



Gazeta de Física Vol. 22 (1999) Fasc. 2

Director Carlos Fiolhais  
Editor Carlos Pessoa

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

Colaboraram ainda neste número Gaspar Barreira, Augusto Barroso, João Ferreira, Manuel Fiolhais, Eduardo Lage, Hugo Luz, Anabela Martins, Maria Goreti Matos, Tito de Mendonça, José António Paixão, Elisa Pina, Teresa Pena, Constança Providência, José Salcedo, Filipe Duarte Santos, Célia Sousa, e Fernanda Vasconcelos.

Secretariado Florbela Teixeira\* (Porto) e Maria José Couceiro (Lisboa) \* *Dada a transferência da redacção do Porto para Lisboa, o nome de Florbela Teixeira aparece pela última vez na ficha técnica. A ela são-lhe devidos os melhores agradecimentos pela excelente colaboração ao longo dos últimos anos.*

Design Lupa, R. da Graça, 140 - 2.º 1170-171 Lisboa  
E-mail [lupa@esoterica.pt](mailto:lupa@esoterica.pt)  
Pré-impressão e Impressão  
Textype - Artes Gráficas Lda.  
Tiragem 2.000 exemplares

Preços Número avulso 650\$00 (inclui IVA), ou 3,24 euros. Consultar a administração para condições de assinatura.

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

Administração e Redacção  
Avenida da República, 37 - 4.º 1050-187 Lisboa  
Tel. 01-799 36 65; Fax 01-795 23 49

ISSN 0367-3561

Registo DGCS nº 107280 de 13/5/80

Depósito Legal Nº 51419/91

Publicação Trimestral

Publicação subsidiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia.

*A Gazeta de Física publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Deverá constituir também um espaço de informação para a actividade 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 17.500 caracteres), incluindo figuras. 1 figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve ser indicado o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores. Agradece-se o envio do texto em disquete de preferência "Word" para macintosh ou PC). Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separada, prontos para reprodução.*

nota de abertura

# O que há para ler

Um mero relance pela capa deste número da "Gazeta de Física" já deu para o leitor perceber que algo aconteceu desde o último número. E acertou: a nossa revista está diferente, mais "arejada", com outra "cara" e, assim o esperamos, conteúdos igualmente renovados, susceptíveis de despertar o interesse e a atenção que a qualidade da informação que seleccionámos e tratámos merecem.

Virando a página, poderá ler o que o director da "Gazeta" escreveu para explicar o novo rumo, continuando uma tradição riquíssima de meio século de publicação ao serviço da Física. Nesta edição, propomos-lhe dois artigos de interesse geral, consagrados respectivamente ao papel dos cientistas – com os físicos na primeira linha, claro – na banda desenhada, e à lei de conservação da energia em mecânica.

O noticiário sobre o que de mais relevante aconteceu no domínio da Física em Portugal e no mundo, assim como sobre as actividades da Sociedade Portuguesa de Física e suas delegações, são outras secções de múltiplo interesse para os os leitores.

Destaque ainda, além das novas secções de livros e opinião, para uma interessante entrevista com Alain Aspect, físico do CNRS de França, num exclusivo "Science et Vie"/"Gazeta de Física" com o qual abrimos as nossas páginas a artigos de reputadas publicações internacionais.

Boa leitura e boas férias!

## índice

<b>editorial</b>	
Continuar	4
<i>Carlos Fiolhais</i>	
<b>artigos</b>	
Cientistas bons e génios do mal na Banda Desenhada	6
<i>Carlos Pessoa</i>	
A Lei de Conservação da Energia: aplicação ao rolamento com e sem deslizamento	10
<i>Célia A. de Sousa e Elisa P. Pina</i>	
<b>entrevista</b>	
"Códigos secretos protegidos pelas leis da natureza"	16
Entrevista com Alain Aspect	
<i>Leila Haddad</i>	
<b>notícias</b>	
Física em Portugal	18
Projectos "Ciência Viva"	26
Física no Mundo	28
Sociedade Portuguesa de Física	32
Olimpíadas de Física	34
<b>livros e multimédia</b>	36
<b>opinião</b>	40
<b>cartas dos leitores</b>	42

# Continuar



Há 25 anos, a 22 de Abril de 1974, a comissão pro-SPF assinou a escritura de constituição da Sociedade Portuguesa de Física.

A “Gazeta de Física”, revista da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), comemorou em 1997 os seus 50 anos. Foi seu fundador Armando Gibert. Com este número, e na data dos 25 anos da SPF a “Gazeta” inicia nova vida: novo formato gráfico, que se procura vivo e moderno, novas secções e novos conteúdos. Trata-se de uma “transição de fase” que reflecte a vontade, expressa no programa da nova direcção da SPF, de reforçar a revista como órgão privilegiado de comunicação entre os sócios. Mas é uma transição que se pretende contínua, valorizando e desenvolvendo a imagem que a revista já dava de uma sociedade científica actuante e projectando a sua rica herança em direcção ao futuro. A sociedade é agora maior: congrega mais vontades, realiza mais projectos e tem um papel acrescido no panorama nacional e internacional da ciência, educação e cultura.

Ao longo da sua já longa existência, a “Gazeta” cumpriu a sua missão de promover e divulgar a Física e o trabalho dos físicos, professores e estudantes de Física portugueses. Conheceu as suas vicissitudes e até algumas interrupções, mas renasceu sempre, apoiada por redactores e leitores entusiastas do projecto de comunicação entre físicos que a revista sempre foi. É da mais elementar justiça, nesta ocasião, reconhecer e agradecer o enorme contributo que o Prof. Dr. João Bessa e Sousa deu à revista desde que dela foi director. Ao longo dos anos da sua direcção, a revista saiu sem uma falha. Com a maior das clarividências, tanto do ponto de vista científico como pedagógico, soube imprimir os critérios essenciais para assegurar a qualidade dos conteúdos. Hoje, por exemplo, é um dado adquirido que os artigos submetidos passam pelo crivo de dois ou mais peritos que emitem um juízo crítico sobre a publicação. Por outro lado, promoveu e acarinhou um projecto de renovação gráfica, que passou pela mudança de formato para o actual. Acompanhou-o no meio de dificuldades várias, tratando de todos os pormenores. O director foi a alma e a mão da “Gazeta”, que a conduziu por um percurso difícil, até porque parco em meios materiais. Pôs em segundo lugar a sua vida profissional e pessoal sempre que a prioridade da publicação regular da “Gazeta” o obrigava a uma atenção acrescida. Conhecem os autores e colaboradores a amabilidade do seu atendimento e a justiça das suas decisões editoriais. O Prof. Bessa e Sousa quis agora retirar-se, sendo impossível substituir tudo o que ele fazia. Digamos, simplesmente, que, para minorar a sua falta, contamos com o seu conselho experiente e a sua palavra amiga. Algumas ideias sobre o futuro da “Gazeta”: a revista deve ser mais partilhada pelos sócios, que são cordialmente convidados a enriquecê-la com os seus contributos (os artigos, notícias, opiniões, cartas podem a partir de agora ser



enviadas por e-mail para [gazeta@malaposta.fis.uc.pt](mailto:gazeta@malaposta.fis.uc.pt). Mas nenhuma publicação imprime tudo o que recebe. Procuraremos, consultando a comunidade dos físicos e professores de física, apurar os melhores artigos. Atendendo ao objectivo e espírito manifestos na nota da ficha técnica, privilegiaremos artigos de manifesta e geral legibilidade que possam contribuir para a divulgação de tópicos importantes e actuais de Física e do ensino da Física. Note-se que a “Gazeta” não é uma revista especializada destinada à publicação de investigação original em Física ou no ensino da Física. De entre as notícias, e de tudo o que for do nosso conhecimento, daremos prioridade, para além das informações da SPF, aquilo que se faz em Física, no mundo e em Portugal, que julgamos ter maior impacto. Uma equipa de correspondentes constituída pelos responsáveis pelas delegações regionais da SPF (Norte, Centro, e Sul e Ilhas) prontificou-se amavelmente a recolher e canalizar informações nas suas áreas. Com este novo processo, sabemos bem que muitas actividades recentes nos vão escapar neste número. Mas, tendencialmente, procuraremos aproximar-nos da maior cobertura nacional de tudo o que possa interessar à comunidade que se revê na SPF. Todas as ajudas nesse sentido são bem-vindas. Em particular, gostaríamos de valorizar a participação de estudantes.

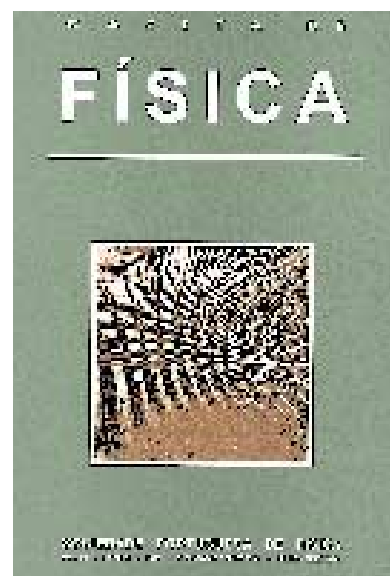
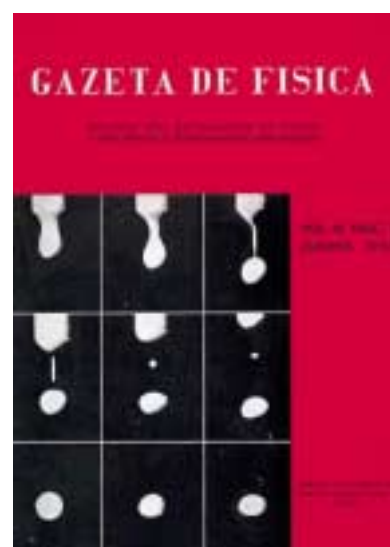
A “Gazeta” está na Internet, com o endereço [nautilus.fis.uc.pt/~gazeta](http://nautilus.fis.uc.pt/~gazeta). Ali se encontra o índice completo da revista, muitas imagens de capa e até um número completo. No futuro, uma parte da informação poderá ser fornecida “on-line”, nomeadamente a de maior actualidade.

Dos ex-directores, não é demais destacar Rómulo de Carvalho, pedagogo para quem todos temos uma dívida de gratidão. Como contributo à homenagem que lhe tem sido feita, a “Gazeta” está a publicar na Internet (em [nautilus.fis.uc.pt/~gazeta/romulo](http://nautilus.fis.uc.pt/~gazeta/romulo)) o conjunto completo dos artigos dele na revista. Escritos em português claro e correctíssimo, lêem-se ainda hoje com bastante agrado.

Este número, feito com a ajuda de jornalistas e gráficos profissionais mas ainda com falhas e lacunas inevitáveis, é uma tentativa de mudança, mantendo um precioso legado. Sabemos da segunda lei da Termodinâmica que a entropia aumenta com o tempo. Mas tal só acontece num sistema isolado e o “sistema” da “Gazeta de Física”, para não “entropiar”, vai procurar ser o mais aberto possível.

Carlos Fiolhais

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



# Cientistas bons e génios do mal na Banda Desenhada

Carlos Pessoa\*



[1]

Que a banda desenhada (BD) é o domínio por excelência dos heróis “positivos” e sem medo, irradiando coragem e generosidade de todas as células do seu corpo, já não é propriamente novidade para ninguém. O que talvez não seja tão perceptível é que, não raras vezes, o destino individual e o êxito das aventuras desses heróis de papel dependem do saber e da capacidade de realização de cientistas e investigadores. É a imagem destes na banda desenhada, e em particular dos físicos, que se analisa neste artigo.



A expedição será dirigida pelo professor Calis, que detectou, nesse aerólito, a presença de um metal desconhecido. Os outros membros da expedição são:



... O sábio sueco Erik Björgenskjöld, autor de notáveis trabalhos sobre as protuberâncias solares,



... o Señor Porfirio Bolero y Calamares, da Universidade de Salamanca,



... Herr Doktor Otto Schulze, da Universidade de Iena,



... Monsieur Paul Cantonneau, da Universidade de Friburgo,



... o Professor Pedro João dos Santos, o célebre físico da Universidade de Coimbra,



... o jovem repórter Tintin, que representará a imprensa,



finalmente, o capitão Maddock, presidente da L. M. A. (Liga dos Marinheiros Antialcoólicos), terá o comando do navio AURORA, a bordo do qual embarcará a expedição.

direitos reservados

[2]

Pedro João dos Santos: será pura perda de tempo tentar encontrar, em todos os arquivos – vivos e mortos – da Universidade de Coimbra o rasto deste homem. A única “foto” conhecida revela uma criatura magra e franzina, olhar inseguro e fugídico, óculos redondos, bigode caído, grandes entradas que põem a descoberto uma testa alta, colarinhos altos à moda das primeiras décadas deste século. Quase nada se sabe da sua vida, que permanece mergulhada num enorme e profundo mistério. Os únicos dados disponíveis assinalam a sua participação numa expedição científica, nos anos 40 deste século, destinada a recolher informações sobre os fragmentos de uma misteriosa estrela que quase colidiu com a Terra e deu lugar a uma efémera ilha que acabaria por se afundar nas profundezas oceânicas.

Todos estes registos foram recolhidos para a posteridade por Hergé, o célebre desenhador e argumentista belga que criou o não menos famoso herói da BD, Tintin (1929). Pedro João dos Santos é, escreve Hergé, “o célebre físico da Universidade de Coimbra” que participa na referida expedição. Essa referência pode ser encontrada no álbum “A Estrela Misteriosa”, onde o cientista português tem como companheiros de viagem Porfirio Bolero y Calamares, professor da Universidade de Salamanca, Erik Björgenskjöld, cientista sueco “autor de notáveis trabalhos sobre as protuberâncias solares”, o doutor Otto Schulze, da Universidade alemã de Iena, Paul Cantonneau, da Universidade de Friburgo. A expedição é chefiada pelo professor Hipólito Calis, um astrónomo que detectou a

presença de um metal desconhecido no aerólito. E é tudo o que se conseguiu apurar depois de laboriosas investigações, pois o papel directo da quase totalidade dos seis cientistas na referida expedição não assume qualquer relevância, a avaliar pela cortina de silêncio que sobre elas Hergé deixa cair, ao longo de toda a história. A presença de um físico de Coimbra numa aventura de Tintin não passa, como se constata, de um mero pormenor, quase anedótico, que praticamente nada tem a ver com a economia mais profunda das aventuras do herói de Hergé. Todavia, já não é assim em “O Segredo de Coimbra”, um álbum realizado originalmente em 1991 por ocasião da exposição “Les Mécanismes du Génie, Instruments Scientifiques des XVIIIe et XIXe Siècles, Collection de l’Université de Coimbra”, que esteve patente no Palais des Beaux-Arts de Charleroi, no quadro da Europaia 91.

### Dos instrumentos da Física ao professor Tournesol

O livro, assinado por Étienne Schreder a preto e branco (e objecto de uma edição ulterior a cores, pelas Edições ASA), relata a incrível história de D. Rafael, o delfim enfermo que vivia isolado do mundo, em 1774, numa ilha perdida no meio do rio. E para quem foi construído um universo imaginário, à medida da sua frágil condição física, que visava reproduzir uma realidade não existente, dada através de uma anamorfose – “ projecção

monstruosa ou representação desfigurada de uma qualquer imagem que é feita sobre um plano e que, de um certo ponto de vista, parece regular e feita com as proporções certas” – que lhe permitia ter a ilusão de acompanhar eventos e situações de faz-de-conta.

Em rigor, os verdadeiros protagonistas desta narrativa não são os personagens que, do presente do Museu de Física da Universidade de Coimbra, empreendem uma viagem ao passado para compreender o significado e importância da famosa figura anamorfosada, legado de família, que o professor Buisen tenta decifrar nessa deslocação a Portugal. Através de uma atmosfera intimista e misteriosa, sublinhada por silêncios e jogos de sombras muito ao sabor e gosto de outros dois grandes mestres da BD europeia (François Schuiten e Benoît Peeters, a quem Schreder agradece aliás a colaboração

prestada na elaboração desta obra), o que se projecta em todo o seu vigor para primeiro plano é a extraordinária colecção de instrumentos científicos do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra.

Regressemos a Tintin, onde a presença do universo científico se faz sentir a mais do que um título. O professor Tournesol é, obviamente, o expoente máximo dessa dimensão “topa-tudo” e multi-engenhosa que, no imaginário de uma dada época não muito remota, se quis dar dos cientistas na literatura popular. Desse ponto de vista, ele é, na banda desenhada, o equivalente visual dos personagens descritos por autores como Júlio Verne, Mary W. Shelley, H. G. Wells, R. L. Stevenson, ou H. P. Lovecraft, entre outros.

Tournesol surge, pela primeira vez, na expedição em busca do tesouro de Rackam, antepassado do capitão Haddock (aventura “O Segredo do Licorne”), quando bate à porta de Tintin para lhe propor o modelo de um pequeno submarino em forma de tubarão para explorar sem perigo os fundos oceânicos. Depois disso, torna-se um dos mais importantes personagens secundários da série, atingindo porventura o apogeu da sua carreira no ciclo “Rumo à Lua”-“Explorando a Lua”, onde assume o papel de principal responsável pela concepção e organização da expedição lunar em que, aliás, também participa.

### Inteligentes e perversos

Antes e depois de Tournesol, outros personagens dos meios científicos povoam a BD europeia. O professor Cosinus (repare-se no nome de inspiração matemática...), criado por Christophe no final do século passado, pode bem ser considerado o modelo de referência e o antepassado de Tournesol – como este último, é uma criatura engenhosa, distraída e original.

Um e outro são, na perspectiva do malogrado Jean-Claude Forest (criador, entre outros personagens, de Barbarella), com o seu “perfil redondo e nariz ingénuo” o “modelo do sábio louco mas doce”, “pacífico e infantil”, cujo “horizonte é iluminado pelo grande sonho do movimento perpétuo, que substituiu a pedra filosofal que, afinal, se revelou demasiado coriácea”.

Na tradição franco-belga, outros cientistas marcaram lugar na História, na maior parte dos casos integrados na categoria do que se poderia designar por “sábios loucos”. A série Blake e Mortimer (1946), de Edgar-Pierre Jacobs, propõe-nos dois dos mais consistentes – e perversos – personagens do género. Septimus (“A Marca Amarela”) é o inventor de um sistema que permite dirigir um homem à distância – a famosa “onda mega”. O outro é Miloch, que está na origem de um mecanismo de manipulação e controlo do clima e das condições atmosféricas (“SOS Meteoros”). A explosão do seu laboratório provoca-lhe



queimaduras radioactivas que lhe minam a saúde, sucumbindo na aventura seguinte (“A Armadilha Diabólica”), mas não sem antes exercer a sua vingança sobre Mortimer, a quem oferece uma viagem grátis através do tempo mas sem bilhete de regresso. Mais fantasiosos e do domínio da ficção científica, do que propriamente cientistas “sérios” e “credíveis”, os exemplos vão-se acumulando na BD europeia. Ainda na corrente franco-belga, será necessário esperar pelo período do pós-guerra para ver surgir, com a assinatura de Fred e Alexis, o professor Stanislas na série “Time is Money”, num registo entre o satírico e a “science fiction”. Aquele personagem, que faz parilha com um prosaico Timoléon, acaba de conceber uma máquina de viajar no tempo, tema mais que recorrente na BD. E com ela pretende regressar ao passado, menos com a intenção de fazer progredir os conhecimentos históricos do que de ganhar dinheiro à conta do que sabem do futuro. Com um pendor mais colérico e perverso, vale a pena assinalar ainda os cientistas Stix na série Scarlet Dream (1965, desenho de Robert Gigì e texto de Claude Moliterni, com alguns álbuns editados em Portugal pela Meribérica-Liber), e Töi Maker na banda desenhada Agar (1972, assinada pelos mesmos autores da anterior).

### A obsessão do tempo

Mais paródico, mas não menos aterrador, é Espérandieu, que faz a sua aparição na série Adèle Blanc-Sec (1976), de Tardi, aliás recheada de referências e presenças de homens de ciência.



[5]

Por fim, há Schroeder, um cientista do século XX (mais exactamente, activo em meados dos anos 80), a cujos trabalhos experimentais os terrestres do século XXIV devem a descoberta do “salto espaço-temporal” que lhes permite viajar no tempo. Assim começa “A Cidade das Águas Movediças”, primeiro álbum da série de ficção científica Valerian (1967), de Jean-Claude Mézières (desenho) e Pierre Christin (texto), uma das criações mais imaginativas e inteligentes do seu género.

Se olharmos para a BD americana, há também algumas referências que vale a pena citar. Antes de mais, convém não esquecer Wottasnoozle, o desopilante génio saído da imaginação de Elzie Segar em Popeye (1929).

Ainda dentro da chamada Época de Ouro dos quadrinhos norte-americanos, é incontornável a referência a Brick Bradford (1933), de William Ritt e Clarence Gray, onde a máquina usada pelo herói – de novo, um “Pião do Tempo” – ocupa por inteiro o lugar do seu criador. Bradford tanto mergulha no infinitamente pequeno (explorando uma moeda, por exemplo), como no infinitamente grande, tendo por companheiro o cientista Kala Kopak, entre outros.

A estrutura de personagens é, aliás, muito semelhante em Flash Gordon, série criada em 1934 por Alex Raymond (parcialmente publicado pelo “Jornal do Cuto nos anos 70). O herói percorre os espaços siderais na companhia da sua bela e eterna noiva, Dale Arden, e do professor Zarkov, um cientista que põe o seu saber e inteligência ao serviço da luta contra o tirânico imperador Ming que

governa o planeta Mongo com punho de ferro.

