aparelho de medida ou mesmo pelo observador. Também tem sido mal interpretada falando da incerteza do experimentador a respeito da posição exacta e da velocidade exacta da coisa medida – daí o nome popular de "princípio da incerteza". Esta interpretação é incorrecta por duas razões. Em primeiro lugar, a Física não trata de estados mentais como a incerteza. Segundo, a referida interpretação pressupõe que os

electrões ou os seus análogos têm sempre uma posição e uma velocidade exactas, como se fossem massas pontuais clássicas, com a diferença que não as podemos conhecer com precisão. Mas a teoria não faz essa suposição: não postula que os electrões e análogos são pontuais e que as suas propriedades têm valores precisos. Em mecânica quântica fala-se de partículas (ou ondas) de uma maneira analógica que é, por isso, enganadora. Uma vez que essas confusões estejam clarificadas, o teorema de Heisenberg perde qualquer interesse para a epistemologia, excepto como um exemplo das distorções de factos científicos que uma filosofia falsa pode originar. Retém, porém, interesse para a ontologia, lembrando-nos que os tijolos constituintes do universo não têm forma definida e são por isso indescritíveis de uma maneira geométrica".

Portanto o dito princípio não tem nada a ver com "perturbações" causadas por aparelhos de medida. Pode também abrir-se um manual técnico de Física Quântica, por exemplo o *Understanding Quantum Mechanics* de Michael Morrison, professor na Universidade de Oklahoma nos Estados Unidos. Segundo essa obra, o "princípio da incerteza de Heisenberg" diz que:

"Não podemos especificar sem ambiguidade os valores das observáveis posição e momento linear para uma partícula microscópica (...) Posição e momento linear são observáveis incompatíveis a um nível fundamental, uma vez que o conhecimento preciso do valor de um impede-nos de conhecer qualquer coisa sobre o valor do outro. [Esta limitação] está implícita na Natureza. Não tem nada a ver com nenhum aparelho ou com técnicas experimentais."

O Universo, a um nível profundo, é incerto e os físicos habituaram-se a esse facto. Morrison acrescenta, em tom filosófico, que podemos pensar na relação de incerteza como "um meio da Natureza limitar as nossas ambições", mas a questão, se é que há alguma, é nossa e não da Natureza. Mas a incerteza da Natureza não impede a mecânica quântica de ser determinista e de fazer afirmações (de carácter probabilístico) que têm sido repetidamente comprovadas pela experiência. De facto, a teoria quântica é a teoria científica que foi até agora verificada com maior precisão. Foram efectuadas inúmeras tentativas para lhe encontrar falhas, até hoje sem qualquer sucesso. Não quer isso dizer que seja certa e eterna. Mas, até que venha uma teoria melhor, convém conhecê-la bem e evitar interpretações abusivas.

CARLOS FIOLHAIS
(tcarlos@teor.fis.uc.pt)

SPF pede à UNESCO que declare 2005 Ano Mundial da Física

Divisão Técnica de Educação tem nova coordenadora

Divisão de Física Atómica e Molecular

SPF participa em encontro europeu sobre ensino da Física

Aniversário da Escola Jácome Ratton de Tomar

Delegação Regional do Centro

- Acções de formação

- Colóquio em Aveiro

Diogo Oliveira e Silva vence Prémio Mário Silva 2002

NOTÍCIAS DA SPF

SPF PEDE À UNESCO QUE DECLARE 2005 ANO MUNDIAL DA FÍSICA

O Presidente da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), Dr. José Urbano, escreveu uma carta ao Presidente da Comissão Nacional da UNESCO, Dr. Diogo Pires Aurélio, pedindo-lhe que proponha ao competente órgão da UNESCO que o ano de 2005 seja declarado Ano Mundial da Física.

José Urbano começa por recordar que "o 3.º Congresso Mundial das Sociedades de Física, realizado em Berlim em Dezembro de 2000 por ocasião das comemorações do centenário da teoria quântica, aprovou por unanimidade uma proposta da Sociedade Europeia de Física para que 2005 fosse declarado o Ano Mundial da Física". Adianta depois as razões que lavaram aquela organização europeia a avançar com tal iniciativa, e em particular a circunstância de 2005 "corresponder ao centésimo aniversário do 'ano milagroso' da produção científica de Albert Einstein, quando ele publicou os artigos lendários que criaram ou forneceram a base para o desenvolvimento de três campos fundamentais da Física, a Teoria da Relatividade, a Teoria Quântica e o Movimento Browniano". Por outro lado, afirma o Presidente da SPF, "Albert Einstein, como físico e como homem, é uma figura carismática de cientista para o grande público e constituiria por isso uma apropriada bandeira emblemática do Ano Mundial da Física". Noutro passo da sua carta, José Urbano refere que "a cultura resultante do estudo e aplicação das ciências físicas (vantagens do trabalho em grupo com estratégias bem definidas, convergência de saberes e optimização de recursos, análise objecti-

va, medição, estabelecimento de correlações inesperadas entre fenómenos aparentemente desconexos, etc.) é aplicável a muitas outras disciplinas científicas e domínios de actividade". Sublinha ainda que "o número de estudantes que querem seguir carreiras em Física está a declinar em todo o mundo, criando sérias dificuldades aos sistemas de ensino e formação profissional, à indústria e aos serviços", pelo que o "aumento, perante os olhos do público em geral e dos decisores políticos, da percepção dos benefícios que a Física traz para a sociedade, poderá aliciar mais jovens para estudar Física". Este último ponto, conclui, "é particularmente importante para Portugal cuja sociedade, por razões históricas ainda não ultrapassadas, sofre de um défice crónico de cultura científica e tem, por isso, sérias dificuldades em acompanhar o passo do desenvolvimento da União Europeia".

DIVISÃO TÉCNICA DE EDUCAÇÃO TEM NOVA COORDENADORA

A Direcção da Sociedade Portuguesa de Física nomeou recentemente para coordenadora da Divisão Técnica de Educação a mestra Graça Santos, professora do ensino secundário na Escola Secundária de Arganil. Licenciada em Física na Universidade de Porto em 1994, concluiu o mestrado em Ensino da Física em 1999 na Universidade do Minho. De Setembro de 1999 a Abril de 2001 exerceu funções no Departamento do Ensino Secundário do Ministério de Educação, tendo colaborado na formação de

professores no ensino experimental das ciências, nomeadamente na e coordenação de uma rede nacional de professores acompanhantes das ciências, e na publicação de materiais de apoio para professores de ciências. É autora de vários materiais de apoio para o Ensino Secundário. O contacto electrónico é graca.s@mail.telepac.pt



Graça Santos

DIVISÃO DE FÍSICA ATÓMICA E MOLECULAR

A Divisão de Física Atómica e Molecular da SPF, coordenada pelo Dr. José Paulo Santos, está a efectuar um levantamento da actividade científica na área da Física Atómica e Molecular desenvolvida no nosso país durante os últimos três anos. Os dados obtidos serão objecto de um relatório que será divulgado pela SPF aos seus associados e outras entidades. As conclusões deste estudo serão também publicitadas pela Sociedade Europeia de Física, através da sua Divisão de Física Atómica e Molecular.

SPF PARTICIPA EM ENCONTRO EUROPEU SOBRE ENSINO DA FÍSICA

A Sociedade Francesa de Física, de parceria com a Divisão de Educação da Sociedade Europeia de Física, promoveu um encontro europeu sobre o ensino da Física, "Teaching Physics: a European con-

frontation", que decorreu no *Centre de Physique des Houches* de 24 a 28 de Junho. O encontro reuniu representantes de sociedades de Física e de associações de professores de Física de cerca de duas dezenas de países europeus, entre os quais Portugal, e contou com o apoio do Ministério da Educação Nacional e da Ciência da França.

A representação da Sociedade Portuguesa de Física esteve a cargo de Manuel Fiolhais, vice-presidente, e de Graça Santos, coordenadora da Divisão Técnica de Educação. Esta última apresentou a comunicação "Physics Curricula em Portugal", expondo a situação presente em paralelo com algumas alterações propostas na actual revisão curricular, em particular o programa de Física aprovado para o 10º ano e a proposta que está em discussão para o 11º ano.

