

Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física

AMPLIAÇÕES: A ESCALA EM FOTOGRAFIA

Jorge Calado

O TAMANHO CONTA

Armando Vieira

"ENSINAR É APENAS AJUDAR A APRENDER"

Entrevista com Eric Mazur, professor de Física na
Universidade de Harvard



DIRECTOR Carlos Fiolhais
EDITOR Carlos Pessoa

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

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO

Adriano Sampaio Sousa, Armando Vieira, Daniel Cruz, Eric Mazur, Graça Santos, Jorge C. G. Calado, Florbela Meireles, Helder Carvalho, Hugo Costa, Ilda Ribeiro Custódio, João da Providência Jr, Lucília Tavares dos Santos, Maurice Jacob, Orfeu Bertolami, Pedro Souto, Rui Barbosa e Rui Gomes.

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 1800 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

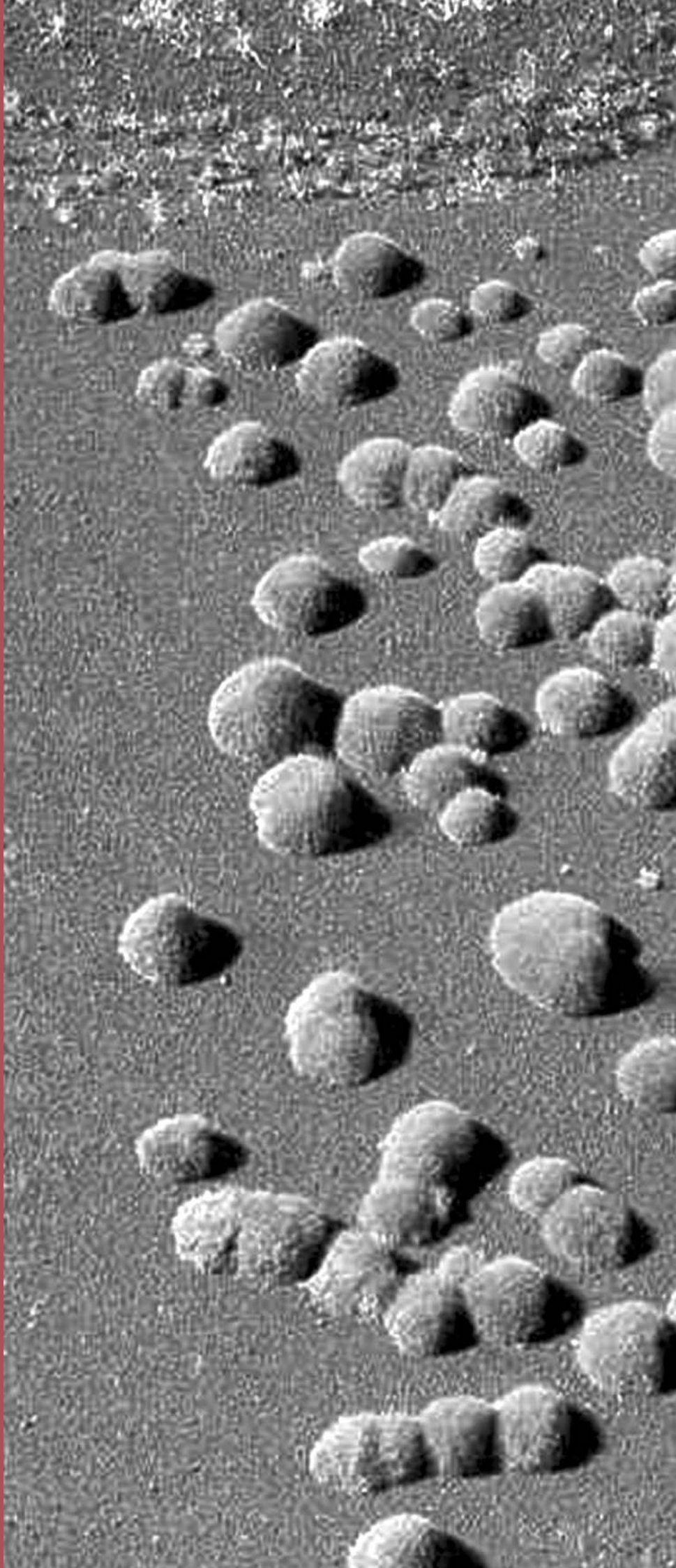
DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91

PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

A Gazeta da Física publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Deverá constituir também um espaço de informação para as actividades da SPF, nomeadamente as suas Delegações Regionais e divisões Técnicas. Os artigos podem ter índole teórica, experimental ou aplicada, visando promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, o intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam ou aplicam a Física. As opiniões expressas pelos autores não representam necessariamente posições da SPF.

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

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA



O QUE SE ENSINA QUANDO SE ENSINA?

O que se ensina quando se ensina? Os alunos podem ser os seus próprios professores? O papel do professor é apenas o de um "treinador", que coordena e define o método do "treino"? Ensinar é, apenas, ajudar a aprender? São, sem dúvida, questões provocantes e desafiadoras as que ERIC MAZUR, professor de Física na Universidade de Harvard, EUA, levanta na entrevista exclusiva que publicamos nesta edição da "Gazeta".

Os tempos são difíceis para o ensino das ciências, em particular da Física, rareando o número de candidatos e sendo o sucesso escasso, mas é também nas situações de crise que o talento humano mais profundamente é posto à prova, num desafio de superação que se deseja transformador. As pertinentes questões levantadas por Eric Mazur durante a última Conferência Nacional da SPF situam-se nesse campo e far-nos-ão reflectir a todos.

Ainda a propósito de ensino, a recente proposta de reforma do Ensino Secundário ameaça subalternizar de forma porventura irreparável o ensino das ciências em Portugal, e da Física muito em particular. Felizmente, surgem sinais da esfera do poder político que nos permitem acreditar que nem tudo está perdido, e os próximos tempos dirão se assim é. A SPF deu o contributo que se esperava.

Outros motivos de interesse nesta primeira edição da "Gazeta" de 2003 podem ser encontrados pelos leitores na "nova frente" que abrimos - precisamente uma secção consagrada ao Ensino de Física, feita a pensar nos professores e alunos do Básico e Secundário, que estão desde já "desafiados" a participar com as suas sugestões, críticas, notícias e experiências de trabalho. A nova secção é coordenada por GRAÇA SANTOS, responsável pela Divisão de Educação da SPF.

Destacamos ainda os dois artigos sobre escalas apresentados nesta edição, assinados por JORGE CALADO e ARMANDO VIEIRA, através dos quais as ciências físico-químicas se cruzam com a Arte (Fotografia) e com outras ciências (Biologia). O primeiro autor, que além de conhecido professor de Termodinâmica do Técnico é crítico de fotografia, de ópera e de outras artes, dá corpo à sua visão do tema "Potências de Dez", completando-se assim a abordagem constante da edição especial da "Gazeta" sobre o tema, no primeiro trimestre do ano passado. Armando Vieira, por seu lado, mostra que o uso adequado da análise dimensional permite obter resultados notáveis a partir de conhecimentos rudimentares de Física.

Chamamos, finalmente, a atenção dos leitores para as habituais secções, onde, como é costume, são muitos e variados os assuntos que propomos nesta edição.

Boa leitura!

ÍNDICE

ARTIGOS

AMPLIAÇÕES: A ESCALA EM FOTOGRAFIA 4
Jorge Calado

O TAMANHO CONTA 12
Armando Vieira

ENTREVISTA

"ENSINAR É APENAS AJUDAR A APRENDER" 18
Entrevista com Eric Mazur, professor de Física na
Universidade de Harvard

NOTÍCIAS

FÍSICA NO MUNDO 24
FÍSICA EM PORTUGAL 30
ENSINO DA FÍSICA 37
SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA 42

SECÇÕES

LIVROS E MULTIMÉDIA 44
OPINIÃO 50

Esta é a visão de um químico e crítico de fotografia do tema "Potências de Dez" (ver "Gazeta de Física", vol.2, fasc. 1, 2002). Das questões do grande e do pequeno em geral passa para o modo como a fotografia apreende a escala dos objectos.

AMPLIAÇÕES: A FOTOGRAFIA

A química utilitária é uma ciência de menos de 100 elementos, com estruturas e propriedades recorrentes (periódicas). Porém, ao usar uma substância, os químicos lidam simultaneamente com o muito grande e o muito pequeno, numa gama que percorre facilmente umas 25 ordens de grandeza. Pensam em termos de átomos e moléculas, mas usam quantidades de substância que se medem em moles. Uma mole (símbolo, mol) representa um número de Avogadro de partículas, cerca de 6×10^{23} - por exemplo, 12 g de carvão ou 18 cm^3 de água. Um número de Avogadro de metros, alinhados rectilíneamente, são 60 milhões de anos-luz. À distância de um ano-luz da terra, o Sol brilharia apenas como um mero ponto - uma estrela de primeira grandeza no céu galáctico.

Por sorte, a criança cresce ouvindo histórias e vendo filmes em que a noção de escala está presente: o Polegarzinho, o Gigante Papa-Léguas, o feijoeiro do Jack, os sete anões da Branca de Neve, o Gulliver em Lilliput e Brobdíngnag (anões e gigantes), a Alice que estica e encolhe, o pezinho pequeno da Gata Borracheira ou o nariz comprido do Pinóquio. Descontando as conotações sexuais do nariz grande ou do pé pequeno, são todos contos que ensinam as consequências dramáticas da passagem do pequeno ao grande e vice-versa. Embora se diga que "tudo o que é pequenino tem graça", na infância prevalece o fascínio com o grande - daí a popularidade dos dinossauros. No jardim zoológico, também há mais público para os elefantes do que para as aves ou insectos.

JORGE C. G. CALADO

Departamento de Engenharia Química

Instituto Superior Técnico, 1049-001 Lisboa

jcalado@ist.utl.pt

ESCALA EM

Subjacente à apresentação de qualquer imagem, está a escolha da escala. O tamanho da ilustração (projectada ou impressa) depende de vários factores. No caso da projecção de diapositivos depende das dimensões do objecto, da óptica, da distância do projector ao ecrã, etc. Cada um dos espectadores faz também uma escolha, ao sentar-se corajosamente na primeira fila, ou mais discretamente ao fundo da sala, de preferência na coxia para poder sair a qualquer momento sem se fazer notado(a).

No caso da figura impressa no livro, a decisão tem a ver com as dimensões da folha, a legibilidade e as questões estéticas do design. Veja-se, por exemplo, a ilustração de John Tenniel para a Alice no País das Maravilhas (Fig. 1).



Fig.1- Ilustração de John Tenniel para "Alice's Adventures in Wonderland", (1865)

Houve um desenho que deu uma gravura que aparece reproduzida no livro. O livro teve várias edições, em variados formatos. Qual é o original e qual é a dimensão desse original? Não esqueçamos que a Alice é uma menina especial: na história de Lewis Carroll ela estica e encolhe. Diluída no texto da página do livro, aquela ilustração respira melhor e não parece tão claustrofóbica. O carácter da imagem muda quando se passa do desenho para o livro ou para a projecção em ecrã. Muda também com o tamanho.

Estruturas

No filme/exposição "Potências de 10" o viajante pode deslocar-se nos dois sentidos: o do "infinitamente" grande (digamos, o universo galáctico) e o do "infinitamente" pequeno (que é o universo da molécula, do átomo e do seu núcleo). O universo parece estar em expansão (a que corresponde um aumento de entropia, a "seta do tempo", segundo Eddington). O viajante de "Potências de Dez" é pontual, desloca-se segundo uma linha recta e nunca sai dela. Não há aqui ilusões de óptica nem exageros de perspectiva. Notar ainda que, na viagem em direcção ao espaço sideral, uma estrela aparece primeiro como um ponto (zero dimensões), depois como um disco (duas dimensões) e finalmente como uma esfera (três dimensões). Paradoxo: será que a "meio caminho" terá, por exemplo, a dimensão 0,8 ou 2,3?

Hoje o estudante médio não concebe nem o universo do "infinitamente" grande nem o do "infinitamente" pequeno, mas julga que domina melhor o universo atómico só porque está habituado a ver nos livros de texto ilustrações mais ou menos apelativas de estruturas atómicas e moleculares. Se a coisa é familiar julga-se que está percebida (é aquilo a que Coleridge chamava o "despotismo da vista", o mais poderoso dos cinco sentidos). Mas é bom não esquecer que, com a Mecânica Quântica, a visualização e a visualizabilidade deixaram de ser sinónimos e passaram a ser incompatíveis.

A somar a isto há a ajuda do reconhecimento de estruturas. É mais imediato e acessível o apelo estético de uma estrutura atómico-molecular ou mesmo celular do que a informidade de uma nuvem ou de uma galáxia. A irregularidade de formas como as das nuvens ou das ramificações das árvores, que se mantém qualquer que seja a escala, só é descritível usando uma dimensão fractal, fraccionária. A única nuvem com uma forma imediatamente identificável tem a forma de um cogumelo. Apareceu em 1945 e toda a gente sabe qual é. Certas

nebulosas são facilmente memorizáveis graças à analogia da sua forma com outras conhecidas, por exemplo a da cabeça dum cavalo (Fig. 2).



Fig. 2 - David Malin, "Nebulosas da Cabeça de Cavalo e IC 434 em Oriente", (três exposições de 60 min cada em placas hipersensíveis ao azul, verde e vermelho)

A Natureza repete estruturas e o homem copia-as porque são, em geral, as melhores soluções (mais simples, económicas, belas). Exemplos: o círculo e a esfera; a espiral; os prismas hexagonais (exemplificados pelos favos de mel ou pelo Giant's Causeway, na Irlanda); o fullerenos e a bola de futebol. Por exemplo, o diamante visto por Linus Pauling e Roger Hayward (Fig. 3) poderia ser o interior de uma torre de comunicações ou mesmo da Torre Eiffel. (A propósito: a Torre Eiffel é o primeiro monumento moderno porque é feita de espaço vazio, como os átomos e o espaço sideral; está-se fora, estando-se dentro.) Olhando para a Fig. 3 e para uma foto semelhante da Torre Eiffel faz sentido perguntar o que é uma e outra. O carácter e significado duma imagem dependem da escala.

Outro exemplo é uma fotografia de Man Ray (Fig. 4). O que é isto? Uma galáxia? A prova de que existem canais



Fig. 3 - Linus Pauling e Roger Hayward, "Vista dum Cristal de Diamante", (1964)

em Marte? A colonização americana da Lua? Uma intervenção humana à superfície da Terra como, por exemplo, a das Linhas Nazca no Peru (há quem acredite que têm origem extra-terrestre)? Nada disso.



Fig. 4 - Man Ray, "Cultura de Pó", (1920)

A Fig. 4 é simplesmente uma vista da obra-prima de Marcel Duchamp, "finalmente inacabada" em 1923, "A noiva despida pelos solteiros, mesmo" (também conhecida como "O vidro grande"), coberta de pó...

Ou ainda, quem diria que a fotografia de Richard Woldendorp (Fig. 5) representa, não uma cultura bacteriana, mas uma paisagem australiana? Em resumo: ignorando a escala, o concreto torna-se abstracto. A interpretação das imagens depende da escala; sem referentes, a única identificação possível é a de uma estrutura (que pode ser grande ou pequena, macroscópica ou molecular, feita de metal, plástico, etc).

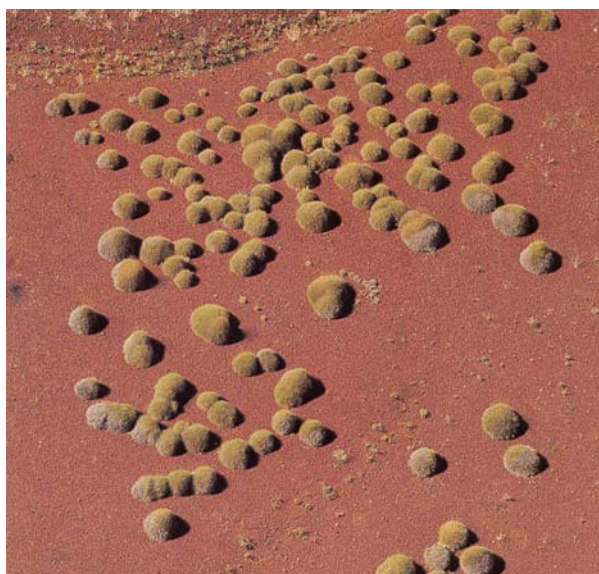


Fig. 5 - Richard Woldendorp, "Hamersley Range, Pilbara (Australia)"

O corpo humano

Diz a Bíblia que o Homem foi feito à imagem e semelhança de Deus (e que a Mulher, fruto da costela de Adão, foi criada à imagem e semelhança do Homem - daí a compatibilidade dos sexos). Mas é a inversa que prevalece: Deus e o universo só podem ser compreendidos e imaginados à imagem e semelhança do Homem. Os padrões e unidades de medida reflectem relações íntimas com o corpo humano, algumas das quais continuam em voga em países desenvolvidos: as polegadas, os pés e os cúbitos (comprimento do antebraço); os palmos de terra ou as braçadas de feno. Polegada, palmo, pé, cúbito ou côvado (66 cm), etc., de quem? Do rei, obviamente. A jarda (ou cintura) era o cúbito duplo. Segundo a tradição, foi Henrique I de Inglaterra (filho mais novo de Guilherme, O Conquistador) quem decretou que a jarda era a distância que ia da ponta do nariz real à extremidade do polegar. Mesmo a milha (romana) eram 1000 passadas ou passos duplos. O homem de Vitruvius, popularizado por Leonardo da Vinci, simboliza isto. Escreve Leonardo: *"Vitruvius, o arquitecto, diz na sua obra sobre arquitectura que as medidas do homem são arranjadas pela natureza da seguinte maneira: 4 dedos fazem um palmo, e 4 palmos fazem um pé; 6 palmos fazem um cúbito; 4 cúbitos fazem um homem e 4 cúbitos fazem uma passada e 24 palmos fazem um homem; e estas medidas são as dos seus edifícios"*.

O sistema de medidas só foi racionalizado em 1791, graças aos esforços de Talleyrand. O conjunto de notáveis que levaram à criação do metro é um verdadeiro "Who's Who" da ciência francesa: Lagrange, Laplace, Monge, Condorcet, Lavoisier. A referência deixou de ser antropocêntrica para passar a ser geocêntrica (décima milionésima parte dum quarto do meridiano terrestre), havendo o cuidado de escolher um padrão semelhante à jarda (só em 1960 a unidade de comprimento foi referida ao comprimento de onda no vácuo da linha vermelha-alaranjada do cripton-86).

Antropocêntrico ou geocêntrico, a verdade é que só apreendemos bem aquilo que é comensurável com a experiência humana. A gama do nosso discernimento não ultrapassa as seis ordens de grandeza, desde, digamos, o buraco de uma agulha (uma fracção de milímetro) até aos maiores edifícios construídos, por exemplo a grande pirâmide quadrangular de Gizé, com os seus 230 m de lado da base (o maior edifício construído foi o da Grande Exposição de Londres em 1851, com uma nave com mais de 563 m de comprimento).

O maior monólito na Terra está na Austrália: é o famoso Ayers Rock ou Uluru, de 340 m de altura e um perímetro de base de 9,5 km. A esta escala, estamos no domínio do Deus irrepresentável e incompreensível de Moisés (em oposição ao Deus de Aarão), tão genialmente tratado na ópera *Moses und Aron*, de Arnold Schoenberg.

O grande e o pequeno só deixam de fazer sentido com as dimensões fractais. É o fenómeno da auto-semelhança, exemplificado pela conhecida curva de Koch: um triângulo equilátero a cujos lados se adicionam simetricamente novos triângulos equiláteros (cujo lado é um terço do triângulo original) e assim sucessivamente. Agora o todo passa a ser igual a cada uma das partes. É aquilo a que o inspirado William Blake definia (sem o saber) no século XVIII como *"ver o universo num grão de areia"*. Para os aborígenes australianos, um grão de areia e Uluru são uma e a mesma coisa.

Sejam pois as seis ordens de grandeza familiares, de um para um milhão. Um milhão de milímetros que é um quilómetro. Penso em dimensões lineares porque se for em áreas ou volumes seria o dobro ou o triplo. Felizmente para a experiência humana, por razões evolutivas, as coisas grandes tendem a não ser grandes nas três dimensões. O polvo gigante das profundezas marinhas atinge os 60 m graças ao comprimento dos tentáculos. A sua grandeza é linear, não volumétrica.

As escalas da fotografia

Há meia dezena de predicados que contribuem muito para o carácter especial da fotografia:

- ser feita por uma máquina (tal como muita ciência);
- multiplicidade: um negativo pode gerar milhares de provas;
- o jogo do acaso na informação recolhida;
- possibilidade de reenquadramento e manipulação;
- escala variável (ampliação).

Nem sempre estes predicados ocorrem simultaneamente (por exemplo, há fotografias que não precisam de máquina para serem feitas), e nem todos são exclusivos da fotografia (a escultura pode ser um múltiplo se houver um molde), mas de todas as formas de arte, a fotografia é a única de escala variável. O negativo pode ser facilmente ampliado ou reduzido.

Cedo a óptica da câmara fotográfica foi acoplada com a do microscópio ou do telescópio, dando a ver (e a conhecer) o muito pequeno e o (muito grande) longínquo.

Inventada oficialmente em 1839 (na realidade, mais de uma década antes), a fotografia logo apontou para as coisas próximas e pequenas, tal como para as coisas grandes e distantes. Por exemplo, o tecido das asas de uma borboleta nocturna (fotografado por Fox Talbot em 1839) e a Lua (fotografada por Rutherford em 1865 - Fig. 6). Isto é, onze das 42 "Potências de Dez".

Há três participantes na observação de uma fotografia: o objecto em si, a fotografia desse objecto e o observador. Repare-se que esta fotografia da Lua é uma ampliação em relação ao que se vê a olho nu, mas é uma redução em relação ao tamanho real do planeta (ninguém espera ver uma fotografia da Lua inteira em tamanho natural!). No caso da asa da borboleta nocturna, a fotografia é uma ampliação em relação a ambos os referentes: objecto e observador. Nas microfotografias, é uma redução em relação aos dois. Este problema é particularmente importante nas palestras de história de arte, em que a obra real tem dimensões fixas, muito diferentes das que são vistas projectadas no ecrã.