Avançando nos anos, a BD clássica americana perde fulgor e interesse. Mas seria totalmente injusto não citar as pertinentes reflexões e observações geradas pela experiência pessoal de alguém que não sendo um cientista, é, no seu



direitos reservados

[7]



direitos reservados

[6]

palmo e meio de altura e idade, uma permanente fonte de surpresa, perplexidade, curiosidade e humor: Calvin, da série homónima (1985), criada pelo norte-americano Bill Watterson.

Feitas as contas, o que ressalta como tendência dominante é uma visão esquemática e caricatural do cientista na banda desenhada. Há, claro, honrosas excepções, mas o papel a que a generalidade daqueles personagens está confinado é o de meros “aprendizes de feiticeiros”, seja candidatos a senhores do mundo, seja com a ambição de o recriar – e ao homem – de acordo com a sua imagem pessoal idealizada.

Forest recorda ainda outra condição para o cientista nos quadrinhos, porventura, “mais trivial”: vingarem-se “de um mundo crítico que não foi suficientemente lesto a reconhecer o seu génio”.

\*Jornalista

[gazeta@malaposta.fis.uc.pt](mailto:gazeta@malaposta.fis.uc.pt)

#### Referências

- [1] Bill Watterson, “Calvin e Hobbes”, Gradiva
- [2] Hergé, “A Estrela Misteriosa” e “O Segredo do Licorne”, Difusão Verbo
- [3] Etienne Schröder, “O Segredo de Coimbra”, Edições ASA
- [4] Edgar-Pierre Jacobs, “A Marca Amarela”, “SOS Meteoros” e “A Armadilha Diabólica”, Meribérica-Liber
- [5] Jean-Claude Mézières e Pierre Christin, “A Cidade das Águas Movediças” (série Valerian), Meribérica-Liber
- [6] Vince, “Vortex”, Editions Delcourt
- [7] William Ritt e Clarence Gray, “Brick Bradford”
- [8] Jacques Tardi, “As Extraordinárias Aventuras de Adèle Blanc-Sec”, de Éditions Casterman (e edição portuguesa dos primeiros quatro títulos pela Bertrand Editora)

# A lei de conservação da energia: aplicação ao rolamento com e sem deslizamento

Célia A. de Sousa \*  
Elisa P. Pina \*\*

O estudo do movimento de sólidos de revolução incide, em geral, sobre corpos rígidos. As situações que envolvem efeitos dissipativos são quase sempre ignoradas, tanto no ensino secundário como em cursos introdutórios no ensino universitário. A inclusão destes efeitos é um dos objectivos deste trabalho. Conjugando a Mecânica com a Termodinâmica, obtém-se uma melhor compreensão do movimento daqueles sistemas. É discutido o papel decisivo das forças de atrito em corpos que rolam.

## Introdução

O movimento de corpos que rolam constitui um dos temas mais interessantes em Física elementar. Este interesse resulta não só das aplicações práticas em variadíssimos instrumentos, mas também da necessidade de uma compreensão clara de conceitos importantes. Assim, este tipo de sistemas deve merecer especial atenção tanto no ensino secundário como em cursos universitários de ciências e engenharia. A experiência mostra que os alunos manifestam grandes dificuldades na apreciação desse tipo de movimentos. Os aspectos em que os alunos revelam maiores dificuldades são conhecidos e devem-se adoptar as metodologias mais adequadas em cada caso. Destacamos as dificuldades em relação à natureza das forças de atrito e ao seu papel no movimento de corpos que rolam. Verificámos que o facto de a maior parte dos manuais se limitar ao estudo do rolamento em planos inclinados contribui para as falsas concepções dos alunos. Sugerimos a discussão do movimento de corpos no plano horizontal, devido à sua importância didáctica neste contexto.



Os aspectos mecânicos e termodinâmicos do movimento de corpos que rolam, já explorados em [1], são aqui revisitados. Com esta abordagem, pretendemos também criticar a ênfase que é dada, nomeadamente no 12º ano, aos conteúdos de Mecânica, cujo aspecto fundamental é o da previsibilidade: dadas a posição e a velocidade inicial do corpo e conhecidas as forças que actuam sobre ele, pode inferir-se o seu movimento em qualquer instante. O método adoptado no presente trabalho, em que a Mecânica e a Termodinâmica são combinadas, pode ajudar os estudantes a atenuar a barreira entre estas duas áreas.

Por outro lado, num trabalho recente, Menigaux [2] concluiu que algumas das dificuldades na compreensão pelos estudantes dos movimentos em causa resultam de dois aspectos:

- (i) eles têm dificuldade em entender que a translação e a rotação ocorrem simultaneamente;
- (ii) e não compreendem que a translação de um corpo sólido não depende do ponto de aplicação das forças que actuam no corpo ou da ocorrência de rotação.

Comprovámos a existência destas mesmas dificuldades tanto em alunos do ensino secundário como universitários. Propomos aqui sugestões didácticas, tanto analíticas como gráficas, que podem ajudar os alunos nestas questões.

Assim, o principal objectivo deste artigo consiste em discutir o movimento de objectos sólidos de revolução (esferas ou cilindros) que rolam no plano horizontal e em planos inclinados, confrontando os resultados obtidos nas duas situações. Analisaremos aspectos de Mecânica e de Termodinâmica, salientando que os segundos são praticamente ignorados nos cursos introdutórios de Física.

Abordaremos os seguintes tópicos:

- (i) condições para o corpo rolar com e sem deslizamento;
- (ii) papel das forças de atrito em corpos que rolam;
- (iii) escolha do sistema para aplicar a primeira lei da Termodinâmica;
- (iv) importância dos aspectos termodinâmicos de modo a justificar as condições para o corpo rolar com e sem deslizamento.

Verificámos que estes tópicos são úteis para motivar a discussão entre os alunos, contribuindo para aprofundarem as leis de Newton e as leis da Termodinâmica.

Explanaremos, de seguida, as metodologias adoptadas, onde se incluem relações cinemáticas e as leis da Termodinâmica. Depois, aplicaremos o formalismo ao movimento de um corpo sólido de revolução no plano horizontal e no plano inclinado, analisando as condições em que pode ocorrer rolamento puro e rolamento com deslizamento. Finalmente, discutiremos os resultados.

## Método geral

Uma vez que as sugestões aqui apresentadas se destinam a alunos do ensino secundário ou dos primeiros anos do ensino universitário, iremos usar o formalismo newtoniano.

### 1. Leis de Newton e relações adicionais

Os aspectos cinemáticos de um corpo sólido são, em geral, apresentados analiticamente a partir das leis de Newton, que podem ser escritas

$$\vec{F}_{ext} = m \vec{a}_{cm} \quad (1)$$

$$\vec{M} = I \vec{\alpha} \quad (2)$$

onde  $\vec{F}_{ext}$  é a resultante das forças que actuam no corpo de massa  $m$ ,  $\vec{a}_{cm}$  é a aceleração do centro de massa (CM),  $\vec{M}$  é o momento resultante em relação ao CM,  $I$  é o momento de inércia em relação ao CM e  $\vec{\alpha}$  é a aceleração angular.

As Eqs. (1) e (2) podem ser insuficientes para calcular as quantidades desconhecidas. É comum recorrer a duas relações adicionais: uma entre a velocidade (aceleração) linear e a velocidade (aceleração) angular e outra entre a força normal e a força de atrito. No entanto, é necessário saber em que condições essas relações se podem usar e qual é o seu significado.

Por exemplo, há que ter cuidado com as relações entre os módulos da normal,  $N$ , da força de atrito,  $F_a$ , e os coeficientes de atrito estático,  $\mu_e$ , e de atrito dinâmico,  $\mu_d$ .

No rolamento sem deslizamento (rolamento puro):

$$F_a < \mu_e N, \quad (3)$$

e, no limite de deslizamento, i.e., quando o objecto está na iminência de rolar e deslizar simultaneamente:

$$F_a = \mu_e N. \quad (4)$$

Nestes dois casos é válida a condição de **rolamento puro**, que se pode escrever

$$v = v_{cm} = r\omega, \quad (5)$$

com  $v = dx_{cm}/dt$  e  $\omega = d\theta/dt$  as velocidades linear e angular do corpo respectivamente. Para clarificar a Eq. (5) é útil sugerir aos alunos que comparem o deslocamento linear do CM,  $\Delta x_{cm}$ , com o comprimento do arco  $r \Delta \theta$  (sendo  $\theta$  expresso em radianos). Num dado intervalo de tempo, o deslocamento do CM é igual ao comprimento do arco descrito por um ponto da periferia. Por outro lado, no rolamento com deslizamento,

$$F_a = \mu_d N, \quad (6)$$

e a Eq. (5) deixa de se verificar.

## 2. Equações para a translação e rotação

Integrando as equações de Newton obtêm-se relações cinemáticas. A integração da Eq. (1) no espaço permite obter a variação da energia cinética de translação  $T_t$ ,

$$W_{cm} = \int \vec{F}_{ext} \cdot d\vec{x}_{cm} = \Delta \left( \frac{1}{2} m v_{cm}^2 \right) = \Delta T_t, \quad (7)$$

onde o papel do CM deve ser realçado. Considera-se que as forças envolvidas nesta equação estão aplicadas no CM, pelo que as diferentes parcelas não representam necessariamente trabalho real. Por este motivo, alguns autores [3,4] designam a Eq. (7) por “equação do pseudo-trabalho” (a denominação “equação do CM” é, porém, a mais vulgar). Em muitas situações, há vantagens matemáticas em usar este tipo de equações cujo conteúdo e significado físico devem ser claramente explicados aos alunos.

Aplicações a este nível, tanto para o ponto material (para o qual é válido o teorema do trabalho-energia,  $W = \Delta T$ ) como para objectos reais com movimento de translação, são compatíveis com o programa do 10º ano [5]. Podemos também integrar a Eq. (2) no ângulo  $\theta$ , o que conduz a uma equação análoga à Eq. (7), mas agora para a rotação em relação ao CM:

$$\int M d\theta = \int I \alpha d\theta = \Delta \left( \frac{1}{2} I \omega^2 \right) = \Delta T_r. \quad (8)$$

Esta equação, pouco usada, descreve a variação da energia cinética de rotação. Usámos  $\alpha = d\omega / dt$ .

Apesar de só darem informação sobre aspectos mecânicos do sistema, as Eqs. (7) e (8) são válidas quer se trate ou não de um corpo rígido. O conceito de corpo rígido, idealização conveniente em muitos problemas, tem de ser abandonado quando actuam certas forças. É o que acontece, nos exemplos aqui abordados, sempre que está presente uma força de atrito cinético. Neste contexto:

- (i) quando não actuam forças dissipativas, as Eqs. (7) e (8) conduzem à conservação da energia mecânica;
- (ii) quando actuam forças dissipativas, as equações referidas só dão informação cinemática, sendo úteis na explicitação de certos aspectos do problema.

No último caso, ocorrem variações de energia interna resultantes do movimento vibracional. De facto, a energia cinética vibracional só é nula se o corpo for rígido. Para contabilizar as variações de energia deve recorrer-se ao princípio de conservação da energia, que não resulta das

leis dinâmicas do movimento como acontece com as equações descritas nesta secção.

## 3. Lei de conservação da energia

Sempre que ocorre deslizamento de um corpo sobre uma superfície surgem efeitos dissipativos que implicam a diminuição de energia mecânica do corpo. Esta diminuição da energia mecânica manifesta-se macroscopicamente no aumento da temperatura do corpo e da superfície sobre a qual ele desliza.

Recorremos à lei de conservação de energia para contabilizar todas as transformações de energia: a energia pode ser transformada de uma forma noutra, mas a energia total de um sistema isolado conserva-se. É fundamental definir o sistema ao qual vamos aplicar a lei de conservação de energia. Nos exemplos aqui abordados, o sistema é constituído pelo corpo, pela superfície de contacto e pela Terra. Para este sistema isolado,

$$\Delta E = \Delta T + \Delta U + \Delta E_{int} = 0, \quad (9)$$

onde  $\Delta E$  é a variação de energia total do sistema (cinética + potencial + interna). De facto, neste sistema as forças de atrito são internas. Por isso, não temos que nos preocupar com o que se passa na interface entre o corpo e a superfície de contacto.

A lei de conservação de energia pode apresentar ainda um aspecto mais geral – primeira lei da Termodinâmica

$$\Delta E = \Delta T + \Delta U + \Delta E_{int} = Q + W, \quad (10)$$

onde  $W$  e  $Q$  representam as energias transferidas para o sistema sob a forma de trabalho e de calor. Para sistemas termodinâmicos em que  $\Delta T = \Delta U = 0$ , a Eq. (10) vem

$$\Delta E = \Delta E_{int} = Q + W. \quad (11)$$

Porém, consideraremos nula a energia transferida sob a forma de calor e de trabalho, pelo que utilizaremos a Eq. (9). A energia interna, observável macroscopicamente através da temperatura, distribui-se entre as partículas do sistema de um modo imprevisível para um observador macroscópico.

## Aplicações

Aplicaremos a metodologia anterior a corpos que rolam, começando por estudar o movimento de um corpo sólido de revolução homogéneo (uma esfera ou um cilindro) de massa  $m$  e raio  $r$  sobre um plano horizontal. Analisaremos as condições de rolamento, com e sem deslizamento, e o papel das forças de atrito em cada caso. De seguida, consideraremos a situação em que o objecto se move sobre um plano inclinado. Este último caso é

quase sempre abordado numa situação em que o corpo rola sem deslizar. Em geral, é aplicado o princípio da conservação da energia mecânica e calcula-se o coeficiente de atrito estático mínimo entre o plano e o objecto para que este role sem deslizar. Vamos mostrar que a aplicação das equações do CM, (7) e (8), e da lei de conservação de energia (9) permite uma abordagem diferente, contemplando situações onde há efeitos dissipativos.

**1. Movimento no plano horizontal**

O corpo sólido é lançado inicialmente num ponto O no plano horizontal de tal modo que os valores iniciais das velocidades linear e angular são, respectivamente,  $v_0 = V$  e  $\omega_0 = 0$ . É conhecido o coeficiente de atrito dinâmico entre o corpo e a superfície horizontal. Analisaremos as diferentes fases do movimento. Tendo presentes as condições iniciais de  $v$  e  $\omega$ , cujos sentidos positivos estão indicados na Fig. 1, o corpo vai rolar e deslizar simultaneamente durante a primeira fase do movimento.

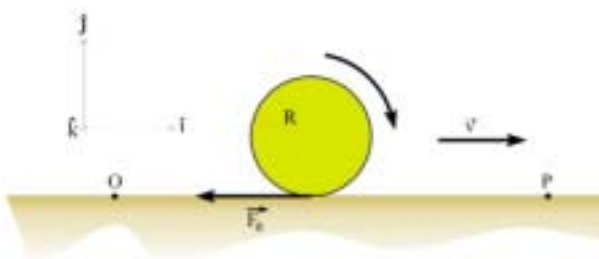


Fig. 1 Corpo sólido que rola e desliza num plano horizontal.

Verifica-se a lei clássica de atrito:

$$F_a = \mu_d N = \mu_d m g. \tag{12}$$

A partir da equação do CM (7) obtemos

$$-F_a x_{cm} = \frac{1}{2} m (v^2 - V^2), \tag{13}$$

em que o primeiro membro não representa trabalho real uma vez que se considera a força de atrito aplicada no

CM. Dado que  $x_{cm} = Vt - \frac{1}{2} a_{cm} t^2$ , em que  $a_{cm} = \mu_d g$

(a força de atrito é a resultante das forças exteriores), obtém-se, da Eq. (13), a lei para a velocidade do CM

$$v = V - \mu_d g t, \tag{14}$$

resultado óbvio dado que a aceleração do CM é constante.

Fazendo um tratamento semelhante para a rotação em relação ao CM obtém-se, da Eq. (8),

$$F_a r \theta = \frac{1}{2} I \omega^2, \tag{15}$$

em que  $\theta$  é o ângulo correspondente ao total de voltas desde que o objecto começou a rolar (ponto O da Fig. 1).

Dado que  $\theta = \frac{1}{2} \alpha t^2$  sendo a aceleração angular  $\alpha$

facilmente calculada a partir da lei de Newton para a rotação (Eq. (2)), obtém-se da Eq. (15)

$$r \omega = \frac{\mu_d g}{\lambda} t, \tag{16}$$

em que  $\lambda$  resulta de se ter escrito o momento de inércia em relação ao eixo de revolução que passa no CM na forma  $\lambda m r^2$  ( $\lambda = 1, 1/2, 2/5$ , para um aro cilíndrico fino, um cilindro sólido e uma esfera, respectivamente).

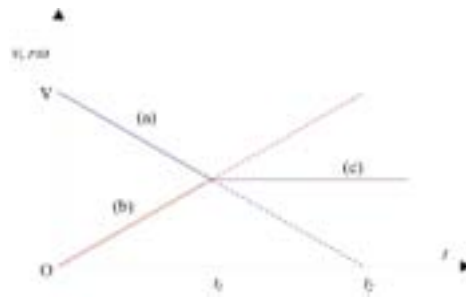


Fig. 2 Velocidade linear e angular em função de  $t$ . A curva (a) refere-se à translação, (b) à rotação e (c) à translação e rotação. Até ao instante  $t_i$  o objecto rola e desliza simultaneamente  $v > r\omega$ . A partir desse instante, (c) o objecto rola sem deslizar.

A Fig. 2 mostra  $v$  e  $r\omega$  em função do tempo. Nesta primeira fase do movimento, a velocidade linear decresce linearmente enquanto  $r\omega$  cresce linearmente com  $t$ . De facto, nesta fase do movimento,  $v > r\omega$ , pelo que não se verifica a condição de rolamento puro (5). O objecto rola e desliza simultaneamente, o que permite aplicar a lei clássica de atrito. A força de atrito retarda a translação do CM, e o seu momento em relação ao CM faz aumentar a velocidade angular.

O instante  $t_i$ , em que se verifica  $v = r\omega$  (ponto P), pode ser facilmente calculado usando as Eqs. (14) e (16).

Como complemento à análise do movimento, tanto até  $t_i$  como depois, vamos considerar a primeira e a segunda leis da Termodinâmica.

Durante o intervalo de tempo  $(0, t_i)$  o objecto rola e desliza simultaneamente, havendo processos dissipativos. De facto, existe movimento relativo entre o objecto e a superfície horizontal e a força de atrito opõe-se à velocidade relativa. A energia, que contribui para a subida da

temperatura das superfícies em contacto, pode ser calculada usando a primeira lei da Termodinâmica na forma da Eq. (9).

De facto, escolhendo o sistema “objecto + superfície horizontal + Terra” para calcular a energia total dissipada, obtemos, a partir das Eqs. (13), (15) e (9)

$$\Delta E_{\text{int}} = F_a (x_{\text{cm}} - r\theta). \quad (17)$$

Esta equação mostra que, enquanto a força de atrito actuar no mesmo sentido ( $F_a > 0$ ), a condição  $x_{\text{cm}} > r\theta$  permanece válida. Caso contrário, a variação da energia interna seria negativa, violando a segunda lei da Termodinâmica. Passemos agora a analisar o movimento a partir do instante  $t_1$ . Alguns estudantes, confrontados com esta situação, sugerem que as Eqs. (14) e (16) são válidas mesmo para  $t > t_1$ , i.e.,  $v < r\omega$  ( $x_{\text{cm}} < r\theta$ ), como indicam os prolongamentos (a tracejado) dos segmentos (a) e (b) da Fig. 2. Para clarificar este ponto basta mostrar, a partir da Eq. (17), que essa hipótese é incompatível com a segunda lei da Termodinâmica. A condição  $x_{\text{cm}} > r\theta$  (rolamento puro) é assim a única possível, tendo-se  $\Delta E_{\text{int}} = 0$ .

Nesta fase do movimento não existem efeitos dissipativos. A conservação da energia mecânica leva a que a energia cinética total do corpo que rola seja constante, i. e.,  $v = r\omega = \text{constante}$  e, portanto, a força de atrito é nula. O comportamento correcto de  $v$  e  $r\omega$  em função de  $t$  é representado pela linha a cheio (c) na Fig. 2.

## 2. Movimento no plano inclinado

O corpo sólido desce um plano inclinado partindo do repouso. Analisaremos as condições em que podem ocorrer variações da energia interna.

Vamos também neste caso aplicar a Eq. (7) para a translação do CM, a Eq. (8) para a rotação e, simultaneamente, as leis da Termodinâmica.

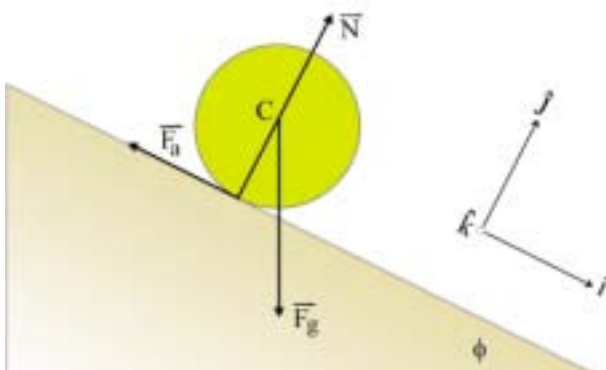


Fig. 3 Corpo sólido a descer um plano inclinado.