O presidente da organização foi Jacques Treiner, do *Centre Scientifique d'Orsay Université de Paris-Sud*, que dirige o grupo de Físico-Química do *Conseil National des Programmes* estrutura do Ministério da Educação Francês responsável pela elaboração dos currículos dos ensinos básico e secundário.

A reunião centrou-se em questões do ensino secundário e serviu para pôr em confronto os vários sistemas europeus. Quase todos os países presentes apresentaram os planos curriculares, sendo de mencionar a grande heterogeneidade não só quanto ao número de anos de escolaridade mas também, e sobretudo, quanto aos conteúdos. Perante uma tão grande diversidade de participantes, foi possível porém descobrir preocupações comuns, nomeadamente, a necessidade de motivar mais alunos a aprender Física, de desenvolver novas estratégias e novas metodologias no ensino da Física, de atribuir mais importância ao ensino experimental assim como ao recurso a actividades *hands-on* na introdução de conceitos físicos, de incrementar o ensino da Física moderna, etc.

Foi possível ainda testemunhar experiências de vários países, realizadas ao nível do ensino superior, na formação inicial e contínua de professores de Física: *assisted based laboratory*, desenvolvimento de *applets*, resolução de problemas abertos

em pequenos grupos, desenvolvimento de projectos, etc.

Aspectos do ensino superior foram igualmente abordados no contexto da Declaração de Bolonha. O representante da *European Physics Education Network* (EUPEN), Hendrik Ferdinand, professor da Universidade de Gent, na Bélgica, deu conta das consequências daquela declaração na reforma dos cursos universitários na Europa.

A organização deverá colocar em breve na Internet todo o material apresentado na reunião.

ANIVERSÁRIO DA ESCOLA JÁCOME RATTON DETOMAR

A Escola Jácome Ratton, de Tomar, uma das mais antigas escolas do ensino secundário do país, comemorou o seu 118º aniversário no passado dia 16 de Maio. No âmbito destas comemorações, o Departamento de Física e Química da escola organizou uma série de iniciativas, às quais se associou a SPF através da presença de um representante do seu Presidente na cerimónia de abertura. Do programa de actividades dos dias 16 e 17 assumiu particular importância uma exposição retrospectiva sobre o ensino da Física e da Química. Nesta exposição foram apresentados 110 instrumentos didácticos, pertencentes aos laboratórios de Física e de Química. A quase totalidade destes instrumentos expostos tem cerca de meio século de existência. Para além dos instrumentos, na exposição podiam ver-se vários compêndios de Física e de Química do início do século. Na secção bibliográfica encontravam-se também alguns compêndios de finais do século XIX, adoptados nos primeiros anos de ensino naquela escola.

Na sessão de abertura foram homenageados os estudantes participantes nas provas de apuramento dos representantes da Escola para a fase regional das Olimpíadas de Física e de Química.

O programa de actividades incluiu três palestras: "Uma perspectiva sobre a História da Química", pela Dra. Elisa

DELEGAÇÃO REGIONAL DO CENTRO

Acções de formação

Durante o ano lectivo 2001/2002, realizaram-se, em colaboração com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, as seguintes acções de formação para alunos, para além das já anunciadas em anteriores edições da "Gazeta de Física":

- "Entropia", pelo Dr. Manuel Fiolhais, na Esc. Sec. de S. Pedro do Sul, 7 de Fevereiro.
- "As partículas e o Cosmos", pelo Dr. Manuel Fiolhais, na Esc. EB 2,3/S da Tocha, 18 de Março; na Esc. Sec. Infanta D. Maria, Coimbra, 8 de Abril; e na Esc. EB 2,3/S Pedro da Fonseca, Proença-a-Nova, 30 de Abril.
- "Atrito a nosso favor ou contra?", pela Drª Maria José de Almeida, na Esc. Sec c/ 3º Ciclo EB da Sé, Guarda, 6 de Março; e na Esc. EB 2,3 da Gafanha da Nazaré, 22 de Abril.
- "Imagiologia médica: como as radiações nos dão a conhecer o corpo humano", pela Drª Isabel Lopes, na Esc. Sec c/ 3º Ciclo EB da Sé, Guarda, 19 de Abril.
- "Física no Desporto", pelo Dr. Adriano Pedroso de Lima, na Esc. Sec. de Arganil, 22 de Março; e no Instituto de Almalaguês, 29 de Abril.
- "Da magia da electricidade e do mag-

netismo à descoberta das ondas electro-magnéticas", pela Drª Lucília Brito, na Esc. Sec. Infanta D. Maria, Coimbra, 22 de Março; e na Esc. Sec. de Latino Coelho, Lamego, 19 de Abril.

- "Fractais na Matemática, na Física e na Arte", pelo Dr. Carlos Fiolhais, na Esc. Sec. Martinho Árias, Soure, 22 de Março.

No mesmo período realizaram-se igualmente os seguintes cursos de formação para professores:

- "Da teoria à prática: como ensinar mecânica com base em resultados recentes de investigação educacional", pela Drª Maria José de Almeida, na Esc. Sec. Emídio Navarro, Viseu, 9 de Outubro.
- "A ciência no ensino primário e pré-primário", pela Drª Constança Providência, no Centro de Ensino Integrado da Belavista, Águeda, 27 de Junho.

Colóquio em Aveiro

Em colaboração com o Departamento de Física da Universidade de Aveiro, a Delegação Regional do Centro da SPF realizou nesta cidade, no dia 9 de Maio, o colóquio:

"Da Universidade à Indústria, um abismo ou ilusão óptica", pelos Drs. José Salcedo e João de Sousa, da Multiwave Networks.



Maia (Faculdade de Ciências de Lisboa); "Os instrumentos didácticos para o ensino da Física nos séculos XVIII e XIX", pelo Dr. Décio Martins (Faculdade de

Ciências e Tecnologia de Coimbra); e "Teoria da relatividade", pelo Dr. Paulo Crawford (Faculdade de Ciências de Lisboa).



Diogo Oliveira e Silva vence Prémio Mário Silva 200

Entrevista de Carlos Pessoa
gazeta@teor.fis.uc.pt

"O ENVOLVIMENTO EM AMBIENTES DE INVESTIGAÇÃO É UMA CERTEZA"

Aluno do primeiro ano da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Engenharia Electrotécnica), Diogo Gaspar Teixeira de Oliveira e Silva ganhou o Prémio Mário Silva de 2002, atribuído pelo jornal "Público" e pela editora Gradiva, com a colaboração da British Petroleum e da SPF, pelo trabalho "Cordas, cabos e outros objectos dependurados", realizado quando era aluno da Escola Secundária Augusto Gomes (Porto). A "Gazeta" manteve uma breve conversa com o premiado.

P. – De que trata basicamente o trabalho que apresentou ao concurso?

R. – O título do trabalho não deixa grandes dúvidas sobre o assunto nele abordado... Como refiro na introdução, a ideia surgiu-me ao recordar um problema apresentado na secção "Desafios" da revista dominical do jornal "Público", com o qual me tinha defrontado há três anos. No meu trabalho procurei responder à questão mais abrangente relacionada com a forma adquirida por um cabo suspenso num campo gravítico uniforme. Considerei vários parâmetros e variáveis, como a gravidade local e eventuais massas adicionais.

P. – Quais foram as principais dificuldades encontradas, dos pontos de vista teórico e experimentais?

R. – Como o trabalho não tem parte experimental, as dificuldades encontradas "limitaram-se" a aspectos teóricos. Assim, a maior parte dos entraves com que deparei foram pormenores essenciais para o rigor e a credibilidade do trabalho. Quando tive a primeira ideia, conceitos com o de "integral definido" e "equação diferencial não homogénea de segunda ordem" ainda eram muito vagos para mim. Revelaram-se, no entanto, imprescindíveis para concretizar o meu objectivo, pelo que foram alvo de estudo antecipado. Já na parte final do trabalho, quando tentava estabelecer uma relação entre os dois resultados que tinha obtido, lembro-me de ter passado uma tarde bastante "agitada" antes de chegar a qualquer coisa de útil...