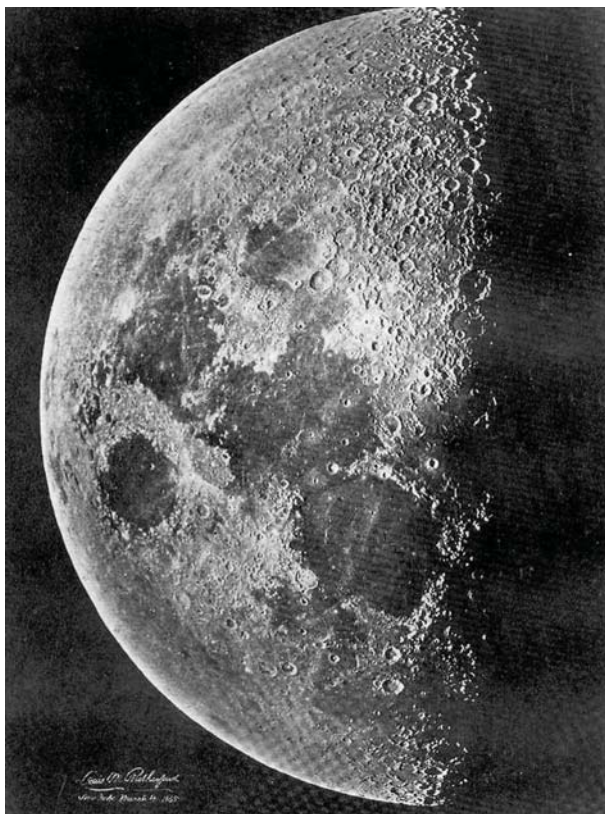


Fig. 6 - Lewis Rutherford, "Lua", (1865)

Será que o significado da fotografia depende da sua relação com os outros dois participantes? Excepto no caso da fotografia documental (e talvez nem mesmo nesse caso),

o objectivo da fotografia é - disse Gérard Castello-Lopes - "*desencadear uma emoção estética*". A apreciação da fotografia está no prazer da evocação. Essa evocação e a emoção que ela provoca dependem da (isto é, variam com a) ampliação, como se pode verificar com o seguinte exemplo duma fotografia de Helmut Newton (Fig. 7).

O título é "Sapato", mas isto não é um sapato, tal como o que está no célebre quadro de Magritte não é um cachimbo! A fotografia de Newton é uma afirmação de poder feminino, e quanto mais ampliada, maior é o poder projectado! Este não é, definitivamente, o sapatinho da Gata Borralheira! O que Jean-Luc Godard dizia em relação ao cinema aplica-se também aqui: a fotografia não é o reflexo do real, mas a realidade do reflexo.

Notar ainda que mesmo na fotografia comercial as dimensões têm variado ao longo dos tempos: as "cartes-de-visite" (1850s) tinham 10 x 6 cm; os cartões de gabinete, 15 x 10 cm; as primeiras provas Kodak eram circulares, com cerca de 9 cm de diâmetro; hoje voltámos ao formato dos cartões de gabinete, 15 x 10 cm, ou aos 18 x 24 cm dos que têm pretensões a ser Fotografias com F grande. Claro que tudo isto é função das dimensões do filme, isto é, do tamanho do negativo (em geral, um rectângulo de 24 x 36 mm).



Fig. 7 - Helmut Newton, "Sapato", (1983)

Limites

Há limites - inferior e superior - para as provas fotográficas (reduções e ampliações). O limite inferior é imposto pela visibilidade. Por exemplo, José Luís Neto tem um projecto curioso de retratos (e não só) - "Irgendwo" - em que as fotografias têm $1,7 \times 1,2$ cm. Estas fotografias não só cabem na palma da mão, como cabem também no espaço de uma unha! O limite superior da ampliação é imposto pelo grão - o tamanho dos espéculos de prata, que variam conforme o filme é mais "rápido" ou "lento". Ampliar significa, muitas vezes, perder informação (o exemplo paradigmático está no filme *Blow-Up* (1968) de Michelangelo Antonioni).

Por outro lado, há questões intrínsecas à própria estrutura da imagem fotográfica que fazem com que o equilíbrio se perca a partir de certa dimensão (isto tanto funciona para as ampliações como para as reduções). Saber quais são as dimensões ideais de uma prova fotográfica é um problema muito pouco investigado e discutido. Que eu saiba, quem melhor tem feito isso é o decano da fotografia portuguesa, Gérard Castello-Lopes. A escala de uma fotografia é variável, mas há uma escala - superior ou inferior - a partir da qual a imagem se desagrega ou entra em colapso, passando a informação a ser qualitativa (e quantitativamente) diferente.

Há fotografias " íntimas" que, tal como o adjectivo indica, não devem - por pudor - ser devassadas pelo grande formato. Para mim, um bom exemplo é o interior de uma casa portuguesa (aliás cabo-verdiana) fotografada em Truro, Massachusetts, por Walker Evans em 1930 (Fig. 8). A fotografia é já um "close-up", e nela Evans mostra tudo aquilo que quer dar a ver. Meio escondidas



Fig. 8 - Walker Evans, "Casa Portuguesa, Truro, Massachusetts", (1930)

pelo vaso com a figueira do inferno estão as fotos de família e a bandeira (americana). Evans imprimiu-a como prova de contacto - o tamanho do positivo é o tamanho do negativo, e é essa dimensão que está certa.

Outras, porém, têm a escala do universo e quanto maiores melhor. Um exemplo é a obra de David Stephenson, toda debruçada sobre o sublime - desde as cúpulas das catedrais aos céus estrelados, passando pelos desertos de gelo da Antárctica. No exemplo da Fig. 9 o que ele mostra é o dossel celeste. Mais do que fotografias no sentido corrente, são verdadeiros desenhos luminosos da rotação aparente das estrelas em relação à Terra, obtidos com exposições longas, interrompidas ou múltiplas. Constituem também um olhar sobre o passado (as estrelas estão a milhões de anos-luz de distância), e resumem, de certo modo, a história do universo que é, simultaneamente, uma história da fotografia. Notar o truque da espiral incipiente, a lembrar-nos a forma da nossa galáxia.

Uma das perversões de muitos concursos de fotografia é dar tema livre e exigir provas de determinadas dimensões. Não se deve ficar, porém, com a ideia de que um objecto grande requer uma imagem de grandes dimensões, e um pequeno, de pequenas. É bom recordar o "Sapato" de Newton! A fotografia não é a coisa, mas sim a evocação do carácter da coisa. A dimensão pode contribuir para o carácter, mas não o define totalmente.

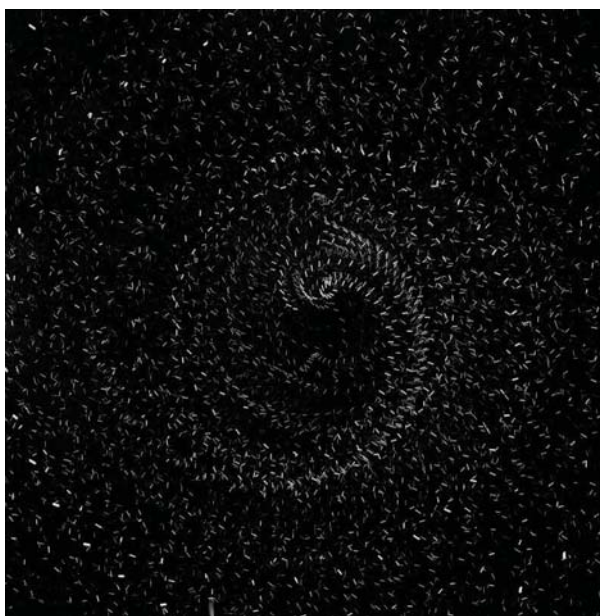


Fig. 9 - David Stephenson, "1996/1902"

A escala de todas as escalas

Uma fotografia, tal como uma carga eléctrica ou um magneto, gera um campo de forças. É uma fogueira que arde sem se ver. Isto põe outra questão: a que distância deve uma fotografia ser observada, estudada, gozada (tal como há uma distância ideal para nos aquecermos à lareira)? Entram aqui em jogo várias escalas: a distância ideal de observação depende das dimensões da prova fotográfica, das dimensões da sala, da proximidade de outras fotografias, outros objectos, outras pessoas, outros sons. A propósito, lembremo-nos que as propriedades de uma molécula isolada são diferentes das propriedades dessa mesma molécula numa assembleia de moléculas próximas (líquido ou sólido) ou mais distantes (gás não perfeito). A regra de ouro diz que a distância mais favorável deve ser 2,5 vezes a diagonal da imagem. No caso de uma fotografia de exposição, em geral de 30 x 40 cm, essa distância será 125 cm. Mas - é bom repetir - tudo depende do espaço que a rodeia.

Todavia há objectos, como há imagens, que podem ser apreciados (quase) a qualquer distância. Isto acontece porque não têm escala, ou têm todas as escalas. Uma vez mais, é necessário invocar os fractais. A ampliação ou contracção dum espiral gera mais do mesmo, que não é pequeno nem grande ou é simultaneamente pequeno e grande.

Foi o próprio Benoît Mandelbrot quem notou que há edifícios sem escala, susceptíveis de ser apreciados a qualquer distância. Os exemplos clássicos estão na decoração rocóco e na chamada arquitectura de "*Beaux-Arts*" ou de Arte Nova, que contêm elementos importantes de todos os tamanhos (a Bauhaus tem uma sensibilidade euclidiana, não fractal; a sensibilidade fractal é mais humana). A Ópera de Paris (1861-1875), obra-prima de Charles Garnier, surge sempre bela, qualquer que seja a distância a que é admirada. Claro que nem todos os pormenores arquitectónicos e decorativos são perceptíveis e funcionam a qualquer distância, mas qualquer que seja a distância há sempre algo para descobrir. Outro exemplo óbvio é o da arquitectura de Antonio Gaudí. À medida que nos aproximamos do grande edifício apercebemo-nos de pormenores novos que contribuem para a expressão estética global da obra (o mesmo acontece com a espiral; não admira, por isso, que Mme. de Staël tenha declarado que o progresso do espírito humano se faz em espiral).



Fig. 10 - Delmaet & Durandelle, "Figuras decorativas para a Ópera de Paris", (ca. 1872)

É este também o paradigma do bolo de noiva ou da floresta e da árvore com os seus ramos, folhas e nervuras. Não deixa de ser curioso que a beleza fractal da Ópera de Paris tenha sido registada fotograficamente, durante a construção, pela firma de Delmaet & Durandelle (Fig. 10). Há grandes imagens de conjunto, mas também de cada pormenor decorativo, provando que o todo não é mais do que a ampliação de cada uma das partes, mesmo que as partes se percam no seio do conjunto.

À fotografia nada escapa, nem mesmo os segredos das escalas.

Agradecimentos

Aos Professores Jorge Buescu e Carlos Fiolhais pelas valiosas contribuições para melhorar e clarificar este texto.

PARTICIPA NAS **OLIMPIÁDAS DE FÍSICA** **2002/2003**



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

PROVAS

Regionais: 10/5/2003

Nacionais: 20-21/6/2003

Internacionais: 7/2004, Coreia

Iberoamericanas: 9/2004

(não confirmado)



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Apoios: Ministério da Ciência e do Ensino Superior
Ministério da Educação



A análise dimensional é uma ferramenta de grande utilidade no estudo da Física: fornece pistas importantes para a solução de um problema, ajuda a intuição, e pode reduzir significativamente a complexidade de um problema. Este artigo pretende mostrar que usando adequadamente a análise dimensional, se podem obter inúmeros resultados importantes a partir de conhecimentos rudimentares de Física. Serão apresentados vários exemplos, com especial destaque para o mundo biológico.

Armando Vieira
Departamento de Física
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua de S. Tomé, 4200 Porto
e Centro de Física Computacional da Universidade
de Coimbra
(asv@isep.ipp.pt)

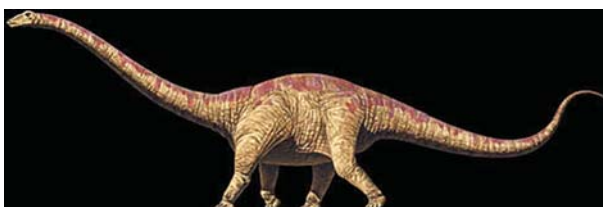
O TAMANHO C A ANÁLISE DIME FÍSICA

Existem na Natureza fenómenos complexos sobre os quais não temos a sorte de possuir uma teoria adequada, como por exemplo o escoamento turbulento de um fluido. No entanto, usando apenas as dimensões das grandezas físicas intervenientes, podemos extrair uma quantidade de informação extraordinária. Embora pouco relevante do ponto de vista de compreensão dos fenómenos físicos, esta informação é extremamente útil do ponto de vista prático e ajuda-nos a compreender melhor o problema em estudo [1]

Apesar de a turbulência ser um fenómeno ainda não totalmente compreendido, podemos saber *a priori*, ignorando completamente os detalhes do problema, por exemplo, como se relacionam as forças exercidas numa dada superfície com a velocidade e a densidade do fluido.

O objectivo deste artigo é mostrar que, recorrendo à análise dimensional, se podem conhecer relações interessantes desconhecendo quase por completo a física dos fenómenos em causa. Em particular, serão abordados aspectos relacionados com o tamanho, ou seja, como variam certas propriedades na matéria e nos seres vivos quando se alteram apenas as suas dimensões. Podemos assim responder a questões como: quanto varia a força de impacto de um projectil ao reduzirmos a metade a sua densidade: quanto tempo a mais é preciso para cozer um bolo com o dobro do tamanho de outro? No caso da biologia, existem fenómenos muito curiosos que podem ser compreendidos à luz da análise dimensional, como, por exemplo, saber porque morre um homem numa queda de 10 m ao

ONTA NSIONAL NA



passo que um pequeno rato sai geralmente ileso de um acidente do mesmo tipo.

A arte de adivinhar equações

Existem inúmeros casos na história da ciência onde as equações, antes de terem sido deduzidas, foram de certa forma adivinhadas ou intuídas pelos seus autores.

Vejamos como isso não é muito difícil. Tomemos o exemplo da queda dos graves. Suponhamos que queríamos determinar uma expressão para a velocidade terminal do objecto v em função da altura h de que foi largado. Como não sabemos nada de Física apenas temos de averiguar quais são as grandezas físicas relevantes. Neste caso consideramos, além da altura, a aceleração da gravidade da terra g . Vamos então supor que v se escreve como um produto:

$$v = \alpha g^x h^y,$$

em que α é uma constante sem dimensões e x e y são expoentes a determinar. Para esta equação estar dimensionalmente correcta, o lado direito deve ter as dimensões de uma distância sobre tempo (L/T), ou seja, dimensionalmente:

$$LT^{-1} = (LT^{-2})^x L^y.$$

Daqui se tira facilmente que $x + y = 1$, e $-2x = -1$, ou seja

$$x = y = \frac{1}{2}.$$

Portanto obtivemos a expressão da velocidade que pretendíamos,

$$v = \alpha \sqrt{gh}.$$

Resta-nos determinar a constante α , que pode ser obtida quer experimentalmente, quer por uma análise detalhada do problema. Através desta relação funcional reduzimos a nossa ignorância à mera determinação de uma constante, o que não deixa de ser notável.

Suponhamos agora que, erradamente, considerávamos também a massa como uma grandeza relevante para este problema. Então a equação dimensional ficava:

$$LT^{-1} = (LT^{-2})^x L^y M^z.$$

Pode verificar-se directamente que $z = 0$, ou seja, a velocidade de queda de um corpo não depende da sua massa.

É claro que esta expressão só é válida se desprezarmos a resistência do ar. Se a considerássemos, teríamos novas grandezas na expressão da velocidade. Elas seriam a densidade do ar ρ , a massa do corpo m e a área eficaz exposta ao deslocamento A . Ou seja,

$$v = f(\rho, M, A, h, g).$$

Trata-se agora de um problema mais difícil de resolver pois temos 5 grandezas e apenas 3 equações: uma para o tempo, outra para o espaço e outra para a massa. Para estes casos existe um procedimento geral baseado no teorema π de Buckingham que permite obter relações entre quantidades adimensionais [2].

Podemos, no entanto, usar a intuição para reduzir a complexidade do problema. Por exemplo, devido agora à presença de uma forma de resistência que aumenta com a velocidade do corpo, a velocidade não pode aumentar indefinidamente. Logo a altura de queda, h , não deve entrar na expressão da velocidade a partir de um certo tempo. Após eliminarmos h não é difícil obter a seguinte expressão:

$$v \sim \sqrt{\frac{mg}{\rho A}}.$$

Podemos verificar que esta equação está correcta recordando que a força que um fluido exerce numa área A é ρAv^2 e que esta deve igualar a força gravítica mg . A esta quantidade chama-se velocidade terminal, que para o corpo humano está compreendida entre 150 a 200 km/h (Fig. 1). Recorde-se que a densidade do ar é cerca de 1 kg/m³.

A velocidade depende agora da massa mas não da altura. Isto significa que, na realidade, a velocidade do corpo aumenta inicialmente de acordo com a equação da queda dos graves, mas que, após algum tempo, ela irá estabilizar num valor constante.

Como $m \sim l^3$, em que l é a dimensão linear do corpo, e $A \sim l^2$, a velocidade terminal é proporcional a \sqrt{l} : se aumentarmos o tamanho de um objecto ele irá cair com uma maior velocidade. Por exemplo, um elefante, que tem uma dimensão linear cerca de 100 vezes superior à do rato, terá uma velocidade terminal 10 vezes maior.

Mais uma vez a nossa ignorância acerca de um fenómeno complexo fica reduzida apenas à determinação de uma constante.

Vejamos mais um caso não trivial: encontrar uma expressão para a frequência de vibração fundamental f , de uma estrela. Usando o diâmetro da estrela D , a sua densidade ρ e a constante de gravitação universal G , o leitor pode obter facilmente a seguinte expressão:

$$f = C\sqrt{\rho},$$



Fig. 1: Um paraquedista em queda livre atinge rapidamente a velocidade terminal.

em que $C = \alpha\sqrt{G}$. Ou seja, a frequência depende apenas da raiz quadrada da densidade e é independente do tamanho da estrela.

A semelhança mecânica

A análise dimensional é muito útil em engenharia para analisar processos que envolvem por vezes dezenas de grandezas físicas.

O teorema π de Buckingham estabelece a possibilidade de reescrever as equações que descrevem um dado fenómeno em função de quantidades adimensionais, em número sempre inferior à quantidade de grandezas físicas envolvidas no problema.

Ou seja, se tivermos um fenómeno descrito por uma relação funcional $f(q_1, q_2, \dots, q_n) = 0$, em que q_i são grandezas físicas quaisquer, podemos sempre encontrar uma relação $F(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m) = 0$, em que π_i são grandezas adimensionais, sendo que em geral $m = n - 3$.

Algumas dessas grandezas adimensionais são, por exemplo, o número de Reynolds ($Re = \rho lv / \eta$), em que ρ é a densidade do fluido e η a sua viscosidade.

A primeira vantagem de reescrever as equações com base em quantidades adimensionais é que reduzimos o número de variáveis no problema (normalmente ficamos com menos 3). Mas a principal vantagem talvez seja o facto de, ao reescrever as equações em função de grandezas adimensionais, podermos estabelecer semelhanças entre um modelo a escala reduzida e o protótipo real. Por exemplo, para estudar as forças exercidas pelo vento numa ponte é construído um modelo de dimensões reduzidas, tipicamente numa escala de 1:100, ou seja, uma ponte com 1 km é reduzida para 10 m. Para que os testes com o modelo sejam válidos é preciso conhecer a correspondência entre as forças exercidas no modelo e as correspondentes no protótipo. Se testarmos o modelo com valores das quantidades adimensionais iguais à realidade, e com as mesmas condições de fronteira, então teremos uma equivalência directa.

Neste caso há uma relação que pode ser facilmente extraída entre a força do vento exercida na ponte modelo e na ponte real.

Vejamos um outro exemplo. Se, num modelo de um arco feito de alumínio à escala de 1:3, é necessária uma força de 1 N para esticar a corda, que força será necessária aplicar num arco de aço de tamanho real? Como o módulo de Young E é dado por $E = F / P$, em que F é a força aplicada, temos que a relação de forças entre o protótipo e o modelo $K_F = F_{\text{prototipo}} / F_{\text{modelo}}$ é dada pela expressão:

$$K_F = K_E / K_l^2 = \frac{1}{5} \left(\frac{1}{3} \right)^2 = 0,02,$$

onde K_E é a relação dos módulos de Young entre o alumínio e o aço e K_l é a relação das dimensões lineares entre o protótipo e o modelo. Ou seja, teríamos de aplicar uma força de $1/0,02 = 50$ N.

Outras aplicações

Vamos agora ver algumas aplicações ao mundo da biologia. Por que razão um rato consegue sair ileso de uma queda de vários metros de altura enquanto um ser humano fica esmagado?

Vejamos quanto vale a força de impacto de um corpo de massa m com velocidade v ao chocar com uma superfície rígida:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv^2}{\Delta x}$$

onde usámos o facto de $\Delta t = 2\Delta x / \Delta v$ para um movimento uniformemente retardado, sendo Δx o valor da distorção linear provocada pelo embate do corpo.

Usando a lei de Hooke, $F = k\Delta x$, com k a constante de elasticidade do material, fica

$$F = \sqrt{km} v.$$

Usando a equação da velocidade terminal de um corpo em queda, a força fica proporcional ao quadrado das dimensões lineares do corpo ($F \sim l^2$) - lembremos que $m \sim l^3$.

Resta-nos saber como medir a taxa de destruição provocada por uma força num ser vivo. Iremos considerar a distorção percentual $\Delta x / l$ no corpo do animal para medir o seu "esmagamento". Então:

$$\Delta x / l = \frac{F}{kl} = \sqrt{\frac{m}{k}} l.$$

Ou seja, quanto maior for o animal, mais será ele "esmagado". Um animal com o dobro do peso terá dimensões lineares $\sqrt[3]{2} = 1,26$ vezes maiores, ou seja um "esmagamento" 26 por cento maior. Deixo para o leitor a tentativa de explicar por que razão as crianças se magoam relativamente menos que os adultos numa queda.

Um outro exemplo interessante é perceber por que razão os animais nos climas frios tendem a ser maiores que nos climas mais quentes. A razão é que a perda de calor dos animais é essencialmente proporcional à superfície enquanto o calor gerado é proporcional ao volume. Logo a relação entre o calor gerado e o calor perdido é dada por volume/área = $l^3 / l^2 = l$. Ou seja, animais maiores perdem percentualmente menos calor.

