

G A Z E T A D E

FÍSICA



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

VOL. 21 • FASC. 1 • 1998 • PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL • JANEIRO / MARÇO

Gazeta de Física

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

ISSN: 0367-3561

Registo na DGCS n.º 107280 de 13/5/80

Depósito Legal n.º 51419/91

Publicação Trimestral

N.º 1 — 1998

Redacção e Administração

Avenida da República, 37-4.º — 1050 Lisboa

Telefone (01) 7973251

Fax (01) 7952349

Director

João Bessa Sousa (FCUP)

Comissão de Redacção e Administração

Carlos Matos Ferreira (IST)

Margarida Telo da Gama (FCUL)

Ana Maria Eiró (FCUL)

Adriano Sampaio e Sousa (ESFPM)

Preparação e Revisão de Texto

Florbela Martins Teixeira

Execução Gráfica

Imprensa Portuguesa

Rua Formosa, 108-116 — 4000 Porto

Telefone (02) 2002466

Fax (02) 2015105

Tiragem: 1500 exemplares

Preço avulso: 650\$00

Assinatura anual (quatro números):

2000\$00 (Continente, Açores, Madeira e Macau)

35 US dólares (estrangeiro)

**Publicação subsidiada pela Junta Nacional
de Investigação Científica e Tecnológica**

A **Gazeta de Física** publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Deverá constituir também um espaço de informação para 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, incluindo figuras; 1 figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve ser indicado o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores. Agradece-se o envio do texto em disquete (de preferência «Word» para Macintosh ou PC). Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontos para reprodução. Endereço para correspondência: **Gazeta de Física — Sociedade Portuguesa de Física, Av. da República, 37-4.º — 1050 Lisboa.**

Na capa: As XXIX Olimpíadas Internacionais de Física 98 realizam-se na cidade de Reiquejavique, Islândia, de 2 a 10 de Julho. Para mais informações contactar o Secretariado Nacional da SPF, em Lisboa, ou Doutores Manuel Fiolhais e José António Paixão para: Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra, tel. 039-410615, fax 039-29158 ou e-mail tmanuel@hydra.ci.uc.pt.

SUMÁRIO

2

RECORDANDO THOMAS S. KUHN (1922-1996)

II – O Historiador das Ciências

Margarida Fragoso, Ricardo Laranjeira, Olga Santo e Ana Simões

7

A GAZETA DE FÍSICA E A FÍSICA EM PORTUGAL

Amélia Pereira e Isabel Serra

12

NO RASTO DO SOL...

UMA EXPERIÊNCIA DIDÁCTICA (8.º ANO)

Maria da Luz Castro e Maria das Mercês Sousa Ramos

16

SENSORES INTERFEROMÉTRICOS EM FIBRA ÓPTICA

A. B. Lobo Ribeiro

22

OLIMPÍADAS DE FÍSICA

26

O QUE HÁ DE NOVO?

28

HOMENAGEM A FERNANDO BRAGANÇA GIL

31

NOTICIÁRIO SPF

32

EDUCAÇÃO EM FÍSICA

RECORDANDO THOMAS S. KUHN (1922-1996)

II – O Historiador das Ciências

MARGARIDA FRAGOSO, RICARDO LARANJEIRA,
OLGA SANTO e ANA SIMÕES

Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa,
Campo Grande, C1, 1700 Lisboa

Introdução

Foi no decurso da sua actividade docente como assistente, e enquanto preparava o seu doutoramento em física, que Kuhn se começou a interessar por história e filosofia das ciências. Então em Harvard, o químico e presidente da universidade J. B. Conant encarregou-o de dar um curso de ciências para alunos de humanidades com base em episódios da história das ciências. Foi assim que Kuhn abriu pela primeira vez a *Física* de Aristóteles, e se deparou com ideias acerca da mudança, do movimento e da matéria que pertenciam a um outro "universo", que inicialmente lhe pareceu totalmente errado. Mais tarde, Kuhn descobriu que, vista no contexto do seu tempo e analisada nos seus próprios termos, a física aristotélica não era "má física", era simplesmente uma física diferente.

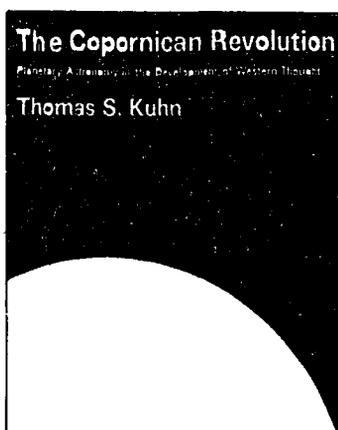
A partir desse momento, o fascínio de Kuhn pela leitura das fontes originais não mais parou assim como a sua constante chamada de atenção para a importância de uma análise contextual em história das ciências, na qual o historiador devia tentar esquecer o presente e privilegiar o estudo do passado nos seus próprios termos, não esquecendo que muitos termos técnicos têm actualmente significados diferentes dos que lhes foram atribuídos no passado. Num artigo intitulado "History of Science" publicado em 1968 na revista *International Encyclopedia of the Social Sciences*, Kuhn expunha "os princípios da nova abordagem historiográfica internalista": na medida do possível o historiador deve pôr de lado a ciência que conhece, e reaprendê-la através dos livros de texto e das revistas do período que estuda, tentando pôr-se na

pele dos cientistas cujas contribuições está a analisar.

Ao lidar com inovadores, o historiador deve tentar pensar como eles. Reconhecendo que, em geral, os cientistas adquirem fama por resultados que não pretenderam encontrar, deve indagar que problemas elaboraram e como é que estes se tornaram problemas para eles. Reconhecendo que uma descoberta é raramente aquela atribuída ao seu autor em textos futuros (objectivos pedagógicos inevitavelmente alteram uma narrativa), o historiador deve perguntar-se o que é que o seu sujeito pensou estar a descobrir e o que considerou ser a base dessa descoberta. Neste processo de reconstrução o historiador deve prestar uma atenção particular aos erros aparentes do seu sujeito, não em si mesmos, mas porque revelam mais acerca da mente em funcionamento do que as passagens nas quais um cientista regista um resultado ou argumento que a ciência actual ainda retém¹.

A revolução Copernicana

No contexto anglo-americano, aquela que ficou para a posteridade conhecida por revolução copernicana floresceu no seio de uma história das ideias da Revolução Científica à boa maneira de Alexandre Koyré, e graças, em particular, ao livro de Kuhn *The Copernican Revolution*. Este episódio consubstancia três aspectos fundamentais da Revolução Científica centrados nos domínios da astronomia, física e filosofia natural. Na astronomia, operou-se uma inversão dos



Contextualismo

Factores internos

Revolução Copernicana

O primeiro princípio da termodinâmica

A descoberta dos quanta

papéis relativos da Terra e do Sol e substituiu-se a descrição dos movimentos planetários em termos de combinações de movimentos circulares e uniformes (epiciclos, deferentes, excêntricas e ponto equanto ptolomaico) por uma descrição baseada na aplicação da lei física da gravitação universal. Na física, substituiu-se a física qualitativa e finalista aristotélica, com a sua divisão entre mundo sub-lunar e supra-lunar, a sua hierarquia de lugares naturais, os movimentos naturais e violentos, por uma física quantitativa baseada na quantificação das chamadas "qualidades primárias" da matéria. Na filosofia natural, operou-se a transição do cosmo geocêntrico integrado no cristianismo para um universo heliocêntrico infinito, uniforme e quase vazio.

Nesta reflexão, Kuhn chamaria a atenção para as características conservadoras de Copérnico, que via como o último dos astrónomos da antiguidade, ao continuar apegado à circularidade uniforme, e não como o primeiro dos modernos. Em certa medida, Kuhn falharia na sua análise do contexto astronómico em que Copérnico se moveu, ao identificar uma crise que muitos historiadores da astronomia, entre os quais Owen Gingerich², negam ter existido. Com efeito, na *Revolução Copernicana*, Kuhn referiria as discrepâncias entre a teoria e as observações como factores puramente racionais que justificariam o despoletar de um período de crise e a transição para a proposta inovadora de Copérnico.

Muitas foram as variantes do sistema ptolomaico para além daquela contida no *Almagesto* de Ptolomeu, e algumas delas atingiram uma considerável precisão na previsão das posições planetárias. Mas, invariavelmente, a precisão foi conseguida à custa da complexidade — a adição de mais epiciclos menores ou outros artificios — e a complexidade crescente conduziu apenas a uma melhor adequação aos movimentos planetários, e não a qualquer finalidade. Nenhuma versão do sistema conseguiu realmente passar o teste de mais observações refinadas, e este falhanço, em combinação com o desaparecimento total da economia conceptual que tornara tão convincentes as versões mais grosseiras do universo das duas esferas, conduziu à Revolução Copernicana³.

Kuhn, que no futuro seria tão duramente criticado pela introdução de elementos irracionais na análise do processo científico, parecia a Gingerich ter sucumbido a uma crise de hiper-racionalismo! Tal como Kuhn já destacara, Gingerich reitera que as discrepâncias entre teoria e observações não ficaram porém resolvidas com o sistema copernicano e que, para Copérnico, as vantagens do seu sistema eram de ordem estética e não de ordem observacional. Com efeito, Kuhn já chamara a atenção para a influência possível das correntes neoplatónicas e neopitagóricas na transição do geocentrismo para o heliocentrismo. Kuhn sabia bem quanto pode ser importante a influência do meio intelectual e cultural em que o cientista se move.

O Neoplatonismo completou o estádio conceptual da Revolução Copernicana... Para uma revolução astronómica este é um estádio enigmático pois assenta em tão poucas propriedades astronómicas. A sua ausência, contudo, é o que torna o contexto importante. As inovações em ciência não precisam de responder a novidades no seio da própria ciência. Nenhuma descoberta astronómica fundamental, nenhuma nova observação astronómica persuadiu Copérnico da inadequação da astronomia antiga ou da necessidade de mudança. Até meio século após a morte de Copérnico, nenhuma alteração potencialmente revolucionária ocorreu nos dados ao dispor dos astrónomos. Qualquer tentativa de identificar o momento em que a Revolução ocorreu e os factores que a despoletaram deve ser, portanto, procurada fora da astronomia, no contexto do meio intelectual alargado em que os seus praticantes se moviam⁴.

Assim, Kuhn sugeria que factores de ordem externa teriam conduzido Copérnico a propor a inversão dos papéis da Terra e do Sol. Mas também aqui Kuhn seria criticado, agora por ter encontrado fora da astronomia o motivo para uma mudança que um outro historiador pensava situar-se no contexto dos problemas técnicos da própria astronomia matemática⁵.

A génese do 1.º princípio da Termodinâmica

Além das contribuições que deu para o estudo da Revolução Científica, na primeira fase da sua carreira Kuhn debruçou-se também sobre a física do século dezanove, e em especial sobre a termodinâmica. Numa polémica que passou pelas páginas do *American Journal of Physics*, uma revista que desde sempre publicou artigos dirigidos a professores de física, muitas vezes escritos numa perspectiva histórica, Kuhn opôs-se ao químico-físico V. K. La Mer na análise da obra de Sadi Carnot. Mais uma vez defendia que a história das ciências devia ser feita numa perspectiva contextual e, nesse sentido, a sua investigação levou-o a concluir contra La Mer que nas *Refléxions sur la Puissance Motrice du Feu*⁶ Carnot ainda usava a teoria do fluido calórico, conquanto em manuscritos posteriores viesse a abandoná-la. Nesta controvérsia, Kuhn discutia também implicitamente os objectivos da história das ciências e o papel que nela podiam ter os cientistas (por oposição aos historiadores da ciência). La Mer advogava uma posição de tipo anacrónico ao olhar o passado dum perspectiva puramente presentista, que devia servir além do mais funções essencialmente pedagógicas.

Ficava claro que, para Kuhn, só com uma formação científica sólida podia o historiador contribuir para a interpretação do passado, procurando nos textos originais

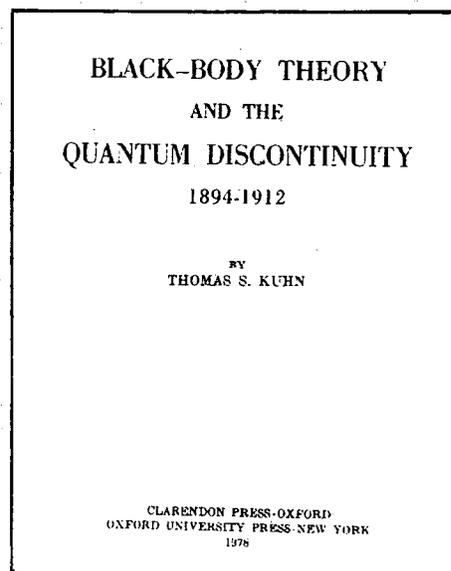
o significado que certos conceitos tinham desempenhado para um determinado autor. Dum ponto de vista historiográfico, o contextualista e internalista Kuhn actuaria de forma bem diferente das consequências que seriam imputadas à *Estrutura das Revoluções Científicas*, ao abrir o caminho para o programa forte da sociologia das ciências e alguns dos excessos cometidos na área dos "Estudos Sociais da Ciência," recentemente postos a nu pela publicação do artigo-embuste do físico Alan Sokal sobre "Hermenêutica da Gravitação Quântica" na revista de sociologia das ciências *Social Text*, e ao qual se seguiu uma acérrima polémica...

Noutro raro momento em que Kuhn se afastou de uma leitura puramente internalista, no artigo "A Conservação da Energia como um exemplo de descoberta simultânea"⁷ apresentado em 1957 na Conferência sobre "Critical Problems in the History of Science" que decorreu em Madison, Wisconsin, USA, Kuhn recorria a considerações de ordem externa para entender o contexto em que tinha sido formulado o primeiro princípio da Termodinâmica. Para a historiografia tradicional da Física, a formulação da primeira lei da Termodinâmica constituía possivelmente o mais notável exemplo das chamadas descobertas simultâneas: após o longo reinado da teoria do calórico, a cujas capacidades explicativas se não dava, em geral, o merecido relevo, o aparecimento do princípio da conservação da energia teria resultado das contribuições de três ou quatro homens (Joule, Helmholtz, Mayer e porventura Colding) que, independentemente, por razões diversas e nem sempre fáceis de entender, se teriam apercebido dessa grande verdade.

Kuhn mostraria que já muito antes uma boa dezena de cientistas tinham expresso sob formas diferentes teses conducentes à descoberta do primeiro princípio e que, para mais, os quatro pretensos autores da celebrada descoberta simultânea fariam no início afirmações tão diferentes para nem eles próprios se aperceberam de que estavam afinal a dizer coisas concordantes. Da consideração de casos particulares à afirmação de um princípio abstracto e universal de conservação, desde as formulações meramente qualitativas às determinações quantitativas, melhores ou piores, do equivalente mecânico da caloria, das teses de cariz filosófico até às extrapolações de índole científica, é possível encontrar na génese do primeiro princípio um pouco de tudo. Mas a própria diversidade das abordagens que afinal convergiram na ideia geral da conservação levanta desde logo a questão fundamental de identificar os factores responsáveis por uma tal confluência de propósitos.

Em suma, embora a expressão "descoberta simultânea" aponte para o problema central desta comunicação, não o decreve, se a tomarmos em sentido literal. Mesmo para o historiador familiarizado com os conceitos de conservação da energia, os pioneiros não comunicam

todos a mesma coisa. Na época, muitas vezes não comunicavam absolutamente nada uns aos outros. O que vemos nos seus trabalhos não é realmente a descoberta simultânea da conservação da energia. É antes a emer-



gência rápida e, muitas vezes, desordenada dos elementos experimentais e conceptuais a partir dos quais essa teoria em breve se iria constituir. São estes elementos que nos preocupam. Sabemos porque estavam ali: a energia é conservada; a natureza comporta-se assim. Mas não sabemos porque razão esses elementos se tornaram de súbito acessíveis e reconhecíveis. Eis o problema fundamental desta comunicação. Porque razão, nos anos 1830-1850, tantas experiências e conceitos necessários a uma afirmação completa da conservação da energia se encontravam tão perto da superfície da consciência científica?⁸

Desde os começos do século dezanove, lembrava Kuhn, uma intrincada rede de conexões se estabeleceria entre domínios díspares da física, consequência directa da observação de numerosos processos de conversão entre diferentes formas de energia. Decerto, a ideia de conversão era apenas um passo, ainda que um passo significativo, no caminho que levava a um princípio de conservação. Mas, segundo Kuhn, dois outros factores, e estes de ordem externa, um tecnológico e outro cultural, desempenharam aqui um papel decisivo. Um deles foi o desenvolvimento e matematização do conceito de trabalho mecânico, o qual iria ser utilizado na análise dos fenómenos ocorrentes nas máquinas térmicas. Alguns dos nomes associados à génese do primeiro princípio eram engenheiros interessados sobretudo pelo estudo da eficiência de tais máquinas (Lazare Carnot, Séguin,

Holtzmann e Hirn). Mas o outro factor, e não menos importante, proviria de um quadrante completamente diferente. Teria resultado da influência da *Naturphilosophie*, essa ideologia romântica difundida pelas universidades alemãs, nas quais todos os alunos eram então familiarizados com os problemas metafísicos das várias "*Weltanschauungen*" ("concepções do mundo"), com a epistemologia de Kant ou as controvérsias mecanicismo-vitalismo. Ora a *Naturphilosophie* insistia fortemente na unidade profunda de todos os fenómenos naturais, fossem eles físicos, químicos ou biológicos, e essa ideia de que as forças "vitais" deviam ter o mesmo estatuto que os outros tipos de força perpassa na obra de Mayer, um médico, ou na de Helmholtz, um fisiologista de formação, para quem as forças vitais são, como quaisquer outras conservadas na natureza. A influência dessa metafísica é igualmente detectável nos escritos de Mohr, de Grove, de Faraday ou de Liebig.

A atitude "conservadora", preponderantemente internalista, de Kuhn enquanto historiador das ciências, mais uma vez perpassa as suas contribuições na área da história da física quântica. É difícil aqui não deixar de recordar a afirmação que fez relativamente a Copérnico, e que tão bem a ele próprio se aplica, segundo a qual o *De Revolutionibus* não tinha sido uma obra revolucionária, ainda que viesse a despoletar uma revolução. Na década de sessenta, Kuhn liderou o projecto "Sources for the History of Quantum Physics" que conduziu à constituição do maior arquivo para a história da física deste século contendo microfilmes de manuscritos, cartas, notas e outros documentos, e um enorme conjunto de transcrições de entrevistas com a maior parte dos físicos envolvidos na génese da física quântica e que, nesta altura, estavam em vias de desaparecer.⁹ Niels Bohr, por exemplo, morreria entre duas entrevistas conduzidas pelo próprio Kuhn. O exemplo iniciado neste projecto estabeleceu novos padrões, diríamos mesmo um novo paradigma, para a historiografia da ciência. O Centro para a História da Ciência, da Niels Bohr Library no American Institute of Physics, tem continuado esse trabalho de documentação da história da física contemporânea.

A descoberta dos quanta

Um dos trabalhos mais interessantes de Kuhn no domínio da história da física, e talvez o mais injustamente esquecido, foi o livro *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*¹⁰ em que Kuhn analisava o período que precedeu imediatamente o contemplado nos arquivos. Nele punha a questão de saber quem descobriu os quanta: Planck ou Einstein? O relato habitual atribuía essa honra a Planck, mas de acordo com a nova tese tinham sido Einstein (com a explicação do efeito fotoeléctrico) e Ehrenfest (com a rederivação da fórmula para a distribuição da densidade da radiação do

corpo negro) a reconhecer pela primeira vez no período 1905-1906 que a derivação dessa fórmula exigia que se restringisse a energia dos "ressoadores" a múltiplos inteiros de $h\nu$. Alguns físicos só após a adopção desta ideia por H.A. Lorentz em 1908 a viriam também a aceitar.