Usando as Eqs. (7) e (8) obtemos, como se pode ver da Fig. 3,

$$(m g \sin \varphi - F_a)x_{\text{cm}} = \frac{1}{2} m v^2. \quad (18)$$

$$F_a r \theta = \frac{1}{2} I \omega^2, \quad (19)$$

Uma vez que  $W = Q = 0$ , quando o sistema ao qual se aplica a primeira lei da Termodinâmica é constituído por objecto, plano inclinado e Terra, a lei de conservação da energia escreve-se

$$\Delta T_t + \Delta T_r + \Delta U + \Delta E_{\text{int}} = 0, \quad (20)$$

Procedendo às substituições adequadas verifica-se que a energia interna também varia de acordo com a Eq. (17), que passamos a analisar admitindo diferentes tipos de rolamento:

(i) Se o corpo rola sem deslizar ( $x_{\text{cm}} = r\theta$ ), é nula a variação de energia interna (ver Eq. (17)). Não há efeitos dissipativos e o decréscimo da energia potencial do sistema reflecte-se inteiramente no aumento da energia cinética total do corpo que rola. De facto, adicionando membro a membro as Eqs. (18) e (19), que resultam das Eqs. (7) e (8), e, admitindo a condição de rolamento puro ( $x_{\text{cm}} = r\theta$ ), obtém-se

$$m g \sin \varphi x_{\text{cm}} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2, \quad (21)$$

que traduz, como se esperava, o princípio da conservação da energia mecânica. A força de atrito é uma força de atrito estático que pode ser obtida facilmente, verificando-se que é dada por

$$\bar{F}_a = -\frac{2}{7} m g \sin \varphi \hat{i},$$

para o caso de se tratar de uma esfera. A desigualdade (3)

permite então obter  $\mu_e \geq \frac{2}{7} \tan \theta$ , que indica o coeficiente de atrito mínimo para que a esfera role sem deslizar.

(ii) Se considerarmos  $x_{\text{cm}} > r\theta$ , conclui-se que  $\Delta E_{\text{int}} > 0$ , e parte do decréscimo na energia potencial é dissipado termicamente. De facto, neste caso, o corpo rola e desliza ao mesmo tempo, sendo o módulo da força de atrito cinético dado por

$$F_a = \mu_d m g \cos \varphi. \quad (22)$$

Para o sistema em análise os casos tratados em (i) e (ii) são os únicos compatíveis com as leis da Termodinâmica. A condição  $x_{cm} < r\theta$  só seria possível fornecendo trabalho ao sistema, situação que aqui não contemplamos.

## Conclusões

O movimento do objecto sólido no plano horizontal consta de duas fases com aspectos físicos diferentes. Na primeira (OP), a força de atrito com a superfície horizontal retarda o movimento do CM e, simultaneamente, exerce um momento em relação ao CM que faz aumentar a velocidade angular. Discutimos os aspectos mecânicos e de conservação de energia nesta fase do movimento.

O objecto rola sem deslizar a partir do ponto em que se verifica a condição de rolamento puro  $v = r\omega$ . Como alguns estudantes estranham o movimento a partir de P, é interessante confrontar as ideias deles com as leis da Termodinâmica.

Por outro lado, nesta fase o movimento é uniforme e a força de atrito é nula. A nossa experiência mostra que devemos dedicar especial atenção a este aspecto. O confronto com o que se passa no plano inclinado representa um instrumento didáctico muito útil. Na verdade, apesar de a condição  $v = r\omega$  se poder verificar nos dois exemplos estudados, o facto de a força de atrito ser nula no caso do plano horizontal e não ser nula no caso do plano inclinado constitui um foco de interesse. Os alunos, quando confrontados, com as duas fases do movimento no plano horizontal, costumam colocar duas questões:

- (i) como é que a força de atrito desaparece?;
- (ii) e assim sendo, o que provoca a rotação do corpo?

A primeira questão revela um conhecimento deficiente do conceito de força de atrito. A este propósito, devemos recordar que há uma força de atrito nas seguintes duas circunstâncias: quando existe uma força que solicita o movimento relativo entre o corpo e a superfície de contacto, embora sem o conseguir; e quando existe movimento relativo entre as duas superfícies.

Vejamos alguns exemplos:

- (1) Na primeira fase do movimento no plano horizontal, existem as condições enunciadas em segundo lugar.
- (2) O mesmo se passa no movimento no plano inclinado quando o corpo rola com deslizamento. Usa-se em ambos os casos a Eq. (6) envolvendo o coeficiente de atrito dinâmico. A força de atrito realiza trabalho e há dissipação de energia.
- (3) Na segunda fase do movimento no plano horizontal, não ocorre nenhuma das condições necessárias para haver força de atrito, que é então nula.

(4) Na situação em que o corpo rola sem deslizar no plano inclinado, a componente do peso do corpo segundo a direcção do plano inclinado solicita o movimento relativo entre as superfícies de contacto sem o conseguir. Existe então uma força de atrito estático. Este facto tem duas implicações: por um lado, a força de atrito não pode ser calculada em função da normal ou do coeficiente de atrito ( $F_a \leq \mu_e N$ ) e, por outro, esta força de atrito não tem efeitos dissipativos.

Notar que, nas situações referidas em (3) e (4), o corpo rola sem deslizar. O ponto de contacto do corpo com a superfície está sempre instantaneamente em repouso em relação à superfície de contacto, situação que é compatível com a condição  $v = r\omega$ .

A questão (ii) resulta de uma falsa concepção dos alunos em relação à lei de Newton da rotação: pensam que é sempre necessário um momento para manter a rotação. Aqui devemos reforçar que o momento de uma força provoca uma mudança na velocidade angular do corpo, como indica a Eq. (2).

Na metodologia que adoptámos existe uma distinção clara entre equações puramente mecânicas que resultam das leis de Newton (equações do CM) e a primeira lei da Termodinâmica. As equações do CM permitem estabelecer relações entre grandezas dinâmicas de um sistema de partículas, podendo substituir com vantagem as equações cinemáticas, mas não permitem contabilizar variações de energia interna. Daí a necessidade de recorrer à primeira lei da Termodinâmica quando há efeitos dissipativos.

\* Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra.

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

\*\* Escola Secundária Infanta D. Maria, 3000 Coimbra.

## Referências:

- [1] C. A. Sousa e E. P. Pina, *European Journal of Physics* 18 (1997) 334-337.
- [2] J. Menigaux, *Physics Education* 29 (1997) 242-246.
- [3] C. M. Penchina, *American Journal of Physics* 4 (1978) 295-296.
- [4] B. A. Sherwood, *American Journal of Physics* 51 (1983) 597-602; A. B. Arons, *The Physics Teacher* (1989) 506-517.
- [5] A. Bello, E. Costa e H. Caldeira, *Ritmos e Mudanças, Física 10º Ano*, Porto Editora, Porto, 1997.

## Alain Aspect e a criptografia quântica



“Códigos secretos protegidos pelas leis da natureza”

Sophie Chivet

entrevistado por Leila Haddad

O mundo quântico, povoado de objectos que têm o dom da ubiquidade e que tanto se comportam como ondas como partículas, escapa à nossa lógica habitual. Alain Aspect, director de investigação no CNRS (Centre National de Recherche Scientifique), professor da Escola Politécnica e responsável pelo grupo de óptica atómica do Instituto de Óptica Teórica e Aplicada de Orsay, dissipa um pouco desta bruma explicando como essas curiosas propriedades podem decorrer de uma tecnologia digna da ficção científica.

“Science et Vie” – A mecânica quântica é hoje uma “velha senhora” que já não precisa de dar provas da sua eficácia. No entanto, permanecem por esclarecer alguns “mistérios”. Por exemplo, como se faz a passagem deste mundo de estranhas propriedades para o nosso universo macroscópico? Alain Aspect – É um grande problema que continua sem solução... A mecânica quântica autoriza a existência do que se denomina por sobreposição coerente de duas situações que, consideradas separadamente, não são nada de especial. Pegue-se, por exemplo, numa partícula que vai interferir. Para isso, ela deve passar por dois lugares diferentes. Posso dizer separadamente “a partícula está de um lado”, e isso nada tem de espectacular do ponto de vista da mecânica clássica. E dizer “ela está do outro lado” – essa situação também não tem nada de extraordinário.

Em contrapartida, se eu disser: “A partícula está ao mesmo tempo nos dois lados”, eis algo de espantoso. Ora, é o que se passa quando há uma sobreposição coerente que se manifesta através de interferências. Mas com objectos à nossa escala nunca obtemos tal fenómeno. Um objecto nunca está simultaneamente em dois lugares. Porquê? Pensa-se que as interações incontrolláveis com o ambiente destroem muito depressa toda a sobreposição coerente de objectos macroscópicos. Um fotão que se propaga num recipiente vazio tem uma interacção muito pequena com o ambiente e não há des-coerência. Mas quanto maior é o objecto, mais ele tem facilidade de interagir com o ambiente e mais a des-coerência se produz fácil e rapidamente. Dito isto, não há necessidade de imaginar que existe uma fronteira, uma barreira nítida e clara, entre o mundo quântico e o mundo macroscópico, e que bastaria um salto para passar de um para o outro. Se pegarmos num grande objecto e fizermos tudo para

não o perturbar, ele poderá mostrar ainda efeitos quânticos. Fizeram-se recentemente grandes progressos neste domínio. Penso, por exemplo, nas experiências de interferência com átomos ou moléculas, ou nas experiências sobre a des-coerência realizadas, na École Normale Supérieure, pelo grupo de Serge Haroche e Jean-Michel Raymond. Mas isso não nos impede de estar longe de compreender tudo.

**P. – O mundo quântico tem propriedades bem curiosas... Quais serão as suas novas aplicações?**

**R. –** Antes de mais, é preciso lembrar que o laser ou o transistor são objectos quânticos. Mas, se pensarmos nas aplicações de propriedades quânticas em grande escala, então a criptografia quântica parece-me um excelente exemplo. É uma autêntica revolução técnica, autorizada pela não-separabilidade. No começo dos anos 80 ninguém imaginava que os estudos fundamentais que realizámos sobre a não-separabilidade levariam onde levaram.

**P. – O que é a não-separabilidade?**

**R. –** Após a concretização da mecânica quântica, em 1925, houve uma grande discussão entre Niels Bohr e Albert Einstein acerca do significado desta teoria. Ela incidia sobre a questão da famosa não-localidade quântica, levantada por Einstein e os seus colegas em 1935, e ainda hoje de grande actualidade. Segundo Niels Bohr (e para simplificar muito o seu raciocínio), o formalismo da mecânica quântica prevê a possibilidade de duas partículas muito afastadas uma da outra constituírem um todo inseparável, de modo a que não se possa falar separadamente de uma e da outra.

Einstein propunha uma outra interpretação deste fenómeno, atribuindo às partículas propriedades que alguns chamavam variáveis escondidas, subjacentes ao formalismo quântico mas que não eram incompatíveis com ele. Em 1965, John Bell descobriu que, na realidade, havia uma incompatibilidade entre as duas concepções. Era necessário ir mais fundo, através de uma série de experiências a que demos uma contribuição importante nos anos 80. Todas as experiências mostraram que a natureza funciona de acordo com as previsões da mecânica quântica: as partículas estão afastadas e, no entanto, elas constituem um todo inseparável.

**P. – Para retomar uma imagem mais familiar (embora falsa), é como se as partículas "comunicassem" à distância. Qual poderia ser a natureza desse elo?**

**R. –** Ah, pois... A única resposta sólida está nas equações. No entanto, se eu procurar uma imagem não consigo representar esse elo de outra forma que não seja uma espécie de interacção instantânea. Mas, por outro lado, sei mostrar que esta interacção é diferente das interacções habituais, porque ela não me permite enviar uma

mensagem. A não-separabilidade existe, mas nós não podemos servir-nos dela para transportar matéria, energia ou informação utilizável, contrariamente ao que se pode ler a propósito da teleportação quântica. Podemos demonstrar que tudo se passa como se existisse um elo não local, mas não podemos utilizá-lo para tomar uma decisão concreta.

**P. – Como utilizar esta não-localidade para codificar mensagens?**

**R. –** A criptografia é muito simplesmente a arte de codificar a informação de um modo indecifrável para um adversário.

Até ao momento, a segurança da codificação assentava em duas hipóteses: o adversário não tem um computador mais poderoso do que o meu, e não fez progressos matemáticos tais que lhe dariam os meios de decifrar o meu código. Como se vê, a segurança não está garantida de modo absoluto.

Em criptografia quântica, pelo contrário, são as leis da física quântica – ou seja, as leis da natureza – que vão garantir que dois correspondentes tenham nas suas mãos duas cópias idênticas de chaves secretas que não foram interceptadas por nenhum espião. O método utiliza pares inseparáveis de fótons que se dirigem, cada um deles, para um dos dois correspondentes. Estes, ao fazerem medições de polarização, obtêm duas séries de números aleatórios que servirão de chave codificadora e decodificadora. Essa chave não existe até ao momento em que os nossos dois observadores fazem medições. Se um espião tentar ler a polarização de fótons para obter uma cópia da chave deixará inevitavelmente traços.

**P. – Que tipo de traços?**

**R. –** Uma des-coerência que se traduzirá numa modificação subtil das polarizações observadas. Os dois observadores detectarão esta modificação ao confrontarem o resultado das medidas das desigualdades de Bell. O que é notável é que propriedades tão subtis possam sobreviver com pares de fótons inseparáveis enviados através de uma rede "standard" de fibra óptica de telecomunicações, tal como foi demonstrado pelos nossos colegas de Genebra.

(acordo "Science et Vie" (nº 980, Maio 99)/  
"Gazeta de Física", tradução de Carlos Pessoa)



Sophie Chivet

## Física em Portugal

A partir deste número, a “Gazeta de Física” passa a incluir informação acerca da Física e do ensino da Física nas várias escolas e unidades de investigação do país. Esta informação, coligida pelas Delegações Regionais do Norte, Centro e Sul da Sociedade Portuguesa de Física (cujos responsáveis são, respectivamente, Fátima Pinheiro, Rui Ferreira Marques e Paulo Crawford) permitirá divulgar as áreas cultivadas, contribuindo assim para que passemos a conhecer melhor a Física que se faz e se ensina no nosso país. Inclui-se nesta edição uma lista dos trabalhos académicos elaborados desde 1998 em diversas universidades (mestrados, provas de capacidade científico/pedagógica, doutoramentos, e agregações). Esperamos, no futuro, referir também trabalhos de licenciatura. Incluímos ainda notícias de encontros científicos e pedagógicos e prémios de carácter científico ou pedagógico (recebidos por docentes ou discentes).

Contamos com a colaboração das instituições e, sobretudo, com o interesse dos leitores para ir cobrindo de forma cada vez mais abrangente tudo o que se faz nos domínios referidos. Por isso, desde já se agradecem todas as informações que queiram enviar para as Delegações Regionais da SPF.

### Provas académicas em Braga em 1998 e 1999

No Departamento de Física da Universidade do Minho realizaram-se as seguintes provas académicas:

**Doutoramento** – Cacilda Moura, “Propriedades de Vibração e Relaxação de Sistemas Desordenados. Estudo por Espectroscopia Raman”;

Maria de Fátima Cerqueira, “Produção e Caracterização de Filmes Finos de Silício Microcristalino”;

Ricardo Mendes Ribeiro, “Teoria de processos na deposição de filmes finos”;

Júlia Ayres de Campos, “Estudo das Propriedades Estruturais e Magnéticas de Compostos Intermetálicos do Tipo  $RFe_{12-x}Mo_x$  e  $RFe_{12-x}Mo_xZ_y$ ”.

**Mestrado** – Amílcar Lopes António, “Resistência ao Desgaste de Revestimento de Nitretos de Titânio e Alumínio a Temperatura Elevada”;

Maria da Graça Pinto dos Santos, “Caracterização da Microestrutura de revestimentos cerâmicos de  $ZrO_2-Al_2O_3$ ”.

### Três Cursos em Braga

São os seguintes os cursos de licenciatura e mestrado a funcionar pela primeira vez em 1999-2000: Licenciatura em Física (resulta de reestruturação de licenciatura anterior); Licenciatura em Optometria e Ciências da Visão (em colaboração com o Departamento de Biologia da Universidade do Minho, e também decorrente de reestruturação de curso anterior); e Mestrado em Ensino da Física (ver caixa em baixo).

A primeira edição da Semana Aberta do Departamento de Física foi realizada em Novembro de 1998.

### Doutoramento no Porto

Em Maio passado realizou-se o doutoramento de Manuel António Salgueiro da Silva, que defendeu a tese intitulada “Estudo de Estruturas Magnéticas Moduladas nos Compostos Intermetálicos  $NdRu_2Si_2$  e  $TbRu_2Si_2$ ”.

### Mestrado em Física (especialização em ensino) e Curso de Especialização em Ensino da Física da Universidade do Minho

#### Habilitações de acesso

Poderão candidatar-se ao Mestrado e ao Curso de Especialização os licenciados em Ensino de Física e Química, em Física ou Química nos ramos de formação educacional e os licenciados possuindo especialização científica com profissionalização pedagógica ou habilitação legal equivalente. Serão admitidos ao Mestrado candidatos com média de curso igual ou superior a 14 valores, salvo casos excepcionais justificados pela qualidade do curriculum individual. Os candidatos admitidos ao Curso de Especialização poderão ser admitidos à dissertação mediante bom aproveitamento na parte curricular.

#### Horário de funcionamento

A parte curricular corresponde a dois semestres, com aulas em regime de fim de semana (sextas-feiras e sábados) ou de curso intensivo. Procurar-se-á ter em conta os interesses de horário dos candidatos admitidos.

#### Prazos

Candidaturas: 2º Período - de 1 a 16 de Setembro de 1999. Boletim de candidatura disponível no Departamento de Física e na Internet. Matrículas: 6 a 14 de Outubro de 1999. Início: Outubro de 1999.

#### Informações

Departamento de Física, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4700-320 Braga, Tel: 053-604321, Fax: 053 -678981, [silvia@fisica.uminho.pt](mailto:silvia@fisica.uminho.pt) <http://www.fisica.uminho.pt>



### Conferência sobre sistemas dinâmicos em não-equilíbrio

O "First Workshop on Nonequilibrium Dynamic Systems" realizou-se em Junho de 1999 no Departamento de Física da Universidade do Porto. Os tópicos abordados foram os seguintes: fases de não equilíbrio, modelos de crescimento, meios granulares e criticidade auto-organizada. Foram organizadores os Drs. José Fernando Mendes e Maria Augusta Santos (ver <http://www.fc.up.pt/fis/jfmendes/ws99/ws.html>).

### Provas académicas em Aveiro

No Departamento de Física da Universidade de Aveiro realizaram-se em 1999 as seguintes provas académicas:

**Doutoramento:** Fan Qui Hua, "Diamond Growth on Metals";

**Mestrado em Física Aplicada:** Fernando Batista, "Crescimento Epitaxial a 2+1 Dimensões".

### Provas e prémio na Covilhã

Na Universidade da Beira Interior realizaram-se as seguintes provas académicas em 1998:

Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica – João António da Silva Barata, trabalho de síntese "Simulação por Monte-Carlo da Deriva de Electrões em Xénon".

**Doutoramento** – A. S. Lebres, "Telemetria Laser: Projecto de um Telémetro a Laser".

O Dr. Paulo Moniz foi distinguido com o prémio "Gravity Research Foundation Awards for Essays in Gravitation", pelo seu trabalho "Origin of Structure in a Supersymmetric Quantum Cosmology", 1999.

### Provas académicas em Coimbra

Realizaram-se em 1998 e 1999 as seguintes provas académicas:

**Agregações** – João Pinheiro da Provi-

dência, Manuel Fiolhais e Maria da Conceição Ruivo.

**Doutoramentos** – Custódio Melo Loureiro, "Sistemas Modulares de Aquisição de Dados a Muito Alta Velocidade", em Física-Física Tecnológica".

Maria Benilde Costa, "Síntese e Caracterização de ligas Fe-Cr-Sn Clássicas e Nanoestruturadas: Estudo da transição de Fase Alfa-Sigma", em Física-Física Experimental;

Maria de Fátima Ferreira Marques, "Dinâmica do Positrónio em Microemulsões de AOT/água/óleo", em Física-Física Experimental.

**Mestrados** – Luís Manuel Margato, "Estudo de Detectores do Tipo MSGC, MGC e GEM para Aplicações a Elevadas Taxas de Contagem", em Física-Física Tecnológica;

Maria Manuela Simões, "Partículas, Sistemas de Partículas e Campos de Forças - Estudos de mecânica", em Ensino da Física;

José Ricardo Gonçalo, "Estudo para o Desenvolvimento de um Detector Gasoso de Microgap para Radiação de Síncrotron", em Física-Física Tecnológica.

### Prémios em Coimbra

O Prémio "Educação e Ciência" do jornal "As Beiras" foi atribuído ao Dr. João da Providência e Costa, conjuntamente com outros dois professores da Universidade de Coimbra.

Por ocasião do Dia da Universidade de Coimbra (1 de Março), foi atribuído a Rui César Vilão o Prémio Dalla Bella de 1997/98, que distingue o finalista da licenciatura em Física da FCTUC com a mais elevada classificação.

Por outro lado, quatro das doze bolsas este ano atribuídas a alunos da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra premiaram alunos de Física: Diogo de Seabra Freitas Luís Dias (4º ano de Engenharia Física), João Pedro Piroto Duarte (4º ano de Física), José Pedro Marques (4º ano de Física) e Luís Filipe Melo dos Santos (2º ano de Física).

### Licenciatura em Ensino da Física e da Química no Porto

Os Departamentos de Física e Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto reconhecem ser importante criar uma licenciatura que proporcione uma formação unificada a todos os professores dos grupos de docência de Física e Química (actuais grupos 4º A e 4º B) do ensino básico e secundário. A proposta foi já aprovada pelas comissões científicas dos Departamentos de Física e Química.

#### Duração

Esta licenciatura terá a duração de 5 anos. O 5º ano incluirá um estágio numa escola do ensino básico ou secundário sob orientação conjunta de dois supervisores da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (um do Departamento de Química e um do de Física) e um da escola em causa.

