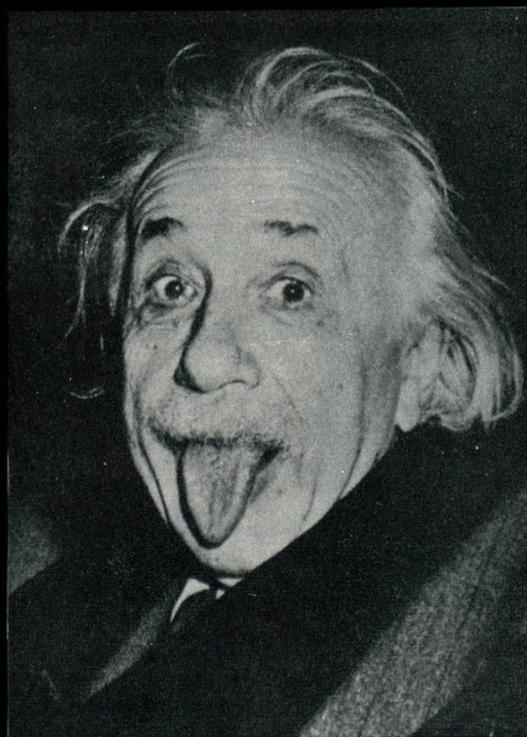


G A Z E T A D E

FÍSICA



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

VOL. 16 • FASC. 1 • 1993

Publicação Trimestral, Janeiro a Março

EDITORIAL

Gazeta de Física

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

Registo na DGCS n.º 107280 de 13/5/80

Deposito Legal n.º 51419/91

Publicação Trimestral

N.º 1 - 1993

Redacção e Administração

Avenida da República, 37 - 4.º - 1000 Lisboa

Telefone (01) 7973251

Fax (01) 7952349

Directores

João Bessa Sousa (FCUP)

Filipe Duarte Santos (FCUL)

Carlos Fiolhais (FCUC)

Comissão de Redacção e Administração

Carlos Matos Ferreira (IST)

Margarida Telo da Gama (FCUL)

Ana Maria Eiró (FCUL)

Maria Margarida Cruz (FCUL)

Execução Gráfica

Imprensa Portuguesa

Rua Formosa, 108-116, 4000 Porto

Telefone (02) 2002466

Fax (02) 2015105

Tiragem: 2500 exemplares

Preço avulso: 600\$00

Assinatura anual (quatro números):

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

35 US dólares (estrangeiro)

Distribuição gratuita aos sócios da SPF

Publicação subsidiada pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica e pela Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia.

Com o presente número inicia a Gazeta de Física uma fase de renovação, que se deseja estender para além do formato e aspecto gráfico. Procura-se assim corresponder às crescentes exigências colocadas à SPF na sociedade portuguesa, nomeadamente no campo da divulgação científica, contribuindo para uma crescente tomada de consciência colectiva sobre o papel essencial desempenhado pela Física nos mais variados domínios da actividade humana. A Gazeta deve ser o veículo privilegiado de comunicação da Sociedade com os seus sócios e com o meio exterior, reflectindo o pulsar de uma comunidade científica activa e constituindo um espaço permanente aberto ao debate das questões ligadas à Física. Procurar-se-á a maior coerência e intencionalidade no conjunto de artigos seleccionados para cada número da Gazeta.

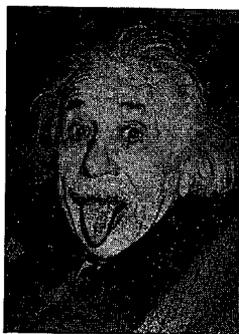
Muito há a melhorar e a corrigir depois deste número. Será um trabalho a desenvolver ao longo do corrente ano, procurando atingir um modelo consentâneo com os objectivos acima referidos. Contamos para isso com a adesão e estímulo dos sócios da SPF, expressa por meio de críticas e sugestões. Novos manuscritos para publicação, notícias actuais, tópicos para debate e aprofundamento, questões com interesse para alunos, professores e investigadores, contribuirão decerto para a desejada renovação da Gazeta de Física.

A Direcção

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 4000 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 apresentadas em folhas separadas, prontos para reprodução. Endereço para correspondência: **Gazeta de Física - Sociedade Portuguesa de Física, Av. da República, 37 - 4.º - 1000 Lisboa.**

Na capa: Einstein enviou esta fotografia a todos os seus amigos, no dia do seu aniversário, no ano de 1951.



SUMÁRIO

2

UMA CONVERSA COM RÓMULO DE CARVALHO / ANTÓNIO GEDEÃO

Entrevista por C. Aurette e A. M. N. Santos

9

O CONCEITO FÍSICO DE MASSA

Jorge Valadares

15

LABORATÓRIO DIDÁCTICO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

António Morelra Gonçalves

22

O QUE HÁ DE NOVO?

25

RELATÓRIO DO CONSELHO DIRECTIVO DA S. P. F. RELATIVO AO TRIÉNIO 1990-1992

31

ÓRGÃOS NACIONAIS E REGIONAIS DA S. P. F. (1993-95)

32

ANÚNCIOS DE ENCONTROS CIENTÍFICOS

UMA CONVERSA COM RÓMULO DE CARVALHO / ANTÓNIO GEDEÃO

Entrevista em Lisboa a 27 de Março de 1991 conduzida por Christopher Aurretta (CA) e A. M. Nunes dos Santos (AMNS) e publicada em inglês no livro «51+3 Poems and other writings», (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 1992). A Gazeta de Física agradece a colaboração de A. M. Nunes dos Santos, professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, que amavelmente cedeu o texto da entrevista.

CA — Há uma questão que gostaria de levantar. Despertou para a ciência, para seguir uma carreira científica, muito cedo. Despertou também para a poesia. Este despertar aconteceu no mesmo momento ou foram dois momentos bem diferentes, ou o despertar para a vida é a mesma coisa que despertar para a ciência e para a poesia? Eu gostaria de saber — uma vez que é um ser humano tão multifacético: poeta, cientista e pedagogo — como foi esse despertar? Como foi a génese de isto tudo?

RC/AG — Bem, as coisas todas têm um princípio, evidentemente. Em casa da minha família, um ambiente modesto, os meus pais, as minhas irmãs, pertenciam a uma burguesia média, mas muito modesta. Minha mãe, sem nenhuma instrução especial, tinha apenas a instrução primária, mas gostava muito de livros e uma das minhas irmãs também lia poesia de modo que havia em casa alguns livros... O que se lia naquela altura eram os folhetins distribuídos à porta. Aqui entre nós havia uma distribuição à porta por funcionários de certas casas editoras que vinham entregar romances em fascículos; batiam à porta das pessoas e perguntavam se os queriam. Claro, minha mãe recebia-os à porta, fazia a assinatura e pagava um tanto por cada fascículo. Eram sempre obras de 'faca e alguidar', as obras, por exemplo, de Peres de Cristo — talvez não as conheça — as obras de Ponson du Terrail. Bem, coisas desse género. E também em português, havia António Campos Júnior, que tem uma obra de história romântica, digamos, de capa e espada. Esses livros

eram sugestivos e li-os quase todos; um deles foi uma das minhas bíblias, ainda hoje o aprecio imenso: *As Mil e Uma Noites*. *As Mil e uma Noites* e os contos árabes também eram entregues ao domicílio e minha mãe, lá com as suas economias, assinava tudo isto e lia-os posteriormente. E claro, aquilo era tudo lido por ela e pelas minhas irmãs, principalmente por uma delas — eu tenho duas irmãs — principalmente pela mais velha. Por outro lado, a minha irmã poetava. A minha mãe não poetava... assim abertamente, mas lá no seu íntimo também poetava. Não tenho dúvida nenhuma sobre isso. E tudo o que eu sou é uma reprodução dela. Aquela rosinha que aparece num dos poemas é uma reprodução dela. O ambiente tinha portanto um certo ar literário. Claro, era tudo muito modesto, mas havia uma certa instigação para a poesia, para a literatura em geral. Para a ciência não havia nada nesse sentido. Bem, quando entrei no liceu, tinha disciplinas nas duas matérias-Letras e Ciências. Foi aí o primeiro contacto que tive com o conhecimento científico. E desde então interessou-me tanto ao ponto de que quando cheguei ao último ano do curso, na altura em que tinha de escolher o destino, quando saísse do liceu, quando fosse para a universidade, ou seja, seguir para a Faculdade de Letras ou para a Faculdade de Ciências, tive muita hesitação porque estava igualmente inclinado para uma coisa e para outra. E como me tinha de decidir por uma, escolhi as ciências porque vi que elas me davam um futuro

A Sociedade Portuguesa de Física presta uma modesta homenagem ao professor, pedagogo, poeta e historiador de Ciência, Rómulo Vasco da Gama de Carvalho.

Rómulo de Carvalho continua hoje, com a frescura a que nos habituou, uma obra multifacetada, profunda e sensível, que tem enriquecido sobremaneira a ciência e a cultura portuguesa.

A Gazeta de Física, neste número em que se renova, lembra o contributo ímpar que lhe foi dado por Rómulo de Carvalho.

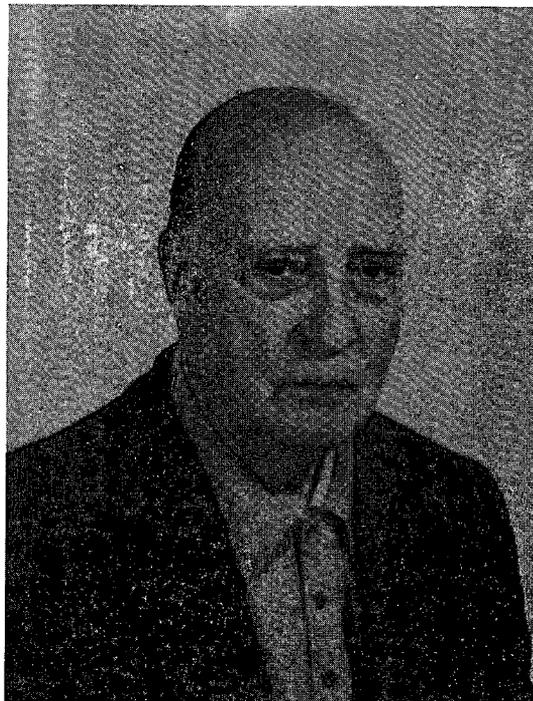
mais fácil para ganhar a vida. Bem, na parte das letras, o que é que podia ser? Para o Direito, coisa que detestava como ainda hoje detesto — para Direito, de modo nenhum, porque não tenho a mínima consideração pela justiça universal, pela justiça dos homens, por aquilo que tenho visto ao longo do tempo. Ainda ontem na televisão se falou, e vem nos jornais também, dum aluno que cabulou na Faculdade de Direito de Coimbra. Arranjou um óptimo processo de cabular, um aluno do quinto ano da Faculdade de Direito! Bem, nessa altura já se exige uma preocupação de ser honesto. São coisas que me impressionam muito. Bem, as letras também não tinham saída. O que é que se fazia com o curso? Preferi então ir para as ciências. E segui por aí, quase por uma necessidade económica porque, por mim, achava-me tão capaz de seguir por um caminho como seguir por outro, sem dar preferência a uma ou a outra. Tive ainda a meu favor, porque já ia veresando, esta consciência de que estando nas ciências ao mesmo tempo que podia ganhar a vida com mais facilidade, mais gosto até, podia também continuar a entregar-me às letras se quisesse. O que já não era fácil se fosse ao contrário. De modo que foi um certo complemento que reunia as duas coisas, aproveitando as possibilidades que a vida me daria.

AMNS — O facto de ser Física ou Química teve alguma influência?

RC/AG — Ah, sim, sim, a parte experimental. Sempre tive muito gosto em trabalhar. Já tenho expressado muitas vezes esse meu desejo que, se fosse operário, seria serralheiro ou marceneiro. Gostava, tenho gosto em trabalhar. Além disso, ao longo da vida, tenho sempre feito coisas em casa — até fiz móveis. Tenho feito essas coisas. Gosto muito dessas coisas de trabalhos de mãos. A Física e a Química atraíram-me por causa disso. E até fometei isso muito nos meus alunos. Fometei esse gosto entre os alunos pondo-os a trabalhar e insistindo muito no ensino experimental. Porque eu em todas as minhas aulas — nas aulas teóricas — levava sempre material experimental para a aula. Ia sempre fazendo experiências com os alunos. Eles podem dizê-lo. Há por aí centenas e até milhares de alunos que podem dizê-lo.

Fazia sempre isso. Por gosto, quer dizer, escolhi depois a Física e a Química por gosto. De resto os compêndios em si mesmo, os professores que tive, nada disso era aliciante. Eram sem dúvida de baixo nível. Com dificuldade posso recordar o nome de um professor a quem eu dissesse que fiquei devendo uma orientação qualquer para entrar na Faculdade. Tudo de baixo nível. Havia, como hoje há, muitos professores sem preparação.

Hoje há mais, é claro, que está tudo multiplicado por factores elevados, hoje há mais, mas naquele tempo também já havia bastantes: uma vez fiquei muito chocado



RÓMULO DE CARVALHO nasceu em Lisboa em 1906. Conhecido em Poesia sob o pseudónimo de António Gedeão é licenciado em Ciências Físico-Químicas pela Universidade do Porto.

Exerceu o magistério secundário durante 40 anos e é um pedagogo notável, um divulgador da ciência dedicado e um investigador histórico empenhado.

Foi membro da direcção da *Gazeta de Física*, da revista *Palestra*, do Liceu Pedro Nunes, e do *Boletim do Ensino Secundário*, do Ministério da Educação.

É ainda autor de diversos compêndios escolares. A sua *História do Ensino em Portugal* contribuiu para uma melhor compreensão do modo como o ensino se propagou e ministrou em Portugal.

Em reconhecimento da sua obra, Rómulo de Carvalho foi agraciado com o grau de Grande Oficial da Ordem da Instrução Pública em 1987.

quando vi na rua — eu ia a passar no Rossio (era rapaz de liceu) —, quando vi um dos meus professores — um dos que me davam aulas — de capa e batina. Mas como é que isto pode ser, era tão parecido: Será o mesmo? Depois então é que eu soube que ele era realmente estudante — como hoje acontece. Muitos estudantes são professores de liceu. É claro, a maioria não tinha preparação nenhuma.

AMNS — E na Faculdade, sentiu que havia já alguma diferença?

RC/AG — Na Faculdade, tive aqueles gerais que eram, no tempo, os catedráticos da Física e da Química. Eram tudo gerais. São nomes que hoje já não dizem nada a ninguém, não é verdade?, como Aquiles Machado, Borges Sequeira, D. António Pereira Forjaz (esse não era general, era sobrinho dum general. Já é um posto.) [Riso...s] Também, é claro, havia gente muito soturna, sorna, muito grave. Não, não tenho nenhuma ideia agradável de toda a minha vida escolar. Tudo quanto eu fiz fi-lo por mim. Todo o prazer que eu encontrei... na observação científica, na parte experimental, na literatura, tudo isso foi feito por mim. Tudo isso foi trabalho pessoal.

AMNS — Aliás, onde o entusiasmo se pode reflectir mais acentuadamente... Enfim, a pessoa pode sempre ter um impacto muito grande nos estudantes; contudo, ultrapassou isso com as suas publicações de divulgação científica, para um público em geral. Foram aqueles textos da *Física Para o Povo*, sempre na tentativa de fazer a ciência chegar a um público que efectivamente hoje ainda não tem, enfim, a convicção de uma assimilação cultural da própria ciência ...

RC/AG — Isso é consequência exactamente, por convívio com os estudantes, de ter reconhecido como eles estavam abandonados. Quer dizer, a ciência era uma coisa receitada nos compêndios, não é? Receitada, tomava-se aquilo como quem toma comprimidos, ou qualquer outro medicamento. Aquilo era necessário para passar de ano para ano — mas sem prazer nenhum. E a minha intenção foi exactamente conseguir distribuir pelas mãos deles, e por outros que não fossem estudantes, os conhecimentos, assim de uma maneira mais sentida, mais profunda, mais agradável, etc. Parece que isso deu algum resultado. E que culminou depois com aqueles livrinhos — Ciências da Natureza — que tiveram um grande êxito. Nessa altura eu estava verdadeiramente preparado, já muito amadurecido, para fazer uma coisinha interessante que são esses dois volumes para o ciclo preparatório e que tiveram bastante êxito. E até serviram como modelo para tudo o que se conhece da época e para os que vieram a seguir. Estes livros, quando apareceram, não tinham antecedentes: pela ilustração, pela disposição, pela linguagem, tudo isso... foi uma novidade naquela altura.

AMNS — Eu penso que pela primeira vez houve uma preocupação de se dar a conhecer uma evolução das ideias científicas. Estou-me a lembrar daqueles pequenos volumes da *História do Átomo*, da *História do Telefone*, que abrangiam não só a ciência mas até a própria tecnologia, e que considero uma falha tremenda, actualmente, não ter havido uma continuação.

RC/AG — E não houve!

AMNS — E não há uma continuação no mesmo estilo. Já agora — a minha pergunta vai até na sequência da do Christopher — em relação ao processo criativo, eu recordo-me que houve muitas vezes poetas, por exemplo, estou a lembrar-me do século dezanove, houve alguns poetas que assistiam às aulas de Humphry Davy — os casos de Coleridge e Wordsworth — para obterem metáforas de índole científica e depois as extrapolarem para a sua poesia. ...No seu caso, o facto de ter uma formação científica, reflecte-se bastante na sua poesia, (e neste aspecto é um caso único e ímpar da poesia portuguesa), no processo criativo, portanto. A metáfora científica surge naturalmente na poesia?

RC/AG — Sim, naturalmente, e não há aí nenhum rebuscamento. Estou agora a lembrar-me dum caso — de Vitorino Nemésio — que metia palavras científicas...

CA — Mas era mais à superfície. É uma coisa artificial, enxertos de léxico...

RC/AG — Sim.

AMNS — O facto de haver um léxico não é...

CA — É como vestir a pele da ciência sem aprofundar os conceitos.

RC/AG — Mas não é aquele conhecimento mais profundo que resulta de se conhecer a ciência e de se pensar cientificamente sobre os temas que não são científicos. Ali, nele, havia um propósito: uma construção...

AMNS — Em *Limite de Idade*, por exemplo... e todas aquelas terminologias de Bioquímica...

RC/AG — Mas aí já há uma construção, uma intenção de construir ao passo que, no meu caso, visto que estamos a falar nele, no meu caso não há nenhuma construção. É uma consequência natural da minha formação. Nem é preciso ir à poesia, até porque na conversa corrente essas coisas, esses paralelos podem surgir. Quem está habituado a pensar em termos científicos normalmente aplica-os em qualquer coisa que está à sua volta e que não tem nada a ver com a ciência.

CA — Sente, portanto, uma convivência perfeita, equilibrada, entre o ser cientista e o ser poeta?

RC/AG — Eu queria até fugir... exactamente há pouco o Christopher tinha falado, fez uma certa dicotomia entre as duas coisas. Bem, eu não vejo as coisas assim e repudio até essa dicotomia. Nós estamos todos muito viciados, nós ocidentais, os americanos são

também ocidentais (para mais com a sua origem italiana...), nós estamos todos muito viciados pela cultura greco-latina... todos... e continuamos a ver na poesia aquela coisa extraordinária, mítica e mística, aquele valor extraordinário que os gregos e os romanos atribuíram aos poetas. É claro que era uma época em que a ciência não tinha peso nenhum. Embora hoje nós saibamos que eles tecnicamente tinham coisas muito valiosas — muito interessantes, muito valiosas, muito bem imaginadas. Mas, naturalmente, não havia ninguém que pensasse pôr uma coroa de louros na cabeça dum técnico. Isso ficava reservado para os poetas. Porque os poetas cantavam-nos a eles, àqueles que punham as coroas. Portanto as coroas já eram pagamento — em coroas — [Risos], pelos favores que eles tinham feito ao cantá-los. Bem, criou-se assim através dos séculos, e chegou ainda até nós, esta convicção — ainda vejo tratar aí a poesia em escritos de intelectuais como uma coisa sobrenatural — quando é uma coisa naturalíssima.