Façamos finalmente uma aplicação a um problema de condução de calor. Consideremos o problema de saber o tempo necessário para arrefecer (ou aquecer) um corpo a

uma temperatura no seu centro T_o , quando a sua superfície está à temperatura T_s . A relação que se obtém é:

$$f\left(\frac{T_o}{T_s}, Fo, Bi\right) = 0$$

em que $Fo = at / l^2$ é o número de Fourier e $Bi = hl / k$ é o número de Biot. As constantes são a difusividade térmica a , a condutividade térmica k , e o coeficiente de transferência térmica h . Ou seja, dimensionalmente pode escrever-se uma equação para o tempo da forma:

$$t = \frac{l^2}{a} f_1\left(\frac{T_o}{T_s}, Bi\right).$$

Podemos agora responder à questão de quanto tempo mais leva um corpo a arrefecer em relação a um outro nas mesmas condições mas de tamanho diferente. O tempo de arrefecimento é proporcional a l^2 . Vamos ver o caso do arrefecimento do nosso planeta. Suponhamos que uma esfera de 1 m de raio, com uma composição grosseiramente idêntica à da Terra, leva cerca de 10 h para que a temperatura seja apenas 90 por cento inferior à temperatura do centro, ou seja $T_s/T_o = 0,9$. Então, para o centro da Terra (raio de 6400 km) arrefecer até 90 por cento da temperatura da superfície levaria o tempo $10 (6,4 \times 10^6)^2 = 4,1 \times 10^{14}$ horas. O que daria 46,7 mil milhões de anos. Como a Terra tem apenas cerca de 4 mil milhões de anos, podemos ficar descansados que tão depressa não ficaremos enregelados!

Leis de escala no mundo biológico

Sabe-se empiricamente que, com um bom grau de aproximação, quase todas as grandezas referentes aos seres vivos (chamemos-lhes X , que pode ser a força, o ritmo cardíaco, a taxa metabólica, etc.) variam com a sua massa da seguinte forma [2, 3, 4]:

$$X = \alpha m^{\pm\gamma}$$

em que $\gamma = 1/4$ ou $3/4$.

Com base nesta relação vamos tirar algumas conclusões. Vejamos por que razão uma formiga consegue levantar várias vezes o seu peso, enquanto um ser humano não. Um animal de massa m possui uma força dada por

$$F = c_1 m^{3/4}$$

e é menos que proporcional à massa do animal. Usando o facto de um homem poder suportar duas vezes o seu próprio peso, determinamos a constante $c_1 = 60$.

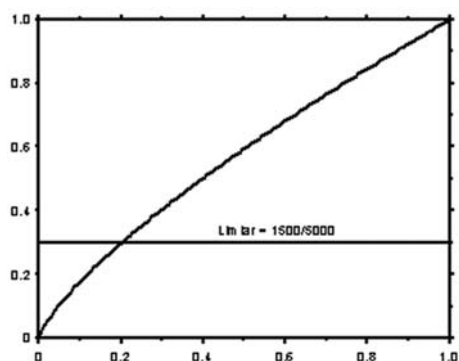


Fig. 2: Quociente entre a potência necessária para voar e a potência exercida por um animal em função da sua dimensão linear. A linha horizontal marca o limiar acima do qual o animal não poderá voar.

Uma formiga de massa $m = 0,1$ g terá uma força de $0,06$ N. Como o seu peso é $0,001$ N, ela consegue exercer uma força de cerca 60 vezes o seu peso! É por esta razão que, em geral, os campeões de ginástica são pessoas relativamente pequenas.

Note que estas relações não são exactas. Elas resultam de interpolações empíricas numa gama de massas de várias ordens de grandeza. Devem por isso ser aplicadas com algum cuidado, sobretudo quando se fazem extrapolações. Por exemplo, o elefante africano é o maior animal terrestre, com uma massa da ordem dos 5000 kg. Usando a expressão anterior, a força que ele pode exercer é cerca de $35\,000$ N, ou seja apenas 70 por cento do seu peso - ele não seria capaz de se sustentar!

O maior animal terrestre, o braquiosauro, que viveu no período Jurássico há 140 milhões de anos, pesava cerca de $80\,000$ kg. Segundo a nossa expressão, este animal devia ser capaz de exercer uma força de $28\,000$ N, ou seja apenas 30 por cento do seu peso. Embora se possa aceitar que o elefante seja capaz de se sustentar com uma força de 70 por cento do seu peso, muito provavelmente o braquiosauro não poderia fazê-lo. Daí a hipótese de esta ter sido uma criatura semi-aquática, usando a impulsão da água para suportar parte do seu enorme peso [5].

Vejamos agora, por exemplo, qual é o peso máximo que um animal pode ter para ser capaz de voar de uma forma auto-sustentada. Para massas inferiores a 100 kg, a velocidade máxima de um animal depende das suas dimensões lineares da forma [6]:

$$v_{\max} = 8m^{0.16} \sim 25\sqrt{1} \text{ m/s}.$$

Dado que a força que um animal exerce é $F = c_1 m^{3/4}$, a

potência máxima de um animal é dada então por

$$P = Fv = c_1 l^{9/4} v \sim 1500 l^{11/4}$$

É conhecido empiricamente que a potência necessária para suportar uma estrutura voadora depende das suas dimensões lineares de acordo com a expressão [2]:

$$P \sim 5000 l^{7/2}$$

Combinando estas duas últimas expressões concluímos que terá de haver um limite para as dimensões lineares, dado por $l^{3/4} = 1500/5000$ (Fig. 2).

Resolvendo, obtemos a dimensão linear máxima que um animal pode ter para ser capaz de voar, $l = 0,20$ m. Para uma densidade de $0,5$ g/cm³ esse valor corresponde a um peso de 4 kg. Podemos ainda concluir que quanto menor for o animal mais facilidade terá em voar, como é o caso dos insectos.

Vamos terminar considerando ainda o que aconteceria se a gravidade da Terra fosse 10 vezes maior. Tomemos, por exemplo, o caso do coração. Como a potência necessária para bombear um caudal de fluido Q a uma altura h é $P = \rho g Q h$, se a gravidade fosse 10 vezes maior teríamos de ter um coração dez vezes mais potente. Ou seja um coração $10^{4/3} \approx 21$ vezes maior lembre-se da expressão que relaciona a força com a massa. O leitor pode tentar determinar como se deviam alterar as proporções do corpo nesta hipotética gravidade - seríamos nós mais baixos e mais robustos? Devíamos ter uma massa óssea percentualmente maior?

REFERÊNCIAS:

- [1] Barnes, G., *Physics Teacher*, Abril, 234 (1989); Lin, H., *American Journal Physics* **50**, 62 (1982).
- [2] Szirtes, T., e Rozsa, P., *Applied Dimensional Analysis and Modeling*, McGraw Hill (1997).
- [3] *New Scientist*, 403, 3/Abril (1999).
- [4] McMahon, T., e Bonner, J., *On Size and Life*, Scientific American Books, New York (1983).
- [5] Colbert, E. H., *Amer. Mus. Novitates*, 2076, 1 (1962).
- [6] T. Garland, *J. Zool., Lond.* 199, 157 (1983).

o seu portal de ciência
e cultura científica



WWW.MOCHO.PT

"Podemos e devemos tratar a educação como uma ciência. Eu encaro os dados das minhas experiências laboratoriais da mesma maneira que trato os resultados das minhas aulas, que também são um laboratório", afirma Eric Mazur, professor de Física na Universidade de Harvard, criador de um método "experimental" de ensinar que "devolve" aos alunos a decisão de estabelecer os conteúdos da aula seguinte. Tendo abandonado a dada altura os métodos tradicionais de transmissão de conhecimentos, Mazur rompeu com a ideia, adoptada em todo o mundo, de que "as aulas de ciências são transferência de informação". Retirou a transferência de informação da sala de aula dizendo aos alunos, por exemplo, coisas tão simples como estudarem um assunto em casa para posteriormente o discutirem na aula. Recorrendo à chamada aprendizagem conceptual, faz com que os alunos se tornem os seus próprios professores. Para estes está, segundo Mazur, reservado o papel do "treinador": "Ensinar é apenas ajudar a aprender e é esse o meu papel como professor".

Entrevistado por:
CARLOS FIOLHAIS e CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.us.pt

Eric Mazur, professor de Física na
Universidade de Harvard

"ENSINAR É APENAS AJUDAR A APRENDER"

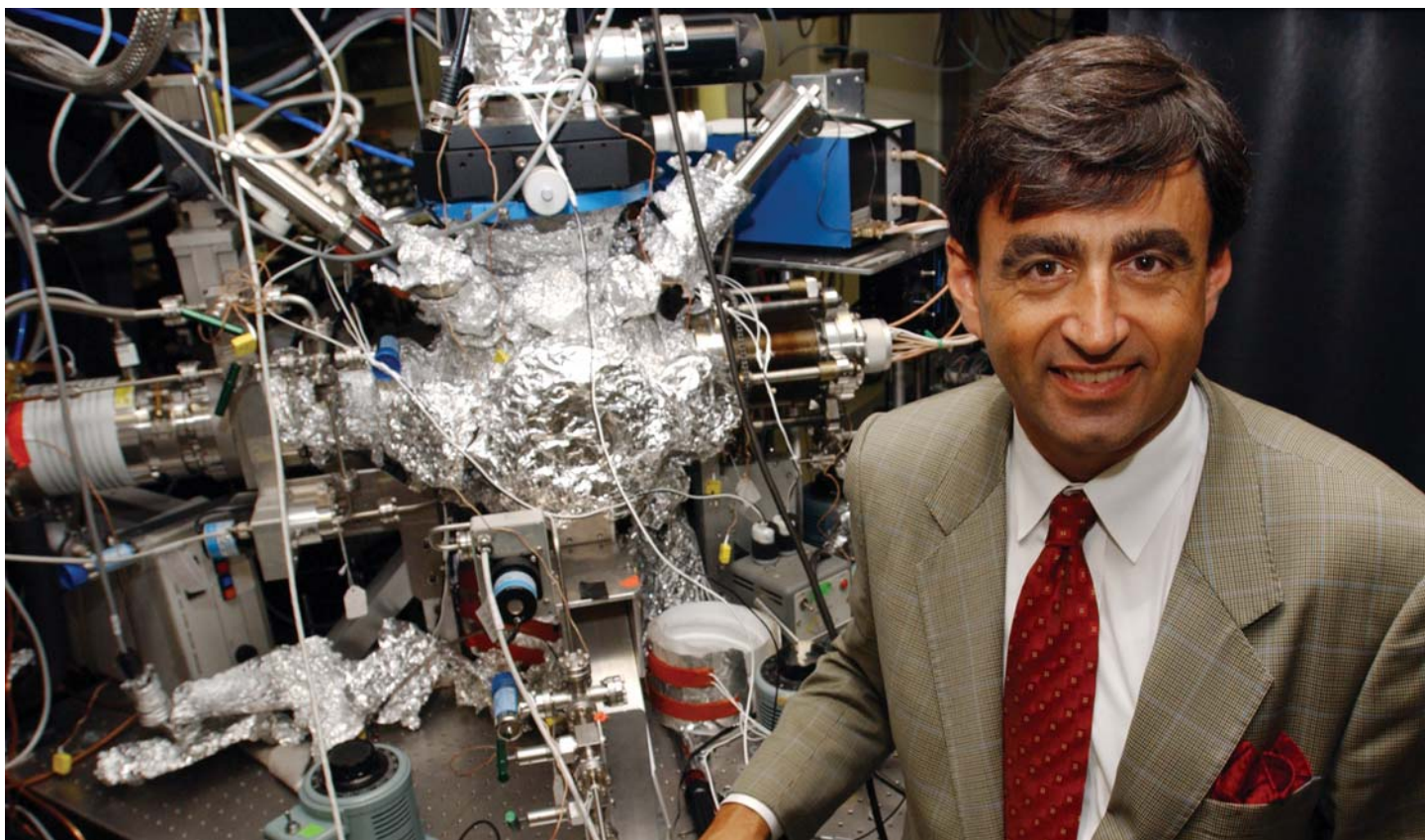
Gazeta de Física - É verdade que os seus alunos costumam atribuir-lhe boas notas? E como consegue isso?
Eric Mazur - Quando comecei a ensinar, em 1984, ensinava tal como eu próprio tinha sido ensinado. Afinal, que outras formas há de ensinar? É natural, foi como nós aprendemos e, além disso, temos tendência para projectar a nossa própria experiência nas pessoas que nos rodeiam. O que pensamos é: "Eu aprendi assim e, por isso, eles também devem aprender assim". Ao fazer isto, acho que se cometem dois erros. Se olhar para a forma como fui ensinado percebo que aprendi, não devido a esse ensino, mas apesar dele.

P. - É o método tradicional, com recitações. O professor fala e os alunos ouvem...

R. - Exacto, usa-se isso nas igrejas... É um método muito antigo!

P. - A diferença é que, nas igrejas, por vezes funciona!

R. - Hum... Esse é o primeiro erro. O segundo erro é que a maioria dos alunos são diferentes de nós, e nem todos vão ser professores de Física. Interessam-se por coisas totalmente diversas, pois querem ser médicos, engenheiros, homens de negócios ou políticos e não têm a mesma inclinação para a Física. Penso que estes são os erros típicos em que incorremos quando começamos a ensinar.



Stephanie Mitchell/Harvard News Office, © 2001 President and Fellows of Harvard College.

P. - Como é que mudou os seus métodos de trabalho?

R. - Não mudei imediatamente porque considerava que estava a ensinar bem. Os meus alunos tinham boas classificações nos exames e também me atribuíam boas notas no inquérito final de avaliação dos professores...

P. - Então o método tradicional funcionava bem...

R. - Tinha quatro e meio numa escala de cinco. Era a nota mais alta na área de Física.

P. - Em suma, os alunos estavam satisfeitos e o professor também...

R. - Exactamente! E era por isso mesmo que eu achava que estava a fazer um bom trabalho. Seis anos mais tarde, colegas da Califórnia mostraram-me artigos sobre testes com questões muito fáceis. Por exemplo: "Um carro colide com um camião. A força exercida pelo camião sobre o carro é maior ou menor que a força do carro sobre o camião?". A confusão era grande.

P. - Está a sugerir que os professores faziam perguntas aos alunos que eles próprios não compreendiam bem?...

R. - Exacto. Os dados recolhidos nesse estudo são muito interessantes. Se colocar essa questão no início e

no fim do semestre a diferença entre o padrão de respostas é quase nula. Mais, se a analisar pela forma como os alunos são instruídos também não há diferença...

Por exemplo, o autor daquele artigo, David Hestenes, deu o teste a três grupos. O primeiro consistia em turmas com professores premiados. O segundo grupo compreendia turmas com professores com uma classificação muito baixa.

P. - Os maus professores...

R. - Sim, os maus professores. Finalmente, o terceiro grupo consistia em professores com turmas pequenas (até 20 alunos). Se compararmos a evolução nos vários grupos ao longo do semestre verificamos que não há diferença. Por outras palavras, os alunos não aprendem muito numa aula convencional (passiva), independentemente da forma como se ensina.

P. - Os resultados não dependiam da forma como se ensinava?!"

R. - Bem, eu li aquilo e interroguei-me: passar-se-á o mesmo com os meus alunos? Depois, lembro-me de ter pensado: "Não pode ser verdade! E muito menos com os meus alunos de Harvard!". Decidi mostrar a esse

autor que a situação era diferente com os meus alunos. Dei-lhes o teste e notei de imediato que havia algo de errado com a minha turma. Logo no início uma aluna perguntou: "Prof. Mazur, como é que respondo a estas perguntas? De acordo com o que ensinou ou de acordo com aquilo que eu penso?". Olhei para ela e pensei: "Qual é a diferença?". É claro que os alunos de Harvard são melhores do que um aluno médio americano, mas mesmo assim...

P. - Eram alunos de Física?

R. - Não, eram alunos de Engenharia e Medicina. Mas a melhoria não era significativa. Tiveram uma evolução de 8 por cento, 70 por cento no início do semestre e 78 por cento no final. Ora, vendo o teste era de esperar que os meus alunos tivessem 100 por cento e, por isso, fiquei perplexo. A minha primeira reacção foi pensar que havia algo de errado com o teste. Não sabia o que pensar. Por um lado, os meus alunos tinham boas notas em exames muito mais complexos, com integrações, derivações...

P. - Talvez fosse pelo facto de serem conteúdos mais familiares enquanto as outras questões eram novas...

R. - Bem, a questão mais difícil era a do camião e do carro! De facto, não sabia o que fazer e comecei a pensar noutros sinais dos alunos durante a minha carreira docente. Alguns atribuíam-me uma nota alta no questionário mas punham observações do género "A Física é uma seca!". Um outro aspecto que nos remete para os sermões nas igrejas é o seguinte. No primeiro ano em que leccionei decidi dar aos alunos um livro diferente do que eu usava para preparar as aulas. Escrevia cerca de 12 páginas de notas que entregava aos alunos no final da aula para que estivessem com mais atenção ao que eu dizia do que às notas que tomavam. Mas cerca de seis semanas mais tarde alguns alunos começaram a pedir-me que entregasse os apontamentos no início da aula para que não tivessem de escrever tanto: copiavam tudo o que eu escrevia no quadro! Alguém disse uma vez que o método das aulas é o processo pelo qual os apontamentos do professor são transferidos para os cadernos dos alunos sem que a informação passe pelo cérebro de nenhum deles.

Nessa altura decidi entregar as notas no início das aulas, mas os alunos continuavam a escrever nas margens... No ano seguinte voltei a leccionar a mesma disciplina e decidi que era mais prático entregar o conjunto completo dos apontamentos, em vez de os entregar em cada aula. No final do semestre cerca de 12 alunos (150 no total) escreveram no questionário de avaliação que "o prof. Mazur dá as aulas pelos apontamentos"! Bem vistas as

coisas, eles tinham razão. Se pensarmos bem, 99,9999 por cento das aulas de ciências em todo o mundo são transferência de informação.

Devo salientar dois pontos. O primeiro é que a educação é mais do que transferência de informação, é um processo em que desenvolvemos um modelo mental para assimilar essa informação. Mas numa aula convencional não há tempo para pensar, espera-se que essa assimilação seja feita após a aula. O segundo ponto tem a ver com as tecnologias de informação. Não estou a falar de computadores mas da invenção de Gutenberg, há quinhentos anos.

P. - Os livros.

R. - Sim, mas antes de haver livros a transmissão de conhecimentos de uma geração para a outra era feita oralmente, como hoje nas aulas. Depois vieram os livros, e os livros são uma boa fonte de informação, mas passámos a lê-los aos alunos nas aulas. É ridículo! Se eu fosse professor de Literatura, por exemplo, não diria aos alunos que na aula seguinte iríamos ler "*Sonho de uma Noite de Verão*" mas sim que o lessem antes da aula. Assim, decidi que a primeira coisa que iria fazer seria retirar a transferência de informação da sala de aula. O que agora faço é dizer aos meus alunos que estudem um assunto em casa para posteriormente o discutirmos na aula.

P. - E os alunos fazem isso?

R. - Têm de fazer. Esse trabalho representa 20 por cento da nota final. Mas voltemos atrás. Uma vez estudado determinado assunto, posso explicar aos alunos o seu significado.

P. - A chamada aprendizagem conceptual.

R. - Exactamente. E faço-o usando uma técnica a que chamamos "Peer Instruction".

P. - Mas essa técnica não é nova...

R. - Não, de facto não se trata de uma novidade mas eu também não sabia nada da literatura especializada sobre a aprendizagem colaborativa... Só conhecia Sócrates! O que se passou numa aula foi o seguinte. Estava a discutir o teste conceptual com alguns alunos e a tentar explicar alguns problemas. Expliquei-os durante dez minutos e percebi pelas expressões deles que não estavam a entender. Pelo contrário, estavam ainda mais confusos. Eu não sabia o que fazer, não sabia explicar melhor. Resolvi então dizer-lhes para discutirem as suas dúvidas com o colega do lado e fiquei surpreendido com a agitação que se criou. De repente estavam todos a falar uns com os outros. Decidi formalizar este procedimento e o que faço hoje em dia é isso mesmo. Digo aos alunos para estudarem

antes da aula, depois faço uma breve introdução (não mais de cinco minutos senão eles adormecem) e coloco uma pergunta (a que chamo teste conceptual) no retro-projector. São perguntas conceptuais que não se podem resolver por equações. Por exemplo, há um barco no lago com uma pedra dentro. Se tirarmos a pedra o que acontece ao nível da água do lago? É uma questão contra-intuitiva, temos de perceber bem o Princípio de Arquimedes. Os alunos têm um minuto para pensar sobre a pergunta e em seguida votam na opção que consideram correcta (uso cartões com as letras A, B, C, etc.).

P. - Como em alguns programas de televisão...

R. - Hoje em dia utilizamos WAP e infravermelhos na votação. Depois de ver os resultados no ecrã peço a cada aluno que tente convencer o colega mais próximo de que a sua resposta está correcta. E quem vai conseguir ser mais persuasivo? A pessoa que compreendeu a pergunta. Ainda mais importante é que o aluno consegue explicar determinada questão ao colega melhor do que o professor, porque quanto mais se sabe sobre um assunto, mais difícil se torna explicá-lo, mais depressa se esquecem as dificuldades conceptuais.

P. - Então os alunos tornam-se os seus próprios professores.

R. - Sim.

P. - E qual é o papel que resta para o professor?

R. - O professor é o treinador. Concluindo, os alunos discutem o problema durante mais dois minutos e votam novamente. O que acontece é incrível: o número de respostas correctas aumenta consideravelmente. E no final do semestre a aprendizagem conceptual também melhorou.

P. - E o que acontece à capacidade de resolver um problema tradicional?

R. - Aí está uma boa questão. O que eu faço é falar sobre um assunto durante cinco minutos, apresento uma questão aos alunos e assim sucessivamente. Os alunos não podem adormecer nas minhas aulas, pois são permanentemente solicitados. Um outro aspecto importante é o *feedback* que obtenho com este método. Consigo ver imediatamente se os alunos estão confusos, se estão a compreender, etc.

P. - Estão "controlados"...

R. - Mais do que isso, existe uma reacção observável da parte dos alunos. Antes de prosseguirmos, deixem-me responder melhor a duas questões anteriores: o papel deixado ao professor e a resolução tradicional de problemas.

Em primeiro lugar, nos questionários de final de semestre já não há um único aluno que escreva "O Prof. Mazur dá as aulas pelos apontamentos." Agora escrevem "O Prof. Mazur não nos ensina nada! Temos de ser nós a descobrir". Quando li esses comentários fiquei algo magoado. Tinha alterado o meu método de ensino, colocado problemas novos e agora os alunos diziam que eu não ensinava?!... Mas depois comecei a reflectir sobre o que era ensinar. Em holandês, a minha língua materna, a mesma palavra significa ensinar e aprender, mas são coisas distintas, pois aprender não é necessariamente uma consequência de ensinar. Ensinar é apenas ajudar a aprender e é esse o meu papel enquanto professor.

