

Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física

A CAÇA À PARTÍCULA DE HIGGS

DAS MINHAS MEMÓRIAS EM FÍSICA
NUCLEAR

H. Morinaga

“É PRECISO AUMENTAR O INTERESSE
PELA CIÊNCIA NA ESCOLA PRIMÁRIA

Entrevista com Hubert Reeves



DIRECTOR Carlos Fiolhais
EDITOR Carlos Pessoa

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

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO

Fábio Rocha, Fernando Nogueira, Florbela Meireles,
Guilherme de Almeida, Gustavo Castelo Branco,
H. Morinaga, Hubert Reeves, João da Providência, João
Pequenão, José António Paixão, Manuel Fiolhais,
Pedro Teixeira Dias, Helena Caldeira, Rui Medeiros Silva.

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

DESIGN

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

PRÉ-IMPRESSÃO E IMPRESSÃO

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

TIRAGEM 2500 exemplares

PREÇOS Número avulso 800\$00 (inclui IVA), ou 4 Euros.
Assinatura anual 3000\$00 (inclui IVA) ou 15 Euros.
A assinatura é grátis para os sócios da SPF.

PROPRIEDADE DA SOCIEDADE PORTUGUESA
DE FÍSICA

ADMINISTRAÇÃO E REDACÇÃO Avenida
da República 37-4º 1050-187 Lisboa Tel 217
993 665 Fax 217 952 349

ISSN 0396-3561

REGISTO DGCS nº 107280 de 13.05.80

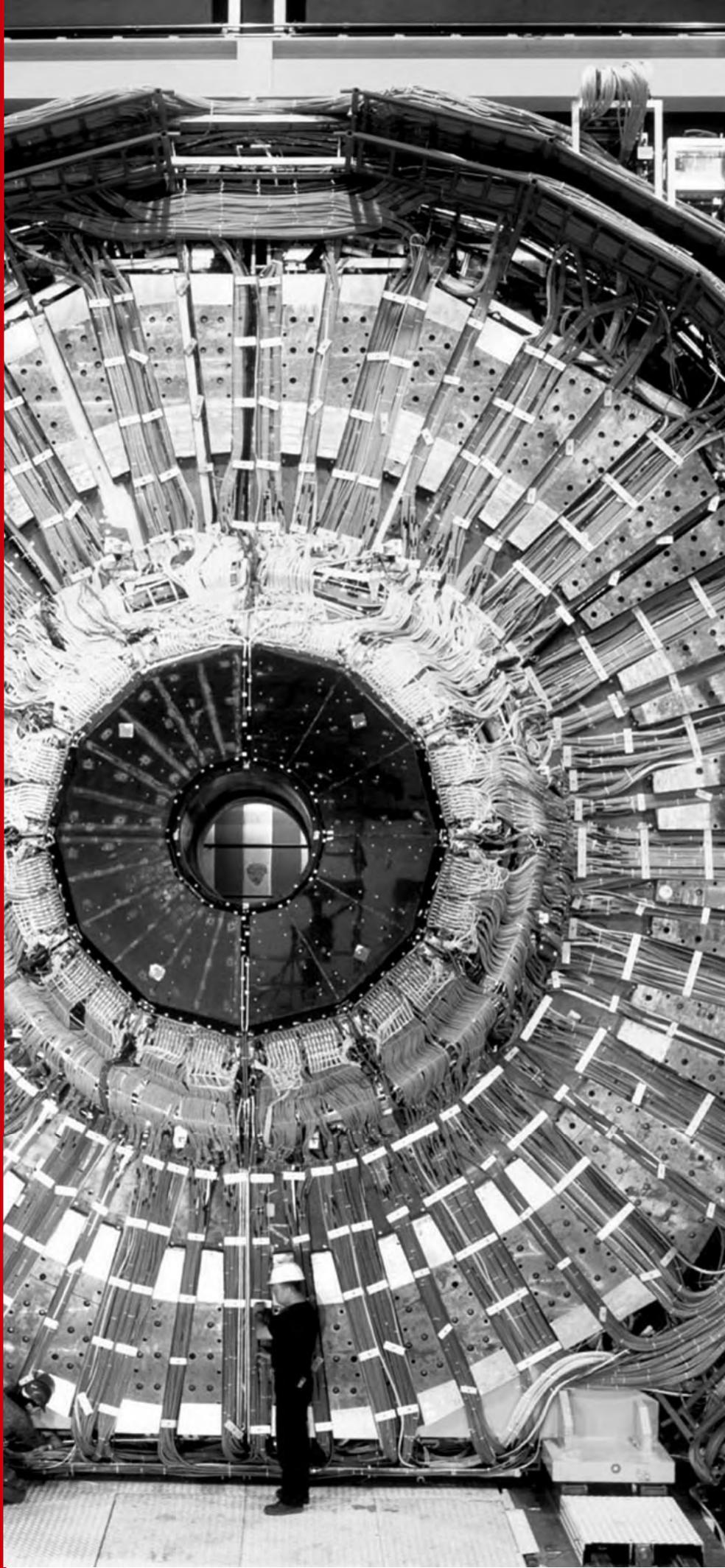
DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91

PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA pela Fundação para a
Ciência e Tecnologia do Ministério da Ciência e Tecnologia

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

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



UMA "GAZETA" INTERNACIONAL

Dois artigos assinados por autores no estrangeiros — o japonês H.MORINAGA, professor em Munique, e o português PEDRO TEIXEIRA DIAS, professor em Londres — são publicados nesta edição da "Gazeta". É caso para concluir, sem falsas modéstias, que a nossa revista está cada vez mais internacional...

Alguns poderão dizer que a revista mais não faz do que aquilo que se espera dela — ser capaz de acompanhar o ritmo dos tempos, deslocando-se a favor da irreversível globalização de que toda a gente agora fala. A verdade é que, no domínio da ciência, a abertura ao mundo — e o derrubar de fronteiras que isso implica — não é um fenómeno de agora. Ou seja, a dimensão universal da ciência e do seu ensino não é uma moda passageira que importaria cultivar com diletantismo para não parecer ultrapassado.

A seu modo e à medida das suas possibilidades e recursos, a "Gazeta" tem procurado estar atenta ao que se passa não só no país como em todo o mundo. Nesse esforço cabe, nomeadamente, a publicação de artigos como os que se incluem nesta edição, a par de uma entrevista com o astrofísico canadiano HUBERT REEVES, que esteve uma vez mais em Portugal. Mas, como nem só de grandes nomes vive uma publicação, permitimo-nos chamar a atenção dos leitores para a conquista da PRIMEIRA MEDALHA PORTUGUESA nas Olimpíadas de Física por um jovem estudante de Braga. É, a todos os títulos, uma proeza que merece ser realçada!

Além das habituais secções que compõem a "Gazeta", cumpre-nos sublinhar também, com satisfação, a continuada colaboração dos leitores na vida da revista, bem ilustrada pelas cartas que publicamos nesta edição. E o mesmo se pode dizer a respeito das ideias expressas no artigo de opinião de Guilherme de Almeida com que encerra este número.

Regressamos no final do ano. Até lá, boa leitura!

ÍNDICE

ARTIGOS

A CAÇA À PARTÍCULA DE HIGGS 4

Pedro Teixeira Dias

DAS MINHAS MEMÓRIAS EM FÍSICA NUCLEAR 10

H. Morinaga

ENTREVISTA

"É PRECISO AUMENTAR O INTERESSE PELA CIÊNCIA 18

NA ESCOLA PRIMÁRIA"

Entrevista com Hubert Reeves, astrofísico canadiano

Carlos Pessoa e Carlos Fiolhais

NOTÍCIAS

FÍSICA EM PORTUGAL 22

FÍSICA NO MUNDO 28

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA 32

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 34

LIVROS E MULTIMÉDIA 38

CARTAS DOS LEITORES 43

OPINIÃO 47

A procura da partícula de Higgs tem sido um dos tópicos mais activamente perseguidos pelos físicos de partículas. O ano 2000 foi bastante excitante no LEP, o grande acelerador de partículas do CERN. Os detectores recolheram o que poderá ser o primeiro sinal da tão procurada partícula.

A CAÇA À PARTÍCULA

O grande colisionador electrão-positrão do laboratório europeu para a física de partículas (CERN) entrou em funcionamento em Agosto de 1989 (ver Figs. 1 e 2). Entre 1989 e 1995 o LEP ('Large Electron Positron Collider') operou como uma fábrica de produção de Zs. A partícula Z é uma das partículas que transmite a força electrofraca (as outras são o fóton e as partículas W^+ e W^-). Durante esta primeira fase do programa do LEP (denominada LEP1) a energia das colisões e^+e^- era 91,2 GeV, a energia exacta necessária para produzir um Z. Um breve instante após a sua criação, a partícula Z desintegra-se em partículas mais leves (quarks, leptões carregados ou neutrinos). Os produtos deste decaimento são observados no detector que circunda o ponto da colisão (Fig. 3). Durante o LEP1 os quatro detectores do LEP registaram um total de cerca de 20 milhões de eventos deste tipo. Esta colheita de dados permitiu testar o "modelo padrão" da física de partículas a um nível de precisão sem precedente. Para citar apenas um resultado: o LEP demonstrou que apenas existem três famílias de quarks e leptões, as partículas fundamentais.

A ÚLTIMA PEÇA DO PUZZLE?

O modelo padrão das partículas elementares é o modelo matemático que descreve as interacções relevantes ao nível subatómico: a força electrofraca (a unificação do electromagnetismo e da força nuclear fraca) e a força forte. As partículas elementares subdividem-se em

LA DE HIGGS

fermiões (os quarks e leptões, com spin 1/2; ver Tab. 1) e os bósons (de spin inteiro, tal como o W e o Z).

leptões		quarks	
e^-	ν_e	d	u
μ^-	ν_μ	s	c
τ^-	ν_τ	b	t

Tab. 1. Cada uma das três famílias de fermiões elementares é composta por dois leptões e dois quarks. Os símbolos para os quarks correspondem aos nomes "down", "up", "strange", "charm", "bottom" e "top". Cada uma destas partículas elementares tem uma anti-partícula correspondente.

O modelo padrão tem tido um sucesso tremendo na medida em que é capaz de explicar os resultados experimentais obtidos até à data (excepto um resultado recente, o momento dipolar magnético do muão).

Um dos grandes problemas da física de partículas é o chamado problema da massa: *a priori*, a teoria indica que todas as partículas elementares têm que ter massa nula, em contraste evidente com as observações. (O exemplo mais gritante é o quark top, descoberto em 1995, que tem uma massa superior à massa de um átomo de ouro!)



Fig.1. Fotografia aérea da região de Genebra junto à fronteira franco-suíça, onde está instalado o CERN. Os círculos brancos indicam a posição dos dois aceleradores subterrâneos: o SPS (onde foram descobertos os bósons W, em 1983) e o LEP que, com 27 km de comprimento, é o maior instrumento científico do mundo. O CERN é a área edificada junto à intersecção dos dois anéis. O aeroporto é visível em baixo à esquerda.

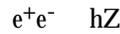
O físico escocês Peter Higgs demonstrou que é possível explicar a massa das partículas elementares se se adicionar um novo campo (o campo de Higgs) à teoria. Por via da sua interacção com este campo, as outras partículas elementares adquirem uma massa não nula. Uma consequência inevitável deste mecanismo, é a existência de uma nova partícula, a partícula de Higgs. Esta é a única partícula elementar que ainda não foi firmemente descoberta até à data. Só a sua observação directa poderá confirmar definitivamente a explicação do problema da massa.

O modelo padrão prevê praticamente todas as propriedades da partícula de Higgs: é uma partícula neutra, um bosão escalar (i.e., de spin 0). A intensidade das suas interacções com todas as outras partículas elementares é também determinada pelo modelo. Há um senão, porém: a massa da partícula de Higgs propriamente dita não é prevista pelo modelo padrão tendo que ser determinada experimentalmente.

O LEP foi o primeiro acelerador onde foi possível efectuar a procura sistemática do bosão de Higgs. As procuras efectuadas durante o LEP1 não revelaram qualquer evidência de produção de partículas de Higgs na região de massa entre 0 e 65 GeV / c². Para poder investigar a existência do bosão de Higgs com massa superior a 65 GeV / c² tornou-se necessário aumentar a energia das colisões no LEP.

MANUAL DE CAÇA

No LEP, o processo dominante de produção de eventuais partículas de Higgs é



em que o bosão de Higgs é produzido em associação com um bosão Z. Quanto mais pesada for a partícula de Higgs, mais energéticas terão que ser as colisões para a produzir ($E=mc^2$). De facto, entre 1996 e 2000, O LEP entrou numa nova fase (LEP2) em que a prioridade foi a procura da partícula de Higgs. Todos os anos o acelerador operou a energias cada vez mais altas, tendo excedido mesmo as expectativas mais optimistas. Em 2000 o acelerador foi operado no limiar das suas capacidades, tendo havido colisões a 208 GeV. A esta energia é possível produzir uma partícula de Higgs, em associação com um Z, com uma massa até cerca de 117 GeV / c².

Tanto o h como o Z são instáveis e uma vez produzidos numa colisão decaem em partículas mais leves. A partícula de Higgs decai predominantemente num par quark-antiquark do tipo b. Menos frequentemente, poderá também decair num par de leptões τ :

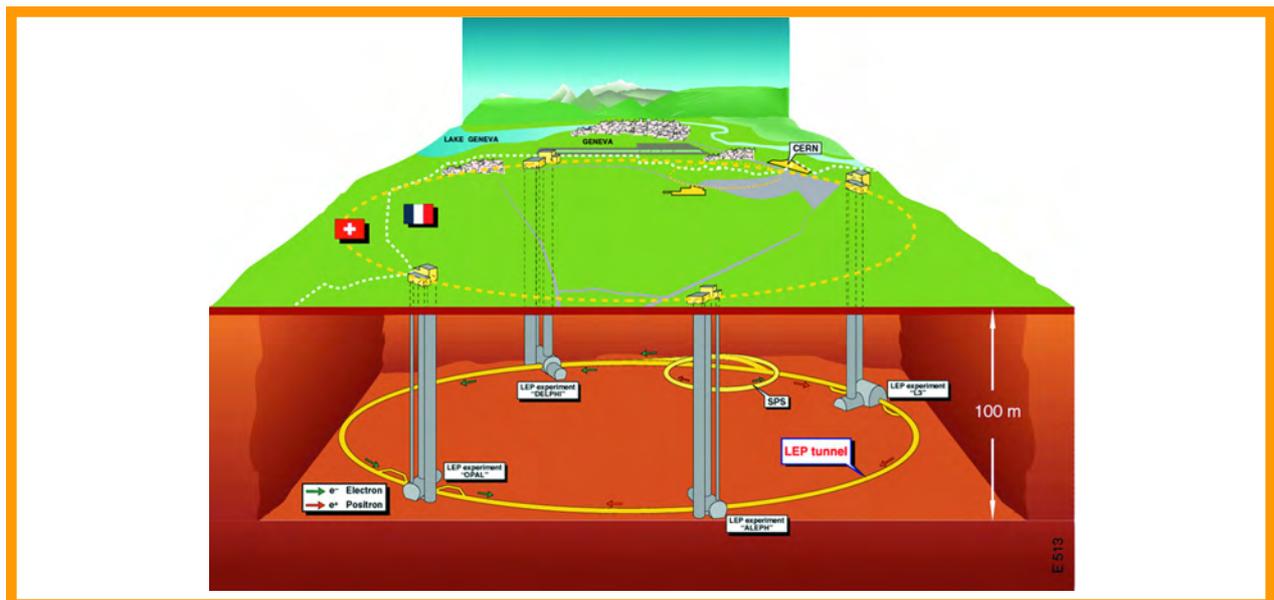
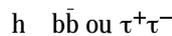


Fig.2. O LEP está a cerca de 100 m de profundidade. Os feixes de electrões (e⁻) e de positrões (e⁺) circulam em sentidos opostos, acelerados por fortes campos eléctricos. A condução dos feixes ao longo do anel é feita com magnetes dipolares. Em apenas quatro pontos do anel, os feixes cruzam-se para permitir as colisões. Em cada um dos pontos de colisão está instalado um detector: ALEPH, DELPHI, L3 e OPAL.

Dada a importância dos quarks b no decaimento do Higgs, três dos quatro detectores do LEP foram melhorados antes do início do LEP2, com vista a permitir uma melhor identificação de eventos contendo quarks deste tipo.

Por outro lado, o Z pode decair num par quark-anti-quark (do tipo u, d, s, c ou b), num par de neutrinos ou num par de leptões carregados (e^+e^- , $\mu^+\mu^-$ ou $\tau^+\tau^-$):

$$Z \rightarrow q\bar{q} \text{ ou } \nu\bar{\nu} \text{ ou } \ell^+\ell^-$$

Os quarks não são directamente observáveis: quando produzidos numa colisão rapidamente se multiplicam e convertem em jactos de partículas hadrónicas (constituídas por pares ou tripletos de quarks).

A Fig. 4 ilustra os vários tipos de eventos hZ consoante o modo de decaimento do h e do Z.

No caso de produção de eventos com um Higgs, espera-se que os eventos de quatro jactos sejam os mais frequentes, seguidos por (em ordem decrescente de importância) eventos com neutrinos, eventos com leptões e^+e^- e eventos com um par e^+e^- ou $\mu^+\mu^-$.

Ao longo dos anos, os físicos das quatro experiências que se ocupam da caça ao Higgs desenvolveram algoritmos que permitem seleccionar eventos consistentes com a produção de partículas Higgs (o "sinal") e que, ao mesmo tempo, minimizam a probabilidade de seleccionar eventos chamados de "ruído". Estes últimos são eventos que não envolvem criação de uma partícula de Higgs. Por exemplo, a reacção $e^+e^- \rightarrow Z\gamma$ (que é cerca de 10 vezes mais provável que a reacção $e^+e^- \rightarrow h$) pode resultar em eventos parcialmente semelhantes aos eventos de sinal, dependendo do modo de decaimento dos dois Zs produzidos.

○ "SPRINT" FINAL

Entre 1996 e 1999, a procura do bóson de Higgs no LEP2 revelou-se infrutífera. A possibilidade da partícula de Higgs ter uma massa inferior a 108 GeV foi excluída experimentalmente.

O ano 2000 era o último ano do programa do LEP, antes do seu desmantelamento para dar lugar ao LHC ("Large Hadron Collider"), o novo acelerador do CERN que irá

ser instalado no túnel do LEP. O objectivo para o LEP era claramente atingir a mais alta energia de colisão possível e a quantidade de dados acumulados, de modo a maximizar a probabilidade de descobrir o bóson de Higgs neste "sprint" final.

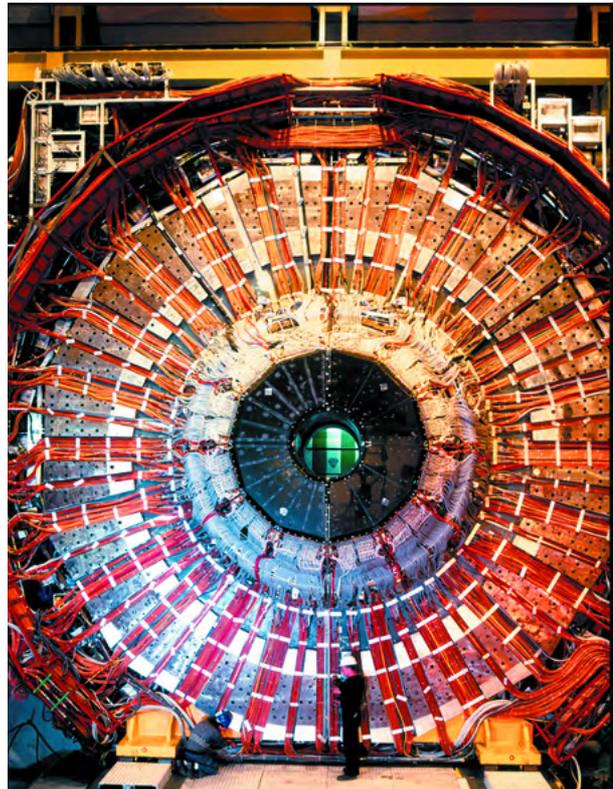


Fig.3. Fotografia de DELPHI, um dos quatro detectores do LEP. Os quatro detectores têm todos geometria cilíndrica (~ 20 m de comprimento x ~ 10 m de diâmetro). Cada detector é na realidade um conjunto de vários sub-sistemas de detecção de partículas. De um modo geral, a zona central contém câmaras de traços para reconstruir a trajectória das partículas carregadas e medir a sua quantidade de movimento. A rodear estes detectores estão os calorímetros electro-magnético e hadrónico, para medir a energia das partículas que os atravessam. Partículas de tipos diferentes provocam respostas diferentes nos diversos sub-detectores, sendo assim distinguidas.

As primeiras colisões, no início de Abril, foram a uma energia de 202 GeV. Num período de 2-3 semanas, os físicos e engenheiros que operavam o LEP foram batendo toda uma série de recordes, e conseguiram operar o LEP a energias de colisão de cerca de 206,5 GeV. À medida que as quatro experiências acumulavam dados a esta energia deu-se o primeiro indicio de que o bóson de Higgs podia estar ao alcance do LEP: em 14 de Junho o detector ALEPH registou um evento com quatro jactos hadrónicos (Fig. 5) que suscitou bastante interesse dada a sua elevada compatibilidade com a hipótese do sinal e baixa compatibilidade com a hipótese de ser devido a ruído.

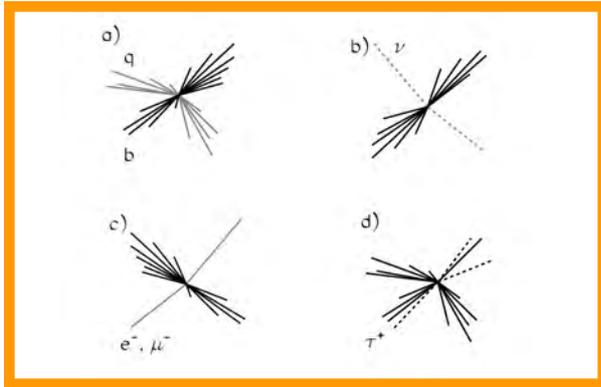


Fig. 4. Os vários tipos de evento hZ .

- (a) Evento com quatro jactos hadrônicos: quando o h e o Z decaem em quarks. Os quarks não são visíveis directamente no detector, mas produzem jactos hadrônicos na direcção do quark inicial.
- (b) Evento com déficit de energia: quando o Z decai em neutrinos. Os neutrinos têm interacções extremamente fracas com toda a matéria; portanto, atravessam o detector sem deixar rasto e a sua energia não é observada no detector.
- (c) Quando o Z decai num par e^+e^- ou $\mu^-\mu^+$.
- (d) Quando o h ou o Z decaem num par $\tau^+\tau^-$. Os leptões são instáveis e decaem num electrão ou muão e dois neutrinos, ou em hadrões e um neutrino.

Nos meses que se seguiram, outros eventos consistentes com a produção da partícula de Higgs foram registados pelos detectores no LEP. No dia 5 de Setembro os resultados das quatro experiências foram apresentados no maior auditório do CERN, que transbordava de gente. A evidência até aí acumulada sugeria que a massa da partícula de Higgs seria próxima de $115 \text{ GeV} / c^2$. O final do LEP estava programado para 11 de Setembro mas, com base nestes resultados, foi decidido prolongar a recolha de dados até 2 de Novembro para permitir aumentar o grau de confiança no eventual sinal.

Durante o período de extensão foram observados mais alguns eventos compatíveis com o sinal. A Fig. 6 mostra um evento com déficit de energia, registado em Outubro pelo detector L3. O déficit de energia e de quantidade de momento observados neste evento são consistentes com $Z \rightarrow \nu\bar{\nu}$ e os jactos hadrônicos são consistentes com um decaimento $h \rightarrow b\bar{b}$.

No dia 3 de Novembro, após o LEP ter sido "desligado", os novos resultados foram apresentados. Os valores, ainda preliminares, corroboraram os anteriores: os dados das quatro experiências do LEP são consistentes com a produção do bóson de Higgs com uma massa de $115 \text{ GeV}/c^2$.