P. – Quanto tempo levou a realizar o trabalho?

R. – Bem, a ideia de participar no concurso com algo no campo da estática de corpos surgiu-me numa tarde de sábado, em Outubro passado. Delimitei nessa altura os meus objectivos e fiz um esquema geral do trabalho. Com a agitação académica do primeiro semestre, só pude deixar amadurecer a ideia original. Meti mãos à obra no mês de Fevereiro, quando quatro tardes de reflexão deram origem aos "Objectos dependurados".

P. – Qual era a sua expectativa em relação ao concurso?

R. – Quando vi o resultado final do meu trabalho confesso que fiquei bastante satisfeito, principalmente porque tinha chegado a resultados, ainda que duvidasse do rigor com que tinha "deduzido" alguns deles... Mas havia esperança! É um facto que essa esperança esmoreceu parcialmente ao saber mais sobre outros trabalhos concorrentes, mas o meu optimismo encarregou-se do resto...

P. – Vencer um prémio com estas características pode mudar alguma coisa de essencial na sua vida académica?

R. – Em termos pessoais e concretos, acho que pouco será alterado pelo resultado obtido. É óbvio que uma das coisas boas que existem na vida é ver o nosso esforço reconhecido. Além disso, o interesse e a dinâmica que tenho para pegar noutros problemas, mais ambiciosos, sofreram um claro empurrão!

P. – Existe algum elo de ligação entre o trabalho que apresentou e aquilo que gostaria de fazer em termos académicos e profissionais?

R. – Embora esteja ainda numa fase de indecisão quanto ao rumo que o meu futuro profissional deva tomar, o envolvimento que gostaria de ter em ambientes de investigação científica é uma certeza. Apesar de não tencionar tornar-me um especialista em cordas (!), creio que a sequência e o método que segui para a elaboração do trabalho em muito se aproxima do que gostava de fazer em termos profissionais.

P. – Qual é, para si, o interesse e utilidade de um prémio como este que ganhou?

R. – A pergunta é difícil... Mais do que ver reconhecido publicamente o meu trabalho, acho que prémios como o Prémio Mário Silva encorajam a continuar a sua actividade todos os jovens que gostem de pensar! Entusiasma e redobra o interesse no admirável mundo físico – pelo menos teve esse efeito em mim...

P. – Além da Física, que outros mundos despertam o seu interesse pessoal?

R. – Os meus interesses são diversificados! Gosto de fotografia, onde estou ainda a dar os primeiros passos. Interesse-me por arquitectura na condição de leigo que sou. Gosto de aprender línguas estrangeiras, ainda que não seja muito dotado... Sou um apaixonado pelas estrelas, gosto imenso de matemática, em especial de problemas combinatórios. E, por fim, gosto de ler, de viajar e de estirar-me ao sol...

A Secção "OLIMPIADAS DE FÍSICA" é dirigida por
Manuel Fiolhais,
José António Paixão
e Fernando Nogueira
Departamento de Física da Universidade de Coimbra,
3004-516 Coimbra
olim@teor.fis.uc.pt

OLIMPIADAS DE FÍSICA

OLIMPIADAS INTERNACIONAIS

Realizaram-se duas sessões de preparação dos alunos pré-seleccionados para as Olimpíadas Internacionais e Iberoamericanas de Física, nos dias 22 e 23 de Fevereiro e 3 e 4 de Maio. Para além dos *team-leaders*, colaboraram nestas sessões os docentes do Departamento de Física da Universidade de Coimbra Doutores Pedro Alberto, Adriano Pedroso de Lima, Lucília Brito, Francisco Gil e Vitor Hugo, agradecendo-se a sua valiosa colaboração. As provas de apuramento tiveram lugar no dia 31 de Maio. Ficaram seleccionados os seguintes cinco alunos que participam na *International Physics Olympiad*, de 21 a 30 de Julho em Bali, na Indonésia:

- David Ricardo Beda, do Colégio Manuel Bernardes, Lisboa.
- Paulo Sérgio Rocha, da Esc. Sec. de Sever do Vouga.
- João Miguel Gomes, da Esc. Sec. de Vila Verde.
- Luís André Fernandes, da Esc. Sec. da Maia.
- Pedro Santos Silva, da Esc. Sec. da Maia.

Os seguintes quatro alunos deslocar-se-ão à Guatemala, de 28 de Setembro a 5 de Outubro, para participarem na Olimpíada Iberoamericana de Física:

- Luís David Pedrosa, do Colégio Marista de Carcavelos.
- Pedro Elói Brás, da Esc. Sec. Alves Martins, Viseu.
- Mariana Marcelino Cardoso, da Esc. Sec. Herculano de Carvalho, Lisboa.
- Gaël de Oliveira, da Esc. Sec. Dr. Joaquim Carvalho (que, em 2001-2002, estudou numa escola do Canadá).

A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) agradece aos seguintes professores do ensino secundário que acompanharam os trabalhos de preparação dos alunos pré-selec-



Vencedores do escalão A.

Escalão B

1. Artur Jaime Fouto, da Esc. Sec. André de Gouveia, Évora.
2. Francisco Manuel Natário, da Esc. Sec. Alves Martins, Viseu.
3. Ricardo Jorge Ribeiro, da Esc. Sec. Ferreira Dias, Lisboa.
4. Cristina Calvo Pinto, da Esc. Sec. Emídio Garcia, Bragança.
5. Dmitry Alexandrovich Ossipov, do Colégio Rainha Santa Isabel, Coimbra.
6. Hugo Filipe Pires, da Esc. Sec. Eng. Acácio Calazans Duarte, Marinha Grande.
7. Carlos Neves, da Esc. Sec. Emídio Navarro, Almada.
8. João José Dantas, do Colégio Militar.

cionados para as Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física:

- Maria Luisa Castro, do Colégio Manuel Bernardes.
- Maria Fernanda Barbosa, do Colégio Marista de Carcavelos.
- Maria José Amaral, da Esc. Sec. da Maia.
- Sónia Maria Caraslindas, da Esc. Sec. de Valbom.
- Ana Júlia Santos, da Esc. Sec. de Sever do Vouga.
- Maria Beatriz Pereira, da Esc. Sec. Afonso de Albuquerque.
- Maria Isabel Reis, da Esc. Sec. Alves Martins.
- César José Corredoura, da Esc. EB 2,3/S de Oliveira de Frades.
- José Carlos, da Esc. Sec. de Vila Verde.
- Maria José Silva, da Esc. Sec. Almeida Garrett.
- Maria Fernanda Riflet, da Esc. Sec. Herculano de Carvalho.

FASE NACIONAL

Realizaram-se no dia 21 e 22 de Junho as Olimpíadas Nacionais. As provas decorreram no dia 22 de manhã no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Foram vencedores:

Escalão A

Ana Rita Mouro

Carlos David Pinto

José Pedro Fonseca

(Esc. S. Pedro do Sul).



Os dois primeiros classificados do escalão B.

Estes alunos, juntamente com Maria Cristina Santos (Esc. Sec. Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz), Pedro Santos (Esc. Sec. Dr. Manuel Fernandes, Abrantes), Paula Fernandes (Colégio de S. José – Ramalhão), João Carlos de Almeida (Esc. Sec. Carlos Amarante, Braga), André Filipe Guerreiro (Esc. Sec. Ferreira Dias, Lisboa) e Andreia Vieira Moço (Esc. Sec. José Estevão, Aveiro), estão pré-seleccionados para as Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas do próximo ano, que vão decorrer em Taiwan e em Cuba, respectivamente. As provas das Olimpíadas Nacionais podem ser obtidas em <http://spf.pt> ou <http://spf.pt/dsul/>.

As Olimpíadas de Física têm o apoio da Unidade Ciência Viva, do Ministério da Ciência e do Ensino Superior, e do Ministério da Educação.

LIVROS NOVOS

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

"Desafios da Educação. Ideias para uma política educativa no século XXI", Marçal Grilo, Oficina do Livro, 2002.

"Eles não sabem que o sonho...Um jovem poeta no país da Ciência", Carlos Café, ASA, 2001 (premiado com menção honrosa na primeira edição do Prémio Municipal Rómulo de Carvalho de Ciência e Didáctica, organizado pela Câmara Municipal de Lisboa e destinado a professores).

"Os sete saberes para a educação no futuro", Edgar Morin, Instituto Piaget, 2002.

"O fim de um ciclo? A educação em Portugal no início do século XXI", Joaquim Azevedo, ASA, 2002.