CA — Lembro-me daquele dia em que foi à nossa Faculdade [Junho, 1987]; aquando dessa sessão, levantou-se e disse, antes de ler o «Poema para Galileo», ao público: «Nada me é exterior». Eu fixei essa frase porque achei que, quer como cientista, quer como poeta, o que conta é o real que nos invade, nos enche, que nos atravessa, e que vamos olhar para esse mundo...

RC/AG — Aquilo que para nós é o real. Aquilo que vemos como real.

CA — Claro, mas por outro lado...

RC/AG — Ficou-se ainda nesse estado de êxtase perante a poesia. Trata-se a poesia, e dá-se até à própria palavra e à palavra poética, dão-se significados totais quando são muito parcelares. Por exemplo, uma coisa é poética. É claro que nós sabemos que há poetas que disseram as maiores barbaridades e obscenidades que não têm nada de poético. Quer dizer, atribuiu-se já um sentido particular ao termo «poético». Deu-se um significado particular à palavra 'poesia' que já não tem nada a ver com o formalismo dessa mesma poesia, não é verdade? Hoje, como se sabe, faz-se poesia e não tem nada que a caracterize como poesia, nem sequer no aspecto formal, quer dizer, só no pormenor: é não chegar à margem direita do papel — é o único pormenor que fica para que um texto de hoje se diga poesia.

CA — O poeta está a invocar um formalismo, o rigor para a poesia que hoje em dia se vai atenuando.

RC/AG — Sim, quer dizer, perde-se a definição. Nós temos de dizer que há duas formas de expressão escrita: uma é a poesia e a outra é a prosa. O que é que distingue

uma da outra? A única distinção que temos era aquela que já dizia o tal oficial boçal do Morgadinho da Valeflor; ele dizia: «Para mim esta é poesia porque não chega à margem do papel». É rigorosamente isso, e isto era divertido porque isto era uma peça de teatro dum homem boçal, inculto, etc., que, coitado, não sabia distinguir uma coisa da outra. Pois, isso hoje é ainda uma realidade. Nós só distinguimos a poesia da prosa, nós vemos que se escreve uma coisa que se chama verso pela tal razão: divide-se uma sílaba duma palavra e passa-se para o outro lado. É poesia porque não chega à margem direita do papel. Perdeu portanto todas as características, mas procura-se dar às palavras, poesia e poético, um significado tal em que isso possa caber. Esse significado está num certo mistério que está misturado com as palavras. Numa certa expectativa perante uma folha branca de papel, em que o autor está a chupar na esferográfica e a olhar para o papel. É uma cena irreal, uma coisa espantosa, à espera de uma coisa a que chamam inspiração. Mas tudo isto, que era do século dezoito, dezassete, etc., continua no século vinte. Continua, é o prolongamento dos mitos, que é para mim uma coisa impressionante. Na verdade, nós vivemos em função dos botões em que carregamos. O nosso progresso é só esse. De resto, o homem continua a ser o mesmo: agarrado ao passado e defendendo-se com unhas e dentes.

CA — E por isso nascem as tais dicotomias.

RC/AG — Exacto, exacto, por isso lhe pergunto: Há alguma dicotomia? Não há nenhuma! A pessoa encara a poesia como encara a ciência, como encara a arte, como encara qualquer outra coisa, não há incompatibilidade.

CA — Convivem pacificamente?

RC/AG — Com certeza.

CA — Enriquecem-se?

RC/AG — Exactamente. Não há nenhum motivo para me dizerem: «Então, você que é cientista, também faz poesia? Não tem nada uma coisa com a outra. Pois é, faça e também faça móveis!»

CA — Aliás, quando se lê a sua obra, grande parte dela tem um rigor rítmico e rítmico, é quase... sinto que o poeta construiu a frase como se fosse marceneiro. Com um cuidado, um esmero tremendo.

RC/AG — Sim. Sim.

CA — Ora, esse rigor, o rigor do experimentalista será também o rigor do laboratório linguístico.

RC/AG — Mas não foi transferido de uma coisa para outra. Foi natural. Quer dizer, há uma base donde parte tudo o que é um certo entendimento do que nos rodeia, na busca da melhor maneira de expressar aquilo que se sente. Tanto pode ser num campo como noutro.

CA — E há uma comunicação entre a inteligência objectiva e a sensibilidade que vive os momentos da vida. Por outro lado, (vou fazer de cardeal do diabo), há essa compatibilidade, essa relação pacífica enriquecedora, natural, mas a poesia é também um idioma muito diferente do idioma, do dialecto que se chama ciência. Requer uma convivência com o silêncio, com a solidão, com a dor, e mais a mais, o poeta escolheu para si outro nome, uma segunda identidade, um pseudónimo. Demarcou-se, baptizou-se com o outro ser que se chama António Gedeão. Delineou, e portanto há uma separação dentro da sua unidade.

RC/AG — Sim, Sim. É que na poesia estou a falar comigo. Estou a falar comigo. Enquanto na minha actividade profissional, estou a falar com os outros. É uma coisa diferente. A uma certa altura — agora, com licença, vou-me recolher ao meu silêncio e à minha toca. Nessa altura, então, não quero comunicação nenhuma com o exterior. Por isso perco até a minha própria identidade. Quero ser aquilo que realmente sou mas que é só para mim, que é incomunicável.

CA — Isso parece um pouco paradoxal, porque esse estado de incomunicação que vive quando está com António Gedeão, quando está em diálogo íntimo consigo próprio, a poesia acaba por comunicar a todos. Acaba por ser comunicável a todos. Nós lemos, e há uma comunicação até imediata.

RC/AG — Bem, está a dizê-lo. Aceito o que diz. Não vou negar aquilo que está a dizer. Não sou eu que o digo. Mas, como sabe, só publiquei pela primeira vez aos cinquenta anos. Poder-se-ia perguntar, então o Sr. só aos cinquenta anos é que começou a escrever poesia? [risos] Evidentemente que não. Aliás quem lê os textos publicados reconhece nessa altura que há uma longa emaduração. Com certeza não se começa por ali. Vem de longe, e de facto foi — desde a infância, desde a mais tenra infância. Isto é importante recordar. Agora, para responder a essa questão: está a dizer-me que, apesar de ser uma coisa íntima, comunica com os outros, etc., e os outros têm prazer na literatura e até sentem nela alguma coisa que eles próprios gostariam de ser capazes de dizer, etc., — essas coisas habituais — mas eu que publiquei ao fim de tantos anos, aos cinquenta anos, por uma tentativa de realmente reconhecer, de reconhecer, não de conhecer

(sem 're'), se a minha poesia escrita nessa incomunicabilidade, tinha realmente alguma possibilidade de comunicar. Portanto, foi uma experiência. Dentro dum estilo, uma experiência científica. Foi uma experiência, vamos ver se isto, bem, é como quem procura testar uma hipótese: vamos ver se isto dá ou não. Portanto só aos cinquenta anos (porque como já tenho dito, eu destruí tudo o que escrevi até aí; entendi que aquilo para mim era como um desabafo e só me interessava a mim próprio) coloquei esta questão: experimentar. Experimentar o que é que os outros sentiam porque ninguém sabia dessa minha actividade. O que é que os outros sentiriam se eu lhes pusesse nas mãos aqueles meus documentos experimentais. E realmente parece que se sentiram muito — em particular, o aspecto rítmico, da musicalidade. Deu origem logo aos cantores.

O Manuel Freire com quem já tenho falado, pessoalmente, disse-me uma vez que musicou a «Pedra Filosofal» — que se tornou célebre — porque se pôs a cantá-la, tinha um ritmo tal... E ele, com a sua vocação, enfim, para a guitarra, começou logo a cantá-la. Pois daí aperfeiçoou — e apareceu a canção. Teve um grande impacto esse primeiro livro e houve demonstrações unânimes de que muitíssima gente tinha sentido aquilo. E, portanto, eu estava a comunicar de facto. A hipótese estava correcta. Valia a pena continuar.

AMNS — Tem graça porque eu tinha uma pergunta nesse sentido que é mais pessoal, relacionada com o facto de António Gedeão se ter desnudado ao fim de cinquenta anos, sabendo enfim que o seu gémeo Rómulo de Carvalho era uma figura conhecidíssima, quer através das publicações, quer como pedagogo. Será que António Gedeão teve alguns receios de que a experiência pudesse não resultar tão bem face às de Rómulo de Carvalho?

RC/AG — Não. Não tinha receio porque eu, por mim, estava convencido por esses poemas que escrevia para mim, para desabafar, para traduzir aquilo que eu sentia; eu verificava que eles me satisfiziam a mim. E como eu sou muito exigente [risos] naturalmente pensei que tornando aquilo público outros se satisfizessem também. De modo que não tinha dúvidas sobre isso.

AMNS — E não fez mais cedo porque...?

RC/AG — ...Porque nunca tomei essa decisão. Ficou-me assim qualquer coisa de memória há tempos, assim, nem mais nem menos, veio-me à memória — estive a recordar-me a propósito de não sei de quê — e reproduzi um soneto todo, exactamente um soneto de estilo camoniano. Eu achei graça, achei que estava bem construído, e mandei-o para o Colóquio de Letras, e foi lá

publicado. É até dedicado a um rapaz, ao Luís Vaz de Camões, [Risos] recordando o convívio da nossa mocidade. A recordação desse convívio, eu lia-o muito, a parte lírica do poeta heróico, sem desmerecimento para o poeta. A respeito da sua construção, está bem feito, como outros também do seu tempo. Agora, as líricas, essas é que são sublimes. As líricas, essa é que é a grande obra de Camões. O aspecto épico... enfim. E mandei esse soneto para o Colóquio. É bonito. Quer dizer, lembrei-me desse do passado, daquelas coisas que já tinha deitado fora... e ficou publicado.

CA — Podia fazer mais uma pergunta nessa linha de fazer de novo de cardeal do diabo? Disse agora que escreveu poesia para si. Enovela-se para dentro, cobre-se com esse nome António Gedeão, esse nome de baptismo mais secreto, digamos. Portanto, é quase uma procura de intransparência, é como levar uma mágoa. De facto, eu acho que na sua poesia aprecio o seguinte: há uma consciência de que a vida é catastrófica...

RC/AG — ...exacto...

CA — ...e que é preciso aprender, como o António Gedeão aprendeu, um certo laconismo, um certo silêncio, face a essa catástrofe, saber dizer essa catástrofe, mas em doses bem medidas. Enfim, nós alimentamo-nos com essa consciência, mas essa procura de intransparência, de esconder-se. Por outro lado, o cientista não pode ser minimamente intransparente. Quando concebe uma experiência, formaliza uma experiência, e ao comunicar essa experiência ele tem de usar uma linguagem, uma nomenclatura universais. Ali haverá, não digo dissonância entre o ser cientista e o ser poeta, mas simplesmente outra faceta do mesmo prisma?

RC/AG — Sim, está bem. Está a dizer que, no aspecto científico, o cientista deve apresentar as suas hipóteses com clareza. Mas o facto de o Christopher me dizer isto desdiz de certo modo aquilo que quer dizer porque leu a poesia e está a comunicar aquilo que ela lhe comunicou. Portanto, lá está, do mesmo modo que teria posto uma hipótese científica e os outros tivessem entendido. Entendeu a poesia, não é verdade? Entendeu-a. E isso que está a dizer realmente, essa falta, esse deses- pero, digamos, esse desencanto, esse desamparo face à vida, tudo isso é certo, mas compreendeu, o Christopher entendeu isso. Portanto, está lá para ser entendido.

CA — Mas essa compreensão é um pouco diferente porque é preciso reler para sedimentar...

RC/AG — Muito bem, exactamente esse é um dos meus interesses porque eu reconheço, embora não esteja a

fazer isto propositadamente, mas reconheço na minha poesia, pela maneira como eu ponho as coisas, e até aliás na simples conversa isso se pode notar, que as coisas são ditas ou escritas, no caso da poesia, de modo que o ouvinte recebe ou lê, e numa primeira leitura imediatamente — se a sua cultura for assim escassa — ele, imediatamente, apesar disso, tem logo uma sensação. Sentiu uma coisa qualquer. Não viu tudo. Bem, o meu interesse é exactamente esse. É como na divulgação científica: há um limite mínimo que qualquer pessoa recebe logo. Depois, é claro que aqueles que têm mais habilidade, mais sensibilidade, vão mais fundo, começam a descobrir, a prospectar coisas novas. Dirão eles que se queria dizer isto e mais aquilo. Sem ser propositado, realmente as coisas estão lá assim. E até na própria conversa muitas vezes eu digo uma coisa qualquer, e pela maneira como o outro a recebe, eu faço uma avaliação das capacidades intelectuais do outro. Se eu digo uma certa coisa, e a outra pessoa fica séria, eu digo, bem, não percebeste. Se sorri, já o avalio doutra maneira. Se ri, já a avalio doutra maneira. Com as mesmas palavras. Na poesia é a mesma coisa. Há ali possibilidades de várias gradações, para cima ou para baixo, mais ou menos profundas, que dependem do leitor.

AMNS — Agora, mudando um pouco de tema, se pudesse haver uma verdadeira reforma educativa, se houvesse uma nova visão do ensino, quer da ciência, quer das humanidades, tem alguma sugestão quanto a um curso que se conseguisse ensinar. Como já escreveu e publicou pela Fundação Calouste Gulbekian o volume sobre a História do Ensino em Portugal, sabemos que é uma questão sobre a qual tem reflectido muito...

RC/AG — Eu acho pessoalmente que seria de fazer assim um curso, em que as coisas estivessem congraçadas, e tivessem proveito para os dois casos. Agora, imaginar a redacção, o esquema e o programa dum curso generalizado, de maneira nenhuma! O êxito dessas coisas depende da pessoa.

AMNS — ...mais do docente do que do programa...

RC/AG — O ensino é sempre mau, e sempre foi mau em todos os sítios.

AMNS — O ensino mata a curiosidade...

RC/AG — Bem, agora o ensino é bom, excelente, em determinadas aulas, com determinados professores. O resto é escusado; podem-se fazer as leis que se quiserem. Agora, com a tendência de se generalizar a escolaridade, houve milhares de alunos que tiveram que ir para a escola. Mas e os professores? Esta questão é sempre escamoteada. Fizeram as escolas e elas agora

têm de funcionar. Mas onde estão os milhares de professores necessários para tantas escolas que se abrem dia a dia?

AMNS — ...preparados para este desafio...

RC/AG — E até mesmo havendo preparação, essa preparação não é como quem molda cerâmica ou qualquer outra coisa parecida. Não é, porque muitos podem ser sujeitos à preparação e não a receberem — não serem capazes de a receberem. Isso de ser professor é uma coisa muito especial, muito delicada. Não é por eu ter sido professor e estar a defender essa profissão, mas a profissão de professor é uma coisa extremamente difícil. Há pouquíssimos professores que são bons. Para o bom professor, nem é preciso um programa. Ele sabe ensinar o que tem que dar. Quando os alunos chegam ao fim do ano eles têm que saber. Agora o professor bom teria tudo nas suas mãos para proferir como quisesse. Seria óptimo qualquer de nós entrar numa aula e ir com a liberdade de poder dirigir as coisas como quisesse. Ele levava uma certa intenção, o que faria agora, ou recorrendo à literatura, ou à ciência, ou às duas coisas, fosse o que fosse, ele punha-se a dialogar com os alunos, punha-se a dialogar com eles, e, quando chegasse ao final [da aula], os alunos deveriam olhar para o relógio: — O quê, já estamos de saída? Assim é que seria óptimo. De modo que não é possível, em resposta directa à sua pergunta, não sou capaz de imaginar um programa que se pudesse instituir e que fosse útil, dentro daquele ponto de vista que lhe interessa, para todos os professores, para todas as escolas e para todos os alunos. Não existe.

AMNS — O facto de não haver também reciclagem e uma coordenação entre os professores, e aqui não estou a falar só dos professores do ensino secundário ou do ciclo preparatório, mas de todos nós. É muito habitual, por exemplo, em Inglaterra, mesmo os professores universitários reunirem-se para analisar e programar em conjunto os novos currícula. A inexistência disso em Portugal penso que tem penalizado dramaticamente o ensino. Porque para muitos professores e especialmente os do ensino secundário, como não há aquele objectivo de fazer investigação e de uma busca contínua de conhecimento, pode haver uma certa estagnação pessoal. O programa oficial do próprio Ministério é já uma limitação à pessoa, e muitas vezes ela não sabe transmitir o seu entusiasmo. Há uma outra coisa que me choca profundamente na escola, e aqui diria na Universidade — é que, muitas vezes, o aluno, ao fim de um ano, um dos seus grandes objectivos é sair da escola, esquecer-se da escola. Ele acha que a preparação da vida está fora da instituição universitária, e que aquilo é para o diploma.

Quando chegamos ao terceiro ano, a maioria dos alunos diz que quer fazer as disciplinas o mais rapidamente possível porque estão desejosos de sair da escola. Isso deprime-me tremendamente porque tenho um conceito da instituição como a sede do entusiasmo, o impulso do saber, quando é muitas vezes o contrário. Talvez seja necessário haver algumas modificações no tipo de pedagogia que possam estimular mais o aluno.

RC/AG — Consigo, estava bem. Mas não se pode dizer: — Ora, ó meus professores, agora vai ser assim...

AMNS — Bem, eu vi que no caso que já mencionou, por exemplo, o facto de levar para uma aula teórica de Física ou de Química alguma coisa de experimental modifica tremendamente o conceito pedagógico que nós temos. A pessoa experimenta um deslumbramento que é diferente do que podemos ter em face duma teoria. Embora, também, penso que há uma grande penalização devido ao facto da pessoa assimilar muito facilmente a teoria — mesmo não a entendendo.

RC/AG — Sim. Estimular é saber tirar proveito das coisas, saber encantar, digamos, pôr as coisas em relevo, mesmo as coisas insignificantes. Por exemplo, eu pego numa pedra, ou um objecto qualquer, e suponhamos que estou numa aula com os alunos e vou pôr a situação de largar a pedra e ver o que vai acontecer. Bem, toda a gente sabe como é. «Mas já pensaste nisso? Porque é que isto não há-de ir para cima, ou para o lado? Enfim, não poderia ser de outra maneira? Suponhamos que toda a gente largava a pedra e a pedra ia para a direita. Se fosse assim, vocês admiravam-se? Bem, era belíssimo, era tão natural que dizíamos: — Porque não poderia ser doutra maneira. Não poderia ser doutro modo? Isto é uma fatalidade». Enfim, andar à volta daquela coisa. E não dizer assim: «Ora, meninos, os corpos caem para a terra». Há uma diferença que é abissal, não é? E as pessoas nunca tinham reparado: estas coisas vão animando a pessoa e inclinando-a a pensar. E tornar pensáveis as coisas habituais que não se pensam. Sujeitar tudo à nossa apreciação, ver tudo o que há de estranho na realidade, nesta nossa realidade, mesmo na hipótese das coisas não serem assim e serem doutro modo, noutros mundos, noutras situações. Enfim, no fundo, é o sentimento da precariedade das coisas todas. Pode ser até prejudicial instaurar no espírito das crianças e dos adolescentes este sentimento da efemeridade das coisas. Mas isto para mim é fundamental. Parece-me que a consciência de que tudo é precário e efémero anula muitos vícios humanos. E tornámo-nos [por isso] mais amigos uns dos outros. Isso é fundamental. E cada vez mais estamos desviados disso.