Como sempre no começo de um grande projecto de investigação, o tempo ao meu dispor parecia imenso, e por isso não iniciei o meu trabalho pela leitura dos artigos famosos de Planck de 1900 e de 1901, artigos que já tinha lido várias vezes e que pensava perceber. Comecei pelo trabalho anterior de Planck sobre o corpo negro publicado a partir de 1895.

Este programa de leitura teve, para mim, um efeito extraordinário. Tendo assimilado a teoria clássica de Planck do corpo negro, já não era capaz de entender os primeiros artigos quânticos da maneira como eu e outros os tínhamos lido até então. Eles não representavam, via-o agora, um novo começo, uma tentativa de fornecer uma teoria completamente nova. Ao contrário, tentavam preencher uma falha identificada na derivação da teoria antiga de Planck. Em particular, os argumentos dos primeiros artigos quânticos de Planck não punham quaisquer restrições, lia eu agora, à energia dos ressoadores hipotéticos que o autor introduzira para equilibrar a distribuição da energia do campo de radiação do corpo negro. Os ressoadores de Planck, concluí, absorviam e emitiam energia continuamente a uma taxa governada precisamente pelas equações de Maxwell. A teoria continuava a ser clássica.

Pouco tempo depois descobri que o mesmo ponto de vista clássico era desenvolvido, mas de forma bem mais clara, na primeira edição do conhecido livro de Planck *Lições sobre a teoria da radiação térmica* proferidas no inverno de 1905-1906 e publicadas na primavera seguinte. Até meados de 1906, nenhuma restrição na energia permitida classicamente ou descontinuidades no processo de emissão ou de absorção se podiam encontrar no trabalho de Planck. Estas eram, contudo, as novidades conceptuais charneira que nos acostumámos a associar ao quantum, e que tinham sido invariavelmente atribuídas a Planck e localizadas no seu trabalho do final de 1900. Só depois de estudar o tratamento detalhado da teoria de Planck nas *Lições* de 1906 me convenci que estava agora a ler correctamente os seus primeiros artigos quânticos e que eles não pressupunham ou implicavam a descontinuidade quântica¹¹.

Mais uma vez a análise do trabalho de Planck no contexto da física da sua época (1890s) e das preocupações do próprio Planck, ao esclarecer quais os problemas, os métodos e as hipóteses que constituíam o

seu programa de investigação, levava Kuhn a concluir que, em 1900, Planck não se referia a uma descontinuidade física mas recorria apenas a um "artifício matemático". Kuhn argumentava que Planck dividiu o contínuo de energia em células de dimensão ϵ , mas esta restrição não foi entendida como uma restrição na energia dos "ressoadores", mas como uma restrição no tamanho das células.

Três tipos de evidência jogam a favor desta reinterpretação. Por um lado, o trabalho de Planck aparece como consequência de um trajecto mais lógico e de uma evolução mais contínua. Por outro lado, permite eliminar algumas inconsistências nas publicações à cerca da teoria do corpo negro, nomeadamente a ambivalência tardia (1900 a 1906) de Planck à cerca da física quântica. Finalmente, as afirmações de Planck do período 1908-1909 indiciam uma mudança radical de atitude. Esta tese é secundada pelas afirmações de Planck na lição Nobel e na sua *Autobiografia Científica*. No discurso que proferiu quando recebeu o prémio Nobel, Planck referiu que apenas duas alternativas eram possíveis após a introdução da constante h , o famoso quantum de acção: ou se considerava que "o quantum de acção era uma quantidade fictícia" ou que "o quantum de acção devia desempenhar um papel fundamental na física". Esta última escolha tinha ficado a dever-se, quanto a ele, ao "incansável trabalho de todos aqueles que utilizaram o quantum de acção nas suas investigações". E, em seguida, Planck atribuía o crédito a Einstein ao ter dado o primeiro passo nesse sentido e reservava para a sua contribuição o estatuto de "malabarismo matemático"¹². Na *Autobiografia Científica*, Planck afirmara menos distintamente ter "imediatamente tentado interpretar a constante h no contexto da teoria clássica"¹³. A questão é, contudo, difícil de esclarecer do ponto de vista do historiador pois que todos os manuscritos de Planck desapareceram num ataque aéreo durante a segunda guerra mundial. Por isso mesmo, Kuhn baseava inteiramente a sua análise na leitura dos artigos e livros publicados por Planck no período que vai de 1894 até 1912.

A recepção do último livro de Kuhn foi bastante fria. Muitos esperavam ver nela uma ilustração mais explícita das teses da *Estrutura das Revoluções Científicas*. Muitos revelaram-se incapazes de acompanhar o raciocínio de Kuhn que pressupunha um conhecimento profundo da física daquele período. Outros simplesmente não aceitaram a nova tese. Porquê admitir que num período de transição entre dois paradigmas as ideias de Planck eram completamente coerentes? Mesmo que em 1906 Planck recusasse e se recusasse a aceitar a descontinuidade isso não era prova de que não acreditava nela em 1900. Afinal de contas, Kuhn sugeria uma reinterpretação plausível dos acontecimentos que considerava ser a melhor interpretação compatível com os documentos existentes. E em história, como em muitas outras disciplinas, não há certezas, há apenas interpretações mais ou menos plausíveis.

NOTAS

- 1 KUHN, Thomas S. — «History of Science», *International Encyclopedia of the Social Sciences*, 14 (1968), pp. 74-83. Traduzido em KUHN — *Tensão Essencial* (ref. 1), pp. 143-166, pp. 148-149.
- 2 GINGERICH, Owen — «"Crisis" versus Aesthetic in the Copernican Revolution», *Vistas in Astronomy*, 17 (1975), pp. 85-94.
- 3 KUHN — *Copernican Revolution* (ref. 1), p. 74.
- 4 KUHN — *Copernican Revolution* (ref. 1), p. 132.
- 5 SWERDLOW, N. M. — «Pseudodoxia Copernicana», *Arch. Int. Hist. Sci.*, 26 (1976), pp. 108-158.
- 6 CARNOT, Sadi — *Reflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines propres a developper cette Puissance* (Paris: Bachelier, 1824).
- 7 KUHN, Thomas S. — «Energy Conservation as an example of simultaneous discovery», in *Critical Problems in the History of Science* (Madison: University of Wisconsin Press, 1959). Traduzido em KUHN — *Tensão Essencial* (ref.1), pp. 101-141.
- 8 KUHN — *Tensão Essencial* (ref.1), p. 107.
- 9 KUHN, T. S.; HEILBRON, J. L.; FORMAN, P.; ALLEN, L. — *Sources for the History of Quantum Physics. An Inventory and Report*. (Philadelphia: The American Philosophical Society, 1976).
- 10 KUHN, Thomas S. — *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912* (New York: Oxford University Press, 1978).
- 11 KUHN — *Black-Body Theory* (ref. 37), p. viii.
- 12 PLANCK, Max — «The Genesis and Present State of Development of the Quantum Theory», in *Nobel Lectures, 1901-1921* (Amsterdam: Elsevier, 1967), pp. 407-420.
- 13 PLANCK, Max — *Scientific Autobiography and Other Papers* (New York: Philosophical Library, 1949; original 1948), pp. 13-51, p. 44.

Margarida Fragoso é licenciada em Física pela FCUL e está a concluir uma pós-graduação em "Engenharia de Qualidade de Equipamentos Médicos" na Escola Nacional de Saúde Pública. Ricardo Laranjeira e Olga Santo são alunos dos 4.º ano da licenciatura em Física do Departamento de Física da FCUL. Ana Simões é doutorada em História e Filosofia das Ciências pela Universidade de Maryland, College Park, USA (1993) é actualmente professora auxiliar do DFFCUL.

A GAZETA DE FÍSICA E A FÍSICA EM PORTUGAL

AMÉLIA PEREIRA e ISABEL SERRA

Centro Interdisciplinar de Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade de Lisboa

A *Gazeta de Física*, fundada em 1946 por Armando Gibert (1914-1985), foi veículo de uma nova forma de pensar a Ciência em Portugal. O seu fundador e grande parte dos seus colaboradores foram investigadores no Centro de Estudo de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa. Este Centro, desempenhou um papel de relevo da formação de uma "comunidade científica" em Portugal a partir dos anos 30.

A trajectória de investigação definida pelos membros do Centro marcou significativamente a revista durante os primeiros anos de publicação. A evolução e estrutura temática da *Gazeta* reflectem a preocupação em evidenciar a importância do conhecimento científico como motor do desenvolvimento da Sociedade. Alguns dos seus colaboradores mais activos viram limitado o seu campo de actuação em consequência das restrições impostas pela política científico-cultural do Estado Novo.

O Centro de Estudos de Física e a *Gazeta*

Em 1929 nasce o primeiro grupo a fazer investigação em física no país — o Centro de Estudos de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa. A área de trabalho escolhida, a Física Nuclear, era nessa época um ramo ainda recente da Física e certamente atractiva para o conjunto de pessoas que dinamizaram o trabalho do Centro durante os primeiros anos de existência. A sua actividade não se limitou à montagem e realização de experiências no laboratório. Eles fundaram e animaram duas das primeiras revistas científicas portuguesas: a *Portugaliae Physica*, onde foram publicados os resultados dos primeiros trabalhos de investigação realizados em Portugal. E a *Gazeta de Física* que, para além da investigação, se ocupou também da divulgação e do ensino da física na universidade e nos liceus portugueses.

Em Outubro de 1946 é publicado o primeiro número da *Gazeta* e durante os anos de 47 e 48 saem mais oito números, após o que a publicação se torna irregular e é interrompida várias vezes. Num apêndice deste texto é caracterizada

pormenorizadamente a evolução desta revista entre 1946 e 1970. Para além desses dados, que traduzem o empenhamento e os interesses dos mais activos colaboradores da revista interessa-nos também realçar alguns aspectos do espírito que os animava.

O seu fundador, Armando Gibert, que trabalhava no Centro de Estudos de Física, escreve as palavras iniciais da rubrica "Tribuna da Física". Este nome, que talvez hoje se considerasse inadequado numa revista de Física, traduz a necessidade, que sentiam os físicos da altura, de lutar pelo reconhecimento da sua profissão e da sua actividade. Esse sentimento transparece ao longo de todo o texto, expressando-se algumas vezes num tom militante, como por exemplo quando é referida a luta pela "criação dum Corpo Nacional de Físicos e Técnicos Científicos" [2].

Em defesa da profissão de físico

A atitude de militância, característica de muitos dos artigos de Armando Gibert, é perfeitamente compreensível para quem tenha uma ideia da posição que a Física

O Centro de Estudos de Física da FCL

Criação da *Portugaliae Physica* e da *Gazeta de Física*

Em defesa da profissão de físico

Espírito de uma época

Uma apreciação histórica sobre a *Gazeta de Física*

tinha adquirido nos anos 40. As aplicações da ciência estavam, desde o início do século, a revolucionar a actividade económica e o quotidiano das sociedades ocidentais. A recente explosão das bombas atómicas tinha chamado a atenção para as potencialidades do conhecimento científico. Gibert, tal como outros universitários portugueses, trabalhou e fez doutoramento numa universidade europeia, onde grande parte do corpo docente fazia investigação. A Física Nuclear, a sua especialidade, era uma área ainda recente e pujante de resultados novos e espectaculares. Parece-nos natural que ele reclamasse, para as universidades portuguesas, o que era prática comum nas outras universidades europeias — ensino especializado e investigação em Física.

Os textos da *Gazeta* traduzem, frequentemente, um grande entusiasmo pela ciência e o desejo de o comunicar. Alguns dos físicos portugueses tinham estagiado em importantes centros de investigação científica, convivendo com personalidades célebres. Recordar esses tempos com os leitores da *Gazeta* era ir em peregrinação a tempos e lugares onde se construiu o mito da ciência maravilhosa.

Valadares fala-nos de Paul Langevin [19], retratando o entusiasmo que este físico, até ao fim da vida, emprestava à exposição das suas ideias. Para além de Langevin muitos outros são evocados nas páginas da *Gazeta*: Einstein, Planck, os Curie, Rosenblum, Landau, Joliot Curie, Niels Bohr.

Também por vezes laboratórios estrangeiros e temas de investigação merecem uma atenção especial. Gibert na rubrica *Problemas de Investigação em Física* descreve-nos o Instituto do Frio Kamerlingh Onnes em Leiden, Holanda [3], e conclui afirmando que: "(...) em particular, quanto à alta cultura, o povo holandês, pequeno em número e em recursos naturais, é exemplo a respeito do qual nos seria certamente proveitoso, a nós portugueses, meditar — não pouco — mas sim muito." Marques da Silva em *Divulgação e vulgarização expõe as Dificuldades de interpretação da radioactividade β* [16], um tema de investigação de ponta, nessa altura, e que passava pela hipótese da existência do neutrino, ainda não verificada.

Em todos os números da *Gazeta* são dedicadas algumas páginas ao ensino liceal da Física, onde se transcrevem pontos de exame e se fazem críticas de livros. Rómulo de Carvalho é um dos colaboradores dessas páginas e também membro da direcção da revista.

A luta por um ensino universitário em Física é também uma preocupação constante da *Gazeta*. A propósito da comemoração do 50.º aniversário da descoberta do Rádio, Gibert escreve um artigo, referindo as condições do ensino superior da Física e termina, afirmando a esperança de "não ter fugido ao nosso propósito permanente: a defesa da Física como Ciência e como Profissão" [4].

Nessa época, em Portugal, o ensino de Física nas universidades era restrito a algumas disciplinas, no curso

de Físico-Químicas, em cursos de Engenharia, ou de Ciências Médicas. Não havia licenciatura em Física, e a profissionalização superior em Física era feita em conjunto com a Química, nas licenciaturas de Físico-Químicas que tinham apenas quatro cadeiras de Física, uma das quais semestral. A existência de duas licenciaturas separadas só é instituída com a reforma de 1964, ou seja, mais de 30 anos depois de ter começado a haver trabalho especializado nessas áreas. No caso da Química, os primeiros laboratórios de investigação surgem, em Portugal, também nos anos 30 [6]. Esta é aliás uma época em que, no nosso país, se abrem horizontes para a ciência. Alguns dos universitários que haviam estagiado ou feito doutoramento no estrangeiro, dinamizam trabalhos de investigação, criam revistas científicas e procuram fazer divulgação da ciência.

A reivindicação de um estatuto para o treino e exercício da profissão de cientista e investigador foi o objectivo das palavras de Armando Cyrillo Soares, também na *Tribuna da Física*: "No século que decorre, não passa de uma banalidade a afirmação de que só devem considerar-se verdadeiramente civilizadas as nações que ao desenvolvimento da Ciência dedicam boa parte das suas energias e de seus rendimentos." [17]. Esta frase adquiriu significado na vida do seu autor pelo trabalho desenvolvido e pelas posições tomadas como professor da Faculdade de Ciências.

Cyrillo Soares

Cyrillo Soares, embora não sendo um investigador, fundou o Centro de Estudos de Física, anexo àquela Faculdade. Só tendo existência oficial, a partir de 1940, a actividade do Centro iniciou-se em 1929, data em que foi enviado para o estrangeiro o primeiro bolseiro, Manuel Valadares. O testemunho deste físico, publicado também na *Gazeta de Física* [20], mostra que a orientação de Cyrillo Soares traduzia uma verdadeira política de investigação. "Quando em fins de 1933, regresssei ao país tive ocasião, em longas conversas com o Prof. Cyrillo Soares de conhecer qual, em sua opinião, deveria ser a actualização do Laboratório no domínio da investigação. A ideia fundamental era a de que a investigação no Laboratório de Física da F.C.L., deveria desenvolver-se exclusivamente num número muito restrito de capítulos da Física. (...) Porque me havia especializado em radioactividade durante um estágio de quatro anos no estrangeiro, ficou estabelecido nas nossas conversas que um dos ramos de investigação que se procuraria desenvolver no Laboratório seria o da Física Nuclear não só adquirindo a aparelhagem para tal mas ainda preparando novos investigadores quer no país quer enviando-os ao estrangeiro."

"Um conjunto de circunstâncias várias havia de fazer com que, de facto, fosse a investigação em física nuclear

aquela que mais se desenvolvesse — juntamente com a de espectrografia de raios X — no Laboratório de Física da F.C.L. e o Prof. Cyrillo Soares soube sempre, apesar de todos os ataques de que a sua orientação foi alvo, guardar fidelidade à sua ideia inicial de, para tirar um apreciável rendimento da investigação, não dispersar investigadores e material em assuntos inteiramente distintos."

Não é difícil justificar as opções de Cyrillo Soares e Valadares, passadas algumas décadas sobre a época vivida. É inegável que o domínio de trabalho escolhido devia exercer grande atracção sobre os físicos daquele tempo. A descoberta dos raios X e da radioactividade, nos finais do século passado, tinha criado novas perspectivas à investigação em Física. Os ramos que surgiram dessas descobertas, como a Física Nuclear e a Espectrografia dos Raios X, γ e β , possuíam um vasto, e ainda inexplorado, universo de actuação. Os dados experimentais obtidos em laboratório poderiam ser essenciais para a compreensão do átomo e do núcleo. A par destas características, que permitem considerá-los como temas de Física fundamental, os ramos de estudo referidos tiveram, desde o seu despontar, importantes aplicações.

A escolha de temas de investigação num país pequeno e de fracos recursos tem que ser criteriosa. Os domínios de trabalho escolhidos possibilitavam a obtenção de resultados novos, mesmo em experiências de pequena envergadura, como as que foram montadas no laboratório do Centro de Estudos de Física.

O trabalho experimental no Laboratório de Física da F.C.L.

As primeiras experiências foram efectuadas com uma instalação de raios X realizada, em parte, com material emprestado, e conduziram a resultados novos em espectrografia dos raios X — a obtenção de uma banda no espectro do chumbo [20]. Esta mesma montagem foi usada para estudar as possibilidades de aplicação dos raios X ao exame de pinturas. Desse trabalho em que participou, para além de Manuel Valadares, o assistente Francisco Mendes, resultou o projecto e realização de uma instalação destinada ao Museu de Arte Antiga. Posteriormente, com uma nova instalação de raios X, por ele descrita na *Gazeta de Física* [15], o assistente José Sarmiento realizou no Laboratório o trabalho com que se viria a doutorar na Faculdade de Ciências do Porto.

As experiências do Centro de Estudos de Física não se limitaram, porém, ao estudo de espectros X. Foi também adquirida uma montagem de contadores Geiger-Muller, destinada a estudos de radioactividade ao qual se associaram um amplificador e um registador apropriados, construídos no laboratório. Marques da Silva, que estagiara no Laboratório Curie, orientou a realização des-

sas montagens e Armando Gibert utilizou-as em diversos trabalhos. Também Marieta da Silveira as usou para a sua tese de doutoramento. Foram efectuadas ainda outras montagens — um amplificador destinado ao estudo dos feixes de neutrões, por Armando Gibert e uma câmara de Wilson, projectada e realizada por Marques da Silva.

Estudos de radiação γ e β foram temas de tese de doutoramento de Lídia Salgueiro, da Faculdade de Ciências de Lisboa e de Carlos Braga que, sendo da Faculdade de Ciências do Porto, viera estagiar a Lisboa. O espectrógrafo por ele montado foi ainda utilizado pela assistente Glaphyra Vieira noutros estudos sobre radiação β .

Esta é apenas uma breve síntese do trabalho desenvolvido durante os primeiros anos no laboratório de Cyrillo Soares. Uma descrição muito mais pormenorizada das experiências e montagens realizadas no Centro de Estudos de Física, assim como da investigação aí efectuada, tem sido feita por quem nele trabalhou durante os primeiros anos [1, 13, 14], ou conheceu de perto alguns dos seus membros [7]. Esses artigos permitem avaliar a intensidade da actividade científica levada a cabo, assim como o espírito de pioneirismo que animava os seus promotores.