"Aprendizes de feiticeiro. O armamento do século XX: Fritz Haver, Wernher von Braun e Edward Teller", Michel Rival, Caminho, 2002.

"Os gatos do laboratório a todo o vapor", Russel Stannard, Circulo de Leitores, 2002.

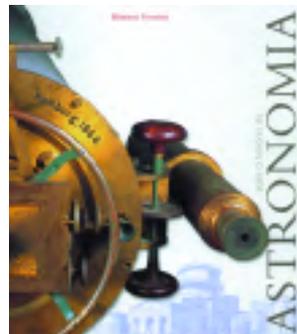
"Cibermundos", Vahé Zartarian e Emile Noel, Âmbar, 2002.

"A melodia secreta...E o homem criou o universo", Trinh Xuan Thuan, Bizâncio, 2002.

"Tecnognose. Mito, magia e misticismo na era da informação", Erik Davis, Notícias, 2002.

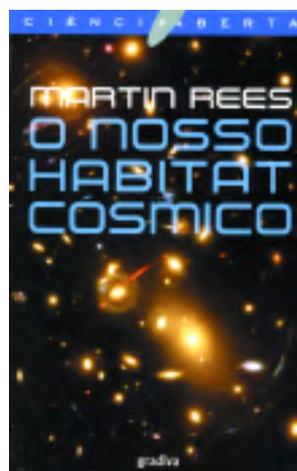
Agradece-se aos editores o envio à "Gazeta de Física" de livros nesta área a fim de serem divulgados, incluindo nalguns casos recensões críticas.

DESTAQUE



"Para a História da Astronomia em Portugal"
Máximo Ferreira
Correios de Portugal, 2002.

Máximo Ferreira é um conhecido divulgador da astronomia em Portugal. Neste belo volume (ricamente ilustrado, como é timbre das edições dos Correios de Portugal), evocam-se as "figuras, as instituições e os momentos mais significativos do contributo português para a história da Astronomia".



"O Nosso Habitat Cósmico"
Martin Rees
Gradiva, 2002.

O astrofísico Martin Rees é "astrónomo real" na Grã-Bretanha e autor de vários livros de divulgação científica. Esta tradução (que é o número 117 da colecção "Ciência Aberta" da Gradiva) será lida com prazer por quem se interesse pela resposta à pergunta de Einstein "Poderia Deus ter feito o mundo de forma diferente?".

LANÇAMENTO DO LIVRO "CLIMATE CHANGES IN PORTUGAL"



A obra "Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures" foi apresentada no passado dia 24 de Junho no auditório da Fundação Luso-Americana, em Lisboa, numa cerimónia que contou com a presença do Presidente da República.

Após a apresentação do livro, uma iniciativa conjunta da editora Gradiva e do projecto SIAM, realizaram-se duas palestras sobre cenários climáticos por especialistas do *Tyndall Centre* (Reino Unido) e do *National Institute of Public Health and Environmental Protection* (Holanda), respectivamente Rachel Warren e Rik Leemans. O projecto SIAM é dirigido pelo físico Filipe Duarte Santos, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

LANÇAMENTO DO LIVRO "ENTRE A CIÊNCIA E A CONSCIÊNCIA"

No dia 25 de Junho foi lançado na Casa Fernando Pessoa, em Lisboa, o livro "Entre a Ciência e a Consciência", do físico João Caração, editado pelo "Campo das Letras". O lançamento contou com a presença do Presidente da República. Recorde-se que João Caração, que dirige o Serviço de Ciência da Fundação Gulbenkian, tem uma coluna regular no "Jornal de Letras" (a presente obra é precisamente uma compilação desses textos) e é autor de "O Que é a Ciência" (Difusão Cultural).

PRÉMIO AVENTIS PARA STEPHEN HAWKING

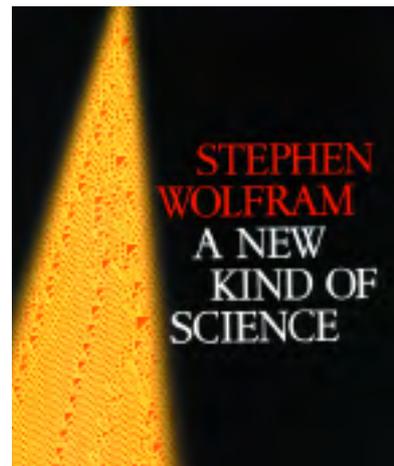


O físico inglês da Universidade de Cambridge Stephen Hawking, de 60 anos, foi galardoado com o Prémio Aventis pelo seu último livro, "O Universo numa Casca de Noz", a editar este Outono em Portugal pela Gradiva. O prémio, no valor de 15438 euros, foi-lhe entregue em Junho numa cerimónia realizada no Museu de Ciência de Londres.

O livro vencedor é um guia de cosmologia para principiantes, por onde "pas-

sam" os buracos negros, a teoria quântica, as viagens no tempo e outros fascinantes temas. O júri escolheu-o entre 83 obras a concurso por "ele fazer um grande esforço para dar vida a um assunto através de um texto acessível e com ilustrações claras", segundo explicou o presidente do júri, Raj Persaud. O Prémio Aventis é o mais prestigiado galardão mundial para livros de divulgação científica. Para uma lista de todos os títulos premiados até agora ver http://www.aventissciencebookprizes.com/about_prevwinn.htm

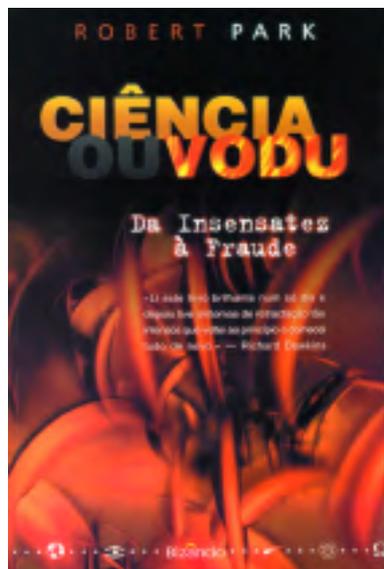
UMA NOVA FORMA DE CIÊNCIA



Saiu finalmente publicada pela Wolfram Media o anunciado livro de Stephen Wolfram, "A New Kind of Science".

O autor (criador do software *Mathematica*) defende, a partir de experiências computacionais, a tese de que há uma nova forma de ciência: as equações diferenciais são substituídas por algoritmos. Estranhamente, ou talvez não, Wolfram não indica referências a trabalhos alheios.

A MENTE TEM PODERES ESPECIAIS?



"Ciência ou Vodu"
Robert Park
Bizâncio, 2002.

Programa da RTP 1
"Gregos e Troianos"
Junho de 2002.

A pergunta está mesmo a calhar para um programa televisivo de grande audiência. A receita é simples: arranja-se um cantor popular, de discurso espiritualista e sotaque brasileiro, para líder do bando dos que defendem os poderes especiais da mente. Assessora-se o líder com uma vidente um pouco histórica, um telepata com um título de professor e uma jornalista de uma revista do sobrenatural. No seu conjunto formam um grupo digno dos melhores filmes de Fellini. Do outro lado destes "gregos" colocam-se uns "troianos": um director de uma associação de cépticos, um cientista, uma psicóloga e um médico. Para ver a batalha de "gregos" e "troianos" industria-se um público que aplaude, berra e interrompe. A agitar tudo e todos, põe-se uma apresentadora histriónica. Embora o público à hora de maior audiência esteja assegurado, não é garantido que se tenha no fim uma resposta séria à pergunta do início: terá a mente poderes

especiais? Para a resposta ser simplesmente "sim" ou "não" há que definir bem a pergunta, em particular o que se entende pela palavra "especiais". Num certo sentido, a mente humano é "especial". E algumas mentes são bastante mais especiais do que as outras: são capazes de criar música como Bach, literatura como Shakespeare, ciência como Einstein. É ainda um mistério o modo como funciona o cérebro humano e mistério maior é decerto o da genialidade. Mas, no sentido dos "gregos" do programa televisivo, é óbvio que a mente não tem nenhum poderes especiais: a vidente o que vê é o dinheiro dos crédulos, o telepata só consegue ler o seu próprio pensamento, e não é natural que a jornalista fale com o sobrenatural.