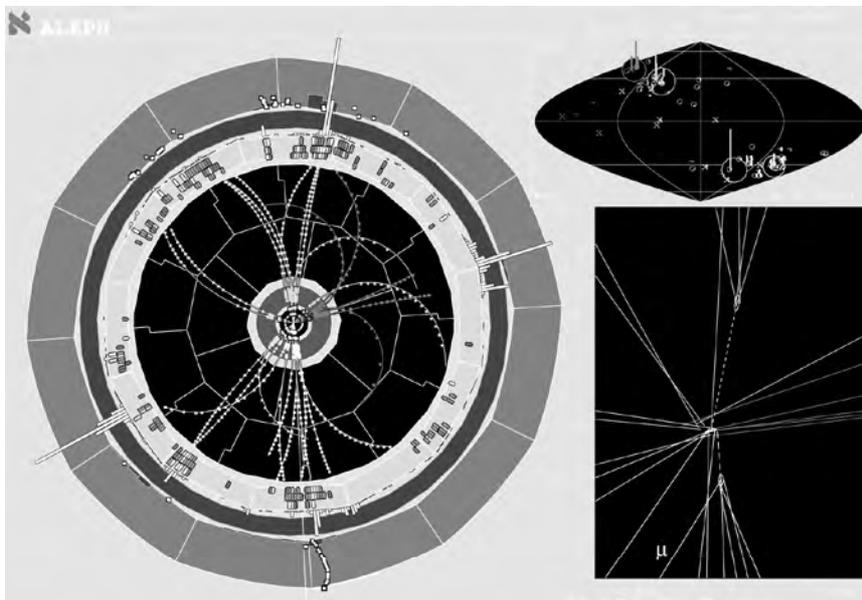


Fig.5. Um dos eventos com quatro jactos hadrônicos escolhido pela colaboração ALEPH pelo algoritmo de selecção de eventos $hZ \rightarrow b\bar{b}q\bar{q}$. No lado esquerdo: corte transversal através do detector. Nesta projecção, os feixes de electrões e de positrões viajam num eixo perpendicular à página e colidem no centro do detector. Os quatro jactos (indicados a vermelho, azul, verde e amarelo) são claramente visíveis na câmara de traços (a preto). Lado direito, em baixo: zoom ($-2 \text{ cm} \times -0,6 \text{ cm}$) sobre a região onde ocorreu a colisão e^+e^- , no centro do detector. É possível ver nos jactos hadrônicos a verde e a amarelo que há várias partículas que não emanam do ponto onde se deu a colisão. Isto é a indicação clara de que em ambos estes jactos se formou uma partícula B , que contém um quark b ou \bar{b} . Estas partículas têm um tempo de vida pequeno: tipicamente decaem após terem voado apenas alguns milímetros (ver tracejado branco). Da análise deste evento reconstruiu-se que a massa da partícula de Higgs seria $114,4 \text{ GeV} / c^2$.

Esta apreciação resulta da comparação entre as previsões do modelo e os resultados observados experimentalmente, no que diz respeito ao número de eventos observados, à distribuição de massa dos candidatos Higgs e à consistência com a produção de quarks b . Alternativamente, os resultados observados podem ser devidos a uma rara (mas não impossível) flutuação estatística dos processos de fundo. A probabilidade de ser este o caso é de cerca de 1 para 250.

TERRA À VISTA?

Terra à vista? Ou apenas nuvens no horizonte?
Para validar a descoberta de uma nova partícula, aquela probabilidade tem que ser reduzida a menos de 1 para 1 000 000. Para atingir este grau de confiança no sinal

ou estabelecer conclusivamente que se trata de uma flutuação, teria sido necessário que o LEP voltasse a operar por mais 6 meses em 2001. Após agitadas deliberações durante o mês de Novembro o CERN decidiu não optar por esta alternativa, para não comprometer o LHC, o colisionador prótão-prótão que atingirá energias de colisão muito superiores ao LEP e que deverá estar pronto para recomeçar a caça ao Higgs em 2006. Até lá o testemunho está nas mãos do Fermilab, o laboratório de Chicago onde o renovado TeVatron (colisionador prótão-antiprótão) retomou esta Primavera a sua exploração. Estas máquinas são bastante mais complicadas e difíceis de operar do que o LEP, e terão que recolher dados durante vários anos para esclarecer a existência do bosão de Higgs.

Por mares nunca dantes navegados... a descoberta continua!

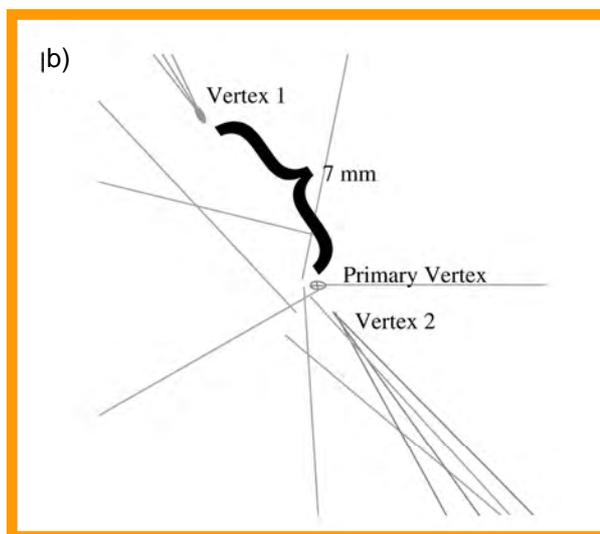
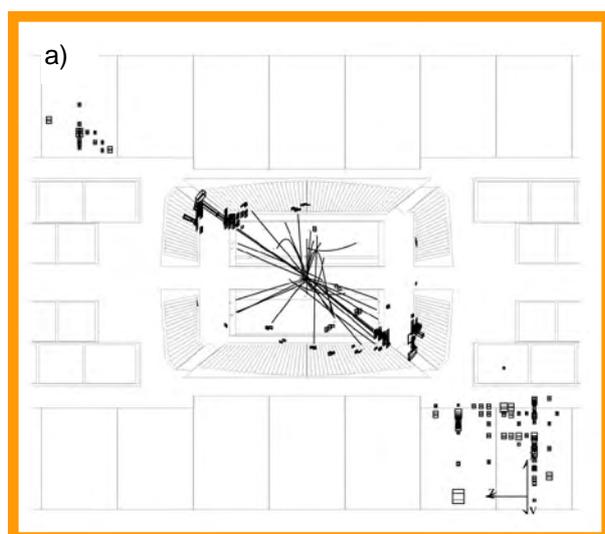


Fig.6. Um evento com dois jactos hadrônicos e déficit de energia, seleccionado pela colaboração L3, compatível com o processo $hZ \rightarrow b\bar{b} \nu\bar{\nu}$
(a) Corte longitudinal do detector, com os dois jactos hadrônicos visíveis na diagonal. Os feixes e^+ e e^- circulam ao longo da linha horizontal que divide a figura ao meio.
(b) Zoom sobre a zona em torno do ponto de colisão (o "vértice primário") mostrando os vértices separados do vértice primário, que indicam que os jactos observados terão sido produzidos por um par de quarks $b\bar{b}$, tal como se espera do decaimento da partícula de Higgs.

POST SCRIPTUM

A experiência L3 fez entretanto uma revisão da sua análise de dados e agora desvalorizam o candidato "dourado" que tinham. Quando os resultados das quatro experiências são combinados (incluindo os resultados novos da tal experiência L3) o excesso do LEP baixa de 2,9 sigma para 2 sigma. (Estes resultados ainda não são finais, excepto no que diz respeito a L3, mas já não espero grandes alterações por parte das outras experiências). A experiência ALEPH continua a ter os três eventos "dourados", e tem um excesso da ordem de 3 sigma.



DAS MINHAS MEMÓ NUCLEAR

Qual foi o percurso de um notável físico nuclear japonês, visto sob o prisma dele próprio? É essa cronologia auto-comentada, referente ao período central da sua vida, que a seguir se reproduz.

Olhando para o meu passado noto uma tendência que está esquematizada na Fig. 1. Na escola primária temos de aprender de tudo. Claro que só um pouco, e coisas básicas. Perto do fim do ensino secundário escolhemos a direcção dos estudos posteriores, nomeadamente ciências ou humanidades. Na universidade a especialização é ainda maior. Por exemplo, escolhemos Física. No fim dos estudos universitários, ficamos ainda mais especializados, por exemplo, em Física Nuclear. Mais tarde passamos a envolver-nos num tópico restrito de Física Nuclear, como espectroscopia nuclear. A meio da nossa carreira académica tornamo-nos peritos em espectroscopia nuclear de núcleos deformados. Organizamos uma conferência internacional sobre espectroscopia nuclear de núcleos deformados na região das terras raras. Agora supervisionamos estudantes. Não podemos dar o mesmo problema a todos os estudantes do nosso pequeno grupo. Assim, um investiga núcleos deformados na região leve, outro na região da nossa própria especialidade, nomeadamente núcleos deformados das terras raras, e o último na região dos actínídeos. Alguns anos mais tarde tornamo-nos director do Departamento de Física. Agora pertencemos ao júris nos exames dos estudantes dos colegas. Assim, temos de aprender um pouco de Física do Estado Sólido. O próximo passo é sermos presidente da Faculdade de

H. Morinaga distinguiu-se no panorama científico recente por trabalhos pioneiros de pesquisa experimental das propriedades do núcleo atómico, em particular de estados de spin elevado. A sua brilhante carreira académica culminou com o honroso convite que a Universidade Técnica de Munique lhe dirigiu em 1968 para ocupar uma das prestigiadas cátedras recém-criadas no Departamento de Física por ocasião do regresso de Mössbauer dos Estados Unidos à Alemanha. Apesar de à data ocupar na Universidade de Tóquio uma cátedra muito conceituada onde estava rodeado de jovens colaboradores, aceitou o convite da universidade alemã por três motivos. Em primeiro lugar, porque a nova cátedra que lhe era oferecida estava associado um quadro académico numeroso e de excelente qualidade. Além disso, porque o orçamento de investigação era extremamente atraente. Finalmente, porque ali ficaria mais próximo dos grandes centros de investigação mundiais.

Morinaga é um notável exemplo, não só de dedicação abnegada e profícua à causa da ciência, mas também de talento em reconhecer e aproveitar as circunstâncias propícias a uma actividade fértil.

JOÃO DA PROVIDÊNCIA

Departamento de Física da Universidade de Coimbra
providencia@teor.fis.uc.pt

H.MORINAGA

Universidade Técnica de Munique, Garching, Alemanha
Prinz-Ludwig Str. 28, 85354 Freising, Alemanha

(Tradução do inglês por Constança Providência)

RIAS EM FÍSICA

Ciências. Temos de nos envolver nas decisões políticas da Faculdade. Então os conhecimentos que obtivemos na escola secundária começam a ser úteis e interessantes. Se, entretanto, nos tornarmos Reitor da Universidade ou Ministro da Educação, teremos de inaugurar uma prova de atletismo e não teremos tempo para comparecer num encontro temático de espectroscopia nuclear organizado pelo nosso estudante. Esta é a vida típica de um cientista com sucesso.

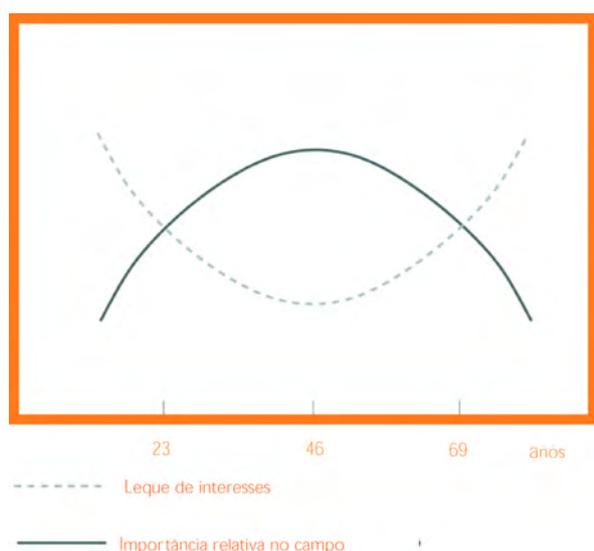


Fig.1 . Simetria em torno do ponto médio da vida, que no meu caso, foi a idade de 46 anos

Se admitirmos este quadro, notamos que apresenta simetria relativamente a um ponto médio que, no meu caso, foi a idade de 46 anos.

Alguns dos meus colegas reconhecem a mesma tendência. Deve, portanto, existir nela uma certa generalidade. Vou apresentar as minhas memórias do segundo período da minha vida, isto é, dos 23 aos 46 anos.

DESCRIÇÃO CRONOLÓGICA

1945

Preparação em Física Nuclear no Japão assolado pela guerra.

Abril-Agosto Como trabalhador-estudante no Laboratório Naval de Radar dediquei-me ao problema da operação paralela de magnetrons. Fiz um relatório de um fenómeno interessante que observei durante o meu seminário interno. Perante as minhas dificuldades em responder a questões sobre o fenómeno, o fisico sénior Tomonaya, que era consultor do laboratório, explicou o fenómeno, observando que *lidamos com este tipo de problemas todos os dias em mecânica quântica*. Era o problema da repulsão de níveis de energia (frequência de oscilação). Foi o meu primeiro encontro com a física concreta.



6 e 9 de Agosto: Bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki.

15 de Agosto: Termina a Segunda Guerra Mundial.

Outubro: Recomeça o ensino universitário. Estudei mais um ano e entrei no laboratório do Prof. Sagane, um dos discípulos de E. O. Lawrence de Berkeley, o inventor do ciclotrão.

1946

Sagane observou na sua lição de Física Nuclear: *A existência de linhas espectrais no espectro de energia do decaimento a indica-nos que os núcleos têm estruturas*

semelhantes às atômicas. No entanto, devido aos conhecimentos ainda reduzidos é impossível interpretar o espectro nuclear.

Outubro: Tendo terminado os meus estudos universitários, Sagane ofereceu-me um lugar modesto no seu laboratório. A remuneração mensal correspondia a 23 ovos no mercado negro

1947-1948

Sagane ofereceu-me um lugar regular muito precioso como assistente, na condição de eu não trabalhar para escrever artigos, mas basicamente estudar a física dos aceleradores a fim de preparar o futuro estabelecimento da Física Nuclear no Japão, usando, em particular, a técnica da frequência de rádio que tinha dado um grande salto durante a guerra. Um tipo de cavidade ressonante que concebi durante este período, a chamada estrutura IH, foi realizada como tandem pós-acelerador 25 anos depois pelo nosso grupo em Munique e é agora utilizado tanto no GSI em Darmstadt como no CERN para acelerar iões muito pesados.

1948

Aparece o modelo em camadas de Meyer-Jensen.

1949

Sagane deixa o Japão para os EUA.

1951

Obtive uma bolsa do Instituto Internacional de Educação (o presidente era Eisenhower) para estudar no Colégio Estatal de Iowa, em Ames Iowa. Durante o primeiro ano trabalhei para W. F. Fry e olhei para emulsões nucleares irradiadas por mesões μ muito lentos do ciclotrão de Chicago. Observei 23 000 trajectórias de mesão μ^- e examinei o que acontecia. Foi maravilhoso observar todas aquelas placas nucleares. No microscópio via-se todo o mundo nuclear, com difusão, recuo, explosão, sujidade, etc.

1952

É publicado o livro de Blatt e Weisskopf. Foi-me oferecido um lugar de professor assistente para trabalhar em Iowa. Tinha que escolher entre:

1) trabalhar em física dos mesões (física de altas energias), onde, sabíamos que o tema vinha de Fermi;

2) juntar-me ao grupo de sincrotrão no local.

Escolhi a segunda hipótese. Nesta altura já tinha recuperado do choque cultural e das dificuldades com a língua. Fiz alguns amigos que me deixaram profunda impressão. Entre eles, não quero deixar de referir Sven Johansson, que inventou o método PIXE e se tornou presidente da Academia de Ciências Sueca, e Lu Teng-Hui, Presidente de Taiwan.

1953

Mantive-me em Iowa. Numa atmosfera muito amigável pude pensar e experimentar muitas das minhas ideias no laboratório do sincrotrão. Por exemplo a procura de um isómero esperado no alumínio, a busca do magnésio 28, etc. Nenhuma das minhas ideias funcionou. A razão era muito simples. Eu estava pouco maduro!

EM DIRECÇÃO ÀS FRONTEIRAS DA FÍSICA NUCLEAR

1954

Mudei-me para a Universidade de Purdue (Lafayette, Indiana).



Universidade de Purdue

O Departamento de Física do Prof. Lark-Horovitz era muito internacional. Ele próprio era vienense e 11 dos 23 membros seniores da sua equipa eram estrangeiros. O Prof. Belinfante, de origem portuguesa (ver nota no fim), foi uma das personalidades mais agradáveis. Ele estava a lutar contra o "referee" da Physical Review insistindo no título "O modelo de queijo suíço do Universo". Se hoje aceitamos as modernas evidências de buracos negros no céu, penso que o nome era muito apropriado.

Para mim, pessoalmente, o mais importante foi a presença de dois excelentes físicos nucleares no Departamento. Um foi o Prof. Ernst Bleuler do ETH, Zurique, um físico experimental extraordinário e responsável pelo velho ciclotrão. O outro foi o Prof. D. C. Peasler, um teórico-experimental simpático, cuja tese de doutoramento constitui a maior parte do livro de Blatt e Weisskopf. A sua simpatia pode ser depreendida do comentário que me dirigiu: *Os experimentalistas têm o direito de propor qualquer interpretação dos seus próprios resultados experimentais, assim como os teóricos de escrever teorias. Ambos, no entanto, apenas quando se fundamentam no enquadramento básico.* Assim, com as suas sugestões críticas, escrevi vários artigos importantes tanto experimentais como teóricos. Eles trataram o efeito do isospin nos rendimentos foto-nucleares (o critério dinâmico da conservação de isospin na reacção nuclear $\{1\}$); interpretação de alguns dos estados excitados em núcleos $4n$ auto-conjugados (possíveis estruturas lineares em cadeia no carbono 12, oxigénio 16, etc. [1]), reacções α , γ (resultados experimentais e sua possível interpretação supondo que, entre os estados de baixa energia do núcleo, há um que corresponde à ressonância dipolar gigante). Também identifiquei quatro novos isótopos usando o feixe de ciclotrão: escândio 42 e 50, cloro 40 e gálio 74. Foram fornecidas as partes principais do esquema de decaimento de cada um. Orgulho-me do facto de as meias vidas destes isótopos, que eu determinei pela primeira vez com um equipamento relativamente primitivo, não serem muito diferentes das medições modernas bem posteriores. Tudo porque nesse tempo éramos muito mais cuidadosos a publicar os nossos resultados.

O seminário conjunto com os físicos nucleares da Universidade de Indiana em Bloomington, Indiana, que se realizava alternadamente em Lafayette e em Bloomington, teve uma grande influência em mim. Precisamente quando fui para Purdue, trabalhava lá um grupo de excelentes jovens teóricos nucleares como Konopinski, Brueckner, Watson, Ford, Levinson, Francis e Eden. Isto aconteceu realmente por pouco tempo porque em breve tiveram de partir. Mas, durante este período muito curto, produzi-

ram-se muitos artigos notáveis.

Para mim o essencial foram os seminários de Levinson. A história foi publicada na "Physical Review" em três partes. Eles atribuíram os estados conhecidos do cálcio 41 de menor energia aos estados de partícula independente $1f_{7/2}$, $2p_{3/2}$, $1f_{5/2}$ e $2p_{1/2}$. De seguida, obtiveram o potencial de partícula independente e a intensidade da interacção spin-órbita. Aos quatro estados mais baixos do cálcio 42 foram atribuídos os spin 0^+ - 2^+ - 4^+ - 6^+ da configuração $1f^2_{7/2}(n)$ e foram determinadas as forças efectivas entre dois neutrões. Depois, supondo que não existem forças de três corpos, o que provavelmente é bastante realista, calcularam o espectro teórico do cálcio 43. O ajuste aos dados experimentais era bom até cerca de 1 keV. Isto para mim foi terrivelmente excitante. Menos de 10 anos antes tinha ouvido a lição impressionante do Prof. Sagane. Agora era possível interpretar os espectros nucleares experimentais qualitativamente! Esta euforia não podia durar muito. Quase imediatamente depois descobriu-se que o espectro do cálcio 43 estava errado.

RUMO À EUROPA

1956

Através dos contactos com Sven Johansson e os físicos europeus em Purdue, especialmente Ernst Bleuler, quis visitar a Europa antes de voltar para o Japão. No início de 1956, Johansson arranhou-me um lugar de investigador na Universidade de Lund. Havia lá um pequeno sincrotrão e um gerador van de Graaff para as experiências de Física Nuclear. Uma grande vantagem de estar em Lund era que a Meca da Física Nuclear, o Instituto Niels Bohr (naquela altura chamava-se Instituto de Física Teórica) em Copenhaga podia ser alcançada em menos de três horas. O colóquio de sexta-feira ainda era aberto por Niels Bohr e criava-se sempre uma discussão muito viva, com a participação de Aage Bohr e Ben Mottelson.

No meu caminho para a Europa, parei em Nova Iorque e visitei a senhora Wu em Columbia. Nessa altura estava preocupado com o meu esquema de decaimento do escândio 50. Esperava-se da regra de Nordheim que o estado fundamental tivesse um spin elevado, mas a natureza da cascata observada parecia-se com a cascata 6^+ - 4^+ - 2^+ - 0^+ da configuração $1f^2_{7/2}(p)$. Era bastante diferente da sequência $1f^2_{7/2}(n)$ do cálcio utilizado por Levinson e Ford. Porque seria a configuração $1f^2_{7/2}(p)$ tão diferente da configuração $1f^2_{7/2}(n)$? Já tinha feito esta pergunta a uma dúzia de físicos nucleares sem ter obtido nenhuma resposta convincente. A senhora Wu, no entanto, disse-me que o espectro de energia do cálcio 42



A Pequena Sereia de Copenhaga

poderia estar errado e devia ser reexaminado.

A vida em Lund foi um novo choque cultural apesar de não ser tão grande como o primeiro. Do ponto de vista académico, as autoridades em Copenhaga impediam-me de ter um pensamento original e independente. Em resultado disso praticamente não escrevi nenhum artigo. Mas aprendi muito. Em especial, aprendi muito com Sven Goesta Nilsson, com quem apanhava o barco para as sextas-feiras em Copenhaga. O facto de me familiarizar com todos os aspectos do modelo de Nilsson ajudou muito a minha carreira de físico nuclear.

REGRESSO AO JAPÃO

1957

Obtive um lugar na Universidade de Tóquio em Sendai, a cidade central do Nordeste do Japão, onde um betatrão de 25 MeV estava prestes a funcionar. Também, pouco depois, um excelente ciclotrão começou a funcionar no Instituto de Estudos Nucleares administrado pela Universidade de Tóquio, que ficou acessível a todos os cientistas nucleares. Aproximadamente no mesmo período ficou pronto o primeiro reactor de investigação japonês.

Um dos primeiros trabalhos em Sendai foi reexaminar o esquema de decaimento de potássio 42, que podia ser produzido pelo novo reactor. Essencialmente, mediram-se as correlações angulares dos dois γ emitidos em casca-

ta do segundo estado excitado do cálcio 42 através do primeiro estado excitado.

Esta investigação permitiu-me determinar inequivocamente o valor do spin do segundo estado excitado, que era zero. Descobrimos ainda que o terceiro estado excitado decaía directamente para o estado fundamental e, por isso, não podia ser 4^+ . Agora estava de acordo com o espectro de energia do titânio 50 que determinei em Purdue [2] (Fig. 2). Neste ponto, levantou-se uma dúvida muito natural. Seria correcta a atribuição de spin de Levinson e Ford ao espectro do cálcio 41? Nesta altura, eu não tinha condições para tentar resolver este problema experimentalmente. Então olhei para tudo o que estivesse relacionado com a espectroscopia do cálcio 41.