Transformar velhos aparelhos, reaproveitar instalações e adaptá-las às necessidades das experiências a realizar, procurar e fabricar novas peças, foram tarefas que não fizeram recuar aqueles que, entre 1930 e 1947 teimaram em fazer investigação experimental. Os resultados obtidos nas experiências dão origem a 57 publicações em revistas nacionais, 32 em revistas estrangeiras e a 11 doutoramentos [5]. É um resultado notável para um Centro que começou do nada e que teve que se debater com os problemas de instalações, de equipamentos e de apoio técnico que se levantam a todos os grupos que fazem investigação experimental num país tecnologicamente atrasado.

1947 e a política do Estado Novo

As duas revistas de Física que iniciam a sua publicação durante esses anos — a *Portugaliae Physica* e a *Gazeta de Física* — devem grande parte do seu dinamismo à actividade desenvolvida no Centro de Estudos de Física. Até 1947 a maioria dos artigos aí publicados eram assinados por colaboradores seus. Nesse ano dá-se a demissão forçada de três dos seus investigadores mais antigos e que tiveram um papel fundamental no desenvolvimento do trabalho do Centro — Valadares, Gibert e Marques da Silva.

1947 — ano em que foram expulsos vinte e um docentes de diversas áreas de conhecimento [11] — é um ano negro para a Universidade Portuguesa. Começava nessa altura a surgir em Portugal uma comunidade cien-

tífica, o que é uma condição essencial do processo que Xavier Polanco [9] designa por "mundialização da ciência". Esta passa por uma etapa necessária — a adopção, por parte das comunidades científicas nacionais, de temas de estudo que se integrem nos circuitos científicos mundiais. Isso implica inevitavelmente a interacção com as comunidades científicas de outros países. De facto, durante os anos 30, universitários portugueses saem do país para fazer doutoramento no estrangeiro em diversas especialidades e, no regresso, continuam a manter relações internacionais. Cientistas de diversos países vêm a Portugal dar conferências ou trabalhar nas equipas de investigação que se tinham formado.

O Centro de Estudos de Física foi um dos agentes deste processo. As publicações dos seus membros demonstram a preocupação em escolher problemas que se inserissem em "correntes fundamentais" [9] da sua área de investigação.

Na mesma época surgem, ligados às Universidades, outros Centros de Estudos com um percurso semelhante e envolvidos no mesmo movimento. "Na área da Matemática, este movimento assumiu um carácter exemplar pela determinação, inteligência e originalidade com que o reduzido número de matemáticos desta geração, com destaque para António Aniceto Monteiro, Bento de Jesus Caraça e Ruy Luís Gomes, pôs a funcionar entre 1937 e 1947 uma eficaz e abrangente política de desenvolvimento da investigação, numa área sem grande tradição de investigação, como era a da Matemática" [8].

Os Centros de Estudo eram financiados pela Junta de Educação Nacional, fundada por António Sérgio em 1926 e transformada em Instituto para a Alta Cultura em 1936. O seu primeiro presidente, o Professor em Medicina, Celestino da Costa, deu apoio à política de investigação dos Centros, subsidiando os estágios de investigadores no estrangeiro e participando nas despesas em revistas e material. Quando, em 1947, através de uma nota oficiosa do Conselho de Ministros, foram demitidos vários professores universitários, Celestino da Costa foi um dos expulsos.

"Foram exonerados dos cargos de Prof. Catedrático de Física da Faculdade de Ciências de Coimbra e de assistentes de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa, respectivamente os Ex.^{mos} Senhores Doutores Mário Silva (doutor pela Sorbonne), Manuel J. N. Valadares (doutor pela Sorbonne) Aurélio Marques da Silva (doutor pela Sorbonne) e Armando Gibert (doutor pela Escola Politécnica de Zurich)" [12]¹.

A *Gazeta de Física* no número de Outubro de 1947 refere, para além das expulsões, outras medidas que limitam o exercício da actividade científica — a suspensão do subsídio à *Portugaliae Physica* e a proibição de reuniões científicas:

"... terminada a publicação do Vol. I (1943-45), a situação económica da Portugaliae Physica fosse já a esse tempo a de uma administração deficitária.

Por essa época havia cessado a recepção dos subsídios aludidos, sem aviso prévio nem indicação do motivo determinante de tal cessação" [18].

A demissão de três dos membros do Centro de Estudos de Física foi um duro golpe para a Física Nuclear em Portugal, para além de representar um desperdício do investimento feito em formação de quadros e montagem de experiências. Na sequência desse acontecimento o Professor Cyrillo Soares pediu a demissão de Director do Centro. "Vai ser contratado para desempenhar as funções de Professor de Física na Faculdade de Ciências de Lisboa o Ex.^{mo} Senhor Doutor D. Júlio Palácios (professor da Universidade de Madrid)" [12].

Nos três anos seguintes, contrariamente ao que se tinha passado em anos anteriores, a produtividade do Centro foi muito reduzida — foram publicados apenas 6 artigos, todos em revistas nacionais e não houve nenhum doutoramento [5]. Estes números, quando comparados com os citados anteriormente, são bem elucidativos do efeito das demissões.

O movimento cultural e científico que surgiu nos anos 40 e que se exprimiu, seja através da produção científica, seja através da divulgação da ciência, foi considerado um movimento de oposição política e, como tal, reprimido pelo Estado. A aniquilação desse movimento significou muitos anos de atraso na modernização do ensino universitário. Esse processo só é retomado vinte anos depois, durante o período de "liberalização", que no ensino é protagonizado por Veiga Simão. Só com a reforma das Faculdades de Ciências, de 1964 [10], levada a efeito por Galvão Teles, então ministro da Educação, são criadas duas licenciaturas separadas, de Física e Química, tal como tinha sido reclamado pela *Gazeta*. Só no fim dessa década o Governo valoriza a especialização científica, fomentando-a então numa escala considerável, com a concessão de um grande número de bolsas.

A *Gazeta de Física* é uma das revistas indissolavelmente ligadas à luta pela profissão de físico e pelo reconhecimento do trabalho de ensino e investigação, numa época em que o saber, quando vivido fora das estreitas normas impostas pelo Estado, foi tido como politicamente revolucionário e perturbador da ordem social estabelecida. A tacanhez da política cultural do Estado Novo, para além de promover o conformismo e a mediocridade, transformou intelectuais em heróis e artigos de revistas científicas em escritos de contestação. Divulgar o trabalho dos cientistas portugueses dessa época significa, não só fazer a história da ciência em Portugal, mas também render homenagem aos que souberam transformar numa militância a sua busca do conhecimento.

¹ Parece-nos ter sido intencional que as informações assinaladas no texto com a referência [12], tenham sido publicadas sequencialmente no mesmo número da *Gazeta de Física*.

Referências

- [1] FERREIRA, J. Gomes. *Os nossos Laboratórios de Investigação Científica. O Centro de Estudos de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa e a Investigação Científica*, Ciência, 41-46 (1963).
- [2] GIBERT, A., 1.. *Tribuna de Física — Em nome da Direcção*, Gazeta de Física, Vol. I Fasc 1, 1-3 (1946).
- [3] GIBERT, A. *O Instituto do Frio Kamerlingh*, Gazeta de Física, Vol. I, Fasc. 2, 50-51 (1947).
- [4] GIBERT, A. *O radio: um símbolo*, Gazeta de Física, Vol. I, Fasc. 9, 258-260 (1948).
- [5] GIBERT, A. *O Centro de Estudos de Física do Instituto para a Alta Cultura Anexo à Faculdade de Ciências*, Gazeta de Física, Vol. II, Fasc. 4, 86-89 (1950).
- [6] GIL, F. B. e al. *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Passado/Presente, 150.º aniversário da Escola Politécnica, 75.º Aniversário da Faculdade de Ciências*, Lisboa, 1987.
- [7] GIL, F. Bragança. *O estudo dos Raios X e o Início da Investigação em Física nas Universidades Portuguesas*, Gazeta de Física, Vol. 18, Fasc. 3, 11-17, (1995).
- [8] PERES, Ilda. *Movimento Matemático — 1937-1947*, Digitipo, Lisboa: 1997, p. 10.
- [9] POLANCO, X. *Une science-monde: la mondialisation de la science européenne et la creation de traditions scientifiques locales*, in naissance et développement de la science-monde, La Decouverte, Paris, 1990.
- [10] REFORMA das Faculdade de Ciências: Decreto-Lei n.º 45 840, Diário do Governo de 31 de Julho de 1964.
- [11] RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS, "Diário do Governo", I Série, n.º 138, 18 de Junho de 1947.
- [12] SALGUEIRO, Lídia. *Informações Várias*, Gazeta de Física, Vol. I, Fasc. 5, 157 (1947).
- [13] SALGUEIRO, Lídia. *Vida e Obra de Manuel Valadares*, Gazeta de Física, VI, Fasc. 1, 2-12 (1978).
- [14] SALGUEIRO, Lídia. *Armando Gibert (1914-1985)*, Gazeta de Física, Vol.8, Fasc. 4, 124-125, (1985).
- [15] SARMENTO, J. *Descrição da instalação utilizada no Estudo das satélites da risca La do ouro*, Gazeta de Física, Vol. II, Fasc. 4, 89-90 (1950).
- [16] SILVA, A. Marques. *Dificuldades de interpretação da Radioactividade b*, Gazeta de Física, Vol. I, Fasc.2, 52 - 54 (1947).
- [17] SOARES, A. Cyrillo. *Ensino e Investigação*, Gazeta de Física, Vo. I, Fasc. 1, 3-5 (1946).
- [18] SOARES, A. Cyrillo, Post-fácio, *Portugaliae Physica*, Vol. 2, 253, (1946-47).
- [19] VALADARES, M. *Recordações de Paul Langevin*, Gazeta de Física, Vol. I, Fasc.4, 103-104 (1947).
- [20] VALADARES, M. *O Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa sob a Direcção do Prof. Dr. A. Cyrillo Soares (1930-1947) e a Investigação Científica*, Gazeta de Física, Vol. II, Fasc. 4, 93-106 (1950).

Isabel Serra é Professora Auxiliar do Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, investigadora do CICTSUL (Centro Interdisciplinar de Ciência Tecnologia e Sociedade da Universidade de Lisboa), onde em conjunto com a Professora Doutora Elisa Maia coordena o Projecto "Laboratórios de Ensino e de Investigação"

Maria Amélia Pereira é mestranda da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e investigadora do CICTSUL.

17th EPS GENERAL CONFERENCE OF THE CONDENSED MATTER DIVISION

CMD-EPS 17

and

JMC6

**JOURNÉES MATIÈRE CONDENSÉE
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE**

August 25-29 1998

Grenoble

The 1998 General Conference (CMD - EPS 17) of the Condensed Matter Division of the European Physical Society will be held in Grenoble on 25-29 of August. It will be coupled with the 6èmes "Journées de la Matière Condensée (JMC 6). The aim is to provide a forum where scientists, mostly from Europe, can present their research work in condensed matter physics. It will follow mainly the scheme chosen for the "Journées de la Matière Condensée de la Société Française de Physique" which is based on a large diversity (37) of minicolloquia selected after a survey among physicists. Junior scientists (PhD students) are encouraged to participate. Grants will be given to decrease the fee. A job advertisement space will be provided.

Important deadlines

- March 15: Receipt of abstracts & application for grants for students exclusively
- April 15: Notification of acceptance for abstract and for grants
- May 15: Deadline for early registration fees

The Conference will be organised in the Grenoble University Campus in Saint Martin d'Hères.

SECRETARIAT CMD17 - JMC6

Laboratoire Louis Néel, BP 166 X 38042
Grenoble cedex 9, FRANCE
Phone: 33 4 76 88 90 02; Fax: 33 4 76 88 90 04
e-mail: cmd17@labs.polycnrs-gre.fr
e-mail (abstract): abs17@labs.polycnrs-gre.fr

(Ver mais informações na pág. 30 deste número)

NO RASTO DO SOL...

UMA EXPERIÊNCIA DIDÁCTICA (8.º ANO)

MARIA DA LUZ CASTRO

Escola Secundária D. Dinis
R. Dr. Manuel Teixeira Gomes, 1900 Lisboa

MARIA DAS MERCÊS SOUSA RAMOS

Escola Superior de Educação de Lisboa
Av. Carolina Michaelis de Vasconcelos, 1500 Lisboa

No presente artigo descreve-se como, com materiais simples, se implementaram actividades de índole experimental, ligando a teoria e a experiência, na unidade temática "Nós e o Universo", do 8.º ano de escolaridade. O trabalho foi desenvolvido com duas turmas (42 alunos).

O que agora se relata constitui apenas uma parte do estudo daquela Unidade. O envolvimento dos alunos na actividade experimental foi evidente a nível de várias capacidades e atitudes. A ligação da prática com a teoria pareceu útil e eficaz em termos de aquisição e de compreensão de conhecimentos, para a maioria dos alunos.

INTRODUÇÃO

Teoria e prática — indissociáveis para a aprendizagem da ciência

O progresso teórico da Física, na grande maioria dos casos, foi determinado pelo resultado de experiências "cruciais". Por outro lado, a experiência em Física é sempre orientada por um quadro teórico de referência. Teoria e experiência estão intrinsecamente ligadas e interdependentes¹. Pareceria óbvio que ao pretender-se que alguém aprenda Física, teoria e experiência fossem igualmente consideradas.

Teorias da aprendizagem têm vindo a mostrar que a *observação* e a *experimentação* ganham cada vez mais relevância na aprendizagem da Ciência. É consensual que, no ensino da Ciência, em particular na Física, quer uma quer outra podem ser postas em prática com recurso a materiais simples e de uso corrente, pelo menos nos níveis mais elementares.

Socialmente a educação é cada vez mais considerada como "instrumento prin-

cipal de desenvolvimento dos povos" como foi salientado na 45.ª Sessão da Conferência Internacional da Educação, Genebra, 1996 e, na recomendação 2.3.3, dimanada desta conferência, é referido explicitamente como um factor importante na formação dos professores a "...inovação e a experimentação: desenvolvimento do espírito científico...", para a melhoria do ensino.

Entre nós, a experiência continua a ser pouco frequente nas aulas de Física, na grande maioria das escolas. O relatório internacional TIMSS (1996) recentemente publicado vem mostrar como é baixo o nível de aprendizagem de Ciência nas nossas escolas. A todos os envolvidos na actividade educativa se impõe um esforço e uma reflexão profunda sobre tal situação, no sentido de a ultrapassar.

¹ Esta posição foi defendida com veemência por Anatole Abragam, entre outros, no debate sobre Filosofia das Ciências organizado pela Academia das Ciências Francesa (1984) e publicado em *A Filosofia das Ciências Hoje*, coordenado por J. Hamburger. Lisboa: Editorial Fragmentos.

Estudo experimental do movimento aparente do Sol

Desenvolvimento das capacidades de observação

Análise de resultados

Simulação experimental

Material simples — um recurso a não desprezar

A falta de material é uma das razões apontadas para a não realização da actividade experimental. Sem negar a importância de aparelhos e de instrumentos, é pedagógico o recurso a material simples e de uso corrente, sempre que for possível. Este tipo de material mais familiar ao aluno pode levá-lo a imaginar e a utilizar materiais de que dispõe no estudo de fenómenos e, assim, implicar-se de um modo diferente na sua aprendizagem. O recurso a meios simples, para além de vantagens óbvias, permite um novo olhar sobre a Natureza, dá sentido à atitude de observação atenta e promove o gosto pelo conhecimento do mundo em que vivemos. A divulgação, entre os professores, deste tipo de experiências, pode ser útil por poder incentivar o ensino experimental da Física mesmo sem grandes recursos materiais.

A experiência que a seguir se relata parece-nos ser um exemplo disto relativamente à unidade temática do 8.º ano *Nós e o Universo*. Os movimentos de rotação e de translação da Terra, a sucessão dos dias e das noites e as estações do ano são itens desta Unidade Temática. Na organização pedagógica destes conteúdos procurou-se estabelecer uma relação sinérgica entre a prática experimental e a teoria.

A observação do céu pode ser feita utilizando meios complexos, mas também pode sê-lo com recurso a meios muito simples, num conjunto grande de situações.

Aproveitando o sol de Portugal e as palhinhas de refresco

Num país cheio de sol como o nosso, mesmo no Inverno há oportunidades, que seria uma pena não aproveitar, para estudar experimentalmente o movimento aparente do Sol. A realização de actividades ao ar livre poderia ser interessante e quebra-rotina. No entanto, não se dispondo, na escola, de espaços exteriores adequados para manter durante algum tempo as montagens experimentais dos vários grupos de alunos, optou-se por fazer registos da sombra de um gnómon (utilizaram-se palhinhas de refresco) na sala de aula.

Com esta actividade experimental estudou-se o movimento aparente do Sol ao longo do tempo: durante o dia e com o decurso dos dias. Analisaram-se e definiram-se as condições em que iriam decorrer as observações e os respectivos registos. Verificou-se que na época do ano (Janeiro) em que a unidade "Nós e o Universo" estava a ser abordada, durante as aulas de Física (à tarde), a luz do Sol penetrava directamente pelas janelas da sala e banhava a bancada existente ao longo delas durante algumas horas. Havia condições para se fazer, na aula, o estudo do movimento aparente do Sol através do registo da sombra do gnómon.

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo atribuíram-se quatro aulas: duas experimentais, para montagem, observação e registo de dados, e duas teóricas para análise e interpretação de dados, introdução e aplicação de conceitos. Em cada turno de alunos constituíram-se quatro grupos de trabalho, com três alunos em cada grupo. A observação incidiu sobre as características da sombra de uma palhinha de refresco, fixada verticalmente sobre uma folha de papel. Esta, por sua vez, estava colocada sobre a bancada, como se vê na Fig. 1.



Fig. 1 — Grupos de alunos observam e registam as posições da sombra da palhinha de refresco na folha de papel

Os alunos registaram a direcção da sombra em vários momentos ao longo da tarde e, passados oito dias repetiram os registos às mesmas horas. As condições em que a montagem e os registos deviam ser realizados foram discutidas previamente com os alunos.

A fixação, da palhinha sobre a folha e desta sobre a bancada, foi feita com uma massa adesiva. Na primeira aula experimental, os alunos marcaram na bancada, com um lápis, a posição de cada um dos cantos da folha e,

nesta, o local da fixação da palhinha, para que as posições fossem as mesmas quando procedessem, posteriormente, aos registos.

Com o auxílio de uma régua, os alunos registaram na folha de papel as linhas de sombra da palhinha e sobre elas escreveram a hora do respectivo registo. Cada grupo de alunos fez, pelo menos, três registos em cada aula, com intervalos de aproximadamente 15 minutos. A mesma montagem foi utilizada, no mesmo dia, por dois grupos de alunos, de turmas diferentes.

Passados oito dias, no mesmo dia da semana, às mesmas horas dos registos anteriores e usando as mesmas montagens (mesma posição), cada grupo de alunos fez de novo três registos da direcção da sombra da palhinha.

Após cada uma das aulas experimentais foram analisados e interpretados os dados registados. Para facilitar a interpretação e compreensão dos fenómenos envolvidos foram feitas demonstrações simulações, como a seguir se descreve.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Na aula seguinte à primeira actividade experimental foi feita uma pequena demonstração em que os alunos observaram como a variação da posição de uma lanterna relativamente a uma palhinha de refresco faz variar a direcção e comprimento da sombra produzida. Com base nesta observação procedeu-se à análise e interpretação dos dados registados pelas duas turmas, na aula experimental (Fig. 2), relacionando-os com o movimento de rotação da Terra e o correspondente movimento aparente do Sol.

Os registos efectuados por alguns dos grupos de alunos foram passados a acetato e apresentados, com recurso a retroprojector, a toda a turma. Os alunos puderam, em conjunto, confirmar, o que havia sido surpreendente para alguns: mesmo em intervalos de tempo tão curtos, como 15 minutos, é notória a variação da direcção da sombra e por conseguinte da posição do Sol relativamente à Terra, ao longo do dia.