P. - Então resta alguma coisa para o professor fazer!

R. - Sem dúvida! Quanto à resolução de problemas tradicionais, a resposta é simples: não uso nenhuns nas minhas aulas.

P. - Mas os seus alunos têm de aprender a calcular integrais, não têm?

R. - Claro. Eles têm de saber resolver problemas. Um engenheiro tem que saber projectar uma ponte e fazer os cálculos correctos. Fiz alguns testes para verificar a eficácia da aprendizagem conceptual. Preparei exames com problemas tradicionais e outros com questões conceptuais sobre o mesmo tema para verificar se resolver problemas significava compreendê-los e vice-versa. O que verifiquei foi que os alunos podem resolver problemas com facilidade sem os compreender. Descobri que se saem muito melhor nas questões conceptuais porque lhes dou ênfase nas aulas. Mas em relação à tradicional resolução de problemas não houve melhorias significativas. Por outras palavras, a compreensão dos problemas contribui para a sua resolução, mas a resolução de problemas não é indicador de uma boa compreensão.

P. - E o que pensa o Director da faculdade sobre o seu método?

R. - Em Harvard, basicamente cada professor goza de autonomia. Posso fazer o que achar melhor nas aulas, desde que não haja queixas dos alunos.

P. - Neste momento sente que o seu trabalho é apreciado em Harvard, não só pelos seus alunos mas pelos outros professores?

R. - Sim, é verdade. Em Harvard há professores assistentes, associados e titulares. Eu já era professor titular, depois passei a presidente e fui distinguido com o título de Professor Universitário de Harvard - só foram atribuídos 12 - como reconhecimento pelo meu trabalho.

P. - Pensa que seria possível fazer algo semelhante aqui?

R. - Como não conseguia estar presente em todas as conferências para que era convidado, escrevi em 1997 um livro que foi um grande sucesso. Professores do mundo inteiro quiseram lê-lo. Fizemos 2500 inquéritos na Internet, aos quais 700 pessoas responderam e descobrimos gente em todo o mundo que tinha lido o livro e o tinha aplicado nas suas aulas em vários domínios como Química, Astronomia, Física... Ou seja, quase um terço das pessoas a quem foram enviados os inquéritos tinham lido ou utilizado o livro. Além disso, estes resultados desconstuíram a ideia que eu tinha de que este tipo de testes só era útil no caso específico de alunos universitários, principalmente aqueles com mais dificuldades. Hoje em dia já existem livros de testes conceptuais com materiais de Astronomia, de Química e de Matemática. Uma outra questão é a de saber quem beneficia com este método na aula. Será que os melhores alunos não se sentem aborrecidos? Entrevistei alguns alunos e verifiquei que muitos dos melhores alunos estavam entusiasmados com os meus métodos. Como um dos alunos disse, quem beneficia mais são aqueles que aprendem ao ter de explicar aos outros colegas.

P. - Falou de questões conceptuais mas não referiu experiências ou simulações. Também as fazem nos vossos cursos?

R. - Sim. Aliás, eu adoro demonstrações, sou um experimentalista! Nos últimos três anos, temos analisado a eficácia das experiências.

P. - São poderosas, do ponto de vista didáctico.

R. - Sim, mas mais como motivadores. Por exemplo, no início do semestre fazemos algumas demonstrações. No fim, os alunos lembram-se dos resultados dessas demonstrações não pelo que tinha sido mostrado mas de acordo com a sua compreensão. Por isso, se eles tiverem um modelo conceptual errado irão ajustar a memória a esse modelo. Dou um caso concreto. Fazemos uma experiência com duas balanças, uma placa e um objecto no meio. Se mover o objecto para um lado, ou outro, os valores das balanças variam. Há alunos que pensam que a placa distribui o peso do objecto pelas duas balanças, independentemente do sítio onde se coloca o objecto... E, de facto, no final do semestre há alunos que, questionados sobre o resultado da experiência referida, escrevem "como demonstrado na aula, o peso não se altera movendo o objecto de um lado para o outro"! Eles têm um modelo conceptual errado.

P. - Nós vemos aquilo que pensamos que estamos a ver...

R. - Exacto. O cérebro armazena melhor modelos do que factos. Por isso, o que fazemos em Física é trabalhar com modelos. Nunca mostro só a experiência. Primeiro coloco a questão conceptual, "Temos duas balanças e um objecto em cima de uma placa. O que acontece se mover o objecto?" Falo sobre a experiência, ouço as opiniões dos alunos, faço uma votação dos resultados e volto a questioná-los. Nesta altura, já estão ansiosos por ver a experiência! Temos de integrar a experiência e não mostrá-la isoladamente.

P. - E qual é a importância das tecnologias de informação no seu trabalho?

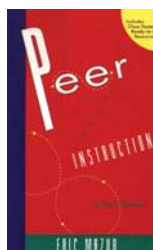
R. - Eu acho que as tecnologias de informação não são uma poção mágica. A maior invenção neste domínio foi há 500 anos com Gutenberg.

P. - Mas concorda que podem ser úteis?...

R. - Podem ser úteis mas também perigosas, no sentido em que as pessoas podem pensar que adaptando material antigo às novas tecnologias conseguem um melhor ensino. O importante é usar as novas tecnologias para fazer algo que de outra forma fosse impossível.

P. - O senhor é um cientista, um físico, e agora está envolvido em pedagogia. Acha que a educação é uma ciência, no sentido tradicional da palavra?

R. - Tenho que lhe dizer que fiquei fascinado com a pedagogia e a psicologia do ensino-aprendizagem e passei a respeitar muito mais os meus colegas do departamento de Psicologia. É uma ciência? Penso que podemos e devemos tratar a educação como uma ciência. Eu encaro os dados das minhas experiências laboratoriais da mesma maneira que trato os resultados das minhas aulas, que também são um laboratório.





Centro de Física Computacional

Partículas e Campos
Matéria Condensada
Geofísica
Ensino e História das Ciências

Escola de Física Computacional

Departamento de Física
Universidade de Coimbra
3004-516 Coimbra

<http://cfc.fis.uc.pt>
Tel: 239410600
Fax: 239829158

CENTRO DE FÍSICA DAS INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS

Instituto Superior Técnico

> Projecto de Investigação em Física de Partículas, Física Nuclear, Física Hadrónica, Física da Matéria Condensada, Relatividade e Cosmologia, Geometria Diferencial e áreas afins.

> Teses de Mestrado e Doutoramento com uma formação internacionalmente competitiva.

> 33 membros doutorados

Visite a nossa página <http://cfif.ist.utl.pt>

6ª Reunião Ibérica sobre Física Atómica e Molecular

Física Aplicada em Badajoz

NASA quer provar que os seus astronautas... foram à Lua

Workshop da ESA com professores primários

Recorde de campos magnéticos em laboratório

Desaparecimento de anti-neutrinos dos reactores

Simulações quânticas com variáveis contínuas

A velocidade da gravidade

Electroencefalogramas não invasivos

A física do arremesso de pedras

Prémios Nobel da Física contra guerra ao Iraque

FÍSICA NO MUNDO

6ª REUNIÃO IBÉRICA SOBRE FÍSICA ATÓMICA E MOLECULAR

Realiza-se de 9 a 11 de Julho do corrente ano, em Madrid, a 6ª Reunião Ibérica sobre Física Atómica e Molecular (IBER 2003). O encontro integra-se nas comemorações do centenário da Real Sociedad Española de Física e da Real Sociedad Española de Química (Bienal 2003), que decorrem, por seu turno, entre 8 e 11 do mesmo mês.



Esta última reunião é presidida pelo Rei Juan Carlos e o respectivo programa compõe-se de dois eventos distintos. No primeiro (7 e 8 de Julho) intervirão vários galardoados com o Nobel da Física (M.Gell-Mann, C. Cohen-Tanoudji, S. Glashow) e Química (Richard Ernst, Harold Kroto e Jean Marie Lehn). A segunda fase do encontro (9 a 11) é preenchida com sessões paralelas, agrupadas por áreas temáticas, uma das quais é o IBER 2003. Para informações mais detalhadas, os interessados podem consultar:

www.centenario-bienales.com

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 APLICADA EM BADAJOZ

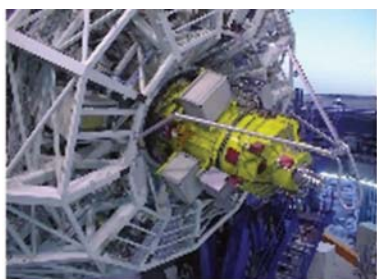


O IV International Meeting on Applied Physics (APHYS 2003) vai realizar-se de 14 a 18 de Outubro próximo na cidade espanhola de Badajoz. Entre os tópicos a abordar nesta reunião interdisciplinar incluem-se os seguintes: nanociências e tecnologias; materiais, ciência e engenharia; engenharia biomédica e biomateriais, ciência e engenharia; biofísica, física biológica e médica; física computacional; e radiações físicas, física e química nuclear aplicada e protecção radiológica. Estão ainda previstos vários *workshops*, nomeadamente: microscopia moderna aplicada em investigação de biofísica molecular e celular; bioengenharia de sólidos não cristalinos; e protecção ocupacional contra radiações.

Para mais informações ou inscrições, consultar:

<http://www.formatex.org/aphys2003/aphys2003.htm>.

OS ASTRONAUTAS FORAM À LUA?



A agência espacial norte-americana, NASA, anunciou recentemente a sua intenção de provar cientificamente que os seus astronautas desceram efectivamente na Lua, dirigindo para a superfície do

satélite da Terra o maior telescópio do mundo (o VLT, situado no Chile). O objectivo seria, basicamente, ver os restos dos módulos lunares e, assim, pôr definitivamente uma pedra sobre uma polémica que se arrasta desde que o primeiro homem alunou, em 1969.

A notícia não podia deixar indiferentes os participantes nos grupos de discussão animados no âmbito da The Planetary Society-Portugal, que formularam comentários jocosos sobre o assunto. "Se isso é verdade, acho triste a NASA estar a perder tempo com esse tipo de atitudes. Não é por o VLT obter provas irrefutáveis que essa minoria de pessoas irá alterar o seu cepticismo", escreve um dos sócios.

Mais analítico, outro sócio manifesta dúvidas quanto à possibilidade de se chegar a qualquer conclusão irrefutável:

"Vamos lá é ver se o VLT tem resolução para ver as partes inferiores dos módulos lunares. Não é uma tarefa nada fácil. O limite de Dawes para um telescópio como o Keck, por exemplo, é de 0,012 segundos de arco. Ora, como a Lua está a 385 mil quilómetros e o módulo lunar tem 4 metros de diâmetro, significa que o telescópio tem que ter uma resolução de 0,002 segundos de arco para ver alguma coisa. Ora isto está para além da capacidade do Keck ou mesmo do VLT. Calculo, no entanto, que estejam a pensar no modo de interferómetro (VLTi) para chegar a tal resolução. Será um grande desafio técnico".

Mais informação em:

http://7mares.terravista.pt/tps_portugal ou através de tpsportugal@mail.pt.

WORKSHOP DA ESA COM PROFESSORES PRIMÁRIOS

A Agência Espacial Europeia (ESA) realizou nos passados dias 3 e 4 de Março um *workshop* subordinado ao tema "Teach space in primary education", dirigido especialmente a professores dos primeiros níveis de ensino. A reunião teve lugar no European Space Research

and Technology Centre (ESTEC), de Noordwijk, na Holanda.

Para mais informações sobre esta iniciativa, consultar:

http://www.esa.int/export/esaHS/ESA05X7708D_education_0.html.



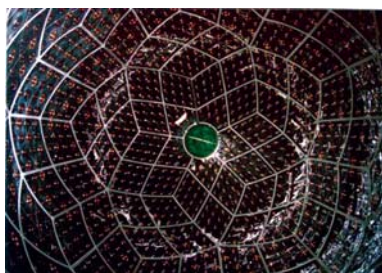
RECORDE DE CAMPOS MAGNÉTICOS EM LABORATÓRIO

Campos magnéticos muito elevados (de quase um Gigagauss) foram registados em laboratório ao fazer incidir um feixe laser intenso sobre um plasma denso, aumentando assim a possibilidade de recriar laboratorialmente certos fenómenos astrofísicos. No último encontro da APS Division of Plasma Physics, em Orlando (EUA), investigadores do Imperial College de Londres e do Laboratório Rutherford Appleton, no Reino Unido, relataram a medida de campos magnéticos extra-fortes - centenas de vezes mais intensos do que quaisquer outros criados até agora em laboratórios terrestres e até um milhão de milhão de vezes mais fortes do que o campo magnético natural do nosso planeta. Esses fortes campos magnéticos em breve permitirão aos investigadores recriar nos seus laboratórios condições astrofísicas extremas, como as atmosferas de estrelas de neutrões e de anãs brancas.

No laboratório Rutherford Appleton (em Oxford), os investigadores da experiência Vulcan lançaram impulsos intensos de laser durante alguns picosegundos sobre um plasma denso.

Os campos magnéticos resultantes foram da ordem dos 400 Megagauss. Para determinar o valor dos campos, os investigadores mediram a polarização da luz de alta frequência emitida durante a experiência. Medições apresentadas na referida conferência sugeriam que o campo magnético mais elevado na região mais densa do plasma se aproximava de 1 Gigagauss. Devido aos avanços tecnológicos, os picos das intensidades laser devem aumentar ainda mais e, conseqüentemente, possibilitar o aparecimento de campos magnéticos mais elevados. (ver Tatarakis *et al.*, Nature, 17 Janeiro 2002)

DESAPARECIMENTO DE ANTI-NEUTRINOS DOS REACTORES



O desaparecimento de anti-neutrinos de reactores nucleares, registado por um detector no Japão, sustenta a ideia de que os neutrinos oscilam de um tipo para o outro e que possuem massa. Os reactores nucleares produzem várias coisas: calor, electricidade, barras de combustível usado e neutrinos. Os neutrinos (ou, para ser mais exacto, os anti-neutrinos electrónicos) são o resultado de reacções de cisão no núcleo do reactor. Mas alguns dos anti-neutrinos electrónicos, uma vez em movimento através da Terra, manifestam um dos mais estranhos fenómenos da Física, nomeadamente a capacidade de existir como um composto de várias sub-espécies. Isto é, aquilo a que chamamos neutrino são realmente vários (talvez três) neutrinos. Em qualquer ponto da sua trajectória o neutrino genérico pode (se o capturarmos nessa altura) parecer um neutrino

electrónico, mas mais adiante pode parecer um neutrino muónico. Neste caso iludiria os detectores sintonizados para detectar apenas neutrinos electrónicos.

O detector Kamioka Liquid Scintillator Anti-Neutrino (KamLAND) foi construído para verificar esta estranha forma de existência. O aparelho, basicamente um enorme reservatório de líquido opticamente activo visionado por inúmeros fototubos, procura interacções em que um neutrino recém-chegado atinge um próton, criando no seu lugar um par neutrão-positrão detectável.

O KamLAND encontra-se num laboratório subterrâneo em Toyama, Japão. É uma espécie de telescópio que não perscruta galáxias no céu mas, em vez disso, faz observações de um bloco de crosta terrestre procurando o calor dos neutrinos libertado por um conjunto de 69 reactores no Japão e na Coreia. Tendo em conta as leis da Física subjacentes às reacções nos núcleos dos reactores, os valores conhecidos de energia para os reactores e as distâncias reactor-detector e a duração da experiência (145 dias), estaríamos à espera de ver 86 eventos verdadeiros, quando eles efectivamente foram 54. Os investigadores concluíram que o desaparecimento dos eventos se deve à oscilação dos neutrinos.

Este resultado é uma confirmação da pesquisa sobre oscilação empreendida com neutrinos solares em detectores como o Super Kamiokande, no Japão, e no Sudbury Neutrino Observatory (SNO), no Canadá. Mas a produção de neutrinos num reactor é mais prática e melhor compreendida do que no caso do Sol. A descoberta do KamLAND também serve para limitar as explicações teóricas da personalidade múltipla do neutrino (Eguchi *et al.*, artigo submetido à Physical Review Letters e

<http://hep.stanford.edu/neutrino/KamLAND/KamLAND.html>).

SIMULAÇÕES QUÂNTICAS COM VARIÁVEIS CONTÍNUAS

Aprofundando os esforços para responder a perguntas difíceis sobre o mundo quântico, um computador de ratoeira de iões consegue simular até que ponto as regras da mecânica quântica afectam as variáveis contínuas de uma partícula microscópica, como a posição e o momento. Actuando como um computador quântico, a ratoeira de iões necessita apenas de alguns segundos para simular uma experiência de mecânica quântica que poderia demorar dias a executar. Além disso, é capaz de simular experiências que requerem produtos raros, como fótons entrançados, que são difíceis de criar. Uma vez que os computadores quânticos incorporam a lógica pouco usual do mundo microscópico, podem efectuar simulações poderosas de fenómenos frequentemente contra-intuitivos. Imaginados pela primeira vez por Richard Feynman, os computadores quânticos são talvez a primeira aplicação prática da computação quântica. De facto, existem há já vários anos. Contudo, as versões anteriores limitavam-se a recriar fenómenos quânticos que envolviam variáveis discretas, como a energia de um electrão num átomo. A nova versão recria processos quânticos incluindo variáveis tanto discretas como contínuas.

Para construir o seu simulador, os investigadores do NIST, no Colorado (EUA), capturaram um ião de berílio-9 com o auxílio de campos eléctricos. À medida que o ião vibra na ratoeira, a sua posição e o seu momento tomam valores contínuos. Isto permite aos cientistas simular facilmente qualquer outro par complementar de variáveis contínuas, como a amplitude e fase de um campo eléctrico - que têm entre si a mesma relação matemática. Para fazer simulações, os investigadores aplicam ao ião uma série de pulsos de luz, cuidadosamente preparados. Estes impulsos fazem com que o ião se comporte de maneira diferente, por exemplo, como um electrão ligado a um átomo, ou mesmo como um fóton quando atinge um divisor de feixe. Sob a influência dos pulsos, os estados quânticos

do ião evoluem para uma situação que o cientista pretenda estudar. (Leibfried *et al.*, Physical Review Letters, 9 de Dezembro de 2002).

A VELOCIDADE DA GRAVIDADE

A velocidade da gravidade poderá ser medida directamente através da observação dos efeitos de uma lente gravitacional? Dois cientistas que observaram a deflecção de luz quasar quando esta passava muito perto de Júpiter argumentam que deduziram um valor experimental para a velocidade da gravidade igual a 1,06 vezes a velocidade da luz (com uma margem de incerteza de 20 por cento). Mas outros dois cientistas contrapuseram que a experiência da lente foi apenas uma medição grosseira da velocidade da luz.

Há muito que os físicos não questionam o facto de que o efeito da força da gravidade, como o efeito da força electromagnética, não é instantâneo mas deve mover-se a uma velocidade finita. Um exemplo familiar deste atraso é que, quando vemos o Sol, o vemos como ele era há oito minutos. Muitos acreditam que a gravidade também se move à velocidade da luz. O problema é que é relativamente fácil calcular a intensidade da gravidade (pode mesmo medir se a gravidade ao pé de um buraco negro, onde a matéria em órbita emite raios-X), mas é difícil estudar a propagação da mesma. Embora não seja tão pesado como uma estrela, Júpiter tem uma gravidade considerável.

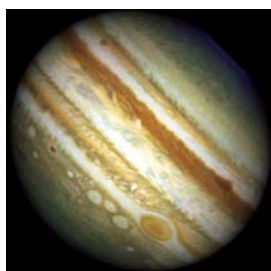
Quando, em 8 de Setembro de 2002, passou muito perto do quasar J0842 + 1835, a teoria da relatividade geral sugeria que a posição aparente do quasar no céu descreveria uma pequena curva ao longo de vários dias devido ao efeito de lente da luz do quasar no planeta.

Sergei Kopeiken (da Universidade do Missouri, EUA) e Ed Fomalont (do National Radio Astronomy Observatory) observaram essa curva, como revelaram no recente encontro da American Astronomical Society em Seattle. Para o

efeito utilizaram o Very Long Baseline Array (VLBA) de radiotelescópios, uma configuração de detectores de pratos com uma resolução angular de 10 microsegundos de arco. De facto, a curva de lente observada estava ligeiramente deslocada do que se esperaria se a gravidade se propagasse instantaneamente.

Kopeiken e Fomalont interpretam esta ligeira deslocação como um indicador experimental da própria velocidade da gravidade, e daí o valor de 1,06 c.

Outros cientistas discordam desta interpretação dizendo que os dados da experiência pouco mais fazem do que medir a velocidade da luz e não da gravidade. Dois deles são Clifford Will, da Universidade de Washington (EUA), e Hideki Asada, da Universidade de Hiroaki (Japão).



ELECTROENCEFALOGRAMAS NÃO INVASIVOS

Os electroencefalogramas convencionais (EEG) supervisionam a actividade eléctrica no cérebro com eléctrodos colocados no couro cabeludo (exigindo a remoção do cabelo ou depilação) ou inseridos directamente no cérebro através de agulhas. Agora, cientistas da Universidade de Sussex (Reino Unido) descobriram uma forma de EEG não invasiva. Em vez de medir a corrente de carga através de um eléctrodo (que tem distorções, no caso dos eléctrodos colocados no couro cabeludo), o novo sistema mede remotamente campos eléctricos, um avanço possível graças aos novos desenvolvimentos na tecnologia sensorial. A sensibilidade dos aparelhos é demonstrada observando a mudança da actividade eléctrica à medida que o sinal

ambiente relaxado do cérebro (a chamada onda alfa, a uma frequência de 8-14 Hz) dá lugar à onda beta (14-35 Hz) assim que o paciente abre os olhos. Os investigadores de Sussex crêem que o seu novo sensor instigará avanços maiores na recolha e demonstração de informação eléctrica do cérebro, especialmente no estudo da sonolência e do interface homem-máquina. O mesmo grupo de cientistas produziu unidades de sensores remotos para electrocardiogramas (ECG) (Harland *et al.*, Applied Physics Letters, 21 de Outubro de 2002).