O astrofísico e divulgador da ciência Carl Sagan disse que poderes extraordinários exigem provas extraordinárias. Será então possível fazer uma experiência bem documentada de vidência, telepatia ou ligação ao sobrenatural? Bem, a produção do programa fez um evidente esforço e o melhor que conseguiu foi um pseudo-físico com um detector de mentiras, um mentalista (sic) que mexia uma chave na mão só com o poder do seu intenso pensamento, um karateca que partia gelo com o crânio (testa dura!), um faquir que pisava vidros e espetava agulhas na pele (ele há gente para tudo!). Mas tudo somado deu em nada. Rigorosamente nada. O detector de mentiras tinha uma agulha a dar saltos, se calhar porque tudo aquilo era uma enorme mentira. A chave que andava era um truque barato (ou caro, não sabemos o *cachet* do mentalista). Quanto ao resto era mais poder especial do corpo do que da mente (apesar de os dois estarem, relacionados): um bom treino consegue maravilhas, como sabe qualquer desportista.

Programas destes de promoção da pseudociência, da fraude ou simplesmente do circo são hoje comuns em todo o mundo (o circo até é um óptimo espectáculo *per se*, pelo que escusava de vir embrulhado com os poderes da mente). Um sinal saudável de que esses números

já não passam sem contestação é o facto, sem dúvida positivo, de a produção do programa se ver obrigada a apresentar um contraditório: até havia um cientista. A inevitável votação do público ainda dá a vitória aos charlatães, mas por um *score* não muito impressionante. Muitos cientistas (e por vezes até mágicos profissionais, que não hesitam em revelar alguns truques do seu ofício) já se sentem na obrigação de aparecerem publicamente a desacreditar os "poderes especiais" sejam estes da mente seja do corpo. Mas não tenhamos ilusões: muita gente gostaria tanto de ter poderes especiais que chega a acreditar que os tem. E quer mostrar que os tem. É um paradoxo das sociedades modernas que as pseudociências e os ludibrios a elas associados cresçam ao mesmo tempo que a ciência cresce. O facto de em Portugal já haver este tipo de "debates", embora com o resultado falseado à partida (então não é que a apresentadora manda calar o cientista?!), é sinal que a pseudociência cresce e... a ciência também.

Começam a aparecer entre nós alguns livros que denunciam a pseudociência: depois do extraordinário "O Mundo Infestado de Demónios", de Carl Sagan, na Gradiva, e do muito interessante "Por que Acreditam as Pessoas em Coisas Estranhas", de Michael Shermer, na Replificação, acaba de sair na editora Bizâncio um livro que merece muitos leitores: o seu título é "Ciência ou Vodu", o subtítulo "Da insensatez à fraude" e o seu autor, Robert Park, um físico norte-americano. Ouçamo-lo:

"Há duzentos anos pessoas instruídas imaginavam que a maior contribuição da ciência seria libertar o mundo de superstições e fraudes. Crenças antigas em demónios e na magia atravessam a paisagem moderna, só que agora vestidas com a linguagem e a simbologia da ciência: um famosíssimo guru da saúde insiste que o seu método de cura espiritual está firmemente ligado à teoria quântica; metade da população mundial acredita que a Terra é visitada por extraterrestres que dominam as viagens e velocidades superiores à da luz; e há pessoas cultas

que usam imãs nos sapatos para recuperar as energias naturais. Isto é pseudociência. Os seus praticantes podem acreditar que é ciência, tal como as feiticeiras e os curandeiros podem realmente acreditar que conseguem chamar a si poderes sobrenaturais.

Aquilo que pode começar por ser um erro honesto acaba, entretanto, através de etapas quase imperceptíveis, por evoluir do engano para a fraude. A fronteira entre a tolice a fraude é ténue. Porque não é sempre fácil de perceber quando essa fronteira é atravessada, utilizo a expressão ciência vodu para as englobar a todas: a ciência patológica, a ciência refugio, a pseudociência e a ciência fraudulenta. Este livro destina-se a ajudar o leitor a reconhecer a ciência vodu e a compreender as forças que parecem conspirar para a manter viva".

Robert Park é um especialista em física de superfícies, professor (actualmente jubilado) da Universidade de Maryland (perto de Washington D. C.), que a certa altura aceitou um lugar em Washington como *public relations* da Sociedade Americana de Física. A sua coluna electrónica semanal ("Whats New", em <http://www.aps.org>) conheceu um êxito enorme não apenas entre os cientistas mas no público em geral incluindo neste os políticos (como se sabe, os políticos abundam em Washington...). Um dos temas predilectos das suas colunas é precisamente o combate à pseudociência e ao paranormal, desde os inventores de máquinas que desafiam as leis básicas da termodinâmica ao criarem energia a partir do nada até às curas milagrosas com homeopatia. A leitura das suas notícias e agora do seu livro é um poderoso antídoto contra a insensatez e a fraude.

Park não está sozinho. Os cientistas estão cada vez mais activos nesse campo. Em muitos países existem até associações de cépticos (céptico é aquele que não acredita em tudo o que lhe contam ou mesmo em tudo o que vê, ou melhor, acredita em tudo, mas só depois de experimentar por si próprio e verificar repetidamente). Em Portugal já há uma

associação com o nome engraçado de CEPO (ver <http://www.cepo.interaceso.pt/>). Nos Estados Unidos existe uma associação com quem o CEPO colabora, o CSICOP (<http://www.csicop.org/>), que publica a revista "Skeptical Inquirer". Associações como estas têm um papel insubstituível na preservação da sanidade mental da população. O seu trabalho tem sido persistente na denúncia da pseudociência, do paranormal e dos seus múltiplos derivados, uns mais comerciais do que outros.

Acima de tudo é preciso criar na sociedade uma cultura científica, criar nos cidadãos um espírito crítico. Pode-se, por exemplo, esclarecer que a comunicação à distância existe mesmo: chama-se telefone, fax ou *e-mail*. Mas não funciona por leitura directa da mente, não porque seja proibido *a priori* mas porque já se fizeram numerosas experiências e ninguém conseguiu demonstrar os seus pretensos dons de telepatia. Já se colocaram telepatas em isolamento pedindo-lhes para se concentrarem intensamente com os seus correspondentes à distância e o resultado é conhecido: nulo, zero, não há emissão nenhuma que chegue ao destinatário.

O trabalho de esclarecimento é difícil porque há pessoas que gostam de enganar os outros e porque há pessoas que, aparentemente, estão sempre prontas a ser enganadas. Um exemplo português bem recente é a história da mamografia por satélite. O anúncio por telefone dessa "nova" técnica levou algumas senhoras a desnudar os seios em casa ou mesmo ao ar livre, para grande gáudio do autor da brincadeira! Os espantosos poderes da imaginação e da credulidade humana estiveram uma vez mais em acção. Esses sim, é que são comprovadamente os poderes "especiais" da mente.

CARLOS FIOLEIS
tcarlos@teor.fis.uc.pt

TINTIN E A CIÊNCIA



"Tintin chez les Savants"
 Revista Science & Vie (edição especial)
 França, 2002

Hergé entre ciência e ficção: o subtítulo desta edição especial da revista francesa de divulgação científica *Science & Vie* não podia ser mais certo, sintetizando em poucas palavras o espírito do projecto levado a cabo por um "naife" de prestigiados colaboradores – Cyrille Mozgovine, Fabrice Nicot, Alain Rey, Serge Tisseron, Yves Horeau, Azar Khalatbari, Michel Serres, entre muitos outros.

Do herói criado e animado por Hergé não vale a pena perder muito tempo – no caso presente, é também espaço... – a falar. Todos o conhecem, todos leram pelo menos uma das suas fascinantes aventuras. E se tiveram a fortuna de acompanhar a saga do jovem repórter pela América Latina ou na exploração lunar, por exemplo, puderam ver como o autor foi resolvendo de forma inteligente as situações em que o seu personagem se ia sucessivamente envolvendo. E, de passagem, aperceberem-se que Hergé era um escrupuloso e exigente construtor de ficções onde o rigor científico era regra indeclinável. Mais ainda: a obsessiva procura de verosimilhança, que vai de mãos dadas com a credibilidade dos sonhos propostos aos leitores, tornava sólidas mesmo as mais fantasiosas e imaginativas especulações científicas.