O CONCEITO FÍSICO DE MASSA

I. INTRODUÇÃO HISTÓRICA

JORGE VALADARES

Universidade Aberta, Palácio Seia, 1300 Lisboa

Este é o primeiro de dois artigos acerca do conceito de massa. Pretende-se, com eles, alertar os professores para a necessidade de alterar algumas concepções tradicionais acerca do conceito de massa, defendendo a ideia de que apenas a massa em repouso deve ser considerada medida da inércia. Distingue-se massa em repouso e massa própria, em que apenas esta deverá ter o estatuto de propriedade das partículas, e também se procura clarificar o significado de massa de um sistema. Partindo de considerações históricas, no primeiro artigo, e através de novos significados conceptuais, no segundo artigo, advoga-se a abolição do conceito histórico de massa relativista e das ideias de que a massa se converte em energia e vice-versa.

1. Evolução do conceito antes de Einstein

Desde a antiguidade que a palavra massa representa vulgarmente um pedaço de um material, preferencialmente na forma de pasta. Isaac Newton atribuiu à palavra massa o significado de quantidade de matéria (Newton, 1990, p. 1) definindo a massa de um corpo pelo produto do seu volume pela densidade da substância que o constitui.

Esta definição de massa constitui um ciclo vicioso já que a densidade é ela própria definida a partir da massa. Embora Newton tenha estabelecido de modo claro o conceito de inércia de um corpo e associado este à sua massa, foi Leonhard Euler quem primeiro definiu operacionalmente a *massa*, como medida da inércia de um corpo, através do quociente da força que nele actua pela aceleração resultante:

$$m = F/a \quad (\text{Baierlein, 1991, p. 172}). \quad (1)$$

No quadro conceptual da mecânica newtoniana, esta *massa inercial* de um corpo nada tem que ver com a sua *massa gravitacional*. A primeira destas duas grandezas quantifica a inércia do corpo, isto é, a oposição que ele oferece à mudança da velocidade por acção de forças. Da segunda grandeza depende

proporcionalmente a força exercida por um campo gravitacional no corpo. A primeira mede-se por um processo dinâmico, dividindo uma força aplicada ao corpo pela aceleração nele produzida. A segunda mede-se por um processo estático através do equilíbrio de forças numa balança de pratos.

Na Física newtoniana apareceram diversas massas inerciais, cada uma das quais corresponde a um aspecto diferente que tem a ver com a inércia (Couderc, 1977, p. 92).

Assim, por exemplo, se a força actua num corpo na direcção da velocidade, esta só muda de valor mas não de direcção. A resistência a essa mudança do valor da velocidade é medida pela chamada *massa longitudinal*.

Se a força actuar perpendicularmente à velocidade, apenas faz variar a direcção desta. A resistência a esta mudança de direcção é medida pela *massa transversal*.

É importante realçar-se que todas as medidas que puderem ser efectuadas das diversas massas de um corpo, a baixas velocidades comparadas com a velo-

O conceito de massa antes de Einstein

Idelas Einsteinianas



(1) Para garantir o máximo de homogeneidade de notação, não respeitaremos as letras que os diversos autores citados utilizam para representar as várias grandezas físicas.

cidade da luz, conduziram sempre a um mesmo valor. (2)

O extraordinário poder preditivo da mecânica newtoniana e a sua elevada coerência interna conduziram à convicção na maioria dos físicos do século passado de que a referida mecânica era um edifício praticamente acabado e imune a qualquer crítica. Muito poucos se aperceberam das debilidades dos seus fundamentos. Um dos críticos mais perspicazes dos fundamentos da mecânica newtoniana foi o físico e filósofo neo-positivista austríaco Ernest Mach (1838-1916). Criticando as concepções newtonianas de espaço e tempo absolutos, viria a exercer uma enorme influência no pensamento de Albert Einstein.

Em 1904, Lorentz publicou a versão final e mais completa da sua *Electrodinâmica dos corpos em movimento*. Com esta teoria, pretendeu interpretar os resultados contraditórios de algumas experiências cruciais no quadro conceptual da Física newtoniana, onde se admite a existência do éter luminífero e do referencial absoluto nele apoiado, com a consequente existência do espaço e tempo absolutos. Uma das mais célebres, a experiência interferencial de Michelson, tinha conduzido Lorentz e Fitzgerald a admitirem que *as dimensões dos corpos rígidos se modificam longitudinalmente quando em movimento através do éter*. Nessa última versão da electrodinâmica, Lorentz toma como ponto de partida as equações fundamentais da teoria dos electrões, publicada na *Mathematischen Encyklopadie*, e considera o electrão, no estado de repouso, como uma esfera carregada de raio R , mas deformável, quando em movimento, por acção de forças de interacção com o éter. E alcança a conclusão teórica importante de que *a massa longitudinal e a massa transversal do electrão dependem da sua velocidade* (v), sendo essas dependências traduzidas pelas expressões

$$m_l = k \cdot (e^2/Rc^2) \cdot 1/(1-v^2/c^2)^{3/2}$$

$$m_t = k \cdot (e^2/Rc^2) \cdot 1/(1-v^2/c^2)^{1/2}$$

onde R representa o raio do electrão, e a sua carga, c a velocidade da luz no vácuo e $k = 1/6\pi$ (Lorentz, 1972, pp. 30 e 34).

Nesse mesmo artigo de 1904, Lorentz afirma também que a massa de todas as partículas varia com a velocidade do mesmo modo que o electrão, «desde que se admita que as suas massas são influenciadas por uma translação no mesmo grau em que o são as massas electromagnéticas dos electrões» (1972, p. 38). E admite que, para além das massas transversal e longitudinal dependentes da velocidade, «não existe qualquer massa verdadeira ou material» (1972, p. 30).

Mas é importante afirmar que não foi Lorentz o primeiro físico a propôr a ideia de dependência da massa com a velocidade. Já em 1903 Max Abraham tinha

proposto uma outra teoria que previa dependências da massa com a velocidade diferentes da de Lorentz.

Como, para baixas velocidades, as previsões dos dois físicos só diferem na parcela de ordem $(v/c)^2$, tornava-se experimentalmente difícil resolver o diferendo entre as duas teorias. O próprio Lorentz terminou o seu artigo mostrando que os resultados experimentais então conhecidos coincidiam tão bem com as suas conclusões teóricas como com as de Abraham (3), (1972, pp. 39 a 43).

Para o objectivo que nos propomos neste artigo é importante notarmos que em qualquer das teorias que referimos, e que previam a dependência da massa com a velocidade, a grandeza massa nunca apareceu associada à grandeza energia, isto é, as grandezas *massa e energia eram absolutamente distintas*.

Foi Poincaré, numa comunicação de 1900 intitulada «*A teoria de Lorentz e o princípio da reacção*», quem pela primeira vez caracterizou a energia como «um fluido impregnado de inércia» (Jammer, 1961, p. 175). Tendo em conta a relação maxwelliana entre a quantidade de movimento e a energia de uma pequena porção de luz

$$p = E/c$$

e definindo newtonianamente a quantidade de movimento dessa porção por $p = mc$, Poincaré concluiu que a referida porção de luz deveria possuir a massa inercial

$$m = E/c^2 \quad (\text{Okun, 1989, p. 3}).$$

Que poderemos salientar deste período histórico pré-relativista de que acabamos de dar um pequeno esboço relativo apenas à parte que aqui nos interessa?

Em primeiro lugar, que no quadro conceptual da Física pré-einsteiniana foram surgindo várias massas para traduzir a inércia dos corpos além da massa gravitacional. A equivalência entre essas massas era um facto meramente experimental (ao contrário do que vem a suceder na teoria da relatividade geral com uma identificação essencial entre massa gravitacional e massa inercial). Em 1904, subsistiam na electrodinâmica duas massas inerciais, a massa transversal e a massa longitudinal, com expressões distintas conforme a teoria que estava por trás da sua dedução, e as medições experimentais das mesmas revelavam-se incapazes de confirmar qualquer dessas expressões em detrimento de outras.

Em segundo lugar, que a ideia da existência de massa inercial variável com a velocidade surgiu antes de Einstein com base em teorias que referiam alterações estruturais dos corpos.

(2) Eötvös realizou experiências com precisão 10^{-8} e Dicke atingiu a precisão 10^{-11} .

(3) Esses resultados experimentais, obtidos por Kaufmann, baseavam-se nos desvios sofridos, sob acção de campos eléctricos e magnéticos, pelas radiações emitidas por fontes radioactivas.

E, finalmente, que a legendaria fórmula

$$E = mc^2,$$

que Okun considera «um elemento de cultura de massas» (1989, p. 35), também foi introduzida antes de Einstein com um significado limitativo, e não com o significado que mais tarde Einstein viria a atribuir-lhe e a que nos referiremos na secção seguinte.

2. Evolução das ideias einsteinianas sobre a massa na TRR

Em 1905, Einstein publicou nos *Annalen der Physik* alguns artigos notáveis. Um deles, intitulado «*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*» (Sobre a Electrodinâmica dos corpos em movimento), contém um corpo teórico conhecido como *Teoria da Relatividade Restrita* (TRR) e que veio resolver, de modo brilhante e revolucionário, o conflito conceptual entre o princípio da relatividade, as rigorosas equações de Maxwell e as fórmulas de transformação de Galileu, conflito esse que constituía uma das grandes dificuldades com que se debatia a Física. Dizemos de modo brilhante porque, baseada em dois pressupostos apenas, essa teoria veio explicar de maneira simples os resultados de experiências «rebeldes» no que se refere à física newtoniana (tais como as experiências de Michelson-Morley e de Fizeau) e prever um grande número de resultados que, de então para cá, foram sendo sobejamente confirmados. E de modo revolucionário porque envolveu uma reformulação dos pilares da mecânica, esse maravilhoso «edifício» que nos finais do século passado parecia praticamente definitivo mas que afinal estava bem longe disso...

Na segunda parte (a *parte electrodinâmica*) desse artigo fundamental, mais concretamente no parágrafo 10, intitulado «*dinâmica do electrão (lentamente acelerado)*», Einstein, a determinada altura, procura, cedendo a concepções habituais (o sublinhado é nosso), a «massa longitudinal» e a «massa transversal» do electrão:

Que quererá dizer Einstein com «ceder a concepções habituais»? Julgamos que Einstein cedeu, de facto, a concepções históricas, que têm a ver com a polémica entre teorias rivais (a de Lorentz e a de Abraham) que referiam mais que uma massa inercial, dependente da velocidade, com expressões diferentes para essa dependência. Mas Einstein parece não estar muito convencido da verdadeira fundamentação científica dessas fórmulas de definição já que nunca mais, nesses famosos artigos, ele se refere a elas ou delas tira qualquer consequência, por exemplo, sobre natureza limite da velocidade da luz (à semelhança do que tantas vezes se vê fazer) ⁽⁴⁾ e, mais tarde, viria mesmo a renegar tais fórmulas, conforme veremos.

As expressões que Einstein estabeleceu para as massas longitudinal e transversal, são as seguintes (ver nota da p. 9):

$$m_l = \frac{m}{\left[\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right]^3}$$

$$m_t = \frac{m}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Nestas fórmulas, m é a massa do electrão «enquanto o movimento for lento» (Einstein, 1972, p. 81), isto é, não é mais do que a massa inercial definida na mecânica newtoniana. Note-se que a fórmula da massa transversal nem está correcta. Foi Planck que a apresentou corrigida em 1906 (Adler, 1987, p. 742).

Após a apresentação destas fórmulas, Einstein escreveu: «É claro que se obteriam outros valores para as massas se se empregassem outras definições para a força e para a aceleração».

No mesmo número dos *Annalen der Physik*, Einstein apresenta um outro importante artigo: «*Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig?*» (A inércia de um corpo depende do seu conteúdo energético?). Neste artigo Einstein considera a seguinte experiência conceptual: um corpo em repouso num referencial inercial emite duas ondas luminosas transportando cada uma a energia $E/2$ em sentidos opostos. Dado que as emissões são simétricas, o corpo perde energia mas o seu momento conserva-se, permanecendo, pois, em repouso nesse referencial. Analisando depois a mesma emissão do ponto de vista de um outro referencial inercial que se move com uma velocidade v *qualquer* em relação ao primeiro, Einstein acaba por atingir, com base no princípio da relatividade, a expressão

$$E_{c0} - E_{c1} = E \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right)$$

onde E_{c0} e E_{c1} são as energias cinéticas do corpo com velocidade constante v , respectivamente antes e após a emissão da energia luminosa E . E conclui, que a energia cinética do corpo, no referencial em que se move com a velocidade v , diminui em consequência da emissão da energia luminosa E . Desprezando quantidades de quarta

⁽⁴⁾ Einstein deduz, logo na página seguinte àquela em que apresenta as fórmulas das massas transversal e longitudinal, a expressão da energia cinética do electrão e af, sim, mostra uma vez mais a coerência com a natureza limite da velocidade da luz no vácuo.

ordem e ordens superiores a casa, obtém

$$E_{c0} - E_{c1} = \frac{E}{c^2} \frac{v^2}{2}$$

A termina esse importante artigo escrevendo:

«Se um corpo perder a energia E em forma de radiação, a sua massa sofre a diminuição E/c^2 .

É claro que nada importa ser ou não directa a transformação da energia saída do corpo em energia de radiação, de modo que somos assim conduzidos às seguintes conclusões gerais:

A massa de um corpo é uma medida do seu conteúdo energético; se a energia sofrer uma variação igual a E , a sua massa sofrerá, no mesmo sentido, uma variação igual a $E / 9.10^{20}$ [note-se que no sistema de unidades CGS a velocidade da luz tem o valor 3.10^{10} cm/s].

Não está fora do possível que, em corpos de conteúdo energético altamente variável (por exemplo, os sais de rádio), se venha a encontrar uma prova a que esta teoria se possa sujeitar. Se a teoria corresponder aos factos, então a radiação é um veículo de inércia entre os corpos emissores e os absorventes» (os sublinhados e a referência ao sistema CGS não constam do texto original que aqui se reproduz).

Os aspectos que nos interessa aqui realçar são os seguintes:

1.º — Einstein afirma que *a massa inercial de um corpo varia* não porque varia a sua velocidade mas sim *porque varia a energia que ele contém*.

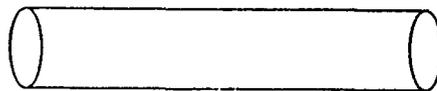
2.º — A relação que Einstein estabelece é uma *relação entre a variação da massa de um corpo, m , tal como é definida na Mecânica newtoniana, e a variação do seu conteúdo de energia*, isto é, da energia que o corpo possui independentemente de ter energia cinética ou não:

$$\Delta m = \Delta E_0/c^2$$

3.º — Einstein relaciona a radiação com a inércia pelo facto de a energia radiante, como qualquer energia fornecida (ou retirada) a um corpo, aumentar (ou diminuir) a massa inercial desse corpo. Mas *não refere* em parte alguma deste artigo *que a radiação tem inércia e muito menos que tem massa*. Sabemos o que se passa quando um corpo emite calor para outro: a energia interna de um aumenta, a energia interna do outro diminui, mas o calor que transita não é energia interna. Porque não aceitar não aceitar algo de análogo quando um corpo emite luz para outro? A massa do corpo emissor diminui, a do corpo receptor aumenta, mas isso não obriga a que a luz seja energia com massa ⁽⁵⁾.

Em 1906, Einstein analisa a célebre experiência conceptual do cilindro oco que emite um «flash» de luz

de uma das suas extremidades e o absorve na outra.



Considerando o momento

$$p = E/c,$$

que a teoria electromagnética já conhecia desde o século passado, e tendo em conta a lei da conservação do momento do sistema *total*, ele chega facilmente à conclusão de que a luz com energia E transfere massa

$$m = E/c^2$$

e daí infere que qualquer energia E *corresponde* à massa E/c^2 .

A palavra *corresponde* não é muito esclarecedora, mas, em coerência com os resultados anteriores, só poderemos concluir desta situação conceptual que a parede que emite a energia E diminui a sua massa de um valor E/c^2 a que recebe a energia E aumenta a sua massa de igual valor.

Em 1916, Einstein escreveu uma obra particularmente destinada a quem, «sem dominar o aparato matemático da Física teórica, tem interesse na teoria do ponto de vista científico e filosófico» (Einstein, 1916, prólogo). No parágrafo 15 da primeira parte dessa obra, dedicada à teoria da relatividade restrita (a segunda parte diz respeito à teoria da relatividade geral), Einstein apresenta os resultados gerais da teoria. E afirma que «o resultado mais importante de índole geral a que conduz a teoria de relatividade especial diz respeito ao conceito de massa» (p. 43). E um pouco mais adiante (p. 45) escreve: «Cabe portanto dizer: se um corpo absorve a energia E_0 , a sua massa inercial cresce de E_0/c^2 ; a massa inercial de um corpo não é uma constante mas sim variável segundo a modificação da sua energia. A massa inercial de um sistema de corpos deve ser encarada precisamente como uma medida da sua energia. O postulado da conservação da massa de um sistema coincide com o da conservação da energia e só é válido na medida em que o sistema não absorve nem emite energia» (os sublinhados, mais uma vez, são nossos).

Em todo este estudo está a considerar um sistema de coordenadas solidário com o corpo, conforme refere em notas de rodapé. Torna-se pois evidente que não está a considerar outra massa que não seja a *massa newtoniana*, aquela que os corpos possuem quando em repouso, que

(5) A demonstração que Einstein apresentou para a equivalência entre a massa de um corpo e o seu conteúdo energético tem sido apelidada de falaciosa por diversos físicos. John Stachel e Roberto Torretti mostram que tal não é verdade (remetemos o leitor interessado nesta questão para o artigo destes dois físicos referido na bibliografia).

resulta da equivalência entre massa inercial e massa gravítica (acidental na mecânica newtoniana, e fundamental na relatividade geral) e que tanto se pode medir em repouso, com a balança, como em movimento lento, pelo quociente entre a força aplicada e a aceleração produzida. Além disso, Einstein destaca nitidamente a massa da energia exterior aos corpos, associando-a sempre à energia neles contida, E_0 . Realçemos acima de tudo o facto de ele também não se referir neste livro de índole didáctica à variação da massa com a velocidade.

Mas é na sua última fase de vida que a posição de Einstein acerca da massa se torna ainda mais explícita. Assim, por exemplo, numa carta a Lincoln Barnett declara o seguinte: «Não é bom introduzir-se o conceito de massa

$$M = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

de um corpo em movimento para o qual nenhuma definição clara pode ser dada. É melhor não introduzir outro conceito de massa a não ser o de massa em repouso m . Em vez de introduzir M é melhor mencionar a expressão para o momento e energia de um corpo em movimento» (Okun, 1989, p. 32 e Adler, 1981, p. 742).

Um dos mais notáveis livros que Einstein escreveu e que esgotou várias edições e imensas reimpressões intitula-se *O Significado da Relatividade*. A sua 5.ª edição constitui, no dizer do Prof. Mário Silva, que a traduziu para a língua portuguesa, «a derradeira mensagem que Einstein dirigiu, ainda em pleno vigor da sua capacidade intelectual» (introdução à edição portuguesa). Na página 57, Einstein trata do tema massa, numa secção que intitula *Massa e energia*. Trabalhando no espaço de Minkowski, portanto a quatro dimensões, e num sistema de unidades em que $c = 1$, Einstein deduz as componentes do tensor momento-energia

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{mv_x}{\sqrt{1 - v^2}} & I_y &= \frac{mv_y}{\sqrt{1 - v^2}} \\ I_z &= \frac{mv_z}{\sqrt{1 - v^2}} & E &= \frac{m}{\sqrt{1 - v^2}} \end{aligned}$$

em que v é a velocidade. E faz, a seguir, duas observações:

— que estas componentes da quantidade de movimento coincidem com as da mecânica clássica para velocidades pequenas quando comparadas com a da luz;

— que considerando uma partícula em repouso ($v = 0$) vemos que a energia E_0 de um corpo em repouso é igual à sua massa.

E prossegue: «Se tivéssemos escolhido o segundo como a nossa unidade de tempo teríamos obtido

$$E_0 = mc^2$$

Massa e energia são portanto essencialmente idênticas; elas são apenas expressões diferentes da mesma entidade. A massa de um corpo não é uma constante; varia com as variações da sua energia».