A FÍSICA DO ARREMOSO DE PEDRAS

Encorajado pelas perguntas do filho e pela necessidade de completar o seu manual escolar de mecânica com exemplos comuns, o físico Lyderic Bocquet, da Universidade Claude Bernard (Lyon, França), tem investigado a ciência do arremosso de pedras a um lago. Os parâmetros principais que determinam se uma pedra se vai afundar no lago ou se vai ressaltar por cima dele são: a massa da pedra, o seu ângulo relativamente à superfície da água (quanto mais baixo melhor), a sua velocidade de rotação (quanto maior melhor, para efeitos de estabilidade) e a sua velocidade horizontal. Munido de cálculos sobre a perda de energia, Bocquet obteve uma expressão para o número máximo de ressaltos. Segundo Bocquet, o recorde mundial de ressaltos na água é 38 (American Journal of Physics, Fevereiro de 2003).

PRÉMIOS NOBEL DA FÍSICA CONTRA GUERRA AO IRAQUE



Philip W. Anderson, Hans A. Bethe, Nicolaas Bloembergen, Owen Chamberlain, Leon N. Cooper, James W. Cronin, Val L. Fitch, Sheldon L. Glashow, Leon M. Lederman, Arno A. Penzias, Martin L. Perl, William D. Phillips, Norman F. Ramsey, J. Robert Schrieffer, Jack Steinberger, Joseph H. Taylor, Charles H. Townes, Daniel C. Tsui e Robert W. Wilson são físicos norte-americanos laureados com o Nobel da Física que subscreveram um manifesto de oposição ao desencadeamento de uma guerra preventiva contra o Iraque.

Não são os únicos cientistas a tomarem esta posição, pois o documento tornado público no final de Janeiro passado começou por ter 42 assinaturas de cidadãos norte-americanos que ganharam o Nobel nas áreas da Química, Economia e Medicina, além da Física.

"Os signatários opõem-se a uma guerra preventiva contra o Iraque sem um amplo apoio internacional", afirmam. "Mesmo em caso de vitória, pensamos que as consequências médicas, económicas, ambientais, morais, espirituais, políticas e jurídicas de um ataque preventivo contra o Iraque não vão proteger, mas sim minar, a segurança nos Estados Unidos e, por extensão, no mundo inteiro".

Em Portugal e na mesma linha, circulou também um abaixo-assinado contra a guerra subscrito por mais de 500 cientistas.



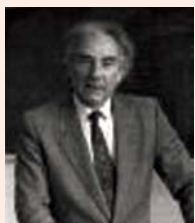
Hans A. Bethe



James W. Cronin



Leon M. Lederman



Leon N. Cooper



Nicolaas Bloembergen



Philip W. Anderson

QUESTÕES DE FÍSICA

“Porque caiu o Columbia”?

(de um aluno do ensino secundário)



RESPOSTA

Muitas hipóteses já foram levantadas para a razão de um dos piores desastres da conquista espacial. Muitas delas têm fundamento científico, podendo ser corroboradas por imagens, dados e medidas efectuadas no vaivém. Outras nem merecem referência por terem origem em mentes tão doentias que merecem ser caladas.

Tendo como base aquilo que se sabe até ao momento, pode escrever-se uma sequência lógica dos acontecimentos que levaram à destruição do Columbia. De qualquer das formas é uma sequência baseada nos dados fornecidos pela NASA e noutros obtidos através de correio electrónico com outros entusiastas que, tal como eu, acompanhavam o regresso do vaivém pela televisão e que ficaram chocados com o que viram.

Estamos a 16 de Janeiro de 2003 e o vaivém espacial acaba de abandonar a plataforma LC-39A do Centro Espacial Kennedy, iniciando a sua 28ª missão espacial. É uma missão científica com um interesse mediático fora do comum, pois leva a bordo o primeiro astronauta israelita, Ilan Ramon. Ganhando velocidade nos céus de Cabo Canaveral, dá-se um acontecimento aos 80 segundos de voo que passa completamente despercebido a quem observa o lançamento, tanto no Centro Espacial como pelas televisões. Os técnicos da NASA só se apercebem do sucedido no dia seguinte ao visionar as imagens de numerosas câmaras que registam lançamento de ângulos diferentes. Uma parte do isolamento do grande tanque exterior laranja de combustível líquido do vaivém desprende-se e embate na asa esquerda do Columbia. As imagens são vistas muitas vezes pelos físicos e engenheiros, algumas das "mentes mais brilhantes da América". A NASA não considerou que o embate da espuma isolante do tanque de combustível sobre a asa esquerda do Columbia causasse qualquer problema e o assunto foi quase esquecido. Porém, dentro da NASA surgiram preocupações relacionadas com o efeito desse embate e vários engenheiros chegaram a trocar mensagens electrónicas sobre o

assunto nas quais referiam que o embate poderia ter causado danos sérios na estrutura térmica de protecção do vaivém, podendo assim originar uma catástrofe.

A missão do Columbia correu sem problemas de maior até que chegou o dia do regresso à Terra. Estamos agora a 1 de Fevereiro de 2003 e o vaivém acaba de accionar os seus motores que o fazem deixar a órbita terrestre e iniciar o regresso. Completamente despercebida para os astronautas e para os controladores da missão em terra, uma falha na estrutura de protecção térmica da asa esquerda - provavelmente causada pelo embate da espuma isolante durante o lançamento - irá fazer com que este seja um voo para a morte dos sete tripulantes do Columbia.

O vaivém começa a sentir os efeitos da atmosfera terrestre à medida que vai descendo em direcção à Terra. Com o aumento da fricção começa a formar-se um plasma incandescente em torno do vaivém. As partes mais quentes do veículo são o "nariz" e os bordos das asas. O plasma vai aumentando e de repente encontra uma brecha na protecção térmica e, eventualmente, na própria estrutura de alumínio do Columbia. O pequeno orifício permite a passagem de plasma para o interior da asa, explicando-se assim o súbito aumento de temperatura na asa esquerda. Alguns sensores começam a falhar à medida que a temperatura subiu e a integridade da estrutura física da asa esquerda começa a ser ameaçada. Certamente que o plasma incandescente começa também a ter um efeito de maçarico sobre o pequeno orifício original e este vai-se tornando cada vez maior, permitindo assim a passagem de cada vez mais plasma para o interior da asa esquerda. A temperatura vai aumentando, alguns sensores registam esse aumento da temperatura e outros localizados na parte posterior da asa deixam de funcionar (os cabos de transmissão de dados dos sensores devem ter sido destruídos pelo intenso calor). O aumento de temperatura faz também aumentar a pressão dos pneus do trem de aterragem da asa esquerda. Regista-se também um aumento de uma força de arrastamento que faz com que os pequenos motores de manobra do vaivém tentem corrigir a trajectória deste. Esta força vai aumentando até que as transmissões do vaivém são cortadas quando provavelmente a asa esquerda se separa do resto do veículo, induzindo assim um torque que faz com que o Columbia se desfaça em milhares de fragmentos incandescentes. Os astronautas devem ter tido morte imediata...

Porque caiu o Columbia? Muito provavelmente nunca saberemos com toda a certeza a razão que levou à destruição do vaivém espacial. Porém, a Humanidade irá continuar a sua descoberta do espaço!

Rui C. Barbosa

e-mail: rcb@netcabo.pt

Editor do Boletim "Em Órbita"

Conferência internacional sobre nanoestruturas em Braga

Dia aberto no Porto

Palestras do Centro de Física do Porto

Dínamos naturais

Dia aberto no Departamento de Física de Coimbra

CRYOBIOMOL 2003 em Coimbra

II Jornadas Nacionais sobre Radão

III Jornadas sobre o Ensino das Ciências

IX Encontro de Jovens Investigadores na Covilhã

Ciclo de colóquios "Despertar para a Ciência"

Abertas 15 vagas em Física hospitalar

Novo director da FCTUNL

Vídeoconferência de Astronomia em directo na Internet

XII Encontro de Outono de Geometria e Física

V Encontro Nacional de Estudantes de Física

Lançamento do 6º Programa-Quadro de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico

Avaliação dos cursos de Física está em curso

Ciência portuguesa em Bruxelas

Portugueses Traduzidos na China

Space without Smoke: uma experiência em microgravidade

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

FÍSICA EM PORTUGAL

CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE NANOESTRUTURAS EM BRAGA

A cidade de Braga vai ser palco, entre 1 e 5 de Setembro do corrente ano, de uma conferência internacional europeia sobre "Spin and charge transport in nanostructures", promovida pelo ISTAS e financiada pela Comunidade Europeia. Com carácter interdisciplinar, o encontro visa passar em revista os avanços nos campos das nanoestruturas com interesse para a electrónica, das propriedades electrónicas dos biomateriais (caso do DNA), assim como estimular trabalhos futuros nestas áreas de investigação. Para mais informações ver <http://www.gfct.fisica.uminho.pt/sctn2003> ou contactar sctn2003@fisica.uminho.pt.

DIA ABERTO NO PORTO



Nos passados dias 28 e 30 de Janeiro o Departamento de Física da Universidade do Porto organizou, conjuntamente com o Departamento de Química, um dia aberto destinado respectivamente aos alunos dos 8º ao 10º ano e do 11º e 12º ano de escolaridade.

No 1º dia participaram 23 escolas de Penafiel, Braga, Guimarães, Lixa, Cabeceiras

de Basto, Lamego, Macedo de Cavaleiros e da área metropolitana do Porto, num total de 1200 alunos e no 2º dia estiveram envolvidas 18 escolas da zona do Porto, Póvoa de Varzim, Braga, Trofa, Felgueiras, Viana do Castelo e Moimenta da Beira, num total de cerca de 900 alunos.

Os participantes tiveram oportunidade de assistir e colaborar em experiências de carácter lúdico/didáctico realizadas e explicadas por docentes do departamento, visitar a sala de exposições onde estão disponíveis, em permanência, uma série de experiências interactivas nas áreas da óptica, electromagnetismo, levitação magnética, mecânica, física do estado sólido e meios granulares ou de assistir à projecção de vídeos sobre cosmologia e experiências de electricidade ou ao visionamento de simulações em computador de experiências de Física Estatística de sistemas complexos e ainda do modelo de Ising através de um jogo de tabuleiro ou a observação de um filme em CD sobre materiais magnéticos nanoestruturados.

A concretização desta iniciativa foi possível dada a colaboração dos membros do Departamento e dos institutos e centros de investigação nele sediados e a participação entusiástica de alunos das licenciaturas, mestrados e doutoramentos.

PALESTRAS DO CENTRO DE FÍSICA DO PORTO

Como habitualmente, o Centro de Física do Porto organiza um conjunto de palestras, algumas delas especializadas, outras dirigidas a um público mais vasto. Durante os meses de Janeiro e Fevereiro, realizaram-se as seguintes:

10 de Janeiro, Estatística de Tsallis para "principiantes": aplicações ao magnetismo, por João Pedro Araújo (DF-FCUP)

17 de Janeiro, Network science: the natural philosophy of a small world, por S. Dorogovtsev (CFP/Ioffe Institute)

24 de Janeiro, Bose Einstein Condensation, por José Carlos Gomes (Univ. Paris Sud XI)

31 de Janeiro, Two dimensional gravity and the stability of orientifold cosmology, por Miguel Sousa Costa (CFP/DF-FCUP)

14 de Fevereiro, Magnetoresistência gigante em materiais granulares magnéticos, por João Viana Lopes (CFP/DF-FCUP)

21 de Fevereiro, Interface growth: an application to superconductors, por José J. Ramasco (CFP)

26 de Fevereiro, Invariância de escala local em fenómenos do envelhecimento, por Malte Henkel (Univ. Nancy, France)

28 de Fevereiro, What we (don't) know about higher dimensional black holes, por Harvey Reall (Queen Mary Univ. London, UK)

As palestras realizam-se habitualmente às sextas-feiras, pelas 14 h 30 min, no Anfiteatro -119 do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, 687.

DÍNAMOS NATURAIS



Vai decorrer de 31 de Agosto a 6 de Setembro de 2003, no Hotel do Caramulo, uma *workshop* dedicada ao tema "Mathematical Aspects of Natural Dynamics". Este encontro, co-organizado pelo Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra e por colegas franceses do Institut de Physique du Globe de Paris e Ecole Normale Supérieure, pretende promover a interacção entre especialistas de dínamos planetários (como o da Terra), estelares (como o do Sol) ou galácticos, bem assim como

provenientes da comunidade de Matemática Aplicada.

Para mais informações, ver:

<http://www.ipgp.jussieu.fr/~dormy/dynamo>

DIA ABERTO NO DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE COIMBRA

No dia 5 de Fevereiro realizou-se o Dia Aberto do Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Visitaram o Departamento cerca de 1200 alunos do 11º e 12º anos das escolas secundárias da Região Centro.

O Dia Aberto foi coordenado pelo Dr. Carlos Nabais Conde, tendo sido programadas actividades experimentais nos laboratórios didácticos, visitas aos laboratórios de investigação, conversas com representantes dos diferentes grupos de investigação do Departamento, projecção de filmes de divulgação científica e várias palestras realizadas por docentes do Departamento.

CRYOBIOMOL 2003 EM COIMBRA



O congresso "CRYOBIOMOL 2003 - Low Temperature Biology: from the Low Temperature Physics and Chemistry of Biological Molecules to Life in extreme Low Temperature Conditions" vai realizar-se de 14 a 18 de Setembro próximo no auditório da Universidade de Coimbra. Patrocinado pela Society for Low Temperature Biology e pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade

de Coimbra, integra-se no programa de Coimbra Capital Nacional da Cultura.

O programa científico do encontro está aberto a todas as áreas tradicionais da Criobiologia, incluindo vida em condições extremas de baixa temperatura, Física e Química de baixas temperaturas aplicadas a moléculas de interesse biológico. Está confirmada a presença dos seguintes conferencistas principais: Warwick Vincent, Chandra Wickramasinghe, Kenneth Storey, Karl Zachariassen, Gregory Fahy, Dirk Hinch, Monica Wusteman, James Southard, Maureen Wood, Juan de la Calle, Andrew Gage, Jean-Paul Homasson, Maurice de Wachter e Mike West.

Para mais informações, consultar:

<http://www.qui.uc.pt/~rfausto/cryobiomol> ou escrever para cryobiomol2003@qui.uc.pt.

II JORNADAS NACIONAIS SOBRE RADÃO

As II Jornadas Nacionais sobre Radão e Radioactividade Natural tiveram lugar na Curia nos dias 23 e 24 de Janeiro passado. Integrada no programa das X Jornadas Pedagógicas da Associação Portuguesa de Educação Ambiental, a reunião fez o ponto da situação relativamente aos conhecimentos actuais sobre o radão no interior das habitações, seus efeitos e formas de reduzir as suas concentrações. Gás radioactivo de origem natural, que se liberta da crosta terrestre, o radão pode registar concentrações elevadas em espaços fechados (caves e edifícios), tornando-se perigoso para a saúde humana.

III JORNADAS SOBRE O ENSINO DAS CIÊNCIAS

A terceira edição das Jornadas sobre o Ensino das Ciências da Escola Secundária de Tondela, destinadas a professores de todos os níveis de ensino, mas especialmente do secundário, realizou-se nos passados dias 6 e 7 de Março naquela localidade. Inicialmente centrada no âmbito da Física e Química, a iniciativa

alargou-se às áreas da Biologia, Geologia e Matemática, tendo como ideia central que o ensino das ciências só pode ser entendido como um ensino integrador dos diversos saberes.

Além de dois debates sobre "A formação inicial" e "Que futuro para o ensino das ciências?", as jornadas contaram este ano com intervenções de José Paulo Viana, Euclides Pires, Carlos Fiolhais, Judite Barbedo, Ana Fernandes, Jorge Leitão, António Manuel Baptista, Arsélio Martins, Pedro Fevereiro e Fernando Nunes.

IX ENCONTRO DE JOVENS INVESTIGADORES NA COVILHÃ



Cerca de 70 jovens, membros de Clubes de Ciência ou de grupos que desenvolvem trabalho de carácter científico juvenil, vão participar no IX Encontro de Jovens Investigadores, a decorrer entre 12 e 16 de Abril na cidade da Covilhã. A reunião é organizada pela Escola Secundária Campos Melo, Associação Juvenil de Ciência e Clube de Holografia da Escola Campos Melo.

Mostrar projectos desenvolvidos por jovens, abrir espaço à divulgação da ciência junto dos mais novos, incentivar o trabalho de clubes e círculos de ciência já existentes e a criação de novos, são os objectivos fundamentais da reunião. O programa científico do encontro é preenchido por debates, conferências, grupos de trabalho e saídas de campo.

Para mais informações e inscrições contactar aji@ajc.pt ou consultar www.ajc.pt.

CICLO DE COLÓQUIOS "DESPERTAR PARA A CIÊNCIA"



Iniciado no passado dia 14 de Janeiro com uma palestra de Teresa Lago (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto) sobre "O Universo (visível e invisível) que se vai descobrindo", prolonga-se até ao final do corrente ano um ciclo de colóquios mensais organizado pela Fundação Calouste Gulbenkian e pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, intitulado "Despertar para a Ciência".

Já intervieram nesta iniciativa António Coutinho (Instituto Gulbenkian de Ciência, 18 de Fevereiro) e Jorge Calado (Instituto Superior Técnico, 25 de Março), com palestras intituladas respectivamente "Ora então, vamos à vida!" e "O dia em que nasceu a Química".

A iniciativa dirige-se principalmente a jovens e tem como finalidade ajudar a incutir neles "o prazer de descobrir, o gosto de aprender, o gozo de imaginar". O calendário dos colóquios, sempre às 18 horas no Auditório 2 da Fundação Gulbenkian, é o seguinte:

- "Batatas e maçãs: despertar para a ciência no jardim de infância e escola primária", por Carlos Fiolhais (Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra), 15 de Abril;

- "Aventuras da água do mar nos subterrâneos do oceano", por Fernando Barriga (Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa), 20 de Maio;

- "Sistemas dinâmicos, equidistribuição e combate à fraude fiscal", por Jorge Buescu (Instituto Superior Técnico, Lisboa), 24 de Junho;

- "Manipulação genética: medos e esperanças", por Alexandre Quintanilha (Instituto de Biologia Molecular e Celular, Universidade do Porto), 15 de Julho;

- "A Medicina na era pós-genómica", por Carmo Fonseca (Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa), 16 de Setembro;

"Comunicações móveis: passado, presente e futuro", por Carlos Salema (Instituto de Telecomunicações, Universidade Técnica de Lisboa), 21 de Outubro;

"Cérebro e visão: da arte à engenharia", por João Lobo Antunes (Faculdade de Medicina, Universidade de Lisboa), 18 de Novembro; e

"A insustentável leveza do saber", por João Caraça (Serviço de Ciência, Fundação Calouste Gulbenkian), 16 de Dezembro.

Informação completa sobre esta iniciativa está disponível em

<http://www.gulbenkian.pt/ciencia/eventos.asp>.

ABERTAS 15 VAGAS EM FÍSICA HOSPITALAR

O Ministério da Saúde abriu no passado mês de Dezembro um concurso de admissão ao estágio de especialidade da carreira de técnicos superiores de saúde, incluindo 15 vagas no ramo de Física hospitalar.

O estágio tem a duração de dois anos, seguidos de mais dois ou três com vínculo à função pública.

As vagas a preencher dizem respeito a lugares nos Hospitais da Universidade de Coimbra (3), Hospital de Santa Maria (Lisboa, 2) e Instituto Português de Oncologia - 3 para o Centro Regional de Coimbra, outras 3 para o de Lisboa, e 4 para o do Porto.

NOVO DIRECTOR DA FCTUNL

António Manuel Nunes dos Santos é o novo director da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCTUNL). Professor catedrático e presidente do Conselho Científico da mesma faculdade, Nunes dos Santos venceu as eleições realizadas no passado dia 21 de Janeiro.

Doutorado em Ciências Tecnológicas

pela Escola Politécnica Federal de Zurique (Suíça), o novo director da FCTUNL possui uma licenciatura em Engenharia Químico-Industrial pelo IST e uma agregação em Teoria das Ciências e Pensamento Contemporâneo pela Universidade Nova de Lisboa. Estudou no Departamento de Engenharia Química da Universidade de Edimburgo (Escócia) e coordena o Centro de Investigação em História e Filosofia da Ciência e da Tecnologia da Fundação para a Ciência e Tecnologia. É o autor ou editor de vários livros sobre história da Física.

VÍDEOCONFERÊNCIA DE ASTRONOMIA EM DIRECTO NA INTERNET

A assinalar o encerramento da Semana de Ciência e da Tecnologia, uma mostra à escala nacional da investigação que se faz em Portugal, que decorreu entre 23 e 30 de Novembro do ano passado, o Observatório Astronómico de Lisboa (OAL) e a Fundação para a Computação Científica Nacional (FCCN) organizaram no dia 29 de Novembro uma palestra pública sobre "Os melhores telescópios do mundo", realizada por João Lin Yun, professor e investigador da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e director do OAL.

Há muitos anos que o Observatório desenvolve um programa de palestras sobre Astronomia, que são muito concorridas pelas escolas e pela população em geral. Desta vez, porém, esta iniciativa teve a particularidade de ser difundida em directo pela Internet. A experiência foi repetida em 20 de Dezembro, por ocasião de mais uma palestra pública do OAL, que teve como orador Virgílio Mendes, professor e investigador da FCUL, que falou sobre o tema "Tempo astronómico, tempo atómico e o GPS". O Serviço de Videoconferência da FCCN guardou uma cópia da palestra de João Lin Yun, disponível em "download" a partir dos seus servidores (<http://www.fccn.pt>).

XII ENCONTRO DE OUTONO DE GEOMETRIA E FÍSICA



O XII Encontro de Outono de Geometria e Física vai decorrer entre 8 e 10 de Setembro de 2003 no Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra. É a primeira vez que este evento, habitualmente realizado em Espanha, se efectua em Portugal.

O objectivo da iniciativa é promover a colaboração entre matemáticos e físicos dos dois países ibéricos interessados na aplicação de métodos geométricos no estudo dos problemas físicos.

O encontro compreende dois minicursos: "Geometry and Dynamics of relativistic particles and strings", dinamizado por Manuel Barros (Universidade de Granada) e "Aspects of the connections between path integrals, quantum field theory, topology and geometry", da responsabilidade de José Mourão (Instituto Superior Técnico, Lisboa).

Todas as informações disponíveis podem ser obtidas em

<http://www.mat.uc.pt/~geomfis>.

Está prevista a atribuição de bolsas a estudantes. Os interessados deverão enviar a sua candidatura formal para geomfis@mat.uc.pt, com um currículo resumido.

V ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE FÍSICA



Realizou-se este ano, pela primeira vez em Lisboa, o V Encontro Nacional de Estudantes de Física (ENEFE), organizado pelo Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico (NFIST). O encontro decorreu entre os dias 14 e 16 de Março, no Campus do IST, com a presença de mais de duas centenas de participantes. Para além de actividades científicas, os três dias foram preenchidos com actividades lúdico-pedagógicas, recreativas e de âmbito cultural.

Sendo um evento de carácter nacional, o V ENEFE visou, entre outras coisas, promover, na área da Física a realização de trabalhos por estudantes e a divulgação de projectos de investigação por finalistas de licenciaturas e mestrado, além de impulsionar a participação dos estudantes portugueses na investigação e eventos congéneres a nível internacional.

No sábado, dia 15 de Março, decorreu um concurso que consistiu na apresentação de palestras científicas, com o máximo de 30 minutos cada, à escolha dos participantes. Durante os dois dias foram apresentados diversos seminários de divulgação científica com o objectivo de informar os presentes sobre a actual situação da investigação científica portuguesa.

Com este encontro o NFIST pretendeu promover o convívio, a troca de experiências, o confronto de ideias e relembrar o papel da Física no desenvolvimento das sociedades através dos benefícios tecnológicos e político-culturais.

LANÇAMENTO DO 6º PROGRAMA-QUADRO DE INVESTIGAÇÃO E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Promovidas pelo Gabinete de Relações Internacionais da Ciência e do Ensino Superior, decorreram nos passados dias 27 e 28 de Janeiro, respectivamente em Santa Maria da Feira (Europarque) e em Lisboa (LNEC), sessões de lançamento do 6º Programa-Quadro de Investigação e Desenvolvimento tecnológico (I&DT). As duas reuniões, em cuja organização e promoção colaborou a Unidade de Missão e Conhecimento, permitiram discutir as oportunidades abertas pelo programa em causa, dotado de um orçamento de 17,5 mil milhões de euros, para as instituições nacionais de ciência e tecnologia, assim como para as empresas e outros utilizadores de resultados de I&DT - é o caso das autarquias.

Paralelamente a estas duas reuniões, decorreram sessões específicas de apresentação das prioridades 3 e 4 do mesmo programa-quadro. A primeira incidiu sobre "Nanotecnologias e nanociências, materiais multifuncionais no conhecimento e novos processos e dispositivos de produção". A segunda ocupou-se do tema "Aeronáutica e aeroespacial".

AVALIAÇÃO DOS CURSOS DE FÍSICA ESTÁ EM CURSO

Promovida pela Fundação das Universidades Portuguesas, está a decorrer a avaliação dos cursos universitários de Física. Os relatórios de auto-avaliação foram já recebidos no passado mês de Janeiro. Os "termos de referência" (critérios de avaliação para este processo) foram entretanto distribuídos, tendo sido igualmente fixado o calendário das visitas a realizar pelas comissões de avaliação. No que diz respeito à Comissão de Avaliação da Física e Química, o seu presidente é o Dr. Filipe Duarte Santos.

Existem quatro subcomissões: Engenharias Físicas, Ciências Geofísicas e Óptica Aplicada (presidida pelos Drs. Ducla Soares e João Bessa e Sousa); Física e Astrofísica (Dr. Jorge Dias de

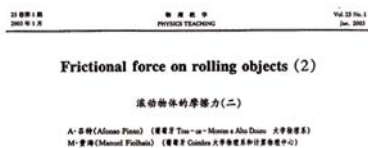
Deus); Química (Dr. Sebastião Formosinho); e Ensino da Física e da Química (Drs. Carlos Fiolhais e António Ferrer Correia).

CIÊNCIA INVOCADA EM BRUXELAS

No dia 27 de Novembro Manuel Paiva, professor de Física na Universidade Livre de Bruxelas (especialista em Física Médica, que esteve recentemente em foco por coordenar uma das experiências a bordo no malogrado vaivém "Columbia"), apresentou o último livro de Mário Soares, "Entretien", lançado na livraria portuguesa Orfeu da capital belga. O livro é uma viagem desde o princípio do século XX até aos nossos dias, guiada pelo autor, que descreve as perseguições do regime de Salazar a portugueses de grande envergadura, como Ruy Luís Gomes e Bento de Jesus Caraça, Manuel Valadares e Mário Silva. A Matemática e a Física portuguesas sofreram então uma perda cujas consequências ainda hoje se fazem sentir, como recordaria Manuel Paiva.

O apresentador da obra centrou depois o debate em torno do grande desafio deste século que é a educação - em particular no básico -, lugar não só para a iniciação à educação científica, mas também cívica, de preparação para a cidadania. Manuel Paiva fez uma analogia entre a decadência do ensino experimental da Física nos finais do século XVIII e o que se passa actualmente em Portugal com o programa "Ciência Viva", que foi considerado por responsáveis políticos como "despesista e elitista". Nesta linha, o orador quis saber o que sugeria Mário Soares para que a "Ciência Viva" não se transformasse em "letra morta". Em resposta, o ex-presidente português foi categórico: "Não se devem fazer economias nem na cultura nem na ciência".

PORTUGUESES TRADUZIDOS NA CHINA



A revista "Physics Teaching" da Sociedade Chinesa de Física formulou um convite para a publicação de um artigo sobre forças de atrito em objectos rolantes a Afonso Pinto e Manuel Fiolhais, docentes nas Universidades de Trás-os-Montes e Alto Douro e de Coimbra. O artigo teve edição bilingue (chinês e inglês) e foi publicado em duas partes (Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003). O convite para a publicação deste *paper* surgiu na sequência de um artigo publicado recentemente pelos mesmos autores na revista "Physics Education".

SPACE WITHOUT SMOKE: UMA EXPERIÊNCIA EM MICROGRAVIDADE

Em 11 e 13 de Setembro de 2002 realizaram-se os voos da *5th Student Parabolic Campaign* promovido pela Agência Espacial Europeia (ESA), na qual participaram 32 equipas de 15 países, uma das quais portuguesa. A experiência do projecto português *Space without Smoke* foi bem sucedida e despertou grande interesse dos responsáveis da organização.

O convite dirigido à equipa portuguesa para integrar um grupo de quatro equipas seleccionadas para continuarem as respectivas experiências em dois novos voos da *4th DLR Campaign* (ou da 4ª campanha de voos parabólicos da Agência Espacial Alemã, DLR), em Outubro de 2002, constituiu o melhor dos prémios para a sua dedicação. O projecto "Space Without Smoke" foi premiado no concurso Physical Science Contest promovido pela Agência Espacial Europeia. O projecto *Space Without Smoke* venceu o 1º prémio no "V Encontro Nacional de Estudantes de Física" realizado em Lisboa de 14 a 16 de Março de 2003. A equipa portuguesa apresentará o seu projecto na 18ª ICPS (*International Conference for Physics Students*) que se realizará em Odense (Dinamarca) de 7 a 13 de Agosto de 2003.

Vejamos como surgiu e ganhou consistência a concepção da experiência *Space without Smoke*. Em Janeiro de 2001, Pedro Souto e Helder Carvalho, docentes do Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho, lançaram aos seus alunos o desafio de participarem na *5th Student Parabolic Campaign*. Formou-se, então, uma equipa de quatro estudantes, Tiago Pires, Rui Gomes (Departamento de Engenharia Têxtil da Universidade do Minho), Hugo Costa e Daniel Cruz (Departamento de Física da Universidade da Beira Interior-UBI), à qual mais tarde se juntou João da Providência, também da UBI. Em Janeiro de 2002 debateu-se o projecto a propor à ESA e optou-se pela realização de uma experiência permitindo o estudo da propagação de fumo em microgravidade. Em Março de 2002 a equipa inscreveu-se, e em Abril

submeteu o projecto *Space without Smoke*, o qual foi seleccionado.

As razões para o estudo da propagação de fumo em microgravidade são várias. Existem muitos estudos de combustão em microgravidade como, por exemplo, o comportamento da chama de uma vela. Numa estação espacial podem ocorrer incêndios, como já aconteceu na MIR.

Um artigo da NASA [1] refere a necessidade de as estações espaciais incorporarem detectores de fumo e faz notar que, em casos extremos, os detectores de fumo desenvolvidos para a Terra não permitem detectar o fumo em ambientes de gravidade zero, em parte devido à diferente natureza das partículas produzidas na combustão. Estes resultados mostraram que o desenho de um detector de fumo para uma estação espacial não pode ser baseado em experiências realizadas a gravidade normal.

Além das motivações práticas, há o interesse puramente científico de investigar a propagação do fumo em microgravidade, numa situação de convecção forçada.

Os quatro estudantes portugueses embarcaram em Bordéus para viverem, a bordo de um avião Airbus A300 especialmente preparado, períodos de microgravidade da ordem de 25 s. O avião a jacto efectuou, em cada um dos dois voos, 30 saltos parabólicos. Um salto parabólico realiza-se da seguinte forma: encontrando-se o avião a uma altitude de cerca de 6100 metros e voando a uma velocidade da ordem dos 825 km/h, inicia um movimento ascendente até atingir uma altitude de cerca de 7600 metros com uma velocidade rondando 580 km/h e uma inclinação, com a horizontal, de aproximadamente 47 graus, com o topo virado para cima. Nesta fase, denominada de *pull up*, e que demora uns 20 segundos, a situação é de hipergravidade entre 1,8 g e 1,5 g, onde g é a aceleração normal da gravidade. Segue-se uma fase de transição de cerca de 5 segundos na

qual os motores são desligados ou a sua actividade é reduzida ao mínimo, procurando-se que o avião descreva a trajectória que teria um projectil. Durante um período de cerca de 20 segundos a situação no interior do avião é de microgravidade, ou seja, cerca de 0 g . A uma altitude de 8500 metros, o avião atinge o vértice da parábola com uma velocidade de 370 km/h e depois inicia o processo de queda atingindo novamente a velocidade de 580 km/h a uma altitude de 7600 metros e com uma inclinação de 42 graus com a horizontal (agora com o nariz do avião apontando para baixo). Segue-se nova fase de transição de cerca de 3 segundos. O avião passa então para a fase de 20 segundos de *pull out*, durante a qual existe hipergravidade (à volta de $1,8\text{ g}$). Os motores são accionados a fim de estabilizar a trajectória atingindo, à altitude de 6100 metros, a orientação horizontal com a velocidade de 825 km/h. Em cada salto, há um período de 20 segundos em que se atingem as condições de microgravidade que permitem realizar experiências. Naturalmente, na estação espacial internacional ou no vaivém espacial, são obtidos ambientes de microgravidades maiores e de melhor qualidade.

Antes de analisarmos os resultados da experiência portuguesa vejamos a motivação para a realizar este tipo de experiências em ambientes de microgravidade. O lançamento de satélites, a realização de missões espaciais, a colocação de estações espaciais em órbitas (a MIR e a estação espacial internacional) e as viagens do vaivém espacial abriram novas possibilidades à evolução da ciência.

À superfície da Terra encontramos sujeitos à força gravítica e a uma outra força que a equilibra. Em queda livre, o nosso organismo encontra-se numa situação de microgravidade. Num foguetão acelerado, encontramos-nos numa situação de hipergravidade (vários g). Em algumas situações experimentais, a gravidade constitui um elemento não desejável, que pode ser eliminado se as experiências forem realizadas em microgravidade.

Estão a ser desenvolvidos pela NASA estudos em microgravidade em vários

campos como, por exemplo, a cultura de tecidos biológicos, a ciência da combustão, a produção de melhores cristais, a produção de novos materiais e fenómenos interfaciais. Nestas condições, não existem efeitos perturbadores como sedimentação ou correntes de convecção devidos à gravidade.

Na experiência da equipa portuguesa, o fumo foi produzido por uma máquina como as que são usadas nas discotecas (que funcionou bem em condições de microgravidade). Trata-se de um fumo denso, não tóxico, constituído por gotículas de um fluido que foi evaporado na referida máquina. O fumo foi observado numa câmara em forma de caixa, com paredes transparentes, com dimensões de $1\text{ m} \times 0,7\text{ m} \times 0,7\text{ m}$. Teve-se o cuidado de impedir que o fumo condensasse e entupisse os tubos que o conduzem à caixa de observação. Finalmente, o fumo foi conduzido para a caixa através de um tubo perpendicular a uma das faces quadradas. Como na ausência de gravidade não existe uma direcção privilegiada, seria de esperar que o fumo continuasse ao longo da direcção do tubo que o conduziu para o interior da caixa ou, então, se o fumo não for constituído por um feixe colimado, um cone com o eixo de simetria ao longo do referido tubo.

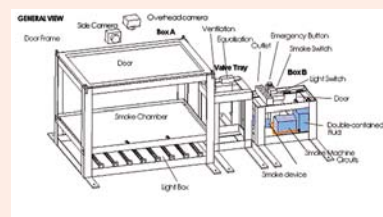


Note-se que, embora não existam correntes de convecção devidas à gravidade, a experiência é construída com a possibilidade de forçar essas correntes, o que enriquecerá as observações. As correntes de convecção são produzidas por uma bomba ligada ao tubo que dá acesso à câmara de observação. Visto que a referida bomba é accionada manualmente, o experimentador poderá considerar vários regimes. Poderá esvaziar grande parte da bomba enviando para o interior da câmara um jacto de fumo, ou apenas um pulsar de fumo (formando um anel de

fumo). Temos, assim, dois regimes distintos. No primeiro observa-se que o jacto de fumo se move de forma compacta e em linha recta na direcção do tubo (por onde entra na câmara) até cerca de metade da caixa. Depois de passar metade da caixa, começa subitamente a dispersar e a desviar-se, indo embater no topo da caixa. Este comportamento, que se repete nas experiências realizadas nos vários saltos, poderá parecer estranho devido à ausência da simetria referida. Na Terra observa-se que o fumo cai. Como o fumo sobe a partir de metade da caixa, será que não se conseguiu uma microgravidade tão perfeita como se desejava? As experiências programadas para novos voos permitirão esclarecer estas e outras questões.

Por outro lado, quando o experimentador, quase no fim de esvaziar a bomba, consegue produzir um pequeno pulsar fazendo um anel de fumo, este move-se em linha recta indo bater no meio da face oposta. Aqui temos o comportamento esperado a 0 g : o anel de fumo move-se ao longo da caixa com velocidade constante, ou seja, o anel continua a mover-se na direcção em que foi emitido!

A descrição da experiência assim como *links* para outras experiências encontram-se em <http://sws.planetaclix.pt>.
Helder Carvalho, Hugo Costa, Daniel Cruz,



Rui Gomes, Tiago Pires, João da Providência Jr. e Pedro Souto

Universidade da Beira Interior, Covilhã
joao@teor.fis.uc.pt

[1] - Urban, D.L., Mulholland, G., Yuan, Z.G., Yang, J., Cleary, T., "Smoke: Characterization of Smoke Particulate for Spacecraft Fire Detection", Sixth International Microgravity Combustion Workshop, NASA Glenn Research Center, Cleveland, OH, CP-2001-210826, pp. 401-404, May 22-24, 2001.

ENSINO DA FÍSICA

UMA NOVA SECÇÃO NA "GAZETA DE FÍSICA"

A partir deste número a "Gazeta da Física" passa a dispor, com a colaboração da Divisão de Educação da SPF, de uma nova secção, "Ensino da Física". Os seus principais destinatários são os professores de Ciências Físico-Químicas do Ensino Básico e Secundário. Como o próprio nome sugere, é muito vasto o âmbito deste espaço, que só conseguirá atingir os objectivos propostos se pudermos contar com a colaboração dos nossos leitores, e em particular os referidos docentes. Pela nossa parte, prometemos dar acolhimento a todas as colaborações que visem:

- Divulgar junto dos professores actividades desenvolvidas nas escolas no âmbito do Ensino das Ciências e que devem ser partilhadas para a valorização de todos (é o caso do primeiro mini-artigo que publicamos a seguir).
- Informar os professores das iniciativas da SPF, outras actividades, exposições e endereços da Internet úteis ao desempenho da sua actividade (é o caso da informação que publicamos sobre a reforma do secundário).
- Incentivar a realização de actividades de carácter experimental na sala de aula, recorrendo sempre que possível a exemplos práticos.

Feito o desafio, mãos à obra. Toda a colaboração e correspondência pode ser enviada preferencialmente por *e-mail* para densino@spf.pt, ou por carta para: Graça Santos, Sociedade Portuguesa de Física, Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra.

A FÍSICA E A QUÍMICA DO C_{60}

O estudo que levámos a cabo sobre o fullereno C_{60} (fig. 1), nova forma alotrópica do carbono, teve como objectivo verificar se essa substância elementar podia ser estudada em níveis de escolaridade não universitários. Ele permitiu aprofundar e consolidar alguns conceitos de Física do Estado Sólido e de Química Orgânica. Proporcionou a realização de trabalhos práticos simples, na área da Física, envolvendo grafite, diamante sintético, e C_{60} em pó.

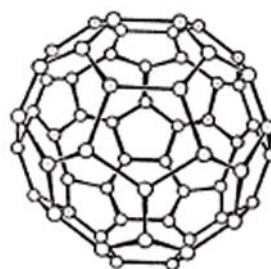


Figura 1. Molécula de C_{60} (Pierson, 1993)

Concluimos que é possível verificar, no ensino básico e secundário, as diferentes características que as substâncias elementares de carbono podem assumir, como cristal, nomeadamente a sua morfologia e a sua orientação, já que o material necessário existe em geral nos laboratórios escolares do 3º ciclo e secundário. De facto, recorrendo a uma bomba de vácuo, pode sublimar-se grafite e C_{60} em pó originando filmes de cada uma deles, que podem ser analisados por espectroscopia óptica e do infravermelho. Existem no mercado aparelhos didácticos para obter espectros de difracção de raios X de filmes de carbono. Recorrendo, em formato de visita de estudo, a laboratórios universitários que possuam espectrómetros mais sofisticados, poderão obter-se espectros de Raman e de microscopia electrónica.

A eficiência energética de alguns compostos supercondutores de C_{60} assim como as suas potencialidades ecológicas permitem antever um largo campo de utilização desses materiais. Por outro lado, a capacidade de alguns derivados dos fullerenos inibir a enzima responsável pelo desenvolvimento do HIV e poderem, portanto, originar fármacos e vacinas para curar ou imunizar contra a SIDA, aumenta a importância da nova forma do carbono. Este problema de saúde pública, que está associado a comportamentos sociais, não pode ser ignorado na escola, podendo e devendo ser abordado em várias áreas disciplinares.

Na área de projecto do 3º ciclo do ensino básico, vocacionada para envolver os alunos na concepção e realização de projectos que lhes permitam articular saberes de diversas áreas em torno de certos problemas, pode realizar-se um projecto que tenha o carbono como tema aglutinador, onde se discutam temas como a energia, poluição ou a SIDA.

Ao longo do nosso trabalho confirmámos a complementaridade entre as áreas da Física e Química, e ensaiámos abordagens de ensino inter e multidisciplinar. De facto, a procura do sentido do todo exige a partilha do conhecimento disciplinar e a construção de ligações entre disciplinas (Mateus, 2000).

Assim e nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas e de Física pode proceder-se à caracterização da grafite, do diamante e do C_{60} estudando a morfologia e a orientação das estruturas cristalinas, as suas propriedades eléctricas e térmicas e, ainda, a capacidade de formar materiais supercondutores de alta temperatura. Estes conteúdos podem ser complementados na disciplina de Química, referindo o tipo de ligações intra e intermoleculares, o tipo de cristal formado e as suas propriedades químicas como a solubilidade e a reactividade.

Na disciplina de Matemática, nomeadamente no estudo da geometria, o estudo de poliedros regulares com elevada simetria, como o icosaedro, é facilmente exemplificado com o C_{60} . Constituída por 20 hexágonos e 12 pentágonos, esta molécula exemplifica estruturas que obedecem ao teorema de Euler. De facto, como acontece com qualquer outro poliedro com a forma de uma gaiola, os fullerenos têm que satisfazer esse teorema, segundo o qual o número de vértices (ou seja, o número de átomos de carbono) menos o número de arestas (ou sejam, as ligações covalentes) mais o número de faces do poliedro é igual a 2.

A forma desses poliedros suscita a curiosidade geral como pudemos verificar em conversas com alunos e professores. Aliás, o fascínio pelas formas geométricas de alta simetria data dos antigos gregos, que já conheciam os cinco poliedros regulares ou sólidos "platónicos": tetraedro, cubo, dodecaedro, octaedro e icosaedro, todos eles sólidos de alta simetria que têm como faces polígonos regulares idênticos.

A forma do C_{60} permite uma articulação da Física e Química com as Ciências da Terra e da Vida e a Biologia pois ocorre, com abundância, a forma do icosaedro nos seres vivos e nos minerais: o vírus da varíola, da pólio, do herpes e do mosaico amarelo do nabo têm a forma de um icosaedro, assim como são numerosos os cristais que cristalizam no sistema cúbico com forma icosaédrica: por exemplo, a almandite, $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ e a glossulária, $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$. Parece que o icosaedro é uma das formas preferidas na Natureza. A descoberta do C_{60} numa rocha que se designou de shungite, encontrada perto de Shunga, na Rússia, veio desencadear vários trabalhos de geologia.

No âmbito da disciplina de Educação Visual ou de outras disciplinas do agrupamento de Artes, e a propósito da representação tridimensional de formas geométricas, de novo o C_{60} pode servir como exemplo de um icosaedro truncado (fig.2).



Figura 2. Desenho de um icosaedro truncado por Leonardo Da Vinci (Martins, 1993)

A Fig. 3 demonstra o modo como se obtém um icosaedro truncado.

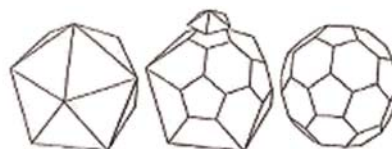


Figura 3. "Truncando" um icosaedro (Andersen Group, Max-Planck-Institut)

A Fig. 4 mostra como esta estrutura tem alimentado a imaginação do homem.