Encontrei um facto muito interessante no espectro de raios γ da captura de um neutrão. Primeiro, juntamente com muitos outros casos com pequenas secções eficazes de captura, o espectro γ estava longe do que previa o decaimento do núcleo composto. No caso do cálcio 41 os raios γ mais fortes vão para o primeiro estado excitado e para um estado com cerca de 4 MeV. Suspeitei, por isso, que este par de estados fosse obtido dos estados $2p$ devido ao desdobramento pela interacção spin-órbita e em contraste com as atribuições de Levinson e Ford, e supus um mecanismo de captura directa que não foi considerado para a captura de neutrões [3]. O cálculo foi feito usando o potencial de Woods-Saxon ajustado à minha nova atribuição de spin, num computador analógico novo do Instituto de Energia Atómica do Japão. O "fit" era extremamente bom. Em 1959 Weisskopf visitou o Japão. Yukawa organizou um encontro em Quioto para os físicos nucleares que quisessem apresentar o seu trabalho àquele grande físico. Falei sobre o meu resultado relativo à captura directa de neutrões lentos pelos núcleos.

Weisskopf fez o seguinte comentário: *Depois do neutrão ter sido descoberto, Bethe sugeriu este mecanismo, mas após a série de resultados experimentais impressionantes obtidos por Fermi para a captura de neutrões ter sido muito bem explicada por Bohr, usando o conceito de núcleo composto, esta possibilidade de captura directa de neutrões foi esquecida!* Neste encontro, Yoshizawa apresentou as suas medições da dependência da energia das partículas α nas razões isoméricas (α , $3n$) do alvo de prata — os valores aumentam linearmente de quase zero à energia da barreira até 20 MeV a 40 MeV. Já durante a sessão fiz um pequeno cálculo supondo que o isómero de spin mais baixo era produzido se o momento angular inicial do projectil fosse mais baixo que o momento angular crítico, que é metade da soma dos spins de ambos os isómeros. De outro

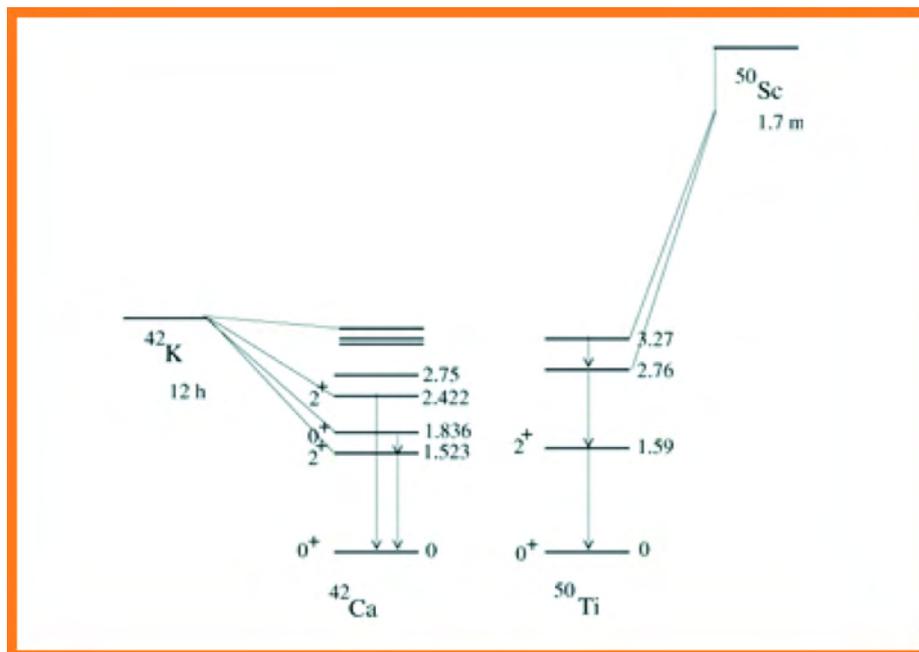


Fig. 2. Comparação do esquema de níveis do ^{42}Ca e do ^{50}Ti

modo, é produzido o isómero de spin mais alto. A descrição era fantástica e, ao mesmo tempo sugeria uma consequência muito importante. A cascata rotacional, ou generalizando a cascata "yrast", pode ser vista através da observação em feixe dos raios γ que se seguem à irradiação do alvo feito de um único isótopo, com um feixe de partículas α (ou, generalizando, um feixe de íões pesados) em torno do pico das reacções (α, xn) ou, em geral, (HI, xn) [3].

REGRESSO À "ALMA MATER"

1960

Obtive um pequeno grupo (meia cadeira) no Departamento de Física da Universidade de Tóquio, a minha universidade, onde um acelerador tandem devia começar a funcionar brevemente. No ano seguinte, obtive uma oferta para cientista convidado no Instituto de Investigação em Física Nuclear em Amsterdão, onde estava a funcionar o sincrotrão mais antigo da Europa. Aí tive uma oportunidade maravilhosa de testar a minha ideia de olhar para a cascata rotacional de alguns núcleos deformados com o feixe de partículas α a 50 MeV do ciclotrão. Já antes da Conferência do Jubileu de Rutherford em Manchester, vimos um sinal claro da cascata rotacional no disprósio 160 a partir do alvo gadolínio 160 enrique-

cido no feixe, graças à grande ajuda de P. C. Gugeot, director do Instituto e um velho amigo de Ernst Bleuler da mesma Universidade Técnica Federal, Zurique. Tendo sido desencorajado pelas autoridades de Copenhaga, no meu caminho para Amsterdão, nomeadamente ao dizerem-me que essas experiências não tinham sido bem sucedidas em Dubna e Berkeley, teria sido impossível realizar a experiência se não tivesse recebido os encorajamentos e conselhos deste bom físico. Ao fim da minha permanência de dez meses em Amsterdão observámos cascatas 8^+ ou 10^+ em 35 núcleos diferentes [4]. A experiência utilizava contadores de cintilação de iodeto de sódio. Hoje, com o desenvolvimento de detectores de germânio de alta resolução, de técnicas de coincidências múltiplas assim como de feixes de íões pesados a altas energias, é possível observar estados nucleares até ao spin 60.

JUNTAMENTE COM COLEGAS

1960-1968

Em Tóquio tive excelentes ocasiões de interaccionar com cientistas activos no meu campo. Também desfrutei duas vezes de dispensa de serviço, uma vez em Amsterdão e outra no Instituto Max Planck, em Heidelberg. Além disso, havia muitos visitantes no Japão de todas as partes do mundo. A nova tendência em Física Nuclear

era a organização de numerosos pequenos encontros temáticos onde os experimentalistas se encontravam com os teóricos. A escola japonesa esmerou-se nalguns tópicos:

1. MODOS COLECTIVOS E EXPANSÃO BOSÓNICA .

A ideia básica parte do trabalho de Tomonaga após a guerra. Depois de alguns passos importantes, o quadro geral foi estabelecido por Marumori e seus colegas [5] e as aplicações foram desenvolvidas por Arima e seus colegas. Este último modelo teórico é conhecido por "Interacting Boson Model" (Modelo dos Bosões em Interação), que é hoje um dos modelos nucleares mais importantes juntamente com o modelo em camadas de Meyer-Jensen e o modelo colectivo de Bohr-Mottelson, que todos os espectroscopistas nucleares têm de aprender. Tendo em conta que os fenomenologistas tinham de contactar com os dados produzidos por espectroscopia dos raios γ em feixe, tive muitas oportunidades de me relacionar com eles.

2. MOMENTOS NUCLEARES.

Houve dois importantes pontos de partida nesta direcção no Japão. Um foi o grupo de Sugimote em Osaka que desenvolveu muito trabalho original nos domínios do momento nuclear estático e da interacção hiperfina. Outro foi o trabalho do jovem Miyazawa [6], que tentou

explicar o desvio dos momentos nucleares estáticos medidos em relação os valores de Schmidt. Pouco tempo depois, Arima e Houie [6] escreveram um artigo que explicava o efeito atribuindo-o à mistura de configurações. Yamazaki e os seus colegas introduziram as medições de momento angular e medidas retardadas na espectroscopia de raios γ em feixe e mediram muitos momentos estáticos de estados excitados [7].

1963

Durante este período de grande expansão aconteceu algo muito importante na Física Nuclear, nomeadamente a introdução da ideia de quarks por Gell-Mann e Zweig.

1967

Foi organizada no Japão por Sakai a primeira grande conferência de Física Nuclear. Muitas das pessoas da primeira geração em Física Nuclear participaram na conferência e foi como que uma celebração da pequena ascensão desse ramo da Física no Japão. Pouco tempo antes da conferência foi-me oferecida uma cátedra no novo Departamento de Física da Universidade Técnica de Munique, o qual foi desenvolvido em ligação com a cátedra de Moessbauer segundo o modelo americano.

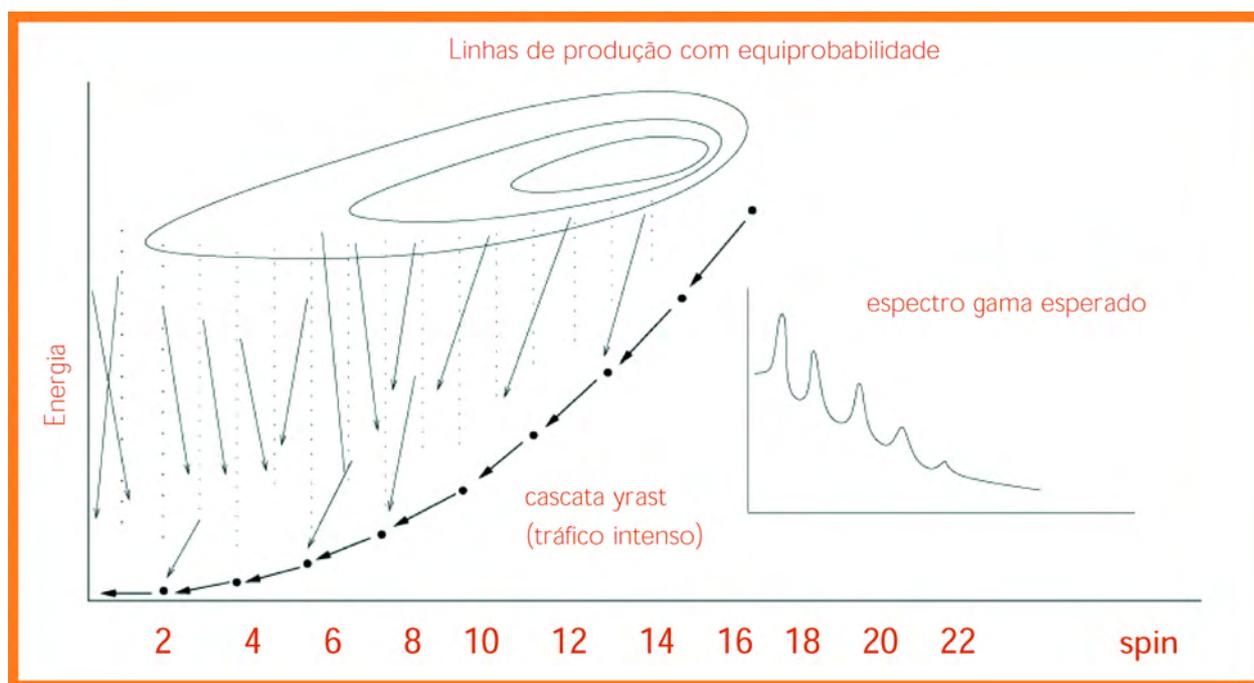


Fig. 3 . Diagramas de excitação γ de um núcleo composto produzido por uma reacção (γ, xn)

MUDANÇA PARA MUNIQUE

1968

Comecei uma vida nova em Munique. A situação da física à minha volta era a seguinte: Greiner, Faessler e Sheline explicaram o desvio das energias da banda de rotação de $I(I+1)$ atribuindo-a ao acoplamento rotação-vibração. No entanto, as elongações esperadas dos núcleos não foram observadas por Kienle, que mediu o valor 10^{-6} para elongação dos estados 2^+ usando o desvio isomérico observado nas medições de Moessbauer. Finalmente, Mang explicou o efeito atribuindo-o ao acoplamento rotação-partícula (efeito da força de Coriolis).

RETROSPECTIVA

Houve alguns períodos muito activos mas curtos (como o Laboratório Naval de Radar, Purdue, Sendai e Amsterdão). Foram os períodos de libertação de energias. No meio, houve sempre períodos bastante longos sem actividade, mas aparentemente propícios ao armazenamento da energia. Eles foram: Tóquio como estudante, Tóquio como assistente, Iowa, Lund e Tóquio como professor. O meu comentário sobre as condições para períodos férteis é o seguinte:

1. Os períodos férteis vieram depois de alguma preparação.
2. Em períodos férteis houve sempre produção de vários trabalhos em tópicos diferentes.
3. Em períodos férteis houve sempre um ou mais parceiros para discussão como Tomonaga em Shimada, Bleuler e Peaslee, em Purdue, e Gugelot, em Amsterdão.

Histórias posteriores a 1969 (o terceiro período, entre as idades de 46 a 69) aparecerão com o título: "O meu esforço para promover Física Nuclear Aplicada". Mais experiências posteriores a 1991 (depois dos 69 anos) estão a ser escritas com o título "Do nuclear ao solar".

REFERÊNCIAS

- [1] Morinaga, H., Physical Review **97** (1955), 444; 101 (1956) 254; 101 (1956) 100.
- [2] Morinaga, H., Mutsuro, N. e Sugawara, M., Physical Review **114** (1959), 1146.
- [3] Morinaga, H. e Ishii, Chi, Progress in Theoretical Physics **23** (1960), 161.
- [4] Morinaga, H. e Gugelot, P. C., Nuclear Physics **46** (1963), 210.
- [5] Tomonaga, S., Progress in Theoretical Physics **5** (1950), 544; 13 (1956) 461, 482. Marumori, T., Progress in Theoretical Physics **13** (1955), 442; **24** (1960) 331. Arima, A. e Iacchelo, Annals of Physics **99** (1976), 253.
- [6] Miyazawa, H., Progress in Theoretical Physics **6** (1951), 801, Physical Review **101** (1956), 1564. Arima, A. e Horie, H., Progress in Theoretical Physics **12** (1954) 567.
- [7] Ver Morinaga, H., e Yamazaki, T., "In-Beam Gamma-Ray Spectroscopy", North-Holland, 1976.

NOTA DA REDACÇÃO:

UM JUDEU PORTUGUÊS

Uma pesquisa na Internet (<http://members.home.net/hzrabie/>) permitiu remontar ao século XVI as origens portuguesas deste físico holandês que emigrou para os EUA antes da Segunda Guerra Mundial.

O seu antepassado Joseph Cohen (Belinfante), nascido em Lisboa fugiu para a Turquia em 1526 em virtude da expulsão dos judeus de Espanha e Portugal. Um seu sucessor, Zaddik Cohen (Belinfante), emigrou depois para Amsterdão, onde foi rabi chefe.

A ciência e a tecnologia tanto podem construir como destruir o planeta. É uma das afirmações mais contundentes de Hubert Reeves, o conhecido astrofísico canadiano, entrevistado pela "Gazeta". Considerando que a ciência e a tecnologia têm sempre como pressuposto decisões políticas, Reeves defende que é necessário inflectir o rumo que leva a vida no nosso planeta. E isso passa pela informação e pela divulgação científicas, pois é preciso que os ministros e os parlamentares debatam questões com conhecimento dos problemas científicos subjacentes. A defesa incondicional da divulgação da ciência para o grande público é, aliás, uma das suas "damas". Segundo ele, o despertar da curiosidade e do interesse pela ciência tem de começar logo na escola primária. "É preciso aumentar a ciência na escola primária", diz o nosso entrevistado. Para isso é essencial o papel dos professores. Se os professores não amarem as ciências e as ensinarem com paixão, o futuro científico dos alunos estará hipotecado. E a sociedade estará mais indefesa.

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

CARLOS FOLHAIS
tcarlos@teor.fis.uc.pt

Imagens de "Science et Avenir", Agosto 2001

Hubert Reeves, astrofísico canadiano

"É PRECISO AUMENTAR ESCOLA PRIMÁRIA"

Gazeta de Física — Por que escolheu uma carreira ligada à Astrofísica?

Hubert Reeves — Ah, por curiosidade! Eu diria, muito simplesmente, que desde sempre me interessou conhecer o universo em que vivemos. Interessou-me desde novo a ciência, quer fosse a Física, a Astronomia ou a Botânica... Mas escolhi a Física porque, simultaneamente, gostava muito da Matemática.

P. — Houve alguma influência familiar nesse percurso?

R. — Os meus pais eram pessoas muito curiosas pelos processos que ocorrem na Natureza e havia um amigo de família, um geneticista, que visitávamos regularmente. Para mim, ele representava uma espécie de ideal a seguir...

P. — Uma espécie de iniciador nesses mundos...

R. — Sim, um iniciador...

P. — Que idade tinha quando isso aconteceu?

R. — Oh, já não me lembro, foi há tanto tempo... Mas isso acaba por ter pouca importância porque eu sempre pensei que viria a ser cientista.

P. — Depois veio o apelo da Astronomia...

R. — Comecei por trabalhar em Física, em Física Nuclear, embora me interessasse muito pelas estrelas, pois tinha um telescópio na minha casa de campo, no Canadá, de onde observava as estrelas, os planetas, etc. De modo que foi muito naturalmente que me virei para a Astronomia.

O INTERESSE PELA CIÊNCIA NA



P. — Para um jovem "aprendiz" de cientista que quisesse trilhar um caminho idêntico ao seu e lhe viesse pedir um conselho, que sugestão teria a dar-lhe?

R. — Essa é uma pergunta com que sou confrontado muitas vezes. O primeiro requisito indispensável é ter uma grande paixão pela ciência. É preciso já ter previamente um desejo muito forte de trabalhar em Física, porque é uma aprendizagem longa e são necessários muitos anos de estudo. É necessário ter uma curiosidade infinita. Para os que queiram enveredar pela Astronomia, é necessário gostar muito de Matemática. Uma criança que não tenha um gosto natural pela Matemática, que não olhe para esta disciplina como um jogo que gosta de brincar, não vale a pena seguir uma carreira de Astronomia... Para mais, esta é uma actividade em que se pode ganhar a vida de forma decente, mas em que ninguém faz fortuna. É uma profissão que exige muito trabalho e de forma contínua, o que só pode ser feito quando se é motivado pela curiosidade, uma infinita curiosidade,

como disse. Por isso, quando os jovens vêm ter comigo, pergunto-lhes sempre se assinam revistas de divulgação, se lêem muitos livros, etc. Se a resposta for "sim, faço isso desde miúdo", então ótimo, está reunida uma das condições essenciais.

P. — Nem sempre o interesse dos jovens pela ciência foi igual ao que existe hoje...

R. — É verdade. Houve um tempo em que as pessoas interessadas pela ciência eram desencorajadas de o fazer, argumentando-se que isso não era um modo de vida, que não havia saídas profissionais e coisas desse género. Mas hoje isso não é verdade, antes pelo contrário. Há muitos laboratórios de investigação em Astrofísica e em Física Espacial que precisam de gente e não a encontram.

P — Há quem considere que a causa desse e de outros fenómenos é o divórcio entre a escola e a ciência. Qual é a sua opinião?

R. — Para mim, o problema é, antes de mais, uma questão de ensino e de professores. Ou seja, há professores que amam as ciências e as ensinam com paixão, enquanto há outros que se vêem coagidos a fazê-lo por obrigação, aborrecendo-se no seu trabalho. Ora, isso não pode deixar de se reflectir nos seus alunos. Pela minha parte, tive a fortuna de ter alguns professores no Canadá que eram "fanáticos" da ciência e que só viviam para ela. É claro que a mensagem passa muito melhor quando se está perante alguém que gosta daquilo que faz, que está sempre disponível para aconselhar um livro e para se encontrar com os alunos depois das aulas. O professor tem de ser extremamente afectivo. Eu não faria generalizações abusivas e limitar-me-ia a afirmar que há, nas escolas, professores que são inspiradores e outros que afastam irremediavelmente os alunos da ciência.

P — Os seus livros e, de uma forma mais geral, o seu trabalho de divulgação foram essenciais para forjar a sua popularidade. Qual é a importância dos livros de divulgação científica nos nossos dias?

R. — Os livros são fundamentais. As pessoas interessam-se cada vez mais pelo universo, não apenas no plano científico, mas também no plano das questões mais existenciais e filosóficas — como é o mundo em que vivemos, de onde vimos, para onde vamos, etc. Nesse sentido, a Astronomia fornece-nos respostas — mas sem nos dizer se a vida tem ou não um sentido, pois essa é uma outra ordem de questões — que contêm informação sobre o nosso lugar no espaço, a Terra e o sistema solar, as estrelas, a evolução do universo, e aquilo que é hoje denominado de crescimento da complexidade.



P — Mas o que está a dizer a respeito do interesse crescente das pessoas por esses temas talvez não chegue para explicar o êxito dos seus próprios livros...

R. — Sim, creio que, pelo menos em parte, é essa a explicação. De facto, as pessoas interessam-se por esses temas. Por outro lado, gostam do modo como eu falo deles e os apresento...

P — Como é que caracterizaria a sua abordagem pessoal?

R. — Bem, creio que é muito personalizada. Ou seja, não desejo apresentar a ciência tal qual um entomologista que descreve um insecto no seu microscópio. Pelo contrário, prefiro falar do modo como cada um de nós, como ser humano, está implicado nessa grande aventura que é a aventura do universo. Eu sou visto um pouco como um apresentador com um estilo pessoal. Há muitos livros de Astronomia e todos podem ser facilmente encontrados e adquiridos nas livrarias. Mas se há alguém que apresenta as coisas de um outro modo, isso faz a diferença. A fazer fê naquilo que os meus leitores me dizem, é por esse motivo que os meus livros continuam a ser lidos.

P — Ou seja, ligar a ciência ao homem deve ser o papel da divulgação científica...

R. — Sem dúvida.

P — Tendo em conta a existência de outros suportes de comunicação, como a Internet, que futuro vê para a divulgação e a cultura científica?

R. — Ninguém concebe a Internet sem as pessoas que recorrem a ela. Mas não é só porque ela existe e está à disposição que as pessoas recorrem a ela. O que quero dizer é que elas só lá irão se já estiverem "picadas" pelo "vírus" da curiosidade científica. A divulgação assumiu nos últimos trinta anos uma importância enorme em muitos países, por todo o mundo, que não tem comparação com o que acontecia no século XIX. Nessa altura, a divulgação era uma actividade insignificante e sem expressão, mesmo desprezável, em que os cientistas tinham um lema do género "não se deve dar pérolas a porcos". Felizmente, isso já não é assim, em parte pelo facto de a ciência ser financiada por dinheiros públicos. Nesta perspectiva, é importante que os cidadãos que, através dos seus representantes, votam os orçamentos estejam ao corrente do que se passa, conheçam aquilo de que se está a tratar num dado momento. Se for esse o caso, quando um primeiro-ministro vai ao parlamento apresentar os seus planos de governo, tudo é diferente. Se, por absurdo, ele nunca ouviu falar em galáxias, por que carga de água iria defender com convicção um orça



mento que implicasse o dispêndio de dinheiros públicos em projectos relativos ao conhecimento de galáxias?...

P. — As suas vindas a Portugal já quase se tornaram uma rotina. Que avaliação faz da ciência neste país?

R. — É verdade, venho com regularidade a Portugal, já estive e fiz conferências em Aveiro, Coimbra, Porto, Lisboa... As coisas continuam a mexer, a ciência é aqui um domínio em evolução muito rápida, mas que ainda está longe de ter atingido os níveis médios de desenvolvimento europeu. De acordo com a perspectiva de alguns amigos meus portugueses, é necessário revalorizar a ciência ao nível das escolas — esta minha vinda a Portugal tem também a ver com isso. O que falta no país, mais visivelmente, é aumentar o interesse pelo ensino da ciência nas escolas primárias. O despertar da curiosidade e do interesse pela ciência começa, precisamente, nessas tenridades. Se assim não acontecer, está tudo estragado para o futuro. É preciso atacar o problema na raiz e a raiz é, sem dúvida, o ensino primário.

P. — Nas suas intervenções mais recentes, tem mostrado uma visão pessimista do futuro do planeta. Acha que a ciência e a tecnologia não conseguirão resolver os graves problemas ambientais do nosso tempo?