#### Condições de acesso

Provas específicas de Matemática e Física ou Matemática e Química. O *numerus clausus* é estabelecido em 30.

#### Distribuição de unidades de crédito

O plano de estudos desta licenciatura deverá satisfazer os seguintes mínimos de unidades de crédito nas diferentes áreas:

- . Ciências e Educação (com estágio incluído): 40
- . Tecnologia de Informação na Educação: 3
- . Física: 33
- . Química: 33
- . Matemática: 12
- Total (mínimo): 150

#### Informações

Departamento de Física e Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 687 - 4169-007 Porto.

[www-fis@fc.up.pt](mailto:www-fis@fc.up.pt) (Dep. Física) e

[dpereira@fc.up.pt](mailto:dpereira@fc.up.pt) (Dep. Química).

<http://www.fc.up.pt/fis/cursos/ensino-fis-qi.html>

### Mestrado Interuniversitário em Física da Matéria Condensada (1999/2000)

As Universidades do Porto, Aveiro e Coimbra, através dos respectivos Departamentos de Física, criaram um novo curso de Mestrado, em Física da Matéria Condensada, com a especialidade Teórica e Computacional. O primeiro funcionamento está previsto para o ano académico de 1999/2000. Informação detalhada está disponível em <http://www.fc.up.pt/fis/miu>. O curso tem a duração de um ano (tese incluída) a o seguinte plano de estudos para a parte curricular:

#### 1º Trimestre

- . Física Estatística (30 h)
- . Teoria de Muitos Corpos (30 h)
- . Tópicos de Matéria Condensada (30 h)

#### 2º Trimestre

- . Métodos de Física Computacional (30 h)
- . Estrutura Electrónica (30 h)
- . Física de Sistemas Complexos (30 h)

#### 3º Trimestre

. Seminário (4 unidades de crédito). A primeira edição terá lugar no Departamento de Física da Universidade do Porto, com a participação de docentes das três Universidades.

A Comissão de Coordenação do Mestrado é formada pelos Drs. João Lopes dos Santos ([jlsantos@fc.up.pt](mailto:jlsantos@fc.up.pt)), Fernando dos Aidos ([aidos@malaposta.fis.uc.pt](mailto:aidos@malaposta.fis.uc.pt)) e António Luís Ferreira ([alf@fis.ua.pt](mailto:alf@fis.ua.pt)).

### I Encontro Nacional de Estudantes de Física

Vários estudantes de Física portugueses mostraram interesse em participar na próxima ICPS (International Conference for Physics Students), que vai decorrer de 14 a 20 Agosto de 1999, em Helsínquia, Finlândia. A Physis - Associação Portuguesa de Estudantes de Física organizou nos dias 4, 5 e 6 de Junho, em Coimbra, o I Encontro Nacional de Estudantes de Física, que foi um “prelúdio” da ICPS’99. Este encontro incluiu a apresentação de comunicações orais pelos



participantes, avaliadas por um júri composto pelos Drs. Armando Policarpo (Universidade de Coimbra), Jorge Dias de Deus (Instituto Superior Técnico) e José António Duarte (Universidade do Porto). O júri escolheu as duas melhores comunicações, que têm como prémio a apresentação na ICPS’99 com as despesas de viagens e taxas de inscrição a cargo da Physis. Ganharam Susete Fetal e Francisco Villalobos Nascimento, respectivamente estudantes de Engenharia Física e de Física da Universidade de Coimbra.

Do programa do encontro constou uma palestra sobre “O Prémio Nobel da Química de 1998”, uma visita ao Museu de Física e ao Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra e um passeio no barco turístico do rio Mondego, entre outras actividades.

Com esta iniciativa, a Physis pretendeu encorajar os estudantes portugueses a uma participação mais activa em encontros deste género, tanto no nosso país como no estrangeiro, ao mesmo

tempo que fomentou um convívio salutar. Recorde-se que a última reunião mundial do ICPS teve lugar em Coimbra, no Verão passado.

Contacto: Hugo Natal da Luz, Physis - Associação Portuguesa de Estudantes de Física, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, Rua Larga 3004-516 Coimbra, [physis@nautilus.fis.uc.pt](mailto:physis@nautilus.fis.uc.pt), <http://nautilus.fis.uc.pt/~physis/>, Tel. 039-410600, Fax 039-829158.

### Actinídeos

Decorreram no Luso entre 15 e 17 de Abril 1999 as “29ièmes Journées des Actinides”. Este encontro prolonga uma série de reuniões científicas anuais que pretendem constituir um forum para discussões abertas e informais de aspectos, fundamentais e aplicados, relacionados com a química e a física dos actinídeos. A comissão organizadora desta edição foi presidida pelo Dr. Manuel Almeida (Instituto Tecnológico e Nuclear, Sacavém).

### Viagem pelo Universo

Em Maio de 1999, no Auditório da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, os estudantes da Secção de Astronomia e Astronáutica da Associação Académica de Coimbra (ver <http://ci.aac.uc.pt/~sac/>) organizaram um simpósio de dois dias sobre vários temas de astronomia, intitulado “Viagem pelo Universo”. Entre os conferencistas convidados estiveram o Dr. Alfredo Marques Henriques, do Instituto Superior Técnico, e o Dr. Fernando Carvalho Rodrigues, da Universidade Independente.

### I Escola de Verão de Física Computacional

O Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra está a organizar a I Escola de Verão de Física Computacional na Figueira da Foz, a

decorrer de 23 a 28 de Setembro (<http://cfc.fis.uc.pt/MC99/>). Sob o título “Métodos de Monte Carlo em Física” pretende-se proporcionar uma introdução a simulações de fenómenos complexos em que se utilizam números aleatórios.

As lições serão ministradas por especialistas estrangeiros e nacionais. O Dr. José Duarte, da Universidade do Porto, ilustrará a técnica com várias situações concretas, indo de fluxo de lava ao espalhamento de combustões. E o Dr. Dieter Heermann, da Universidade de Heidelberg (Alemanha), falará de polímeros. A escola inclui dois dias de sessões práticas intensivas, onde serão utilizados os meios computacionais do centro organizador. Esses meios consistem, neste momento, numa “bateria” de 24 estações Alpha acopladas, adquirida com o apoio da Fundação de Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia.

É director da escola o Dr. José Urbano. Contacto: Orlando Oliveira, Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra, Tel. 039-410606, Fax 039-829158, [orlando@teor.fis.uc.pt](mailto:orlando@teor.fis.uc.pt)

## Hadrões

Intitulada “International Workshop on Hadron Physics” e subtitulada “Effective Theories of Low Energy QCD”, esta reunião é organizada pelo Centro de Física Teórica e realiza-se de 10 a 15 de Setembro de 1999, na Universidade de Coimbra. O programa, com palestras convidadas e contribuições, inclui os seguintes tópicos: Modelos hadrónicos; modelos efectivos de QCD a baixa energia; teoria de perturbações quiral e matéria quente e densa. É director do encontro o Dr. João da Providência, Centro de Física Teórica, Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra. Tel. 039 - 410600, Fax 039-829158, [hadron99@teor.fis.uc.pt](mailto:hadron99@teor.fis.uc.pt), <http://zeus.fis.uc.pt/cft/hadron99.htm>.

## Engenharia Física em Coimbra

No âmbito do processo de acreditação deste curso pela Ordem dos Engenheiros (e que passa pela criação de um Colégio de Engenharia Física dentro dessa instituição), visitou o Departamento de Física da FCTUC no passado dia 5 de Maio uma comissão de avaliação. Essa comissão, presidida pelo Eng.º Maciel Barbosa, era composta por outros três membros da Ordem e tendo como assessor o Eng.º Salgado Barros. A visita constou da observação das instalações e de alguns dos laboratórios de investigação onde os alunos trabalham, bem como de diversas reuniões de trabalho com docentes e alunos do curso em causa. Recorde-se que entre os cursos ainda não reconhecidos pela Ordem dos Engenheiros, além do de Engenharia Física de Coimbra, encontram-se os de Física Tecnológica (Universidade do Algarve), de Engenharia Física (Universidade de Aveiro) e de Engenharia Física (Universidade de Lisboa).

## Artigos na “Science” e na “Nature”

Não são frequentes os artigos de Física publicados por autores portugueses na “Science” e na “Nature”. Por isso, deve ser assinalado o artigo publicado em co-autoria por Leonel Marques, jovem físico da Universidade de Aveiro, na “Science” de Março passado (283 (1999) 1720), sobre a compressão de fullerenos analisada por meio da radiação de sincrotrão. Leonel Marques, que tem 30 anos, obteve o doutoramento aos 27 anos na Universidade de Grenoble, França. Por outro lado, assinala-se também o artigo saído em Junho na “Nature” (399 (1999) 461), sobre a multifractalidade do ritmo cardíaco humano, por uma equipa de autores de que faz parte o português Luís Nunes Amaral, actualmente na Universidade de Boston e na Harvard Medical School, EUA.

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

Henrique Miguel Pereira, “Modelação da Estrutura de Larga Escala da Cromatina Durante a Interface”, em Biofísica - Biofísica e Física Médica.

André Guerin Moreira, “Criticalidade em Fluidos Iónicos”, em Física - Física da Matéria Condensada e Ciência dos Materiais.

Maria de Jesus Silva Varanda, “Detecção de Muões com o Calorímetro TILECAL/ATLAS”, em Física - Altas Energias e Gravitação.

Miguel Nuno Assunção de Oliveira, “Estudo de Compostos no Triângulo B-N-C obtidos por Deposição Assistida por Laser”, em Ciência e Engenharia de Superfícies.

Ana Luisa Moreira de Carvalho, “Análise Estrutural de Duas Proteínas por Difraccção de Raios X”, em Biofísica - Biofísica e Física Médica.

Mário Jorge Gonzalez Pereira, “Contribuição para a Previsão a Longo Prazo da Temperatura em Portugal Continental”, em Ciências Geofísicas - Meteorologia.

David Manuel Carmo da Luz, “A Interação Pulsar - Remanescente de Supernova”, em Física - Altas Energias e Gravitação.

José Carlos Vieira Maltez, “Método de Localização de Fontes de Actividade Eléctrica Cerebral. Aplicação a Potenciais Cognitivos”, em Biofísica - Física Médica e Engenharia Biomédica.

Madalena Damásio da Costa, “Variabilidade do Ritmo Cardíaco em Indivíduos Normais e Transplantados Cardíacos”, em Biofísica - Física Médica e Engenharia Biomédica.

José Manuel Coutinho Afonso, “Formação de Estrelas em Glóbulos de Bok: HCN e a Presença de Núcleos Densos em Colapso”, em Física - Astronomia e Astrofísica.

Ricardo Manuel Brito de Barros, “Filmes de Acetato de Celulose Corados com Iodeto de Pseudosocianina: Formação e Orientação de Agregados J”, em Ciência e Engenharia de Superfícies. Gilberto Tomás Ferreira Ramalho, “A

Troca de Dois Piões num Formalismo Manifestamente Covariante”, em Física - Altas Energias e Gravitação.

Maria Orlanda Gomes Ferrão, “Da Evolução do Clima”, em Ciências Geofísicas - Meteorologia.

Maria da Graça Dias Carraça, “Modelos para a Distribuição de Dimensões das Gotas de Chuva - Estudo de Algumas Chuvadas”, em Ciências Geofísicas. Meteorologia.

João Manuel Pestana Ferreira, “Filtros de Kalman na Previsão de Temperaturas Extremas Diárias”, em Ciências Geofísicas - Meteorologia.

Maria José Ribeiro Gomes, “Destruction of the Geometrical Energy Barrier in Type I Superconducting Rhenium”, Física - Física da Matéria Condensada e Ciência dos Materiais.

Carlos Manuel Antunes dos Santos, “Fotometria Digital de Aglomerados Globulares no Infravermelho”, em Física - Astronomia e Astrofísica.

João Mário Madeira Pargana, “Características Espectrais e Temporais e Correlações Genéticas do Canto de Acasalamento de *Pelodytes punctatus* (Amphibia, Anura)”, em Biofísica - Biofísica e Física Médica.

Mercedes Esteves Filho, “BL Lacs e Rádio Galáxias de Estrutura Compacta”, em Física - Astronomia e Astrofísica.

Nuno Miguel Cardoso Santos, “Formação de Estrelas em Glóbulos de Bok: Estudo de Uma Amostra do Céu do Sul”, em Física - Astronomia e Astrofísica.

Sílvia Maria Luís Antunes, “Caracterização da Variabilidade Climática Interanual em Portugal Continental”, em Ciências Geofísicas - Meteorologia.

Cristina Maria Rodrigues Simões, “Relationship Between Contra- and Ipsilateral Activation of the Human Second Somato Sensory Cortex: A Whole-Scalp Neuromagnetic Study”, em Biofísica - Física Médica e Engenharia Biomédica.

Francisco Sabélio Nóbrega Lobo, “Wormholes Lorentzianos”, em Física - Altas Energias e Gravitação.

## Exposição do CERN

Uma exposição do CERN sobre Física de Partículas, intitulada “ $E = mc^2$  - Quando a energia se transforma em matéria” e um ciclo de palestras a ela associada terão lugar no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa. A iniciativa, que é co-organizada pelo Museu de Ciência e pela Universidade de Lisboa e tem o apoio da SPF, decorrerá entre 15 de Junho e 30 de Agosto. O Secretário Geral da SPF, Dr. Augusto Barroso, integra a Comissão de Honra. As palestras realizadas no Museu da Ciência durante a exposição são co-organizadas pela SPF, fazendo parte da actividade da Delegação do Sul e Ilhas. Os participantes nas Olimpíadas Nacionais visitarão a exposição. Para mais informações ver <http://www.museu-de-ciencia.ul.pt>



## Morte de Abreu Faro

O Dr. Manuel Abreu Faro, professor jubilado de Física do Instituto Superior Técnico faleceu no passado mês de Maio. O seu contributo para o desenvolvimento da ciência em Portugal foi importante, nomeadamente através do seu trabalho no Instituto de Alta Cultura, no Centro de Electrodinâmica e na Academia das Ciências de Lisboa. Foi ainda director da revista “Técnica” do Instituto Superior Técnico”. A “Gazeta de Física” publicou em 1995

um artigo da sua autoria sobre Heinrich Hertz. Entre as suas obras conta-se “Peregrinação de um Sinal”, um livro de divulgação editado na Coleção Trajectos/Ciência da Gradiva.

## Calorimetria em Física de Altas Energias

Realizou-se de 13 a 19 de Junho no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, e sob os auspícios do LIP (Laboratório de Instrumentação e Física de Partículas), a VII International Conference on Calorimetry in High Energy Physics, CALOR99 (<http://lipulsi.lip.pt/~calor99/>). Esta conferência é a oitava de uma série que começou no Fermilab em 1990, seguindo-se Capri (1991), Corpus Christi (1992), Elba (1993), Brookhaven (1994), Frascati (1996) e Tucson-Arizona (1997). O encontro focou aspectos de detecção e medida de partículas por calorimetria, com ênfase nas experiências em Física de altas energias. Foram ainda abordadas as temáticas da calorimetria de média e baixa energia, aplicações em física de neutrinos, em astrofísica e em medicina. Integraram a comissão organizadora os Drs. Amélia Maio, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa, e Gaspar Barreira, do LIP, entre outros.

## Análise Estocástica e Física Matemática

Realizou-se no Complexo Interdisciplinar da Universidade de Lisboa, de 24 a 29 de Maio, uma conferência internacional intitulada “Stochastic Analysis and Mathematical Physics”. O comité organizador foi formado pelos Drs. Anabela Cruzeiro e J. C. Zambrini. Para mais informações consultar <http://alf3.cii.fc.ul.pt/gfm/Events/SAMP99/>.

## Perfil da Física Nacional

O perfil da Física foi um dos primeiros a ser apresentado publicamente, no passado dia 10 de Março, no âmbito de uma iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia destinada a fazer o ponto da situação da ciência em Portugal. O coordenador do painel internacional que redigiu o perfil foi o Dr. Carlos Matos Ferreira, professor do Instituto Superior Técnico e anterior secretário geral da SPF. Segundo o relatório ([www.mct.pt/Livro-BrancoCT/fisica/fisica.htm](http://www.mct.pt/Livro-BrancoCT/fisica/fisica.htm)), “as nossas impressões sobre o estado da Física em Portugal são muito favoráveis. Nos últimos anos a disciplina realizou um progresso impressionante e atingiu um nível internacional respeitável”.

Foram registados 375 doutorados em Física (de um total de 556 investigadores), dos quais cerca de 70 por cento estão no ensino superior. A maior parte das unidades de investigação situam-se na região de Lisboa (32 em 61 unidades). A área mais cultivada é a Física da Matéria Condensada, com 99 investigadores, seguida da Física Teórica e Matemática (84) e a Óptica e Optoelectrónica (77).

## Último Eclipse Total do Século

O Museu de Ciência da Universidade de Lisboa vai promover um passeio ao Lago Balaton (Hungria) para observar o último eclipse total do Sol deste século, a 11 de Agosto de 1999. Informações: Associação de Apoio ao Museu de Ciência (Pilar Pereira), Rua da Escola Politécnica, 56, Lisboa, Tel. 01-392 18 38, Fax 01-3909326, <http://www.museu-de-ciencia.ul.pt/eclipse/>.

Para todos os inscritos e também para não inscritos, o Museu de Ciência promove um dia de preparação para as observações, a 10 de Julho de 1999. Entrada livre, mas sujeita a inscrição. Informações: Serviço de Extensão Cultural do Museu, Tel. 01-392 18 08 (Manuela Martins).



## Astrofesta 99

Em 21 e 22 de Agosto realiza-se em Gouveia, na Serra da Estrela, a já tradicional reunião de Verão de astrónomos e todos os interessados por astronomia.

Do evento fazem parte mini-cursos, observações, convívios, etc. Para mais informações ver [www.museu-de-ciencia.ul.pt/af99/af99.htm](http://www.museu-de-ciencia.ul.pt/af99/af99.htm)

### Nova Licenciatura em Ensino da Física e da Química na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

#### Introdução

Esta licenciatura terá início no ano lectivo de 1999/2000. O número mínimo de créditos para obtenção da licenciatura é 157.

#### Objectivos

A criação de uma licenciatura em Ensino da Física e da Química vem colmatar a necessidade de futuros e melhores professores numa área curricular integrada do 3º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário. A formação adquirida, quer em Física quer em Química, permitirá também a leccionação da Física e da Química do 12º anos. Além disso, dada a forte aposta desta licenciatura em disciplinas de carácter experimental, os licenciados terão aptidão para as disciplinas de Técnicas Laboratoriais de Física e de Química do Ensino Secundário.

#### Organização Curricular

O plano curricular apresenta um equilíbrio entre as áreas da Física e da Química, constituindo uma singularidade face às

licenciaturas congéneres de outras universidades, colmatando assim uma deficiência na formação profissional dos professores do Ensino Secundário do 4º Grupo que obrigatoriamente terão de leccionar ambas as disciplinas.

Esta estrutura curricular apresenta uma forte componente experimental, integrada nomeadamente nas estruturas das licenciaturas em Engenharia Física e Química Aplicada, vindo de encontro aos anseios manifestados pelo Ministério da Ciência e da Tecnologia.

Os dois primeiros anos são dedicados a disciplinas básicas de Matemática, Física, Química e Informática; no 3º e 4º anos surgem disciplinas de Pedagogia e Didáctica a par de algumas disciplinas de Física e de Química. A licenciatura termina com o estágio pedagógico no 5º ano.

#### Condições de acesso

Número de Vagas: 30. Disciplinas Específicas: Matemática e Física ou Química.

#### Saídas profissionais

Formação de professores de Física-Química, para o 3º Ciclo do Ensino Básico de Ensino Secundário (10º e 11º anos) bem como professores de Física e/ou Química para o 12º ano.

## Prémio Gulbenkian de Ciência

O Prémio Gulbenkian de Ciência de 1998, no valor de 3000 contos, foi atribuído ex-aequo a três trabalhos nos domínios da Física, da Química e da Bioquímica. O trabalho de Física distinguido foi “Cascata de fotões num meio transparente não linear – do infravermelho ao ultravioleta”, de Tito Mendonça, Hélder Coelho e Armindo dos Santos, do Instituto Superior Técnico. O júri foi constituído pelos Drs. Arsélio Pato de Carvalho (Fundação Gulbenkian), Armando Policarpo (Academia das Ciências de Lisboa) e Francisco Borges da Silva (Ministério da Ciência e Tecnologia).

A “Gazeta de Física” fez duas perguntas ao líder do trabalho vencedor, Dr. Tito de Mendonça.

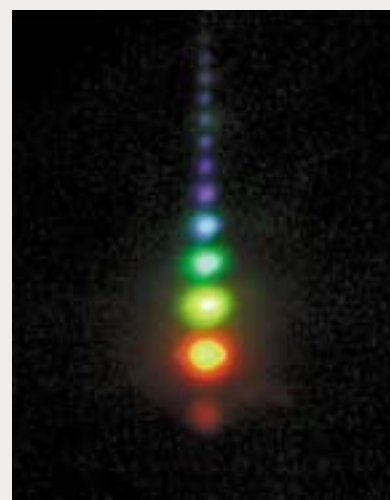
**P. – Pode descrever-nos o trabalho premiado?**

**R. –** Este trabalho descreve a descoberta de um novo efeito no domínio da óptica não-linear. Ele foi observado ao fazer interagir dois feixes laser intensos e ultra-curtos (com uma duração de cerca de 70 femtosegundos) num meio transparente como o vidro vulgar. O que observámos foi o aparecimento de uma cascata de feixes luminosos secundários de grande intensidade e de diferentes frequências, que divergiam em diferentes ângulos a partir da região de interacção dos dois feixes primários. As frequências desses feixes secundários estendiam-se desde o infra-vermelho até ao ultra-violeta, distribuindo-se por uma vasta região espectral desde os 800 aos 280 nanómetros). Do ponto de vista físico, este fenómeno corresponde à ocorrência de uma cascata de interacções elementares a quatro fotões, acopladas umas as outras. Apesar do elevado grau de não-linearidade, a eficiência deste processo é tal que o efeito pode ser facilmente observado à vista desarmada. Os feixes luminosos secundários são coerentes e ultra-curtos, mantendo as propriedades dos impulsos laser primários que lhes dão origem. Por esse motivo, eles podem ser usados como novas fontes de radiação coerente, na vasta região espectral indicada. Por isso, é de prever que este processo permita desenvolver fontes coerentes de radiação ultra-curto, com aplicações óbvias em Física, Química e mesmo em Biologia.