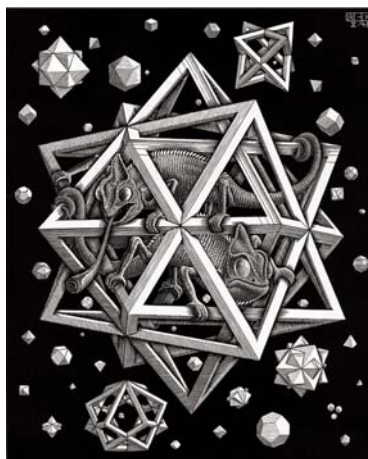


Figura 4. Xilogravura de Escher "Estrelas"

O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação pode incrementar a literacia científica dos alunos. De facto, o computador é por eles utilizado com facilidade e curiosidade, revelando-se um bom instrumento para adquirir conhecimentos. O número de *sites* relacionados com o C_{60} é muito elevado. No entanto, por vezes, a informação disponível está desactualizada e mesmo incorrecta. Importa, assim, referir o imprescindível cuidado a ter na análise da informação recolhida sendo o apoio

do professor imprescindível. Neste sentido, actividades desenvolvidas através da Internet tais como fóruns de discussão, páginas informativas ou mesmo concursos/jogos podem ser óptimas estratégias de estudo sobre o C_{60} . Na Escola Secundária de Santa Comba Dão e no âmbito do programa Nónio Século XXI - "O Cantinho da Ciência" (semanas Netd@ys Europe 2000 e 2001)- realizámos um jogo de pesquisa intitulado "Viagem ao Interior da Chaminé".

Neste jogo, procurámos fomentar a participação dos alunos de todos os anos de escolaridade e dar oportunidade aos alunos que não possuíam computador em casa e que por isso não estavam familiarizados com ele. Para tanto, usámos os computadores da biblioteca da escola e do "Cantinho da Ciência". As questões propostas visavam dar a conhecer o C_{60} . Assim, escolheu-se para tema o local mais familiar aos alunos onde há probabilidade de formação de C_{60} : a chaminé. O jogo iniciava-se com questões muito simples:

- Qual é o nome que se dá à reacção química que ocorre entre o combustível e o oxigénio?
- Qual é o tipo de carvão mais rico em carbono?
- Que nome é dado às correntes de ar quente que ocorrem dentro da chaminé e que são responsáveis pela saída do fumo?
- Quantos hexágonos e pentágonos tem a molécula de C_{60} ?
- Indica dois dos cientistas galardoados com o prémio Nobel da Química em 1996, por terem estudado o C_{60} .

A formulação das questões relativas ao C_{60} foi limitada pelo facto dos *sites* sobre este tema não estarem em português. Dos trinta alunos participantes, tanto do terceiro ciclo como do ensino secundário, dez responderam a todas as questões. Dos três alunos que acertaram a todas as questões, um era do oitavo ano de escolaridade, outro do décimo ano e o terceiro era aluno universitário, ex-aluno da escola. Numa tese de mestrado os resultados estão descritos com mais pormenor (I. Ribeiro, 2002).

Neste tipo de actividade incentiva-se o trabalho cooperativo, havendo confronto de ideias, num ambiente de cooperação, compreensão e respeito pelos outros, que favorece a aprendizagem. Hoje não é fácil ser professor. A formação inicial revela-se insuficiente perante os novos desafios que são colocados ao docente. Defendemos, por isso, uma formação contínua que permita aos professores actualizar os seus conhecimentos e repensar as suas práticas, acompanhando os resultados das investigações mais recentes tanto em ciência como em ensino das ciências.

Ilda Ribeiro Custódio (1) e Lucília Tavares dos Santos (2)

(1) Escola Secundária de Santa Comba Dão, Ilda_ribeiro@hotmail.com

(2) Departamento de Física, Universidade de Aveiro

BIBLIOGRAFIA:

- Dresselhaus, M. S.; Dresselhaus, G.; Eklund, P. C. (1996). "Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes". Academic Press.
- Mateus, A. (2000). "A Pertinência da Formação Científica Interdisciplinar. Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências". Departamento de Metodologias da Educação. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho, Braga.
- Martins, J. L. (1993). "Fullerenos: uma nova família de compostos do carbono"; *Gazeta de Física*; vol. 16, fasc. 2, p. 2
- Pierson, H. O. (1993). "Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerenes". Noyes Publications.
- Ribeiro, I. (2002). "A Física e a Química do C_{60} ", tese de Mestrado em Ensino de Física e Química, Universidade de Aveiro.

SPF CONTRA CARÁCTER OPCIONAL DE FÍSICA E QUÍMICA

A proposta de reforma do Ensino Secundário, tornada pública pelo Governo, não é globalmente positiva, sustenta a Sociedade Portuguesa de Física (SPF). No entanto, ela pode e deve ser substancialmente melhorada, pelo que aquela sociedade científica exprime a sua total disponibilidade para colaborar com o Ministério da Educação no aperfeiçoamento do documento.

É de referir, aliás, que o próprio Ministério já mostrou abertura para proceder a adaptações e alterações na área de ciências. A SPF acredita que essas modificações não deixarão de ir ao encontro das principais críticas oportunamente formuladas.

A Sociedade Portuguesa de Física, que já divulgou a sua posição global sobre o documento (ver folha separada da edição anterior da "Gazeta"), cedo tomou a iniciativa de enviar uma circular, através da sua Divisão Técnica da Educação (DTE), às escolas do Ensino Secundário. Nela se solicitava aos professores de Ciências um parecer acerca da proposta de Reforma do Ensino Secundário submetida à discussão pública. Foram recebidos pareceres de cerca de 90 escolas secundárias de todo o país.

Foram ainda pedidas opiniões aos sócios e promovido um Encontro no Porto a 11 de Janeiro de 2003, onde estiveram presentes professores do Ensino Secundário e do Ensino Superior. Nesta reunião debateram-se as principais ideias resultantes dos pareceres recebidos. Na sequência destas reflexões redigiram-se recomendações consensuais relativamente aos aspectos a seguir abordados.

Matriz curricular do Curso Geral de Ciências

Os professores discordam frontalmente do carácter opcional das disciplinas de Física e Química. Quando todos os países estão a fazer um esforço no sentido de aumentar a cultura científica, Portugal parece querer andar no sentido contrário.

De acordo com a proposta, os alunos deverão no final do 9º ano optar pelo percurso escolar mais adequado de acordo com o curso superior no qual pretendem ingressar, uma vez que este condiciona a disciplina específica do 12º ano, e esta disciplina está dependente das opções de 10º e 11º ano. É generalizada a opinião de que esta decisão é precoce e inadequada no final do 9º ano.

A possibilidade de optar pelas disciplinas bienais com início em anos diferentes, 10º ou 11º ano, limita a sequência das disciplinas, dando origem a um hiato entre o 9º ano e o 11º ano que dificulta a inter-relação conceptual. Neste ponto surgiram igualmente dúvidas acerca da turma: poderão existir no mesmo horário alunos de 10º e 11º ano?

Pensa-se que é de todo conveniente que exista a possibilidade de interdisciplinaridade entre a Biologia-Geologia e a Físico-Química: de acordo com a matriz proposta, uma das disciplinas "limita" os conteúdos a leccionar na outra. Assim, sugere-se que as duas disciplinas bienais tenham início no 10º ano e seja reduzido o leque de opções.

Deverá existir mais uma disciplina anual no 12º ano (passando a existir duas disciplinas opcionais mais a disciplina de Matemática) a fim de que os alunos possam seleccionar neste ano simultaneamente Física e Química (disciplinas fundamentais para os cursos de Engenharia), ou Química e Biologia (disciplinas fundamentais para os cursos de saúde).

Desta forma, discorda-se das opções curriculares apresentadas na proposta, uma vez que, tratando-se de disciplinas afins, a interacção entre os respectivos conteúdos é altamente frutuosa numa perspectiva formativa. Quando actualmente se reconhece



a importância da transdisciplinaridade e interdisciplinaridade, tendo em vista a necessária integração de saberes, estas medidas apontam claramente no sentido da compartimentação do "saber".

Matriz curricular dos Cursos Tecnológicos

É incompreensível a não obrigatoriedade das disciplinas de Química e de Física nos Cursos Tecnológicos de Electrónica, Construção Civil e Informática, assim como a não obrigatoriedade da disciplina de Física (ajustada) no 12º ano.

Desta forma, poderia ser criado um sistema modular em que, para cada curso, prevalecessem os módulos de maior interesse para a respectiva área, o qual permitiria a permeabilidade entre os cursos tecnológicos e os cursos gerais através da realização dos módulos em falta.

O Curso Tecnológico de Ordenamento do Território e Ambiente, por seu lado, deverá contemplar a disciplina de Química. É expressa igualmente a discordância quanto ao desaparecimento dos cursos tecnológicos de Mecânica, Química (controlo de qualidade) e Turismo, uma vez que estas são áreas de extrema importância, em particular o Curso Tecnológico de Química no domínio ambiental e da formação de técnicos de laboratórios industriais e escolares.

Área-Projecto/Tecnologias da Informação e da Comunicação

A disciplina de Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) deveria ser transversal e integrada na Área-Projecto. Com menor carga horária, ela deveria existir nos 10º, 11º e 12º anos.

A nível do Ensino Secundário, a melhor forma de fomentar o ensino das TIC é no próprio contexto do ensino das Ciências e da Matemática. A disciplina de Tecnologias da Informação deveria apenas existir a nível do Ensino Básico.

Avaliação

De acordo com a indicação dos exames propostos para os cursos gerais, os alunos poderão não ser avaliados a nível nacional nas disciplinas de Física, Química ou Biologia no 12º ano, e facilmente (dependendo dos critérios das Universidades para o ingresso no Ensino Superior) poderá não se realizar exame a Física e Química ou Biologia e Geologia. Esta possibilidade afigura-se-nos inconcebível!

Ingresso no Ensino Superior

Existe uma grande indefinição relativamente à ligação entre os currículos do ensino secundário e as condições de acesso ao ensino superior. Será que se transferem para o ensino superior competências e objectivos até aqui inerentes ao ensino secundário? As instituições de ensino superior vão começar a dar formação de base (uma espécie de pré-universitário) porque o ensino secundário limitou o desenvolvimento dos alunos?

É de referir ainda que não está clara a possibilidade de transição entre os Cursos do Ensino Tecnológico e os Cursos Gerais, que deverá ser uma preocupação para não impossibilitar aos alunos o ingresso no ensino superior. Tal como se refere no documento, o curso tecnológico continua a ser preferencialmente para prosseguimento de estudos.



Sugestões gerais

É opinião dos intervenientes neste processo de reflexão sobre a proposta de reforma do ensino secundário que deveria ser incentivada a uniformização dos sistemas de ensino na Europa. Tendo em conta as alterações propostas, sugere-se a possibilidade de um aumento da carga horária e, eventualmente, a possibilidade de existirem matrizes diferentes de acordo com os cursos.

Apela-se também à necessidade de um reequipamento adequado das escolas e à melhoria/incentivo do trabalho experimental. A avaliação e o sistema de ingresso no ensino superior é também um ponto que deve merecer especial atenção. Salienta-se, por fim, a importância de os exames contemplarem uma componente laboratorial/experimental.

Graça Santos
densino@spf.pt

ANUNCIE NA GAZETA DE FÍSICA

Informações

Sociedade Portuguesa de Física

Maria José Couceiro

Avenida da República 37-4º 1050-187 Lisboa

Tel 217 993 665 | Fax 217 952 349

E-mail secretariado@spf.p





VIDROS E EQUIPAMENTOS, LDA.

Telefs.: 21 9588450/1/2/3/4 Telefax 351 21 9588455
Rua Soeiro Pereira Gomes; 13 - R/C | <http://www.videeq.pt>
BOM SUCESSO - 2615 ALVERCA
PORTUGAL

MATERIAL DIDÁCTICO



FÍSICA

Relatório de actividades e contas da SPF

Alteração dos estatutos

Reunião com Presidentes dos Departamentos de Física

Proposta de reforma de ensino secundário

Direcção Regional do Centro

NOTÍCIAS DA SPF

RELATÓRIO DE ACTIVIDADES E CONTAS DA SPF



Os relatórios de actividades e de contas da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) relativos ao ano 2002 foram aprovados no último conselho directivo, que teve lugar em 30 de Janeiro passado. Na mesma reunião foi igualmente aprovado o Plano de Actividades para 2003, onde sobressai a realização de uma conferência em Coimbra. Depois de dado o parecer do Conselho Fiscal, os relatórios foram apresentados à Mesa da Assembleia Geral e aprovados na reunião de Março de 2003. Estes documentos estão disponíveis na página da SPF na Internet (<http://nautilus.fis.uc.pt/spf/>).

ALTERAÇÃO DOS ESTATUTOS

A última Assembleia Geral aprovou duas alterações aos Estatutos da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), designadamente no que diz respeito à duração dos mandatos - por um período de três anos e que, por lapso, não tinha sido incluído nos Estatutos vigentes - e à designação das "divisões técnicas", que passam a designar-se simplesmente por "divisões".

REUNIÃO COM PRESIDENTES DOS DEPARTAMENTOS DE FÍSICA

No passado dia 5 de Novembro teve lugar na sede da Sociedade Portuguesa

de Física (SPF) uma reunião do Presidente da Sociedade com os presidentes dos Departamentos de Física das universidades portuguesas.

Estiveram presentes os presidentes (ou seus representantes) dos Departamentos de Física da Universidade do Minho, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, da Universidade de Aveiro, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, da Universidade da Beira Interior, do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e da Universidade do Algarve. O presidente do Departamento de Física da Universidade de Évora informou que não podia estar presente, mas que gostaria de participar em próximas reuniões.

Durante a reunião identificaram-se problemas de interesse comum, entre os quais os seguintes que foram considerados como os mais urgentes:

- A Física na formação básica dos cientistas e dos engenheiros;
- O ensino da Física nos ensinos básico e secundário;
- A acreditação pela Ordem dos Engenheiros dos cursos de Engenharia Física;
- A captação de estudantes de outras nacionalidades; e
- Criação dum prémio para jovens talentos em Física.

Escolheram-se comissões para tratar de cada um destes assuntos, ficando agendada uma nova reunião para o princípio de 2003.

DELEGAÇÃO REGIONAL DO CENTRO

Acções com alunos e cursos para Professores do Secundário

Numa iniciativa conjunta com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, a Delegação Regional do Centro da SPF promove a realização de "Acções de Divulgação para Alunos e Cursos de Formação de Professores" nas Escolas Secundárias da Região Centro.

As acções de divulgação são pequenas palestras destinadas à divulgação e a um melhor esclarecimento de temas de Física junto dos alunos. Os cursos destinam-se a professores e a sua realização está condicionada à presença de um mínimo de 15 participantes. A lista das iniciativas promovidas durante o ano lectivo 2002/2003 poderá ser consultado em

<http://nautilus.fis.uc.pt/spf/>.

No presente ano lectivo foi realizada a acção "Imagiologia médica: como as radiações nos dão a conhecer o corpo humano", pela Dr^a Maria Isabel Lopes, na Escola Secundária de Emídio Navarro (Viseu), em 12 de Novembro de 2002, e na Escola Secundária de Anadia, em 15 do mesmo mês.

Na continuação do projecto "Ciência a Brincar", têm sido realizadas, quinzenalmente, aulas experimentais com alunos da Escola EB1 da Solum Coimbra. Foram ainda efectuadas diversas actividades experimentais com as crianças desta escola durante a Semana da Cultura Científica.

Palestras no departamento de Física da Universidade de Coimbra

A Delegação do Centro da SPF organizou, em colaboração com o Departamento de Física da Universidade de Coimbra, um ciclo de palestras destinadas aos alunos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UC e a professores do Ensino Básico e Secundário. As palestras decorrem na última semana de cada mês, pelas 14h30, na Sala de Conferências do Departamento de Física. No primeiro trimestre de 2003 realizaram-se as seguintes:

- "LHC: um acelerador para o novo milénio", pelo Dr. João Carvalho, 31 de Janeiro;
- "Radiação de sincrotrão: uma sonda poderosa da matéria", pelo Dr. José António Paixão, 26 de Fevereiro;
- "Estudo das obras de arte por técnicas físico-químicas", pelo Dr. Francisco Gil, 28 de Março.

Protocolo com Coimbra 2003 - Capital da Cultura

Foi assinado o protocolo de cooperação com Coimbra - Capital Nacional da Cultura 2003 para a realização do Projecto "Patrimónios". Em particular, foram realizadas as "Fichas de Descoberta" da edição "Mo(nu)mentos", elaborada sob a coordenação de Adília Alarcão. No âmbito deste protocolo a SPF estará representada na Feira do Património, a realizar em Coimbra no final de Junho.

PROPOSTA DE REFORMA DO ENSINO SECUNDÁRIO

A recente proposta de reforma do Ensino Secundário causou alguma estranheza motivada não só pela sua oportunidade como pelo seu conteúdo (ver, nesta mesma "Gazeta", secção Ensino da Física). Ao tomar conhecimento da proposta, a Direcção da SPF, sensibilizada

para as graves consequências que tal proposta poderia ter, marcou um Conselho Directivo para discutir unicamente esse assunto e pediu uma audiência ao ministro da Educação com quem se avistou para lhe dar conta das suas preocupações. Com vista à elaboração do parecer (divulgado na última "Gazeta" e também disponível na página da SPF na Internet), a SPF contactou os

grupos disciplinares de Física de todas as escolas secundárias bem como todos os departamentos universitários de Física. Promoveu ainda uma reunião no passado mês de Janeiro, que decorreu em Coimbra, com representantes dos Departamentos de Física a fim de lhes apresentar e discutir a sua proposta de parecer. Regista-se, com satisfação, a colaboração de todos.

LIVROS NOVOS

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

"Ensino Superior: uma visão para a próxima década", José Veiga Simão, Sérgio Machado dos Santos e António de Almeida Costa, Gradiva, 2002.

"Assinaturas do invisível", Fundação Calouste Gulbenkian, 2003. (Catálogo da exposição de arte do CERN)

"Ciência e religião. A modernidade do pensamento epistemológico do cardeal Cerejeira", Sebastião J. Formosinho, Principia, 2002.

"Electromagnetismo e relatividade restrita", Joaquim A. Moura Relvas, Porto Editora, 2002.

"Cada vez mais rápido", James Gleick, Temas e Debates, 1999.

"A energia nuclear em Portugal. Uma esquina da história", Jaime da Costa Oliveira, Editora O Mirante, 2002.

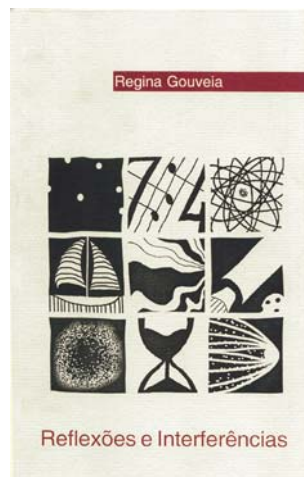
"A descoberta de Einstein. A relatividade relativamente fácil", Barry Parker, Edições 70, 2000.

"Os portugueses e a ciência", Maria Eduarda Gonçalves, Dom Quixote, 2002.

"Públicos da ciência em Portugal", António Firmino da Costa, Patrícia Ávila e Sandra Mateus, Gradiva, 2002.

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

FÍSICA E POESIA



"Reflexões e Interferências"
Regina Gouveia
Palavra e Mutação & Autor, Braga,
2002.



"Instituto de Felicidade Teórica"
Orfeu B.
Alma Azul, Coimbra, 2002.

Para muita e boa gente a física está nos antípodas da poesia. São evidentemente actividades culturais diferentes: a física provém do mundo exterior e a poesia do mundo interior. Mas, por outro lado, têm várias coisas em comum: ambas são expressões da criatividade humana e ambas perseguem um ideal estético.

Não é muito comum, mas por vezes ocorre, haver pessoas que são ao mesmo tempo físicas e poetas. O caso mais conhecido é o do professor de Ciências Físico-Químicas Rómulo de Carvalho que adoptou o pseudónimo literário de António Gedeão. Sob o seu patronato foi instituído o Dia Nacional da Cultura Científica, que se realiza todos os anos em finais de Novembro. Mas Rómulo de Carvalho/António Gedeão não está sozinho... Outros autores mostram como a física e a poesia podem coexistir. Por exemplo, é conhecido que a poetisa contemporânea Adília Lopes cursou Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, embora sem ter terminado o curso. Nos seus poemas, irónicos e por vezes iconoclasticos, é frequente a invocação da entropia e de outros conceitos da termodinâmica.

Dois exemplos recentes vieram confirmar a possibilidade de co-existência num mesmo autor da física e da poesia. Falamos de dois pequenos mas interessantes livros de poesia saídos em 2002 da autoria de uma professora de Ciências Físico-Químicas do ensino secundário no Porto, Regina Gouveia, e de um professor e investigador de Física Teórica do Instituto Superior Técnico de Lisboa, especializado em Astrofísica e Cosmologia, Orfeu Bertolami (o apelido Bertolami aparece abreviado no pseudónimo literário, B. está para Bertolami um pouco como Gedeão está para Carvalho). Intitulam-se respectivamente "Reflexões e Interferências" e "Instituto de Felicidade Teórica".

Os dois títulos remetem para a linguagem da física, o primeiro a invocar a óptica e o segundo a fazer um trocadilho com instituto de física teórica (tanto felicidade como física começam com a letra f, pelo que os dois admitem a sigla IFI). Ambos os autores reincidem pela segunda vez na sua incursão pela poesia: Regina Gouveia tinha escrito alguns poemas para a colectânea "Tempera (Mental)", na Editorial Minerva de Lisboa (alguns desses poemas encontram-se no endereço da Internet

<http://gold.br.inter.net/cfontes/popoeira>

[poesia/galeria/galeriareginagouveia.htm](http://www.terravista.pt/Guincho/2482/orpheubertolami.htm)) e Orfeu B. tinha escrito "Reminiscências de Viagem", saído em 2002 também na editora Minerva (ver na Internet <http://www.terravista.pt/Guincho/2482/orpheubertolami.htm>).

Ambos os livros são prefaciados de forma elogiosa, Regina Gouveia por Fernando Gouveia e Orfeu B. por Rui Zink. Ambos são, de forma visível, inspirados, por temas de ciência, em particular a física. Mas acabam aí as semelhanças: como os poetas são uns individualistas, os dois têm estilos muito diferentes. Regina Gouveia com um estilo mais tradicional, preocupa-se com a rima e com o ritmo. Orfeu B. tem um estilo menos tradicional, ignorando a rima e trocando várias vezes a cadência da poesia pela fluência da prosa. A presença da ciência é, no seu caso, mais discreta.

Como pode não ser fácil obter os livros (são edições muito restritas, que obrigam o leitor interessado a procurar bem numa boa livraria), vale a pena dar dois exemplos representativos da escrita poética dos dois autores.