No sentido de clarificar a interpretação dos dados recorreu-se a uma simulação utilizando um globo (a Terra) e uma lâmpada fixa num suporte (o Sol). Mantendo a lâmpada numa posição fixa e imaginando-nos colocados em Lisboa rodou-se o globo em torno do seu eixo e identificaram-se os momentos em que o Sol se "levanta" e desaparece no horizonte, bem como a variação da direcção dos raios solares (simulados) com o decurso do dia. Assim, a sucessão dos dias e das noites e a variação do comprimento da sombra ao longo do dia foram entendidas como consequências do movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo.

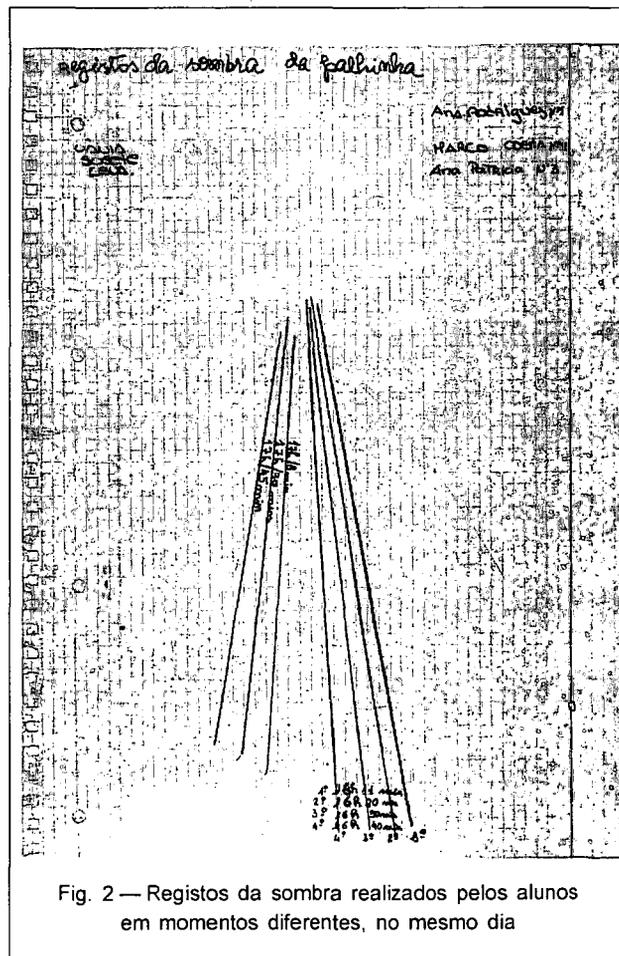


Fig. 2 — Registos da sombra realizados pelos alunos em momentos diferentes, no mesmo dia

Os registos da sombra da palhinha efectuados com o intervalo de sete dias foram igualmente apresentados em acetato a toda a turma, podendo verificar em conjunto a deslocação da sombra e a diminuição do seu comprimento. Com a ajuda do professor, puderam inferir do movimento aparente do Sol de Sul para Norte no decurso daquela semana. Os dados e as observações efectuadas foram interpretados considerando o movimento de translação da Terra e a inclinação do eixo terrestre em relação ao plano da órbita da Terra. Para tornar mais aparente (visível) este efeito realizou-se uma outra simulação fazendo rodar o globo terrestre em torno da lâmpada fixa num suporte. Solicitou-se aos alunos que observassem como estavam iluminadas as diferentes zonas do globo (zona equatorial, temperada e polar) durante uma revolução completa. Face ao observado fez-se a interpretação da variação anual da duração dia/noite e as consequentes alterações climáticas. Colocou-se então a questão: Se o eixo terrestre não fosse inclinado, a variação do dia e da noite, para os diferentes pontos do globo seria a mesma? Após discussão repetiu-se a simulação do movimento da Terra mas mantendo agora o eixo de rotação perpendicular ao plano de rotação.

CONCLUSÕES

O estudo do movimento aparente do Sol, no contexto em que foi efectuado (recurso a montagens experimentais utilizando material de uso corrente e simulações) mostrou ser uma actividade experimental simples na sua realização mas, para os alunos, rica em oportunidades de utilização de processos científicos: observação, registo, análise e interpretação de dados, controlo de variáveis, elaboração de inferências.

O interesse dos alunos foi generalizado e manifestado pelo seu envolvimento, quer na actividade experimental quer nas aulas de análise e interpretação de dados.

A ligação que se conseguiu estabelecer, através da actividade experimental e simulações, entre a teoria e os fenómenos reais em estudo (movimento Terra-Sol e suas consequências) pareceu ter contribuído positivamente para a consolidação dos conceitos e interpretação dos fenómenos por uma grande parte dos alunos.

O recurso à simulação do movimento de translação da Terra constituiu, particularmente, uma situação facilitadora da compreensão de que a inclinação do eixo em relação à órbita terrestre determina a iluminação desigual dos dois hemisférios terrestres e a consequente desigualdade dos dias e das noites com as estações do ano.

A realização de actividades como esta parece, assim, possibilitar aprendizagens significativas, durante o Ensino Básico, deixando a esperança da inversão de uma situação que hoje se verifica no Ensino Superior: alunos não serem capazes de explicar, por exemplo, a relação que existe entre a variação da duração dos dias e das noites ao longo do ano, o movimento de translação e a inclinação do eixo terrestre, apesar de serem conteúdos programáticos, nos antigos curricula, dos programas de Geografia.

Maria da Luz Castro é licenciada em Eng.ª Química e em Química Educacional e Mestre em Educação na área da Metodologia do Ensino das Ciências, é Prof.ª do Ensino Secundário. Foi orientadora pedagógica do Núcleo de Formadores da Escola Superior de Educação de Lisboa. Tem participado em projectos de desenvolvimento e inovações pedagógicas e em publicações na área do ensino.

Maria das Mercês Sousa Ramos é licenciada em Física e Mestre em Metodologia do Ensino das Ciências pela FCUL, é Prof.ª Adjunta na Escola Superior de Educação de Lisboa. Tem participado em projectos de desenvolvimento e inovação pedagógica e em publicações na área do ensino. Integrou a Direcção da Delegação Sul da SPF (86-88) e da Divisão Técnica de Educação da SPF (91-96).



Óptica Experimental

A Delegação Norte da SPF propôs oportunamente este projecto ao Programa Ciência Viva tendo sido aprovado e estando presentemente em desenvolvimento.

O projecto envolve as seguintes Escolas Secundárias: Monserrate, João Gonçalves Zarco, Valbom, Carlos Amaranente, Aurélia de Sousa, Paredes, Fernão de Magalhães, Sá de Miranda, Fontes Pereira de Melo e Monção.

O projecto decorrerá nas aulas de Ciências Físico-Químicas, sendo acompanhado por 2 professores em cada escola, aos quais será dada previamente formação científico-didáctica e técnica no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em colaboração com a Delegação Norte da SPF.

Dos temas previstos no Programa do 8º ano de escolaridade, a óptica é um dos mais motivadores como tem vindo a ser constatado pela adesão dos alunos nas aulas, "dias abertos", Olimpíadas e visitas a Museus interactivos.

Trata-se de um tema muito rico em conceitos intuitivos e bastante abrangentes, quer em termos constructivistas, quer do ponto de vista da Epistemologia da Física. Não implicando praticamente quaisquer pré-requisitos, o estudo da Óptica presta-se a uma abordagem de descoberta, e, sendo uma área de investigação actual, dará ao aluno uma perspectiva integrada no âmbito da Ciência-Tecnologia-Sociedade.

Apesar de todas estas aliciantes, esta área tem sido em parte negligenciada Escolas, quer por uma certa secundarização nos Programas, quer pela falta de equipamento actualizado.

O equipamento em curso de aquisição, robusto e de grande qualidade, pode ser facilmente manipulado pelos alunos, com o necessário acompanhamento por parte dos professores, permitindo a utilização de uma metodologia de trabalho de grupo propiciadora do desenvolvimento de capacidades de interacção social.

O estudo experimental da Óptica é certamente uma introdução motivadora ao estudo da Física, criando nos alunos o interesse por outros temas, tais como Astronomia e Acústica, onde os conhecimentos prévios de Óptica têm um interesse evidente.

A colocação do equipamento em 10 escolas EB3/ES, permitirá abranger imediata e directamente cerca de 1000 alunos do Ensino Básico e garante uma rentabilização também ao nível do Ensino Secundário, tanto na componente específica como na componente técnica.

Objectivos

- Motivar os alunos para o estudo da Física, partindo de um tema particularmente apelativo e de fácil abordagem.
- Incentivar os professores para o ensino experimental da Física, facultando-lhes uma experiência enriquecedora neste campo.
- Equipar 10 escolas, geograficamente dispersas, e com manifestas carências, com material robusto e de qualidade para o estudo da Óptica.
- Criar polos potencialmente geradores de uma dinâmica local no âmbito da formação de professores na área da Óptica.

Estratégias

- Formar os 20 professores envolvidos, nas áreas científico-didáctica e técnica.
- Fornecer textos de apoio, incluindo protocolos experimentais para serem utilizados pelos alunos.
- Introduzir a Física no 8º ano através do capítulo "Óptica e Visão", recorrendo ao método de descoberta centrado na experimentação e na reflexão.
- Avaliar o impacto do projecto na atitude dos alunos perante a disciplina de Física, recorrendo a um inquérito adequado.

SENSORES INTERFEROMÉTRICOS EM FIBRA ÓPTICA

A. B. LOBO RIBEIRO

Centro de Optoelectrónica, INESC-Porto, R. Campo Alegre 687, 4150 PORTO.
Tel.: (02) 6082 601, Fax: (02) 6082 799, email: alr@goe.fc.up.pt

Neste artigo pretende-se dar uma visão, global e necessariamente sumária, da tecnologia de sensores de fibra óptica, em especial do tipo interferométrico. São descritas diversas configurações de sensores interferométricos e respectivas funções de transferência, e apontadas as sensibilidades típicas conseguidas na monitorização de parâmetros físicos.

1. Introdução

A área da instrumentação e medida, nomeadamente no que diz respeito aos elementos sensores, tem registado uma rápida expansão nos últimos anos. Em paralelo com o desenvolvimento acelerado de sensores baseados em tecnologia microelectrónica, os sensores com suporte em técnicas ópticas têm-se também afirmado significativamente, em particular desde o aparecimento das fibras ópticas.

Numa descrição razoavelmente geral destes sistemas, as fibras ópticas são utilizadas simultaneamente como sensores (para medição de variadas grandezas físicas: pressão, velocidade de rotação, deslocamento mecânico, temperatura, intensidade de corrente eléctrica, deformação mecânica, campo magnético e eléctrico, etc.) e como meio de transmissão do sinal detectado até ao bloco de aquisição e processamento.

Uma grandeza física como, por exemplo, a temperatura, actua sobre a radiação que se propaga numa fibra óptica através da modificação das características de propagação da fibra; uma leitura adequada dessas alterações na radiação propagada possibilita, em princípio, a determinação das variações dessa grandeza física. A versatilidade da fibra óptica é assinalável, dado que a radiação guiada é caracterizada por um conjunto

de parâmetros, como sejam a intensidade, o comprimento de onda, a frequência, a fase e a polarização, todos potencialmente moduláveis pelas mais variadas grandezas físicas. A estrutura básica de uma fibra óptica é a de um cilindro de sílica (diâmetro típico 125 μm), cuja região axial (núcleo, com diâmetro típico de 4 a 8 μm) é dopada de modo a aumentar o seu índice de refração e, assim, guiar a radiação. Alguns dos atributos dos sensores de fibra óptica que os tornam uma alternativa técnica atraente, relativamente aos sensores electrónicos convencionais, são: a sua imunidade a interferências electromagnéticas; o facto de serem totalmente passivos electricamente, o que os torna intrinsecamente seguros; o baixo consumo de potência eléctrica; a sua resistência a altas temperaturas; as dimensões e peso reduzidos; a grande largura de banda e a possibilidade de multiplexagem óptica e eléctrica para implementação de redes de sensores [1,2,3].

Os referidos sensores podem ser classificados de acordo com o seu modo de funcionamento; assim, a maioria dos sensores de fibra óptica é classificável segundo o tipo de modulação do sinal óptico (intensidade, fase; em certos casos, polarização, comprimento de onda e frequência) [1,2]. Os sensores de modulação de intensidade (*Sensores de Intensidade*) constituíram a primeira gera-

- Interferómetros
- Fibras ópticas
- Sensores interferométricos
- Sensores de fibra óptica

ção de sensores de fibra óptica. Neste tipo de sensores, a intensidade luminosa transmitida pela fibra óptica é variada por um mecanismo apropriado; por exemplo: modulação por reflexão num espelho móvel, onde a variação da posição do espelho provoca variação da potência luminosa captada pela fibra receptora; modulação por microcurvatura na fibra óptica provoca radiação para o exterior da fibra de uma fracção de potência luminosa guiada; etc. Estes sensores usam normalmente fibra multimodo e díodos emissores de luz (LED), o que os torna atractivos em termos de custo. Em geral, estes sensores são conceptualmente simples, fáceis de reproduzir e económicos, mas estão sujeitos a erros devidos a flutuações de intensidade causadas pelo emissor óptico ou por perturbações ao longo das fibras [1,2]. Uma descrição mais detalhada deste tipo de sensores será apresentada num futuro artigo.

2. Sensores Interferométricos

Nestes sensores, a grandeza física que se pretende medir actua na fibra óptica modulando a fase da radiação por ela transmitida. Estes sensores, pela sua natureza, empregam fontes ópticas coerentes (díodos laser, por exemplo) e fibras ópticas monomodo (fibras ópticas concebidas para guiar um único modo de propagação, modo guiado esse que tem uma propagação axial do tipo onda plana, mas com um perfil de amplitude aproximadamente gaussiano, com diâmetro típico da ordem de 3 a 10 μm [2]). Numa fibra multimodo (que propaga, em geral, centenas ou milhares de modos guiados), a profundidade de modulação de fase varia de modo para modo e, além disso, as fases relativas e polarizações desses modos guiados são aleatórias; daí a necessidade de utilização de fibra monomodo para se obter modulação de fase eficiente da radiação.

A modulação de fase pode ser directa ou indirecta; neste caso, a grandeza física em causa afecta um elemento conversor que, por sua vez, actua directamente sobre a fibra óptica alterando a fase da radiação guiada. A variação de fase total da onda guiada num determinado percurso da fibra óptica monomodo depende essencialmente de três parâmetros da fibra — comprimento, índice de refração e diâmetro — cada um deles podendo ser actuado do exterior; por exemplo:

- comprimento: por tensão mecânica longitudinal ou expansão térmica;
- índice de refração: por temperatura, pressão, tensão longitudinal;
- diâmetro: por pressão radial ou expansão térmica.

A medição de pequenas variações da fase da radiação que é transmitida através da região onde actua o mensurando é conseguida comparando-a com a fase da radiação proveniente da mesma fonte óptica mas que percorreu um caminho óptico diferente e protegido da

acção do mensurando. Por interferência, a diferença de fase ($\Delta\phi$) pode então ser medida com uma sensibilidade $\approx 1 \mu\text{rad}$, isto é, com uma sensibilidade correspondente a $\approx 10^{-6}$ do comprimento de onda ($\Delta\phi = 2\pi\text{OPD}/\lambda$), o que origina uma possível resolução na medição do caminho óptico (OPD) de ≈ 1 parte em 10^{12} !

Existem diversas configurações de sensores interferométricos que podem ser implementadas usando fibras ópticas monomodo e que são análogas às de interferómetros clássicos. Deste modo, e de uma maneira geral, os sensores interferométricos em fibra óptica podem ter por base dois tipos de configurações: *interferómetros de duas ou de múltiplas ondas*.

2.1. Interferómetros de Duas Ondas em Fibra Óptica

Uma configuração bastante comum é o *interferómetro de Michelson* em fibra óptica (Fig.1a). A radiação proveniente da fonte óptica é dividida por um acoplador direccional (AD), originando duas ondas que percorrem dois percursos diferentes: um que se designa de referência e o outro de sinal (onde actua o mensurando — fibra sensora). O acoplador direccional construído em fibra (baseado na transferência parcial da radiação guiada entre dois núcleos de fibra óptica monomodo muito próximos) executa a mesma função que um divisor de feixe de luz tradicional do interferómetro de Michelson clássico [3,4]. No fim de cada percurso de fibra óptica é incorporado um espelho (M) que pode ser, por exemplo, um filme fino de prata previamente depositado na extremidade da fibra. A radiação que se propaga no percurso de sinal fica, deste modo, duplamente sujeita à acção do mensurando, sendo recombinada no acoplador direccional com a radiação da fibra de referência. Uma das ondas de interferência resultante fica disponível para detecção, enquanto que a segunda é acoplada para a fonte óptica. Este último aspecto é indesejável, visto que radiação reinjectada na fonte óptica tende a perturbar o seu funcionamento, principalmente se a fonte for um laser monomodo [4].

Na figura 1b mostra-se uma configuração alternativa, o *interferómetro de Mach-Zehnder* em fibra óptica. Neste caso são usados dois acopladores direccionais, permitindo a obtenção fácil de duas ondas interferentes em oposição de fase, o que pode ser muito conveniente em algumas técnicas de processamento de sinal. Um outro interferómetro de duas ondas bastante estudado e utilizado é o *interferómetro de Sagnac* (fig.1c). Nesta configuração, as duas ondas percorrem percursos idênticos, mas em sentidos opostos. Este interferómetro é utilizado como sensor de rotação (*giroscópio*). O seu princípio de funcionamento assenta, simplificada, no facto de, estando a bobina de fibra a rodar com uma certa velocidade angular (ω), as duas ondas (de sinal e de referência) que percorrem a bobina em sentidos opostos, emer-

girem da fibra de saída em instantes de tempo diferentes, resultando assim numa diferença de fase que é proporcional ao comprimento total da fibra na bobina, ao diâmetro desta e à velocidade angular [3,4].

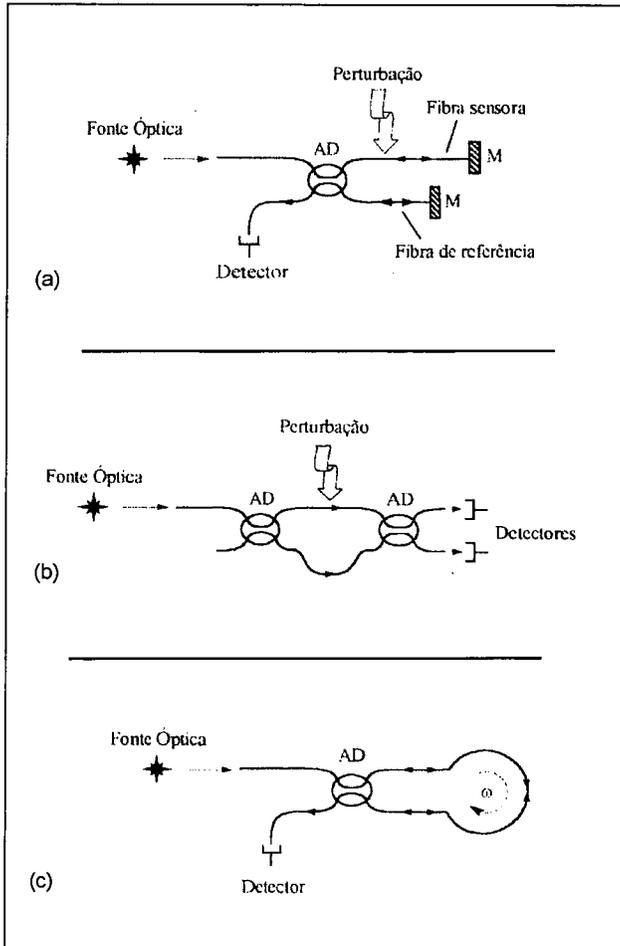


Fig. 1 — Interferômetros em fibra óptica do tipo: (a) Michelson, (b) Mach-Zehnder, (c) Sagnac.