Quero realçar que este trabalho resultou de uma colaboração entre o Grupo de Lasers e Plasmas (GOLP), do Instituto Superior Técnico, e o Laboratório LOA, da École Polytechnique, em França. Um aspecto importante a referir é que (ao contrário do que é hábito em colaborações experimentais de Portugal com outros países mais avançados), a direcção científica do trabalho e a sua execução foram totalmente portuguesas, tendo o laboratório francês cedido apenas o acesso ao equipamento.

**P. – A investigação em Física enfrenta vários problemas. Qual é o maior no seu ponto de vista?**

**R. –** O que mais faz falta em Portugal não é sequer o dinheiro, mas uma organização estável das equipas de investigação que lhes permitam planear o seu trabalho, e regras mais simples e claras de distribuição desse dinheiro. Ainda não nos libertámos da ideia, talvez injusta (ou talvez não), de que o dinheiro vai primeiro para os amigos do poder, independentemente da qualidade intrínseca dos projectos. Talvez pelo clima geral de arbitrariedade e de insegurança, não existem em Portugal laboratórios de média dimensão que nos permitam ser minimamente competitivos. O tradicional clima de descrença nas nossas possibilidades ainda não desapareceu, e a criação do Ministério da Ciência e Tecnologia (que poderia ter dado imensa força ao sector) não trouxe qualquer mudança positiva ao nível do dia-a-dia da investigação. Estamos, como sempre estivemos, votados ao abandono e à indiferença.



Cascata de fotões, tal como surge à vista desarmada, projectada num alvo de papel impregnado com fósforo (vulgo cartão de visita...), que permite “ver” também os feixes ultravioletas gerados no processo. Os dois feixes “originais” (que geraram todos os outros) são os mais intensos, i.e., o feixe laranja (que surge com o centro amarelo, devido a saturação) e o feixe verde amarelado imediatamente acima. Na imagem distinguem-se dez feixes que sofreram um aumento de frequência (ponto verde e pontos azul, violeta, e por aí acima) e um feixe com a frequência reduzida (vermelho, imediatamente abaixo do feixe principal laranja).



### Doutor *Honoris Causa*

A cerimónia de doutoramento “honoris causa” do Dr. Johannes Los pela Universidade Nova de Lisboa realizou-se no dia 2 de Junho, na Sala de Actos da Universidade Nova de Lisboa. Johannes Los, actualmente professor jubilado de Física da Universidade de Amesterdão, Holanda, deve o reconhecimento do seu prestígio na comunidade científica internacional às suas numerosas contribuições para o progresso da física e da física tecnológica, em particular ao seu desempenho científico na orientação do Instituto de Física Atómica e Molecular da Fundação Holandesa para a Investigação da Matéria (FOM, Fundamental Onderzoek der Materie). Foi padrinho do “novo doutor” o Dr. Augusto Miranda.

### Doutoramentos em 1998 na Universidade Nova de Lisboa

António Carlos Simões Paiva, “Photoionization and Dissociation of Diphenyl Ether”, em Física – Física Atómica e Molecular.

João Manuel Amado Frazão, “Microagregados de OCS e CS<sub>2</sub> - Formação, Configurações de Equilíbrio e Estudo de Reacções Ião-Molécula Após Impacto Electrónico”, em Física – Física Atómica e Molecular.

Maria Filomena Santos Bento, “Estudo dos Componentes da Cortiça e da Estrutura da Suberina por Técnicas Espectrométricas”, em Física – Física Aplicada.

José Paulo Moreira dos Santos, “Transições Relativistas Radiativas e Não-Radiativas em Sistemas Atómicos”, em Física – Física Teórica.

Orlando Manuel Duarte Teodoro, “Observando Superfícies”, em Engenharia Física – Física Aplicada.

### Conferências e acções em Évora

O Departamento de Física da Universidade de Évora acolheu este ano as seguintes conferências: “Astrophysical Dynamics”, entre 14 e 16 de Abril de 1999; e o II Encontro de Núcleos de Estágio da Licenciatura em Ensino de Física e Química, a 20 de Maio, em Évora. Por outro lado, o “International Workshop on HPLC Column as Reference Material – 4th Subprogram” (Comissão Europeia), vai-se realizar ainda durante 1999.

Decorreu a acção de formação “O ensino da Física – Uma nova abordagem experimental”, promovida pelo Centro de Formação de Professores “Prof-Sor”, com a colaboração do Departamento de Física de Évora, em Ponte de Sôr, durante os meses de Abril a Junho passados.

Finalmente, o mesmo departamento promoveu o “VivaFísica”, dia aberto, em Fevereiro deste ano. Foi também organizado um concurso sobre “Humor em Física”

(ver <http://www.dfis.uevora.pt/>).

## Humor Astronómico (a propósito do próximo eclipse do Sol)

### O eclipse do coronel:

La haver um eclipse do Sol. Na véspera à noite, o coronel dum regimento chamou os seus sargentos e disse-lhes: “Amanhã de manhã haverá um eclipse do Sol. O regimento reunir-se-á na parada. Eu virei pessoalmente explicar o eclipse antes do exercício. Se o tempo não estiver favorável, reunir-nos-emos no anfiteatro como é hábito”.

Imediatamente os sargentos foram redigir a ordem do dia: “Um eclipse do Sol terá lugar amanhã de manhã, por ordem do nosso coronel. O regimento reunir-se-á na praça de armas onde o nosso coronel virá dirigir o eclipse em pessoa. Se o tempo não estiver favorável, o eclipse terá lugar no anfiteatro.”

Rebière, “Mathématiques et mathématiciens”, Paris, 1925

### Ode chinesa:

“Se a lua se eclipsa  
Isso é um acontecimento normal.  
Mas quando o Sol se eclipsa  
Que mau que é!”

Citada por Bertrand Russel, no “ABC da Relatividade”.

### De um professor desconhecido:

“Actuando como um elenco bem ensaiado, o Sol e a Lua representaram ontem um dramático espectáculo celestial, onde o enredo mandava a Lua projectar a sua sombra sobre o Sol para o eclipsar.”

Em “The Physics Teacher” 18 (1980), nº 1, p. 79

## Projectos Ciência Viva

Alguns dos projectos “Ciência Viva” (Av. Combatentes 43-A, 10º B, 1600 Lisboa, Tel. 01- 7270228, Fax 01- 7220265, [ciencia@ucv.mct.pt](mailto:ciencia@ucv.mct.pt) e <http://www.ucv.mct.pt>), financiados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, situam-se na área das Ciências Físico-Químicas. Em particular, têm surgido alguns que tentam mostrar e fazer experiências de Física para alunos do ensino básico. Eis os resumos de alguns dos projectos sobre os quais nos chegou informação.

### Porto: Óptica e Acústica Experimentais

A Delegação do Norte da SPF (ver <http://www.fc.up.pt/fis/spf-norte/>) levou a efeito no passado dia 26 de Abril uma acção de formação sobre Óptica, integrada no projecto “Óptica Experimental II – uma Introdução Motivadora ao Estudo da Física” do programa “Ciência Viva”. Estiveram presentes cerca de 20 professores das escolas envolvidas no projecto. O programa da iniciativa incluiu uma apresentação do projecto, uma introdução teórica e actividades práticas com o equipamento fornecido às escolas.

No dia 3 de Maio, foi a vez de ser realizada uma acção de formação sobre Acústica, integrada no projecto “Acústica Experimental – Ver e Ouvir Ondas”. Cerca de duas dezenas de professores das escolas que participam neste projecto estiveram presentes. Tal como na acção anterior, foi realizada uma apresentação do projecto, uma introdução teórica e actividades práticas.

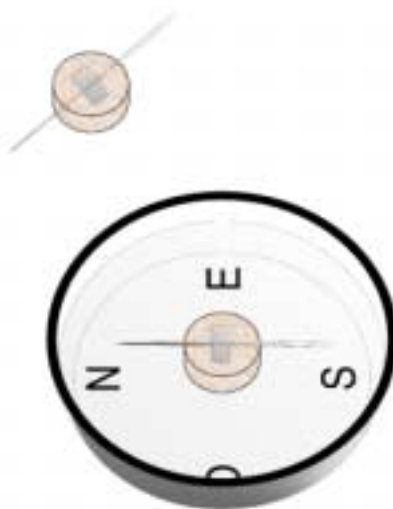
Contacto: Fátima Pinheiro, Delegação do Norte da SPF, Departamento de Física da Universidade do Porto, Rua Campo Alegre 687, 4167-007 Porto.

### Santa Maria da Feira: “Física Experimental 10º ano – Porto”

A Escola Secundária de Santa Maria da Feira foi uma das instituições incluídas no projecto “Física Experimental 10º ano – Porto”, proposto pela empresa M. T. Brandão e que envolveu, para além do Departamento de Física da Universidade do Porto, 13 escolas secundárias. O projecto teve lugar em

1997/1998. As actividades experimentais foram realizadas no contexto de sala de aula normal, em regime de desdobramento, e em grupos de quatro ou cinco alunos. As experiências efectuadas fazem parte do programa do 10º ano, inserindo-se nos tópicos: forças sobre um corpo num plano inclinado, lei do trabalho-energia, lei de conservação da energia mecânica, lei de Ohm, características de um gerador, e associação de condutores em série e em paralelo. A avaliação revelou que os alunos gostaram do trabalho experimental. Um dos alunos, considerou ser “mais proveitoso sermos nós a executar o trabalho experimental, pois assim estamos também a tirar dúvidas quando nos enganamos, pois se for o professor faz tudo bem”.

Contacto: Fernanda Vasconcelos, Escola Secundária de Santa Maria da Feira.



### Coimbra: “Ciência e Brincar”

Realizou-se em Recardães (Águeda), no dia 10 de Maio uma acção de divulgação do projecto “Ciência a Brincar”, da responsabilidade da SPF-Centro e integrado no programa “Ciência Viva”, do Ministério da Ciência e Tecnologia. Estiveram presentes 32 educadores e professores do ensino básico que se mostraram entusiasmados e fizeram notar a falta de apoio científico existente ao nível do ensino primário e pré-primário. Em breve, será publicado pela Editorial Bizâncio em parceria com a SPF um livro que inclui, entre outras, a descrição das experiências que foram incluídas no projecto, assim como desenhos feitos pelas crianças que viveram este projecto nos jardins-escolas e escolas. Entretanto, podem ser consultadas na Web as descrições das experiências (ver <http://nautilus.fis.uc.pt/urpf/projectos.html>) e poderá ser enviado caderno com essas descrições a quem se mostrar interessado. Contacto: Constança Providência, Delegação do Centro da SPF, Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra, [constanca@teor.fis.uc.pt](mailto:constanca@teor.fis.uc.pt).

### Covilhã: “Aprender Ciência Experimentando”

Coordenado por Paulo Fiadeiro, do Departamento de Física da Universidade da Beira Interior, o projecto “Aprender Ciência Experimentando” é destinado a alunos do 1º ciclo do ensino básico de 8 escolas do concelho da Covilhã, visando o desenvolvimento curricular de alguns conteúdos programáticos das Ciências da Natureza no 1º ciclo do ensino básico, especialmente nos 3º e 4º anos de escolaridade, com base em actividades experimentais. Contempla-se a formação de professores, promovendo-se a valorização profissional dos mesmos.

As acções decorrerão no biénio 1998/2000, sendo o número de alunos envolvidos 628 e de professores 40. Os conteúdos abordados são: medições, estudo do ar, estudo do calor e tempe-



ratura, estudo da luz, magnetismo e electricidade, estudo das alavancas, estudo da água e sistema solar.

Contacto: Paulo Fiadeiro, Departamento de Física da Universidade da Beira Interior, Rua Marquês de Ávila Bolama, 6200 Covilhã.

[fiadeiro@mercury.ubi.pt](mailto:fiadeiro@mercury.ubi.pt).

### Vila Franca de Xira: "Semear Ciência"

"Falar de ciência a gente de palmo e meio é fácil, muito fácil, se descobriremos o melhor meio de o fazer. Fazendo ciência com eles é a melhor estratégia." É deste modo que começa um documento escrito por professores da Escola Secundária Prof. Reynaldo dos Santos (Vila Franca de Xira), que se encontram envolvidos na execução de um projecto "Ciência Viva" intitulado "Semear Ciência", cujos principais objectivos são: divulgar ciência aos mais novos; despertar o espírito de observação; levar a experimentação às salas de aula do primeiro ciclo do ensino básico; e contribuir para uma escola mais segura. O impacto junto de alunos e professores tem sido enorme já que, deste modo, os programas do primeiro ciclo são complementados com actividades experimentais.

No mesmo âmbito e com os mesmos objectivos, mas agora orientado para os alunos do ensino secundário, está a ser dinamizado um clube de ciência na referida escola. Esta acção é realizada pelo núcleo de estágio integrado de Ciências Físico-Químicas.

Devido ao seu carácter inovador e interesse para o ensino e aprendizagem das ciências, o projecto tem tido muito bom acolhimento por parte de professores e alunos.

Contacto: Maria Goreti Matos, Escola Secundária Prof. Reynaldo dos Santos de Vila Franca de Xira, Bom Retiro – 2600 Vila Franca de Xira.

## Abertura do Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva

### Onde:

Parque das Nações, em Lisboa (antigo Pavilhão do Conhecimento dos Mares da EXPO 98).

Tel. 01- 8917102

### Quando:

A partir de Julho, de terça a domingo, das 10h00 às 18h00.

### Quanto:

Entrada gratuita até aos 6 anos. 400\$00 para crianças, 800\$00 para adultos e 1800\$00 por família (composta por dois adultos e duas crianças com mais do que 6 anos).

### Porquê:

Para visitar um conjunto de exposições de ciência interactivas provenientes do Exploratório de S. Francisco (EUA), do "Heureka!", de Helsínquia (Finlândia), do Centre de Sciences de La Vilette (França) e do Science Museum, Londres (Inglaterra).

## Questões de Física

### Porque é que um pneu com maior superfície de área escorrega mais nas curvas que um com menor superfície?

"Sou aluno do 12º ano da turma de Física da Escola Secundária D. Sancho II, de Elvas. Tenho a dúvida que passo a expor. Julgo que os pneus vazios "escorregam" mais nas curvas que os pneus cheios. Penso que os vazios "fogem" mais porque a pressão diminui e a superfície de contacto aumenta. Debati este tema na aula de física e analisámos o problema usando a 2ª lei de Newton e a expressão do atrito cinético. Constatámos, porém, que o atrito não depende da área em contacto, mas sim, única e exclusivamente, da reacção normal e do tipo de materiais em contacto. Como explicar então o fenómeno?"

Gonçalo Nuno Costa de Vilhena ([g\\_vilhena@hotmail.com](mailto:g_vilhena@hotmail.com))

## Física no Mundo

### Descobertas recentes de planetas extra-solares

A possibilidade de existência de outros sistemas planetários, para além do sistema solar, tem sido considerada ao longo da história, desde a civilização grega, há mais de 2000 anos. Sabemos hoje que a probabilidade de sistemas planetários extra-solares poderá não ser pequena se tivermos em atenção que existem cerca de  $2 \times 10^{11}$  estrelas na nossa galáxia e, provavelmente, cerca de  $10^{11}$  galáxias no Universo observável. Haverá algo realmente ímpar no nosso sistema solar que o torne raro, raríssimo ou mesmo único? A história da busca de planetas extra-solares é fascinante mas contá-la não é o objectivo desta nota. Peter Van de Kamp, a partir de 1938, procurou descobrir planetas em torno de uma estrela muito próxima – a estrela de Barnard – mas sem sucesso. Desde o início dos anos 80, B. Campbell procurou planetas em 21 estrelas semelhantes ao Sol, utilizando o método da velocidade radial. Este método consiste na observação de deslocamentos Doppler, periódicos, das riscas do espectro de uma estrela provocados pela sua revolução em torno do centro de massa comum à estrela e a um planeta. As investigações de Campbell foram também infrutíferas e, para grande surpresa de todos, o primeiro planeta extra-solar foi descoberto a orbitar um pulsar, ou seja, uma estrela de neutrões.

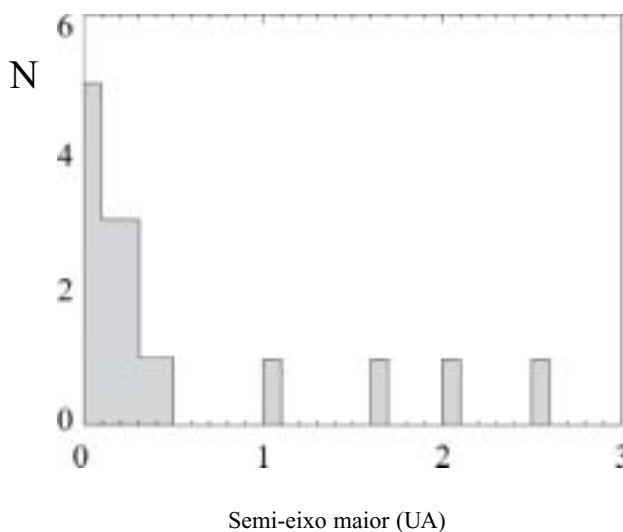
Michel Mayor e Didier Queloz, da Universidade de Genebra (Suíça), voltaram a usar o método das velocidades radiais, mas com uma tecnologia muito mais avançada, e em 1995 descobriram um planeta em torno de uma estrela do tipo do Sol – 51 Pegasi. Em 1996, P. Butler e G. Marcy, da Universidade de São Francisco (EUA), confirmaram a descoberta dos dois astrónomos europeus e anunciaram a observação de um outro planeta em torno da estrela 47 Ursae Majoris.

A partir daí as descobertas sucederam-se a um ritmo impressionante e, em Janeiro do corrente ano, tinham-se já observado 17 planetas extra-solares através do método das velocidades radiais. O método permite apenas determinar um limite inferior para a massa do planeta e favorece a detecção de planetas de grande massa e período relativamente pequeno. Apesar destas dificuldades, pode já concluir-se que há uma acumulação de massas  $M < 5 M_J$  (com  $M_J$  é a massa do planeta Júpiter). Poucos casos há com massas compreendidas entre  $5 M_J$  e  $75 M_J$ . Isto significa que  $5 M_J$  é possivelmente a separação entre as populações de planetas e anãs castanhas.

Porém, o resultado mais surpreendente são os valores da distância média dos planetas extra-solares à respectiva estrela. Mais de 60 % dos planetas observados até ao início deste ano têm órbitas com um semi-eixo maior  $< 0,3$  UA (a unidade astronómica, UA, é a distância média da Terra ao Sol). Há vários casos de planetas com massas comparáveis à massa de Júpiter que se encontram a uma distância média da estrela 10 vezes menor do que a distância de Mercúrio ao Sol.

Este resultado põe em causa as teorias sobre formação de sistemas planetários nos quais os planetas gigantes, com massa comparável à de Júpiter, se formam a distâncias maiores do que 4 a 5 UA. Como explicar a presença de planetas gigantes tão próximos da estrela? Podem resultar de um complexo processo migratório, através do disco do sistema planetário, causado por instabilidades gravitacionais. Pouco se sabe e é necessário investigar mais.

Em 15 de Abril deste ano, abriu-se uma nova fase no notável processo de descoberta de planetas extra-solares. Pela primeira vez, astrónomos de quatro instituições detectaram a presença de três planetas em órbita na estrela Upsilon Andromedae, que se encontra à distância de 44 anos-luz. Em 1996 tinha sido já descoberto um planeta nesta estrela por G. Marcy e P. Butler, mas só agora foi possível identificar sinais de dois outros planetas nos dados obtidos com o telescópio do Observatório de Lick, na Califórnia (EUA). Paralelamente, astrónomos de outras instituições, observando no Observatório de Whipple, Arizona (EUA), chegaram ao mesmo resultado. Obteve-se, assim, a primeira indicação



Histograma do semi-eixo maior dos planetas extra-solares. Note-se a acumulação de planetas para raios inferiores a 0,3 UA, provavelmente resultante da migração de protoplanetas com massas comparáveis à de Júpiter.

clara que os sistemas planetários poderão ser relativamente frequentes na Via Láctea. O planeta mais próximo da estrela tem a sua órbita à distância de 0,06 UA, período de 4,6 dias e massa de 0,75  $M_J$ . O segundo está à distância de 0,83 UA (comparável à distância de Vénus ao Sol), tem período de 242 dias e massa de 2  $M_J$ . Finalmente, o mais afastado está à distância de 2,5 UA, numa órbita bastante excêntrica, com período de cerca de 4 anos e massa de 4  $M_J$ . Novamente estes resultados são surpreendentes. Nenhuma teoria previu que pudessem existir três planetas gigantes tão próximos da estrela.