Importa realçar que Einstein:

1.º — associa a massa ao conteúdo energético das partículas quando em repouso, escrevendo

$$E_0 = mc^2 \quad \text{e não} \quad E = mc^2;$$

2.º — refere uma vez a *variação de massa com a energia* e não com a velocidade.

Julgamos poder concluir que a ideia mais importante e perene que Einstein estabeleceu acerca da *massa* é a de que esta grandeza constitui uma *propriedade do corpo que é essencialmente idêntica à energia que ele contém* e que mede a sua inércia. A ideia de que a massa depende da velocidade apareceu em Einstein como um resquício histórico de que mais tarde se libertou.

Se a massa de um corpo é uma propriedade do corpo que mede a sua inércia e equivale ao conteúdo de energia que contém, poderá ela ser outra que não a massa em repouso (ou, se preferirmos, a massa quando a velocidade é do domínio newtoniano)? Julgamos que não e esforçar-nos-emos por fundamentá-lo de outro modo no artigo seguinte. Mas antes vamos referir, sucintamente, algumas ideias pós-relativistas de outros físicos acerca da massa.

Como tantas vezes tem sucedido na história da ciência, outros físicos são muito mais responsáveis que Einstein por determinadas ideias «einsteinianas». Entre estas conta-se a de que a massa aumenta com a velocidade.

Em 1912, Tolman não hesitou em adoptar a definição clássica de momento $p = mv$ ao domínio relativista e, assim, foi conduzido à expressão

$$M = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

O mesmo fez Pauli em 1921, quando ainda era um brilhante estudante de 21 anos de idade, com a agravante de este seu trabalho ter sido dos mais utilizados por muitos físicos devido à reputação do autor.

Os grandes físicos soviéticos Landau e Lifshitz, na importante obra *Teoria Clássica dos Campos*, aboliram completamente a noção de massa relativista tão divulgada em muitas obras desde sempre e, segundo Okun, teriam

sido pioneiros nessa sua atitude (1989, p. 35). De então para cá, muitos livros, principalmente os que fazem abordagens mais formais baseadas na geometria espaço-temporal, aboliram totalmente a massa relativista ou massa dependente da velocidade. E os mais recentes cursos que temos consultado, mesmo a níveis introdutórios, ou não falam dela ou referem-na apenas para a criticar.

Os físicos de altas energias que mais poderiam trabalhar com a massa relativista não o fazem. É caso para dizer-se que para eles «massa só há uma: a massa em repouso e mais nenhuma».

Na opinião de Baierlein, a decisão de escolher a definição de massa e , portanto, de adoptar ou não a massa relativista, é uma questão semântica (1989, p. 172). Na opinião de R. Resnick e D. Halliday é uma questão de gosto (1985, p. 98). Também A. French o considera uma questão de preferência (1988, p. 25). Em nossa opinião não é apenas uma questão de gosto ou semântica ainda que reconheçamos que alguns bons livros, e não muito antigos, abordam a TRR explorando a massa relativista (a última versão do livro de Resnick e Halliday sobre a Física relativista e Física quântica, que indicamos em referência, é disso um bom exemplo). A massa relativista é, quanto a nós, uma interpretação inaceitável, uma «misconception», conforme tentaremos fundamentar por outra via no próximo artigo.

3. Síntese final

Recorremos a alguns apontamentos da história das ideias relativistas para tentar mostrar como a ideia de massa relativista é muito menos consistente do ponto de vista histórico do que se poderá julgar. Vimos como o conceito de massa dependente da velocidade apareceu, antes de Einstein, interligado com outros conceitos hoje inaceitáveis, como seja, por exemplo, o de os corpos serem deformáveis dinamicamente por acção de forças quando se movem a altas velocidades. Vimos como Einstein só introduziu o conceito de massa dependente da velocidade por razões que julgamos serem apenas históricas, já que não mais explorou esse conceito, e veio mais tarde a renegá-lo. Num segundo artigo apresentaremos outro tipo de argumentos a favor da eliminação da massa relativista e de outras concepções relativistas.

Agradecimentos

Desejo manifestar a minha gratidão aos Professores Armando Rocha Trindade, Carlos Fiolhais, Helena Caldeira, Luís Silva e Teresa Gonçalves pelas críticas e sugestões a estes dois artigos sobre o conceito de massa.

BIBLIOGRAFIA

1 — Livros em português

- BROTAS, A. — *O essencial sobre a teoria da relatividade*, INCM, Lisboa, 1988.
- COUDERC, P.; PERRIN, F. — *A relatividade*, Edições 70, Lisboa, 1984.
- CUNY, H. — *Albert Einstein e a relatividade*, Ulisseia, Lisboa, 1965.
- EINSTEIN, A. — *O significado da relatividade*, Arménio Amado, Coimbra, 1958.
- INFELD, L. — *Albert Einstein*, Europa- América, Lisboa, s/d.
- KUZNETSOV, B. — *Albert Einstein*, 2 vol., Presença, Lisboa, s/d.
- LANDAU, L.; RUMER, Y. — *O que é a relatividade?*, Portugalia, Lisboa, 1965.
- PAIS, A. — *Subtil é o Senhor — Vida e pensamento de Albert Einstein*, Gradiva, Lisboa, 1993.
- RESNICK, R. — *Introdução à relatividade especial*, Univers. S. Paulo, 1971.
- SILVESTRINI, V. — *Introdução à teoria da relatividade*, Notícias, Lisboa, s/d.
- STANNARD, R. — *O tempo e o espaço do tio Alberto*, Edições 70, Lisboa, 1991.
- TEXTOS FUNDAMENTAIS DA FÍSICA MODERNA, 1 volume — *O PRINCÍPIO DA RELATIVIDADE*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1972.

2 — Livros estrangeiros

- COUDERC, P. — *La relativité*, P.U.F., 16.^a ed., 1977.
- EINSTEIN, A. — *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*, Alianza, Madrid, 1984.
- EINSTEIN, A. — *Notas autobiográficas*, Alianza, Madrid, 1984.
- FRENCH, A. — *Relatividad especial- Mit Physics Course*. Reverté, Barcelona, 1988.
- JAMMER, M. — *Concepts of mass*, Harvard University Press, Cambridge-Massachusetts, 1961.
- LA TEORIA DE LA RELATIVIDAD, Selection de L. Pearce Williams, Alianza, Madrid, 1984.
- NOVAK, J.; GOWIN, D. — *Learning how to learn*, Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D. — *Basic concepts un relativity and early quantum theory*, 2.^a edição, John Wiley, New York, 1985.
- RON, J. — *El origen y desarrollo de la relatividad*, Alianza, Madrid, 1983.
- THE PRINCIPLE OF RELATIVITY, a collection of original papers on the special and general theory of relativity, New York, s/d.

3 — Comunicações científicas

- ALDER, C. — *Does mass really depend on velocity, dad?*, Am. J. Phys. 55 (8), August 1987.
- ALCAINE, G. — *Sobre masa y energia*, Revista Española de Física, 3, 1, 1989.
- BAIERLEIN, R. — *Teaching $E = mc^2$* , The Physics Teacher, March 1991.
- OKUN, L. — *The concept of mass*, Physics Today, June 1989.
- ROHRLICH, F. — *An elementary derivation of $E = mc^2$* , Am. J. Phys. 58 (4), April 1990.
- STACHEL, J., TORRETTI, R. — *Einstein's first derivation of mass-energy equivalence*, Am. J. Phys. 50 (8), August 1982.

LABORATÓRIO DIDÁCTICO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

ANTÓNIO MOREIRA GONÇALVES

Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Edifício C1, 4.º Piso - Campo Grande 1700 LISBOA

O desenvolvimento da Física nas últimas décadas tem acompanhado de perto a evolução dos computadores, quer contribuindo para o desenvolvimento destes, quer tirando partido das imensas capacidades que os mesmos oferecem. Deste modo, os computadores contribuem activamente para o processo de ensino, nomeadamente, na sua vertente experimental. Neste trabalho, abordamos as potencialidades do laboratório didáctico assistido por computador, em especial na aquisição de dados e interpretação gráfica de resultados. São considerados dois tipos de variáveis (digitais e analógicas) e descrevem-se, a título de exemplo, aplicações em mecânica, termologia e electromagnetismo. As potencialidades no ensino são ilustradas com a dedução das leis experimentais do movimento pendular assim como das leis de Faraday e de Lenz do electromagnetismo.

1. Introdução

O desenvolvimento da Física nas últimas décadas, independentemente da natureza teórica ou experimental dos estudos realizados, tem-se apoiado na utilização em larga escala de computadores. De facto, estes têm permitido aos teóricos interpretar os fenómenos físicos através de modelos matemáticos, anteriormente proibidos pelo enorme volume de cálculo numérico necessário, e possibilitado aos experimentalistas a concepção de experiências sofisticadas, envolvendo controlo de variáveis durante longos períodos de tempo. O controlo simultâneo dos diversos instrumentos de medida, a aquisição directa de dados e o tratamento imediato dos mesmos, com a consequente extracção de informação mais ampla e mais precisa, vieram pôr em relevo novos fenómenos, desafiando os teóricos para o desenvolvimento de novos modelos. Nesta dialéctica se faz a evolução do conhecimento puro e o desenvolvimento de novas tecnologias. Por exemplo, as novas descobertas em Física, relacionadas com a preparação e caracterização de

novos materiais, têm proporcionado o desenvolvimento de sucessivas gerações de computadores, cada vez menores, mais velozes e com maior capacidade gráfica e de cálculo. Abrem-se assim novas possibilidades para o desenvolvimento da Física Teórica e Experimental. O desenvolvimento paralelo da Física e das Ciências da Computação tem sido nas últimas duas décadas um traço característico na evolução do conhecimento científico e na produção da tecnologia. A conjugação dos conhecimentos destas duas ciências permitiu abrir novas áreas de desenvolvimento interdisciplinar e, muito particularmente, de técnicas instrumentais assistidas por computador (veja-se o caso das aplicações em Medicina).

Diversos autores, por exemplo GONÇALVES (1985), THORNTON (1988) e MACKENZIE (1988), têm feito notar que todo este desenvolvimento das ciências da computação e da tecnologia associada não pode deixar de ter reflexo no modo como se ensina a Física. Mais recentemente, REDISH e WILSON (1989) assinalaram mesmo alterações na natureza do que se ensina em Física. Nos

**Instrumentos
assistidos por
computador**

**Detector de passagem
de objectos**

Radar ultra-sónico

F.e.m. e lei de Lenz

**Medição de
temperatura**

**Osciloscópio com
memória**

nossos dias, já não é possível preparar físicos teóricos sem que estes saibam resolver problemas numéricos por recurso ao cálculo automático, ou físicos experimentais que desconheçam os princípios da instrumentação assistida por computador. Mas teremos igualmente de questionar os currícula em Física, e incluir novas questões (como sejam os problemas do caos estudados pela geometria fractal) assim como reequacionar a abordagem de velhos problemas, explorando as possibilidades que o computador oferece em todo o processo de ensino.

Neste trabalho abordamos a transformação dos instrumentos de medida utilizados no laboratório didáctico, que permitam o acesso à observação precisa de fenómenos que de outro modo seria impossível de alcançar. Não nos detemos nas particularidades dos processos de medida que a utilização de um computador implica, envolvendo conhecimentos particulares de electrónica ou de programação. Apenas estamos interessados nos fenómenos físicos utilizados na detecção de eventos, na natureza destes, assim como na interpretação física dos resultados obtidos. Os exemplos que ilustram a exposição são escolhidos de entre experiências que visam a observação de leis experimentais. Embora algumas sejam clássicas, a introdução do computador permite a revelação de particularidades importantes, com precisão, e sem necessidade de longos e penosos esforços de preparação das experiências. Deste modo procura-se mostrar como o computador, auxiliando no processo de aquisição de dados e na representação dos resultados, pode ser utilizado, quer pelo professor, em aula magistral, quer directamente pelos alunos, em aulas de laboratório.

2. Instrumentos assistidos por computador

Começamos por caracterizar as situações em que o recurso a um computador, no processo de aquisição de dados, é particularmente útil, ou mesmo indispensável. Tal ocorre quando se torna necessário:

- a) registar acontecimentos em função do tempo, sendo esta grandeza crítica para a precisão final dos resultados;
- b) representar gráfica e imediatamente os dados adquiridos;
- c) interpretar um grande volume de dados;
- d) controlar a aquisição de dados em função de outras grandezas.

Esta caracterização, ainda que genérica, é válida para qualquer tipo de laboratório, e nomeadamente no ambiente do laboratório didáctico que pretendemos abordar.

3. Grandezas digitais e estudos de cinemática

3.1. O detector de passagem de objectos

A aplicação didáctica mais simples do computador em laboratório consiste no registo dos instantes em que ocorre a passagem de um objecto em determinados pontos da trajectória (MELO *et al.* (1987)). Esta passagem pode ser assinalada pela interrupção de um feixe de luz. Um detector apropriado, sensível à radiação (fotodetector), produzirá um sinal eléctrico por cada passagem de um objecto na sua frente (evento). Este sinal eléctrico, uma vez devidamente tratado por processos electrónicos, caracterizar-se-á pelas duas transições de nível que correspondem à passagem da situação de iluminado para não iluminado, e inversamente (ver fig. 1). O computador é aqui utilizado para detectar e registar os tempos em que ocorrem estas transições.

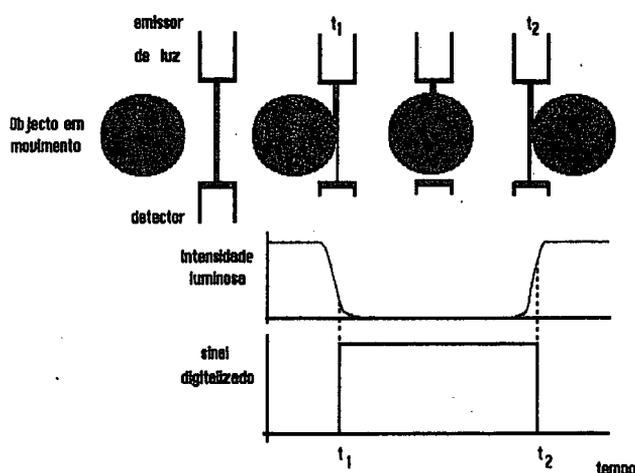


Fig. 1 — Esquema de funcionamento do detector de passagem de objectos. Representa-se o sinal tal como é obtido através do sensor de luz, e após tratamento pelo circuito condicionador apropriado (digitalizador).

Colocando detectores em posições pré-determinadas, e registando os instantes em que ocorre a interrupção da iluminação do detector, ficamos a conhecer o tempo que o objecto leva a percorrer os espaços entre esses detectores. Por outro lado, o conhecimento da dimensão do objecto e do tempo durante o qual se verificou a interrupção do feixe luminoso permite avaliar a velocidade de deslocamento no ponto da trajectória em que aquele cruzou o feixe luminoso. Se o objecto tiver uma forma que interrompa o feixe de luz duas vezes em cada passagem, a aceleração instantânea poderá igualmente ser avaliada.

Em condições normais de observação experimental, os intervalos de tempo envolvidos poderão ser da ordem

de, ou mesmo inferiores, ao milissegundo. Qualquer erro de estimativa nos instantes em que ocorrem os eventos, assim como quanto à duração dos mesmos, produzirá erros finais tão grandes que impedirão a interpretação dos resultados. Nestas circunstâncias torna-se conveniente a introdução de um computador dotado de uma interface de comunicação com o meio exterior que permita detectar a ocorrência de sinais eléctricos gerados pelos fotodetectores, e que assinalam a presença ou ausência de feixe de luz. Esta interface diz-se digital, por apenas dar conta da transição de nível, ou seja, responder a informação que pode ser representada por um único dígito (0 ou 1). Um programa apropriado permite registar o instante e a natureza da transição de sinal ocorrida. Estes dados primários são depois facilmente traduzidos nos dados secundários: tempo decorrido, velocidade e aceleração. Introduzindo os espaços percorridos para cada instante (posição dos detectores) pode-se elaborar os gráficos de variação das diversas grandezas cinemáticas ao longo do tempo.

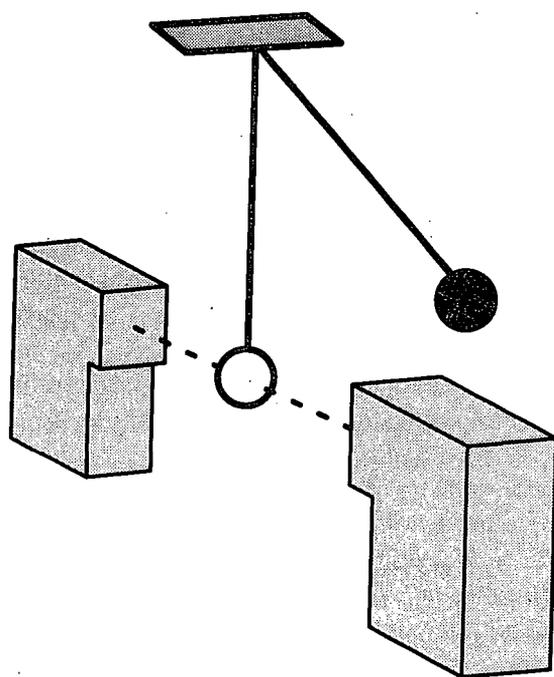


Fig. 2 — Esquema de montagem de um detector de passagem de objectos para estudo do período de oscilação de um pêndulo simples.

Como exemplo ilustrativo consideremos um pêndulo simples, em que a detecção é efectuada na posição de repouso, como se representa na fig. 2 (MELO *et al.* (1987)). O período de oscilação é determinado pelos tempos decorridos entre cada três passagens consecutivas pelo detector. Por outro lado, conhecida a dimensão da

parte do pêndulo que provoca a interrupção do feixe de luz, é possível avaliar a velocidade de passagem do pêndulo naquela posição. Na fig. 3 podemos analisar os gráficos da variação no tempo do período de oscilação e da velocidade de passagem, obtidos para uma situação em que o pêndulo oscila segundo um ângulo de abertura

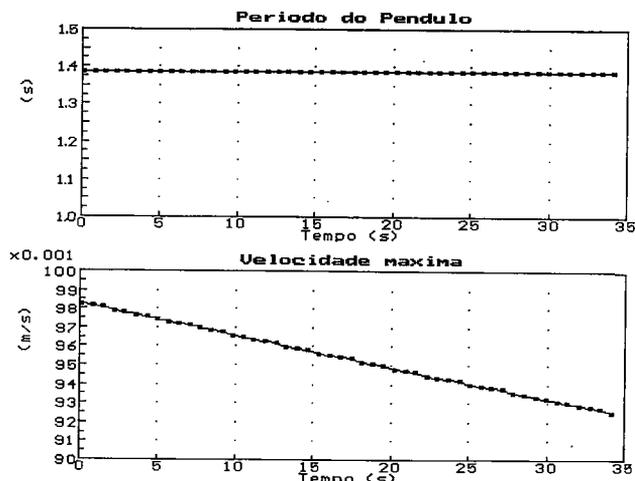


Fig. 3 — Gráficos referentes a um pêndulo simples da variação do período de oscilação e da velocidade máxima (medida na passagem pelo detector).

pequena. Facilmente se verifica que a velocidade de passagem vai decrescendo. Este último facto põe em evidência a progressiva diminuição da energia cinética máxima (ou da energia potencial máxima), o que mostra que o ângulo de oscilação vai diminuindo no tempo. Mas, em simultâneo, verifica-se que o período não varia ao longo do tempo, o que mostra que as pequenas oscilações são isócronas. Tais conclusões são praticamente impossíveis de observar utilizando o clássico cronómetro manual.