Começemos então com Regina Gouveia (56 anos, nascida no nordeste transmontano, autora de artigos pedagógicos e do livro sobre didáctica da física "Se eu não fosse professora de Física... Algumas reflexões sobre práticas lectivas, publicada pela Areal Editores). Escolhemos o poema "Impulsão", onde parece clara a influência de Gedeão:

IMPULSÃO

*Arquimedes
não descobriu Ganimedes,
que é uma lua.
Diz a lenda que saiu nu para a rua,
Gritando Eureka, Eureka,
Com enorme satisfação.
Acabara de descobrir a impulsão.
E é essa a principal razão
Por que, volvidos mais de dois mil anos,
Navios continuam a cruzar os oceanos.*

Finalizemos com Orfeu B. (44 anos, brasileiro mas residente em Portugal há mais de 13 anos, autor de dezenas de artigos de física em revistas internacionais da especialidade). Escolhemos o poema "Teorema Fernando Pessoa", também curto, de clara inspiração físico-matemática:

TEOREMA FERNANDO PESSOA

*Na variedade curva diferenciável FP
as funções poéticas
B de Beleza,
D1 de Deleite,
D2 de Desassossego,
E de Empatia, etc.,
com argumento pessoano,
são todas contínuas e infinitamente
diferenciáveis, C00 (FP),
isto é, são suaves,
quando a plenitude e as relações de
ortonormalidade
associadas aos diversos estados do poeta
são satisfeitas.*

Quem insistirá, depois de ler os dois poemas, que física e poesia estão nos antípodas um do outro?

Carlos Fiolhais
carlos@teor.fis.uc.pt

"FÍSICA E POESIA TÊM PONTOS DE CONTACTO"



Orfeu Bertolami, autor de "Instituto de Felicidade Teórica", é professor e investigador de Física Teórica no Instituto Superior Técnico de Lisboa, especializado em Astrofísica e Cosmologia. Ouvimo-lo a propósito desse livro.

P. - O que há de comum entre a Física e a Poesia? Essas semelhanças notam-se neste livro?

R. - Estamos claramente a falar de discursos e visões de mundo completamente distintos. Contudo, seria simplista afirmar que não existem pontos de contacto. É bem conhecida, desde os românticos, os realistas e naturalistas. Penso que há exemplos anteriores da infiltração de termos e conceitos científicos na poesia e no texto literário. Não sendo frequentes no discurso quotidiano, estes termos causam impacto e emprestam ao texto aquilo que eu considero fundamental, na poesia sobretudo: frescura, choque, estranheza, perplexidade.

A um nível mais construtivo e técnico há também semelhanças. A Física é, para além de um corpo de ideias e conceitos extraídos da multiplicidade de dados esparsos fornecidos pela Natureza, um exercício de, por meio destes, criar novas categorias de pensamento e teorias, e assim encontrar novas harmonias. Sob este prisma, a Física é um processo contínuo e incessante de reinterpretação e investigação. Analogamente, eu concebo a Poesia - e digo-o sem qualquer pretensão de passar por crítico literário ou de exibir qualquer conhecimento profundo na matéria, pois claramente não o tenho - como um exercício contínuo de releitura (reinterpretação) e investigação de novas formas de exprimir ideias, estados emocionais, situações, etc. Enfim, uma investigação da linguagem. Este ponto que me é particularmente caro, pois considero-me acima de tudo um leitor. Finalmente, há semelhanças ao nível da motivação estética.

Falamos da beleza das leis e teorias científicas com base na profundidade e abrangência de conceitos, na presença de simetrias que permitem generalizações e até mesmo na elegância pictórica das equações. Há subjacente a isto a crença numa harmonia do cosmos, um certo panteísmo frequentemente não declarado, embora Einstein, por exemplo, nunca se coibisse de fazer declarações neste sentido: "Deus não joga dados", "O Sr. Deus é refinado, mas não é malicioso"... Claro que o objectivo da ciência é desvendar os mecanismos da natureza, mas penso que muitos de nós crêem que estes estão intrinsecamente associados aos critérios de beleza estética acima enumerados. Por seu turno, o objectivo último da Poesia e do texto literário é a beleza. Não há verdade por desvendar, pois esta é inerentemente particular, cultural e antropológica.

Eu penso que no meu livro estão concretamente presentes todas estas semelhanças - e por que não dizê-lo? - confusões! Estas podem ser encontradas nos textos que têm como ponto de partida factos científicos, mais claramente nos contos "Shamba, o mosteiro dos bonzos com cancro" e "O Holograma", e em certa medida no texto de síntese "Paisagens Sintéticas". E há também confusões deliberadas, sendo o melhor exemplo destas o poema (?) "Teorema Fernando Pessoa", no qual se descreve um espaço matemático novo, o espaço pessoano, com um espectro de estados estranhamente finito! Há também um poema, bastante antigo, que versa sobre a "miscibilidade" das duas maneiras (científica e poética) de se interpretar o mundo.

P. - O que é que a Física e a poesia não têm em comum?

R. - O texto científico, quando bem conseguido, deve ser neutro e objectivo ao ponto de conduzir, sem ambiguidades, o interlocutor às conclusões pretendidas. Esta objectividade é fundamental quando se pretende refutar as "verdades" do momento - e na ciência todas as verdades são provisórias - e substituí-las por novos factos científicos. O texto poético, por sua vez, deve gerar leituras múltiplas e inerentemente subjectivas. Não há neste discurso qualquer critério de refutação, pois Shakespeare não refuta Homero, Kafka não refuta Stendhal, e assim sucessivamente.

UM TÍTULO PROVOCADOR



"Faster than the Speed of Light"

João Magueijo
Perseus, 2003

Saiu finalmente nos Estados Unidos, e na Inglaterra, o livro do astrofísico português João Magueijo, professor no Imperial College de Londres (a edição inglesa conheceu algum atraso devido à controvérsia gerada por algumas afirmações na edição original a respeito de um editor da "Nature"). O livro trata as questões da relatividade e do "Big Bang", expõe a teoria da velocidade da luz variável do autor e trata também as dificuldades que a disseminação desta teoria tem conhecido. Enquanto se aguarda a edição portuguesa, anunciada pela Gradiva para a Primavera, podem-se consultar na Internet interessantes recensões sobre o livro. Ele mereceu críticas no suplemento de livros do "New York Times" (<http://www.nytimes.com/2003/02/09/books/review/09JOHNSOT.html>) e, ainda mais interessante, no "Chronicle of Higher Education" (<http://chronicle.com/free/v49/i23/23a01401.htm>), para não falar já no "The Economist"

(http://www.economist.com/books/displayStory.cfm?story_id=1559599).

A revista de cultura científica "Seed", sediada no Canadá, publica no seu último número uma extensa reportagem-entrevista com João Magueijo (curiosamente há também uma entrevista com outro cientista português, António Damásio).

OUTRO TÍTULO PROVOCADOR



"Como Construir uma Máquina do Tempo"

Paul Davies
Gradiva, 2003

O físico britânico Paul Davies, professor numa universidade australiana e autor de numerosas obras de divulgação científica (27), algumas das quais traduzidas em português, como "O Átomo Assombrado" (com J. Brown) e "Superforça", tenta, nesta obra de título provocador, especular sobre as possibilidades de viajar no tempo. O livro é pequeno e lê-se com bastante interesse. A tradução é boa. Só não se entendem bem algumas liberdades tomadas quanto à escrita de alguns termos científicos, como "buraco negro", que aparece grafado "buraconeiro" (isso mesmo, sem espaço nem hífen).

AS PSEUDOCIÊNCIAS ESCALPELIZADAS



"Feiticeiros e Cientistas. O oculto desmascarado pela ciência"

Georges Charpak e Henri Broch
Gradiva, 2002

Foi um enorme êxito de vendas no país de origem, a França. Georges Charpak foi galardoado com o Nobel da Física pelos seus trabalhos no domínio dos detectores de partículas (e Doutor Honoris Causa pela Universidade de Coimbra). Com o seu colega Henri Broch, professor da Universidade de Nice (França), dedica-se neste livro a atacar um dos males do nosso tempo: as pseudociências ou ciências ocultas (como a astrologia ou a telepatia), a superstição, a demagogia e a estupidez. Todos os esforços no sentido em que aponta este muito interessante livro serão poucos, dada a força espantosa do oculto. Mas o êxito do livro em França (que oxalá se repita em Portugal) leva-nos a ter esperança.

C. F.

LIVROS PARA OS MAIS NOVOS



"Explora a Ciência em Acção"
Dorling Kindersley - Civilização, 2002

Embora sem ter o exclusivo, a editora Civilização do Porto tem publicado alguns dos melhores livros da editora britânica Dorling Kindersley, uma empresa do grupo Penguin. Neste magnífico livro, as duas editoras aparecem associadas, estando na capa os dois logotipos.

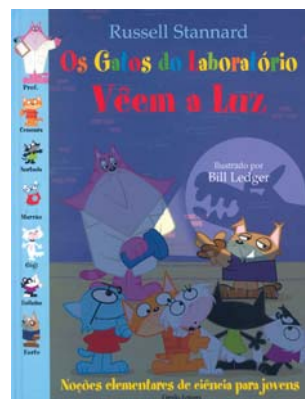
A Dorling trouxe-nos um estilo inconfundível de livros, principalmente para jovens mas também para adultos. As imagens abundam, entrecruzando-se com pequenos textos, fazendo do livro quase que um produto multimédia (só falta o som e o vídeo). Para fazer esta espécie de enciclopédias ilustradas, é óbvio que não chega um autor, sendo necessária toda uma enorme equipa editorial - é por isso que este livro não tem autor. Por outro lado, a produção gráfica de um produto deste tipo tem de ser esmerada, não admirando por isso que este livro tenha sido feito em Barcelos, Singapura e Verona, num exemplo do que é hoje a globalização no sector livreiro.

Mas falando do conteúdo: o original intitula-se "The Way Science Works", concentrando-se o livro nas ciências físicas. Discute-se a matéria, os átomos e os elementos, forças e energia, calor e som, luz e calor e electricidade e magnetismo. As ilustrações são magníficas, constituindo um forte elemento apelativo. O método das ciências físicas é exemplificado com numerosas experiências que se podem fazer em casa. É dada (e bem) atenção aos aspectos de segurança. Em resumo, um livro que convida à ciência num país que tanto precisa dela...



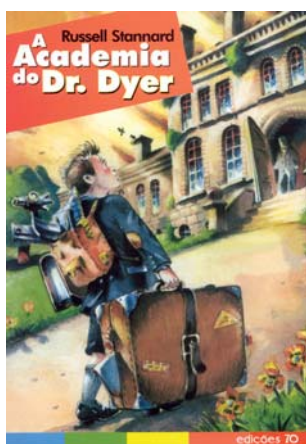
"História da Ciência e da Tecnologia.
A Revolução Científica"
Marta Stefani
Asa, 2001 (reedição em 2003 para o
Jornal de Notícias)

Este é o volume 21 de uma colecção - a "Enciclopédia Pedagógica Universal", dirigida por Giovanni Carrada (e editada no original pela DoGi, uma editora sediada em Florença), que depois de uma edição pela Asa, que ainda se pode encontrar nas livrarias (a SPF dispõe de uma colecção, que pode ser consultada na sede), surge num formato maior e num preço melhor, numa edição do "Jornal de Notícias". Esta enciclopédia, de 24 volumes é um conjunto daquilo a que o editor chama "hiperlivros", isto é, livros que fazem a concatenação dos assuntos através de uma sinalização especial, podendo passar-se facilmente de uns temas para os outros. Os conteúdos estão em geral actualizados e a relação preço-qualidade na edição do "Jornal de Notícias" é bastante boa. O único senão é que a edição do livro é limitada, nem sempre se encontrando nos quiosques. Mas pode sempre fazer-se a respectiva encomenda...



"Os Gatos do Laboratório Vêm a Luz,
Um olhar sobre a Luz e o Som"
Russel Stannard
Círculo de Leitores, 2001

É uma colecção para os mais novos só acessível no circuito do Círculo de Leitores. O original ("The Lab Cats See the Light") é da editora Marschall, do Reino Unido, estando já quatro volumes traduzidos em português. Um simpático conjunto de sete gatos ensina às crianças, neste livro, como funciona a luz e o som. Há perguntas para serem respondidas pelos petizes e um glossário no fim para os ajudar nalguns termos mais difíceis. O *design*, incluindo as cores, está bem escolhido para a faixa etária a quem se destina (serve para a pré-primária se forem os pais a ler). Sobre o autor fala-se na referência seguinte.



"A

Academia do Dr. Dyer"
Russel Stannard
Edições 70, 2002.

Russel Stannard é professor de Física na Open University na Inglaterra. Os seus livros juvenis sobre "O Tio Alberto" (inspirados em Albert Einstein) foram um grande sucesso de vendas em vários sítios do mundo. Em Portugal foram todos editados pelas Edições 70.

Stannard tem-se interessado pelas relações entre ciência e religião, tendo ganhado distinções nessa área. Fruto desse interesse, encontram-se traduzidos ainda nas Edições 70 títulos como "A Curiosa História de Deus" e "Ciência e Religião". O presente volume destina-se a adolescentes. O que se pode ler na contracapa é bastante sugestivo: "O mundo está à beira do caos científico; os aparelhos já não funcionam, a Internet falhou; e, num pequeno colégio, o nosso herói, Jaime, vê-se enredado num plano malévolo". Como se lê, a ficção pode cruzar-se com a ciência de um modo profícuo para as duas!

C. F.

BOLETIM "EM ÓRBITA"

Onde é que pode ser encontrada toda a informação - ou quase toda - em língua portuguesa sobre Astronáutica e os lançamentos espaciais mais recentes? A resposta está no "Boletim Em Órbita", uma publicação mensal de Rui C. Barbosa, membro da Sociedade Planetária - Portugal. A versão electrónica desta publicação pode ser consultada, em exclusivo, na secção de Astronomia e Voo Espacial do "site" brasileiro Zênite (<http://www.zenite.nu>), que se dedica à divulgação científica, com especial ênfase na Astronomia.



Na última edição do "Em Órbita" posta em linha (número 23, ano 2, referente a Fevereiro de 2003) está disponível a terceira parte de uma nova secção, "Cronologia Astronáutica", da autoria de Manuel Montes, cujo objectivo é listar os acontecimentos que compõem a história da exploração espacial. Inclui ainda o calendário dos próximos lançamentos não tripulados e sub-orbitais do corrente ano, assim como quadros de lançamentos. São de referir ainda os voos espaciais tripulados - novas tripulações para a ISS e Soyuz TMA-1 (ISS-5S) Odissea. Para quem estiver interessado numa informação sempre actualizada sobre estes temas, a consulta do *site* <http://groups.yahoo.com/group/em-orbita> é complementar.

Rui C. Barbosa, pode ser contactado através de rcb@netcabo.pt ou escrevendo para R. Júlio Lima, 12 - 2º, 4700-393 Braga. Estes endereços servem também para solicitar o envio regular do "Em Órbita".

MAURICE JACOB

Físico Teórico de Partículas, ex-director da European Physical Society e ex-chefe da Divisão de Estudos Teóricos do CERN.



FÍSICA E PROCESSOS DE PAZ

A paz no Médio Oriente é muito frágil: por que não utilizar a física para levar as pessoas a encontrarem-se e conhecerem-se melhor? As dificuldades são evidentes. Há duas que é preciso contornar com cuidado. A primeira é que os israelitas estão muito avançados em relação aos Estados árabes neste domínio. Eles têm inúmeros físicos de reputação mundial e prestigiados centros de investigação. Os israelitas não podem ensinar a física aos egípcios ou aos jordanos, pois estes últimos não aceitam ser colocados em situação de inferioridade. Estamos muito longe da situação que prevalecia nas relações Este-Oeste nos anos 1960. É preciso, pois, que os americanos e os europeus intervenham também para que, pelo menos em determinados cursos, israelitas e árabes se encontrem nos mesmos bancos. A segunda dificuldade vem do facto de a física já não ter o prestígio que tinha nos anos 1960. Os governos árabes não sentem necessidades particulares em formar melhor os físicos, a ponto de favorecerem os seus contactos com Israel. É preciso partir do interesse dos próprios físicos esperando que isso possa ser contagiante.

O Comité de Cooperação Científica do Médio Oriente (MESC) criado por Sergio Fubini, um célebre físico italiano durante muito tempo membro do CERN, de que foi um dos directores, conseguiu assim organizar uma reunião no Sinai, em Novembro de 1995. Foi uma reunião de física de uma semana que juntou, cerca de 120 pessoas, com bons contingentes de egípcios, jordanos, israelitas e palestinianos. Havia também alguns europeus e americanos, entre os quais o célebre Edward Witten e também Robert Laughlin que viria a obter pouco tempo depois o Prémio Nobel. Tudo se passou o melhor possível; foi formidável ver todas essas pessoas encontrarem-se, aprenderem a conhecer-se, a discutir física, mas também muitas outras coisas. Tínhamos o apoio das autoridades. A reunião fora inaugurada pelo Ministro da Investigação do Egipto, o Presidente da Academia das Ciências de Israel e o Director Científico da UNESCO, que por acaso era jordaniano. O Presidente da Sociedade de Física Palestiniana estava lá e, gesto simbólico, os participantes palestinianos tinha vindo no mesmo autocarro que a maior parte dos israelitas. De cada um dos lados, tínhamos sobretudo "pombas", mas também alguns "falcões". O interesse pela física, os elos de amizade existentes entre organizadores

e participantes, e o prestígio das conferências tinham reunido toda a gente. Contudo, um mês antes, nada disso teria sido possível após o revoltante assassinato de Rabin.

Esta reunião de Dahab foi uma aventura extraordinária. Tínhamos a impressão de contribuir um pouco para o processo de paz. Com isso em mente, fora prevista uma nova reunião entre Jerusalém e Belém, onde se encontra uma universidade palestinianiana, para o ano seguinte. A situação política mudou, como se sabe, e foi preciso abandonar esse projecto. Um projecto tão simbólico era demasiado ousado para o tempo presente. A reunião foi deslocada para Turim, região neutra e justificada pelo facto de grande parte do financiamento disponível vir da Fundação Agnelli/Fiat. Mas os trabalhos arqueológicos sob as grandes mesquitas de Jerusalém e as manifestações reprimidas que se lhes seguiram revelaram o limiar de participação demasiado elevado. Muitos colegas árabes esperados recusaram-se a vir ao encontro dos israelitas, mesmo em Turim. No ano seguinte, a reunião prevista pôde ter lugar, em Turim. Não se deve, pois, perder a esperança e perseverar. Talvez que em breve se possa pôr a hipótese de uma nova reunião no Médio Oriente. Tudo isso pouco representa no processo de paz, mas é com um grande número de acções desse tipo que se consegue finalmente quebrar os receios e aproximar os povos. Foi nessa reunião de Turim que ganhou corpo a possibilidade de transferir para o Médio Oriente, depois de o ter melhorado, um sincrotrão que a Alemanha estaria pronta a dar. A radiação sincrotrónica é um instrumento de trabalho extraordinário em inúmeros domínios científicos, da ciência dos materiais à biologia, e também na indústria. É um domínio sonhado para criar um laboratório internacional onde os cientistas do Médio Oriente se encontrariam e poderiam mesmo colaborar. É ainda preciso obter os acordos necessários e o financiamento regular imposto pelo seu funcionamento. A UNESCO deu o seu apoio ao projecto e tenta promovê-lo o melhor possível sob o nome de SESAME. O futuro próximo dirá se a ideia é realizável ou se peca por excesso de ambição.

Texto retirado do livro "No coração da matéria. A física das partículas elementares", Instituto Piaget, Lisboa, 2002. Agradecemos ao Instituto Piaget a autorização para transcrição.

PRÉMIOS PÚBLICO/GRADIVA PARA IDEIAS GENIAIS

DOS MELHORES ALUNOS DO 12º ANO DE
MATEMÁTICA E FÍSICA

$$y=ax^2 (b+cx^x)^{2y}$$

3ª EDIÇÃO

PARTICIPA JÁ INSCRIÇÕES ATÉ 28 ABR

Prémio "Bento de Jesus Caraça" Eur.3.000
Escolhido pela Sociedade Portuguesa
de Matemática o melhor trabalho individual sobre
Matemática.

Prémio "Mário Silva" Eur.3.000
Será escolhido pela Sociedade Portuguesa de Física
o melhor trabalho individual sobre Física.

Os trabalhos deverão ser elaborados
por alunos que, na prova nacional de Física ou Matemática do
12º ano (2001/2002) tenham obtido pelo menos 18 valores.

**As Escolas Secundárias dos alunos premiados
receberão um prémio de Eur.2.500**

Para conhecer o Regulamento, contacta os professores
da tua escola secundária ou: www.publico.pt;
SPM – Tel: 217 939 785; Email: spm@spm.pt;
www.spm.pt; SPF – Tel: 217 993 665;
Email: secretariado@spf.pt; www.spf.pt

PROCURA-SE
outro Génio



Sir Isaac Newton
(este génio já fez História)

RECOMPENSA:

Eur 3.000 (Matemática)
Eur 3.000 (Física)

Organização:

PÚBLICO

gradiva
publicações, lda.

spm
SOC. PORTUGUESA DE MATEMÁTICA

spf

TEXAS
INSTRUMENTS

Patrocínio:

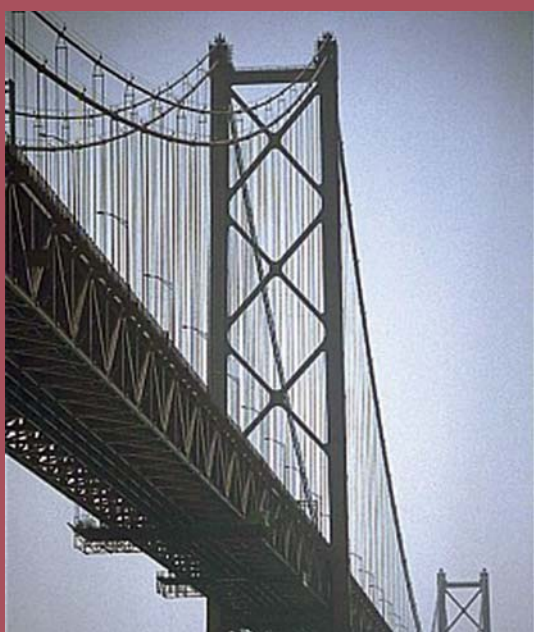


Visite o nosso "site"

<http://spf.pt>

e faça-se sócio da Sociedade Portuguesa de Física

NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



"CORDAS, CABOS E OUTROS OBJECTOS
DEPENDURADOS"

Diogo Oliveira Silva

"TEORIAS COSMOLÓGICAS ANTIGAS"

Luís Bernardo

"FORMAÇÃO DE PROFESSORES NO 1º CICLO DO
ENSINO BÁSICO"

Francisco Cid e Maria José Almeida