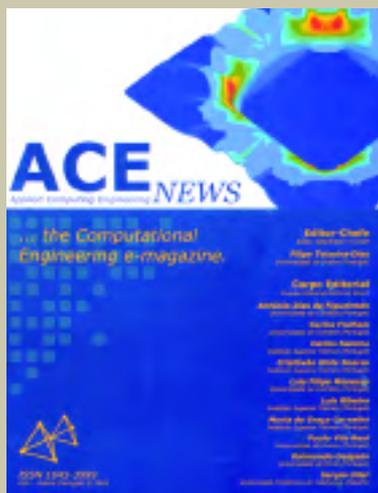
Como refere Sven Ortolí na nota de apresentação desta interessante edição, "ninguém aprendeu alguma vez Química, Física ou Matemática, através dos comentários do professor Tournesol". E, acrescenta, "no país dos cientistas, Hergé era um turista sem pretensões que desconhecia a maioria das movimentações que agitavam as ciências do seu tempo". Mas a verdade é que ninguém esperaria que os grandes debates científicos atravessassem os álbuns de aventuras do seu heróis. Em contrapartida, estão ali presentes "os medos, entusiasmos, esperanças, e também as crenças que caracterizaram os homens que se banharam na manhã da sua vida na ideia de uma ciência benfeitora da humanidade, atingiram o seu meio-dia à sombra de um guarda-chuva nuclear e contemplaram ao crepúsculo um mundo e uma ciência de contornos bem mais complexos e incertos do que lhes tinham dito".

Desfolhando as páginas desta revista – que é como quem diz, dos álbuns de banda desenhada de Tintin e seus companheiros –, é passado em revista um século de história contemporânea, com a conquista espacial e a guerra fria, mas também a presença da astronomia e as incursões no mundo natural submarino ou tropical, as civilizações perdidas e o desejo de conhecimento que move o homem do nascimento à morte. Sem nos esquecermos, claro, das fantasias e do "irracionalismo", quer ele dê pelo nome de telepatia, radiestesia ou premonição ou, mais prosaicamente, assuma a forma do famoso "calisteno", esse metal que "contraí o tempo e dilata os seres vivos" do álbum "A Estrela Misteriosa" (onde entra um professor de Física português). Profusamente ilustrada, como convém, a revista chegou a Portugal ao preço de 4,70 euros. E vale-os bem!

CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.uc.pt

ACE – NEWS

Da responsabilidade da Universidade de Aveiro, surgiu uma publicação electrónica sobre engenharia computacional com interessantes conteúdos e óptima apresentação: Intitula-se "ACE News", significando ACE *Applied Computing Engineering*. É seu editor-chefe Filipe Teixeira Dias, professor do Departamento de Engenharia Mecânica, que recebeu recentemente o prémio IBM de ciências da computação. Para receber o boletim electrónico basta enviar um *e-mail* para register@ace.co.pt com ADD TO ACE no campo Assunto.



E-ESCOLA

Depois do "Mocho" (<http://www.mocho.pt>) foi lançado um outro portal português centrado nas ciências básicas (Matemática, Física e Química): <http://www.e-escola.utl.pt/site-bin/index.html>. Está associado ao Instituto Superior Técnico, tendo sido apoiado com fundos comunitários. Pretendem os autores ajudar alunos e professores de ciências usando as novas tecnologias da informação e da comunicação.





CARTAS DOS LEITORES

O BOSÃO DE HIGGS

Li com o maior interesse o artigo publicado no fascículo 3 do volume 24 da "Gazeta" – "A caça ao bosão de Higgs" (...) e não pude deixar de remeter esta missiva:

i) O bosão de Higgs, segundo consta do artigo mencionado, tem uma massa/energia *ainda* por determinar. O que o caracteriza então? Suponho que será a questão da simetria das transições inerentes à força fraca, numa tentativa de a unificar com o electromagnetismo?

ii) A busca foi desviada para o *Fermilab* – mencionando-se a elevada complexidade das experiências. Significa isto que os físicos envolvidos no projecto não sabem como se "descartar" de um resultado ambíguo (o tal "sinal"), no sentido de a sua interpretação poder ser *outra*, desde que no quadro de uma teoria não-padrão, mas abrangente, superando-a? As razões invocadas para a paragem dos trabalhos não se me afiguram de todo convincentes.

NUNO JOSÉ NISA AMADO REIS

ex-aluno do I.S.T. (Eng. Química) e ocasionalmente professor provisório do secundário (Grupo 4º A), Lisboa

Resposta

i) O bosão de Higgs previsto no contexto do modelo-padrão tem várias propriedades que, conjuntamente, o caracterizam. Por exemplo: a sua massa, *spin* e carga eléctrica. A intensidade com que decai para outras partículas é outra característica importante, que permitirá diferenciar a partícula de Higgs de outras partículas elementares. Dado que a massa, e só a massa, da partícula de Higgs não é calculável *a priori*, a confirmação de uma eventual descoberta passará forçosamente pela determinação experimental das outras propriedades acima mencionadas. A determinação experimental precisa da intensidade dos vários modos de decaimento da partícula de Higgs permitirá também estabelecer se se trata do bosão previsto no modelo-padrão, ou de um dos bosões de Higgs previstos por teorias mais gerais (por exemplo, teorias incorporando a "supersimetria" entre bosões e fermiões).

Como o leitor menciona, o bosão de Higgs desempenha um papel crucial na unificação das interacções fraca e electromagnética.

ii) A paragem dos trabalhos do LEP estava já marcada para Setembro de 2000, para poder dar lugar ao início aos trabalhos de construção civil requeridos para o LHC, o próximo acelerador de partículas do CERN [ver notícia nesta "Gazeta", na secção "Física no Mundo"]. A direcção do CERN deliberou na altura que era mais importante avançar imediatamente com a construção do LHC. O LHC, à semelhança do seu "rival" TeVatron, é um colisionador hadrónico, mas terá maior alcance em energia e volume de dados recolhidos. Deste modo, poderá ainda acontecer que seja o LHC a esclarecer definitivamente a questão da massa da partícula de Higgs.

PEDRO TEIXEIRA-DIAS

Physics Department, Royal Holloway University of London, Reino Unido
pedro.teixeira-dias@rhul.ac.uk

A SITUAÇÃO DA FÍSICA MÉDICA

Como sócio da SPF e membro da Divisão de Física Médica, cuja criação eu próprio propus em 1993, não posso deixar de reagir ao conteúdo da entrevista publicada no último número da "Gazeta de Física", sobre "A situação da Física Médica em Portugal".

A propósito de um relatório "produzido por um grupo de trabalho criado pela SPF", não se sabe em que condições, mas certamente sem interacção, ou sequer conhecimento prévio, da Divisão de Física Médica, lançou-se nesta entrevista o alarme sobre a situação dramática da Física Médica em Portugal.

Ao que parece, só agora a entrevistada se apercebeu do dramatismo da situação! No entanto, há pelo menos dez anos que, tanto na SPF como na SPRMN, se terá chamado a atenção para esta situação e a entrevistada sabe bem que assim é. Tenho abundante documentação sobre os esforços que, nesse sentido, eu próprio tenho desenvolvido. O que é deveras lamentável é que se não reconheça que a tal situação dramática a que se chegou é fundamentalmente da responsabilidade dos próprios físicos, que, em lugar de utilizar as suas organizações para unirem os seus esforços, estão divididos em grupinhos concorrentes, com sedes em Coimbra, Porto e Lisboa, e até, por vezes, subdivididos nestes centros. Esta é que é uma situação dramática e lamentável!

Se a "Gazeta" tivesse uma orientação verdadeiramente isenta, publicaria esta carta, mas estou convencido de que tal não sucederá.