O método experimental descrito permite uma grande diversidade de experiências de mecânica, utilizando meios elementares, conduzindo sempre à determinação de grandezas cinemáticas com apreciáveis precisão. Tais experiências tanto podem usar montagens clássicas, tal como a máquina de Atwood referida por COLLINGS e GREENSLADE (1989), como basear-se em equipamento existente, caso das calhas e mesas de ar usadas por MELO (1986) e PEREIRA e QUICK (1988). Do mesmo modo possibilita a concepção de instrumentos novos, como os desenvolvidos por MELO (1986), destinados ao estudo do movimento de rotação e do efeito da ressonância mecânica. Além disso, como referido por PEARCE (1988), existem múltiplas configurações de montagem, de acordo com os diferentes tipos de detectores existentes no mercado.

Um dos aspectos mais interessantes deste instrumento de medida é o facto de não ser necessário conhecer os promenores do processo de aquisição dos dados, para se poder interpretar os resultados. Tanto ao professor como ao aluno é apenas necessário apreender a natureza dos fenómenos envolvidos na aquisição dos tempos. Este facto permite que o instrumento possa ser usado a nível elementar. Além disso, e na generalidade, as montagens podem mesmo ser facilmente utilizadas pelo professor durante uma aula de exposição.

3.2. Radar ultra-sónico

Como os fotodetectores funcionam como detectores de passagem de objectos, a sua utilização obriga a que a trajectória em estudo seja conhecida previamente. Se tal não acontecer, é necessário utilizar um outro tipo de sensor, que assinala a posição do objecto, idêntico aos utilizados nas câmaras fotográficas de focagem automática (radar ultra-sónico) (PEARCE (1988)). O método consiste em enviar um sinal de ultra-sons, e detectar o respectivo eco. Uma vez conhecida a velocidade do som, é possível determinar a distância do objecto ao detector (ver fig. 4). Realizando diversas medições em intervalos de tempo idênticos, podemos derivar as diversas grandezas cinemáticas relevantes.

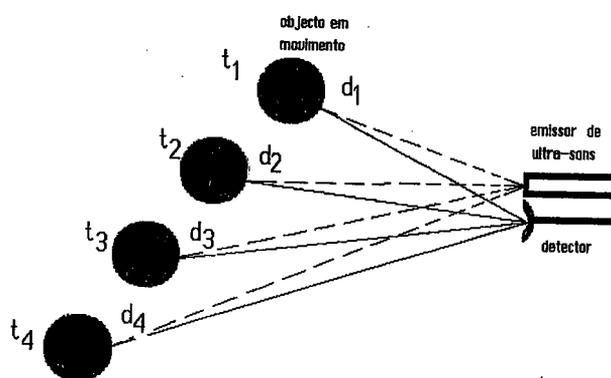


Fig. 4 — Esquema de funcionamento de um detector de posição de objectos (radar ultra-sónico). As distâncias ao detector são medidas em função do tempo decorrido entre a emissão de um sinal e a recepção do eco correspondente.

4. Grandezas analógicas

A utilização dos dois sensores referidos nos parágrafos anteriores, para estudos de cinemática, apenas exige que o computador possua uma interface de

comunicação com linhas de entrada do tipo digital. Se o fenómeno a estudar tiver uma variação contínua (grandeza analógica), a interface é necessariamente diferente, e baseia-se num circuito de electrónica que converte os sinais analógicos, com uma dada amplitude, num número inteiro entre 0 e uma potência n inteira de 2 (ver fig. 5). Este circuito é normalmente conhecido como

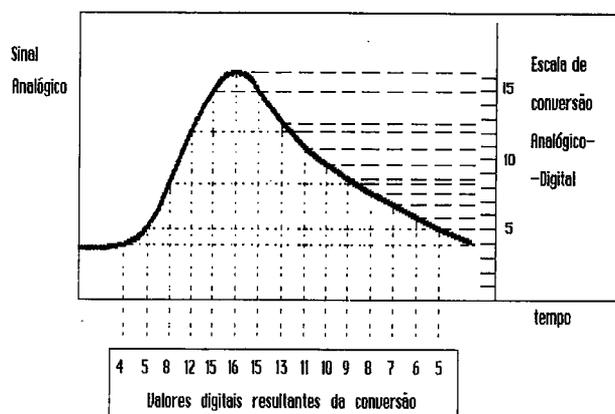


Fig. 5 — Esquema de funcionamento de um conversor analógico-digital. A amostragem é igualmente espaçada no tempo, e a escala discreta (digital) representada tem pelo menos 16 níveis distintos.

Conversor Analógico-Digital (ADC), sendo n a resolução do mesmo (em bits). Os valores mais comuns de n são 8, 10 ou 12. As interfaces de computador que integram tais circuitos (interfaces analógicas) admitem normalmente, como entrada, sinais em tensão entre 0 e 5 V ou entre -5 e 5 V.

Para que possamos medir o valor de grandezas físicas como a temperatura ou a pressão, é necessário dispor de sensores apropriados. Estes baseiam-se na variação de uma das características do sensor com a grandeza a medir. Por exemplo, um fio metálico pode ser considerado um sensor de temperatura, já que a sua resistência varia com a temperatura. Como as interfaces analógicas disponíveis medem tensões eléctricas, é necessário dispor de circuitos condicionadores que permitam transformar o sinal primário do sensor num sinal apropriado à interface, ou seja, efectuem o acoplamento entre esta e o sensor utilizado.

Vamos ilustrar o uso de uma interface analógica em duas situações distintas. na primeira medindo directamente tensões e na segunda usando um sensor de temperatura e um circuito condicionador apropriado. Do mesmo modo se medem outras grandezas analógicas através da mesma interface, uma vez encontrados os sensores apropriados (ver por exemplo PRIEST e SNIDER (1987)).

4.1. Forças electromotrizes induzidas e a lei de Lenz

Consideremos uma bobine com um pequeno diâmetro (2 cm) e elevado número de espiras (500). Se dentro dela deslocarmos um íman, sabemos que nos seus terminais se pode medir uma tensão, proveniente da força electromotriz induzida pela variação do fluxo magnético que atravessa a bobina. A avaliação dessa força electromotriz é habitualmente feita através de um galvanómetro com escala de zero ao centro. O aluno é solicitado a observar o deslocamento da agulha num e noutro sentido da escala. No entanto, uma interface analógica pode ser utilizada em vez do galvanómetro, registando-se no computador a variação da tensão no tempo.

Consideremos um dispositivo experimental em que várias dessas bobinas se encontram ligadas em série, e montadas em torno de um tubo. Esta montagem foi inicialmente descrita por FOX *et al.* (1988) para estudo da queda de graves. Com efeito, se pelo interior do tubo, colocado na vertical, deixarmos cair um pequeno íman, nos terminais do conjunto das diversas bobinas registam-se, ao longo do tempo, vários sinais, conforme o íman vai atravessando ao longo da queda, cada uma das bobinas. Na montagem por nós efectuada o início da medida é determinado pela leitura da situação de fecho de um pequeno relé magnético, situado na secção inicial do tubo. Quando o íman se afasta, o relé fecha o circuito, o que provoca uma transição de nível, e conseqüentemente um sinal que pode ser lido na interface digital do computador, permitindo o início da medida da f.e.m. nos terminais do conjunto das bobinas. A sincronização não é no entanto perfeita, isto é, o relé fecha alguns milissegundos após o íman iniciar a queda.

A montagem encontra-se esquematizada na fig. 6, e consiste fundamentalmente em 6 bobinas de 500 espiras

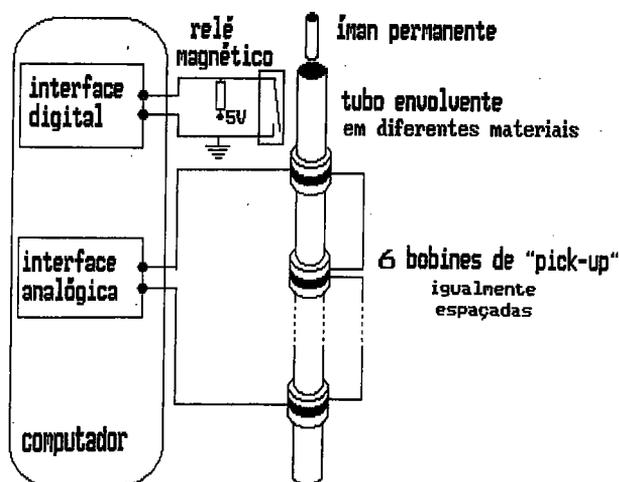


Fig. 6 — Esquema de montagem utilizado para estudo da lei de Lenz.

igualmente espaçadas ao longo do tubo de queda. O resultado obtido com um tubo envolvente de vidro vem na fig. 7. Observam-se 6 sinais (tantos quantas as bobinas montadas) com uma componente positiva seguida de uma componente negativa. Os nodos ocorrem em intervalos de tempo que variam na razão inversa do quadrado do tempo, e a amplitude dos sinais cresce linearmente com o tempo.

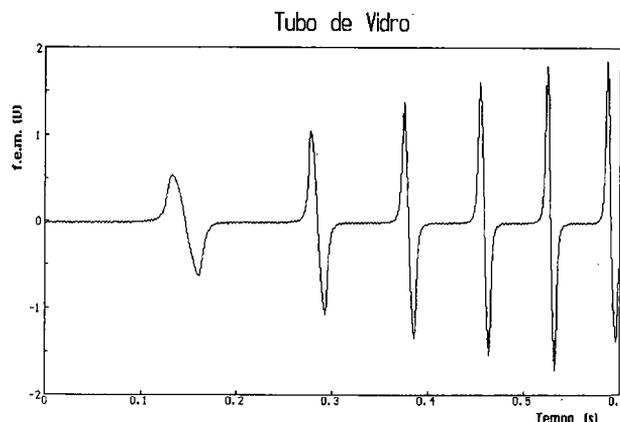


Fig. 7 — Resultado obtido da Fig. 6, utilizando um tubo envolvente de vidro. A parte negativa do sinal que corresponde à última bobina apresenta-se distorcida, provavelmente devido a perturbação na queda do íman à saída do tubo.

Sabemos da cinemática que quando um corpo cai livremente, espaços iguais são percorridos em intervalos de tempo que variam na razão inversa do quadrado do tempo. É esta situação que se verifica no gráfico da fig. 7, pelo que podemos concluir que o íman cai livremente no interior do tubo, apenas sujeito à acção da gravidade. Por outro lado, sabemos igualmente da cinemática que a velocidade cresce linearmente com o tempo. Ora, e ainda pela análise da fig. 7, se pode concluir que a amplitude máxima da f.e.m. induzida é proporcional à velocidade de passagem do íman. A forma do sinal produzido mostra também que o sinal da f.e.m. induzida é função da direcção do campo magnético do íman: positivo quando este se aproxima e negativo quando se afasta. Para testar esta hipótese basta efectuar a mesma experiência invertendo a posição do íman: a figura obtida é simétrica da anterior.

Se substituirmos o tubo de vidro onde se encontram montadas as bobinas por um outro com as mesmas dimensões mas de cobre, o resultado obtido (fig. 8), poderá ser considerado surpreendente. Os sinais são agora idênticos em amplitude e igualmente espaçados no tempo. Isto mostra que o íman não cai livremente dentro do tubo de cobre. Após os instantes iniciais da queda, desloca-se a velocidade constante (velocidade limite), tal como ocorre com um paraquedista. Esta experiência mostra que se

desenvolvem correntes induzidas no tubo de cobre, e que estas produzem um campo magnético de sinal contrário ao do íman. Alterando o material do tubo obterem os gráficos com comportamento intermédio entre os das figs. 7 e 8, e poderemos obter novas conclusões (GONÇALVES e MELO (1990)).

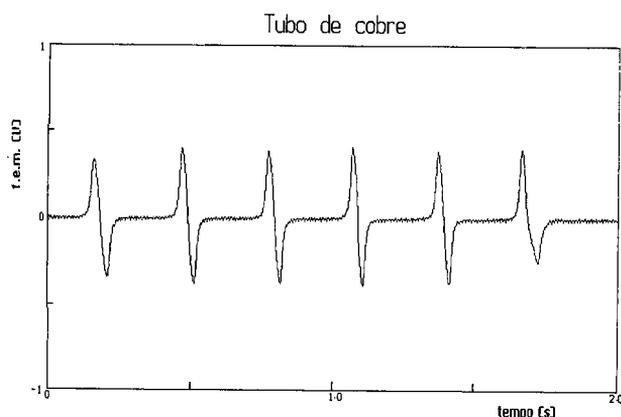


Fig. 8 — Resultado obtido em condições idênticas às da fig. 6, mas utilizando um tubo envolvente de cobre. Note-se que as escalas utilizadas são diferentes das da figura anterior.

A montagem utilizada neste trabalho põe em relevo que os conhecimentos num dado domínio permitem conceber instrumentos para observação de fenómenos noutra domínio. Neste caso, é a cinemática da queda de graves que permite observar fenómenos no domínio do electromagnetismo. Mais uma vez não é necessário conhecer os pormenores do processo de medida, mas tão somente entender os fenómenos físicos envolvidos para que os resultados permitam deduzir leis experimentais da Física.

4.2. Medição de temperaturas

Consideremos agora a medição de uma temperatura. Como se disse, os sensores a utilizar baseiam-se em grandezas físicas que variam de modo conhecido com a temperatura (ver por exemplo PRIEST e SNIDER (1987) ou COLLINGS e GREENSLADE (1988)). Se utilizarmos uma resistência, a queda de tensão aos terminais desta, quando ligada a uma fonte de corrente constante, varia com a temperatura. O sensor por nós utilizado baseia-se num circuito integrado (LM 335), e o condicionador de sinal produz um sinal em tensão entre 0 e 2,5 V. A calibração do conjunto é efectuada de forma 0 V correspondam a 0°C, e 2,5 V a 100°C (MARQUES e GONÇALVES (1990)).

Tal como na medição directa de uma tensão, é possível o registo do valor da temperatura em sucessivos instantes, e a conseqüente representação gráfica da variação obtida. Começando por mergulhar o sensor em água tédida iniciou-se o registo da temperatura, passando em seguida o sensor para água quente. A temperatura foi registada durante 10 s. O resultado obtido encontra-se na fig. 9. Entre os dois valores extremos do gráfico, que correspondem às temperaturas das águas tédida e quente (que de acordo com a calibração do sensor efectuada previamente, são respectivamente de 26°C e 65°C), a resposta do sensor variou continuamente de modo exponencial.

Este exemplo ilustra outra das facetas dos processos de medida. Em primeiro lugar, é necessário saber se o conjunto sensor mais circuito condicionador de sinal tem uma resposta linear, e se encontra calibrado; em segundo lugar todo o sensor tem um tempo de resposta finito. No exemplo utilizado é necessário ter a certeza que o sensor é linear e está bem calibrado, para que as temperaturas medidas sejam de facto correctas. Por outro lado, o sensor utilizado tem uma constante de tempo da ordem da dezena de segundos, pelo que não poderemos medir variações de temperatura que ocorram em intervalos de tempo mais curtos que este.

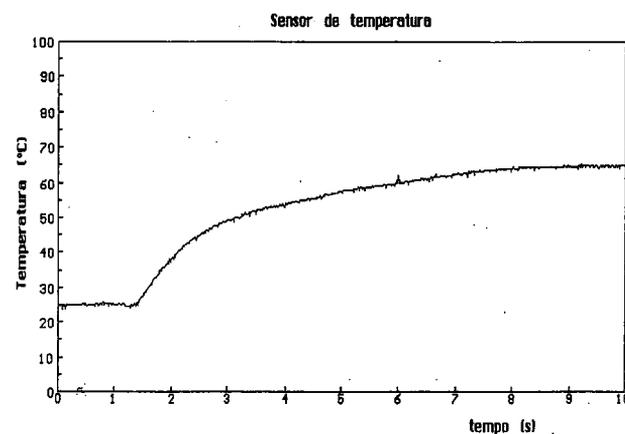


Fig. 9 — Medição da temperatura da água de dois recipientes. O sensor é inicialmente mergulhado naquele que se encontra a temperatura mais baixa, transferindo-se depois para o outro. A tracejado está indicado o comportamento ideal do sensor.

Obviamente lidamos neste caso com problemas específicos da própria instrumentação. O uso de sensores e respectivos circuitos condicionadores de sinal, eventualmente complexos, obriga a conhecer mais profundamente a natureza dos fenómenos envolvidos no processo de medida, limitando a sua aplicabilidade a cursos mais avançados.

5. Osciloscópio com memória

Até aqui consideramos medidas de tempos, determinados por sinais digitais, ou de grandezas analógicas que variam lentamente no tempo. No entanto, existe outro tipo de grandezas, de duração eventualmente curta, normalmente repetitivas mas não necessariamente periódicas, que não podem ser registadas pelos instrumentos descritos. Para registar tais grandezas é necessário: determinar o início da análise (detectar o sinal de «trigger»); efectuar um conjunto de leituras (conversões) em intervalos de tempo igualmente espaçados e eventualmente curtos (base de tempo); e repetir a amostragem sempre que um novo «trigger» é detectado. O instrumento convencional usado para este tipo de registo é o osciloscópio. Contudo, este não permite o registo quantitativo da(s) amostragem(ns), efectuada(s), e, por conseguinte, a análise posterior dos dados. Tal só é possível com um instrumento dotado de memória própria designado justamente «storage oscilloscope». Este pode ser emulado através de um computador, dotando-o de uma interface adequada (MELO *et al.* (1990)). Com este dispositivo, poderão ser analisadas, por exemplo, as ondas acústicas originadas por qualquer fonte sonora, e muito especialmente as originadas por um instrumento musical. A onda registada pode ser decomposta por análise de Fourier na componente fundamental e respectivos harmónicos, sendo os resultados imediatamente apresentados na forma gráfica.

6. Conclusões

O computador tornou-se parte integrante nos aparelhos de medida, assistindo no processo de aquisição de dados, na sua interpretação e na sua análise posterior. A miniaturização das componentes básicas dos computadores faz com que na vida diária utilizemos os mais vulgares instrumentos assistidos por microcomputadores, sem que tal se nos torne evidente. Mais importantes são as aplicações da instrumentação assistida por computador na indústria, quer nos laboratórios em que se procede ao controlo de qualidade, quer directamente regulando ou executando os próprios processos respectivos de fabrico (ou seja, em robots). Nestas circunstâncias não podemos deixar de considerar normal que a mesma metodologia seja utilizada nos instrumentos de ensino. O computador é o veículo privilegiado para a observação e compreensão de muitos dos fenómenos físicos do nosso universo. Isso permite repensar o processo de ensino com reforço da sua eficácia. Por outro lado, a utilização orientada do computador no laboratório reforçará de modo natural a componente tecnológica durante o período de formação,

proporcionando aos mesmos alunos maior qualificação profissional obtida por via escolar, com o consequente alargamento das potencialidades de emprego.

Agradecimentos

Todas as experiências expostas neste trabalho resultaram de um trabalho de cooperação com o meu colega António A. Melo, sem a qual nunca teriam visto a luz do dia. A ele são devidos agradecimentos especiais pelo entusiasmo, esforço e amizade que me dispensou na preparação deste texto. Em algumas das realizações experimentais contámos com a colaboração dos nossos alunos de mestrado J. Marques e R. Oliveira, a quem são igualmente devidos agradecimentos especiais.