Todos estes interferômetros de duas ondas exibem uma função de transferência com respeito à diferença de fase da forma

$$I_{out} = \frac{I_{in}}{2} [1 + V \cos(\Delta\phi)] \quad (1)$$

em que I_{out} é a potência óptica que incide no detector, I_{in} a potência óptica de entrada no interferómetro, V é a visibilidade (ou contraste) da figura de interferência produzida e $\Delta\phi$ é a diferença de fase entre as duas ondas (de sinal e de referência). A visibilidade depende da razão das potências ópticas das ondas interferentes, do grau de coerência da fonte óptica e do estado de polarização entre os vectores campo eléctrico das ondas interferentes.

Na figura 2 representa-se a função de transferência (1), assumindo que o interferómetro não tem perdas e que a visibilidade é unitária [3,4]. Através desta figura, podem detectar-se dois problemas óbvios, nomeadamente: a sensibilidade da potência óptica de saída (I_{out}) a variações da fase óptica em torno de $m\pi$ (com m inteiro) é nula; variações de fase maiores do que π não podem ser distinguidas sem ambiguidade das variações menores que π , dado que a resposta do interferómetro é periódica.

A sensibilidade máxima do interferómetro ocorre para valores da diferença de fase entre as duas ondas de $\phi = (2m+1)\pi/2$, designados usualmente por "pontos de quadratura". Para maximizar a sensibilidade, teremos de operar o interferómetro num dos pontos de quadratura, o que é equivalente a manter a diferença de percursos ópticos entre as duas ondas em um quarto de comprimento de onda da luz incidente (isto é, \pm módulo $\lambda/2$). Quanto à limitação da gama de medição ser de π , pode ser ultrapassada utilizando técnicas de processamento de sinal adequadas, ou adoptando uma arquitectura para o sistema que permita, através de processos de "feedback" [3,4], limitar a gama dinâmica ao intervalo de fase correspondente a $\pm\pi/2$.

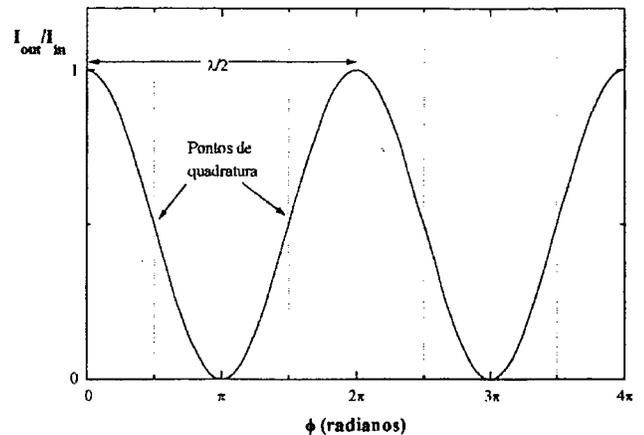


Fig. 2 — Função de transferência de um interferómetro de duas ondas.

2.2. Interferómetros de Múltiplas Ondas em Fibra Óptica

Neste tipo de interferómetros a radiação proveniente da fonte óptica é dividida por múltiplos percursos antes de ocorrer a recominação. Uma maneira de conseguir isso consiste em construir uma cavidade óptica que possua um único percurso, o qual é atravessado diversas vezes pela radiação óptica incidente. Se a cavidade óptica funcionar como região de medição onde actua a perturbação física, então o mensurando actuará na radiação que se propaga em cada percurso, multiplicando assim o efeito sobre esta.

Na figura 3a apresenta-se, esquematicamente, um tipo de cavidade óptica que consiste simplesmente em duas extensões de fibra óptica monomodo com faces cortadas perpendicularmente ao eixo e semi-espelhadas, isto é, parcialmente reflectoras. Esta configuração é designada por *interferómetro de Fabry-Pérot* e a sua função de transferência em transmissão é dada por [1,2]:

$$I_{out} = \frac{I_{in}}{1 + \left(\frac{4R}{(1-R)^2}\right) \sin^2(\phi/2)} \quad (2)$$

com a fase óptica ϕ dada por

$$\phi = \frac{4\pi nd}{\lambda} \quad (3)$$

em que R é a reflectividade das interfaces ópticas (para o caso em questão, estamos a considerar que as superfícies semi-espelhadas não têm perdas), d é a separação entre elas, n é o índice de refração efectivo da cavi-

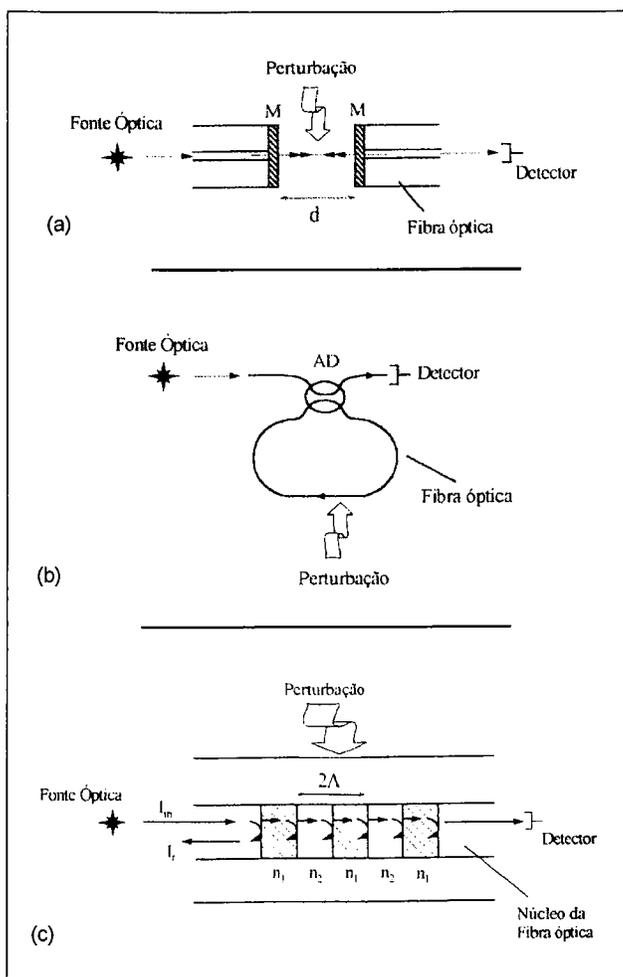


Fig. 3 — (a) Interferómetro de Fabry-Pérot em fibra, (b) interferómetro de anel em fibra, (c) rede periódica de Bragg em fibra óptica.

dade e λ o comprimento de onda da luz incidente. Na figura 4 representa-se a função de transferência em transmissão do interferómetro de Fabry-Pérot em função da fase óptica, para diversos valores da reflectividade das superfícies espelhadas (M). É de notar que, para valores de $\lambda = 2m\pi$ (com m inteiro), ocorre um máximo de transmissão, máximo esse que é independente do valor de R , o que significa que elevada transmissão pode ocorrer mesmo para valores elevados de reflectividade, incluindo casos em que $R > 99\%$.

Em termos de sensibilidade máxima, o ponto óptimo de funcionamento deste tipo de interferómetro depende da reflectividade (R) das superfícies semi-espelhadas. Se for elevada, o ponto óptimo de funcionamento ocorre

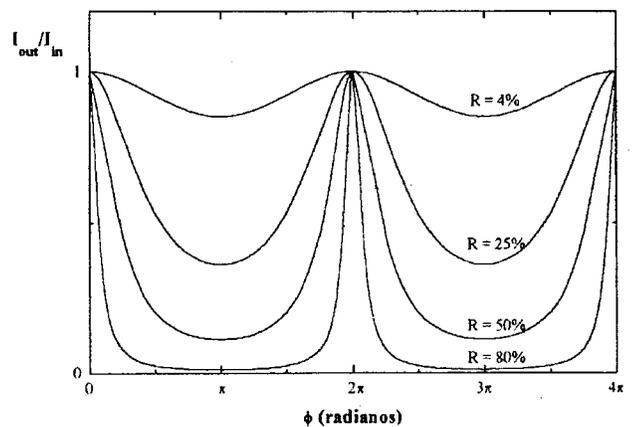


Fig. 4 — Função de transferência (normalizada) em transmissão de um interferómetro de Fabry-Pérot.

para I_{out} igual a $3/4$ do valor máximo, enquanto se for baixa ocorre para $1/2$ do valor máximo (neste último caso, $R = 4\%$, a função de transferência é muito similar à dos interferómetros de duas ondas, como se vê pela fig. 4).

Outro tipo de interferómetro de múltiplas ondas muito comum é o *interferómetro em Anel* (fig.3b), que se baseia no acoplamento parcial da radiação óptica, através de um acoplador direccionado (AD), para uma anel em fibra que fará circular a radiação. Estes interferómetros transmitem o sinal de interferência resultante da sobreposição de múltiplas ondas que são geradas por acoplamento sucessivo da radiação para o anel em fibra. Quando a radiação que é novamente acoplada para o anel, após ter percorrido uma volta completa, se encontra em fase com a radiação que está a ser acoplada pela primeira vez, está-se na situação de interferência construtiva. A sua função de transferência é similar à do interferómetro de Fabry-Pérot a operar em reflexão (isto é, complementar da Fig. 4).

Outro processo de se conseguir um sensor deste tipo é através da utilização de uma *rede periódica de Bragg* em fibra óptica (fig. 3c) [2,4]. Neste caso, cada onda elementar é originada pela reflexão parcial em diferentes

reflectores distribuídos em série. Um conjunto igualmente espaçado de pequenos reflectores pode ser fabricado na própria fibra óptica variando periodicamente o índice de refração do núcleo (n_2) ao longo de um comprimento de fibra desejado (na fig. 3c, tais reflectores correspondem às regiões de índice de refração a sombreado — n_1). Para se obter uma destas redes periódicas, procede-se do seguinte modo: recorre-se a fibra óptica especial fotossensível à radiação ultravioleta (com forte dopagem em germânio no núcleo da fibra), ou colocando uma fibra standard numa câmara com hidrogénio a alta pressão durante algumas horas; utilizando um sistema interferométrico iluminado por uma fonte laser a emitir na região de 240 nm, é gerado um padrão periódico de interferência, o qual é projectado sobre a extensão desejada de fibra óptica [2,4]. Este padrão de radiação resulta numa modificação periódica do índice de refração (*efeito foto-refractivo*).

Em cada interface entre duas regiões de índice de refração diferente, uma pequena reflexão ocorre, sendo a intensidade total da onda reflectida resultante determinada pela sobreposição de todas as componentes individuais reflectidas, apresentando um máximo de amplitude quando estas se encontram em fase. Esta situação acontece quando a separação (Λ) entre cada par adjacente de superfícies reflectoras é igual a metade do comprimento de onda da radiação que se propaga na fibra óptica (*condição de Bragg*).

Um exemplo da resposta em reflexão de uma rede periódica deste tipo é apresentado na figura 5. Esta função difere claramente da dos interferómetros de Fabry-Pérot e de Anel, visto que exhibe apenas um único máximo no comprimento de onda que obedece à condição de Bragg (λ_B). No entanto, e em alguns casos, um segundo máximo de reflexão aparecerá quando o comprimento de onda da radiação incidente na rede periódica de Bragg for metade do seu valor inicial, isto é, quando $\lambda_B/2$ (2.º harmónico). Quando a rede periódica de Bragg sofre uma perturbação exterior (temperatura, pres-

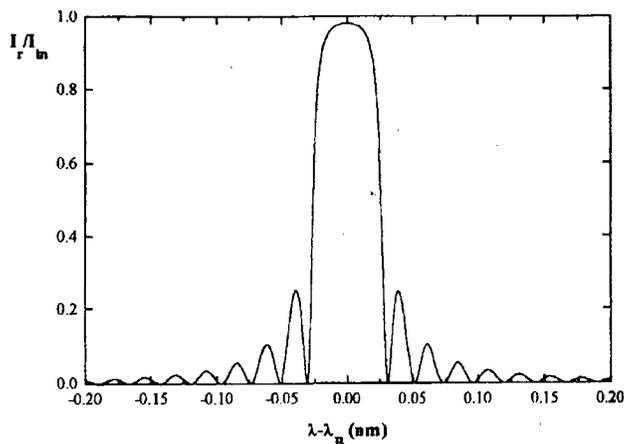


Fig. 5 — Reflectividade típica de uma rede periódica de Bragg em fibra óptica.

são, deformação axial, etc.), o período da rede (Λ) e os valores do índice de refração variam ligeiramente, resultando num desvio do comprimento de onda de Bragg inicial, desvio esse proporcional à amplitude dessa perturbação física. Este tipo de dispositivo tem um enorme potencial no domínio dos sensores de fibra óptica, visto que a informação sobre o mensurando está codificada no comprimento de onda, parâmetro este independente de flutuações de potência óptica da fonte e dos diversos componentes ópticos que constituem o sistema (como sejam acopladores direccionais, juntas entre fibras, etc.) [4].

3. Sensibilidade às Interações Físicas

Na maioria das aplicações, a acção do mensurando sobre a radiação que se propaga na fibra óptica faz-se via actuação no material que constitui a fibra e/ou no seu revestimento. Em quase todos os casos práticos, as alterações ambientais tendem também a produzir alterações nas características da radiação guiada, particularmente na sua fase, provocando um efeito adicional ao do mensurando. Torna-se importante saber, por isso, qual será a sensibilidade do sensor à acção destes efeitos ambientais, em especial no caso em que o sensor é do tipo interferométrico.

A aplicação de uma perturbação sobre um dado comprimento de fibra óptica produz uma variação na fase óptica do modo que se propaga com um dado comprimento de onda. As sensibilidades de fase (por unidade de comprimento) da fibra óptica a algumas influências ambientais são dadas na Tabela 1 [2,3]. De salientar que estes valores típicos dizem respeito somente às variações de fase associadas a variações de cada uma das grandezas físicas mencionadas. Para calcular a sensibilidade efectiva de um sensor interferométrico torna-se necessário determinar a variação mínima de fase que é detectável pelo sistema de medição, a qual depende das fontes de ruído presentes. Considerando valores típicos para os diversos parâmetros relevantes de um sensor interferométrico (como sejam a visibilidade da figura de interferência, a potência óptica no receptor, a largura de

Parâmetro Físico	Sensibilidade
Deformação linear axial (ϵ)	10^7 rad m^{-1} por unidade de deformação
Força axial (F)	$2 \cdot 10^4$ rad $m^{-1} N^{-1}$
Temperatura (T)	10^2 rad $m^{-1} K^{-1}$
Pressão hidrostática (P)	$5 \cdot 10^{-5}$ rad $m^{-1} Pa^{-1}$

Tabela 1 — Sensibilidade da fase óptica às influências ambientais, para fibras ópticas de núcleo de sílica a operar no comprimento de onda de 850 nm (valores típicos).

banda do bloco de processamento), variações de fase da ordem de 1 μ rad podem ser detectadas. Assim, como exemplo, um metro de fibra óptica no percurso de sinal de um sensor interferométrico tem uma resolução potencial em temperatura de 10^{-8} K.

No caso das redes de Bragg, o parâmetro que vai variar com a acção do mensurando é o comprimento de onda de Bragg da rede. Para uma fibra com núcleo de sílica, a Tabela 2 indica os valores típicos das sensibilidades (normalizadas pelo comprimento de onda de Bragg) para várias grandezas físicas [2,4]. Como exemplo, para se conseguir medir temperatura com uma resolução de ≈ 0.1 K utilizando um sensor de Bragg operando no comprimento de onda de Bragg a $\approx 1.3 \mu\text{m}$, é necessário detectar desvios neste comprimento de onda com uma resolução de ≈ 0.001 nm. Apesar desta resolução no comprimento de onda ser facilmente conseguida através de instrumentação laboratorial adequada (por exemplo, analisadores de espectros ópticos ou lasers sintonizáveis), a capacidade de resolver desvios desta ordem de grandeza, utilizando novos sistemas electro-ópticos compactos e de baixo custo, tem concentrado as atenções de diversos grupos de investigação desta área nos últimos anos.

Parâmetro Físico	Sensibilidade
Deformação linear axial (ϵ)	$(0.74 \text{ a } 0.78) \cdot 10^{-6} \mu\text{strain}^{-1}$ (a)
Temperatura (T)	$(7.5 \text{ a } 8.9) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Campo Magnético (B)	$2 \cdot 10^{-7} \text{ T}^{-1}$
Pressão hidrostática (P)	$2.71 \cdot 10^{-6} \text{ MPa}^{-1}$

(a) 1 μstrain (micro-strain) corresponde à unidade de deformação de 1 parte em 10^6 .

Tabela 2 — Sensibilidades primárias típicas (normalizadas ao comprimento de onda de Bragg) das redes periódicas de Bragg.

4. Conclusão

Os sensores interferométricos, além de evidenciarem as vantagens inerentes a todos os sensores de fibra óptica, acrescentam-lhe outras, tais como versatilidade na geometria do elemento sensor, grande alcance dinâmico, extrema sensibilidade, capacidade de monitorização remota e multiplexagem eficiente. Por outro lado, a sensibilidade da fibra óptica a diferentes parâmetros físicos levanta o problema da selectividade do sensor, que por sua vez obriga ao uso de técnicas de referência por forma a calibrar e distinguir o parâmetro de interesse. Além disto, o sinal óptico de saída de um sensor interferométrico requer um processamento de sinal específico devido à sua função de transferência periódica, o que pode limitar o alcance dinâmico, dificultar medições abso-

lutas, degradar o desempenho e aumentar o nível de ruído do sistema.

Nas áreas de aplicação em ambientes adversos que requerem instrumentos especializados e de elevada sensibilidade, os sensores de fibra óptica oferecem possibilidades de monitorização que não seria possível atingir, doutra forma, utilizando os sensores convencionais.

Referências

- [1] UDD, E. — *Fiber Optic Sensors*, John Wiley & Sons, New York, 1991.
- [2] GRATTAN, K. T. V., and MEGGITT, B. T. — *Optical Fiber Sensor Technology*, Chapman & Hall, London, 1985.
- [3] JACKSON, D. A. — "Monomode optical fibre interferometers for precision measurement", *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 18, 981 (1985).
- [4] JACKSON, D. A. — "Recent progress in monomode fibre-optic sensors", *Meas. Sci. Technol.* 5, 621 (1994).

A. B. Lobo Ribeiro é Investigador Sénior no Grupo de Optoelectrónica do INESC-Porto, e Prof. Auxiliar no Dept. Ciências e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Engineering Teaching in Physics Education

25-26 June 1998

Sheffield Hallam University, UK

A high proportion of physics graduates work in industry, effectively as engineers. The purpose of this international workshop is to bring together the representatives of industry and higher education to explore the need for, and the education of, physics graduates whose skills embrace engineering. The programme will consider undergraduate degrees and postgraduate taught and research degrees and will address subject content and skill requirements. Through invited and proffered papers, poster presentations, discussions and plenary sessions the format will enable the comparison of industry's needs with good educational practice and aims to identify proposed ways forward. Invited speakers from Germany, Slovakia, Poland and the UK will introduce the various sessions.

This international meeting will be held in June 1998 under the auspices of the Societe European pour la Formation des Ingenieurs (SEFI), the European Physical Society (EPS) and the Institute of Physics.