R. — Creio que a ciência e a tecnologia tanto podem construir como destruir o planeta. Em si mesmas, não têm um valor moral, pois o que importa são as decisões políticas, que são por definição humanas. Se um dia se decidir — e as últimas notícias relativas às ideias do presidente Bush não são muito boas — melhorar o estado do clima global da Terra, será necessário utilizar a ciência e a tecnologia, mas o que é prévio a tudo isso é, obviamente, uma decisão de natureza e alcance político. Pelo contrário, se se persistir em usar os métodos do passado e do presente, então o que se pode dizer é que são a ciência e a tecnologia que põem o planeta em perigo — com a industrialização poluente, os problemas do nuclear, etc. Insisto que por trás da ciência e da tecnologia está, sempre, uma decisão política, o que pressupõe a consciência de que estamos ameaçados e que é preciso fazer algo para mudar este estado de coisas.

"Ranking" das escolas do secundário

Acesso ao ensino superior: menos ingressos este ano

Itinerários da dúvida em Coimbra

Melhorar o tratamento do cancro

ESO reuniu no Porto

João Magueijo em Lisboa

Prémio Gulbenkian de Ciência

Prémio Rómulo de Carvalho

Unifesta em Castelo Branco

Escola de Nanociências e Nanotecnologias em Aveiro

Escola de Física Computacional no Caramulo

Dennis Weaire

Manuel Fernandes Thomaz

"Gazeta de Matemática"

FÍSICA EM PORTUGAL

"RANKING" DAS ESCOLAS DO SECUNDÁRIO

A média nacional da disciplina de Física em 344 escolas do país onde é leccionada a mais de 10 alunos não vai além dos 9,3 valores. Esta é uma das conclusões a extrair dos resultados dos exames nacionais do 12º ano do ano lectivo anterior (2000/2001), que pela primeira vez foram tornados públicos, por escola e disciplina, pelo Ministério da Educação.

O número de escolas com média negativa em Física é muito elevado: 59 por cento. Pior, só a disciplina de Matemática, onde aquela percentagem atinge uns assustadores 90 por cento.

Olhando para as prestações escola a escola, o "ranking" de Física é encabeçado pela Escola Técnica e Liceal Salesiana Santo António (Estoril), com uma média de exame de 16 valores. A escola no fim desta lista é o Instituto Vaz Serra, na Sertã, com média de apenas 2,8 valores. É de registar que ambas as escolas são privadas, tendo a primeira 21 alunos matriculados na primeira fase de exames nacionais, enquanto a segunda apenas registou 10 estudantes inscritos. A diferença entre a melhor e a pior nota em Física registada pelas escolas é, como se constata, muito profunda. Além disso, verifica-se também que, no seio de uma mesma turma, é possível encontrar alunos com notas muito boas e outros que quase não conseguiram fazer nada no exame. A título de exemplo, refira-se que, na já referida Escola Técnica e Liceal Salesiana, houve um aluno com 19 valores a Física, mas outro que só obteve seis. Mas não se pense que tal situação só se encontra nas escolas com

melhores notas. No Colégio Portugal, em Cascais, os 14 alunos inscritos em Física não obtiveram mais do que a média de 4,6 valores. Isso não impediu, porém, que aos 0 valores obtidos por um aluno não se contrapusessem 19 obtidos por outro...

Uma curiosidade é o facto de, num número significativo de escolas — 25, ou seja, 7 por cento do total —, os alunos terem obtido melhores resultados no exame do que nas avaliações feitas, na própria escola, pelos seus professores ao longo do ano. Mas o facto que salta mais à vista é que na maioria das escolas a avaliação nas escolas foi mais favorável, por vezes muito mais favorável, do que a que foi obtida pelo exame nacional.

CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.uc.pt



ACESSO AO ENSINO SUPERIOR: MENOS INGRESSOS ESTE ANO

O número total de estudantes admitidos na primeira fase do concurso de acesso ao ensino superior (ano lectivo 2001-2002) é inferior ao registado no ano transacto. Candidataram-se menos alunos para um número de vagas que é sensivelmente o mesmo (ver fasc. 4 de 2000, para uma comparação com os dados anteriores).

No que diz respeito às entradas em Física, o caso mais saliente é o da Universidade do Algarve (curso de Física e Química), com 40 vagas e 0 alunos colocados. Noutras duas universidades, regista-se também descida do número de admissões — 17 em 30 possíveis no Porto (21 em 2000, também para 30 vagas) e 9 em Coimbra para 40 vagas (11 no ano passado, também para 40 vagas). Em Lisboa, pelo contrário, foram preenchidas 21 das 30 vagas existentes (15 em 30 no ano lectivo anterior).

Quanto às notas do último aluno admitido, os valores não registam alterações sensíveis em qualquer das universidades portuguesas. Na Universidade do Porto, o último admitido teve 11,3 valores (10,15 no ano anterior), na de Coimbra 11,2 (11,55) e na de Lisboa 10,08 (11,75 no ano passado).

Passando à Engenharia Física, o caso mais relevante é o da Universidade de Aveiro: as 20 vagas existentes foram desta vez integralmente preenchidas (em 2000 as 35 vagas propostas não tinham encontrado qualquer candidato) e o último admitido teve a nota de 13,2. O "quadro de honra", porém, continua a ser preenchido pelo Instituto Superior Técnico, que viu 40 das 45 vagas serem preenchidas (a nota do último aluno admitido foi 13,93, contra 14,93 no ano passado). Recorde-se que, no ano passado, todas as vagas foram preenchidas logo na primeira fase de candidatura.

Em Coimbra, mantém-se a tendência do ano anterior, com 5 entradas em 30 vagas (contra 6 em 30 no ano anterior). A nota do último aluno admitido é que subiu sensivelmente de 12,73 em 2000 para 15,9 este ano. Na Universidade de Lisboa, nada de novo: 11 entradas em 30 vagas (15 no ano anterior), com o último admitido a apresentar uma nota de 10,68 (10,2 em 2000). Finalmente, na Universidade Nova de Lisboa, foram preenchidas 7 das 45 vagas (5 em 45 no ano passado), com 11,63 de nota do último aluno admitido (13,28 em 2000).

Passando aos cursos de Física e Química (ensino), é muito clara — praticamente em todas as universidades — a diminuição do número de vagas preenchidas. Nos Açores, foram admitidos 5 alunos para 30 vagas (16 em 2000) e a nota do último admitido de 119,4 (1137 em 2000). Na Universidade de Évora, a quebra foi brutal, com apenas 5 das 30 vagas preenchidas (29 no ano passado); o último admitido entrou com 10,9 (10,13 em 2000). Na Universidade Nova de Lisboa aconteceu o mesmo que no caso anterior, com uma só das 40 vagas preenchidas (17 em 45 no ano passado). A nota desse aluno foi de 17,35 (10,58 para o último admitido em 2000). Em Trás-os-Montes e Alto Douro, a diminuição é também muito clara: 22 das 55 vagas preenchidas (47 em 55 no ano anterior) e a nota do último admitido não sofreu alteração (10,48). Na Universidade da Beira Interior, entraram 4 em 35 possíveis alunos (3 em 35 no ano de 2000) e a nota do último foi de 11,6 (10,85 no ano passado). Na do Minho, por seu lado, foram preenchidas 30 das 36 vagas (todas ocupadas no ano passado na primeira fase) e a nota do último aluno admitido foi de apenas 10,02 (13,6 em 2000). Na Universidade de Aveiro a razia foi enorme, com apenas 10 das 40 vagas ocupadas (todas preenchidas no ano passado) e a nota do último aluno admitido foi de 12,9 (12,34 em 2000). Finalmente, na Universidade de Lisboa, o panorama é idêntico ao de 2000, com 5 das 30 vagas ocupadas (4 em 30 no ano anterior). A nota mais baixa foi de 10,7, contra 12,13 no ano transacto.

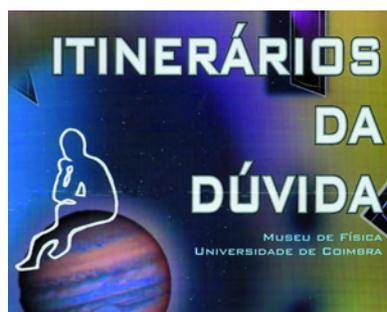
C.P.

ITINERÁRIOS DA DÚVIDA EM COIMBRA

O Museu de Física da Universidade de Coimbra organizou no dia 19 de Outubro o Colóquio "Itinerários da Dúvida", integrado nos "18.ème Rencontres Image et Science", promovidos pelo Centre Nationale de Recherche Scientifique (CNRS), de França.

Esta colaboração do Museu com o CNRS, iniciada no ano transacto com a realização do Colóquio "Ciência — Tempos e Imagens", visa criar uma tradição de intercâmbio e convívio interdisciplinar, vocacionada para a promoção da cultura científica e para o diálogo com a cultura humanista, as ciências sociais e as artes.

Quanto aos encontros do CNRS, eles constituem uma iniciativa anual de carácter interdisciplinar dedicada à ciência e aos média, dirigida ao grande público. O tema dos "Rencontres" no presente ano foi a dúvida e o colóquio pretende reunir em torno do tema criadores de diferentes áreas do saber — biologia, oceanografia, física, psiquiatria, filosofia, literatura, cinema e música.



O programa foi o seguinte:

- "Os investigadores científicos: profissionais da dúvida", por António Coutinho;
- "O sentido heurístico da dúvida e a dimensão humana do saber", por João Maria André;
- "Dúvida e escrita literária — a propósito da carta de Hamlet", por Maria Velho da Costa;
- "Gestão dos oceanos num contexto de incerteza", por Mário Ruivo;
- "A Experiência da Ficção — entre o Tempo e o Cinema", por Paulo Rocha;
- "Histórias Duvidosas", por Rui Mota Cardoso.

O painel de debate com que foi encerrado o colóquio contou com os seguintes participantes: Maria da Conceição Ruivo (moderadora), António Coutinho, Armando Policarpo, João Maria André, Maria Velho da Costa, Mário Ruivo, Paulo Rocha e Rui Mota Cardoso.

MELHORAR O TRATAMENTO DO CANCRO

A técnica de braquiterapia é utilizada nos tratamentos do cancro em alternativa à radiação exterior. Fios de material radioactivo são colocados no interior de cateteres, que podem ser introduzidos directamente na zona do corpo a ser irradiada sem afectar outras zonas sãs.

Um estudo realizado pelo Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa, em colaboração com o Instituto de Tecnologia Nuclear e com o Instituto Português de Oncologia, sugere alterações na constituição do revestimento dos fios de irídio radioactivo utilizados no tratamento do cancro.

Este estudo constitui o projecto de fim de curso de Lina Cerdeiral, aluna de Engenharia Física. Nele se prova que a utilização de molibdénio, em vez de platina, nos revestimentos dos fios de irídio radioactivo diminui o factor de sobre-exposição à radiação, mantendo o valor desejado de irradiação no volume total do tecido canceroso.

ESO REUNIUI NO PORTO

Nos passados dias 18 e 19 de Junho, e pela primeira vez, Portugal recebeu uma reunião do ESO (European Southern Observatory, Observatório Europeu do Sul). O ESO, que integra vários países europeus incluindo Portugal, foi fundado em 1962 e possui vários telescópios no Chile, tendo a sua sede em Garching, Alemanha. Nessa reunião, realizada no Centro de Astrofísica da Universidade do Porto (CAUP), o Conselho do ESO, o seu órgão máximo, convidou vários representantes dos meios académico, industrial, político e de comunicação social para a sua apresentação formal no nosso país.

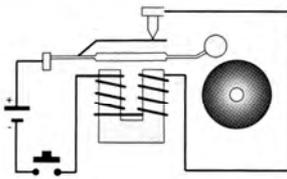
Foram discutidos, entre outros aspectos, o papel do ESO na Europa e na Astronomia, numa apresentação efectuada pela Dra. Catherine Cesarsky, Directora-Geral do ESO, o desenvolvimento da astronomia em Portugal, pela Dra. Teresa Lago, Presidente do CAUP e representante de Portugal no Conselho do ESO, e a importância da colaboração internacional na ciência, pelo Dr. Mariano Gago, Ministro da Ciência e Tecnologia. A reunião incluiu ainda uma videoconferência entre o CAUP e o Observatório do ESO no Paranal, Chile, onde se falou de várias observações recolhidas pelo




VIDROS E EQUIPAMENTOS, LDA.

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

MATERIAL DIDÁCTICO



FÍSICA

VLT (Very Large Telescope), um dos maiores telescópios do Mundo. Os trabalhos terminaram com uma pequena sessão no Planetário do Porto, baseada em imagens do VLT.

Esta reunião faz parte de uma série de reuniões do ESO que têm lugar em todos os estados-membros, sendo a próxima em Novembro, em Bruxelas, aproveitando a presidência belga da União Europeia.

RUI MEDEIROS SILVA
c9308015@cca.fc.up.pt



JOÃO MAGUEIJO EM LISBOA

João Magueijo, físico teórico de nacionalidade portuguesa o Imperial College (Londres), deu no passado dia 10 de Julho a sua primeira conferência em Portugal. A iniciativa decorreu no Pólo Tecnológico de Lisboa, tendo o cientista falado sobre "A inconstância da velocidade da luz". João Magueijo é autor de uma tese, proposta em 1999 num artigo da revista "Physical Review", que sustenta que a velocidade da luz nem sempre teve o valor que tem hoje. Tal põe em causa um dos postulados da teoria da relatividade de Einstein, originando por isso muita controvérsia.

PRÉMIO GULBENKIAN DE CIÊNCIA

Gustavo Castelo Branco, Luís Manuel Lavoura e João Paulo Silva, físicos do Instituto Superior Técnico e do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, foram distinguidos em 2001 com o Prémio Gulbenkian de Ciência para a Física, no



DUAS PERGUNTAS A GUSTAVO CASTELO BRANCO

Gazeta de Física — O que representa para si e para o seu grupo o Prémio Gulbenkian de Ciência?

R. — Foi uma grande honra para mim e estou certo que também para os meus colegas, receber o Prémio Gulbenkian de Ciência. No nosso País há poucos incentivos para os professores e os investigadores produzirem trabalho científico de qualidade, competitivo a nível internacional. Um prémio como este tem por isso uma importância especial, sobretudo estando ligado a uma instituição com o prestígio da Gulbenkian.

P. — Na sua opinião, o que podia o Ministério da Ciência e Tecnologia e/ou da Educação fazer melhorar as condições do seu trabalho?

R. — Em relação ao Ministério da Ciência e Tecnologia julgo que é justo salientar que tem havido nos últimos anos uma melhoria significativa no nível de financiamento da Ciência em Portugal. Este investimento foi feito quer através da concessão de um elevado número de bolsas de doutoramento e pós-doutoramento, quer através do apoio a projectos de investigação. No entanto, para que este investimento venha a ser bem aproveitado, é fundamental que se criem perspectivas de emprego estável para os nossos jovens doutorados. Julgo que não deve haver garantia de emprego académico ou em instituições de investigação para todos os doutorados. O que é preciso é que não se passe do extremo de "emprego automático após o doutoramento" para o outro extremo em que não há perspectivas de emprego permanente mesmo para os nossos melhores jovens doutores. Penso que o problema deverá ser resolvido através de uma colaboração dos Ministérios da Educação e da Ciência e Tecnologia.

Trata-se de um problema que já afectou outros países e tem havido vários tipos de solução. O exemplo mais recente que conheço é o de Espanha, onde foi criado o Programa "Ramon y Cajal". Julgo que um programa semelhante deveria ser criado em Portugal.

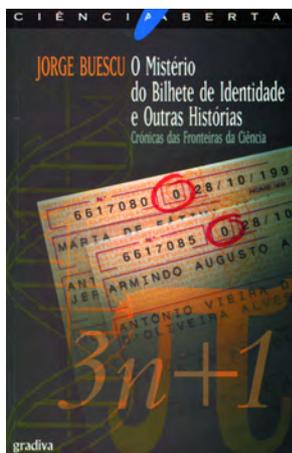
Em relação ao Ministério da Educação e numa altura em que se está a estudar a alteração do Estatuto da Carreira Docente Universitária (ECDU), julgo que seria fundamental ter em conta que as diferentes universidades portuguesas se encontram em estados de desenvolvimento diferentes. Não é possível ter um ECDU bom, se for igual para todas as universidades.

O apoio do Estado às várias universidades deveria ter em conta a performance das Universidades no que diz respeito à produção científica e ensino de qualidade. Não é justo que se tenha apenas em conta o número de alunos. Isto prejudica muito as melhores instituições e é sobretudo delas que depende o desenvolvimento do país. Em todos os países com excelente produção científica, existem instituições de elite. É preciso criar as condições para que essas instituições possam aparecer em Portugal.

valor total de 25 mil euros (cinco mil contos). A distinção premeia o seu trabalho de investigação sobre a violação de uma simetria discreta (CP), que tem a ver com a diferença entre a quantidade de matéria e antimatéria no universo. Ver a recensão do seu livro "CP Violation", na "Gazeta de Física", fasc. 4, 2000.

PRÉMIO RÓMULO DE CARVALHO

A Universidade Lusíada de Lisboa entregou no dia 25 de Julho o primeiro Prémio Rómulo de Carvalho – Investigação e Divulgação Científica, tendo metade do prémio sido atribuído ao matemático (formado em Física) Jorge Buescu, do Instituto Superior Técnico, pela sua obra "Exotic Attractors – From Liapounov Stability to Riddled Basins", publicada pela Birkhaeuser. Buescu é também autor da recente obra de divulgação científica "O Mistério do Bilhete de Identidade e Outras Histórias", publicado na colecção "Ciência Aberta" da Gradiva.



UNIFESTA EM CASTELO BRANCO

A "Planetary Society" realizou de 21 a 23 de Setembro último a sua primeira "Unifesta", um encontro entre o público, os cientistas... e o cosmos. Apesar de as condições meteorológicas terem impedido as observações programadas realizaram-se colóquios interessantes com

físicos, astrónomos, professores, editores, etc. Como convidados estrangeiros estiveram o Dr. Albert Behar, cientista do Jet Propulsion Laboratory da NASA em Pasadena, e o Dr. Jesus Frias, cientista do Centro de Astrobiologia de Madrid e vice-presidente da comissão de ciência e tecnologia para o desenvolvimento da ONU.

Foi organizador Francisco Gonçalves, coordenador nacional da "Planetary Society".

ESCOLA DE NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIAS EM AVEIRO

Realizou-se de 27 a 28 de Setembro na Universidade de Aveiro uma Escola de Nanociências e Nanotecnologias, que pretendeu melhorar a formação numa área estratégica do conhecimento, onde os recursos humanos são ainda escassos e dispersos e simultaneamente juntar num mesmo fórum os investigadores que em Portugal trabalham nesta área ou em áreas afins com o objectivo de estabelecer futuros laços de cooperação.

ESCOLA DE FÍSICA COMPUTACIONAL NO CARAMULO

De 28 de Agosto a 1 de Setembro decorreu no Hotel do Caramulo a 2ª Escola de Física Computacional promovida pelo Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra. As lições da escola, intitulada "Métodos Funcionais da Densidade", vão ser publicadas pela editora Springer, na sua colecção "Lecture Notes in Physics".

O mesmo centro realizou em Coimbra, no passado mês de Julho, um Fórum Nacional de Computação Avançada, onde se discutiram as perspectivas de desenvolvimento nessa área. Foi sentida por todas a necessidade do desenvolvimento das comunicações informáticas entre os centros que usam meios mais avultados de cálculo.

DENNIS WEAIRE

O físico Dennis Weaire, do Trinity College da Universidade de Dublin, República da Irlanda, foi em Junho passado agraciado com o título de doutor "honoris causa" pela Universidade Técnica de Lisboa. Recorde-se que o Dr. Weaire tem participado na avaliação de centros e projectos portugueses, além de ter colaborações com físicos do Instituto Superior Técnico, sendo por isso um conhecedor profundo do panorama da Física no nosso país.

MANUEL FERNANDES THOMAZ

O Dr. Manuel Fernandes Thomaz, que foi Presidente da Sociedade Portuguesa de Física e Secretário de Estado da Ciência e Tecnologia, jubilou-se em Junho passado do lugar que ocupava de Professor Catedrático da Universidade de Aveiro. A "Gazeta de Física" vai publicar em número próximo um artigo do Dr. Fernandes Thomaz sobre história da Física, precisamente um dos interesses mais recentes da sua carreira.

"GAZETA DE MATEMÁTICA"

Com a publicação interrompida durante muitos anos, a "Gazeta de Matemática", propriedade da Sociedade Portuguesa de Matemática (SPM), renasceu com o Ano Mundial da Matemática e veio disposta a ficar. Entre os artigos a publicar no próximo ano contam-se os seguintes:

- A Matemática na Finlândia: a Escola de Päivölä;
- Calculadoras Gráficas: Algumas Limitações;
- Números Irracionais no Ensino Secundário;
- Pedro Nunes (diversos artigos por ocasião do seu quinto centenário).

Os preços da revista para 2002 (dois números) são os seguintes:

Cada volume — 4 euros (802\$00);

Assinatura anual (2 volumes) — 7 euros (1403\$00);

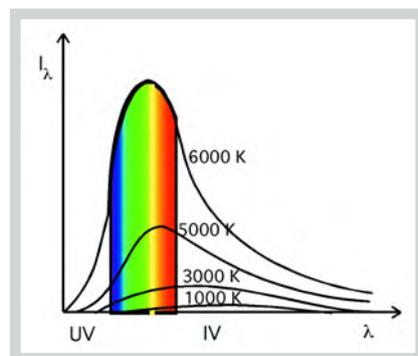
Assinatura anual para sócios da SPM — 5 Euros (1002\$00);

Assinatura de Apoio — qualquer quantia superior ou igual a 8,50 euros (704\$00).

Os interessados devem enviar, com o nome e morada, um cheque pagável à Sociedade Portuguesa de Matemática (Av. da República, 37 — 4º, 1050-187 Lisboa).

A "Gazeta de Matemática" foi fundada em 1939 por António Monteiro, Bento Caraça, Hugo Ribeiro, Silva Paulo e Zaluar Nunes.

Publica-se duas vezes por ano, em Janeiro e Julho, e destina-se a professores, estudantes e todos os interessados na Matemática e nos acontecimentos matemáticos em Portugal e no mundo.



Radiação do corpo negro

QUESTÕES DE FÍSICA

NOVA QUESTÃO

"Consideremos uma carrinha de caixa fechada, que transporta aves vivas. Se uma ou mais aves começarem a voar no interior da carrinha, esta fica menos pesada?"

(de um aluno do secundário)

QUESTÃO ANTERIOR

Relembremos a questão do número anterior:

A experiência de radiação do corpo negro analisada por Planck é algo que nunca fizemos. Parece que implica temperaturas elevadíssimas (da ordem dos 2000 K). Haverá maneiras práticas de realizar esta experiência? Se esta for difícil de executar haverá outras, relacionadas com a absorção/emissão quântica de energia, que possamos tentar?

(por um grupo de professores do secundário)

RESPOSTA:

Todos os corpos emitem radiação eletromagnética em virtude da sua temperatura. É o caso da emissão de luz pelo Sol, o mesmo acontecendo com um filamento incandescente, ou com uma tarte acabada de retirar do forno, embora a radiação por esta emitida se situe mais na zona infravermelha. De facto, para cada temperatura existe uma região mais ou menos estreita do espectro em que a intensidade de emissão é máxima. Uma relação estabelecida pelo físico alemão Wilhelm Wien, em 1893 — à medida que a temperatura aumenta, a gama de radiação de emissão máxima desloca-se para comprimentos de onda menores — permite, por exemplo, estimar a temperatura do Sol em cerca de 6000 K por observação do pico de irradiação máxima (ver Figura).

Um corpo aquecido acima dos 400 °C emite radiação já visível numa sala às escuras. Um filamento aquecido a temperaturas da ordem dos 500 °C atinge o

rubro (gama de comprimentos de onda em torno dos 600 nm). Não é, portanto, necessário atingir temperaturas muito elevadas para se estudar este fenómeno. Um corpo negro é um corpo que absorve toda a radiação que nele incide (não reflecte nem transmite) e que emite o máximo possível, para qualquer temperatura, em todo o espectro. As superfícies reais irradiam sempre menos que um corpo negro à mesma temperatura. A radiação libertada por um pequeno orifício feito numa superfície oca cujo interior seja mantido a uma temperatura constante possui as mesmas características da que é emitida por um corpo negro a essa temperatura. É a chamada radiação de cavidade.