BIBLIOGRAFIA

- COLLINGS, Peter J., GREENSLADE, Jr. Thomas B. (1989) — «Using the Computer as a Laboratory Instrument», *Physics Teacher*, 27, 2, pp. 76-84.
- FOX, J., GAGGINI, EDDY, J. (1988) — «Simple Free Fall Apparatus», *Physics Teacher*, 26, 2, pp. 108-109.
- GONÇALVES, A. M., (1985) — «Ensino Assistido por Computador: um guia de aplicações», *Gazeta de Física*, 8, 2, pp. 65-67.
- GONÇALVES, António M., MELO, António A. (1990) — «Observação da lei de Lenz», não publicado.
- MACKENZIE, J. Scott (1988) — «Issues and the Methods in the Microcomputer-Based Lab», *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, VII, 3, pp. 12-18.
- MARQUES, José, GONÇALVES, António M. (1990) — «Medição de temperatura assistida por computador», não publicado.
- MELO, António A. (1986) — «Trabalhos Práticos de Mecânica», *Dep. Física, FCUL*.
- MELO, António A., GONÇALVES, António M., MARTINS, Miguel M. (1987) — «Laboratório de Mecânica Assistido por Computador: uma experiência de ensino ao alcance de todos», *Gazeta de Física*, 10, 1, pp. 10-18.
- MELO, António A., GONÇALVES, António M., GONÇALVES, Manuel A. (1990) — não publicado.
- PEARCE, Jon M. (1988) — «Measuring speed using a computer-several techniques», *Physics Education*, 23, pp. 291-296.
- PEREIRA, Neves, QUICK, STUART M. (1988) — «A Method of Recording Rotational Motion on a Conventional Air Table», *Physics Teacher*, 26, pp. 170-172.
- PRIEST, Joseph, SNIDER, John (1987) — «Undergraduate Computer-Interfacing Projects», *Physics Teacher*, 25, 5, pp. 303-313.
- REDISH, Edward F., WILSON, Jack M. (1989) — *Physics Today*, 42, 1, pp. 34-41.
- THORNTON, Ronald K. (1987) — «Tools for scientific thinking-microcomputer-based laboratories for physics teaching», *Physics Education*, 22, 4, pp. 230-238.

O que há de novo?

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

Procurar-se-á efectuar uma cobertura selectiva do noticiário que vai aparecendo numa série de revistas de actualidade, nomeadamente: *Physics World (PW)*, *Scientific American (SA)*, *Enciclopedia Britânica (EB)*, *Nature (N)*, *La Recherche (LR)*, *Physics Today (PT)*, *Europhysics News (EN)*, *European Journal of Physics (EJP)*, *American Journal of Physics (AJP)*, *New Scientist (NS)*, *Sciences (S)*, *Physics Teachers (PTE)*, *Computers on Physics (CP)*, *Physics Education (PE)*, *Science Education (SE)*, *International Journal of Science Education (IJSE)*.

Para esta cobertura contamos desde já com a colaboração de *Eduardo Lage (PW, SA, EB)*; *Matos Ferrelra (N, LR)*; *Carlos Fiolhais (PT, EN, NS)*; *Ana Noronha (S)*; *J. Lopes dos Santos (EJP)*; *Margarida Telo Gama (AJP)*; *Marília Thomaz (PTE, SE, IJSE)*; *António Moreira Gonçalves (CP)*. *Agradecem-se outras colaborações para esta secção.*

Curso Básico Universitário de Física da UNESCO - UNESCO University Foundation Course in Physics -

S. Raitner, responsável pelo Programa de Física da Divisão de Ciências Básicas da UNESCO, chama a atenção para um projecto que a UNESCO está a desenvolver e que poderá interessar a todos os Departamentos de Física. O projecto tem dois objectivos — planear e desenvolver um melhor curso de Física Básica e estimular a cooperação regional ou internacional no ensino da Física. Apresenta-se, aqui, um sumário do seu extenso artigo.

Tanto nos países em vias de desenvolvimento como nos países mais industrializados sente-se como inadequado o ensino da Física Introdutória (em geral, 2 semestres no 1.º ano de licenciatura) para alunos cuja opção profissional *não* é a Física (por exemplo, engenharia, química, biologia, matemática, medicina, etc.). Os programas parecem só contemplar a Física do início do século; as aulas laboratoriais, com a massificação do ensino e deficiências de apetrechamento conhecidas, não existem ou estão desfasadas do ensino teórico; os alunos saem com a ideia de uma Física demasiado artificial e abstracta.

A UNESCO pretende corrigir esta situação e propõe-se apresentar um curso «padrão» que poderá servir, localmente, como modelo para o ensino de Física a nível introdutório, dando a garantia de uma certa aceitação universal, facilmente renovável com o avanço da ciência e procurando cobrir áreas multidisciplinares, por quebra das barreiras tradicionalmente existentes nos cursos

introdutórios (exemplos: fontes de energia e ambiente, física do solo, radiação e vida). O Curso Básico Universitário de Física supõe que os alunos tenham estudado Física a nível pré-universitário, prevê um total de 180 horas de aulas (teóricas, laboratoriais, resolução de problemas, tutoriais, aprendizagem através do computador, etc.) distribuídas por dois semestres no 1.º ano de licenciatura, e será constituído por:

- um *núcleo* (ocupando 50-70% do tempo), destinado a todos os alunos e efectuando a preparação geral/introdutória (dinâmica de partículas, termodinâmica e física estatística, oscilações e ondas, electromagnetismo, aspectos quânticos de fenómenos microscópicos).

- *módulos* dedicados a tópicos especiais, cada um com a duração de 1-3 semanas, abordando temas de Física contemporânea, tecnologias, interesses multidisciplinares, regionais ou nacionais específicos, para além, evidentemente, de temas que atendam às orientações profissionais dos alunos. Não devendo haver restrições na escolha dos módulos, estes devem desenvolver-se de forma autosuficiente mas apresentando objectivos limitados e bem definidos. Alguns módulos poderão ser apenas «teóricos», outros inteiramente «experimentais», mas a maioria será misto. Os módulos já elaborados acompanham-se de textos (com vários níveis de dificuldade e referências a artigos relevantes e realização de problemas para casa), demonstrações, experiências laboratoriais, meios audiovisuais, programas de computador, etc. As experiências são baseadas em material existente ou que possa ser adquirido localmente.

O fio condutor que dá coerência ao curso é uma visão histórica que apresenta a Física como uma aventura humana. A Comissão Internacional, que actualmente estrutura o curso, pretende que os programas sacrifiquem o detalhe no tratamento (como hoje é universalmente praticado) por troca com uma discussão mais profunda e extensa das ideias-chave da Física, e aponta para a formação de um espírito inquiridor no aluno, desenvolvendo capacidades natas para o desempenho experimental e levando-o a apreciar a cultura da ciência.

Qualquer físico ou grupo de físicos pode propor um módulo. A proposta será analisada pela Comissão Internacional e, se aprovada, a UNESCO apoiará com US\$3.000, devendo o trabalho ficar completo em 12 - 18 meses para finalmente poder vir a ser distribuído. Para mais pormenores, deverá ser contactada a Delegação Nacional da UNESCO.

Physics World, Feb. 1993, p. 53

E. L.

Ordem através da desordem

A entropia é um conceito misterioso. A Termodinâmica ensina que a entropia de um sistema aumenta se ele receber calor (energia) e que um sistema isolado evoluirá sempre para um estado de máxima entropia. A interpretação destes resultados deve-se a Boltzmann, que mostrou ser a entropia o (logaritmo do) número de maneiras de arranjar os átomos pelos estados que lhes são acessíveis — quanto mais estados houver, maior é a desordem, e maior é a entropia. Damos energia ao sistema? Podemos distribuí-la de muitas maneiras pelos átomos, e por isso a entropia aumenta. O sistema está isolado? Os átomos, nos seus movimentos incessantes, explorarão todas as possibilidades ao seu alcance (isto é, o seu espaço da fase), até que nenhuma sobre — é o estado de máxima entropia.

Mas numa transição de fase um sistema passa para um estado de maior ordem, menor entropia. Como é isso possível? Ao passar de líquido a sólido, por exemplo, a água perde entropia, porque o sólido (cristalino) é mais ordenado que o líquido. Mas também perde energia (calor latente) que ao passar para o «resto do Universo» vai aumentar a entropia deste. O balanço *total* é positivo — a água gela.

São conhecidas transições meramente entrópicas, isto é, não envolvendo trocas de energia. Numa tal transição, o sistema terá, então, de aumentar a sua entropia, isto é, tornar-se mais desordenado. Como é possível essa

transição? Imagine o leitor que tem várias gavetas, todas igualmente divididas em pequenos compartimentos. Suponha que cada gaveta tem um baralho de cartas, distribuídas pelos compartimentos. Que acontece se misturar as cartas de todas as gavetas, numa única gaveta, diferente, com menos compartimentos? A mistura aumenta a desordem (maior entropia de configuração), mas cada carta tem menos compartimentos à sua disposição (menor volume, maior ordem, menos entropia). Quem ganha? Isso depende da densidade — muitas cartas por compartimento e a mistura terá maior entropia ficando um estado «líquido». Mas poucas cartas por compartimento favorecem a opção «sólido», isto é, separação em gavetas.

Recentemente, este tipo de transição foi observada — as «cartas» são partículas «grandes» e «pequenas» de polimetilmetacrilato (!), entre as quais existe forte repulsão e se comportam como esferas duras, modelo aceitável face a simulações de computador que testaram a hipótese. A transição é determinada pela razão dos tamanhos moleculares, isto é, pela densidade. Teoria e experiência mostram que, dependendo da densidade, as partículas podem formar um sólido, com um arranjo molecular complicado (tipo AB_{13}) dentro de cada célula — os «baralhos» separam-se em «gavetas». Para outras densidades, o líquido (ou estruturas simples) são preferidas — as cartas misturam-se.

O leitor curioso encontrará um excelente artigo-síntese de D. Frenkel no número de Fevereiro do *Physics World* (pág. 24) — aí se referem os trabalhos de investigação recentemente efectuados e se citam os artigos originais sobre tão interessante tema.

Physics World, Feb. 1993, p. 24

E. L.

Buracos negros e o paradoxo da força centrífuga

Qual é a direcção da força centrífuga? Toda a gente sabe — é a direcção «para fora» de uma curva, a direcção que nos afasta do centro de curvatura. De facto, recordemos rapidamente conceitos elementares de dinâmica. Imaginemos um corpo que, por exemplo, gravita em torno de outro, descrevendo uma trajectória circular, como acontece com a Terra em relação ao Sol. Para um observador no Sol, a Terra e todos os objectos que nela se situam são atraídos gravitacionalmente pelo Sol e, *por isso*, descrevem uma trajectória curva (uma cónica, em geral), no caso circular, — a força gravítica iguala o produto da massa pela aceleração centrípeta

(v^2/R , onde v é a velocidade orbital e R é o raio da circunferência). Para nós, na Terra, o raciocínio pode ser outro — qualquer objecto em repouso na Terra é actuado por duas forças que se equilibram — a atracção gravítica, dirigida para o Sol, e a força centrífuga, contrária, portanto, à direcção do Sol. A força centrífuga atira-nos para fora da trajectória, como qualquer passageiro de automóvel se recordará ao entrar um pouco mais depressa numa curva apertada.

Sabemos, desde que Einstein o mostrou (1915), que o campo gravítico também actua sobre a luz, desviando-a da linha recta que seguiria na ausência daquele campo. É o célebre desvio dos raios luminosos, primeiramente detectado por Eddington (1919) na vizinhança do Sol e que hoje recebe admirável confirmação nas espantosas «miragens» de quasars distantes, cada um apresentando imagens duplas (ou, mesmo, anéis) uma vez que os raios luminosos foram encurvados por um poderoso campo gravítico, qual lente gigantesca, localizado entre eles e nós. A acção da gravidade sobre a luz sugere uma questão interessante — o que é uma linha recta? Não ensinamos que a luz se propaga em linha recta, num meio homogéneo, como o vazio? A resposta estará sempre certa se por linha recta entendermos uma geodésica, a linha que define a distância mais curta entre dois pontos — no plano é a linha recta habitual, numa superfície esférica é um meridiano, no espaço-tempo onde vivemos é a trajectória da luz. Esta, quando projectada no espaço tridimensional a que estamos habituados, poderá parecer curva da mesma maneira que uma recta projectada numa esfera parece curva.

O campo gravítico pode ser tão forte (como junto a um buraco negro) que a luz siga uma trajectória circular — isso acontece quando o raio dessa trajectória for 1,5 vezes maior que o raio de Schwarzschild, sendo este a

distância, ao centro do Buraco Negro, abaixo da qual a luz não consegue escapar, mesmo se enviada radialmente. Imagine, agora, o leitor que construímos, em volta do Buraco Negro, um tubo com a forma de anel, em cujo eixo colocamos, espaçadamente, lâmpadas acesas. Se a massa do Buraco Negro for pequena, a luz é pouco desviada e, olhando ao longo do tubo, vê-lo-emos encurvar para a direcção onde se encontra o Buraco Negro, para a esquerda, por exemplo. Também, se deslocarmos um objecto ao longo do tubo, diríamos que a força centrífuga actua para a direita. Suponha, agora, que o Buraco Negro tem uma massa tal que a trajectória da luz é circular, coincidindo com o eixo do tubo. Assim, se olharmos para as lâmpadas acesas, vê-las-emos umas atrás das outras, em linha recta (de facto, uma pequena reflexão mostrará que observamos as nossas costas; e podemos, até, ver os gestos que fizemos algum tempo antes!). Um objecto movendo-se ao longo do eixo do tubo segue, para nós, uma linha recta, não está sob a acção de qualquer força centrífuga.

Mas o que acontece se aumentarmos, ainda mais, a massa do Buraco Negro? Agora, a luz das lâmpadas é logo desviada para o Buraco Negro: a luz que nos chega aos olhos tem de seguir uma trajectória mais curva que o eixo do tubo — de facto, a luz chega-nos da direita. Logo, um objecto movendo-se ao longo do eixo do tubo mostrar-se-á a curvar para a direita e, portanto, a força centrífuga actua para a esquerda. Isto é, a força centrífuga aponta para o interior da trajectória.

Ficção? É, pelo menos, o resultado da teoria da relatividade geral e este «paradoxo» (que não o é — será antes a destruição dos nossos preconceitos) encontra-se num interessante artigo de M. A. Abramowitz, no número de Março 93 da Scientific American.

Scientific American, Março 93

E. L.

PUBLICIDADE NA GAZETA DE FÍSICA (por número) 1993

Verso da contra-capas (preto e branco).....	50.000\$00
Página Interior (preto e branco).....	40.000\$00
1/2 página Interior (preto e branco).....	25.000\$00
1/4 página Interior (preto e branco).....	15.000\$00
1/8 página Interior (preto e branco).....	10.000\$00

- Os Sócios Colectivos da S.P.F. têm um desconto de 30 % nos custos da publicidade inserida nas páginas interiores da Gazeta e um desconto de 20 % nos custos da publicidade inserida no verso da capa, na contra-capas e no verso da contra-capas.
- Os contratos anuais de publicidade (quatro números), para empresas não sócias da S.P.F., têm um desconto de 20 %.

• **Informações:** Maria José Coucelro, Sociedade Portuguesa de Física,
Av. da República, 37 - 4.º • 1000 Lisboa • Tel.: (01)7973251 • Fax: (01)7952349

RELATÓRIO DO CONSELHO DIRECTIVO DA SPF

Os órgãos directivos da Sociedade Portuguesa de Física terminaram as suas funções no termo de 1992. O Conselho Directivo da FPF elaborou o relatório das actividades da Sociedade no respectivo triénio (1990-92), que foi aprovado na Assembleia-Geral realizada em Fevereiro de 1993.



1. Introdução

No triénio a que se refere este relatório a acção do Conselho Directivo concentrou-se principalmente nos seguintes pontos:

— Dinamização e apoio das actividades organizadas pelas Delegações Regionais e pelas Divisões Técnicas;

— Publicação regular da *Gazeta de Física* e elaboração dum novo projecto da revista a pôr em prática a partir de 1993;

— Recomeço da publicação regular da *Portugaliae Physica*;

— Apoio à organização das Conferências Nacionais de Física 1990 e 1992;

— Apoio à organização dos 1.º e 2.º Encontros Ibéricos sobre o Ensino da Física;

— Patrocínio e apoio à organização de conferências internacionais realizadas em Portugal (1990 *EPS Conference on Condensed Matter Physics*, 1993 *EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics*, 1993 *International Conference on Physics Education-Light and Information*, 1992 *International Conference of Physics Students*).

— Realização das Olimpíadas da Física, revisão do seu regulamento tendo em vista a sua adequação deste às Olimpíadas Internacionais e estudos preparatórios para uma participação portuguesa nas Olimpíadas Internacionais;

— Desenvolvimento das relações da SPF com outras instituições nacionais e estrangeiras com objec-

tivos afins (FEPASC, EPS, IUPAP, Real Sociedade Espanhola de Física).

Referem-se a seguir, com algum pormenor, as actividades e realizações de maior destaque neste triénio.

2. Conferências Nacionais de Física

Teve lugar em Lisboa, nas instalações do Museu de Ciência da Universidade de Lisboa e do Museu Nacional de História Natural, em Setembro de 1990, a 7.ª Conferência Nacional de Física-Física 90, organizada pela Delegação Regional do Sul e Ilhas. Contou com 905 participantes, dos quais 553 professores do ensino secundário e diversos convidados estrangeiros. Foi publicado um livro de resumos das comunicações apresentadas. A sessão de abertura desta conferência contou com a presença do Ministro da Educação e a sessão de encerramento com a do Vice-Presidente da JNICT, em representação do Secretário de Estado da Ciência e Tecnologia.

A 8.ª Conferência Nacional de Física-Física 92, nas instalações na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em Vila Real. Teve a participação de cerca de 650 físicos, entre os quais diversos participantes espanhóis e convidados de vários países. Registaram-se 326 comunicações, das quais 5 lições plenárias, 10 lições convidadas, 52 comunicações orais, e 259 comunicações em poster, e tiveram ainda lugar 6 «workshops». Foi editado um livro de resumos das comunicações e publicada na mesma ocasião uma colectânea de problemas

das Olimpíadas Internacionais de Física com as respectivas soluções. A sessão de encerramento desta conferência contou com a presença do Secretário de Estado da Ciência e Tecnologia.

3. Conferências Internacionais

Organizada pela Divisão Técnica de Física da Matéria Condensada teve lugar em Lisboa, de 9 a 12 de Abril de 1990, a *Xth EPS Conference on Condensed Matter Physics*, na qual participaram cerca de 600 cientistas de todo o mundo. Esta conferência decorreu com grande sucesso, amplamente reconhecido por todos os participantes. O Presidente da EPS, na altura o Prof. R. Ricci, e o Secretário Executivo da EPS, Mr. G. Thomas, estiveram presentes como convidados da Comissão Organizadora e da SPF, tendo tido lugar reuniões de trabalho do Secretariado da SPF com estas individualidades sobre assuntos de interesse mútuo.

Está neste momento a ser organizada pela SPF, através da Divisão Técnica de Física dos Plasmas, em colaboração com o Centro de Fusão Nuclear (CFN) do I.S.T., a *20th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics*, a qual terá lugar na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa, de 26 a 30 de Julho de 1993. Para o efeito, foi assinado um protocolo entre a SPF e o CFN, mediante o qual as duas instituições nomearam uma Comissão Organizadora Local e acordaram em instituir uma Comissão Permanente de Administração do

protocolo, de que fazem parte o Secretário-Geral e o Secretário-Geral Adjunto para os Assuntos Nacionais da SPF, o Presidente e o Secretário da Comissão Organizadora Local, e o Presidente do CFN. Espera-se que esta conferência conte com mais de 500 participantes de todo o mundo.

A SPF participa também, neste momento, na organização da *International Conference on Physics Education-Light and Information*, que terá lugar em Braga de 16 a 21 de Julho de 1993. Esta participação tem lugar ao nível quer do International Organizing Committee, quer do National Organizing Committee. A SPF é um dos *sponsors* da conferência, conjuntamente com o GIREP (Groupement International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique), a IUPAP, a UNESCO e a EPS.

A SPF patrocinou ainda a *International Conference of Physics Students - ICPS'92* que teve lugar em Portugal em 1992, organizada pela PHYSIS, Associação Portuguesa de Estudantes de Física, e na qual participaram mais de 200 estudantes de Física de todo o mundo.