Registration fee: £ 185 (includes lunch)

Accommodation: £ 21 to £ 60 per night

Information: Institute of Physics, Conf. Department
76 Portland Place, London W1N 3DH
Tel: +441714704800; Fax: +441714704900
E-mail: conferences@iop.org
Web: <http://www.iop.org/Confs>

OLIMPIADAS DE FÍSICA

OLIMPIADAS REGIONAIS E NACIONAIS

Estão em curso os preparativos para as fases regional e nacional das Olimpíadas de Física. As provas regionais realizam-se no dia 9 de Maio nos Departamentos de Física das Universidades de Lisboa, do Porto e de Coimbra. Como foi já anunciado, as provas nacionais serão organizadas pela Delegação Regional do Centro da SPF, e terão lugar em Coimbra nos dias 19 e 20 de Junho de 1998.

OLIMPIADAS INTERNACIONAIS

Nos passados dias 2 e 3 de Fevereiro realizou-se em Coimbra um primeiro encontro dos alunos pré-seleccionados para a Olimpíada Internacional de Física (IPhO) de 1998. Estiveram também presentes os professores orientadores indicados pelos Conselhos Directivos das Escolas Secundárias a que pertencem os alunos. Compareceram ao encontro: Gonçalo Gonçalves Pedro Parente Mendes e Marta Isabel Figueiredo Garrido, acompanhados da Dra. Maria Celeste Marques Santos, da Esc. Sec. Prof. Herculano de Carvalho, de Lisboa; Miguel Ferrão Ferreira Valente e Dr. António Ramiro Couto Ferreira, da Esc. Sec. Dr. Manuel Fernandes, Abrantes; Bruno Flávio Nogueira de Sousa Soares e



Fig. 1 — Os team-leaders preparando o trabalho sobre o pêndulo, sob o olhar atento do Gonçalo e do Bruno.

Dra. Maria Eugénia de Carvalho Campos Costa, da Esc. Sec. Camilo Castelo Branco, Vila Nova de Famalicão; José Carlos de Almeida Barreto e Dr. Mário Malcata da Esc. Sec. José Falcão; Nelson Faria Gonçalves da Silva e Dra. Marília Telo da Esc. Sec. Francisco Franco, Funchal; e António Miguel Fernandes Simões e Dra. Maria Margarida Costa, da Esc. Sec.



Fig. 2 — O José Carlos e o Nélson ajustando a tensão...

Avelar Brotero. O principal objectivo da reunião era proporcionar aos pré-seleccionados a abordagem de alguns assuntos que fazem parte do programa da IPhO, mas que não estão incluídos nos programas do ensino secundário.

Os trabalhos iniciaram-se com uma sessão sobre Física Experimental coordenada pelo Prof. Adriano Lima, que proporcionou aos alunos uma familiarização com o osciloscópio. Seguiu-se uma sessão sobre Física Moderna, com especial incidência na Teoria da Relatividade, que esteve a cargo do Prof. Pedro Vieira Alberto. O primeiro dia terminou com uma nova sessão de Física Experimental dinamizada pelo Prof. José António Paixão. Os estudantes realizaram alguns trabalhos práticos de mecânica, termodinâmica e electricidade,

A Secção "Olimpíadas de Física" é coordenada por Manuel Fiolhais e José António Paixão. O contacto com os coordenadores poderá ser feito para: Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra; ou pelo telefone 039-410615, fax 039-29158 ou e-mail tmanuel@hydra.ci.uc.pt.



Fig. 3 — Gonçalo, Bruno, Dr. Paixão, Marta, José Carlos, Miguel, Néelson e António durante uma pausa nos trabalhos.

alguns dos quais inspirados em provas da IPhO. Houve também um primeiro contacto experimental com a Física Moderna, verificando-se a dualidade "onda-partícula" numa experiência de difracção de electrões. Finalmente, na manhã do dia seguinte, a sessão foi sobre Hidrostática e Hidrodinâmica, e Termodinâmica, e foi orientada pelo Prof. Dr. Manuel Fiolhais.

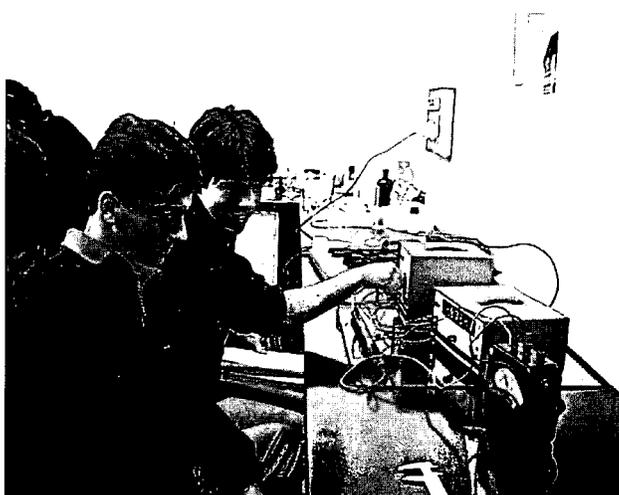


Fig. 4 — O António, a Marta e o Miguel registando dados....

O encontro foi também ocasião para os alunos participantes estreitarem laços de amizade e de camaradagem, o que muito nos apraz registar. A SPF agradece aos Profs. Adriano Lima e Pedro Vieira Alberto que, uma vez mais, colaboraram em actividades relacionadas com a preparação para a IPhO. Saúdam-se também os professores orientadores que, com a sua presença em Coimbra, deram testemunho do seu empenhamento no acompanhamento dos estudantes.

PROVAS DAS OLIMPIADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

Publica-se o enunciado do primeiro problema teórico e respectiva resolução saído na XXVIII Olimpíada Internacional de Física realizada em Sudbury, Canadá, em Julho de 1997. Indica-se no enunciado a cotação atribuída a cada item.

Problema Teórico n.º 1 da XXVIII IPhO

Enunciado

(a) Uma pequena massa, suspensa da extremidade livre de uma mola ideal sem massa, oscila verticalmente com a frequência natural f . Se a mola for cortada ao meio e a massa colocada então na sua extremidade, qual será a nova frequência de oscilação f' ? (1,5 ponto)

(b) O raio do átomo de hidrogénio no seu estado fundamental é $a_0 = 0,0529$ nm (raio de Bohr). Qual é o raio a' do "átomo de hidrogénio muónico", o qual tem um muão em vez do electrão, sabendo que a massa do muão é 207 vezes a do electrão? Podes considerar que a massa do protão é muito maior do que a massa do electrão ou a do muão. (2 pontos)

(c) A temperatura média da Terra é $T = 287$ K. Qual seria a sua temperatura média T' se a distância média entre a Terra e o Sol fosse reduzida de 1%? (2 pontos)

(d) Num certo dia o ar estava completamente seco e a sua massa volúmica (densidade) era $\rho = 1,2500$ kg/m³. O dia seguinte estava húmido e 2% da massa de um dado volume de ar era vapor de água. A pressão e a temperatura foram as mesmas nos dois dias. Qual a densidade do ar, ρ' , no segundo dia? (2 pontos)

Valor médio da massa molecular do ar seco: 28,8 g/mol

Massa molecular da água: 18 g/mol

Considera o comportamento de gás perfeito.

(e) Um helicóptero mantém-se parado no ar quando a potência mecânica total do motor é P . Uma réplica desse helicóptero foi feita à escala de 1:2 (em todas as dimensões lineares) usando o mesmo material. Qual será a potência mecânica P' necessária para que essa réplica se possa também manter parada no ar? (2,5 pontos)

Resolução

(a) Seja l o comprimento original da mola e k a sua constante elástica. Uma massa m na extremidade da mola oscilará com uma frequência:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

A constante elástica k representa a razão da força F e da elongação Δx por ela produzida:

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

Considera o ponto médio da mola durante essa elongação; apesar de se encontrar sujeito à mesma força F , apenas se moveu de uma distância $\Delta x/2$. Assim, a constante elástica de metade da mola é dada por:

$$K = \frac{F}{\Delta x/2} = 2k$$

A frequência de oscilação da massa m , suspensa na extremidade da nova mola é:

$$f' = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k}{m}} = \sqrt{2}f$$

(b)

Método 1: utilizando a quantização do momento angular

O momento angular está quantizado e, para o estado fundamental

$$pr = mvr = h$$

Utilizando o modelo de Bohr, podemos considerar uma força centrípeta devida à atracção electrostática:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2} \therefore v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$$

Usando este resultado na equação acima do momento angular,

$$\sqrt{ke^2mr} = h, \text{ donde, } r \propto \frac{1}{m}$$

O raio do "átomo de hidrogénio muónico" é dado por:

$$a_\mu = \frac{a_0}{207} = 0,256 \text{ pm}$$

Método 2: utilizando Análise Dimensional

O raio r do átomo de hidrogénio no estado fundamental depende das seguintes quantidades:

- Massa m da partícula orbitando em torno do núcleo (uma vez que a massa do núcleo é muito superior a m , podemos considerá-lo estacionário, pelo que o raio atómico não depende da massa nuclear.)

- Força eléctrica entre o núcleo e a partícula que orbita em torno dele. Depende da carga q desta última, da carga q_n do núcleo e da constante ϵ_0 .

- h , visto que o momento angular é quantizado (ver acima).

Assim:

$$r = Ah^\alpha m^\beta q_n^{\gamma_1} q^{\gamma_2} \epsilon_0^\delta$$

onde A , α , β , γ_1 , γ_2 e δ são constantes adimensionais. A equação dimensional é:

$$[D] = [M]^{\alpha+\beta-\delta} [D]^{2\alpha-3\delta} [Q]^{\gamma_1+\gamma_2+2\delta} [T]^{2\delta-\alpha}$$

onde $[D]$ são dimensões de distância, $[M]$ dimensões de massa, $[Q]$ dimensões de carga e $[T]$ dimensões de tempo. Então, e fazendo $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$:

$$\begin{aligned} \alpha + \beta - \delta &= 0 \\ 2\alpha - 3\delta &= 1 \\ \gamma + 2\delta &= 0 \\ 2\delta - \alpha &= 0 \end{aligned}$$

Resolvendo obtém-se: $\alpha = 2$, $\beta = -1$, $\gamma = -2$, $\delta = 1$. O raio atómico é portanto inversamente proporcional à massa da partícula orbitando em torno do núcleo:

$$r \propto \frac{1}{m}$$

O raio do "átomo de hidrogénio muónico" é dado por:

$$a_\mu = \frac{a_0}{207} = 0,256 \text{ pm}$$

(c) Seja P a potência emitida pelo Sol e R o raio da órbita da Terra. A temperatura T obtém-se igualando a radiação recebida e reemitida:

$$(1 - \eta) \frac{P}{4\pi R^2} \pi R_T^2 = 4\pi R_T^2 \epsilon \sigma T^4$$

onde r é a reflectância da Terra relativamente à radiação solar (albedo), R_T o raio da Terra, ϵ a sua emissividade e σ a constante de Stefan. P é a potência emitida pelo Sol e R o raio médio da órbita da Terra. A emissividade é uma função da temperatura (desconhecida a priori); no entanto, não se espera que a temperatura varie significativamente com T . Da expressão anterior, $T \propto \sqrt{\frac{1}{R}}$, pelo que uma redução de 1% em R dará origem a um aumento de 0,5% em T , isto é, um aumento de 1,4 K:

$$T' = 288,4 \text{ K}$$

(d) Equação dos gases ideais para N moléculas: $pV = NkT$. Dois volumes idênticos de gás à mesma pressão e temperatura contêm o mesmo número de moléculas; assim, a densidade de cada um é proporcional à massa molecular média do gás que encerra.

São utilizados os índices s , h e a para designar "seco", "húmido" e "água". Para o ar seco, com massa molecular média m_s :

$$\rho = \rho_s = m_s \frac{N_s}{V} = \frac{m_s p}{kT}.$$

Para o ar húmido, com massa molecular média m_h :

$$\rho_h = m_h \frac{N_h}{V} = \frac{m_h p}{kT}.$$

Para uma massa M de ar seco:

$$N_s \propto \frac{M}{28,8}.$$

Para uma massa M de ar húmido:

$$N_h \propto 0,02 \frac{M}{18} + 0,98 \frac{M}{28,8}.$$

$$N_h = N_s$$

$$\frac{\rho_h}{\rho_s} = \frac{M}{M} = \frac{1}{28,8 \left(\frac{0,02}{18} + \frac{0,98}{28,8} \right)} = 0,9881$$

$$\rho' = \rho_h = 0,9925 \rho_s = 1,2352 \text{ kg/m}^3.$$

(e) A potência mecânica P necessária para que um helicóptero se mantenha parado no ar é igual ao produto do impulso para baixo T das pás da hélice (idêntico ao seu peso W) pela velocidade média v da coluna de ar descendente situada debaixo das pás da hélice:

$$P = Tv.$$

As pás da hélice varrem uma área A e comunicam uma velocidade v ao fluxo de ar que por elas passa, à taxa dm/dt .

$$T = v \frac{dm}{dt}; \quad \frac{dm}{dt} = \rho Av; \quad \therefore W = T = \rho Av^2.$$

Se o tamanho do helicóptero for caracterizado por uma dimensão linear L :

$$W \propto L^3; \quad A \propto L^2.$$

$$v \propto \sqrt{\frac{W}{A}} \propto \sqrt{L}, \quad \therefore P = Wv \propto L^{3,5}.$$

Assim, a potência necessária para manter a pairar um helicóptero com metade do tamanho original é:

$$P' = (0,5)^{3,5} P = 0,0884 P.$$

CIÊNCIA VIVA

PROJECTO "FÍSICA EM ACÇÃO"

O projecto nacional da SPF "Física em Acção II", submetido ao programa Ciência Viva II, foi aprovado. A rede nacional de 10 escolas que participaram no ano lectivo passado no "Física em Acção" será alargada a mais nove escolas, estando previsto para breve o início das actividades com a realização de um *workshop* de formação em Coimbra. Pretende-se com este novo projecto estimular o ensino experimental da Física nas escolas secundárias com base em novas tecnologias, nomeadamente o uso de sensores e interfaces para aquisição de dados laboratoriais. Continuaremos a apoiar acções de formação nas escolas já equipadas, nomeadamente com ajuda no local por monitores. Para mais informações consultar a página "Física em Interação" no endereço <http://www.fis.uc.pt/~spf/fisacciao/index.htm>.

TÉCNICAS LABORATORIAIS DE FÍSICA

Situação no Ensino Secundário

A Divisão Técnica de Educação foi solicitada por professores de Física de diversas Escolas Secundárias a tomar posição perante um facto no mínimo insólito.

Por ocasião do lançamento de cada ano lectivo, são enviadas às escolas orientações sobre a distribuição de serviço docente. Nas disciplinas da Formação Técnica, são indicadas prioridades normalmente concordantes com a sua especificidade. No entanto, nas Técnicas Laboratoriais de Física surge algo inacreditável:

— O Bloco II (estados sólido, líquido e gasoso), é entregue preferencialmente ao Grupo 4.ºB, que, como é sabido, integra docentes oriundos de cursos de Química, ficando para segunda opção os professores do Grupo 4.ºA, onde se encontram os licenciados em Física!

— O Bloco III (corrente eléctrica) também é entregue preferencialmente a outro grupo de docência (2.ºB) constituído por engenheiros da área Electrotécnica/Electrónica.

Entendendo nós serem inaceitáveis orientações deste tipo, a DTE tenciona enviar um pedido de esclarecimento às entidades competentes, e alerta desde já os Departamentos de Física das Universidades para as consequências que daí advêm.

O que há de novo?

Nesta secção são apresentadas notícias e curtos resumos sobre recentes descobertas em Física e áreas afins, ideias novas que surgem, progressos experimentais com impacto na sociedade, etc.

Procurar-se-á também efectuar uma cobertura selectiva do noticiário que vai aparecendo em revista de actualidade.

"Exploiting zero-point energy"

Scientific American, pp. 54-57, Dez. 1997

Poderemos realizar trabalho extraindo energia do vácuo? O leitor recuará, horrorizado, perante esta possibilidade de construção de uma máquina de movimento perpétuo, tantas vezes sonhada e sempre negada pelos princípios da Termodinâmica. Contudo, uma pequena comunidade de físicos, centrada no *Institute for Advanced Studies* (em Austin, Texas) julga ser possível responder afirmativamente à pergunta e tenta construir dispositivos experimentais para convencer os mais cépticos. Qual a base de tal optimismo?

A noção clássica (e comum) do vazio é simples: uma região do espaço-tempo onde nada há! Contudo, a teoria quântica obriga a rever este conceito: se por vácuo designamos o estado fundamental dessa região, somos, então, compelidos a aceitar que esse estado tem uma energia não nula (designada por energia do ponto-zero), como consequência do princípio de Heisenberg. Considere o leitor o exemplo de um oscilador harmónico: em física clássica, o seu estado fundamental é descrito colocando o oscilador parado, na origem (mínimo de energia potencial). Na teoria quântica, se tentarmos localizar o oscilador com uma precisão δx na posição, não poderemos aspirar a conhecer a sua quantidade de movimento melhor que $\delta p \sim h/\delta x$. Em consequência, mesmo no estado fundamental, o oscilador (de frequência ν) tem uma energia $h\nu/2$ (onde h é a constante de Planck). Ora o vácuo é o estado fundamental do campo electromagnético e este aparece como uma colecção de ondas electromagnéticas que cabem na região do espaço considerado. Cada onda electromagnética comporta-se como um oscilador harmónico e assim, o vácuo tem uma energia que é a soma das energias do ponto-zero destes osciladores. Noutra linguagem, a ausência de fótons não implica que a amplitude do campo electromagnético seja nula — só o é em média, mas as suas flutuações são responsáveis pela energia do estado fundamental.

Estas flutuações do campo electromagnético no estado fundamental são bem conhecidas e a elas se devem efeitos há muito tempo estudados, como o desvio de Lamb, ruído em equipamento electrónico e óptico e as anomalias do movimento magnético do electrão (e outras partículas fundamentais). Um outro efeito é a estranha força de Casimir, prevista em 1948 e recentemente medida — se, no vazio, colocarmos duas placas metálicas, paralelas, haverá uma pequena força atractiva, porque a pequena região entre as placas, ao excluir modos do campo electromagnético, exerce, sobre as placas, uma pressão menor que a exercida pela região exterior às placas. Pelo mesmo motivo, um átomo excitado, colocado numa pequena cavidade, não decai para o seu estado fundamental, com emissão de um fóton, se a cavidade não admitir o modo do campo electromagnético correspondente ao fóton.

O leitor concluirá (bem!) que o vazio é uma coisa bastante complicada em teoria quântica, mas se acreditar que dele se possa, num futuro que os cépticos negam, extrair energia, então encontrará motivos redobrados de interesse neste recente artigo da *Scientific American*.

Eduardo Seabra Lage

RECENSÃO DE LIVROS

FÍSICA DOS MÉTODOS DE IMAGEM COM OS RAIOS X

João José Pedroso de Lima

Parece-me algo preocupante que a publicação, no ano da comemoração da descoberta dos raios X, duma obra com o título "Física dos Métodos de Imagem com os Raios X", da autoria do prof. João José Pedroso de Lima, professor catedrático de Biofísica, Director do Departamento de Biofísica e Processamento de Imagem, na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, não tenha merecido até hoje, que eu saiba, qualquer manifestação pública de interesse, principalmente por parte de profissionais ligados à matéria.

Trata-se duma obra notável, para mais no contexto da pobreza da bibliografia nacional sobre estes assuntos, tanto pelo rigor e clareza de exposição, como pela extensão dos domínios abrangidos que vão desde os conceitos mais gerais às técnicas actuais de uso corrente.

Estas minhas considerações, sem qualquer intuito crítico, têm por objectivo fundamental chamar a atenção dos especialistas para esta obra, que mereceria certamente ser comentada por alguém com maior autoridade que a minha.

Limitar-me-ei assim a tecer algumas considerações sobre os assuntos que me são mais familiares, os quais dizem respeito aos temas: Dosimetria, Interação das Radiações Ionizantes com os Meios Biológicos e Protecção em Radiologia. O primeiro destes temas é abordado no capítulo X do livro do prof. Pedroso de Lima e os dois outros nos capítulos XI e XII.