Nos catálogos da especialidade encontram-se equipamentos para a realização de experiências a temperaturas da ordem dos 600 °C. Utilizam preferencialmente a radiação de cavidade ou filamentos de tungsténio (por exemplo, de lâmpadas de aquários). Muitas destas experiências estão descritas em revistas de índole educacional. Basicamente, consistem no emissor escolhido, num selector de comprimentos de onda e num detector adequado. Na Internet encontram-se também dezenas de sugestões de experiências e de simulações computacionais deste fenómeno.

É importante notar que embora a emissividade seja igual à absorvidade para a mesma temperatura e comprimento de onda, estas não são, em geral, constantes. Um emissor pobre na zona visível (bom reflector nessa gama de frequências) pode ser um bom emissor na região infravermelha. A realização de experiências em que se utilizem corpos idênticos pintados de preto e de branco, contrastando-os também com corpos metálicos, permitirá perceber a razão que levou a pintar de branco as casas alentejanas...

HELENA CALDEIRA

Departamento de Física da Universidade de Coimbra

helena@teor.fis.uc.pt

Fotodetectores de ADN

Anti-moléculas

O fundo cósmico de microondas

Nanomolas

A física das doenças das vacas loucas

Caos no neocórtex

Observatório de neutrinos

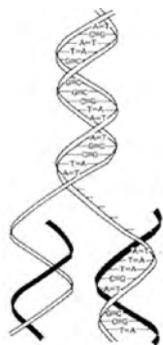
FÍSICA NO MUNDO

FOTODETECTORES DE ADN

A nucleosida deoxiguanosina (DG) é um dos quatro compostos que servem como bases para codificar a informação genética no ADN. Mas também se está a revelar uma excelente alternativa aos materiais semicondutores convencionais em alguns fotodetectores experimentais. No Laboratório Nacional de Nanotecnologia do Instituto Nacional para a Física da Matéria, em Itália, Ross Rinaldi e colaboradores conseguiram novos detectores colocando uma pequena gota de nucleosida DG, dissolvida em clorofórmio, na junção de dois eléctrodos. Logo que o clorofórmio evapora, as moléculas de DG reúnem-se instantaneamente numa fila de estruturas de tipo-cordão entre os eléctrodos.

Os detectores baseados na DG, aproximadamente duas vezes mais sensíveis à luz do que os detectores disponíveis no mercado, são potencialmente mais baratos e simples de produzir. Os mecanismos experimentais são construídos usando pequenos pedaços de cristal de DG, com um pouco mais de um décimo de micrón, aproximadamente o comprimento dos cordões que a DG forma naturalmente. No entanto, os investigadores estão a trabalhar no sentido de duplicar o comprimento da porção de DG para um quarto de micrón, já que as dimensões maiores são mais fáceis de duplicar com técnicas convencionais de fabrico de semicondutores. Se for possível aumentar as dimensões do aparelho, então a solução de clorofórmio poderia ser depositada com uma agulha modificada de uma impressora a jacto de tinta, enquanto o resto do mecanismo seria simples de produzir em instalações mo-

dernas de litografia de semicondutores. Os investigadores salientam que as extraordinárias propriedades semicondutoras de compostos biomoleculares como a DG podem, em última análise, conduzir a uma plétora de componentes eléctricos que se baseiam numa quantidade surpreendentemente pequena de moléculas. Moléculas individuais poderiam substituir secções inteiras de semicondutores dopados em alguns aparelhos. (Rinaldi *et al.*, Applied Physics Letters, 8 / Março / 2001)



ANTI-MOLÉCULAS

Vários grupos experimentais do CERN têm tentado produzir átomos de anti-hidrogénio (ver, por exemplo, <http://hussle.harvard.edu/~atrap>) ao combinar positrões e antiprotões no ambiente frio de uma "ratoeira". O anti-H já foi produzido antes no CERN e no Fermilab em colisões de altas energias, mas não de forma a permitir um estudo detalhado. Em novas experiências, um dos modos possíveis de arrefecer átomos de anti-H acabados de produzir é misturá-los com átomos de hidrogénio ultrafrios. Um dos resultados prováveis de misturar

um átomo com a sua imagem de anti-matéria é a aniquilação mútua. Mas, antes que tal aconteça, poderá formar-se uma molécula de anti-H. Num encontro da American Physical Society sobre Física Atómica realizado em London, Ontário (Canadá), Bernard Zygelman explorou, através de simulações, as situações resultantes da mistura de H e anti-H. Um cenário possível é o seguinte: primeiro juntam-se como uma molécula e emitem um fóton característico. Depois de uma vida breve juntos, os constituintes da molécula reagrupar-se-iam para formar um par de electrão-positrão (positrónio) e um par de próton-antipróton (protónio). Ambos os pares se aniquilam rapidamente criando mais fótons característicos, sinalizando a existência fugaz da molécula.

(Ver <http://www.aps.org/meet/DAMOP01/baps/upr/layv1-005.html>; e Zygelman *et al.*, Physical Review A, Maio 2001)

O FUNDO CÓSMICO DE MICROONDAS

Novas medições do fundo cósmico de microondas (FCM) sustentam a ideia de uma era "inflacionária" inicial durante a qual o universo observável se expandiu a uma velocidade superluminal e pequenas flutuações quânticas na densidade da matéria se amplificaram para criar estruturas bastante maiores. Estas estruturas estão gravadas no FCM como variações ténues da temperatura do céu. O FCM, a "cortina" de fótons libertados quando o universo em expansão arrefeceu o suficiente para permitir a existência de átomos neutros, é o objecto científico mais antigo, de maior dimensão e mais longínquo.

A melhor forma de extrair informação cosmológica do FCM é traçar um plano da potência de microondas em função da dimensão angular de regiões que contribuem para o fundo. O modelo de inflação prevê que este espectro mostre um determinado número de picos. O primeiro pico, para um tamanho angular

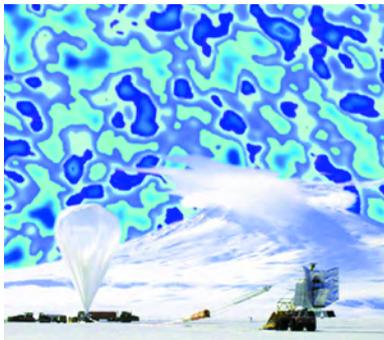
de cerca de um grau (cerca do dobro do tamanho angular da Lua), corresponde às manchas maiores de matéria no plasma primordial na altura do FCM (cerca de 400 000 anos depois do Big Bang). Picos subsequentes deveriam corresponder a manchas que se teriam juntado sob a acção da gravidade, mas que teriam voltado atrás devido à pressão da radiação e mais tarde se teriam condensado uma segunda ou terceira vez, etc. Há um ano, a colaboração "Boomerang", que usou um detector a bordo de um balão sobre a Antárctida, forneceu um mapa detalhado do primeiro pico que, além de cair no tamanho angular previsto pela inflação, também determinou que a curvatura global do universo era nula. Mas o "Boomerang" e um outro grupo detector, o "Maxima", não obtiveram provas concludentes de outros picos, o que espantou a comunidade de astrónomos. Tudo isto se alterou no último Encontro da Sociedade Americana de Física em Washington, D.C., onde a colaboração do "Degree Angular Scale Interferometer" (DASI), que tem o seu detector de microondas na estação do Pólo Sul da National Science Foundation, apresentou provas sólidas de um segundo e terceiro picos. Os resultados do DASI estavam em consonância com os do grupo "Boomerang"; o grupo "Boomerang" usou um novo tipo de análise e apresentou 14 vezes mais informação do que no ano passado. Os espectros de microondas dos dois grupos foram similares, assim como os valores de vários parâmetros cosmológicos (ver figuras em <http://www-news.uchicago.edu/releases/01/dasi/index-embargoed.shtml>; http://www.physics.ucsb.edu/~boomerang/press_images). Por exemplo, a posição do primeiro pico dá a energia total do universo (um parâmetro designado pela letra omega) expressa como uma fracção da densidade crítica necessária para parar a expansão cosmológica. O "Boomerang" e o DASI encontraram valores de 1,03 e 1,04, respectivamente, com cerca de 6% de incerteza.

Comparando a altura do primeiro e do segundo picos pode calcular-se a percentagem prevista de toda a energia no universo que existe sob a forma de matéria

vulgar (bariões). Ela é cerca de 5% para ambos os grupos, um facto que concorda com as previsões avançadas pela teoria independente da "nucleosíntese do Big Bang". É mais difícil fixar outros parâmetros cosmológicos, tais como a percentagem de energia sob a forma de matéria negra ou energia negra (energia oculta no vácuo e responsável pela aceleração global na expansão cosmológica recentemente descoberta). As novas medições do FCM sugerem valores de cerca de 30% e 65%, respectivamente, novamente de acordo com as expectativas recentes. Os novos resultados do grupo "Maxima", apresentados no encontro, não tinham o peso estatístico das dos outros dois grupos, mas eram consistentes com elas, de um modo geral; o acordo trilateral provocou um grande aplauso na audiência de astrónomos.

O astrónomo Michael Turner (da Universidade de Chicago) notou que a descoberta no ano passado do primeiro pico de microondas constitui a primeira prova do modelo da inflação e que a nova descoberta de picos secundários era a segunda. O terceiro tipo de provas, segundo Turner, seria a detecção de ondas de gravidade de um tempo anterior ao FCM.

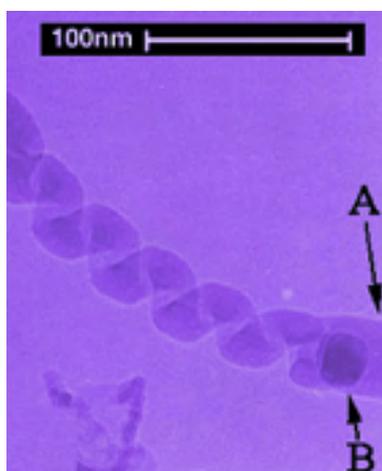
(ver <http://xxx.lanl.gov/astro-ph/014459>; [astro-ph/0104460](http://xxx.lanl.gov/astro-ph/0104460) e [astro-ph/0104488](http://xxx.lanl.gov/astro-ph/0104488), 89, e 90.)



NANOMOLAS

Enrole um nanofio em espiral e o que obtém? Uma nanomola, é claro. Embora fios com o diâmetro de alguns nanómetros não sejam, de facto, enrolados para fazer nanomolas, estas são produzidas

através de um processo conhecido como modo de crescimento vapor – líquido-sólido (VLS). O crescimento VLS ocorre quando a gota de um catalisador numa superfície absorve material constituinte de um fio de um vapor circundante. Quando a concentração do material atinge a super-saturação na gota, uma porção do material é segregado para o exterior da base da gota formando-se, gradualmente, um fio. Em certas circunstâncias, a colocação do material é assimétrica e o fio desenvolve-se numa nanomola em espiral (ver figura extraída de <http://www.aip.org/mgr/png>).



Até há pouco, o mecanismo que levava à assimetria era pouco claro, mas investigadores da Universidade de Idaho, EUA, propuseram um modelo que lança nova luz sobre a formação deste nanofio. Parece que uma pequena gota do catalisador, com aproximadamente o mesmo diâmetro do nanofio em crescimento, se mantém centrada no topo do mesmo, sendo linear o crescimento resultante. Contudo, se a gota exceder o diâmetro do fio, o seu equilíbrio no topo da estrutura é precário e a mais pequena perturbação pode empurrá-la para um dos lados, alterando abruptamente o padrão de crescimento de linear para helicoidal. Os investigadores confirmaram o modelo prevendo com exactidão as condições de crescimento de nanomolas de carboneto de boro. As nanomolas poderão, um dia, ser detectores altamente sensíveis de campos magnéticos, talvez com aplicação em cabeças de leituras de discos. Em alternativa, as nanomolas de

poderão servir como posicionadores, ou mesmo como pequenas molas convencionais, em futuras nanomáquinas.

(McIllroy *et al.*, Applied Physics Letters, 3 / Setembro / 2001).

A FÍSICA DAS VACAS LOUCAS

A doença das vacas loucas faz parte da classe das doenças neurodegenerativas causadas por proteínas disformes, conhecidas por priões. Os recentes surtos da doença em gado europeu e o aumento de ocorrências da doença de Creutzfeldt-Jacob (DCJ) em seres humanos tornaram as doenças dos priões ameaças crescentes à saúde pública. Embora a comunidade médica internacional tenha feito avanços consideráveis na compreensão das proteínas desviantes, novos trabalhos desenvolvidos por físicos da Universidade da Califórnia (R. Singh, em Davis) sugerem que um modelo simples da mecânica estatística poderá ajudar a explicar a progressão da doença. A motivação para o modelo foi o baixo nível de incidência (estatisticamente uniforme) da DCJ em todo o mundo e o tempo de incubação bastante reprodutível relativamente à dose de infecção. Estas características são consistentes com processos físicos e químicos descritos pela mecânica estatística. Simulando a infecção numa rede bidimensional, os investigadores descobriram que uma porção de priões pode servir de semente para o crescimento de mais priões em neurónios infectados. Os agregados de priões, logo que tenham tamanho suficiente, podem ser quebrados por vários processos e fazer com que os priões saltem para outros neurónios, semeando novas culturas de priões enquanto a doença progride.

O modelo, no entanto, oferece muito mais do que uma imagem obscura da marcha lenta do prião para a morte no sistema neurológico. Os investigadores encontraram razões de esperança ao tentar incorporar uma assimetria na virulência do cruzamento de espécies nas infecções priónicas. Por exemplo, os priões que normalmente infectam os neurónios dos ratos

podem atacar eficazmente os neurónios dos hamsters, mas priões próximos que são fatais para os hamsters são ineficazes nos ratos. O novo modelo sugere que a injeção de priões inofensivos de hamster num rato poderá conduzir à competição entre os priões do rato e do hamster, o que atrasaria bastante a progressão da doença. É um conceito espantoso: combater priões com priões! Embora este tratamento não prometa uma cura para as doenças de priões, pode aumentar o tempo de incubação até um ponto em uma doença como a DCJ seja imperceptível durante o tempo de vida humana. Além de sugerir novas terapias para as doenças de priões, um modelo estatístico das infecções poderá ajudar a prever surtos, como o que assolou a Inglaterra nos anos 90.

(Slepyo *et al.*, Physical Review Letters, 30 / Julho / 2001)



CAOS NO NEOCÓRTEX

Investigadores australianos (David Liley, da Universidade Tecnológica de Swinburne) encontraram caos num modelo do neocórtex, a mais complexa estrutura cerebral dos seres humanos e de outros mamíferos. O caos no cérebro manifestar-se-ia de forma imprevisível e como uma actividade eléctrica aparentemente aleatória, numa população de células nervosas (neurónios). O caos pode ter uma importante função neurológica e fornecer, como alguns investigadores já especularam, meios rápidos e flexíveis para o cérebro discriminar diferentes sons, odores e outros estímulos perceptivos. Os electroencefalogramas (EEG) registam a actividade eléctrica no córtex, mas não poderão nunca, assim como outras técnicas, detectar sinais claros e inequívocos de caos, uma vez que o córtex também emite uma enorme quantidade de "ruído", isto é, actividade eléctrica alea-

tória. Usando modelos realistas de fisiologia cerebral, vários investigadores estão a tentar desenvolver modelos que reproduzam resultados do EEG, mas que ofereçam também novas visões do funcionamento interno do cérebro. No entanto, os modelos anteriores ou não permitiam que o caos surgisse ou eram ineficazes a mostrar que o caos pode ocorrer sob as condições impostas pela estrutura do cérebro. Os investigadores australianos modelaram o comportamento de duas grandes populações de neurónios: excitadores (que excitam outros neurónios) e inibidores (que inibem outros neurónios). Especificamente, consideraram o "potencial da membrana somática do meio", o potencial eléctrico entre o exterior e o interior do corpo celular do neurónio (maior potencial significa maior frequência de disparos). Variando a velocidade dos impulsos eléctricos externos para cada população de neurónios, descobriram que a actividade eléctrica era irregular e parecida com ruído (embora não o fosse, efectivamente) para um amplo conjunto de "inputs". Quantitativamente, tal comportamento é associado a um expoente de Lyapunov positivo, que é a marca típica do caos. A existência do caos, dizem os investigadores, forneceria ao cérebro uma forma de alterar a sua resposta rapidamente mesmo para estímulos que diferem muito pouco.

(Daflis *et al.*, Chaos, Setembro / 2001)

OBSERVATÓRIO DE NEUTRINOS

O Observatório de Neutrinos de Sudbury (ONS), na sua primeira análise de dados, confirmou que os neutrinos oscilam de um tipo para outro. O ONS procura neutrinos pouco interactivos num imenso detector subterrâneo em Sudbury, Ontário, Canadá. Os neutrinos penetram facilmente 2000 metros abaixo de terra para atingir um depósito de 1000 toneladas de água pesada, onde podem iniciar algumas reacções observadas por fotodetectores ultra-sensíveis. Muitos teóricos crêem que os neutrinos electrónicos, provindos de decaimentos do boro 8 no interior solar, deviam, em parte, na sua rota para a Terra,

transformar-se em neutrinos muónicos. De todos os detectores de neutrinos, o ONS é o único que deveria observar uma curta quebra de neutrinos electrónicos, compensada por um excesso de neutrinos não electrónicos, embora não consiga distinguir os neutrinos muónicos dos tauónicos. O ONS encontra-se numa fase demasiado inicial para fazer este tipo de demonstração, mas pode determinar, comparando as suas taxas de observação de neutrinos (cerca de 8 por dia) e as taxas do detector Super Kamiokande no Japão, que alguns neutrinos não electrónicos estão a incidir no detector ao mesmo tempo que os neutrinos electrónicos maioritários. Concretamente, a análise compara as taxas de reacções de corrente carregada (CC) de neutrinos vistos na Terra, em que um neutrino electrónico atinge um deutério, originando dois prótons e um electrão (esta reacção deve-se à força nuclear fraca mediada por um bóson W carregado), com a taxa de reacções de dispersão elástica (DE), nas quais um neutrino electrónico colide num electrão dum átomo sem se converter em qualquer outra partícula. Os valores exclusivos do ONS, determinados pela reacção CC, comparados com os valores de DE (utilizando informação do ONS e do Super Kamiokande), fornecem uma prova directa da presença de neutrinos não electrónicos numa quantidade que pareceria descrever as quebras dos neutrinos solares (explicando, assim, o "problema dos neutrinos solares").

Quanto à questão da massa dos neutrinos, as medições actuais dão apenas um limite muito grosseiro para as diferenças de massas dos neutrinos. Devido ao grande número de neutrinos no universo, mesmo uma pequena massa do neutrino pode ter conferido aos neutrinos um papel considerável no agrupamento original de massa e na formação primordial de galáxias (ver <http://www.sno.phy.queensu.ca>)

Encontro de Física Atómica e Molecular

Potências de Dez

Escola Internacional de Física Médica

Colóquio em Tomar

Delegação Regional do Centro

- Sessão sobre ciência para miúdos

- Palestras em Aveiro

- Palestra em Coimbra

NOTÍCIAS DA SPF

ENCONTRO DE FÍSICA ATÓMICA E MOLECULAR

A Divisão de Física Atómica e Molecular está a organizar o "5th Iberian Joint Meeting on Atomic and Molecular Physics", que se vai realizar em Lisboa de 23 a 26 de Março de 2002. Mais informações em

<http://iber2002.cii.fc.ul.pt>

POTÊNCIAS DE DEZ

De 15 de Fevereiro a 15 de Maio de 2002 a Fundação Calouste Gulbenkian vai realizar em Lisboa uma exposição cujo título é "Potências de Dez - O mundo a várias escalas", que conta com a colaboração da SPF. Em paralelo com a exposição vão realizar-se várias palestras que serão publicadas num número especial da "Gazeta".

São comissários da exposição o Dr. Carlos Matos Ferreira e a Dra. Ana Eiró.



ESCOLA INTERNACIONAL DE FÍSICA MÉDICA

A Sociedade Portuguesa de Física e a Universidade do Algarve organizaram a 4th Southern European School da European Physical Society - "Physics in Medicine", que teve lugar em Faro de 1 a 12 Setembro de 2001.

A escola destinou-se a estudantes de pós-graduação e dos últimos anos de licenciatura e também a pessoal técnico hospitalar, da Europa do Sul e do Norte de África. Várias actividades deram aos participantes a oportunidade de aprender os avanços científicos e tecnológicos mais recentes na Física Médica.

COLÓQUIO EM TOMAR

Vai realizar-se no Instituto Politécnico de Tomar o 2º Colóquio de Física desse Instituto Politécnico de Tomar, subordinado ao tema "A Física no Século XXI". O encontro, que decorre nos dias 22 e 23 de Novembro, tem o apoio da Sociedade Portuguesa de Física.

DELEGAÇÃO REGIONAL DO CENTRO

Acções e cursos

Entre as actividades desenvolvidas na região centro durante o ano lectivo 2000/2001 contaram-se as seguintes acções e cursos de formação:

— "**As Partículas e o Cosmo**", pelo Dr. Manuel Fiolhais, realizada na E. S./3 de Latino Coelho, Lamego (14-3-01) e Esc. Sec. Martinho Árias, Soure (28-3-01).

— "**Física e Informática — uma relação 'inteligente'**", pelo Mestre José Luís Malaquias, realizada na Esc. Sec. João da Silva Correia, S. João da Madeira (14-2-01); Esc. Sec. da Sé, Lamego (6-2-01); Esc. Sec. Pinhal do Rei, Marinha Grande; e Esc. Sec. de Latino Coelho, Lamego.

— "**A Física do Cérebro Humano**", pelo Lic. José Luís Malaquias, realizada na Esc. Sec. Dionísio da Cunha, Canas de Senhorim e Esc. Sec. da Sé, Lamego (6-2-01).

— "**Física no Desporto**", pelo Dr. Adriano Pedroso de Lima, realizada na Esc. Sec. Emídio Navarro, Viseu (6-2-01); Esc. Sec. da Sé, Lamego (19-1-01); e Esc. Sec. Acácio Calazans Duarte, Marinha Grande (30-5-01).

— "**Atrito: a nosso favor ou contra?**", pela Dr^a Maria José de Almeida, realizada na E. S. Faria de Vasconcelos, Castelo Branco (12-3-01); Esc. Sec. Prof. Mendes dos Remédios, Nisa (19-3-01); Esc. Sec. /3 de Latino Coelho, Lamego (23-3-01); Esc. Sec. de Vouzela (23-3-01); Esc. Sec. João de Silva Correia, S. João da Madeira (18-4-01); e Esc. Bas. 23 da Pedrulha, Coimbra (16-5-01).

— "**Ciência a Brincar**", pela Dr^a Constança Providência e Isabel Schreck, realizada em colaboração com a Associação para Educadores de Infância, Seia, 9-5-01.

Sessão sobre ciência para miúdos

Constança Providência, Carlos Fiolhais e Benilde Costa fizeram uma sessão experimental sobre "Brincar com água, brincar com ciência", no dia 17 de Outubro de 2001, no Departamento de Física, da

Universidade de Coimbra. Os destinatários são principalmente educadoras de infância e professores primários.



Palestras em Aveiro

Realizaram-se as seguintes palestras no Departamento de Física da Universidade de Aveiro:

— 2 Novembro de 2000: "Computação quântica", pelo Dr. João Lopes dos Santos, da Universidade do Porto;

— 4 Janeiro de 2001: "Experimentação e Teoria Quântica: Um Século de Sucessos", pelo Dr. Augusto Barroso, da Universidade de Lisboa;

— 1 Fevereiro de 2001: "As Ciências Físico-Matemáticas em Portugal nos séculos XVII e XVIII", pelo Dr. Décio Ruivo Martins, da Universidade de Coimbra;

— 8 Março de 2001: "Holografia Experimental no Ensino Secundário", proferida por Pedro Pombo, da Universidade de Aveiro.

Palestra em Coimbra

Realizou-se a seguinte palestra no Departamento de Física da Universidade de Coimbra:

— 31 de Maio de 2001: "Lo útil de conocer/ A utilidade do conhecimento", pelo Dr. Pedro Echenique, da Universidade do País Basco, Espanha.