Actualmente, não é ainda possível detectar planetas com a massa da Terra por meio do método das velocidades radiais utilizando os instrumentos de observação de que dispomos. Porém, a situação irá certamente mudar nos próximos anos com o projecto "Space Interferometry Mission" (SIM), da NASA, e com o projecto "Infrared Space Interferometer" (ISI), da Agência Espacial Europeia (ESA). O satélite SIM, cujo lançamento está previsto para 2005, irá pesquisar planetas com a massa da Terra em estrelas próximas durante 5 anos. Estamos decerto no início de uma nova era de exploração de sistemas planetários. Sabemos pouco, quase nada. Porém, temos a certeza de que há muito por descobrir nesta nova fronteira do conhecimento.

*Filipe Duarte Santos*

(Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa)

[fdsantos@val.ul.pt](mailto:fdsantos@val.ul.pt)

#### Referências

- [1] M. Mayor e D. Queluz, "Nature" 378 (1995) 355  
[2] G. Marcy e P. Butler, A. Rev. Astronomia, Astrophys 36 (1998) 57.

## A descoberta de novas cinturas de radiação da Terra

Os primeiros resultados da análise dos dados recolhidos pelo Espectrómetro Magnético Alfa (AMS) durante o seu voo de teste a bordo do vaivém espacial Discovery, que teve lugar em Junho de 1998, revelaram a presença insuspeitada de uma nova cintura de partículas a volta da Terra.

A cintura, constituída por electrões, positrões, prótons e núcleos de hélio, foi medida a 400 km de altitude e estende-se para ambos os lados do equador até latitudes de 30 graus. A energia das partículas estende-se até alguns GeV, mas está abaixo da energia mínima para vencer o efeito da blindagem do campo magnético terrestre daquelas latitudes.

Além desta anomalia, a composição do anel apresenta ainda duas outras surpresas: o número de positrões é cerca de três vezes maior que o de electrões e o hélio 3 é dominante na cintura enquanto, a energias mais elevadas, o hélio da radiação cósmica é maioritariamente o hélio 4.

Estes resultados foram apresentados no dia 28 de Maio de 1999, num simpósio realizado no Fermilab (Chicago, EUA), pelo Dr. Samuel Ting, Prémio Nobel da Física e responsável pela experiência. A AMS é uma colaboração internacional patrocinada pelo Departamento de Energia dos EUA com a colaboração da NASA, e que inclui uma equipa de físicos portugueses coordenada pelo LIP (Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas). A colaboração AMS prepara uma nova versão mais avançada do detector que deve voar a bordo do vaivém espacial em fins de 2002 e ser finalmente instalado na Estação Espacial Internacional em 2005, onde permanecerá em aquisição de dados por um período de três anos.

*Gaspar Barreira*

(Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, Lisboa)

[gaspar@lip.pt](mailto:gaspar@lip.pt)



Lançamento do vaivém espacial norte-americano

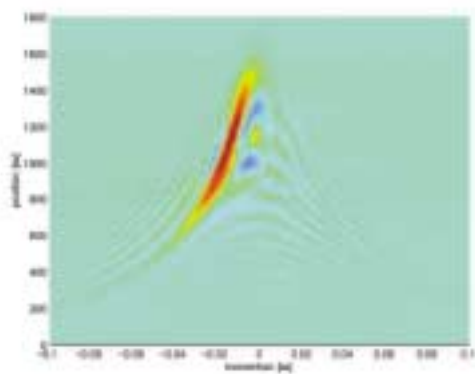
## Novos Elementos superpesados

Uma equipa de cientistas americanos e alemães descobriram em Berkeley, EUA, em Junho de 1999, dois novos elementos superpesados. A descoberta dos elementos 118 e 116 – conjuntamente com a descoberta do elemento 114 em Dubna, na Rússia, no início deste ano – confirma a existência da chamada "ilha de estabilidade", uma família de elementos superpesados com uma vida relativamente longa. "Saltámos por cima de um mar de instabilidade para uma ilha de estabilidade que as teorias previam desde os anos 70," afirmou Victor Ninov, o primeiro autor de um artigo submetido à "Physical Review Letters".

Ver <http://PhysicsWeb.org/article/news/3/6/5>.

## A palavra "optics" escrita num só átomo

É possível mostrar a enorme capacidade de informação que existe mesmo num só átomo de hidrogénio. O truque consiste em "esculpir" a nuvem electrónica que rodeia um átomo de modo a formar as letras de uma palavra. Fazendo incidir um pulso de laser ultravioleta muito curto e ondas electromagnéticas de baixa frequência sobre um átomo, um dos electrões pode ir para um estado de elevada de energia, designado por estado de Rydberg, no qual deixa de existir como uma nuvem que rodeia o núcleo para se transformar num pacote de ondas que orbita em volta do núcleo como um planeta anda à volta do Sol. Aplicando uma série de pulsos pode criar-se um conjunto de pacotes de onda que se combinam uns com os outros como ondas de água e se cancelam mutuamente em sítios específicos para formar padrões na parte exterior do átomo, tais como a palavra "optics", na qual os pontos de cada letra correspondem a lugares possíveis para encontrar o electrão



Os átomos podem ser excitados de modo a serem ocupados vários níveis de energia ao mesmo tempo. Átomos muito excitados (ditos de Rydberg) e a sua multidão de níveis poderão um dia ser empregues para codificar e manipular informação num computador quântico. Esta imagem mostra um pacote de ondas medido num átomo de célio. O padrão indica a posição provável e o momento linear do electrão excitado. O seu tamanho é ditado pelo princípio da incerteza de Heisenberg.

numa experiência de medida. Apesar de nem este feito nem o acto de medir com precisão esses padrões espaciais serem actualmente exequíveis tecnologicamente, Carlos Stroud, da Universidade de Rochester, e Michael Noel, da Universidade de Virgínia (EUA), assinaram que um electrão num estado de Rydberg com  $n=50$  (49 estados de energia mais alta que a do estado fundamental) tem 2500 estados possíveis de momento angular, e mostraram que estes estados podem ser combinados de muitas maneiras diferentes para formar, por exemplo, a referida palavra.

Ver "Optics & Photonics News", April 1999; figura animada em <http://www.aip.org/physnews/graphics>.

## A constante de Hubble começa a ficar constante

Os astrónomos estão a aproximar-se da idade certa do universo. Numa conferência de imprensa realizada em Maio de 1999, o "Hubble Space Telescope Key Project Team" anunciou que o seu valor final para a constante de Hubble implica que o universo tem 12 mil milhões de anos, mais ou menos mil milhões de anos. A equipa usou o telescópio de Hubble para medir quase 800 estrelas variáveis Cefeidas – estrelas pulsantes que actuam como fontes de luz "standard" e permitem, portanto, medidas precisas da distância – em 18 galáxias até uma distância de 65 milhões de anos-luz. Uma análise diferente feita por Charles Lineweaver, da Universidade de New South Wales, em Sidney (Austrália), sugere que o Universo tem 13,4 mil milhões de anos, mais ou menos 1,6 mil milhões de anos. O resultado de Lineweaver, que se baseia em medidas das microondas cósmicas e seis outras medidas cosmológicas, foi publicado na "Science"[284 (1999) 1503]. As estrelas mais velhas do universo têm entre 11 e 14 mil milhões, o que cabe na actualidade do universo. Outros resultados recentes tinham sugerido que o universo apenas

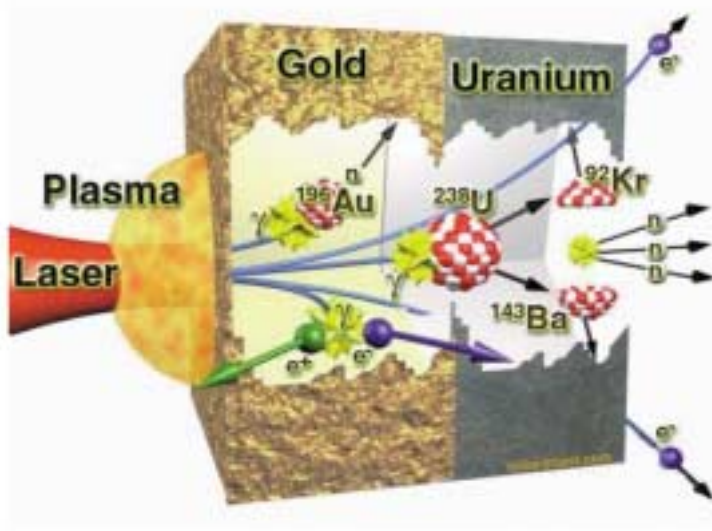
tinha 10 mil milhões de anos, pelo que algumas estrelas seriam mais velhas que o próprio universo...

Ver <http://PhysicsWeb.org/article/news/3/5/12>.

## Lasers ultra-intensos originam cisão nuclear e criam antimatéria

Experiências recentes usando o laser mais intenso do mundo permitiram entrar num novo regime de alta energia de interações laser – matéria na qual são importantes processos nucleares e criação de anti-matéria. Lasers ultra-intensos com pulsos muito curtos permitem estudar fenómenos que só se podiam estudar em aceleradores de partículas. A investigação foi conduzida no Lawrence Livermore National Laboratory usando o laser de petawatt, assim chamado porque produz 1 PW de potência durante um pulso muito breve (ver <http://www.llnl.gov/str/Petawatt.html> e "Physics Today", Jan/1998). O feixe foi focado num disco fino de ouro por trás do qual existiam algumas gramas de urânio fechadas num cilindro de cobre. Dentro do foco do laser, os campos magnético e eléctrico eram tão intensos que, durante uma única oscilação da onda da luz laser, os electrões foram arrancados aos átomos de ouro e acelerados a mais de 3 MeV.

Foi medida a distribuição de energia destes electrões para procurar evidência para outros fenómenos que podiam ocorrer em violentas interações laser – sólido. A equipa incluía cientistas do George Marshall Space Flight Center", Universidade de Alabama (Huntsville), Associação de Universidades para a Pesquisa Espacial, Universidade de Harvard e GSI-Darmstadt, Alemanha. Quando se mediu o espectro de energia dos electrões produzido nas interações laser-sólido, encontraram-se provas de que as energias desses electrões chegavam a 100 MeV. Esta energia é muito maior do que a que tinha sido observada antes em expe-



Esquema da interação de um feixe laser ultra-intenso com a matéria (ouro e urânio)

riências do mesmo tipo. Simulações computacionais sugerem que, a estas intensidades tão elevadas, o feixe laser pode interaccionar com o plasma que se forma na superfície do alvo, dividir-se em filamentos, ser melhor focado ou mesmo deflectido, enquanto os electrões do plasma aceleram até energias elevadas. À medida que os electrões colidem com os átomos no alvo geram-se raios X de alta energia e uma cascata de partículas secundárias, incluindo neutrões e outros resíduos nucleares, se os raios X tiverem energia suficiente para causar reacções nucleares no material do alvo. Esta sequência de eventos à medida que o feixe laser interage com o ouro e o urânio está representada na figura apresentada (em cima).

Tentou-se encontrar provas de reacções nucleares induzidas pelo laser procurando restos radioactivos que tenham ficado no alvo depois da passagem do laser. Detectaram-se muitas linhas estreitas de raios gama, que provinham dos decaimentos de uma variedade de núcleos radioactivos produzidos quando os electrões de alta energia interagiram com a matéria do alvo. Por exemplo, encontrou-se um isótopo radioactivo do ouro ( $^{196}\text{Au}$ ) produzido por raios X de alta energia que

arrancaram um neutrão do núcleo estável do ouro ( $^{197}\text{Au}$ ). Medindo os raios gama emitidos em tempos diferentes a seguir ao impulso laser, mediram-se as meias-vidas de muitos produtos radioactivos e deste modo identificaram-se isótopos instáveis que foram produzidos quando os raios X de alta energia causaram a cisão do urânio 238. Estes fragmentos de cisão incluíam vários isótopos do estrôncio, bário, ítrio, molibdénio, tecnécio (e.g.,  $^{101}\text{Tc}$ ), cézio e xénon (e.g.,  $^{128}\text{Xe}$ ): a observação de cisão nuclear e a emissão de fotoneutrões nesta experiência mostra que as energias dos raios X gerados excedem o limiar para o desencadear destas reacções, 5 e 8 MeV respectivamente.

A escala de energias dos electrões laser-plasma produzidos nas experiências também excede o limiar para a criação de pares electrão-positrão, que é cerca de 1 MeV. Contaram-se mais de 100 positrões individuais num único disparo de laser e determinou-se que o rendimento é aproximadamente consistente com o que se esperaria da produção de pares electrão-positrão pelo fluxo de raios X de alta energia passando pelo alvo. Procuram-se provas de pares electrão-positrão produzidos directamente por colisões electrão-ião no

plasma de laser. Isto poderá ter relevância para plasmas astrofísicos, por exemplo nos discos de acreção num buraco negro ou nos processos de pares em plasmas relativistas que se julgam regular a estrutura temporal de descargas intensas de raios gama .

Estas experiências mostram que os lasers ultra intensos entraram num novo regime de física de plasmas relativista, no qual são importantes processos nucleares e de criação de anti-matéria. Pode-se estar perto de conseguir, num laboratório terrestre, as condições de plasma relevantes para processos astrofísicos.

Thomas Cowan

Ver APS Virtual Press Room

<http://www.aps.org/meet/CENT99/vpr>.

## O que dizem os físicos

### Sobre a Teoria Quântica

#### Niels Bohr:

“Quem não estiver chocado pela teoria quântica é porque a não percebeu.”

#### Albert Einstein:

“Se a teoria quântica está correcta, isso significa o fim da Física como uma ciência”.

#### Freeman Dyson:

“O Dick Feynman contou-me a sua versão da mecânica quântica na forma de “soma sobre histórias”. “O electrão faz o que lhe apetece”, disse-me. “Vai em qualquer direcção a qualquer velocidade, para a frente ou para trás no tempo, conforme lhe dá na telha, e então tu somas as amplitudes e isso dá-te a função de onda.” Eu disse-lhe: “Estás maluco”. Mas não estava.”

#### Richard Feynman:

“Penso que posso dizer com segurança que ninguém entende a mecânica quântica”.



## NOTÍCIAS SPF – SECRETARIADO

### SPF comemora 25 anos

Completam-se este ano 25 anos sobre a data em que foi fundada a SPF. Com efeito, foi a 22 de Abril de 1974 que a comissão pró-SPF assinou a escritura de constituição da Sociedade. As dificuldades associadas ao momento histórico que então se vivia em Portugal fizeram com que os primeiros corpos gerentes nacionais para o triénio 1975 – 1977 fossem eleitos em Assembleia Geral, realizada em Coimbra a 25 de Janeiro de 1975. Recordamos aqui os seus nomes. Assembleia Geral: José Moreira Araújo (Presidente), Augusto Barroso e Mário Figueira. Secretariado: Fernando Bragança Gil (Secretário-Geral), João Sousa Lopes e José Salgado. Conselho Fiscal: Armando Policarpo, Augusto Moutinho e Maria Emília Azinhais. Se é certo que a primeira função de qualquer sociedade científica é, em nome da ciência que cultiva, reunir os seus membros, é gratificante verificar que cerca de três anos depois, a 23 e 24 de Fevereiro de 1978, tinha lugar, na Fundação

Gulbenkian, a primeira conferência de Física realizada em Portugal. Passados mais de 20 anos sobre este acontecimento, deve-se realçar como este exemplo se consolidou e se diversificou em múltiplas conferências e “workshops” que, um pouco por todo o país, se têm vindo a realizar desde então.

### Eleição para a Sociedade Europeia de Física

Ana Eiró, professora da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, foi eleita para o “executive council” da Sociedade Europeia de Física (European Physical Society, EPS). A decisão foi tomada na última reunião daquele conselho, realizada em Mulhouse (França) nos dias 9 e 10 de Abril passado. Aquela estrutura, órgão dirigente da Sociedade, é composto pelo presidente e dez membros. Na mesma ocasião, foi eleito como Presidente da SEF “Sir” Arnold Wolfendale, reputado professor inglês de Astrofísica.

### Conferência Nacional da SPF

Vai realizar-se em Lisboa, na Fundação Calouste Gulbenkian, nos dias 26 e 27 de Novembro, uma conferência comemorativa dos 25 anos da SPF. A conferência, para além de procurar fazer um balanço da nossa vida colectiva no último quarto de século pretende impulsionar a sociedade para os novos desafios do futuro (o programa detalhado será oportunamente anunciado). Procurámos que ele fosse atraente e que traduzisse a festa que um aniversário sempre representa. Para que as palestras dos convidados estrangeiros possam ser compreendidas com mais facilidade por todos, está previsto um serviço de tradução simultânea. Por outro lado, e para sublinhar o carácter de festa, resolvemos que a inscrição, que inclui o jantar no dia 26 de Novembro, tivesse um preço reduzido. Esperamos a adesão de todos!

## SPF DELEGAÇÕES

### NORTE

#### Iniciativas anunciadas na Internet

A Delegação do Norte oferece um vasto leque de acções para alunos e professores. Para ficar a saber mais sobre estas iniciativas, os interessados poderão informar-se em <http://www.fc.up.pt/fis/spf-norte/>

### CENTRO

#### Acções de divulgação e cursos de formação

Um amplo leque de acções de divulgação foram promovidas pela delegação do Centro nos últimos meses. Assim, a Dr<sup>a</sup> Lucília Brito falou do tema “Da magia da electricidade e do magnetismo à descoberta das ondas electromagnéticas” nas Esc. Secundária José Macedo Fragateiro (8 de Fevereiro) e de Albergaria-a-Velha (11 de Março), e no Colégio João de Barros (23 de Março).



### SPF na Internet

A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) tem uma nova página na Internet cujo endereço é <http://spf.pt> Esperamos que este novo meio se torne rapidamente em mais um veículo de comunicação entre os sócios e entre estes e a Sociedade. Fica desde já à disposição de todos os sócios a possibilidade de terem correio electrónico gratuito. Foram abertas cercas de mil áreas, correspondentes aos sócios com as quotas em dia, que devem agora contactar, de preferência pelo telefone (01-7993665), com a nossa sede para obter a “password” com a qual poderão efectuar a primeira ligação ao nosso computador. Depois, será necessário substituir a “password” por uma nova. Gostaríamos que rapidamente surgissem grupos de discussão em torno de problemas de interesse científico e profissional.

“Acústica e Música” foi o tema das acções que o Dr. Manuel Fiolhais realizou nas Escolas Secundárias de Vagos e Cristina Torres (25 de Março), Colégio João de Barros (26 de Março), Secundária Infanta D. Maria (19 de Abril) e Secundária Latino Coelho (11 de Maio).

A Dr<sup>a</sup> Maria José de Almeida, por seu lado, esteve nas Escolas Secundárias de Penacova (3 de Março), Anadia (também a 3 de Março), de Montemor-O-Velho (14 de Abril) e o Dr. Jaime Magalhães Lima (24 de Abril) para falar sobre “Atrito: a nosso favor ou contra”. O tema “Aplicações da Hidrostática e da Hidrodinâmica” levou o Dr. Luís Alte da Veiga à Escola Secundária Emídio Navarro (24 de Março).

O mesmo professor falou sobre “A Física da Cor” nas Secundárias Dr. João Carlos Celestino Gomes (31 de Novembro de 1998), de Cantanhede (3 de Março) e D. Dinis (17 de Março).

Para falar sobre “Princípios de conservação e as leis da mecânica”, o Dr. Luís Alte da Veiga deslocou-se à Secundária Joaquim de Carvalho (24 de Março).

O Dr. João de Lemos Pinto falou sobre “Lasers e Holografia” nas Escolas Secundárias Joaquim de Carvalho (23 de Março) e de Trancoso (4 de Março).

Finalmente, o Dr. Manuel Fiolhais realizou uma acção de divulgação sobre “Física das Partículas cem anos depois da descoberta do electrão” na Escola Secundária Alves Martins, em Viseu (24 de Novembro do ano passado).

Foram ainda realizados os seguintes cursos de formação para professores do ensino secundário:

– “Fundamentos de Termodinâmica”, pelo Dr. Manuel Fiolhais, na Escola Secundária St<sup>a</sup> Maria do Olival (17 de Março).

– “Sensores e interfaces no ensino experimental da física”, pelos Drs. Francisco Gil e José António Paixão, na Secundária de S. Pedro do Sul (15 de Janeiro).

– “Física Moderna – da Teoria da Relatividade aos nossos dias”, pelo Dr. Manuel Fiolhais, na Secundária de Emídio Navarro (18 de Março).

– “Século XX: o século das partículas”, pelo Dr. Manuel Fiolhais, na Secundária Joaquim de Carvalho (5 de Maio).

### Softciências

A Delegação do Centro continuou a apoiar a distribuição das edições de “software” do Softciências, uma acção comum das Sociedades Portuguesas de Física, Química e Matemática. Para informações e obtenção de materiais (que estão reunidos no CD-ROM Omniciência 98), ver:

<http://nautilus.fis.uc.pt/~softc/omni98/>.

Entretanto, na continuação do trabalho dessa acção comum, a SPF celebrou um protocolo de colaboração com o Centro de Computação Gráfica de Coimbra para a instalação e gestão do Centro de Competência Nónio “Softciências”, reconhecido pelo Ministério da Educação para apoiar actividades no âmbito da utilização de computadores no ensino das ciências básicas. Várias escolas de todo o país estão associadas ao Centro de Competência. Para mais informações ver <http://softciencias.ccg.uc.pt>.

### SUL E ILHAS

#### Reflexão sobre o ensino da Física e Química

Face às enormes contradições nos programas e formação de professores e à necessidade de reforço do ensino experimental, surgiu a necessidade de proceder a uma reflexão sobre o ensino da Física e da Química em Portugal, a nível do básico e do secundário.