Sob a aparente simplicidade dos conceitos expostos no capítulo referente à dosimetria, escondem-se determinadas "complexidades" ou "subtilezas" que, certamente por razões de ordem pedagógica o autor não quis abordar, mas que se tornaram hoje objecto de discussão obrigatória nos meios internacionais especializados dedicados a estas matérias.

Consideremos, por exemplo, as designações atribuídas às várias modalidades de energia em jogo nos processos de interacção entre a radiação e a matéria. Encontramos entre outras, as seguintes designações: energia libertada, energia perdida, energia transmitida, energia transferida, energia absorvida e energia depositada.

Estas designações parecem ter, por vezes, um carácter puramente intuitivo que lhes é conferido pelo papel que se lhes atribui no contexto dum determinado modelo do processo de interacção com a matéria.

Por outro lado, no entanto, a verdade é que algumas destas modalidades de energia, desempenham um papel fundamental na prática da dosimetria das radiações, através da definição de unidades dosimétricas de uso corrente.

É o caso, por exemplo, da energia perdida, utilizada na definição do poder de paragem, da energia transferida, utilizada na definição da Kerma, e da energia absorvida, utilizada na definição do Gray.

É claro que numa obra de natureza pedagógica, destinada fundamentalmente aos estudantes de Medicina, nunca se justificaria pretender destriçar as "subtilezas" destes conceitos.

Parece-me, no entanto importante chamar a atenção doutros eventuais leitores desta obra, os quais certamente muito terão a ganhar com a sua leitura, para certos aspectos básicos dos problemas levantados pela dosimetria das radiações que não têm, segundo creio, merecido entre nós a devida atenção por parte daqueles profissionais que se dedicam às aplicações radioterapêuticas e que são hoje objecto de discussão nas instâncias internacionais.

Entre estes problemas merece uma menção especial o da criação dum sistema dosimétrico baseado em padrões de dose absorvida, em lugar de padrões baseados na Kerma [1].

A este respeito existe um aspecto cujo interesse prático para os especialistas me parece valer a pena mencionar. Trata-se da função desempenhada pelo factor g , o qual representa a relação entre a energia correspondente à "bremstrahlung" e a energia total transferida.

Este factor desempenha, com efeito um papel fundamental no estabelecimento da relação entre a exposição (X) e a Kerma no ar (K_{ar}), segundo a expressão:

$$X = K_{ar} (1-g) / (W/e)$$

Existe uma abundante literatura especializada em que são debatidas e aprofundadas as complexas questões fundamentais levantadas pela dosimetria das radiações ionizantes [2,3].

Vários simpósios internacionais têm sido dedicados ao debate destas questões, alguns sob a égide da Agência Internacional da Energia Atómica (Viena).

Por outro lado, a Comissão Internacional para as Unidades e Medidas de Radiação (ICRU) tem dedicado ao assunto vários "Reports", em que colaboram as maiores autoridades na matéria, fazendo doutrina neste domínio.

É de lamentar que os físicos portugueses profissionalmente envolvidos nestes assuntos, se tenham mantido, numa maneira geral, afastados da discussão destas matérias. Admitindo, embora, estar fora de questão a sua introdução no livro do prof. Pedroso de Lima, pareceu-me vir a propósito chamar a atenção de alguns dos seus leitores para a necessidade de uma maior intervenção dos especialistas portugueses nestes assuntos.

Passemos agora a focar a nossa atenção nos capítulos do livro do prof. Pedroso de Lima referentes à interacção com os meios biológicos (cap. XI) e Protecção em Radiologia (cap. XII).

A inclusão do capítulo XI numa obra com o título "Física dos Métodos de Imagem com Raios X", tem a sua justificação na necessidade de fundamentar as considerações expostas no capítulo XII, que aborda a Protecção em Radiologia.

Compreende-se assim, que o autor não tenha pretendido abordar com maior detalhe certos problemas que são do domínio da Radiobiologia.

No entanto, dada a falta de literatura nacional básica sobre os problemas da Radiobiologia, convém, segundo cremos, chamar a atenção, como no caso da dosimetria, de leitores eventualmente interessados em aprofundar estas matérias, para certos aspectos que não são abordados nesta obra, nem faria sentido que o fossem.

A este propósito julgamos importante referir que, além dos três modelos para as curvas de sobrevivência celular mencionados nesta obra — teoria do alvo de uma zona sensível, teo-

ria do alvo de várias zonas sensíveis e modelo misto — existe o modelo linear quadrático (L,Q), o qual desempenha um papel muito importante na interpretação dos resultados da aplicação de doses fraccionadas em radioterapia.

A curva representativa da sobrevivência celular correspondente a este modelo, aproxima-se da que corresponde ao modelo misto, no entanto, ao contrário do que sucede nesta última, a inclinação da curva não tende para um valor constante, continuando sempre a aumentar com o valor da dose.

A adopção do modelo LQ é particularmente importante na interpretação dos efeitos da aplicação fraccionada de doses.

Com efeito este modelo permite interpretar os comportamentos diferenciados dos efeitos tardios e agudos em diferentes tecidos, em termos de valores diferentes dos parâmetros alfa e beta que caracterizam, respectivamente, a componente linear e a quadrática neste modelo.

Torna-se assim possível prever que, nos casos em que o valor da relação alfa/beta é menor e que correspondem a maiores efeitos tardios, o aumento do valor da dose fraccionada se faz sentir com maior intensidade do que nos casos em que essa relação tem maior valor, que correspondem a reacções de carácter agudo.

Estas considerações e outras, baseadas no modelo LQ, permitem aplicar regimes de fraccionamento em radioterapia com maior eficiência terapêutica.

Também no que respeita à radiobiologia existe, evidentemente uma vasta bibliografia abordando em profundidade alguns dos assuntos aflorados no livro do prof. Pedroso de Lima.

Nas notas finais deste artigo referimos quer algumas obras de carácter geral, [4,5] quer outras mais especializadas [6,7].

Referências

- (1) Towards a Dosimetry System Based on Absorbed Dose Standards. D. W. Rogers et al – National Research Council – Canada. International Symposium on Measurement Assurance in Dosimetry Vienna, May 1993.
- (2) ICRU Reports.
- (3) IAEA, Vienna – Technical Reports Series.
- (4) Radiobiology for the Radiologist Eric Hall Lippincott Co. 1988.
- (5) Radiobiologia e Radioprotecção Maurice Tubiana, Michel Bertin Universo da Ciência Edições 70, 1989.
- (6) Fractionation in Radiotherapy. H. D. Thames, J. H. Hendry. Taylor & Francis. 1987.
- (7) The Biological Basis of Radiotherapy (vários autores) Elsevier, 1989.

Fernando Pulido Valente é Engenheiro Electrotécnico, que se tem dedicado às aplicações médicas dos Raios X. É membro da Sociedade Portuguesa de Radiologia de Medicina Nuclear e da Sociedade Portuguesa de Protecção Contra as Radiações.

UNIVERSIDADE DE LISBOA

FERNANDO BRAGANÇA GIL

Em 12 de Dezembro de 1997 ocorreu a jubilação do Professor Catedrático Fernando Bragança Gil, do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A sua Faculdade prestou-lhe uma significativa homenagem, em 10 de Outubro, a que se associaram antigos discípulos, colegas e amigos. No jantar estiveram presentes os Ministros da Educação e da Ciência e Tecnologia.

O Professor Bragança Gil foi sócio fundador da Sociedade Portuguesa de Física e seu primeiro Secretário Geral, tendo posteriormente ocupado a Presidência da Direcção e da Assembleia Geral. Representou a SPF na "European Physical Society" tendo feito parte do "Publications Committee" e do "Conference Committee" desta sociedade. É sócio da Associação Portuguesa de Museologia e membro do "International Council of Museums" tendo presidido à Assembleia Geral da respectiva secção Portuguesa.

A Sociedade Portuguesa de Física associa-se com júbilo à homenagem prestada ao Prof. Bragança Gil, a quem deve relevantes serviços, esperando continuar a contar com a sua colaboração e esclarecido apoio para o seu desenvolvimento.



Fernando Bragança Gil nasceu em Évora a 12 de Dezembro de 1927.

No seu percurso liceal, para além do despontar de uma primeira vocação para as ciências ditas exactas, é curioso assinalar as elevadas classificações que também obtém na disciplina de História. Para além disso, revela-se já um indivíduo empenhado na vida cultural e académica do seu meio.

Terminado o liceu, Bragança Gil vem para Lisboa e inscreve-se no Instituto Superior Técnico. Contudo, cedo descobre que a sua vocação não é a Engenharia. Muda-se então para a Faculdade de Ciências e, em 1952, termina a licenciatura em Ciências Físico-Químicas.

Durante o curso sonha com uma carreira de investigação científica mas sabe que, no Portugal dessa época, as possibilidades eram poucas e as dificuldades muitas. Assim, iniciou a sua actividade profissional como professor da Escola de Artes Decorativas António Arroio. Leccionou, entre outras, as disciplinas de "Química Aplicada à Pintura" e de "Química Aplicada à Cerâmica", que, nessa altura, tinham sido introduzidas, pela primeira vez, no curriculum da escola. Na António Arroio permanece, como professor, até 1957. Contudo, no ano anterior, realiza um estágio no Laboratório de Física da Comissão de Estudos de Energia Nuclear do Instituto de Alta Cultura. O desejo de se aproximar da investigação científica era grande e a paixão da Física Nuclear revelava-se. A primeira oportunidade surgiria com o Laboratório de Radioisótopos da Junta de Investigação do Ultramar. Bragança Gil acompanha o arranque e a montagem deste laboratório e em 1957 é contratado como investigador.

Durante uma década, de 1957 a 1967, organiza o laboratório, participa em trabalhos de investigação sobre a utilização de isótopos radioactivos em estudos de medicina, publica em colaboração com outros investigadores dezasseis trabalhos de investigação e dirige vários estágios, entre os quais alguns solicitados e subsidiados pela Agência Internacional de Energia Atómica.

Em 1957 frequenta, pela primeira vez, um curso de formação no estrangeiro — The Isotope School de Harwell — e inicia a sua participação em reuniões científicas nacionais e internacionais. Entre estas saliento a sua comunicação a um encontro de especialistas de radioisótopos, realizado em Pretória e onde foi como delegado nacional. Para além da comunicação apresentada, Bragança Gil recolheu em Pretória as imagens de um pequeno filme que intitulou "Europeans Only". O filme vale pelo título, retirado das inscrições que na África do Sul proibiam, na época, a entrada dos negros nos mais diversos lugares. Revela, por um lado, a inquietação de um homem que sempre esteve desperto para os proble-

mas sociais e políticos do seu tempo. Mas revela também duas das suas grandes paixões, o cinema, e mais ainda a fotografia, e as viagens. Fernando Bragança Gil tem milhares de fotografias e diapositivos, de excelente qualidade. São sobretudo verdadeiros relatos das suas viagens e registos, nalguns casos preciosos, de monumentos nacionais e mundiais. Assistir a uma projecção destes "slides" é uma agradável aula de História da Arte.

De 1959 a 1961, Bragança Gil vive em Paris, com uma bolsa modesta, da Junta de Investigação do Ultramar. Frequenta a Universidade onde obtém o doutoramento com uma tese intitulada "Contribution à l'étude de la famille du Pa²³¹ par des corrélations angulaires de quelques cascades γ - γ et α - γ ".

Em 1961, no regresso ao País e ao seu laboratório de radioisótopos é convidado pelo Professor Gomes Ferreira para integrar a comissão de redacção da revista Gazeta de Física. Começa, assim, a sua aproximação ao grupo de investigadores que, na Faculdade de Ciências, mantinham acesa a chama da investigação - Lídia Salgueiro, Gomes Ferreira e alguns jovens assistentes. Bolseiro do Instituto de Alta Cultura no Centro de Estudos de Física desde 1965, Bragança Gil vai trabalhando na sua segunda tese de doutoramento, intitulada "Contribuição para o estudo do declínio do Th²²⁷", que defende na Universidade de Lisboa em Julho de 1967. Ao mesmo tempo inicia na investigação científica um pequeno grupo de assistentes da Faculdade.

Com o segundo doutoramento, finalmente, a Universidade abre-lhe as portas. Primeiro assistente em 1967, posteriormente designados por professores auxiliares (1970), professor extraordinário em 1971 e por último catedrático em Fevereiro de 1973. Professor jubilado no presente ano lectivo, dedicou, assim, trinta anos da sua actividade à Faculdade de Ciências. Falar destes trinta anos é falar do professor, do investigador, do orientador científico dos mais novos, do organizador do laboratório e, sobretudo, do lutador incansável pela Universidade. Foram, acima de tudo, trinta anos de investigação em Física! A escassez de recursos, o provincianismo do meio e a ignorância só tinham comparação com o entusiasmo, a dedicação e o querer do Professor.

Só em 1964 foram criadas nas Universidades Portuguesas licenciaturas em Física, cujo grau académico dava direito ao título profissional de Físico. Deste modo, no ano lectivo de 1967/68, quando Bragança Gil inicia a sua actividade docente, o primeiro curso de Física estava a iniciar o 4.º ano. Apareciam então, pela primeira vez, cursos regulares de Mecânica Quântica, Física do Estado Sólido e Física Nuclear. Com os recursos humanos então disponíveis, leccionar todas estas disciplinas deveria ter parecido tarefa impossível. Bragança Gil, pelo contrário, viu uma oportunidade. Organiza as aulas práticas de Física Nuclear, motiva e incentiva os alunos e, no ano seguinte, propõe uma nova disciplina de opção, intitulada "Espectroscopia Nuclear" e orienta três dos cinco estágios de fim de curso. Para o doutorado mais recente do Departamento era obra!

Seria fastidioso enumerar aqui os vários cursos e estágios que o professor Bragança Gil leccionou. Essas

aulas e esses estágios foram, em muitos casos, o início na investigação dos seus futuros colaboradores que, posteriormente, com a sua ajuda, aqui ou no estrangeiro, vieram a fazer o doutoramento. Bragança Gil tinha agora a responsabilidade de cimentar um grupo de investigação. Ao mesmo tempo que pugnava pela melhoria das condições de trabalho no laboratório ia a congressos internacionais, sabe Deus com que dificuldade, e contactava com outras Universidades na Europa onde procurava que os seus colaboradores estagiassem. Amsterdão, Paris, Bona, Sussex e Lovaina foram alguns destes lugares para onde enviou aqueles a quem, usando uma frase que muitas vezes repetia, "dava os ombros". Era preciso, no seu dizer, que a investigação ganhasse entre nós o direito à existência como actividade normal e regular de uma Universidade. A Bragança Gil não lhe bastava fazer investigação. O que pretendia visava mais longe, pretendia criar uma tradição de cultura científica. Lembro-me que, em 1970, quando o grupo ainda só tinha quatro pessoas, quando os recursos materiais ainda eram muito escassos, fixou como meta a atingir a publicação anual de pelo menos um artigo científico em revistas internacionais de primeiro plano. O seu trabalho, a sua liderança, a sua presença diária no laboratório, o seu estímulo, fizeram-nos acreditar que era possível e, ... foi possível! Em 1971 publica, com os seus colaboradores, no "Journal of Physics" o primeiro artigo escrito em Inglês e, um ano mais tarde, é publicado o primeiro artigo que foi submetido à "Physical Reviews". Curiosamente, trata-se do primeiro trabalho de investigação realizado em Lisboa, no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências, publicado por essa prestigiada revista americana.

A criação de um grupo de investigação não se faz só com projectos de investigação. Faz-se também de outras pequenas coisas, que, felizmente, hoje nos parecem ridículas, mas que não existiam. Não existia uma biblioteca, digna desse nome, no Departamento e o professor Bragança Gil organizou-a. Quando digo organizar não foi apenas fazer a lista dos livros e das revistas a adquirir, foi também arrumá-la, fazer as fichas e estabelecer as regras do seu funcionamento. Também foi pioneiro na organização de Seminários. Ele sabia que a sua realização regular era um sinal da existência de actividade científica, mas também sabia quanta energia era necessária para não deixar cair a iniciativa, para voltar uma e outra vez até que a ideia fosse óbvia. Neste aspecto, deu ainda particular ajuda ao estabelecimento de um grupo de Física Nuclear Teórica. Acolheu o Professor Filipe Duarte Santos quando ele iniciou a sua colaboração com a Faculdade e encorajou a realização de vários cursos internos de actualização. Desta actividade viria a resultar, em 1976, a criação do Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa. Instituição que, vinte anos volvidos, desfruta de largo prestígio na comunidade científica nacional e internacional e que, ainda recentemente, foi classificada de excelente na avaliação promovida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

Desde os bancos da escola que Bragança Gil revelava um grande interesse pela História. Este interesse

pela História e, em particular, pela Arqueologia, vai levá-lo a iniciar mais uma outra área de investigação, a aplicação de métodos físicos a problemas de Arqueologia. Publica vários trabalhos em que utiliza métodos de Física Nuclear para esclarecer problemas arqueológicos, colabora com arqueólogos e participa mesmo em escavações de algumas estações. Por outro lado, dá contributos importantes para o próprio estabelecimento destas técnicas e publica em algumas das mais prestigiadas revistas internacionais da especialidade, como por exemplo a "Archaeometry".

Na Universidade, Bragança Gil não deu apenas aulas e fez investigação. Antes pelo contrário, nada do que à Universidade dissesse respeito o deixou indiferente. Colaborou no grupo de trabalho que elaborou o programa da constituição do Instituto de Física Matemática, fez parte de inúmeras comissões do Ministério da Educação e do ex-Instituto Nacional de Investigação Científica, colaborou no grupo que realizou o estudo conducente ao estabelecimento da Universidade Aberta, fez parte da comissão das novas instalações da Faculdade de Ciências, participou no grupo de trabalho que elaborou o Estatuto da Universidade e, por último, ainda teve saber e energia para, aproveitando a transferência da Faculdade da Politécnica para o Campo Grande, propor e, acima de tudo, fazer o Museu de Ciência. Também sobre este assunto e sobre Museologia, em geral, publica diversos artigos. Propõe, em 1981, à Universidade, à sua Universidade, a criação de um curso de Museologia mas infelizmente, por razões que não importa aqui referir, esta iniciativa só veio a ser concretizada, anos mais tarde, pela Universidade Nova de Lisboa. Assim, Bragança Gil participou na organização do mestrado em Museologia e Património promovido pela Faculdade de Ciências Sociais e Humanas e foi convidado a proferir a lição inaugural deste curso. Nele tem colaborado regularmente, dando aulas e orientando teses. Para além disso, foi ainda convidado pela Faculdade de Letras da Universidade do Porto, para leccionar no seu curso de pós-graduação em Museologia.

A Museologia e, em particular, a criação e o desenvolvimento do Museu da Ciência da Universidade de Lisboa são agora as tarefas prioritárias deste Homem. O que o move não é só a exploração dos aspectos lúdicos e mediáticos da Ciência. Bragança Gil trava, mais uma vez, uma batalha em prol do estabelecimento de uma tradição científica no País. Agora não se trata de pugnar pela investigação regular na Universidade. Trata-se de estabelecer as bases de uma cultura científica na sociedade portuguesa e em particular entre os mais novos.

Cientista, professor, investigador, museólogo, divulgador da Ciência, Homem de Ciência e Homem de Cultura, Bragança Gil é, acima de tudo, uma referência moral e cívica para todos os que têm o privilégio de terem sido seus alunos e colaboradores.