Finalmente, refira-se que a SPF subsidiou a participação de alguns estudantes portugueses na *8th General Conference of the European Physical Society - EPS 8* e na ICPS'90, que tiveram lugar em Amesterdão, em Setembro de 1990, e na ICPS'91, que teve lugar em Viena em finais de Agosto de 1991.

4. Encontros Ibéricos sobre o Ensino da Física

Promovidos e organizados conjuntamente pela SPF e pela Real Sociedade Espanhola de Física (RSEF), tiveram lugar o 1.º e o 2.º Encontros Ibéricos sobre o Ensino da Física respectivamente em 1991, incorporado na XXIII Reunião Bienal da RSEF, que teve lugar em Valladolid, e em 1992, incorporado na Física 92, em Vila Real. Por decisão conjunta das duas Sociedades estes

Encontros Ibéricos passarão a ter lugar todos os anos, alternadamente em Espanha e em Portugal, integrados no programa das conferências bienais destas Sociedades, que têm lugar em anos alternados. Está já neste momento a ser organizado o 3.º Encontro Ibérico, que terá lugar em Setembro, em Jaca, tendo para o efeito a SPF nomeado membros portugueses para integrarem a Comissão Organizadora e a Comissão Científica. Uma primeira reunião de trabalho para a organização do Encontro teve lugar em Madrid, em finais de 1992.

5. Actividades das Delegações Regionais

Para além da organização e realização das conferências Física 90 e Física 92, da responsabilidade das Delegações do Sul e Ilhas e do Norte, respectivamente, são de destacar ainda as seguintes actividades das Delegações Regionais, conforme descrito com mais pormenor nos respectivos relatórios anuais.

— Organização e realização das provas regionais e nacionais das Olimpíadas da Física;

— Realização de numerosos colóquios, palestras e encontros de divulgação, destinados a professores, alunos e outro público interessado, e acções de formação de professores do ensino secundário;

— Constituição, a nível da D. R. Sul e Ilhas, duma Comissão Consultiva e de Apoio a Clubes de Ciência, de que fazem parte professores do ensino secundário e físicos experimentais universitários, a qual prestou apoio a vários professores que a ela recorreram. No âmbito destes clubes, foram organizados em 1992 dois cursos de carácter experimental para professores do ensino secundário sobre os temas *Tecnologias Laser em Aplicações Industriais e Interação de Radiações com Matéria e sua Detecção*;

— Desenvolvimento, com o apoio logístico da D. R. Centro, do Projecto

Softciências-Ação comum das Sociedades Portuguesas de Física, Química e Matemática para a produção de software educativo. Este Projecto, desenvolvido no âmbito dum protocolo assinado pelas três Sociedades, foi financiado pelo Gabinete de Estudos e Planeamento do Ministério da Educação, e deu origem à edição, em Janeiro deste ano, de três programas adaptados aos novos curricula de Física e Química para o ensino secundário (programas *Galileo, Kepler e Jogos Químicos*);

— Actualização e aperfeiçoamento dos ficheiros regionais informatizados de sócios, tendo em vista criar um ficheiro nacional uniformizado e actualizado, bem como facilitar a comunicação entre as diversas estruturas da Sociedade e entre estas e os sócios.

O número de sócios inscritos nas três Delegações Regionais é actualmente o seguinte:

— D. R. Sul e Ilhas: 1493 (dos quais 731 com quota em atraso há mais de dois anos);

— D. R. Centro: 758 (dos quais 291 com quota em atraso há mais de dois anos);

— D. R. Norte: 626.

Com apreciação geral, importa registar a intensa actividade desenvolvida pelas três Delegações Regionais e o seu contributo notável na linha dos objectivos que estatutariamente incumbem à SPF.

6. Actividades das Divisões Técnicas

Divisão Técnica de Educação (DTE) — A DTE promoveu em 1990 e 1991 numerosos cursos de formação e palestras em várias localidades do país, incluindo os Açores, onde organizou em 1991, em colaboração com a Secretaria Regional da Educação e Cultura desta Região Autónoma, um Encontro de Professores de Física do Ensino

Secundário da Região dos Açores. A DTE colaborou ainda activamente na organização e promoção dos Encontros Ibéricos sobre o Ensino da Física realizados em 1991 e 1992.

Em meados de 1992 a Direcção desta Divisão foi substituída, a seu pedido, após seis anos de intensa actividade. Esta substituição deu origem a um moroso processo eleitoral, tendo finalmente sido eleita uma nova Direcção de que é Coordenador o Prof. Doutor João Pires Ribeiro da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Esta nova Direcção elaborou já um extenso plano de actividades para 1993, após uma vasta consulta às escolas, e contactos estabelecidos com o Ministério da Educação para obtenção de financiamento.

Divisão Técnica de Física Nuclear e Partículas (DTFNP) — Esta Divisão, que é coordenada pelo Prof. Doutor José Carvalho Soares da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, esteve particularmente activa em 1992, tendo organizado colóquios na sede da Sociedade, aos sábados, para professores e alunos do ensino secundário, um colóquio no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, em colaboração com a D. R. Sul e Ilhas, e um curso intensivo de Física Nuclear e Partículas, desdobrado em dois, um para professores, frequentado por 80 professores, e outro para alunos, cuja frequência foi de 45 alunos. Após este curso foi organizada uma visita de um dia às instalações do LNETI em Sacavém.

Divisão Técnica de Física da Matéria Condensada (DTFMC) — A principal actividade desta Divisão, que é coordenada pelo Prof. Doutor João Bessa Sousa da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, consistiu na organização da já referida *EPS Conference on Condensed Matter Physics* que se realizou em Lisboa em Abril de 1990 e no trabalho subsequente de elaboração de rela-

tórios para as entidades financiadoras e de fecho de contas. Com os saldos resultantes desta conferência esta Divisão passa a dispor de fundos que lhe permitirão levar a cabo numerosas realizações no futuro.

Divisão Técnica de Física Atómica e Molecular (DTFAM) — Esta Divisão iniciou as suas actividades em 1992, tendo sido formada uma Direcção, coordenada pelo Prof. Doutor Augusto Moutinho, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, aprovada pelo Conselho Directivo e da SPF. Neste período, a DTFAM colaborou com a Comissão Organizadora da Física 92 na organização da conferência na área da Física Atómica e Molecular, promoveu uma mesa redonda, que teve lugar na Física 92, sobre as actividades nesta área, e levou a cabo um inquérito para actualização do ficheiro dos membros da Divisão.

Na sequência de contactos estabelecidos com o Grupo Especializado de Física Atómica e Molecular da Real Sociedade Espanhola de Física, foi decidido organizar conjuntamente um 1.º Encontro Ibérico sobre Física Atómica e Molecular que terá lugar de 5 a 7 de Julho de 1993, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, tendo sido nomeada uma Comissão Organizadora conjunta.

A DTFAM estabeleceu ainda ligações com a Divisão de Química Física e com o Grupo de Espectrometria de Massa da Sociedade Portuguesa de Química.

Divisão Técnica de Física dos Plasmas (DTFP) — Esta Divisão foi criada na Assembleia Geral da SPF que teve lugar no decorrer da Física 90 e iniciou as suas actividades em 1992, após ter sido nomeada pelo Conselho Directivo uma lista de Direcção coordenada pelo Prof. Doutor Carlos Fonseca Varandas do Instituto Superior Técnico. A DTFP participou na elaboração de um Protocolo entre a SPF e o Centro de Fusão Nuclear do IST para a organização conjunta da já referida *20th EPS Conference on*

Controlled Fusion and Plasma Physics, que terá lugar em Lisboa, em Julho de 1993, organização que neste momento está em curso.

A DTFP tem vindo ainda a desenvolver uma campanha para angariação de novos sócios e elaborar um plano de actividades para 1993 em que se propõe realizar um curso de formação para professores do ensino secundário sobre física dos plasmas e fusão controlada, bem como acções de divulgação através de conferências em escolas secundárias e da publicação de artigos na *Gazeta de Física*.

Divisão Técnica de Óptica (DTO) — Esta Divisão não realizou qualquer actividade neste triénio, tendo o actual Coordenador pedido há bastante tempo a sua substituição. Foram iniciados contactos pelo Conselho Directivo para que uma nova equipa se proponha para a direcção desta Divisão.

Divisão Técnica de Meteorologia, Geofísica e Astrologia (DTMGA) — Embora a DTMGA tenha cerca de 40 sócios inscritos, não surgiu até agora qualquer proposta dum equipa para a sua Direcção, razão pela qual esta Divisão tem estado inactiva.

7. Projecto «Desenvolvimento Curricular em Ensino Experimental da Física assistido por computador — Propostas Metodológicas»

Este Projecto está a ser desenvolvido através dum contrato celebrado entre a SPF, como entidade executora, e o Instituto de Inovação Educacional, como entidade financiadora, sendo responsável pelo Projecto o Prof. Doutor António Moreira Gonçalves.

O Projecto encontra-se neste momento em fase de plena concretização, estando já concluídos vários protótipos industriais, modulares e expansíveis, para as unidades que permitem ligação a interfaces de entrada/saída digital e/ou analógica de computadores MS-DOS, os mais

divulgados nas nossas escolas secundárias. Estão igualmente concluídos diversos sensores e/ou transdutores que permitem a medição directa de grandezas físicas, com a velocidade, a aceleração, a temperatura, o campo e o fluxo magnéticos. A exploração destes instrumentos é efectuada através duma interface gráfica que simula no ecrã do computador aparelhos de medidas reais.

Encontra-se igualmente identificadas várias aplicações destes instrumentos a situações experimentais executáveis no ambiente dum laboratório didáctico. O material didáctico correspondente (manuais do professor e do aluno) encontra-se em fase de elaboração.

No ano de 1992 foram apresentadas comunicações no âmbito deste Projecto em três reuniões internacionais e foram estabelecidos contactos com grupos estrangeiros que desenvolvem projectos afins, esperando-se que tais contactos resultem em cooperação activa. Com base no material já existente, ou em desenvolvimento, foram ainda planeadas acções de formação para professores do ensino secundário.

8. Olimpíadas Nacionais e Internacionais de Física

Foi aprovado pelo Conselho Directivo um novo regulamento das Olimpíadas de Física, elaborado pelas três Delegações Regionais, que tem em vista a futura participação duma equipa portuguesa nas Olimpíadas Internacionais. Com este objectivo, foi submetida uma proposta de financiamento à Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia baseada numa calendarização de acções, proposta esta que foi aprovada por despacho do Secretário de Estado. Assim, prevê-se que em 1993 seja enviado um observador oficial às Olimpíadas Internacionais, que decorrerão este ano nos Estados Unidos, em Julho, e que seja organizada uma Olimpíada Ibérica

para a qual a equipa portuguesa deverá ser escolhida e treinada nos mesmos moldes que, no futuro, para a Olimpíada Internacional. Este treino envolverá, em particular, um estágio duma semana, sob a orientação de professores responsáveis, de 10 alunos seleccionados no decorrer da Olimpíada Nacional, estágio findo o qual será escolhida a equipa de 5 elementos que representará o nosso país.

De acordo com a programação estabelecida a primeira participação portuguesa na Olimpíada Internacional deverá ter lugar em 1994.

9. Revistas da Sociedade

Gazeta de Física — Esta revista tem vindo a publicar-se com regularidade, ao ritmo de 4 fascículos por ano, sendo distribuída gratuitamente por todos os sócios da Sociedade. O Conselho Directivo da SPF assume as funções de Comissão de Redacção e de Administração, sendo os actuais Directores os Profs. Doutores João Bessa Sousa (FCUP), Filipe Duarte Santos (FCUL) e Carlos Fiolhais (FCTUC), este último recentemente nomeado pelo Conselho Directivo. A *Gazeta* tem publicado alguns artigos de excelente qualidade, na linha do seu estatuto editorial, e tem servido de veículo privilegiado de difusão de informação no âmbito da Sociedade, através da publicação de relatórios de actividade das Delegações Regionais Técnicas, de informação sobre colóquios, palestras e cursos de formação, etc. O primeiro fascículo publicado em 1990 (Vol. 13, Fasc. 1) constituiu um número especial em que foi feita uma abordagem da situação da Física em Portugal, através de relatórios elaborados por especialistas nas áreas da Física mais importantes no nosso país. Concluímos as publicações da *Gazeta* neste triénio com o último fascículo de 1992.

A partir do primeiro número de 1993 a *Gazeta de Física* vai aparecer com um aspecto inteiramente

renovado, com um novo formato, novo estilo de capa, novo arranjo e apresentação do conteúdo, o qual passará a conter diversas secções regulares e bem definidas (notícias da SPF e dos Departamentos e Escolas, notícias da Física em Portugal e no estrangeiro, artigos de revisão convidados, entrevistas, etc.). Por outro lado, a edição da revista passará a ser feita através de processamento electrónico de texto, o que aliás já aconteceu, a título experimental, nos dois últimos números de 1992. Estas alterações têm vindo a ser estudadas em pormenor pelos Directores da revista em colaboração com o Secretariado-Geral e visam tornar a *Gazeta* numa revista de maior qualidade e interesse quer para os sócios, quer para o público interessado em geral.

Portugaliae Physica — Devido à longa interrupção que se verificou na publicação desta revista, o Conselho Directivo decidiu que se publicasse um único volume referente aos anos de 1989, 1990 e 1991 (Vol. 20, 1989/91), retomando-se o ritmo normal de dois tomos por ano em 1992. Embora se previsse, com base nas informações fornecidas pelo Director da revista, Prof. Doutor José Machado da Silva (FCUP), que os tomos referentes a 1992 seriam publicados atempadamente, tal acabou por não se verificar, não tendo sido publicado até ao momento qualquer tomo. Espera-se, no entanto, para muito breve a publicação do primeiro (Fasc. 1/2), o qual se encontra em impressão.

A situação que se tem verificado nos últimos anos com a *Portugaliae Physica* tem preocupado seriamente o Conselho Directivo. Apesar dalgum esforço do actual Director para renovar e ampliar o corpo editorial da revista e proceder a uma edição mais eficaz, através de processamento electrónico de texto (como se verificou já na edição do Vol. 20), o facto é que tem sido difícil assegurar a submissão de artigos de qualidade e em número suficiente para a continuidade da revista. O próximo Conselho Directivo

deverá ponderar seriamente esta questão e tomar urgentemente decisões quanto ao futuro da *Portugaliae Physica*.

Refira-se, por fim, que o actual Director não deseja continuar nestas funções, tendo proposto a sua substituição pelo Prof. Doutor Alexandre Quintanilha, do Instituto Abel Salazar, o qual tem vindo a desempenhar desde há cerca de dois anos as funções de Director Adjunto. A decisão final quanto a este assunto competirá ao próximo Conselho Directivo.

10. Relações Internacionais

European Physical Society (EPS)

A SPF tem acompanhado de perto as actividades e iniciativas da EPS e tem tido ela própria um papel activo na definição destas iniciativas. Este papel activo resulta da participação no EPS Council do representante da SPF, desde 1989 o actual Secretário-Geral da SPF, e do facto deste representante ter sido eleito membro do Executive Committee da EPS na reunião do Council em Março de 1992.

De entre as iniciativas em que a SPF participou activamente há que salientar três particularmente importantes: i) A reestruturação da EPS, que tem em vista tornar sócios individuais da EPS todos os sócios das Sociedades Nacionais que são membros da EPS. A EPS passaria, assim, a ter cerca de 60.000 sócios individuais em vez dos actuais 3000. Os estudos relativos a esta reestruturação decorrem desde há cerca de dois anos, com intensa participação da SPF através do seu representante acima referido. O Executive Committee vai submeter ao Council, no próximo mês de Março, uma proposta final sobre este assunto, a qual prevê a implementação progressiva desta reestruturação a partir de 1 de Janeiro de 1994; ii) O lançamento do *European Mobility Scheme for Physics Students*, em que participam cerca de 120 universidades

européias, incluindo todas as universidades públicas portuguesas, exceptuando a do Algarve; iii) A elaboração duma proposta de criação dum *EPS Interdivisional Group on Physics Education*, documento contendo linhas de acção programáticas que foi preparado pelo representante da SPF e que já foi aprovado ao nível do Executive Committee, restando agora a sua aprovação final pelo EPS Council na sua próxima reunião, em Março deste ano.

A reestruturação da EPS terá amplas repercussões no funcionamento interno da SPF. Haverá que analisar a oportunidade dos sócios que são professores do ensino secundário ou estudantes aderirem ao esquema. Tal só será para eles aliciante desde que a EPS passe a desenvolver acções relevantes na área do ensino da Física, o que até agora não se tem verificado, apesar de ter existido até ao presente um *Action Committee on Physics Education*. A proposta de criação dum *Interdivisional Group on Physics Education*, acima referida, visa precisamente incrementar as actividades da EPS no âmbito do ensino e, através disso, atrair para a EPS os professores do ensino secundário e os estudantes de Física. Quanto aos sócios da EPS que são físicos profissionais, como universitários ou investigadores, deseja-se que todos se tornem sócios da EPS de acordo com a nova estrutura, passando todos a ter o direito de participar nas Divisões da EPS, a eleger e a ser eleitos em todas as votações para os órgãos directivos da EPS e suas Divisões, e a receber gratuitamente a revista *Europhysics News* (11 números por ano). Com a nova estrutura, a SPF adquirirá uma maior dimensão no seio da EPS, já que o número dos seus sócios que se tornarão sócios da EPS excederá largamente as duas centenas que são actualmente declarados à EPS para efeitos de quota. Daqui resultará inevitavelmente um aumento desta quota cujo financiamento terá que ser devidamente ponderado pela nossa Sociedade.

O *Mobility Scheme* acima referido terá início em 1993/94, segundo se espera com financiamento dos programas ERASMUS e TEMPUS. Destina-se a promover uma ampla permuta de estudantes de Física entre as universidades aderentes e apoia-se num banco de dados, contendo informações sobre currícula e organização dos estudos em todas as universidades aderentes, sediado na universidade de Manchester. Cada universidade aderente tem um Coordenador do *Mobility Scheme*, tendo todos os Coordenadores a responsabilidade de colocar e actualizar no banco de dados a informação respeitante à sua universidade. O *Mobility Scheme* é gerido por um *Mobility Committee*, cujos membros são nomeados pelo EPS Executive Committee, atendendo a uma equilibrada representação das diversas regiões europeias. Por acordo entre a SPF e a Real Sociedade Espanhola de Física, Portugal e Espanha estão representados no *Mobility Committee* pela Prof.^a Doutora Ana Maria Eiró, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Finalmente, é de realçar que se mantém a participação da SPF na revista *Europhysics Letters*, na qualidade de *Associate Partner*, revista esta que tem afirmado cada vez mais a sua reputação científica e que conseguiu igualmente alcançar alguma solidez financeira.

International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP)

Portugal é membro da IUPAP desde 1984, através da SPF, tendo sido regularmente pagas as quotas anuais devidas por esta participação com um subsídio do INIC. Foi formado um *Liaison Committee* em 1985, constituído por membros designados pela SPF e pelas principais universidades do país, embora na prática tenha sido sempre através da SPF que a comunicação com a IUPAP se tenha desenvolvido.

Neste período há particularmente a registar o facto de se ter realizado em Portugal a reunião do IUPAP Council de 1991, por convite da SPF. Esta reunião, que teve lugar em Setembro, contou com a participação de todos os membros do Council e foi integralmente organizada pela nossa Sociedade, com o apoio da JNICT, e do IST. Na ocasião, o Secretário-Geral da SPF foi convidado a fazer uma apresentação da SPF ao IUPAP Council e houve oportunidade para troca de informações sobre assuntos de interesse comum.

International Union of Crystallography (IUCr)

Muito embora tenha sido extinta, ainda no anterior mandato, a Divisão Técnica de Cristalografia, o nosso país continua a pertencer à International Union of Crystallography através da SPF. Seria importante que, no próximo mandato, fosse formalmente constituído um *Liaison Committee* com a IUCr.