A Gazeta de Física publicará no próximo número uma entrevista com aquele físico espanhol, que foi laureado com o Prémio Príncipe de Astúrias de Ciência e Tecnologia.

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

OLIMPIADAS DE FÍSICA

FASE NACIONAL

Realizaram-se no dia 22 e 23 de Junho as Olimpíadas Nacionais. As provas decorreram no dia 23 de manhã no Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Durante o período da manhã os professores assistiram à conferência "Água Virtual" pelo Mestre Jorge Trindade. De tarde os participantes visitaram a exposição "Radiação e Vida" na Sala da Cidade de Coimbra e o Museu de Física. Às 17h teve lugar a cerimónia de encerramento e de anúncio dos vencedores. Além da Dra. Constança Providência, Presidente da Delegação Regional do Centro da SPF e do Dr. Manuel Fiolhais, Coordenador das Olimpíadas, a sessão contou com a presença do Dr. José Dias Urbano, Presidente da SPF e do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, e da Dr.a Ana Noronha, em representação da Unidade Ciência Viva do Ministério da Ciência e Tecnologia que, juntamente com o Instituto de Inovação Educacional, apoiou as Olimpíadas de Física. Foram os seguintes os vencedores das Olimpíadas Nacionais de Física de 2000/2001:

Escalão A

Ana Carina Simões
Maria Emília de Clara Vergueiro
Maria Manuel Sampaio e Silva
da Esc. Sec. de Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz

Escalão B

1. Luís André Neves Paiva Fernandes, da Esc. Sec. Maia
2. Gaël Ludovic de Oliveira Andrade, da Esc. Sec. de Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz
3. Flávio Alves, da Escola Bás. e Sec. de Oliveira de Frades

4. Pedro Santos Oliveira e Silva, da Esc. Sec. Maia
5. Luís David F. Moreira Pedrosa, do Colégio Marista de Carcavelos
6. David Ricardo Sequeira Beda, do Colégio Manuel Bernardes, Lisboa
7. Joana Caldas Magalhães, da Esc. Sec. Almeida Garrett, Vila Nova de Gaia
8. Pedro Miguel Machado Rodrigues, do Ext. Delfim Ferreira, Riba de Ave

Estes alunos, juntamente com Daniela Santos, do Instituto de Odivelas, Paulo Sérgio dos Santos Rocha, da Esc. Sec. de Sever do Vouga, Pedro António de Afonso Esteves, da Esc. Sec. Afonso de Albuquerque, Guarda, Pedro Elói Costa Brás, da Esc. Sec. Alves Martins, Viseu, Sara Neves Vieira da Silva, da Esc. Sec. José Estevão, Aveiro, Mariana Marcelino Belchior Cardoso, da Esc. Sec. Prof. Herculano Carvalho, Lisboa e Ricardo Correia, da Esc. Sec. de Valbom estão pré-seleccionados para as Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas do próximo ano, que vão decorrer na Indonésia e na Guatemala, respectivamente. As provas das Olimpíadas Nacionais podem ser obtidas em <http://spf.pt>

MEDALHA DE PRATA NAS OLIMPIADAS INTERNACIONAIS

Fábio Diales da Rocha, da Escola Carlos Amarante, de Braga, trouxe consigo a primeira medalha obtida por es-

tudantes portugueses nas Olimpíadas Internacionais de Física. Obteve 39,4 pontos em 50, tendo o vencedor absoluto — um estudante russo — obtido 46 pontos. Tal prémio deve-se, acima de tudo, ao trabalho pessoal do Fábio. Para ele os nossos calorosos parabéns! Mas deve também ser destacado o papel da sua Escola e da sua professora de Física, Maria Julita Capelo Monteiro, a quem a SPF felicita igualmente.

A representação portuguesa foi ainda constituída pelos alunos finalistas do 12º ano André Delgado Martins Dias (Col. Manuel Bernardes, Lisboa), Pedro Alegre Queiroz (Esc. Sec. Herculano Carvalho, Lisboa), António Daniel Miranda Almeida (Esc. Sec. D. Duarte, Coimbra) e Pedro Miguel da Silva Neto (Ext. Irene Lisboa, Arruda dos Vinhos) e ainda pelos "team-leaders" Fernando Nogueira e José António Paixão.



Da esquerda para a direita: António Almeida, André Dias, Pedro Queiroz, Pedro Neto e Fábio Rocha.

A XXXII Olimpíada Internacional de Física (IPhO) decorreu em Antalya, na Turquia, de 28 de Junho a 6 de Julho. Das deslocações das equipas portuguesas às Olimpíadas ficam sempre pequenas histórias interessantes, mais ou menos divertidas, para contar. Este ano houve um percalço com a viagem motivado por um arrelizador atraso do avião à partida de Lisboa e que fez perder a ligação em Frankfurt! Lá teve a equipa de pernoitar na Alemanha e, no dia seguinte, andar a "saltar" de aeroporto em aeroporto até chegar a Antalya! Perdeu-se a cerimónia de abertura mas foi óptimo para quem, como o Pedro Queiroz, anda a "coleccionar países".

A prova teórica foi constituída por três problemas. O primeiro problema estava separado em quatro questões abarcando mecânica quântica, termodinâmica, electrostática e electromagnetismo. No segundo problema era pedido aos alunos que estudassem um sistema binário de estrelas. O terceiro e último problema teórico consistia na análise de um gerador magnetohidrodinâmico forma-

do por um tubo onde circulava mercúrio líquido e ao qual era aplicado um campo magnético transverso uniforme. Os terminais do gerador eram duas placas de cobre colocadas em faces opostas do tubo.

A prova experimental consistiu este ano apenas numa questão, intitulada "Líquido em rotação", que estava dividida em três partes: i) investigar o perfil da superfície livre de um líquido em rotação e a partir daí determinar a aceleração da gravidade; ii) estudar o líquido em rotação enquanto sistema óptico; iii) determinar o índice de refração do líquido. Para tal, os alunos dispunham de um vaso rígido de plástico, de forma cilíndrica, contendo glicerina líquida, que estava montado numa plataforma giratória accionada por um pequeno motor eléctrico de corrente contínua. Este motor era alimentado por uma fonte de tensão ajustável, com a qual se podia controlar a velocidade angular da plataforma. Para medir a curvatura da superfície do líquido usava-se um ponteiro laser montado num suporte por cima do vaso. Recorrendo a este ponteiro os alunos deviam também estudar o sistema óptico formado pelo líquido em rotação e determinar o índice de refração da glicerina.

As provas bem como muita outra informação podem ser obtidas na página web da IPhO'2001:

<http://www.ipho2001.org.tr/> e na página de Olimpíadas da SPF: <http://nautilus.fis.uc.pt/olimpiadas/2001/>.

O apuramento final da equipa olímpica realizou-se no dia 2 de Junho. Além dos jovens que foram à Turquia, ficaram seleccionados para participar nas Olimpíadas Ibero-americanas de Física, a realizar na Bolívia de 20 a 26 de Outubro, os seguintes alunos: Tiago Rodrigues Ribeiro e Sousa (Esc. Sec. da Amadora), Artur da Costa

Lopes de Castro (Esc. Sec. da Maia), Paulo André Nobre Rosa (Esc. Sec. D. Pedro I, Alcobaça) e José Helder Figueira Gomes (Esc. Sec. Francisco Franco, Funchal). Ainda durante o mês de Junho, antes da partida para a Turquia, realizou-se uma sessão de preparação dos nove alunos apurados para a IPhO e OIBF. A Comissão Nacional das Olimpíadas contou, uma vez mais, com a colaboração dos docentes do Departamento de Física da Universidade de Coimbra Drs. Adriano Lima, Pedro Alberto, Lucília Brito, Francisco Gil e Vítor Hugo. Na IPhO, além de muitos banhos no Mediterrâneo, os alunos tiveram ainda a oportunidade de efectuar visitas às magníficas ruínas das cidades greco-romanas de Perge, Side e Aspendos, tendo ficado particularmente entusiasmados com o teatro romano de Aspendos, que resistiu praticamente incólume até aos nossos dias. No decurso de um passeio de iate, foi-lhes ainda possível observar a "foz" do rio Düden: uma cascata de 40 m de altura directamente sobre o mar! Na cerimónia de encerramento foi oficialmente anunciado que a XXXIII IPhO decorrerá em Bandung (Indonésia), em Julho de 2002.

Dois últimas notas curiosas. A primeira tem a ver com o Fábio, que não recebeu em Antalya a sua medalha. Na véspera da cerimónia de encerramento partiu para Paris, onde se juntou aos seus colegas participantes nas Olimpíadas de Matemática, e daí para os Estados Unidos para participar na Olimpíada Internacional de Matemática. A segunda nota tem a ver com o interesse da comunicação social — televisões, rádios, jornais e vários "sites" de informação na Internet — pelo excelente resultado obtido pelo jovem português.

DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS DO FÍSICO

Tomamos estes postulados como óbvios: todos os físicos nascem iguais, em primeira aproximação; são investidos pelo criador com certos privilégios, entre os quais um tempo de vida médio, n graus de liberdade e os seguintes direitos que são invariantes sob toda e qualquer transformação linear:

- 1 Aproximar todos os problemas a casos ideais;
- 2 Calcular ordens de grandeza sempre que for julgado necessário (ou seja, quando for possível "safar-se" com isso);
- 3 Usar a teoria de perturbações independente do tempo para resolver problemas mais complexos do que a adição de inteiros positivos;
- 4 Dispensar todas as funções que divirjam por serem "desagradáveis" e "não físicas";
- 5 Invocar os princípios de incerteza quando confrontados por matemáticos, químicos, engenheiros, psicólogos, sociólogos e outros seres confundidos;
- 6 Quando pressionados por não físicos a apresentar uma explicação de 4., murmurar em tom reprovador qualquer coisa acerca de matemáticos ingénuos;
- 7 Resolver uma equação dimensionalmente inconsistente com um comentário adequado, do tipo "Bom, de qualquer modo apenas estamos interessados na ordem de grandeza";

Entrevista com Fábio Rocha

PRIMEIRA MEDALHA NAS OLIMPÍADAS PARA UM ESTUDANTE PORTUGUÊS



"O prémio mostra que a Física é algo que tem interesse saber"

Fábio Diales da Rocha, de 18 anos, obteve uma medalha de prata nas Olimpíadas de Física, realizadas em Junho e Julho passado, na Turquia. Até ao final do passado ano lectivo estudante da Escola Secundária Carlos Amarante, em Braga, Fábio Rocha destacou-se entre 300 alunos em representação de 70 países.

Gazeta de Física — Qual foi o problema (ou problemas) que lhe deram a medalha nas Olimpíadas?

Fábio Rocha — Não há nenhum problema específico que possa indicar. As medalhas são atribuídas a quem tiver uma pontuação total entre certos valores. Não houve nenhum problema que me tenha corrido especialmente bem ou especialmente mal. Por isso, pode dizer-se que todos contribuíram para o resultado final.

A parte teórica consistia, como nos outros anos, em três problemas. O primeiro era um conjunto de várias pequenas perguntas sobre várias áreas da Física — electromagnetismo, termodinâmica, Física quântica, etc. O segundo era sobre um sistema estelar binário em que uma das estrelas era uma estrela de neutrões. O último era essencialmente de electromagnetismo e baseava-se no funcionamento de um gerador magneto-hidrodinâmico. A parte experimental envolvia um laser e um vaso rotativo com um líquido (glicerina). Um dos objectivos era

determinar a aceleração da gravidade com este equipamento.

P. — Globalmente, qual é a sua opinião sobre o grau de dificuldade do certame?

R. — Como era de esperar a dificuldade era bastante superior à de qualquer exame de Física do 12º ano e requeria conhecimentos mais avançados. No entanto, estava dentro do nível normal de outros anos desta competição e penso que a preparação que fizemos com a Sociedade Portuguesa de Física ao longo do ano nos deixou preparados para este nível.

P. — Que impressões mais marcantes lhe deixou a participação nestas Olimpíadas?

R. — Foi uma experiência muito agradável. Conheci pessoas interessantes e com interesses semelhantes aos meus. Também gostei de ficar a conhecer algo da Turquia. E aparecer em directo na televisão depois do regresso foi sem dúvida marcante.

P. — Como se sentiu quando soube do prémio? E o que representa para si este resultado?

R. — Bastante feliz, é claro. O prémio mostra que Física é algo que tem interesse saber.

P. — Depois desta experiência, o que mudou ou acha que pode vir a mudar na sua vida?

R. — Não acho que venha a causar grandes mudanças. Imediatamente a seguir ao meu regresso tive alguma atenção mediática mas essa (felizmente) esmoreceu rapidamente.

P. — Profissionalmente, o que gostaria de vir a fazer no futuro? E esse futuro passa, de alguma forma, pela Física ou não?

R. — Desde bastante novo que queria ir para Física e é claro que a participação nas Olimpíadas não mudou nada nesse propósito. Agora que terminei o secundário vou frequentar um curso de Física e quando acabar gostaria de fazer investigação.

Entrevista de CARLOS PESSOA
gazeta@teor.fis.uc.pt

LIVROS NOVOS

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

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

"ABC da Astronomia", Pedro Ferreira, Fundação para a Divulgação das Tecnologias da Informação", 2001.

"A Filha de Galileu", Dava Sobel, Circulo de Leitores, 2001.

"Energias renováveis, A opção inadiável", Manuel Collares Pereira, Sociedade Portuguesa de Energia Solar, 2001.

"O Mistério do Bilhete de Identidade e Outras Histórias", Jorge Buescu, Gradiva, 2001.

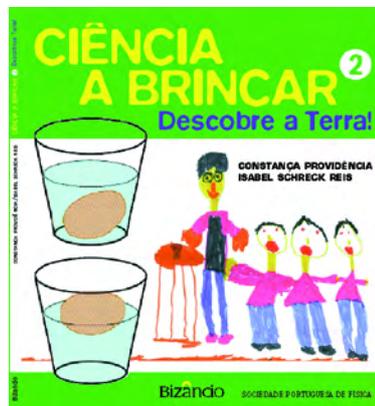
"O Pequeno Livro de Astronomia", Máximo Ferreira, Bizâncio, 2001.

"O Reino dos Elementos", P.W. Atkins, Rocco/Temas e Debates, 2001.

"Tibaldo e o Buraco no Calendário", Abner Shimony, Replicação, 2001.

"Três Tipos de Mente", Daniel Dennett, Rocco/Temas e Debates, 2001.

CIÊNCIA A BRINCAR 2*



"Ciência a Brincar 2 – Descobre a Terra!"
Constança Providência e Isabel Schreck Reis
Bizâncio, Lisboa 2001.

"A nossa ciência, comparada com o mundo que descreve, é primitiva e infantil. No entanto, é a coisa mais preciosa que temos".

Albert Einstein

"Ciência a Brincar 2 – Descobre a Terra!" é a continuação lógica e natural de "Ciência a Brincar", um dos primeiros livros publicados em Portugal e por autores portugueses sobre ciência para crianças.

Era claro que a "Ciência a Brincar" tinha de continuar. Projectos e livros como esse, em que a experimentação é colocada ao alcance dos mais jovens, correspondem a uma necessidade das crianças, dos educadores e das famílias. A resposta do público ao primeiro "Ciência a Brincar" foi elucidativa da falta que fazia entre nós esse género de literatura (a que havia era importada requerendo por vezes materiais difíceis de encontrar). Os livros da primeira edição do primeiro "Ciência a Brincar" não só se esgotaram nas livrarias como foram utilizados num sem número de actividades práticas de iniciação à ciência um pouco por todo o país. Espera-se que este novo "Ciência a Brincar", o segundo de uma série cujo bom futuro se augura, tenha o mesmo acolhimento. A ideia central é a mesma: proporcionar a ciência o mais cedo possível, o que significa ciência no jardim de infância e no primeiro ciclo do ensino básico. O formato é também o mesmo, com a descrição de um conjunto seleccionado de experiências, com materiais acessíveis e realização elementar. Os desenhos infantis ajudam a perceber como as nossas crianças são altamente receptíveis a este tipo de actividades. O sucesso será decerto o mesmo.

Porque devemos de dar a ciência aos nossos jovens o mais cedo possível? Em primeiro lugar, porque é a *"coisa mais preciosa que temos"*. Depois, porque é de pequenino que se torce o destino e o nosso destino, de Portugal, da Europa e do resto do mundo, passa necessariamente pelo conhecimento científico e pelas atitudes científicas que a ele conduzem. Ora, o conhecimento científico é algo que deve começar a brincar, de uma maneira estimulante (a "ciência a brincar" pode ser o início da "ciência a sério"), e a atitude científica, que consiste em formular questões, experimentar com cuidado, observar com atenção e validar as conclusões alcançadas, é um hábito que ou se adquire quando se é novo ou dificilmente se adquire depois.

Em Portugal, só recentemente se vê um movimento amplo no sentido de levar a ciência às crianças. As dificuldades são múltiplas, embora as crianças não façam parte dessas dificuldades. As crianças, aqui como em todo o lado, são naturalmente curiosas e participativas em actividades experimentais onde possam dar largas à sua curiosidade. A dificuldade por vezes está na escola, ou melhor, num sistema escolar arcaico, profundamente avesso à ideia de actividades experimentais e profundamente arreado de concepções retóricas. Temos instalado um divórcio entre a escola e a ciência. Os educadores são, eles próprios e em muitos casos, vítimas da educação que tiveram. Falam das coisas mas não mexem nelas porque a escola onde andaram lhes incutiu, ainda que de maneira subreptícia, o receio de mexer. Como hão-de pôr os seus alunos a mexer? Como há-de a escola "mexer" e andar para a frente?

Pois simplesmente tentando realizar algumas (ou ainda melhor, todas) as actividades tão bem expostas neste excelente livro de Constança Providência e Isabel Schreck dos Reis. Dentro e fora da aula. Em casa e no campo. Na escola pré-primária há muito espaço e tempo para descobrir as actividades de tipo científico que têm sido preteridas em favor de actividades de tipo artístico (como se a ciência fosse inimiga da arte e não fosse, tanto como esta, expressão de criatividade...). Na escola primária, também há tempo para isso até porque um "conteúdo" curricular se intitula precisamente "estudo do meio". Este meio é por vezes entendido como meio social, que tem decerto o seu lugar na educação. Contudo, antes de sermos seres sociais, somos seres vivos que habitam o planeta Terra, respiram o ar – uma mistura de azoto, oxigénio e outros gases, e bebem água - um líquido indispensável à vida tal como a conhecemos. O nosso meio é físico antes de ser social.

"Ciência a Brincar 2 – Descubre a Terra" é um convite à descoberta do nosso planeta. Fala-se hoje muito e com propriedade de cidadania. Convém não esquecer que, antes de sermos cidadãos de um país, somos cidadãos de um planeta. Importa conhecê-lo e respeitá-lo. Partamos pois à descoberta da Terra!

CARLOS FIOLEHAIS
tcarlos@teor.fis.uc.pt

* Texto do prefácio do livro

PROBLEMAS DE FÍSICA



"Física", Schaum's Outlines, 9.ª edição
Frederick J. Bueche e Eugene Hecht
McGraw-Hill, Lisboa, 2001.

Faltava em português uma boa colecção de problemas de Física Geral, que cobrisse desde a Mecânica Newtoniana até à Física Nuclear, que tivesse alguns problemas resolvidos e soluções dos restantes e que, portanto, pudesse auxiliar os alunos dos primeiros anos universitários (de Física ou das Engenharias) na sua auto-preparação. Esse livro surgiu em Março de 2001 do prelo da McGraw-Hill de Portugal.

É um volume, com mais de 500 páginas, que se insere na prestigiada colecção Schaum, que tantos "best-sellers" inclui. São seus autores os norte-americanos Fredrick Bueche, professor da Universidade de Dayton, e Eugene Hecht, da Universidade Adelphi, em Nova Iorque. Tratam-se de físicos com uma rica experiência pedagógica:

o primeiro é autor de "Principles of Physics" e o segundo de "Optics" (publicado em português pela Fundação Gulbenkian) e de "Physics", um manual de referência para Física Geral.

Como a resolução de problemas é uma das capacidades exigidas para o domínio das matérias de Física, é certo que este livro vai ser extremamente útil a todos os estudantes portugueses que o usem. A tradução portuguesa é de Maria José Almeida, professora da Universidade de Coimbra, que também escreveu um prefácio à edição portuguesa. É um trabalho cuidadoso tanto do ponto de vista científico como linguístico.

C. F.

A CIÊNCIA DO CALOR



"Termodinâmica", 3.ª edição
Yunus Çengel e Michael Boles McGraw-Hill
Lisboa, 2001.

A McGraw-Hill Portugal continua a prestar um serviço aos estudantes e professores universitários com mais este grande livro publicado em português. Trata-se de um livro grande no tamanho (mais de 1000 páginas, para não falar na disquete que o acompanha, contendo o "Engineering Equation Solver") mas também grande no valor que representa para os estudantes de termodinâmica, nomeadamente dos cursos de engenharia (a Termodinâmica dos cursos de Física não é tão voltada para as aplicações como acontece neste livro).

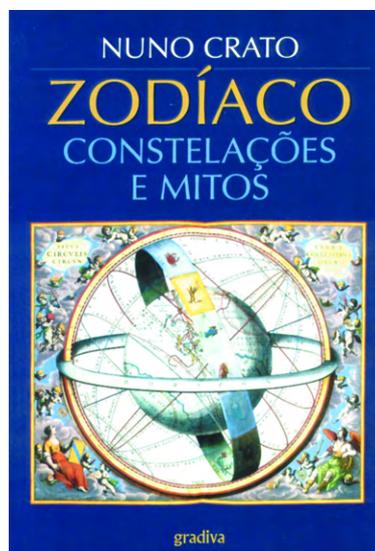
"Termodinâmica" é a tradução de um manual internacional de grande circulação, da autoria de dois professores

norte-americanos de Engenharia Mecânica. A primeira edição deste livro foi justamente premiada pela sua excelência e carácter inovador. A terceira edição contém bastantes mudanças pedagógicas e de conteúdo que só melhoram a obra. Entre as marcas que distinguem este livro refiram-se a inclusão de temas do quotidiano, a inclusão de aspectos económicos, a escrita agradável e, por vezes, mesmo humorística (há cartoons muito curiosos!), o grande número de exercícios e as valiosas tabelas no final.

A tradução portuguesa é de Eurico Rodrigues, da Universidade do Minho, e João Paulo Ferreira, da Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica. Embora não esteja assinado, devem ser eles os autores do prefácio à edição portuguesa. O seu trabalho constitui um contributo precioso à fixação em língua portuguesa de vários termos científico-técnicos.

C. F.

LENDAS DO CÉU NOCTURNO



"Zodíaco, Constelações e Mitos"
Nuno Crato
Gradiva, Lisboa, 2001

"Este livro contém doze capítulos, um para cada um dos doze signos do zodíaco", lê-se logo no prefácio. O autor, Nuno Crato, é professor de Matemática e Estatística no Instituto Superior de Economia e Gestão, e escreve regularmente no semanário Expresso. É co-autor do livro Eclipses, já referido na "Gazeta de Física" (fasc. 3, 1999). A estrutura do livro mantém-se coerente ao longo das

suas 168 páginas. Cada um dos capítulos inicia-se com uma pequena história que descreve uma das versões do mito associado a cada signo, sem ceder à excessiva simplificação, utilizando uma linguagem atraente. Segue-se uma breve explicação de um facto astronómico relacionado com a constelação em causa como, por exemplo, “O zodíaco e o calendário” e “A precessão dos equinócios”. A seguir apresentam-se excertos de textos clássicos de Eratóstenes (Pseudo-Eratóstenes) e também de Higino, caracterizando cada constelação na linguagem da época respectiva. O fecho de cada capítulo faz-se com extractos de narrativas mitológicas clássicas, onde figuram traduções de textos originais de Hesíodo, Píndaro, Ovídio e outros autores clássicos. Para que não haja dúvidas, os termos “signo” e “constelação” distinguem-se claramente na p. 55. As ilustrações e os mapas explicativos estão sempre presentes, permitindo assim que a obra seja agradável para os leitores mais jovens. A meio do livro intercalam-se ainda dez estampas a cores que mostram a passagem do Sol através das constelações do zodíaco (utilizando as fronteiras modernas, de Eugène Delporte, como foram definidas na sua “Délimitation Scientifique des Constellations”).