FERNANDO PULIDO VALENTE

Av. das Tulipas, 10 – 2.0 esq., Miraflores – Algés 1495/158 Lisboa



APROFUNDARA AUTONOMIA UNIVERSITÁRIA

CARLOS SÁ FURTADO

Doutor em Física do Estado Sólido pela Universidade de Oxford e Professor de Engenharia Electrotécnica da Universidade de Coimbra
safurtad@thor.deec.uc.pt

É a autonomia um logro? Não passará de uma armadilha que o poder central lançou às universidades? Não poucos universitários pensam desta maneira. Que foi uma maneira de os governos se desresponsabilizarem aos olhos do público pelas consequências das suas opções ou falta delas, mantendo as aparências de uma correcta orientação central e dando uma imagem que está longe de corresponder aos factos. Houve tão só uma transferência de responsabilidades de gestão para garantir a rotina do funcionamento. Fingiu-se mudar para tudo ficar na mesma. Não há nesta atitude apenas a expressão da desconfiança atávica que os portugueses nutrem pelo poder central, justificada por uma longa história de centralismo.

Alinhemos algumas razões que suportam esta desconfiança:

- Os *numeri clausi* e os critérios de admissão são fixados pelo Ministério;
- Certos estatutos são impostos sem prévia audição;
- Outro tanto acontece às normas para o recrutamento de docentes e funcionários;
- O financiamento não é garantido, flutuando ao sabor de opções governamentais. Assim: não há programas plurianuais, os orçamentos anuais padrões não são respeitados, variando conforme as conveniências ou disponibilidades momentâneas; indevida e desajustadamente, os orçamentos têm-se vindo a degradar.

Por outro lado, muitos são os que defendem não merecerem as universidades as autonomias de que desfrutam.

Que são mal geridas, que são despesistas, que vivem em torres-de-marfim, que são corporativistas, ou, mais recentemente, endogâmicas.

Todas estas críticas são, quanto a mim, válidas. Porém, estou seguro de que ninguém defenderá o regresso ao centralismo que vigorava há umas décadas atrás. Até porque, em virtude da extensão e complexidade actuais do universo universitário, seria impraticável. E deixem-me perguntar: seriam, nesses tempos, os métodos e processos de gestão, os objectivos melhor cumpridos que actualmente?

As nossas interrogações, as nossas perplexidades não querem significar um regresso ao passado. São antes motores, factores dinâmicos, para uma caminhada no sentido de uma mais ampla e melhor autonomia. Há que procurar as vias que a melhorem, consolidem e aprofundem.

A presente situação de vivência autonómica, além de ter permitido a governabilidade do subsistema universitário em condições que não são piores, julgo mesmo que são melhores, do que aquelas que caracterizam qualquer subsistema da vida social e económica portuguesa, tem trazido vantagens não só às próprias universidades como aos fins do Estado e da sociedade em geral. De passagem, permitam-me uma nota: numa altura em que milhões e milhões de euros públicos são sorvidos de forma pouco clara por muitas e variadas instâncias, nada consta de irresponsável por parte das universidades públicas!

Desde logo, a autonomia trouxe uma acrescida consciência e dignidade à instituição universitária, com reflexos na melhoria da sua credibilidade e imagem pública.

INCUMPRIMENTOS E DESVIOS

Para que saibamos desenhar o futuro, não podemos fugir à história recente e avaliarmos o que têm sido as falhas e desvios relativamente ao quadro definidor da Lei da Autonomia.

Da parte dos órgãos de soberania:

- À cabeça vem o financiamento. Em 1994 foi definida pelo governo uma fórmula baseada fundamentalmente no número de estudantes, onde é introduzido o conceito de orçamento-padrão;
- De há anos a esta parte o governo não cumpre esse orçamento-padrão, o que se traduz em reduções substanciais nas dotações atribuídas. Depois, surgem as cativações que podem ser efectivas ou, na melhor das hipóteses, serem apenas levantadas em Dezembro. Os aumentos dos vencimentos da função pública também não são seguros; há que regateá-los. Se a proporção "ideal" adoptada em Portugal é de 80 por cento para pessoal e 20 por cento para despesas correntes (na Alemanha é 60-40 por cento; na França, 50-50 por cento), uma redução de 7,5 por cento na dotação orçamental global implica uma redução em despesas de funcionamento de 30 por cento;
- A autonomia científica é inexistente. A política científica universitária é externamente determinada. Quer para o financiamento plurianual quer para o financiamento de projectos específicos, a universidade não risca.
- A contratação de pessoal, pese embora a flexibilização no domínio do decreto, continua extremamente regulamentada, sujeita a critérios avulsos definidos pela tutela.
- A autonomia disciplinar não contempla os estudantes, por a Lei da Autonomia – que tem mais de 14 anos – prever uma lei regulamentar que teima em não sair. Do lado das universidades refiro, por me parecer emblemático, a falta de apresentação de relatórios anuais circunstanciados, previstos na Lei da Autonomia.

CIDADANIA DA UNIVERSIDADE E AFIRMAÇÃO DA AUTONOMIA

A autonomia das universidades só faz sentido dentro da visão de um Estado democrático e descentralizado. A descentralização do Estado com transferência ou devo-

lução de poderes e atribuições para organismos intermédios aumenta a autonomia e segurança dos indivíduos; a sua liberdade fica melhor protegida e garantida. Em suma, a cidadania ganha em qualidade.

Vem a propósito falar da cidadania da universidade. Como garantir a boa ligação da universidade à cidade? Para muitos, o Estado será o garante de um bom elo de relacionamento. Se o Estado é, por muitas e variadas razões, indiscutível no forjar desse elo, outras formas de representação que não apenas a do governo devem ser utilizadas. Para mim, um esforço pensado tem que ter lugar para que organismos e entidades da sociedade estejam representadas com carácter decisório nos órgãos de governo da universidade.

Haverá que encontrar uma posição de equilíbrio entre os representantes da universidade, da sociedade e do Estado. Esta participação conjunta, devidamente ponderada, no governo corrente da universidade parece-me necessária a uma correcta e profícua evolução da autonomia. Sem irmos nesta direcção manter-se-á a desresponsabilização e desconfiança mútuas, com o afastamento inevitável da universidade da procura da competência e da qualidade.

O terreno universitário, pelas suas próprias características e especificidades, é o mais indicado para que esta experiência de engenharia política e social de devolução, que não de mera delegação, de poderes vingue e frutifique. Além das razões de natureza cívica, da organização da democracia participada, a autonomia é, no campo da teoria e prática das organizações, um instrumento para melhorar a gestão das universidades, para um mais eficaz funcionamento, para um acréscimo da sua relevância moral, social e política. Propicia, além do mais, a diversidade que é criativa e geradora de novas realidades, ao invés da uniformização que mata a inventiva.

AUTONOMIA E CONTRATUALIZAÇÃO

No momento que passa, as universidades vivem constrangimentos graves, mormente as áreas das Ciências Exactas e Engenharias. Os universitários querem preservar a qualidade e o rigor e resistem pela preservação e busca da excelência. Parêntesis para um alerta muito sentido e indignado pela interrupção compulsiva em curso de colecções de revistas científicas, algumas centenas. São valores académicos, alheios à mão invisível e de curto alcance que dá pelo nome de mercado. Dentro dos muros da universidade existe uma visão estratégica de

longo prazo, o prazo onde se move a educação e a investigação, a que instâncias políticas e económicas dificilmente são sensíveis, porque se movem prioritariamente em quadros temporais da ordem do ano ou quadriénio.

Numa sociedade livre o consentimento substitui a obediência. Este consentimento passa necessariamente por uma contratualização elaborada de boa fé por parceiros que assumem honradamente os seus deveres e responsabilidades.

O que espera a sociedade das universidades, tendo como interlocutor privilegiado, mas não único, o Estado? O que esperam as universidades do Estado, como voz primeira e qualificada da sociedade? É na letra do contrato seriamente firmado que a autonomia universitária e as necessidades da cidade encontram a melhor formulação e o mais duradouro e estratégico instrumento ao serviço do bem comum. Aí estará lavrada a responsabilização e a exigência da prestação de contas – não só de dinheiros, mas também dos objectivos prometidos. É a tão decantada "accountability".

Sem uma contratualização séria e respeitada, a autonomia terá a leveza etérea do sonho e do projecto permanentemente adiado. A contratualização introduz uma importante tríade: previsão, rigor de gestão e prospectiva. Só assim poderá haver o indispensável planeamento plurianual, mais imune às vicissitudes do imprevisto e do descaso. Esta contratualização vai de par com a avaliação.