Real Sociedade Espanhola de Física (RSEF)

Como já foi referido, a SPF e a RSEF assinaram um Convénio de Cooperação mediante o qual: i) cada uma das Sociedades reconhece aos membros da outra o direito de participar nas suas actividades específicas, nas mesmas condições que se verificam para os seus próprios membros; ii) ambas as Sociedades se comprometem a actuar nos âmbitos nacionais respectivos em representação uma da outra, ante os organismos oficiais e privados dos dois países; iii) se comprometem a colaborar no âmbito internacional patrocinando iniciativas conjuntas ante as diferentes instâncias internacionais. Este Convénio estipula ainda que, para o seu cumprimento, se constituirá um comité conjunto com representação paritária, presidido alternadamente, em cada ano, por um membro designado pela Sociedade a que corresponde o mandato. Em 1993 este comité é

presidido pelo Secretário-Geral da SPF e integra ainda, do lado português, os Profs. Doutores João Pires Ribeiro, coordenador da DTE, Augusto Moutinho, coordenador da DTFAM, e Margarida Telo da Gama, da DTFMC.

De entre as iniciativas conjuntas programadas para 1993 no âmbito deste Convénio avultam os já referidos 3.º Encontro Ibérico sobre o Ensino da Física e o 1.º Encontro Ibérico sobre Física Atómica e Molecular.

11. Alterações aos Estatutos da SPF

Por proposta do Conselho Directivo, foram aprovadas alterações aos Estatutos da SPF na Assembleia Geral da Sociedade que teve lugar em Vila Real, em 17 de Setembro de 1992, por ocasião da Física 92. Estas alterações foram publicadas no Vol. 15, Fasc. 3, da Gazeta de Física e consistiram no seguinte:

— Substituição da designação das Delegações Regionais que passaram a ser designadas por Delegações do Norte, Centro, Sul e Ilhas, respectivamente;

— Criação da categoria de Sócio Colectivo;

— Eliminação do cargo de Vice-Presidente da Sociedade, já que este cargo não tem vindo a ser exercido desde há muitos anos e que a sua existência não corresponde já à forma de administração e direcção da Sociedade que tem vindo a ser seguida.

12. Património

O Secretariado da SPF continuou a assegurar neste triénio a gestão das instalações comuns às Sociedades Portuguesas de Física, Química, Matemática e Filosofia, na Av. da República, 37-4.º, em Lisboa, instalações que lhe servem de sede. Teve lugar uma alteração da distribuição de espaços atribuídos na sede às quatro Sociedades, por mútuo acordo.

Adquiriu-se para o Secretariado-Geral um computador Macintosh, com uma Impressora Laser, e um Fax que se encontra instalado na sede.

A situação financeira actual é satisfatória, graças sobretudo a receitas próprias provenientes da organização das Conferências Nacionais de Física e da EPS Conference on Condensed Matter Physics. A Sociedade depende ainda fortemente, no entanto, de subsídios provenientes de instituições de financiamento de ciência, tecnologia e educação, situação esta que causa alguma preocupação atendendo à recente extinção do INIC, que tem sido até hoje a principal entidade financiadora. O principal desafio para o futuro parece ser, pois, o aumento das receitas próprias, através da promoção de mais actividades e da prestação de serviços à comunidade científica e educativa, na linha dos objectivos que estatutariamente competem à Sociedade.

Agradecimentos

A finalizar este relatório o Conselho Directivo da SPF deseja manifestar o seu profundo agradecimento a todas as instituições que durante o triénio 1990-92 apoiaram as múltiplas actividades descritas neste relatório. Na impossibilidade de citar todas essas instituições, não queremos deixar de registar os nossos agradecimentos às seguintes:

— *Instituto Nacional de Investigação Científica;*

— *Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica;*

— *Ministério da Educação;*

— *Fundação Calouste Gulbenkian;*

— *Ministério dos Negócios Estrangeiros;*

— *UNESCO (Division of Scientific Research and Higher Education);*

— *Comissão das Comunidades Europeias.*

ÓRGÃOS NACIONAIS E REGIONAIS DA SPF (1993-95)

Os Órgãos nacionais da SPF foram eleitos na Assembleia Geral realizada em 26 de Fevereiro de 1993. Os Órgãos das Delegações foram eleitos pelas correspondentes Assembleias Regionais, realizadas durante o mês de Janeiro de 1993.

ÓRGÃOS NACIONAIS

Mesa da Assembleia Geral

Presidente: Manuel Fernandes Laranjeira - Prof. Catedrático da FCT-UNL.

1.º Secretário: Manuel Pereira de Barros - Prof. Catedrático da FC-UP.

2.º Secretário: M.ª Odete Canelas de Castro — Prof.ª Efectiva da Esc. Sec. Infanta D. Maria.

Conselho Fiscal

Presidente: J. Leopoldo Guimarães - Prof. Catedrático da FCT-UNL.

Secretário: José Artur Oliveira Marques - Prof. Efectivo da Esc. Sec. de André Gouveia.

Relator: Carlos Manuel de Sousa Oliveira - Investigador Auxiliar do ICTN do LNETI.

Secretariado Geral

Secretário-Geral: Carlos Matos Ferreira - Prof. Catedrático do IST-UTL.

Secretário-Geral Adj. (Int.): Margarida Telo da Gama — Prof.ª Associada da FC-UL.

Secretário-Geral Adj. (Nac.): Ana Maria Eiró - Prof.ª Associada da FC-UL.

Tesoureiro: Maria Margarida C. Martins da Cruz - Prof.ª Aux. da FC-UL.

DELEGAÇÃO REGIONAL DO SUL e ILHAS

Direcção

Presidente: António Moreira Gonçalves - Prof. Associado da FC-UL.

Secretário: Manuel Ribeiro da Silva - Prof. Auxiliar do IST.

Tesoureiro: Eduardo Alves - Investigador do ICEN.

Vogais: João Joia da Silva — Prof. Efectivo do Ensino Secundário; Carlos Dias - Prof. Efectivo do Ensino Secundário.

Mesa da Assembleia Geral Regional

Presidente: Luís Fraser Monteiro - Prof. Catedrático da FCT-UNL.

1.º Secretário: António de Almeida Melo - Prof. Associado da FC-UL.

2.º Secretário: Eduardo Martinho - Investigador do ICEN.

DELEGAÇÃO REGIONAL DO CENTRO

Direcção

Presidente: M.ª Margarida Ramalho Ribeiro da Costa - Prof.ª Catedrática da FCT-UC.

Secretário: Lucília Pires de Brito - Prof.ª Auxiliar da FCT-UC.

Tesoureiro: Francisco Amaral Fortes de Fraga - Assistente do Dep. de Física da FCT-UC.

Vogais: Elisa Maria Pereira da Silva Prata Pina - Assistente Convidada do Dep. de Física da FCT-UC; Maria Isabel A. G. de Melo Borges de Castro - Prof.ª Efectiva da Esc. Sec. Infanta D. Maria.

Mesa da Assembleia Geral Regional

Presidente: Nuno Ayres de Campos Barbosa - Prof. Catedrático da FCT-UC.

1.º Secretário: Pedro Almeida Vieira Alberto - Prof. Auxiliar da FCT-UC.

2.º Secretário: Maria Benilde Faria de Oliveira e Costa - Assistente do Dep. de Física da FCT-UC.

DELEGAÇÃO REGIONAL DO NORTE

Direcção

Presidente: Manuel Joaquim Bastos Marques - Prof. Auxiliar da FC-UP.

Secretário: Rafaela Agostinho Marques da Silva Prata Pinto - Prof.ª Auxiliar da FC-UP.

Tesoureiro: Maria de Fátima Gonçalves da Mota - Prof.ª Auxiliar da FC-UP.

Vogais: Adriano António de Luz Sampaio e Sousa - Prof. Efectivo do Ensino Secundário; José Luís Campos Oliveira Santos - Prof. Auxiliar da FC-UP.

Mesa da Assembleia Geral Regional

Presidente: João António de Bessa Meneses e Sousa - Prof. Catedrático da FC-UP.

1.º Secretário: Maria de Fátima Fernandes Pinheiro - Prof.ª Auxiliar da FC-UP.

2.º Secretário: Luís Miguel Bernardo - Prof. Associado da FC-UP.

ELEITO NOVO PRESIDENTE DA SPF PARA O TRIÉNIO 1993-1995

Na sua primeira reunião, realizada no dia 23 de Março, o novo Conselho Directivo da SPF elegeu por unanimidade o Professor Doutor João Bessa Sousa como Presidente da Sociedade para o triénio 1993-1995. O Doutor João Bessa Sousa é Professor Catedrático de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e tem-se dedicado intensamente à vida da nossa Sociedade, onde desempenha já há vários anos as funções de Director da Gazeta de Física e de Coordenador da Divisão Técnica de Física da Matéria Condensada. Já desempenhou também as funções de Secretário-Geral para os Assuntos Internacionais no triénio 1987-1989.

SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Porto, 30 de Maio a 6 de Junho de 1993

A próxima *Semana de Ciência e Tecnologia*, da ACTD — Associação de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento, realizar-se-á na EXPONOR, de 30 de Maio a 6 de Junho, com o financiamento das Secretarias de Estado da Ciência e Tecnologia e da Juventude. A exposição estará aberta das 10 às 17h para as escolas, e das 17 às 20h para o grande público nos dias de semana (das 10 às 20 h nos fins de semana, para o grande público). Os visitantes terão a oportunidade de experimentar e jogar com conceitos e demonstrações de um vasto espectro de domínios científicos, tendo como temática a *Energia*. Em paralelo haverá diversos colóquios, nomeadamente sobre *Divulgação de Ciência e Tecnologia* em (29 de Maio, dia da inauguração), e sobre *Ambiente, Materiais, Biotecnologia, Astrofísica*, para o grande público, nas tardes dos dias 1, 2, 3 e 4 de Junho, das 15 às 17 horas.

FIRST IBERIAN JOINT MEETING ON ATOMIC AND MOLECULAR PHYSICS

Lisboa, 5 a 7 de Julho 1993

COMISSÃO ORGANIZADORA: Fernando C. Parente (U. Lisboa) (*Secretary*), Maria Teresa Gonçalves Ramos (U. Lisboa), Maria Isabel Alves Marques (U. T. Lisboa), Maria Luísa Carvalho (U. Lisboa), Gerardo Delgado-Barrio (C.S.I.C.), J. Bertran Rusca (U. Central Barcelona), A. G. Ureña (U. Complutense Madrid), M. Yañez (U. Autònoma Madrid)

O 1.º Encontro de Física Atómica e Molecular terá lugar em Lisboa de 5 a 7 de Julho de 1993, no Departamento de Física da Universidade de Lisboa, sendo organizado conjuntamente por este Departamento e a Divisão Técnica de Física Atómica e Molecular da Sociedade Portuguesa de Física.

O objectivo deste encontro científico é o de promover o relacionamento entre cientistas Portugueses e Espanhóis da área de Física Atómica e Molecular, com vista a futuras colaborações.

Para informações contactar:

Secretário do «1st Iberian Meeting on Atomic and Molecular Physics»

Departamento de Física da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Edifício C1, 4.º Piso, 1700 LISBOA - PORTUGAL

Tel. 351-1-7573141 Ext. 2161 • Fax: 351-1-7573619 • E-mail: Parente@PTEARN.BITNET

ACÇÃO DE FORMAÇÃO EM FÍSICA DE PLASMAS

Lisboa, 5 e 6 de Julho de 1993

Os importantes avanços científicos e tecnológicos que tiveram lugar neste século levaram ao surgimento de novos capítulos da Física, os quais não têm merecido uma divulgação apropriada junto das camadas mais jovens. Como consequência, resulta que os programas para o ensino da disciplina de Física nas Escolas Secundárias apenas muito lentamente têm incorporado novas matérias, e áreas há que continuam a ser ignoradas.

Com o propósito de permitir uma divulgação junto dos mais jovens, a Sociedade Portuguesa de Física, através da sua Divisão Técnica de Física dos Plasmas, e o Centro de Fusão Nuclear vão organizar uma acção de formação nesta área, para os professores de Física do Ensino Secundário. Esta acção será constituída por uma série de lições dadas por diferentes especialistas, professores do Instituto Superior Técnico, e por visitas a laboratórios, e decorrerá no anfiteatro do Complexo Interdisciplinar do Instituto Superior Técnico, nos dias 5 e 6 de Julho de 1993.

A acção de formação tem um custo por participante de 2500 escudos para os sócios da Sociedade Portuguesa de Física e 4000 escudos para os não sócios. A importância deverá ser paga por meio de cheque, passado à Divisão Técnica de Física de Plasmas da SPF, e ser enviada ao mesmo tempo que a ficha de inscrição para: Prof. Carlos Fonseca Varandas, Centro de Fusão Nuclear, Instituto Superior Técnico, 1096 Lisboa Codex. O custo desta inscrição cobrirá as despesas com a organização e dará direito a que cada participante receba, no início do primeiro dia, um volume com os textos escritos das diferentes lições. Cada participante receberá, no fim do segundo dia, um certificado comprovativo da sua presença.

O número de participações é limitado.

20th EPS CONFERENCE ON CONTROLLED FUSION AND PLASMAS PHYSICS

Lisboa, 20 e 30 de Julho de 1993

Organizada conjuntamente pela Sociedade Portuguesa de Física e pelo Centro de Fusão Nuclear do IST esta conferência terá lugar de 26 a 30 de Julho de 1993, na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa.

Para mais informação contactar: Prof. J. A. Costa Cabral (Chairman, Local Organizing Committee), Prof. M. E. Manso (Secretary, Local Organizing Committee), Centro de Fusão Nuclear, Instituto Superior Técnico, 1096 Lisboa Codex, Tel. 8473421, Fax. 8499242.

EPS 9
TRENDS IN
PHYSICS
Firenze, September
14 - 17, 1993

Conference Chairman

R. A. Ricci

Program Committee Chairman

E. Brézin

Organizing Committee

V. Tognetti, Chairman
A. M. Cartacci, Scientific Secretary
F. Bogani, Treasurer
G. Ferasin, Secretary
Dept. Fisica, Università di Firenze
Largo E. Fermi, 2
I-50125 Firenze (Italy)
Tel. ++39-55-2298141
Fax ++39-55-229330
e-mail DECNET VAXFI::EPS9
BITNET EPS9@FI.INFN.IT

Organizing Secretariat

O. I. C. Medical Press s.r.l.
Via La Marmora, 24
50121 Firenze (Italy)
Tel. ++39-55/5000631
Telefax ++39-55/5001912 - 570227

Abstracts

A prospective author must submit an abstract to be received by April 2, 1993. The abstract should explain clearly the purpose and scope of the work and the new results obtained. Abstract should be prepared in the camera-ready format. They should be sent to EPS 9, Prof. A. M. Cartacci, Dipartimento di Fisica Università di Firenze, Largo E. Fermi 2, I-50125 Firenze, Italy

Plenary lectures

W. Buckel, Karlsruhe (D)

- F. T. Arecchi, Firenze (I)
G. Charpak, Geneva - CERN (F)
C. Cohen-Tannoudji, Paris (F)
P. G. de Gennes, Paris (F)
J. Ellis, Geneva - CERN (U.K.)
E. Fiorini, Milano (I)
Y. Imry, Rehovot (IL)
W. Krätschmer, Heidelberg (D)
S. B. Luitjens, Eindhoven (NL)
J. Mason, London (U.K.)
A. Pais, New York (USA)
G. Parisi, Roma (I)
M. J. Rees, Cambridge (U.K.)
H. Rohrer, Zürich (CH)
C. Rubbia, Geneva - CERN (I)
P. J. Twin, Liverpool (U.K.)
D. J. Wallace, Edinburgh (U.K.)
P. Wyder, Grenoble (CH)

On the responsibility of scientists to the public.

Cecil Powell Memorial Lecture

- Space-Time Chaos and Topological Defects in Optics
From Detector Physics to Medical Applications
Laser Cooling and trapping of Atoms
4000 Years of Polymer Research
Known and Unknown Matter
Solar Neutrinos
Mesoscopic Disordered Systems
Fullerenes and Fullerites: New Forms of Carbon
Recent Developments in Storage Density of Magnetic Optical Recording
The Greenhouse Effect and Global Warming
History of Physics
Immunological Networks
The Emergence of Structure in the Universe
The Dawn of Nanometrage
To be announced
Superdeformed Nuclei
Physics with Supercomputers
Physics in High Magnetic Fields

Parallel Symposia

1. **Physics with Synchrotron Radiation** - *Organizer:* Prof. M. Altarelli, Grenoble (F)
2. **Optics and Interferometry with Atoms** - *Organizer:* Prof. A. Aspect, Orsay (F)
3. **Quantum Wells and Semiconductors** - *Organizer:* Prof. G. Bastard, Paris (F)
4. **Interplay between Particle Physics and Astrophysics** - *Organizer:* Prof. E. Bellotti, Milano (F)
5. **History of Physics** - *Organizer:* Prof. F. Bevilacqua, Pavia (I)
6. **Inertial Fusion** - *Organizer:* Prof. R. Bock, Darmstadt (D)
7. **Soft Matters: Polymers, Liquid Crystals, Aerogels** - *Organizer:* Prof. P. Pieranski, Orsay (F)
8. **Local Probes: STM** - *Organizer:* Dr. U. Dürig, Rüschlikon (CH)
9. **Femtosecond Spectroscopy** - *Organizer:* Prof. G. Gerber, Freiburg (D)
10. **Liquid-Glass Transition** - *Organizer:* Dr. T. Geszti, Budapest (H)
11. **Exotic Nuclei** - *Organizer:* Prof. P. Gregers-Hansen, Aarhus (DK)
12. **Magnetic Multilayers** - *Organizer:* D. P. Gruenberg, Jülich (D)
13. **Fluid Surfaces** - *Organizer:* Prof. W. Helfrich, Berlin (D)
14. **Flux Physics** - *Organizer:* Dr P. H. Kes, Leiden (NL)
15. **Standard Model and beyond** - *Organizer:* Prof. C. Kounnas, Geneva (CH)
16. **Non-ideal Plasmas** - *Organizer:* Dr. W. D. Kräft, Greifswald (O)
17. **Optics and Quantum Mechanics** - *Organizer:* Dr. D. Lenstra, Amsterdam (NL)
18. **Physics in a Changing World** - *Organizer:* Dr. E. W. A. Lingeman, Amsterdam (NL)
19. **Low Dimensional Systems and Mesoscopic Systems** - *Organizer:* Dr. P. C. Main, Nottingham (UK)
20. **Collisions of Multiply Charged Ions with Surfaces and Gases** - *Organizer:* Prof. R. Morgenstern, Groningen (NL)
21. **Accelerators, Storage Rings** - *Organizer:* Dr. M. Promé, Saclay (F)
22. **Statistical Mechanics: Rigorous Results, 2D Systems** - *Organizer:* Prof. M. Rasetti, Torino (I)
23. **Heavy Ions** - *Organizer:* Prof. H. J. Specht, Heidelberg (D)
24. **Quantum Fluids** - *Organizer:* Prof. S. Stringari, Trento (I)

Fees

- Individual Ordinary Members ITL260,000 (300,000)
- Members of National or Collaborating Societies ITL300,000 (350,000)
- Non-Members ITL380,000 (450,000)
- Students ITL100,000 (120,000)
- Accompanying persons ITL 50,000 (70,000)

DEADLINES AND ADDRESSES			
ABSTRACTS		REGISTRATION / ACCOMMODATION	
Deadline	April 2, 1993	Deadline	May 15, 1993
Send	Abstract + application form	Send	Enclosed registration form
To	Prof. A. M. Cartacci Dipartimento di Fisica Università di Firenze Largo E. Fermi 2 I-50125 Firenze, Italy	To	EPS 9 - Organizing Secretariat O. I. C. Medical Press s.r.l. Via La Marmora 24 I-50125 Firenze, Italy

NO PRÓXIMO NÚMERO

G A Z E T A D E

FÍSICA

FULLERENOS

FUSÃO TERMONUCLEAR