Munido deste livro, o leitor conhecerá de perto, nos vários mitos referidos, as aventuras, amores, ódios e traições entre os deuses, titãs, gigantes e humanos que povoaram o imaginário grego e ainda hoje “passam” diariamente sobre as nossas cabeças, transmitindo um encanto especial ao céu nocturno. Os leitores podem acompanhar Jasão e os Argonautas na sua difícil viagem em busca do velo dourado, ouvindo os acordes de Orfeu, músico tão talentoso que até as árvores e as pedras o seguiam quando tocava a sua lira. Pela pena de Nuno Crato será ainda possível “assistir”, à indecisão de Pã, deus dos pastores e dos rebanhos, que, ao ser perseguido pelo monstro Tífon, hesitou entre transformar-se em peixe e sumir-se nas águas, ou transformar-se em cabra e fugir pelos montes. É por isso que, no céu, é representado por uma cabra com cauda de peixe (Capricórnio). Os mitos são muitos e estão bem contados.

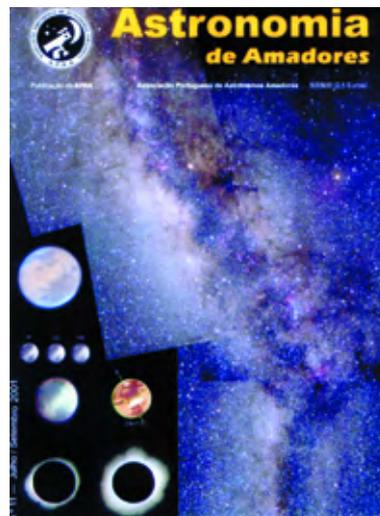
Nuno Crato inclui um Apêndice sobre deuses e heróis gregos, onde se incluem quadros explicativos sobre a genealogia divina, a genealogia de Úrano e Gaia, a descendência de Zeus e a correspondência entre mitónimos gregos e latinos. No final o leitor encontra ainda um posfácio de José Mariano Gago, um índice remissivo e uma útil bibliografia.

Este livro interessará a todas as pessoas que sintam

curiosidade pelas lendas clássicas e pelo imaginário ligado ao céu nocturno. Proporcionar-lhes-á a todas elas uma leitura agradável.

GUILHERME DE ALMEIDA
g.almeida@netc.pt

ASTRONOMIA PARA TODOS



"Astronomia de Amadores"
Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores,
Nº 11, Lisboa, 2001

A revista "Astronomia de Amadores" é publicada trimestralmente pela Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores (APAA). Registe-se que a APAA, fundada em 1976, é a mais antiga associação de astrónomos amadores em Portugal e congrega várias centenas de entusiastas e observadores empenhados.

A revista é policopiada e em formato A4, com 38 páginas e capa a cores. Contém artigos de iniciação à Astronomia, informações sobre a vida associativa e efemérides, mas também aborda temáticas mais elaboradas sobre instrumentos e técnicas de observação, astrofotografia (sobre emulsão e CCD), objectos celestes, construção de acessórios úteis, etc. Contém fotografias da Lua, dos planetas, de galáxias, nebulosas, enxames estelares, etc., obtidas por amadores, que mais parecem saídas de observatórios profissionais, o que atesta o elevado nível que a fotografia astronómica atingiu no nosso país. Esta revista será útil a todas as pessoas que se interessam por astronomia, observações astronómicas e astrofotografia, ao nível amador e da divulgação. Incluem-se também nesse leque de desti-

natários os jovens e eventualmente os docentes que lecionam Ciências Físico-Químicas ao 8º ano de escolaridade, onde se encontra a unidade didáctica "Nós e o Universo". Qualquer interessado por estes assuntos pode ser sócio da APAA (incluindo escolas). A revista é gratuita para os sócios da associação, podendo ser adquirida por qualquer pessoa (500\$00, 2,5 euros) por encomenda directa à APAA, cujo endereço é o seguinte:
Rua Alexandre Herculano, nº 57 — 4º Dtº, 1250 Lisboa (tel. 21 386 37 02, "e-mail": info@apaa.rcts.pt, ou <http://www.apaa.online.pt>).

G. A.

SÍTIO DA AVENTURA DAS PARTÍCULAS

O "site" brasileiro <http://www.aventuradasparticulas.ift.unesp.br> contém informação bastante acessível e bem apresentada sobre a estrutura da matéria.

Quem quiser saber, por exemplo, o que é a partícula de Higgs e o que são neutrinos, pode encontrar ajuda em português nestas páginas. A Internet em língua portuguesa, incluindo o apoio ao ensino das ciências, continua a crescer em quantidade e qualidade tanto em Portugal como no Brasil.

HUMOR

SOBRE A EXISTÊNCIA DO PAI NATAL

Na Terra há cerca de dois mil milhões de crianças (entenda-se todo o indivíduo com menos de 18 anos). Contudo, como o Pai Natal não vai visitar as crianças muçulmanas, hindus, judias ou budistas (salvo, talvez, no Japão), o volume de trabalho para a noite de Natal fica eventualmente reduzido a 15 por cento do total, ou seja, a 378 milhões. Contando uma média de 3,5 crianças por casa, temos 108 milhões de casas. O Pai Natal dispõe de cerca de 31 horas de trabalho na noite de Natal, devido aos diferentes fusos horários e à rotação da Terra, admitindo a hipótese de que viaja de Leste para Oeste, o que, de resto, parece lógico. Tal equivale a 967,7 visitas por segundo, o que significa que para cada lar cristão com uma criança bem comportada pelo menos, o Pai Natal dispõe de cerca de um milésimo de segundo para estacionar o trenó, sair, descer pela chaminé, encher as meias com as prendas, distribuir o resto dos presentes junto ao pinheiro, provar as guloseimas que lhe deixam, voltar a subir a chaminé, saltar para o trenó e dirigir-se para a casa seguinte.

Supondo que essas 108 milhões de paragens se distribuem uniformemente à superfície da Terra (hipótese que sabemos falsa, mas que aceitamos como primeira aproximação), teremos que contar com cerca de 1,4 quilómetros por trajecto, o que significa uma viagem total de mais de 150 milhões de quilómetros, sem contar com os desvios para reabastecimento ou fazer chichi. O trenó do Pai Natal desloca-se pois à velocidade de 1170 quilómetros por segundo (3000 vezes a velocidade do som). A título de comparação, o veículo mais rápido fabricado pelo homem, a sonda Ulisses, não vai além dos 49 quilómetros por segundo e uma rena média consegue correr quando muito a 27 quilómetros por hora.

A carga útil do trenó constitui igualmente um elemento interessante. Supondo que cada criança apenas recebe o equivalente a uma caixa de Legos média (um quilo), o trenó suporta mais de 500 mil toneladas, sem contar com o peso do Pai Natal. Em Terra, uma rena convencional não consegue puxar mais de 150 quilogramas. Mesmo supondo que a famosa "rena voadora" tem um desempenho dez vezes superior, o Pai Natal não consegue cumprir a sua missão com 8 ou 9 animais; precisará de 360 000, o que vem aumentar a carga útil em mais 54 000 toneladas, abstraindo já do peso do trenó, o que equivale a 7 vezes o peso do Príncipe Alberto (o barco, não o monarca...). 600 000 toneladas a viajar a 1170 quilómetros por segundo produzem uma enorme resistência ao ar, a qual provoca um aquecimento das renas, tal qual um engenho espacial ao entrar na atmosfera terrestre. As duas renas da frente absorveriam uma energia de 14 300 milhões de joules por segundo, cada uma. Em resumo, entrariam quase instantaneamente em combustão, pondo perigosamente em risco as duas renas seguintes. O bando de renas vaporizar-se-ia completamente em 4,26 milésimos de segundos, isto é, o tempo exactamente necessário ao Pai Natal para chegar à quinta casa.

Tudo isto, porém, não é o pior. O Pai Natal, passando fulgurantemente da velocidade instantânea nula a 1170 quilómetros por segundo num milésimo de segundo, ficaria sujeito a uma aceleração correspondente a 17 500 quilogramas. Um Pai Natal de 125 quilogramas (que seria ridiculamente magro) ver-se-ia esmagado contra o fundo do trenó por uma força de 2157 507,5 quilogramas-força (a conversão para o SI fica como exercício para o leitor), o que lhe reduziria instantaneamente os ossos e os órgãos a uma pequena massa pastosa.

Em suma: se o Pai Natal existe, já morreu!

CARTAS DOS LEITORES


**ENGENHARIA FÍSICA:
EXEMPLO DA DESORGANIZAÇÃO
NACIONAL**

O maior problema de Portugal não é o seu atraso relativamente ao resto da Europa, porque isso tem solução (veja-se a Irlanda), nem é a qualificação dos seus cidadãos, porque isso também tem solução (esta ridiculamente simples: formação e avaliação rigorosa). O maior problema de Portugal é cultural, está enraizado nas pessoas, é-lhes inculcido desde pequenas, todos os dias e de várias formas. Tem a ver com a enorme aversão do país à organização, à definição e cumprimento de regras. Mas sem organização que permita realizar objectivos, caminhamos para o desastre.

Como exemplo da desorganização nacional, veja-se o caso do Ministério de Educação (ME) e da Ordem dos Engenheiros (OE). Um aprova, autoriza e até avalia cursos de engenharia e o outro não os reconhece. Actuam como se não fossem instituições públicas e de utilidade pública do mesmo país, fazendo com que existam licenciados em engenharia impedidos de exercer plenamente a sua profissão. Depois, recorrendo a raciocínios complicados e de fundamentação duvidosa, inventam. Fazem-se exames de admissão em organizações profissionais a profissionais que já o são. Eu próprio sou licenciado em Engenharia Física pela Universidade de Coimbra. Sou também Mestre em Física Tecnológica e Doutor em Engenharia Mecânica pela mesma Universidade. Mas não estou inscrito na OE porque esta me impede a inscrição. Porquê? Porque o curso de Engenharia Física (um tipo de curso reconhecido no estrangeiro, onde os licenciados que forma são altamente valorizados) não está acreditado pela OE. Na verdade, não está acreditado em nenhum dos seis cursos de Engenharia Física (além do de Coimbra, o do Instituto Superior Técnico, o da Universidade de Lisboa, o da Universidade Nova de Lisboa, o de Aveiro e o da Universidade do Algarve). Mas funcionam todos e com bons resultados. Existem hoje mais de 600 engenheiros físicos, muitos doutorados, a grande maioria a exercer proficua actividade na sua área. Para me inscrever na OE pedem-me um exame de admissão, o qual recuso porque não é o papel da OE fazer

exames (mas sim da universidade). Um dia destes haverá engenheiros físicos que são professores catedráticos. O que vai fazer a OE? Fazer-lhes um exame? Tem de o fazer porque as regras são para todos (serão?), mas cobrir-se-á de ridículo.

Acresce que pelo menos um curso de Engenharia Física (o do Técnico) esteve recentemente acreditado pela OE. Ou seja, um aluno saído hoje dessa escola tem de fazer exame de admissão à OE, mas um que tenha terminado dois anos antes não teve de o fazer!?

O resultado é o descrédito da OE e, com ela, de toda uma classe. Mas também o descrédito do ME, porque oferece cursos de Engenharia não reconhecidos pela OE, a instituição profissional que deveria representar os licenciados em Engenharia. É um verdadeiro engano! Só deveriam funcionar com o nome de Engenharia cursos criados com o aval do ME, eventualmente em conjunto com a OE, que deveriam ser regularmente avaliados para manterem o seu reconhecimento. Essa avaliação devia ser rigorosa e independente. E devia ter consequências, uma das quais devia ser o reconhecimento das pessoas formadas.

Repare-se que a maior parte dos cursos reconhecidos de engenharia vive essencialmente da Física tal como esta era no início do século XX. Poucos descobriram a Física moderna, que permitiu afinal as grandes realizações do nosso tempo. Ao mesmo tempo, os cursos que conferem preparação na Física mais moderna são discriminados pela OE.

A ausência de organização transforma os direitos dos cidadãos em meras frases no papel. Os portugueses não confiam nos seus governantes nem nas instituições. Mas tal confiança é a base de uma democracia responsável e de uma sociedade desenvolvida.

J. NORBERTO PIRES

Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra,
Pólo II
norberto@robotics.dem.uc.pt

UMA SUGESTÃO

Tenho 16 anos e frequento o ensino secundário em Lisboa. De momento, pretendo seguir Física, embora não tenha a certeza da área que desejo estudar.

Em primeiro lugar, devo referir que a publicação regular de uma revista científica de tamanha qualidade e envergadura é fundamental para desempenhar o infundável papel da divulgação da ciência. Este papel passa não só pela cativação e captação de jovens para áreas científicas, co-

mo também pela modernização e desenvolvimento da sociedade em geral. Além disso, penso que a edição e publicação da "Gazeta" é dirigida com rigor e coerência, tentando-se, ora com artigos de pura divulgação ora com artigos mais técnicos ou teóricos, satisfazer as necessidades e os interesses de "estudantes, professores e investigadores em Física", como é referido no início de cada fascículo. Por outro lado, parece-me que os responsáveis pela execução e publicação da "Gazeta" se preocupam — e bem, em meu entender — com a educação da Física, alertando, sempre que possível, para o facto de parte da matéria leccionada essencialmente no ensino secundário não ser, hoje em dia, totalmente aceite no seio da comunidade científica. Assim, é necessário libertar os estudantes de conceitos profundamente enraizados na sua educação, embora muitas vezes estes possam ser importantes em diversas situações. Refira-se, a título de exemplo, a Mecânica Clássica, construída principalmente por Newton. Esta disciplina já foi superada e substituída há inúmeras décadas, mas é ainda ensinada na íntegra, sem que se apresentem as alternativas mais recentes. Apesar disso, é passível de aplicação em várias situações. Por fim, devo dizer que apoio incondicionalmente a vossa iniciativa de disponibilizar "on-line" os últimos fascículos da "Gazeta", na medida em que, desse modo, é dignificada a divulgação científica no nosso país, sendo permitido um contacto mais profundo entre a população geral e a Física. Por estes e outros motivos, confesso ser um leitor atento da "Gazeta" e admirador de quem a torna possível, considerando-a uma revista abrangente e interessante.

Para um maior contacto entre o leitor, a revista e os autores, é necessária apenas, na minha opinião, uma maior interacção entre leitores e revista. É necessário que a "Gazeta" interfira directamente na constituição intelectual do leitor, fazendo-o raciocinar. Por isso, sugiro que se incluam na revista alguns desafios e/ou problemas, essencialmente para jovens do 3º ciclo e do ensino secundário e superior, mas também para professores e investigadores. Proponho também que seja(m) publicada(s) a(s) melhor(es) resposta(s) ou resolução(-ões) no fascículo seguinte.

MIGUEL PATO
migpato@hotmail.com

ENSINO E REALIDADE

No fasc. 2 de 1999 a "Gazeta" publicou uma carta onde abordei alguns dos problemas do ensino da ciência em Portugal. Nele concluí que a escola era a causa da desmo-

tivação dos alunos pela ciência. Agora quero ir mais longe. Quero mostrar que aqueles alunos, raros, que ainda conseguem manter o interesse pela ciência e enveredar por uma carreira científica ou tecnológica, possuem em geral deficiências de raciocínio e compreensão tão graves que não serão cientistas ou engenheiros capazes.

Para elucidar este problema nada como um caso concreto que considero paradigmático. Tive nas minhas aulas um aluno que, desde o início, se mostrava muito interessado e acompanhava razoavelmente a matéria. Tinha bases relativamente boas de Física e de Matemática pelo que me pareceu que não iria ter qualquer dificuldade em passar com boa nota na disciplina. Porém, qual não foi a minha surpresa ao ver o seu exame... Tinha erros de tal forma graves que tive de o reprovar, e por duas vezes seguidas. Decidi olhar com atenção para a resolução dos seus dois exames e foi aí que se fez luz. Embora as minhas avaliações sejam simples, esforço-me por incluir problemas que evidenciem uma compreensão da Física, em que os alunos apliquem os conceitos a problemas do dia-a-dia. Por exemplo, gosto de explicar as mudanças dos automóveis com base no conceito de potência.

Ora, o aluno sabia, de facto, resolver problemas, mas apenas problemas bem definidos, dentro do padrão dos manuais escolares, com ênfase na Matemática e não na Física. Se eu lhe dissesse, "dados A, B e C calcula a aceleração X", ele fazia o problema. Mas, quando eu lhe pedia para interpretar o resultado ou para explicar por que é que o resultado não dependia da massa do corpo, não obtinha resposta.

Lembrei-me então da crítica ao ensino no Brasil feita por Feynman nos anos 60 e que se aplica muito bem ao nosso caso. Perante uma audiência de professores universitários Feynman resumiu o ensino da ciência naquele país a *um sistema de auto-transmissão, no qual as pessoas passam em exames e ensinam outras a passar em exames, mas ninguém sabe nada*.

Embora se tenha reforçado o ensino da ciência nas nossas escolas parece-me que o efeito final tem sido desapontador, a avaliar pelas avaliações internacionais onde o nosso país figura nos últimos lugares. Se queremos procurar a solução para o problema não a devemos procurar na carga lectiva dos alunos. O problema é mais de método do que de quantidade.

Não nos podemos esquecer que o objectivo da ciência é compreender o mundo. Compreender o mundo não é o mesmo que compreender os modelos que possamos ter do mundo. A preocupação da Engenharia é resolver problemas reais e não resolver complexas equações matemáticas com termos bem conhecidos e "bem comportados". Finalmente, saber ciência não é sinónimo de deco-

rar uma série de factos e definições. Ciência é uma forma de pensar e questionar o mundo e a nós mesmos, é uma atitude de curiosidade.

Infelizmente não é esta a visão com que a minoria dos "bons" alunos fica depois de acabar os estudos. Sabem um conjunto desconexo de diversas matérias, sabem resolver vários tipos de equações, mas sucumbem perante um simples problema real. Caem muitas vezes no ridículo ao tentarem sobrepor a sua visão rígida a problemas onde muitas vezes o senso comum e a experiência se revelam mais eficazes.

Mais grave ainda: ficam completamente indefesos perante problemas novos e diferentes onde as suas equações se revelam inúteis. Como nunca foram ensinados a fazer uma abordagem a partir dos problemas reais e daí desenvolver os modelos, mas antes ao contrário — partir dos modelos para neles encaixar a realidade — são incapazes de inovar. Ficam presos nos métodos tradicionais esquecendo que não importa tanto como é feito o pudim mas mais o seu sabor. É por isso que muita da ciência feita pelos nossos investigadores é "pesada", demasiado formal, pouco produtiva, e quase nunca inovadora.

Não é pois de estranhar que pouco valha o saber aqueles poucos alunos que ainda vão tirando boas notas. Se queremos realmente ensinar ciência aos nossos jovens, temos de "sujar" as mãos. Podemos ter a cabeça na Lua, mas nunca devemos deixar de ter os pés bem assentes na Terra.

ARMANDO VIEIRA

Instituto Politécnico do Porto
armandovieira@mail.telepac.pt

MATÉRIA E ANTI-MATÉRIA E AS AVENTURAS DO INTRÉPIDO AGENTE SPIFF

(Variações sobre um tema de J. Dias de Deus e Teresa Peña, in *Gazeta de Física*, vol.23, fasc. 3 (2000) ps. 12-15)

O Super-Agente Spiff tem de neutralizar com a máxima urgência um atentado terrorista de extra-terrestres planeado para a localidade B, situada à distância x . Sendo a o máximo valor absoluto da aceleração do Super-Expresso que o deve transportar, os cálculos do Super-Agente Spiff mostram ser impossível, no contexto de qualquer solução convencional, chegar a B num intervalo de tempo inferior a $2T=2(2x/a)^{1/2}$. Infelizmente, o tempo de que dispõe é apenas T . Há que recorrer a uma solução não convencional. As propriedades da matéria e da anti-matéria ajudam! Como?

O Super-Agente Spiff parte no Super-Expresso. No instante T , o Super-Expresso atinge a velocidade máxima, tendo percorrido a distância $x/2$ e, embora o Agente Spiff continue comodamente instalado na sua poltrona, pôde sair, nesse mesmo instante, em B. Mas como?

É que em B, o Super-Agente Spiff deixa, para trás, para trás, o Super-Antiexpresso com o Super-Agente Anti-Spiff comodamente instalado numa anti-poltrona.

Aguardando um encontro desvanecedor com o Super-Agente Spiff em que mutuamente se aniquilem. A energia necessária para a transformação é cedida, virtualmente, pela Natureza a título de empréstimo.

Entre o instante T e o instante $2T$, o Super-Agente Spiff permaneceu comodamente instalado na sua poltrona mas neutralizou com eficácia a acção terrorista de extra-terrestres, em B, e o Super-Agente anti-Spiff aguardou comodamente instalado numa anti-poltrona a chegada do Super-Expresso a B, para o tal encontro desvanecedor. O qual também devolverá (à Natureza) a energia cedida a título de empréstimo.

Porém, o Super-Agente Spiff prefere pensar que viajou normalmente até B, onde chegou no instante $2T$, tendo aí recuado no tempo (transmutado em Super-Agente Anti-Spiff) desde esse instante até ao instante T em que saiu do Super-Expresso a tempo de neutralizar com eficácia a acção terrorista de extra-terrestres. Pontos de vista! Embora da crónica nada conste, presume-se que, depois, o Super-Agente Spiff seguiu viagem no Super-Expresso.

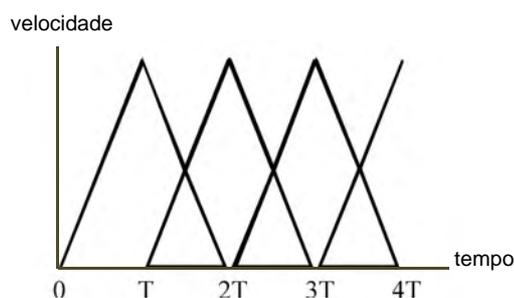


Fig. 1

A Fig. 1 ilustra os feitos do intrépido Agente Spiff tendo sido obtido por iteração da curva representativa do episódio narrado na presente crónica. A velocidade é representada verticalmente e o tempo horizontalmente. Para comparação apresenta-se a Fig. 2 alusivo ao tema do artigo de J. Dias de Deus e Teresa Peña.

J. DA PROVIDÊNCIA JR.

Departamento de Física da Universidade de Coimbra
joao@teor.fis.uc.pt

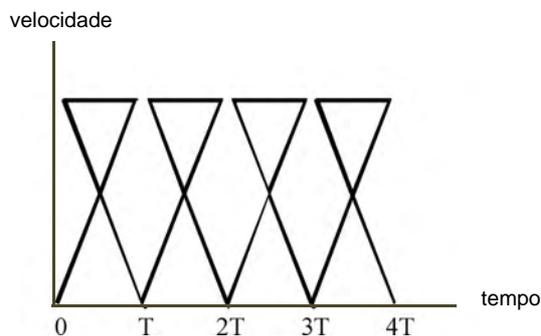


Fig. 2

CONTRIBUTOS PARA O ENSINO DA FÍSICA

As circunstâncias não me permitiram inscrever-me para participar no 11º Encontro Ibérico para o Ensino de Física, em Sevilha, de 24 a 27 de Setembro. Se me tivesse sido possível, ter-me-ia inscrito com duas comunicações, a primeira para discutir a importância pedagógica do artigo "Sobre a equação de Alembert" enviado à "Gazeta de Física".

Considero que a chave fundamental para melhorar o ensino da Física no final do Secundário e início do Superior está em familiarizar os estudantes, tão cedo como possível, com o uso das equações diferenciais (ordinárias no secundário e às derivadas parciais no início do superior) sem estar à espera de cursos mais avançados sobre estas equações. O uso das equações diferenciais é o método fundamental da Física há mais de 200 anos. Uma Física sem equações diferenciais é uma Física mutilada; não simplifica, antes pelo contrário. Ensinar movimentos oscilatórios sem mostrar que eles são soluções de uma equação diferencial bem simples, que resulta de leis físicas, a estudantes a quem são ensinadas essas leis e sabem derivar é quase sadismo, é não falar no que está no centro do problema. No entanto, é o que hoje encontramos em inúmeros livros que poderiam ser mais simples, mais claros e ter menos páginas se dessem o pequeno passo de falar em equações diferenciais.