Para realizar este programa, foi criado no âmbito da SPF e da SPQ, Sociedade Portuguesa de Química, um grupo de trabalho integrado por docentes e coordenado por Anabela Martins (SPF) e Mariana Pereira (SPQ), cujo objectivo é elaborar questionários para recolher dados que permitam publicar um livro-relatório a distribuir a todas as escolas. Eis algumas das questões a equacionar: Como melhorar a qualidade do ensino das ciências? Para que mundo e como vamos educar os nossos jovens? Neste

contexto, torna-se necessário conhecer a situação e as perspectivas dos professores sobre as finalidades do ensino das ciências, as suas condições de trabalho e as suas necessidades de formação. É importante ainda conhecer a posição e os planos das instituições universitárias e politécnicas perante os desafios que se lhes deparam na formação inicial e contínua de professores. Finalmente, torna-se premente conhecer as razões do enorme fracasso do ensino das ciências, traduzido no baixo aproveitamento dos alunos em Química e sobretudo em Física, e a relação entre os problemas das Ciências Físico-Químicas e os resultados da recente inquérito TIMSS, Third International Mathematics and Science Survey.

Para mais informações, contactar a Dr<sup>a</sup> Anabela Martins, na Delegação de Sul e Ilhas da SPF, Av. República 37, 4<sup>o</sup> – 1090-187 Lisboa.

#### Protocolo com a Associação de Professores de Matemática

Com o apoio da Delegação do Sul e Ilhas, a SPF e a Associação de Professores de Matemática (APM) decidiram desenvolver acções conjuntas para uma maior aproximação entre o ensino das duas disciplinas nas escolas secundárias. Assim, celebraram em 1998 um protocolo de colaboração com o objectivo da formação em tecnologia de calculadoras gráficas de professores de Física que, em conjunto com colegas de Matemática, possam realizar outras acções de formação.

Neste quadro, a APM, através do seu grupo de trabalho “Professores Ensinam com Tecnologia”, organizou um curso de formação de formadores em calculadoras gráficas (TI-83) e equipamentos acessórios (sensores e Graphlink) que foi frequentado por 15 professores de Física e Físico-Química do ensino secundário. Esses professores poderão apoiar outros colegas que se interessem pelo assunto.

Para mais informações, contactar a Dr<sup>a</sup> Anabela Martins, na Delegação de Sul e Ilhas da SPF, Lisboa.

A Secção “Olimpíadas de Física” é dirigida por José António Paixão e Manuel Fiolhais, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra.

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

### Fase regional foi um êxito

Realizaram-se no passado dia 15 de Maio, nos Departamentos de Física das Faculdades de Ciências de Lisboa, Porto e Coimbra, as provas da fase regional das Olimpíadas de Física 1999. Com uma afluência que se mantém crescente, ano após ano, esta competição continua a motivar os estudantes e a contar com o empenho dos professores dos ensinos básico e secundário. O número total de participantes excedeu as cinco centenas. A continuar o crescimento que tem ocorrido nos últimos anos, poderá vir a ser necessário concretizar a fase de pré-selecção já prevista no regulamento.

A prova teórico-experimental do escalão A (11º ano) teve este ano como tema os termopares, enquanto no escalão B foi explorado na prova teórica um tema de mecânica dos fluidos. A prova experimental do escalão B consistiu na medida da resistividade de um fio de constantan. A divertida prova do escalão A (9º ano), que entusiasmou os mais novos, envolvia a identificação de “moedas de euro falsas” através da medida da densidade de um metal. O enunciado das provas está disponível na Internet, no endereço <http://www.fis.uc.pt/~spf>.

A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) agradece aos Departamentos de Física das Faculdades de Ciências das Universidades de Lisboa e do Porto e da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra o apoio logístico a este evento, tornando ainda esse agradecimento extensivo a todas as pessoas que contribuíram para a

concepção e realização das provas. É devida uma palavra de apreço especial ao trabalho das equipas de correcção que, num curto intervalo de tempo, tiveram a árdua tarefa de classificar um tão elevado número de provas.

Durante a manhã foram organizadas várias actividades para os professores acompanhantes. A Delegação do Sul e Ilhas proporcionou aos professores a conferência “Interdisciplinaridade entre Física e Matemática”, proferida pelo Dr. Jaime Carvalho e Silva, professor do Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra. A Delegação do Centro promoveu a conferência “Nanotecnologia”, que foi proferida pelo Dr. Carlos Fiolhais, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Na parte da tarde, em Lisboa, alunos e professores assistiram ao filme “Contacto”, inspirado no livro com o mesmo título da autoria de Carl Sagan. Seguiu-se um debate, orientado pelo Dr. Paulo Crawford, do Departamento de Física da Universidade de Lisboa, sobre as questões de física focadas no filme.

A fase nacional das Olimpíadas estava marcada para os dias 19 e 20 de Junho, em Lisboa, mas os resultados ainda não eram conhecidos à data de fecho desta edição. Recorde-se que nessa competição ficarão pré-seleccionados oito estudantes do escalão B para participar nas Olimpíadas Internacionais de Física do ano 2000, que terão lugar em Leicester, no Reino Unido. Os seus nomes serão indicados em próximo número da “Gazeta de Física”.

Indicam-se a seguir os vencedores de cada uma das provas regionais.

### Vencedores na Região Norte

Inscreveram-se 30 equipas do escalão A e 65 alunos do escalão B (11º ano), num total de 155 alunos e 42 escolas. Foram vencedores:

Escalão A – Equipa do Externato Delfim Ferreira (Riba d’Ave), constituída pelos alunos David António Moreira, Pedro Miguel Rodrigues e Rui Alexandre Ferraz.



Alunos do escalão A, em Coimbra, medindo cuidadosamente a densidade das moedas de euro falsas

Escalão B – Luís Miguel Oliveira e Silva e João Vide Barbosa, da Esc. Sec. António Sérgio (Vila Nova de Gaia); Ricardo Nuno Monteiro da Esc. Sec. da Maia; Ricardo Nuno Pinho, da Esc. Sec. António Nobre (Porto); Alexandre Brandão Fernandes do Col. Internato dos Carvalhos; André Carvalho Souto, da Esc. Sec. Infante D. Henrique (Porto); Pedro José Ferreira da Esc. Sec. Abade de Baçal (Bragança); e Hugo Daniel Almeida, da Esc. Sec. da Maia.



Luís Dias durante a realização da prova experimental do pêndulo bifilar



### Vencedores da Região Centro

Inscreveram-se 35 equipas do escalão A e 92 alunos do escalão B, num total de 197 alunos e 49 escolas. Eis os vencedores:

Escalão A – Equipa da Esc. Sec. Artur Gonçalves (Torres Novas), constituída pelos alunos Ricardo Heleno, Hélder Bento e Sérgio Manuel.

Escalão B – Lúcia Coutinho e Carlos Figueiras da Esc. Sec. de Sever do Vouga; José Gouveia da Esc. Sec. José Falcão, Coimbra; Ricardo Silva da Esc. Sec. da Gafanha da Nazaré; José Veiga da Esc. Sec. de Vouzela; Ângelo Cardoso da Esc. Sec. Bernardino Machado (Figueira da Foz); José Castilho da Esc. Sec. Dr. Manuel Fernandes (Abrantes); e Miguel Matos da Esc. Sec. Alves Martins (Viseu).

### Vencedores da Região Sul e Ilhas

Inscreveram-se 14 equipas do escalão A e 51 alunos do escalão B, num total de 93 alunos. Os vencedores foram os seguintes:

Escalão A – Equipa da Escola Sec. Quinta do Marquês, constituída pelos alunos Catarina Martins, Liliana Patrícia Silva e Pedro Miguel Leal.

Escalão B – Ricardo Paiva, da Esc. Sec. Camões (Lisboa); Fernando Abegão, da Esc. Sec. Gabriel Pereira (Évora); Pedro Martins e Paulo Brazão, da Esc. Sec. Herculano de Carvalho (Lisboa); Marta Maria Varela, da Esc. Sec. do Lumiar (Lisboa); Pedro Caldes, da Esc. Sec. Gabriel Pereira (Évora); Pedro Farinha, da Esc. Sec. Jaime Moniz (Lisboa); e Tiago Vicente, da Esc. Sec. D. Pedro V (Lisboa).

### Olimpíadas Internacionais

Tiveram lugar em Coimbra, no passado dia 28 de Maio, as provas de apuramento para as Olimpíadas Internacionais de Física, IPhO'1999 (International Physics Olympiads). Compareceram os seguintes alunos pré-seleccionados (entre parêntesis os nomes dos respectivos orientadores):

– José António Lopes (professora Célia Maria Costa Lopes), da Esc. Sec. da Gafanha da Nazaré;

– Pedro Miguel Miranda (professora Maria Filomena Sardinha), da Esc. Sec. José Saramago (Mafra);

– José Miguel Albuquerque Santos (professor José António Rocha), da Esc. Sec. de Latino Coelho (Lamego);

– Luís Manuel Araújo Dias (professora Maria da Natividade Leal), da Esc. Sec. Leal da Câmara (Rio de Mouro);

– João Miguel Cardeiro (professora Maria Virgínia Baptista), da Esc. Sec. D. Pedro V (Lisboa);

– Rui Alexandre Bebiano (professora Maria Fernanda Riflet), da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho (Lisboa);

– Rui Miguel Meleiro (professoras Maria José Regala da Fonseca e Maria Manuel Simões) da Esc. Sec. Emídio Navarro (Viseu).

As provas incluíram uma parte teórica (com questões sobre Electromagnetismo, Física Moderna, Termodinâmica e Mecânica) e uma parte experimental, onde se estudava o pêndulo bifilar e se determinava a constante de Avogadro. O enunciado das provas pode ser obtido na Internet no endereço <http://spf.pt/dsul/olimpiadas.html>.

Ao longo do ano os alunos tiveram o apoio dos seus professores, tendo ainda assistido no Departamento de Física da Universidade de Coimbra a mini-cursos destinados sobretudo a colmatar as partes do programa da IPhO que não fazem parte dos programas do ensino secundário. Estas sessões tiveram lugar nos dias 29 e 30 de Janeiro, 23 e 24 de Abril e 15 de Maio do corrente ano. Houve um primeiro contacto com a Física Moderna e a Teoria da Relatividade numa sessão a cargo do Dr. Pedro Vieira Alberto, a que se seguiram os temas de Termodinâmica e Ondas, em sessões orientadas pelo Dr. Manuel Fiolhais, e de Electromagnetismo apresentados pela Dra. Lucília Brito. Foram ainda realizadas sessões experimentais, dinamizadas pelo Dr. José António Paixão, onde os alunos tiveram a oportunidade de efectuar algumas das experiências que constaram de provas

anteriores da Olimpíada Internacional. Realizou-se também uma sessão de treino no uso do osciloscópio, dirigida pelo Dr. Adriano Pedrosa Lima.

A SPF agradece aos professores do Departamento de Física da Universidade de Coimbra acima mencionados a colaboração prestada nestas actividades, bem como aos professores das escolas secundárias que acompanharam estes jovens ao longo do ano lectivo e que, com a sua presença nas sessões em Coimbra, testemunharam o seu empenho.

Os alunos apurados para as Olimpíadas Internacional de Física de 1999, que terá lugar em Pádua (Itália), no próximo mês de Julho, foram Rui Meleiro (Viseu), Rui Bebiano (Lisboa), Pedro Miranda (Mafra), João Miguel Cardeira (Lisboa) e José Miguel Santos (Lamego).



Os sete finalistas das provas portuguesas para as Olimpíadas Internacionais de Física. Em cima: José Miguel Santos, Rui Meleiro, Rui Bebiano, José António Lopes. Em baixo: Luís Dias, Pedro Miranda e João Cardeira

## Mais livros precisam-se

No ano do prémio Nobel para Saramago e da Exposição Mundial em Lisboa, a literatura e a arquitectura portuguesas saíram-se bem. A ciência nacional, em particular a Física, teve também o seu acontecimento de glória, embora, claro, com cores mais pálidas e menor tempo de antena: as imagens do *space-shuttle* que levava a nossa bandeirinha de intervenção no detector AMS, e as vozes de cientistas portugueses do Laboratório de Instrumentação e Partículas, LIP, de Lisboa e Coimbra. A própria Hillary Clinton, mais mediática do que qualquer detector de partículas, evocou na altura, e bem, os grandes tempos de Vasco da Gama, em que Portugal estava cientificamente na frente de onda. O ano de 1999 não parece tão propício aos orgulhos nacionais, mas o objectivo desta nota é dar notícia de um acontecimento que, mesmo sem aparecer na televisão, tem importância para os físicos portugueses. Eles sabem que é preciso escrever artigos científicos em revistas internacionais, que isso é importante para o desenvolvimento científico do país e para a formação de investigadores. Mas sabem também que, em Portugal, está mal (o síndrome é comum a outros países, diga-se) a educação científica de base, a capacidade para motivar para a ciência ou pelo menos para a racionalidade tão geral da metodologia científica, que nos confere uma capacidade acrescida de cidadania no nosso planeta.

Jaime Villate, da Faculdade de Engenharia do Porto, e um grupo do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (Lucília Brito, Manuel Fiolhais e Constança Providência) compreenderam que a futura geração de engenheiro — físicos ou não, pouco importa — deve poder aprender física a partir de textos portugueses. Estão de parabéns pelos seus livros, respectivamente “Electromagnetismo” e “Campo Electromagnético”, ambos publicados, e em simultâneo, pela editora McGraw-Hill no passado mês de Março. E de parabéns está também a McGraw-Hill de Portugal ao aceitar o risco editorial numa área onde, tradicionalmente, estávamos limitados às edições mais clássicas, em grafismo e conteúdo, da Fundação Gulbenkian.

Os dois livros são sobre electromagnetismo. Que o espaço para eles estava vazio (nas prateleiras e nas secretárias) provam-no as bibliografias indicadas em ambos os livros, onde em 28 referências num livro e 26 noutra, descontando a inevitável referência cruzada de cada um dos livros ao outro, não é mencionado nenhum livro português (excluímos uma publicação do defunto Instituto Nacional de Investigação Científica, três sebatas do Instituto Superior Técnico, e uma da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto). “Electromagnetismo” tem 13 capítulos, 5 dos quais de electrostática; “Campo Electromagnético” tem 11 capítulos, sendo um meramente introdutório e 4 e meio de electrostática. Os três capítulos adicionais do livro “Electromagnetismo” tratam separadamente a corrente eléctrica e circuitos. Ambos os



livros apresentam capítulos sobre o campo magnético e magnetostática, sobre a síntese das equações de Maxwell, a relatividade e o campo electromagnético, as ondas electromagnéticas e radiação. Mas não se sobrepõem ou repetem: o de Villate é suposto ser para um curso introdutório, e o do grupo de Coimbra visa um curso mais avançado. A ideia dos autores e da editora será a de complementar o primeiro com o segundo dos livros editados.

### Obras complementares

Na prática, os dois complementam-se de facto, porque o primeiro, indo menos longe nos artifícios formais, é certo, consegue ligar-se ao concreto e dedica-se aos conceitos básicos. Gostei imenso dos exemplos da lâmpada fluorescente, em que se dá a ideia (com quantificação!) dos dois fluxos opostos de cargas positivas e negativas. E do cuidado posto na explicação dos espectrómetros (era um espectrómetro que ia montado no *space-shuttle*!) e do tubo de raios catódicos. Ainda a propósito dos exemplos, no capítulo 6 “Corrente Eléctrica”, no exemplo 6.2, calcula-se a velocidade dos electrões de condução de um fio de cobre: o resultado é 12,96 cm/h. Sugestão: por que não discutir de imediato o resultado? Como é que então as lâmpadas se acendem tão depressa?

Exemplificando a diferença entre os estilos das duas obras: o livro “Campo Electromagnético”, define a fugir — porque tem outras metas (no domínio da electrostática, por exemplo, um tratamento muito detalhado e exaustivo dos multipolos eléctricos) — campo eléctrico a partir da razão  $F / q$ . Esta é, no entanto, apenas uma regra “operacional” para medir o campo; em “Electromagnetismo”, pelo contrário, vai-se mais longe, apesar de se manter no nível elementar: é sublinhada a revolução da ideia de campo, face à de interacção instantânea à distância entre massas ou cargas. Lê-se então: “uma carga modifica o espaço à sua volta produzindo um campo eléctrico”, frase que é coadjuvada por uma figura bem sugestiva dessa modificação... e sem carga de prova.

Os dois livros mostram como o electromagnetismo caiu nos braços dos físicos antes de tempo, ou seja, antes da



relatividade ter sido desvendada. Os campos magnéticos como efeito relativista têm, nos dois livros, o seu espaço no penúltimo capítulo. Mas em “Campo Electromagnético”, os autores compensam a penumbra que, nesse capítulo, o peso das suas fórmulas pode projectar no assunto. Muito apropriadamente, dão a este aspecto tão significativo a relevância de um parágrafo na Introdução (capítulo 1), onde é feita uma história breve da física moderna, muito agradável de ler.

A ciência é internacional e os artigos científicos são publicados em inglês, que é a linguagem privilegiada de comunicação científica. Os artigos científicos são para ser lidos por especialistas, para ser dissecados por profissionais. São escritos para fazer avançar o conhecimento o melhor e mais depressa possível. Formam investigadores. Mas a nossa educação e as tradições, os “tiques” culturais básicos transmitem-se num quotidiano português, que tem raízes diferentes das do quotidiano de Nova Iorque ou mesmo de Londres, apesar da actual globalização. Jaime Villate, que já viveu no outro lado do Atlântico, percebe isso muito bem e escreve na introdução da sua obra: “A motivação principal para escrever este livro foi a dificuldade em encontrar textos em língua portuguesa que se adaptassem aos objectivos da disciplina e ao nível dos nossos alunos. Existem muitas traduções de livros que fazem parte de um curso introdutório de física para o primeiro ano de Engenharia, os quais dão ênfase aos fenómenos e às aplicações tecnológicas, mas, por serem orientados para alunos sem conhecimento de cálculo, dão menos importância à estrutura matemática do electromagnetismo. Por outro lado, os livros com um nível matemático mais avançado pressupõem que o aluno esteja familiarizado com a fenomenologia da electricidade e do magnetismo”.

### Rigor em português

Por outras palavras, o nível avançado do sistema anglo-saxónico estabelece-se sobre uma base de intuição e *hands-on* que o nosso sistema de ensino (aqui fundamentalmente o secundário) despreza. Por outro lado, os (pseudo)formalismos que viciam às vezes o ensino da Física, obscurecendo os conceitos, terão levado levado Villate a

concluir: “Este livro está orientado para alunos de nível intermédio que não tenham conhecimentos prévios de electromagnetismo, mas que estejam preparados para abordar o estudo da análise vectorial”. O livro que escreveu é, de facto, o resultado de uma hibridez bem sucedida entre o sistema anglo-saxónico, sempre com uma mão e um olho rápidos na tecnologia, e as potencialidades do formalismo matemático. O rigor existe em ambos os aspectos. Este comentário sobre o rigor é aliás aplicável também ao livro de Lucília Brito, Manuel Fiolhais e Constança Providência. Ambos os livros contêm imensos problemas e exemplos.

“Campo Electromagnético”, em particular, é para o aluno uma fonte quase inesgotável de exercícios (resolvidos), onde a sua capacidade para manipulações formais se pode treinar em conjunto com a aplicação de conceitos. É uma maneira de o livro, relativamente ao insubstituível “Classical Electrodynamics”, de J. D. Jackson, ter o seu papel autónomo e bem construído, porque já passou a prova real das aulas, dos exames e dos alunos. Os autores pedem sugestões. Eu tenho uma: porque chamar “Meios dieléctricos” ao capítulo 5, e não “Electricidade (ou Campo Eléctrico) em meios materiais”? É que o capítulo 8 se chama, e bem, “Magnetismo em meios materiais”... O paralelismo das duas designações seria assim lógico (e pedagógico). A propósito, outra ideia para a próxima edição: no capítulo 8 não encontrei referência aos materiais paramagnéticos e diamagnéticos...

Mais destes livros precisam-se: sobre Física Moderna e Mecânica Quântica, por exemplo. Em português, para que as novas gerações não digam *space-shuttle*, como eu, mas *vaivém espacial*. Para não saberem apenas que o dispositivo a bordo do *space-shuttle* detectava e identificava partículas com o auxílio de um campo magnético. Para, além disso, não confundirem, ao contrário de alguns jornalistas, matéria estranha com matéria escura ou anti-matéria. É que apesar da pobreza material de que falava Saramago no discurso da cerimónia da entrega do Nobel, contrapondo-a aos gastos em enviar sondas a Marte, a humanidade ganha ao tentar chegar a Marte, ou mesmo só aos limites da atmosfera da Terra.

Teresa Peña

[teresa@fisica.ist.utl.pt](mailto:teresa@fisica.ist.utl.pt)

(Departamento de Física do Instituto Superior Técnico e Centro de Física Nuclear)

Electromagnetismo

Jaime E. Villate

McGraw-Hill, Lisboa, 1999

Campo Electromagnético

Lucília Brito, Manuel Fiolhais e Constança Providência

McGraw-Hill, Lisboa, 1999

## Entender o espaço e o tempo

A Gradiva ultrapassou, com este pequeno livro, o número 100 da colecção Ciência Aberta. O número 99, “O Mundo Dentro do Mundo”, de John Barrow, foi lançado no última Conferência Nacional de Física, realizada em 1998 na Maia, e o número 100 foi o notável “A Cultura Científica e os seus Inimigos - O Legado de Einstein”, do professor de História da Ciência em Harvard, Gerald Holton.