Periodicamente os desempenhos das diversas formas de ensino, da investigação, do serviço à comunidade, dos seus métodos de gestão terão de ser escrutinados, avaliados e melhorados.

FINANCIAMENTO E PENSAMENTO ESTRATÉGICO

Os sucessivos governos não têm assegurado rigor, objectividade e adequação ao financiamento das universidades. Falta de correcto planeamento, da justa satisfação das necessidades das pessoas e da sociedade levaram à proliferação de instituições de ensino superior, o que conduziu inexoravelmente ao sub-financiamento de todo o sector. É assunto delicado, essencial ao desenvolvimento da sociedade portuguesa para que continue deixado ao acaso, às conveniências e oportunistas de momento.

O financiamento deve incluir duas componentes essenciais: uma para cobrir os encargos de funcionamento nor-

mal; e outra para atender à melhoria do desempenho e ao desenvolvimento estratégico.

Os recursos do Orçamento do Estado não são dádivas governamentais. Antes correspondem à repartição dos recursos globais pelos estabelecimentos do serviço público. Para obstar ao modo desviante como o financiamento tem vindo a ser feito, deveria ser criado um instituto financiador das universidades, que incluiria representantes da Assembleia da República, do governo, das universidades e individualidades dos mundos cultural, científico, profissional e empresarial.

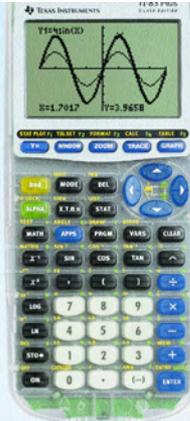
A autonomia pressupõe, a meu ver, a existência de um pensamento estratégico. Não se entende bem nem se vê como se pode aguentar a autonomia sem a adopção de uma estratégia.

O Estado e a sociedade têm que ter confiança na instituição universitária e, do mesmo passo, esta tem que fazer fé no Estado, sem o que a autonomia perde em alcance e consequência. Parece-me que, para caminhar no aprofundamento da autonomia, na busca da essência autonómica, torna-se indispensável recorrer a novas formas organizacionais e gestionárias.

No pressuposto de as universidades não estarem submetidas ao poder instituidor, terá que existir uma instância nacional com representantes das universidades, do Estado e da sociedade cujas atribuições compreenderão os critérios e garantia de financiamento, apreciarão a correcção do desempenho institucional nas suas várias componentes, a conformidade da actividade a objectivos de interesse público.

Em cada universidade deverão os órgãos de governo incluir representantes qualificados do Estado e da sociedade em geral. O Reitor deverá ser escolhido exclusivamente pela comunidade universitária, em eleição directa, com adequada ponderação dos votos dos diferentes corpos. O Senado, além da definição das políticas gerais nas áreas do ensino, investigação e serviço à comunidade, terá que aprovar os planos estratégicos e plurianuais e, ainda, os planos de actividades anuais, orçamentos, relatórios de actividades e contas. O Senado escolherá uma comissão executiva com um número reduzido de membros que acompanhará o reitor na gestão corrente da universidade. A Assembleia da Universidade desaparecerá, por inanição, morte natural e falta de objectivo.

(Síntese de uma comunicação apresentada ao XIV Congresso da Ordem dos Engenheiros, Coimbra, 27-29 de Junho de 2002)



A TI-83 Plus Silver Edition vem com algumas aplicações de software incluídas:

Ca	20
PERÍODO 2 3 4 5 6 7 8	
GRUPO 2 13 14 15 16 17 18	

- Tabela Periódica
- Agenda electrónica
- CellSheet™
- Catalog Help
- Personalização do Start Up
- CBL™/CBRT™
- Puzzle Pack
- Simulação de Probabilidade
- Fichas de Trabalho

Com mais de 1.5 megabytes de Flash ROM disponível e 24K de RAM disponível, a TI-83 Plus Silver Edition armazena até 94 APPS.

Agora é ainda mais fácil efectuar o download e partilhar APPS, já que o TI-GRAPH LINK™ para Windows® vem incluído com a TI-83 Plus Silver Edition.

A acrescida capacidade e velocidade, também ajuda os utilizadores a retirar o máximo de utilidade nas centenas de programas existentes, escritos para a TI-83 Plus.

CBRT™ Calculator-Based Ranger™

O CBRT™ é um detector ultra-sónico de movimentos que pode ser ligado directamente a todas as calculadoras compatíveis com o CBL™.

O CBRT™ dispõe de software próprio para fazer a avaliação dos dados recolhidos.

education.ti.com/portugal/cbr.htm



Sensores

Acelerómetro de baixas acelerações LGA-DIN / Acelerómetro de 3 eixos (3D-DIN) / Acelerómetro de 25g (ACC-DIN) / Sensor de pressão (PS-DIN) / Sensor de pressão para biologia (BGP-DIN) / Barómetro (BAR-DIN) / Sensor de pressão gasosa de CO2 (CO2-DIN) / Copímetro (COL-DIN) / Sensor de condutividade (CON-DIN) / Sistema de PH (PH-DIN) / Sistema de corrente e voltagem (CV-DIN) / Sensor de temperatura de ligação directa (DCT-DIN) / Termopar (TCA-DIN) / Sensor de oxigénio dissolvido (DO-DIN) / Sensor de humidade relativa (RH-DIN) / Sensor de força (SFS-DIN) / Sensor de força de duplo alcance (DFS-DIN) / Detector de movimento (MD-CBL) / microfone (MCA-CBL) / Sensor de campo magnético (MG-DIN) / Sensor de luminosidade (LS-DIN) / Sensores de radiação (SRM-DG e RM-DG) / Monitor de batimentos cardíacos (HRM-DIN) / Sensor de electrocardiogramas (EKG-DIN) / Monitor de batimentos cardíacos para exercício (EMR-DIN) / Cinturão de monitorização da respiração (RMB, requer BGP-DIN) / Fotogetes (VPG-DG) / Electrodo selectivos a iões (NO3-ISE, Cl-ISE, CA-ISE e NH4-ISE; requerem pelo menos um amplificador / Amplificador de instrumentação (INA-DIN) / Adaptador CBL™-DIN / Adaptador CBL™-P / Adaptador CBL™-2P.

"Advoga-se o uso de calculadoras gráficas, familiar aos alunos pela sua utilização permanente nas aulas da disciplina de Matemática. É necessário retirar peso à memorização e à resolução repetitiva de exercícios, previligiando-se estratégias de compreensão, técnicas de abordagem e de resolução de problemas". Programa Homologado Física e Química – 10.º ano – DES



CBL 2™ Calculator-Based Laboratory™

O CBL 2 é um interface de aquisição de dados da nova geração adaptado especialmente à Física, Química, Biologia e à tecnologia na universidade ou no ensino secundário.

Como o CBL 2 possui um programa de aquisição próprio, o utilizador pode, em conjunto com os sensores disponíveis, realizar medições imediatamente.

O CBL 2 está equipado com uma memória FLASH permitindo a actualização electrónica do software pela internet.

É compatível com as calculadoras, TI-83, TI-83 PLUS, TI-83 PLUS Silver Edition, TI-89 e TI-92 Plus

TEXAS INSTRUMENTS

Programa Educacional
Rua 25, 177
4500-281 Espinho
Tel. 707 200 109 (chamada local)
Fax 22.763 38 22
E-mail: x@amaral@ti.com
CSC — Centro de Suporte ao Cliente
Tel. (grátis): 800 832 627
education.ti.com/portugal

Apoio Programa Educacional

- Programa de Empréstimo de calculadoras, acessórios e sensores - ti-loan@ti.com
- Acções de Formação
- Bibliografia de apoio à calculadora
- TI-Ciências - a revista das calculadoras no ensino da Ciências

Distribuidor Autorizado

Dismel
Rua Coronel Ferreira do Amaral, 9c
1900 Lisboa
Tel. 21.816 03 20
Fax. 21.816 03 29
www.dismel.pt/info@dismel.pt

Visite o nosso "site"

<http://spf.pt>

e faça-se sócio da Sociedade Portuguesa de Física

NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



O TAMANHO CONTA

Armando Vieira

O ENCONTRO DO MILÉNIO

Nuno Peres

AS ESCALAS DA FOTOGRAFIA

Jorge Calado