No artigo referido, resultante de uma experiência de professor, foi apresentada uma matéria, nalguma medida até inédita, que foi ensinada a estudantes que pouco mais sabiam, na altura, do que derivar e nem por isso deixaram de a compreender e assimilar.

Uma outra comunicação seria sobre as diferenças, que talvez não sejam assim tantas, entre o ensino actual e o medieval, e sobre a reflexão que é necessária para se saber como se chegou às muitas verdades que nos são afir-

madas. Para ela escrevi o texto que se segue. Espero vir a ter oportunidade de discutir com colegas estas questões.

O PRINCÍPIO DE QUE DEUS É BOM

Quando um professor faz a pergunta: "Vocês acham que é o Sol que anda à volta da Terra, ou a Terra à volta do Sol?", a totalidade dos estudantes responde sem qualquer hesitação: "É a Terra que anda à volta do Sol". Este tipo de resposta é considerado um sinal da absoluta superioridade do nosso ensino actual em relação ao da Idade Média. No entanto, quando um professor pergunta em seguida: "Como é que sabem?" ouve, habitualmente, ... um longo silêncio. E, quando força o diálogo com uma turma do secundário, ou mesmo do primeiro ano da universidade (é uma experiência que sugiro aos colegas) e insiste com as perguntas: "Têm a certeza?", "Porquê?", a conclusão a que se chega, aceite pelos próprios, é a de que os estudantes estão convictos de que só gentes ou povos muito atrasados é que não sabem tal facto, mas eles só o conhecem e têm a certeza, porque assim lhes foi ensinado e vem nos livros... tal como na Idade Média. Penso que, numa situação como esta, um professor não deve adiantar muito mais e deve dizer aos estudantes: "Vão para casa e, de hoje para amanhã, procurem ver (descobrir) como é que a humanidade soube que é a Terra que anda à volta do Sol. Mas não leiam nenhum livro. Se quiserem, tentem escrever uma nota com argumentos que possam ser convincentes para um camponês inteligente, analfabeto e teimoso".

Na aula seguinte, a iniciativa compete, naturalmente, ao professor. É uma boa ocasião para falar do "Princípio de que Deus é bom" - deixou sempre uma pontinha para permitir à humanidade chegar a explicações mais avançadas. No caso em questão, foi o facto dos planetas serem visíveis. Os povos pastores olhavam para o céu e viam as estrelas fixas. Parecia haver uma grande cúpula com buraquinhos, e para lá, uma esfera de fogo. Mas havia uns buraquinhos que mexiam. Alguns curiosos começaram a registar e a descrever os movimentos desses buraquinhos... e, hoje, os povos cultos são os que ensinam aos estudantes que o Sol e a Terra rodam, não exactamente em torno um do outro, mas em torno do seu centro de massa. Se os planetas não fossem visíveis, a humanidade ainda hoje andaria a apascentar cabras.

ANTÓNIO BROTAS

Professor jubilado do IST
brotas@fisica.ist.utl.pt



O PROFESSOR DE CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS: UM FÓSSIL DO NOSSO SISTEMA DE ENSINO

GUILHERME DE ALMEIDA

Licenciado em Física (ramo Educacional pela Faculdade de Ciências de Lisboa) e Professor do Colégio Militar, Lisboa
g.almeida@netc.pt

Em tempos idos havia licenciaturas em Ciências Histórico-Filosóficas, em Económico-Financeiras e, claro, em Físico-Químicas. Depois de uma licenciatura que só englobava componentes científicas (5 anos), os professores faziam as "pedagógicas".

Todas estas licenciaturas acabaram, desdobrando-se nas suas componentes. Ninguém vai hoje convencer um licenciado em História a ensinar Filosofia, nem vice-versa. Mas espera-se que um licenciado em Física ensine Química e que um licenciado em Química leccione Física no ensino secundário. O professor de Ciências Físico-Químicas é pois um fóssil de tempos idos, de quem se espera a versatilidade imensa, a sabedoria ciclópica, a prática laboratorial dupla e a técnica do camaleão.

As matérias são vastas e diversificadas, mesmo só na Física. Quantos tópicos diferentes ensina um professor de Física? E os programas tendem para maior profundidade e flexibilidade. Quem não acreditar volte a ler a velha Física de José A. Teixeira (antigos 6º e 7º anos dos liceus). Será viável, agora, vir juntar-lhe a Química?

No ensino básico, ainda podemos admitir a dupla valência, pois os programas são menos profundos e o professor ainda pode *tentar* ensinar a componente que não é a da sua formação. No entanto, no ensino secundário tal já não é admissível. O mesmo problema também se verifica se pedirem (obrigarem) um geólogo a ensinar Biologia no ensino secundário ou vice-versa.

AS LICENCIATURAS PARA O ENSINO

Nas licenciaturas em Física ou em Química do Ramo Educacional (anos 70 e 80), o aluno tinha a primeira disciplina "não científica" só no 4.º ano. Até aí todas as disciplinas eram científicas (ligadas à Física, à Química e à Matemática), com particular destaque para a área que dava o nome à licenciatura.

Embora claramente empobrecidas na sua bagagem científica, quando comparadas com as licenciaturas no ramo científico, as licenciaturas no ramo educacional davam uma formação científica de base razoável, em Física ou em Química, a que se seguiam depois, na continuação do curso, as disciplinas das áreas psico-pedagógicas, didácticas e metodológicas, culminando no Estágio Pedagógico (referidas como disciplinas "não científicas" apenas para as distinguir das outras directamente ligadas à Física, à Química e à Matemática). Estas licenciaturas, com a duração de 5 anos, preparavam efectivamente o futuro professor para o ensino da Física ou da Química (e também para Biologia, licenciatura que não referirei por se encontrar fora do contexto deste artigo).

As licenciaturas no Ramo Educacional, em Física ou em Química, tinham uma formação mínima da componente contrária (formação em Química para os físicos e vice-versa), intensificando a variante científica respectiva. Por exemplo, na licenciatura em Física havia duas cadeiras de Química, como os *Elementos de Química-Física* e a

Química Inorgânica Geral (sendo possível não incluir Química Orgânica). Pode dizer-se aproximadamente o mesmo, com as devidas adaptações, relativamente à licenciatura em Química do ramo educacional. Para simplificar designarei estas licenciaturas como "licenciaturas 2 em 1", sem qualquer sentido pejorativo, querendo com isto dizer "Física+componente pedagógica" ou "Química+componente pedagógica".

Actualmente as licenciaturas "2 em 1" já não se chamam Licenciatura em Física—ramo educacional e Licenciatura em Química—ramo educacional, mas a concepção "2 em 1" foi preservada sob a designação de Licenciatura em Ensino de Física e Química—Variante Física (*ou* Variante Química). O seu carácter "2 em 1", privilegiando a Física *ou* a Química, ainda dá margem para uma formação, na área científica respectiva, suficiente para os fins em vista.

Já existem licenciaturas em *Ensino da Física e da Química*, englobando *ambas* as componentes científicas, de modo a formar professores para esta dupla necessidade. Designarei estas licenciaturas como "licenciaturas 3 em 1", mais uma vez sem nenhum sentido pejorativo, querendo apenas significar "Física + Química + componente pedagógica". Neste caso, para atender às necessidades da formação em Física e em Química, a formação *em cada uma* das componentes científicas é ainda mais empobrecida: incluir suficiente formação em Química tem de implicar dar menos Física, e vice-versa (e ainda tem de haver "espaço" para as indispensáveis disciplinas da área da Matemática, a que nenhum físico nem nenhum químico pode eximir-se). Algumas destas licenciaturas "3 em 1" começam logo no primeiro ano a incorporar disciplinas psico-pedagógicas, o que pode empobrecer o seu conteúdo científico, e nalguns casos até incluem uma língua estrangeira nesse ano. E, como é óbvio, o "espaço" para as componentes científicas é o que sobra depois de descontadas as disciplinas das áreas psicopedagógicas, didácticas, metodológicas e outras.

Em suma, as licenciaturas em Ensino, na modalidade "2 em 1", podem produzir professores com a formação científica suficiente para ensinar as respectivas disciplinas no ensino secundário: disciplina de Física ou disciplina de Química. Mas não se deverá esperar que ensinem com igual qualidade a componente contrária (no ensino básico, a pequena formação inicial na componente contrária poderá ser suficiente). Por outro lado, as licenciaturas em Ensino da Física e da Química (licenciaturas "3 em 1") proporcionam formação científica (*em cada componente*)

necessariamente mais diluída que as licenciaturas "2 em 1". Faz-se formação inicial em *ambas* as componentes, o que faz escassear tempo e oportunidade para aprofundar uma e outra.

Não creio que seja possível, com acções de formação pontual em Química, "transformar" um licenciado em Ensino da Física num professor devidamente preparado para o ensino da Física e da Química com igual e adequada competência e sensibilidade em ambas as ciências. O mesmo se aplica aos licenciados em Ensino da Química, que não ganharão a necessária sensibilidade para a Física com acções de formação pontuais e avulsas de Física.

ENSINAR A OUTRA COMPONENTE CIENTÍFICA

Alguns dirão que um licenciado digno desse nome tem uma formação de base com elasticidade suficiente para se lançar em novos desafios: pode consultar, estudar, preparar-se para ensinar Química (se for de Física), ou vice-versa. Haverá quem diga isto com convicção. Porém, isso não basta no *ensino secundário*. O aluno (mesmo o mau aluno) consegue ver se o professor tem a sensibilidade própria de quem *fez, preparou, mediou e sente* aquilo de que fala, ou se apenas estudou num livro; se está à vontade ou se se está a "ajeitar" a dar Química sendo físico (ou vice-versa); se o seu discurso e gestos são seguros e experientes ou desajeitados e titubeantes. O aluno descodifica as atitudes do professor, mesmo nos momentos de silêncio: a linguagem corporal não mente.

Continuar a aceitar que isto aconteça não é bom, nem para o estudante, que tem direito a ser ensinado por um professor bem preparado, nem para o professor, que se vê forçado a caminhar em piso escorregadio, arriscando-se ao ridículo, a ensinar o que não sabe com a devida profundidade ou o que não sente com a necessária paixão. Há quem disfarce melhor e quem disfarce pior, mas, no fundo, como diz a velha história, *o rei vai nu*.

Apesar de nunca ter caçado, posso ler vários livros sobre este tema, documentar-me e preparar-me, de modo a apresentar uma palestra/acção de formação sobre a caça à perdiz. Porém, o auditor atento, sobretudo o que já caçou ou viu caçar, perceber-se-á imediatamente do meus conhecimentos meramente livrescos na matéria e dirá: *"este fulano está aqui a falar, mas, pelo que ouço e pela forma como o diz, é evidente que nunca esteve numa coutada e nunca pegou numa arma de caça!"*

UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO

Pelas razões anteriormente referidas, não creio que as licenciaturas "3 em 1" resolvam o problema do ensino das Ciências Físico-Químicas. Para ultrapassar o problema têm-se procurado soluções que passam pelo ensino das duas componentes desta disciplina por professores licenciados nas respectivas áreas. No 12.º ano o problema está resolvido, sob a forma de disciplinas independentes, como sabemos. Alguém já propôs que se fizesse, no 10.º ano e no 11.º ano, o mesmo que no 12.º ano. No entanto, isso implicaria um aumento do número de disciplinas, o que é de evitar.

O ensino por meio de um par pedagógico (professor de Física+professor de Química, a exemplo do que sucede na disciplina de Educação Visual e Tecnológica) é outra opção em aberto. Outros ainda propuseram que se dividisse o ano lectivo a meio, de tal modo que umas turmas do ensino secundário começariam pela Física (ensinada por físicos) e outras começariam pela Química (ensinada por químicos). A meio do ano os professores trocariam de turmas. Esta solução implicaria que os professores mudassem de horário em Fevereiro, o que desagradaria a alguns deles (e haveria também o problema dos alunos que fossem transferidos de escola a meio do ano lectivo). A recente ideia de dividir o ano lectivo em dois semestres, proporcionando a avaliação e a passagem (ou não) de ano independentes para a Física e para a Química (10.º e 11.º anos) poderia facilitar esta solução, mas persiste a mudança de horário dos professores a meio do ano, o que pode criar complicações. Proponho um sistema diferente. Seguindo a minha sugestão, no 10.º ano só se leccionaria Química (Química do 10.º ano+Química do 11.º ano); e no 11.º ano só se ensinaria Física (Física do 10.º ano+Física do 11.º ano). Proponho a Química primeiro porque, ao nível do ensino secundário, exige menos pré-requisitos de Matemática do que a Física. É claro que a Química "10/11" do 10.º ano seria preferencialmente leccionada por um professor com formação académica em Química. Do mesmo modo, a Física "10/11" do 11.º ano seria leccionada por um licenciado em Física.

Quando me perguntam a profissão, digo sempre que sou professor de Física (nunca disse "de Química", nem sequer de "Física e Química"). Sou professor de Física, por gosto e vocação, mas também de Química, por uma anacrónica obrigação.

HUMOR

SOBRE A TEMPERATURA DO INFERNO

O Dr. X (vamos manter o anonimato), do Departamento de Física da Universidade de Y, é conhecido por fazer perguntas do tipo "Porque é que os aviões voam?". A sua única questão numa prova final da turma de "Transmissão de Momento, Massa e Calor" foi: "O Inferno é exotérmico ou endotérmico? Justifique a sua resposta".

Vários alunos justificaram as suas opiniões baseados na Lei de Boyle ou numa variante da mesma, mas um aluno escreveu o seguinte:

"Em primeiro lugar, postulamos que, se as almas existem, então devem ter alguma massa. Se tiverem, uma mole de almas também tem massa. Então, em que percentagem é que as almas estão a entrar e a sair do Inferno? Eu acho que podemos supor seguramente que uma alma, uma vez entrada no Inferno, nunca mais sai. Por isso, não há almas a sair. Para as almas que entram no Inferno, vamos dar uma olhadela às diferentes religiões que existem no mundo hoje. Algumas dessas religiões pregam que, se não se pertencer a ela, se vai para o Inferno. Como há mais de uma religião desse tipo e as pessoas não possuem duas religiões, podemos prever que todas as pessoas e almas vão para o Inferno. Com as actuais taxas de natalidade e mortalidade, podemos esperar um crescimento exponencial das almas no Inferno. Agora vamos olhar para a taxa de variação de volume no Inferno. A lei de Boyle diz que para a temperatura e a pressão do inferno serem constantes, a relação entre a massa das almas e o volume do Inferno também deve ser constante. Existem então duas opções: 1) Se o Inferno se expandir numa taxa menor do que a taxa com que as almas entram, então a temperatura e a pressão no Inferno vão aumentar até ele explodir. 2) Se o Inferno se estiver a expandir numa taxa maior do que a de entrada de almas, então a temperatura e a pressão irão baixar até que o Inferno se congele. Então, qual das duas opções é a correcta? Se aceitarmos o que a minha colega Teresa me disse no primeiro ano — "haverá uma noite fria no Inferno antes de eu ir para a cama contigo" —, e levando em conta que ainda não obtive sucesso na tentativa de ter relações sexuais com ela —, então a opção 2) não é verdadeira. Por isso, o Inferno é exotérmico".

O aluno, evidentemente, reprovou.

MAIS UM NOBEL PARA A FÍSICA QUÂNTICA

A Real Academia Sueca das Ciências acaba de atribuir o Prémio Nobel da Física aos investigadores norte-americanos:

— Eric Cornell, da Universidade do Colorado (39 anos, doutorado em Física no MIT em 1990)

— Carl Wieman, da mesma universidade (50 anos, doutorado na Universidade de Stanford, em 1977)

e ao alemão residente nos Estados Unidos

— Wolfgang Ketterle, do Massachusetts Institute of Technology (43 anos, doutorado na Universidade de Munique, em 1986).

O prémio foi atribuído pela *obtenção de condensação de Bose Einstein em gases diluídos de átomos alcalinos e pelos primeiros estudos fundamentais das propriedades dos condensados*.

Este prémio, dado "ex aequo" a três físicos experimentais ainda relativamente jovens que integram duas equipas em competição uma com a outra (uma no Colorado e outra no MIT, em Boston), vem confirmar a tendência, nítida a partir da Segunda Guerra, de atribuição de prémios Nobel maioritariamente a cientistas nos Estados Unidos, incluindo nestes os europeus que foram atraídos pela oferta de melhores condições de trabalho. Reflecte simplesmente o domínio nas ciências físicas por parte da maior potência mundial (de resto, é uma potência devido a esse domínio!). Reflecte também a educação científica de alta qualidade feita nas melhores universidades do mundo, do novo ou do velho: o MIT, Stanford e Munique. Qualquer uma destas escolas já tinha uma boa colecção de ex-alunos que tinham ganho o mais alto prémio científico e agora somam-se mais estes. Mas, mais do que um prémio para três investigadores individuais ou para as respectivas escolas de origem, trata-se de um prémio, mais um, que é dado a uma teoria — a teoria quântica — que constitui a base da Física Moderna. A teoria quântica iniciou-se em 1900 com o alemão Max Planck e ficou estabelecida em forma (até agora) definitiva em 1926. A "condensação de Bose-Einstein" é um efeito previsto em 1924 por um obscuro físico indiano (Bose), mas cuja importância foi imediatamente percebida pelo maior génio da Física (Einstein). Condensação porque se trata de uma mudança de estado físico, algo semelhante à que acontece quando um gás passa a líquido por arrefecimento. De Bose-Einstein, em justa homenagem aos dois primeiros físicos teóricos que a previram.

Esta condensação é um efeito puramente quântico porque é realizada por partículas (chamadas bosões, uma outra homenagem a Bose) que, ao contrário das outras (os chamados fermiões), podem em grande número ocupar o mesmo estado energético. Os bosões, ao contrário dos fermiões, são partículas bastante promíscuas pois podem-se amontoar indiscriminadamente no mesmo estado.

Pois o fenómeno só em 1995 foi confirmado no laboratório de uma maneira limpa e precisa. Nas experiências premiadas, as

partículas são átomos de rubídio ou sódio (átomos de metais simples) cujo conjunto forma um gás pouco denso. Uma vez arrefecido o gás até muito perto do zero absoluto, ocorre uma transformação espectacular.

Os átomos (nas experiências em causa, cerca de 2000) passam a ocupar, todos ou praticamente todos, o estado de energia mais baixa. E, a partir dessa altura, ficam a comportar-se todos do mesmo modo. Tem-se então criada no laboratório uma pequena gota quântica com propriedades exóticas. Usando uma metáfora, pode dizer-se que os átomos passam a "cantar em coro muito afinado", respondendo em conjunto "à batuta do maestro". Existe uma onda de matéria estendida numa curta região do espaço, que podemos controlar. Pode-se fazer algo semelhante a um aparelho de laser, no qual as numerosas partículas de luz (os fotões, que são bosões) se comportam de forma coerente, produzindo um feixe intenso e concentrado. Mas agora trata-se de comandar a matéria em vez de luz. Portanto, trata-se de laser de matéria em vez de um laser de luz. Para já não falar de outras, por enquanto especulativas, aplicações. As aplicações mais interessantes poderão ser as que menos se esperam...

Note-se que a teoria da condensação de Bose-Einstein estava, nas suas linhas gerais, feita há muito tempo. Mas foi preciso bastante engenho experimental para preparar a recente experiência: chegar perto do zero absoluto requer técnicas específicas. Estas e outras experiências (como outras experiências de condensação de Bose-Einstein, mais fáceis de realizar e já premiadas com o Nobel, como a supercondutividade electrónica ou a superfluidez do hélio líquido) limitaram-se, o que já não é pouco, a confirmar o enorme poder preditivo da teoria quântica. Em Dezembro de 2000, a teoria quântica fez cem anos. É uma senhora centenária que continua, cheia de encantos, a seduzir os jovens cientistas. Apesar do aumento extraordinário da sofisticação experimental e da exploração continuada de novos fenómenos por físicos muito bem preparados, é realmente notável que a velha teoria não tenha ainda sido destronada. Mudámos de século conservando a teoria essencial da física moderna e ninguém imagina a data em que vamos ter de a mudar.

A propósito do velho e do novo, vale a pena contar uma história sobre o imperador da Prússia passada no século XIX. O imperador visitou o seu observatório astronómico e interpeleu o astrónomo real: *Então o que há de novo nos céus?* A resposta sensata do astrónomo foi:

— *Mas será que vossa Majestade já sabe o que há de velho?*



CARLOS FIOLEHAIS

tcarlos@teor.fis.uc.pt

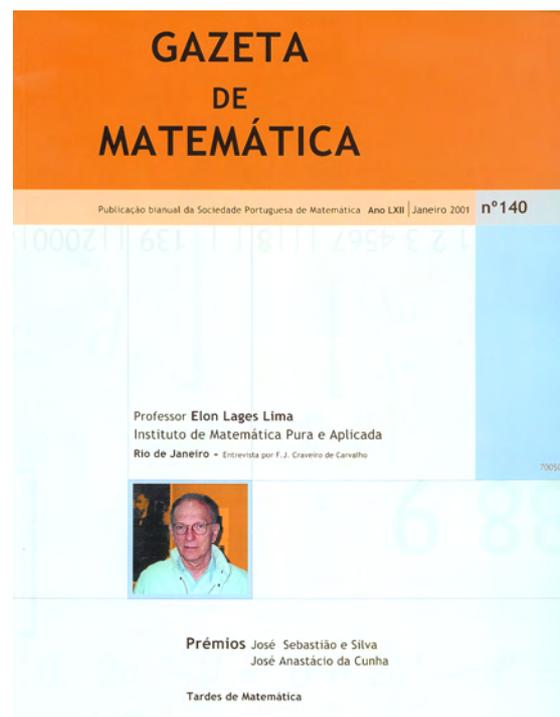
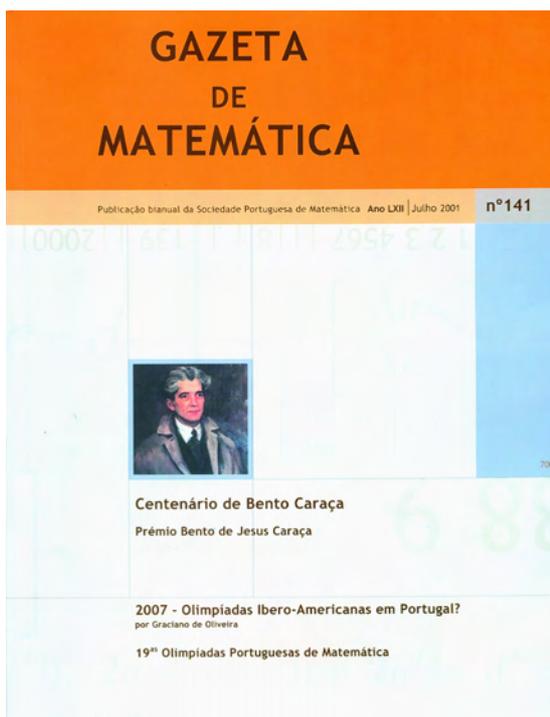
Centro de Física das Interações Fundamentais

Instituto Superior Técnico

- O CFIF concebe e realiza projectos de investigação em Física de Altas Energias, Física Nuclear e Física Hadrónica, Física da Matéria Condensada, Relatividade, Cosmologia, Geometria Diferencial, e áreas afins.
- Orienta estudantes de Licenciatura, Mestrado e Doutoramento, havendo neste momento nove estudantes graduados, dando-lhes uma formação internacionalmente competitiva.
- O CFIF conta com vinte e um membros doutorados permanentes, e, presente-mente, cinco colaboradores de pós-doutoramento.

Para mais informações sobre as actividades do Centro visite a nossa página <http://cfif.ist.utl.pt>

GAZETA DE MATEMÁTICA - Publicação Bianual da Sociedade Portuguesa de Matemática
Av. da República 37, 4º 1050-187 Lisboa



NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



DALLA BELLA E A LEI DAS ACÇÕES MAGNÉTICAS

Ricardo Monteiro

ATRITO ENTRE SÓLIDOS

Helena Caldas, Edith Saltiel e Altair Cunha

A FÍSICA NO FINAL DO SÉCULO XIX

Manuel Fernandes Thomaz

ENTREVISTA COM O FÍSICO BASCO PEDRO

ECHENIQUE