É significativo que o número 101 da colecção “Ciência Aberta” seja um livro de um físico português: Jorge Dias de Deus é físico teórico, professor de Física no Instituto Superior Técnico e presidente da Associação para a Divulgação da Ciência e Tecnologia, que já assinou o nº 11 daquela colecção, “Ciência, Curiosidade e Maldição” (ver o catálogo da colecção completa em [www.gradiva.pt](http://www.gradiva.pt)). Por um lado, quer dizer que a colecção, que tantos leitores já conquistou,

continua decidida a perfazer mais 100 volumes e a conquistar novos leitores; por outro, quer dizer que a participação de autores portugueses provavelmente se alargará, reflectindo o crescimento da Física em Portugal (no catálogo, pode verificar-se que nos 100 primeiros títulos se encontram 8 de autores portugueses).

Este livro, enriquecido com apelativas ilustrações de José Bandeira, “cartoonista” do “Diário de Notícias” e director criativo da Infordesporto, lê-se de um fôlego. Algumas equações não constituem obstáculo de maior para um leitor com formação científica de base e não devem afugentar os outros, que se deleitarão de resto com analogias sugestivas.

A relatividade restrita ocupa 6 dos 10 curtos capítulos, mas a relatividade geral, embora com menor espaço, deve ter tomado ao autor mais tempo a condensar. É um assunto considerado tradicionalmente mais difícil, até pelos obstáculos formais. Mas no livro há equações, mas não tensores, sendo o conteúdo, mesmo da relatividade geral, perfeitamente acessível a um aluno pré-universitário.

A ideia-chave está patente no título: como usar os conhecimentos de relatividade para entender o espaço, o tempo e a nossa eventual mobilidade neles. Viajar no espaço não parece levantar problemas de maior, além daquele que advém do valor máximo para a velocidade. Porém, viajar no tempo sempre tem desafiado a imaginação humana. Conforme lembra Dias de Deus, há no cinema a história do filho que viaja para trás no tempo e namora a mãe - “e, se tivesse ido um pouco mais longe, até talvez pudesse ter sido o próprio pai!...” Será possível? A conclusão, provisória como as conclusões científicas, está na p. 104: “As viagens para trás no tempo sempre fascinaram cientistas, escritores, cineastas, filósofos. Na relatividade não estão a priori excluídas, embora possam criar verdadeiros paradoxos lógicos. Com taquióes, com cilindros rotativos, com túneis no espaço-tempo, a esperança das viagens no tempo vai-se mantendo!”

Estas “Viagens no Espaço-Tempo” constituem, assim, uma excelente viagem de introdução ou de revisão de uma parte essencial da Física moderna, que tão estranhamente tem andado arredada dos programas do nosso ensino secundário.

Carlos Fiolhais  
[tcarlos@teor.fis.uc.pt](mailto:tcarlos@teor.fis.uc.pt)

Viagens no Espaço-Tempo  
Jorge Dias de Deus  
Gradiva, Lisboa, 1998

## Práticas lectivas de Física

O autor é licenciado em Física, foi professor do ensino secundário e em 1995 fez o doutoramento em Ciências de Educação (Didáctica da Física) na Universidade de Évora. Tem-se interessado pela didáctica e formação de professores de ciências, nomeadamente de Física. É actualmente professor no Departamento de Pedagogia e Educação da Universidade de Évora.

O presente volume (a palavra volume é bem adequada, pois são 540 páginas!), número 20 da colecção “Ciências de Educação” do Instituto de Inovação Educacional, tem prefácio de Maria Odete Valente, professora do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e é essencialmente a tese de doutoramento do autor devotada às práticas lectivas da disciplina de Física do 10º ano de escolaridade, nomeadamente à análise de processos mentais na aprendizagem de conceitos de mecânica. É um livro com uma boa revisão da literatura sobre resolução de problemas e com uma boa exemplificação de materiais pedagógicos, decerto útil como referência para todos os que se interessam pelo ensino da Física a nível do secundário.

C.F.



Resolução de problemas em Física: conceitos, processos e novas abordagens  
António J. Neto  
Instituto de Inovação Educacional,  
Lisboa, 1998.

## A importância das normas



Subintitulada “Grandezas e unidades físicas - terminologia, símbolos e recomendações” e recomendado expressamente pela Sociedade Portuguesa de Física, esta edição devia constituir presença “obrigatória” nas mesas de professores e alunos de Física. Devia estar sempre à mão para esclarecer as dúvidas que a terminologia e a nomenclatura sempre levantam a quem escreve textos científicos ou técnicos. O autor, professor de Física no ensino secundário (no Colégio Militar, em Lisboa), publicou outros livros, nomeadamente de introdução à Astronomia (“Roteiro do Céu”, que já vai na segunda edição, e “Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas”, de parceria com Máximo Ferreira, que se aproxima da 5ª edição, os dois publicados pela Plátano). É colaborador da “Gazeta da Física” e um “coca-bichi-

nhos” amante da precisão e inimigo implacável do erro.

Documentou-se abundantemente para proporcionar aos leitores as últimas recomendações sobre as unidades e notações. O Sistema Internacional de Unidades é legalmente obrigatório em Portugal e em muitos outros países. Feynman disse um dia que os físicos eram pessoas pouco lógicas, porque usavam para a mesma grandeza, por exemplo a energia, uma multidão de unidades diferentes. A mensagem subjacente ao livro é clara e imperativa tanto para físicos como para não-físicos: se há normas, é para serem conhecidas e seguidas! Assim, o símbolo do quilograma não é Kg, a unidade SI de intensidade de corrente eléctrica não é o Ampère, um bilião não é 1 000 000 000 e a dioptria não é uma unidade do SI.

O livro está bem organizado e mesmo o leitor e escritor mais experiente na linguagem científica encontrará aí rapidamente pormenores que ou nunca soube ou dos quais já não se lembra. Não se trata de uma obra para ler de fio e pávio, mas sim para ser consultada sempre que necessário. Para isso, é muito útil o índice alfabético e remissivo, com mais de 700 entradas. E não é apenas recomendável a físicos e químicos mas, conforme justamente indica a contracapa, a “todas as pessoas que, exercendo a sua actividade profissional no âmbito da indústria, do

comércio, da comunicação, etc., necessitam de utilizar uma terminologia correcta e actualizada.”

Um livro como este, apesar de querer desfazer muitas dúvidas, levanta algumas: por exemplo, o grau Celsius deve ser escrito com espaço depois do valor numérico, como na p. 46, ou sem espaço, como na p. 53? Por que é que há-de ser nanometro (p. 75) em vez de nanómetro (até pode ser que seja, mas a dúvida é recorrente)? Não seria preferível evitar para o calor específico a notação de “derivada parcial do calor” (p. 104)?

Deve dizer-se que o livro é bastante completo. Mas, como sugestões para a próxima edição, ficam as unidades de informática, hoje tão necessárias, e a descrição das regras para obtenção de algarismos significativos nas várias operações.

Mas tanto as pequenas dúvidas como a despreziosa sugestão não modificam o essencial: a recomendação da SPF é merecida e bem fazem os que andam com o volume de Guilherme de Almeida por perto.

C. F.

**Sistema Internacional de Unidades (SI)**  
Guilherme de Almeida  
2ª edição revista e actualizada  
Plátano, 1997

## Museu de Física “on-line

O Museu de Física da Universidade de Coimbra (<http://www.fis.uc.pt/museu>) tem “on-line” o catálogo completo da exposição “Engenho e Arte”, enriquecida por algumas imagens vídeo. É possível fazer a visita virtual a uma sala do Museu, assim como interagir virtualmente com alguns dos instrumentos antigos. A página do Museu desenvolve-se no quadro de um projecto de mediação do museu, liderado pelo Dr. Armando Policarpo (director do Museu) e financiado pelo programa Praxis, do Ministério da Ciência e Tecnologia.

# Para que servem os físicos na indústria?



José António Salcedo \*

Procurando responder desde já a esta questão, eu diria que servem para pouco. Creio que existirão duas razões para tal.

Em primeiro lugar, o tecido industrial em Portugal é frágil em exigências científicas e tecnológicas evoluídas e, mais grave ainda, as empresas e os industriais não compreenderam ainda a necessidade de investir na base de conhecimento e de actividades que lhes vai determinar a competitividade no futuro. Por outras palavras, do lado da procura as exigências industriais são escassas, e, quando existem, são modestas.

Em segundo lugar, as licenciaturas e pós-graduações em Física e também em Engenharia Física não estão adaptadas ao mundo moderno e de evolução vertiginosa em que começamos a mergulhar, e não dotam os licenciados das ferramentas intelectuais e técnicas necessárias para que eles possam passar a ser sentidos como instrumentos de modernidade, inovação e competitividade das empresas. Por outras palavras, do lado da oferta as disponibilidades estão desadaptadas. Tendo eu contribuído decisivamente para a contratação de 30 licenciados, 15 mestres e 5 doutorados nos últimos dois anos na minha empresa, entre os quais dois licenciados e um doutorado em Física, sinto-me capaz de fazer estas afirmações com alguma segurança.

Em primeiro lugar, do lado da procura as exigências industriais são escassas e, quando existem, são modestas. Isto ocorre por razões variadas, a mais importante das quais poderá ser o facto de a sociedade portuguesa não ser muito dada a estas questões de ciência, tecnologia e indústria, privilegiando as transacções comerciais e, dentro destas, preferindo as que são relativamente pouco exigentes. David Landes, da Universidade de Harvard, documenta bem esta situação no seu magnífico livro “The Wealth and Poverty of Nations” (Little, Brown and Co., 1998). Segundo este autor, Portugal iniciou o seu

declínio para as trevas quando começou a expulsar ou matar populações aqui residentes e competentes em artes, ofícios e ciências a partir de 1497 e, por pressão da Igreja católica e de Espanha, permitiu a entrada da Inquisição Espanhola no nosso território, em 1540, aplicando-a vigorosamente durante a década de 1580 sob a influência de Filipe II. Não mais estudantes portugueses da época foram estudar para o estrangeiro, como até então ocorria, e a importação de livros passou a ser controlada por inspectores designados pelo Santo Ofício da Inquisição. Em 1547 surge em Portugal a primeira lista de livros proibidos, até que em 1624 a lista tinha já uma extensão notável, presumivelmente a extensão considerada necessária para salvar todas as almas então existentes no País. É de salientar que, em 1603, Diogo do Couto se referia já ao “espírito de maldade e à falta de curiosidade desta nossa Nação Portuguesa”, enquanto Francis Perry, enviado inglês a Lisboa, referia em 1670 que “o povo é tão pouco curioso que cada pessoa apenas sabe o que lhe é estritamente necessário para viver”.

## Sociedade pobre

Esta situação inviabilizou uma influência religiosa e cultural reformista (calvinista) anos mais tarde, por pressão e domínio de uma Igreja católica intolerante. De facto, enquanto a atitude calvinista estimulava que jovens de ambos os sexos se educassem pela leitura e interpretação de textos, a Bíblia incluída, o que conduzia a mães e a gerações futuras mais literatas, curiosas e empreendedoras, a atitude católica da época impedia-o e recorria à catequização por textos intermediários não fidedignos, dos quais o mais importante foi o catecismo (curiosamente, catedrático vem quase a seguir a catecismo nos dicionários da língua portuguesa...). Já D. Luís da Cunha, em 1736, se lamentava que não existisse uma comunidade reformista em Portugal, comentando que os ganhos obtidos estritamente pelo troca de bens são bem menores que os obtidos pela troca de ideias. Em resultado, os últimos quase quinhentos anos foram pobres em consciência social crítica e no reconhecimento do valor do trabalho, conduzindo a uma sociedade pobre em iniciativas culturais e industriais, bem como na percepção do valor e mérito do risco e das atitudes empreendedoras, para já não falar no valor das compensações honestas que se podem conseguir. E agora sentimos os seus efeitos em muitas áreas, uma das quais é um tecido industrial pobre e pouco evoluído sob o ponto de vista técnico e científico.

Quinhentos anos de orientação social mediocre têm mesmo de produzir efeitos, e ainda hoje parece ser socialmente mais comum rezar por milagres ou imputar a maioria das responsabilidades a um chefe, uma instituição ou um governo, do que trabalhar para obter soluções. Quando confrontado com esta ideia, um amigo meu dizia-me, com ironia bem medida, que também admitia a possibilidade dos melhores exemplares humanos portugueses se terem perdido definitivamente com D. Sebastião, por ocasião da malfadada expedição a África. Sendo verdade que D. Sebastião se fez acompanhar pela fina flor nacional, isso poderia explicar um declínio adicional na qualidade dos genes à disposição da nação para a construção das gerações futuras. Se tal é verdade ou não transcende a minha capacidade de análise, mas o facto é que a reduzida industrialização da nossa sociedade, e ainda mais a sua reduzida literacia científica e tecnológica, parece ter profundas raízes históricas e sociais que vão demorar gerações a ser ultrapassadas, exigindo para tanto pessoas que não tenham sido influenciadas pelos medos e fantasmas do passado. Esta é a realidade presente.

### Capacidade de “desenrascanço”

Em segundo lugar, do lado da oferta as disponibilidades estão desadaptadas. Porém, aqui há que distinguir entre licenciaturas e pós-graduações em Física e licenciaturas e pós-graduações em Engenharia Física ou noutros ramos tecnológicos ligados à Física. Na primeira situação, a formação deve ser realizada de forma independente das solicitações de mercado e contribuir para a produção de jovens altamente qualificados sob o ponto de vista científico, numa perspectiva claramente internacional. Na segunda situação, algo de radicalmente diferente deve ser feito, e os jovens devem poder impor-se no mercado pela seriedade e flexibilidade das ferramentas técnicas e intelectuais que transportam consigo, conduzindo as empresas a ver neles instrumentos de inovação e competitividade. Neste contexto, creio que a universidade não se tem portado bem com a sociedade, transigindo demais na primeira situação e fazendo mais do mesmo na segunda. Em resultado, os bloqueamentos iniciais mantêm-se, mesmo que os políticos ou os responsáveis não o admitam em público.

Que fazer? Por um lado estou optimista quanto a Portugal, pois a nossa capacidade de “desenrascanço” poderá vir a ser muito útil no contexto da sociedade de informação. Estou pessimista também, porque não acredito no verdadeiro desenvolvimento de uma

sociedade de informação sem uma infraestrutura industrial subjacente que seja forte. No entanto, aqui distingo claramente a filosofia de “produção industrial” que tem sido estimulada pelos governos nos últimos 20 anos, que critico, de uma filosofia de “engenharia industrial”, com o ciclo de concepção, I&D, design, marketing e vendas, que defendo. Enquanto não soubermos desenvolver a base nacional de conhecimento no País e colocar essa base ao serviço da economia real, o nosso desenvolvimento como sociedade e nação será limitado. A riqueza disponível circula, mas não é verdadeiramente produzida.

Retomando a questão central que coloquei neste artigo, “Para que servem os Físicos na Indústria?”, responderia agora que os Físicos servem para pouco e nenhum mal resulta daí, e que os Engenheiros Físicos (ou outros equivalentes) devem poder servir para muito. Porém, as Escolas não podem fazer mais do mesmo, e devem ter a coragem de inovar no processo educativo. É necessário incluir gestão de projectos e processos, gestão económica, financeira e de recursos (humanos incluídos), organização empresarial, inovação e qualidade. É também necessário investir na formação sobre computadores, redes e Internet, e, sobretudo, é necessário criar um espírito empreendedor nos jovens licenciados, fazendo-lhes compreender que as melhores oportunidades de mercado não são as que já existem, mas sim as que eles próprios poderão criar com o seu próprio trabalho. Como formadores, o melhor que podemos fazer é conduzir as pessoas a serem capazes de aprender por si próprias, assumindo a vida como sua. Como empregadores, o melhor que podemos fazer é contratar os melhores jovens e ter a coragem de lhes dar meios, oportunidades e desafios que os façam realizar como pessoas e profissionais. Claro está, todos temos que trabalhar muito, e sobretudo trabalhar bem. Do lado das empresas, melhor ou pior isso está resolvido: o mercado é um juiz implacável, e os erros pagam-se sempre caro. Do lado das universidades... que acham?

\* Director de Investigação e Desenvolvimento  
ENT – Empresa Nacional de Telecomunicações, SA  
(Grupos EFACEC e IPE)  
[jsalcedo@mail.telepac.pt](mailto:jsalcedo@mail.telepac.pt)

## Requiem pelo ensino da ciência

Quando nascem, todas as crianças são cientistas por natureza. Não há nada que mais se aproxime do espírito de um cientista do que a curiosidade de uma criança. Ela leva-a a explorar, interrogar, testar ideias, verificar resultados, compreender o funcionamento do mundo que a rodeia. O que motiva um petiz a desmontar um rádio para saber de onde vem a voz é o mesmo que leva um astrónomo a estudar o céu a fim de perceber a origem do Universo. Sem professores, sem livros, a Natureza preparou a criança com o bem mais precioso para compreender o mundo: a curiosidade. E o que fazemos nós com esta tão inestimável qualidade?

Embora se trate de um acto científico genuíno, a maioria dos pais classifica a desmontagem de um rádio como um acto de destruição e, por isso, reprimível. Começa aqui um longo processo de destruição da curiosidade e do espírito de descoberta a que se dá o nome de educação. Mas os pais não são os actores principais deste processo (aliás, serão eles ainda responsáveis por algo mais do que a comida, a dormida e a roupa lavada?). Vamos então seguir o percurso do nosso amigo.

Mais uns anos e a criança entra na escola. Entusiasmada, imagina que, finalmente, lhe vão explicar como funciona um rádio, como se forma o arco-íris, porque existem tantas estrelas. Deve ser divertido, pensa ela. Porém, a decepção não podia ser maior. O quê? Para que queres tu, com a tua idade, saber como funciona um rádio? A escola é uma coisa séria. Não há tempo a perder com essas traquinices. Que disparate, qualquer dia vinham os teus pais fazer queixa que lhes destruías os electrodomésticos. Ainda nem sequer sabes ler e já queres saber demais!

E que coisas importantes ela aprende? Primeiro aprende a ler e a escrever, decorando as regras gramaticais. O pequenito, que desde há anos sabia comunicar oralmente as suas ideias, depara de repente com palavras de arrepiar os cabelos: palavras esdrúxulas, pretérito perfeito, condicional, mais que perfeito, etc. Afinal da sua boca saíam, não palavras, mas nomes feios que deviam obedecer a um sem número de regras, sem esquecer as intermináveis excepções. Como era possível que o que ele aprendera sem dificuldade, e era tão engraçado e útil, pudesse tornar-se em algo tão complicado e estranho? O nosso amigo agora tinha medo de falar, pois na certa ia dar um pontapé na gramática. A expressão oral tornara-se um território minado, com a senhora professora sempre à coca de um deslize. Isto faz lembrar o seguinte poema:

Uma centopeia vivia feliz  
Até que um sapo lhe disse, a brincar:  
"Com tantos pés para andar  
nunca te enganas, meu petiz?".  
Cheia de dúvida de tanto pensar  
Acabou a infeliz caindo,  
Sem saber como marchar.

Só depois de ter passado por um período de "aprendizagem" de mais de 7 anos é que ele começa a ter verdadeiro contacto com a ciência e a técnica. Mas atenção, nada de sujar as mãos! A ciência é uma coisa limpa, abstracta, já bem preparada e acondicionada, prontinha a decorar, desculpem, a aprender. Os laboratórios são muito caros, dá trabalho preparar uma experiência, e esta só gera confusão. É muito mais fácil abrir o livro e apresentar a verdade limpinha. Depois é só não se enganar nas fórmulas e resolver os exercícios onde se pede, por exemplo, para medir uma corrente eléctrica, quando nunca se usou um multímetro — mas isso é um pormenor.

Educar vem do latim e significa extrair. Educar é, pois, um processo de ajudar a extrair e desenvolver o que há dentro de nós. Educar não é impor um dado saber a alguém, como se tratasse de encher um pote vazio. No entanto, educa-se uma criança como quem doma um animal. Primeiro inibindo-lhe a sua energia e espontaneidade, usando um ensino formal e livresco, o mais afastado possível do mundo de maquinas onde reina a imaginação. Depois disso a criança fica pronta para engolir submissa e passiva (sem andar a partir coisas e sem pôr em causa o professor) os manuais escolares uns atrás dos outros. Irá seguir, desta forma, calmamente, até conseguir carregar a pesada sela do saber.

Não é de estranhar, pois, que o nosso país tenha um papel tão diminuto na ciência e que haja tão poucos cientistas portugueses. Também não devemos ficar surpreendidos com o desinteresse e a recusa dos alunos em aprenderem ciências e matemática. É de estranhar, sim, que, no final do ensino secundário, ainda haja jovens entusiasmados em seguir uma carreira científica.

O nosso amigo que queria saber como funcionava o rádio vai ter de esperar muito. Com sorte, se seguir uma carreira de engenharia, irá aprender como funciona o rádio daí a 10 ou 20 anos. Mas, nessa altura, para que serve isso? O entusiasmo morreu, em vez de pulos de alegria, limita-se quando muito a deixar escapar um "hum!". Em vez de voltar a abrir um rádio para ver se é mesmo assim, ou ele próprio tentar fazer um, pausa calmanente o manual sobre a mesa e liga a televisão. Fazer brincadeiras foi há muito tempo. Num tempo, que ele recorda com saudade, em que andava com a maluquice de tentar compreender o mundo.

Como afirmou um cientista famoso: "Um cientista é uma eterna criança que não cedeu ao convencionalismo da vida de adulto". Estou de acordo. Pena é que queiramos fazer adultos crianças que nunca o foram.

Chegámos, portanto, ao paradoxo de a escola ser a principal responsável pela perda de interesse dos alunos pela ciência.

*Armando Vieira*

[armandovieira@mail.telepac.pt](mailto:armandovieira@mail.telepac.pt)

(Universidade Lusófona de Ciências e Tecnologias, Lisboa)