Augusto Barroso

CMD-EPS 17/JMC 6

Colloquia and Plenary Sessions

Grenoble • August 25-29 • 1998

List of Minicolloquia

1. **Vortex matter in superconductors**
T. Giamarchi, V. Moshchalkov
2. **Spectroscopy of high temperature superconductors**, C. Berthier, O. Fischer
3. **Mesoscopic effects in superconductors**
R. Fazio, B. Pannetier
4. **^3He and modern physics**, Y. Bunkov, G. Frossati
5. **New superconductors**, M. Marezio, G. Van Tendeloo
6. **Colossal magneto-resistance in oxides**
M. Coey, C. Simon
7. **Magnetic multilayers and spin electronics**
J. De Boeck, F. Petroff
8. **Quantum Spin Systems**, G. Güntherodt, F. Mila
9. **Magnetic clusters and nanoparticles**
J.P. Bucher, D. Gatteschi
10. **Fullerenes, nanotubes and related structures**
P. Lambin, R. Moret
11. **Orbital order in oxides**, D.I. Khomskii, C. Vettier
12. **Electronic confinement in semiconductors**
G. Bastard, J. Kotthaus
13. **Wide band gap semiconductors** (Franciosi, P. Gibart)
14. **Photonic band gap structures and microcavities**
R. Houdré, A. Lagendijk
15. **Materials, physics and devices for molecular electronics and optics** - R.H. Friend, M. Schott
16. **New frontiers of microelectronics** K. Demeyer, J.Gautier
17. **Growth and characterization methods - Properties of films**, C. Priester, K. Wandelt
18. **Water at Interfaces**, J. Jupille, S. Coluccia
19. **Phase transitions at surfaces**
J.W.M. Frenken, A. Pimpinelli
20. **Granular materials**, J. Rajchenbach, D.E. Wolf
21. **Slow relaxation and vitreous transition**
J. Jaeckle, J. Pelous
22. **Scattering of waves in random media**
G. Maret, B. van Tiggele
23. **Mechanics and rheophysics of complex fluids**
F. Lequeux, D.L. Weaire
24. **Physics of biological functions: Motors, membranes, cell adhesion**, D. Chatenay, L. Peliti
25. **Biomacromolecules: Structure & dynamics**, M. Wulff
26. **Proteins, bio-polymers and polymers at interfaces**, B. Berge, P. Guenoun
27. **Adhesion, wetting and contact**, D. Coninck, M. Fermigier
28. **From atoms to microstructures**, L.P. Kubin, A. Sutton
29. **Quasicrystals and metallic glasses**, Berger, J.B. Suck
30. **Atomic and molecular manipulations by scanning probe techniques: Present state and future prospects**, S. Gauthier, H. J. Hug
31. **Large-scale computations: Ab-initio electronic structure**, O.K. Andersen, M. Lannoo
32. **Large-scale computations: Strongly correlated systems**, D. Poilblanc, P. Prelovsek
33. **Femtosecond spectroscopy of molecules and solids**, D. Hulin, H. Kurz
34. **Rupture dynamics and friction in physics and geophysics**, J.P. Vilotte, M. Campillo
35. **Inelastic X-ray scattering**, J.T. Devreese, M. Krisch
36. **Future prospects for high magnetic fields in Europe**, L.J. Challis, P. Wyder
37. **New infrared emission and detection devices**
E. Rosencher, J. Gillham

Plenary Sessions (7) (* to be confirmed)

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| G. Abstreiter*: Si/Ge nanostructures | Y. Petroff: Synchrotron radiation |
| M. Bruel: Smart Cut of Si | J. Prost*: Biophysics |
| O. Fischer: Superconductivity | R. Scherm: Neutron scattering |
| J. Pendry: Quantum friction | |

DELEGAÇÃO CENTRO

CICLO DE PALESTRAS 97/98

A Delegação iniciou um ciclo de palestras para o ano lectivo de 1997/98 sobre temas gerais de Física, cujo destinatário principal são os professores dos ensinos básico e secundário. As palestras têm lugar no Departamento de Física da FCTUC, nas tardes de sexta-feira, prevendo-se uma palestra por mês, tendo já sido realizadas as seguintes:

- *Onde está a antimatéria? — Uma experiência a bordo do space-shuttle*, em 12/12/97, pelo Prof. Dr. José Pinto da Cunha, FCTUC.
- *O pensamento e a acção na construção do conhecimento físico*, em 16/01/98, pelo Prof. Dr. Jorge Valadares, Universidade Aberta.

Será também iniciado em breve um ciclo de palestras SPF no Departamento de Física da Universidade de Aveiro. O calendário das próximas conferências poderá ser consultado na página da *internet* da SPF (<http://www.fis.uc.pt/~spf>).

ACÇÕES DE DIVULGAÇÃO DE FÍSICA

Desde o início do ano lectivo, foram realizadas as seguintes acções de divulgação de Física para alunos do ensino secundário:

- *Física das partículas 100 anos depois da descoberta do electrão*, pelo Prof. Dr. Manuel Fiolhais (FCTUC), na Escola

Sec. Rafael Bordalo Pinheiro, Caldas da Rainha em 15/1/98, no Instituto N. Sr. da Encarnação, Benedita, em 16/02/98, na Esc. Sec. Domingos Sequeira, Leiria, em 17/02/98.

- *Universo e partículas: do infinitamente grande ao infinitamente pequeno*, pelo Prof. Dr. Manuel Fiolhais (FCTUC), na Esc. Sec. Joaquim Carvalho, Figueira da Foz, em 18/02/98, na Esc. Sec. José Falcão, Coimbra, em 18/02/98, na Esc. Sec. José Macedo Fragateiro, Ovar, em 19/02/98 e na Esc. Sec. de Mangualde, em 20/02/98.
- *Física no Desporto*, pelo Prof. Dr. Adriano Pedroso Lima (FCTUC), no Externato Cooperativo da Benedita, em 28/02/98 e na Esc. Sec. Dr. Magalhães Lima, Esgueira, em 4/02/98.
- *Lasers e Holografia*, pelo Prof. Dr. João Lemos Pinto, Universidade de Aveiro, na Esc. Tecnológica, Artística e Profissional de Pombal, em 24/11/97.

ACÇÕES DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

A pedido das escolas, foram realizadas as seguintes acções de formação para professores:

- *Sensores, interfaces e computadores no ensino experimental da Física*, pelos Profs. Drs. José António Paixão e Francisco Gil, (FCTUC), na Esc. Sec. Domingos Sequeira, Leira em 15/12/97 e

no Dept. de Física da FCTUC para os professores da Esc. Sec. Infanta D. Maria, Coimbra, em 22/12/97

A lista das acções de divulgação e de formação de professores disponíveis para o ano lectivo de 97/98 pode ser consultada na internet, no endereço acima indicado.

VI ENCONTRO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DA BEIRA INTERIOR

Em representação da Delegação, o Prof. Dr. José António Paixão foi convidado a participar no VI Encontro de Professores de Ciências da Beira Interior, que teve lugar na Esc. Secundária do Fundão em 30/01/98, tendo proferido uma palestra subordinada ao tema "Novas Tecnologias no Ensino da Física".

PROJECTO CIÊNCIA A BRINCAR

Foi aprovado o projecto "Ciência a Brincar" submetido pela Delegação ao programa Ciência Viva II do Ministério da Ciência e Tecnologia. Este projecto destina-se a crianças dos 4 aos 8 anos, pretendendo despertar o espírito de observação e a curiosidade pela Ciência, estando envolvidas cerca de 20 escolas primárias e pré-primárias. O projecto encontra-se actualmente na fase de elaboração de "kits" experimentais com material didáctico para 10 experiências, a distribuir pelas escolas.

EDUCAÇÃO EM FÍSICA

"Educação em Física" é uma nova secção da Gazeta de Física, criada em colaboração com a Divisão de Educação (DTE), sendo coordenada, a partir deste número, pelo Dr. Adriano Sampaio e Sousa. O contacto poderá ser feito para: Dr. Adriano Sampaio e Sousa, Delegação Regional Norte da Sociedade Portuguesa de Física, Departamento de Física, Rua do Campo Alegre, 687 — 4150 Porto — Tel. 02-6082729.

8.º Encontro Ibérico para o Ensino da Física

Maia, 7-10 de Setembro de 1998

Oradores confirmados até à data

- Eduardo Ducla Soares (FCUL), na área da *Física Médica*
- Filipe Duarte Santos (FCUL) - "*Mudanças Climáticas: Passado, Presente e Futuro*"
- J. D. Barrow (U. Sussex) - "*Is there an ultimate Theory?*"
- João Bessa Sousa (FCUP), na área da Física da Matéria Condensada (*Nanoestruturas*)
- João Lopes dos Santos (FCUP)
- John Lewis (OBE, FInstP) - "*Present Challenges and Trends in Physics Teaching*"
- Lillian C. McDermott (Directora do Grupo de Educação em Física da Universidade de Washington (*))

Mesas redondas

Pretendendo-se abordar de forma interactiva assuntos da maior importância no âmbito do ensino da Física, foram programadas quatro mesas redondas, envolvendo diversos convidados, especializados em cada um dos temas:

- *Filosofia, Física e Cultura* — coordenada por Prof. Dra. Maria Manuel Araújo Jorge
- *Programas de Física dos EB e ES* — coordenada por Prof. Dra. Anabela Martins
- *Formação de professores* — coord. por Dra. Maria Natália Cruz

- *Projectos nacionais e internacionais na área da Educação em Física* — coord. por Dr. José António Costa Pereira

Ferramentas Informáticas na sala de aula

Vai funcionar, em formato a definir, uma exibição de ferramentas informáticas adequadas ao ensino da Física, que será da responsabilidade do Eng. Manuel Silva Pinto, que possui um Mestrado nesta área (E.S. Fontes Pereira de Melo).

Sessões experimentais

Durante o Encontro decorrerão sessões experimentais incluindo:

- trabalhos apresentados pelos participantes;
- projectos "Ciência Viva" que actualmente decorrem na área da Física.

"Ciência Viva"

Atendendo às dificuldades que, por vezes, as Escolas têm em elaborar candidaturas próprias, vai funcionar durante o Encontro um *stand* da Unidade "Ciência Viva" do Ministério da Ciência e da Tecnologia, onde se poderá encontrar informação permanente. Terminando o prazo das candidaturas a este programa no fim de Setembro, esta realização poderá ser da maior oportunidade.

(*) Grupo internacionalmente reconhecido, realizando investigação no âmbito da aprendizagem e ensino da Física. Os resultados desta pesquisa traduzem-se em inúmeras publicações, em especial no *Am. J. Phys.* e podem ser consultados resumidos no endereço Web:

<http://www.phys.washington.edu/groups/peg/pubs.html>

Os trabalhos deste Grupo serviram de suporte a dois importantes projectos de desenvolvimento curricular: *Physics by Inquiry* e *Tutorials in Introductory Physics*, disponíveis no mercado livreiro (John Wiley & Sons e Prentice Hall, respectivamente).

FÍSICA 98

Fórum da Maia, 7 a 10 de Setembro de 1998

Presidente

Maria de Fátima Pinheiro (FCUP)

Secretário

João Ferreira (UM)

Tesoureira

Rafaela Prata Pinto (FCUP)

ÁREAS TEMÁTICAS

Astrofísica
Computação em Física
Educação em Física
Física das Altas Energias e das Partículas
Física Atómica e Molecular
Física Experimental e Sistemas de Controlo
Física da Matéria Condensada
Física Médica e Biofísica
Física Nuclear
Física dos Plasmas
Física Tecnológica
Física da Terra e do Ambiente
História e Filosofia da Física
Óptica e Optoelectrónica

COMUNICAÇÕES

Os resumos das comunicações devem ser enviados até 30 de Abril de 1998 para o Secretariado da FÍSICA 98.

O primeiro autor de cada comunicação aceite, para apresentação oral ou poster, será contactado até 30 de Junho de 1998. As normas para elaboração de resumos encontram-se no verso da ficha de inscrição e na página Web da conferência.

PROGRAMA SOCIAL E CULTURAL

Durante a FÍSICA 98 terão lugar actividades sociais e culturais, que serão divulgadas atempadamente. A respectiva inscrição deverá ser feita de acordo com as instruções.

REFEIÇÕES

Juntamente com o programa definitivo, será fornecida uma lista de restaurantes nas proximidades do Fórum da Maia. Está a ser estudada a possibilidade de servir refeições ligeiras no próprio local da conferência.

ALOJAMENTO

Os pedidos de reserva deverão ser feitos até 15 de Julho, mediante o preenchimento de ficha a fornecer, a qual deve ser enviada directamente para Viagens Abreu - Avenida dos Aliados, 207 - 4000 PORTO

PROGRAMA DEFINITIVO

O programa definitivo será enviado até 31 de Julho a todos os inscritos.

INSCRIÇÃO

Até 31 de Maio de 1998

Sócios da SPF - 8 000\$00

Não sócios - 15 000\$00

Redução de 50% para estudantes sem licenciatura

Acréscimo de 50% a partir de 31 de Maio

O pagamento deve ser efectuado através de cheque endossado à Física 98 - Sociedade Portuguesa de Física, e enviado para o Secretariado, juntamente com a ficha de inscrição anexa.

11ª Conferência Nacional de Física

Comissão Organizadora

Adriano Sampaio e Sousa (ESFPM); João Pires Ribeiro (FCUL); Maria de Fátima Mota (FCUP); Maria Helena Amaral (FCUP); Rafaela Prata Pinto (FCUP); Sérgio Nascimento (UM)

Comissão Científica

Carlos Alberto Conde (FCTUC); Carlos António Varandas (IST); Carlos Fiolhais (FCTUC); Carlos Matos Ferreira (IST); Eduardo Ducla Soares (FCUL); Eduardo Lage (FCUP); Filipe Duarte Santos (FCUL); João Bessa Sousa (FCUP); João Corte Real (FCUL); Jorge Crispim Romão (IST); José António Salcedo (FCUP); José Carvalho Soares (ITN); José M. Moreira de Araújo (FCUP); José Mourão (IST); José Pires Marques (FCUL); Leopoldo Guimarães (UNL); Luís Miguel Bernardo (FCUP); Manuel Fernandes Thomaz (UA); Margarida Ramalho Costa (FCTUC); Margarida Telo da Gama (FCUL); Maria Helena Nazaré (UA); Maria Solange Leite (UTAD); Maria Teresa Peña (IST); Mário Pimenta (IST)

PROGRAMA

- Sessões plenárias sobre temas actuais de Física e Educação em Física.
- Palestras convidadas (será dado relevo às áreas de Física Médica e Biofísica, e Física da Terra e do Ambiente)
- Comunicações orais
- Posters (1,20 x 0,90) m²
- Exposições de equipamento científico e material didáctico

8º Encontro Ibérico para o Ensino da Física

Comissão Organizadora

Ana Sofia Armelím (ESCM); Carmen Carreras Béjar (RSEF); José Maria Pastor Benavides (RSEF); José António Costa Pereira (ESMC); Julita Capelo (ESCA); Manuel Joaquim Marques (FCUP); Maria Lucinda Oliveira (ESFPM); Rafaela Prata Pinto (FCUP)

Comissão Científica

Adriano Sampaio e Sousa (ESFPM); Anabela Martins (ESDPV); Isabel Suero López (RSEF); Jaime Julve Pérez (RSEF); João Lopes dos Santos (FCUP); Jorge Valadares (Uab); José António Carvalho Paixão (FCTUC); José António Costa Pereira (ESMC); Manuel Yuste Llandres (RSEF); Maria Manuel Araújo Jorge (FLUP); Maria Natália Anes da Cruz (ESJF); Mariana Valente (UE); Nilza Vilhena Costa (UA)

PROGRAMA

- Sessões plenárias sobre temas actuais de Física e Educação em Física
- Mesas redondas focando problemas relevantes para o Ensino da Física
- Palestras convidadas
- Comunicações orais
- Posters (1,20 x 0,90) m²
- Sessões experimentais
- Exposições de equipamento científico e material didáctico

DISPENSA DE SERVIÇO

Os professores participantes dos EB e ES encontram-se dispensados do serviço docente, ao abrigo do Despacho de 15/01/98 de Sua Excelência o Secretário de Estado da Administração Educativa.

FÍSICA 98 NA INTERNET

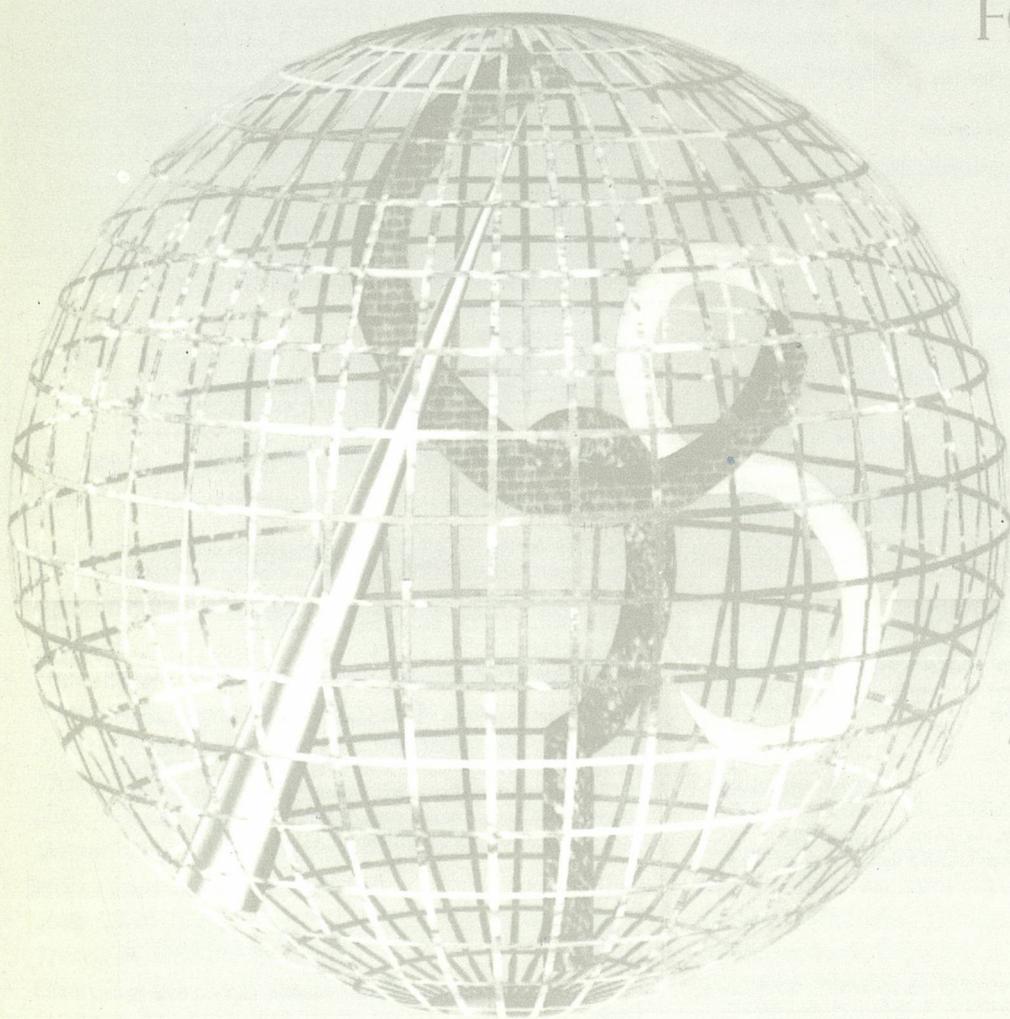
Todas as informações sempre actualizadas:

<http://www.fc.up.pt/fis/fisica98/>

ICPS '98

XIII INTERNATIONAL CONFERENCE
FOR PHYSICS
STUDENTS

AUGUST
9TH - 16TH



'98

DEPARTMENT OF PHYSICS
Faculty of Science and Technology
University of Coimbra
Portugal

PHYSIS - Associação Portuguesa de Estudantes de Física

Telf.: +351 - 39 - 410601

Fax.: +351 - 39 - 29158

e-mail: icps98@nautilus.fis.uc.pt

<http://www.fis.uc.pt/~icps98>