

G A Z E T A D E

FÍSICA



REESTRUTURAÇÃO DA
SOCIEDADE EUROPEIA
DE FÍSICA

PARTICIPAÇÃO DOS
SÓCIOS DA SPF NAS
ACTIVIDADES DA EPS



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

VOL 17 • FASC. 4 • 1994 • PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL • OUTUBRO/DEZEMBRO

CARTA ABERTA AOS SÓCIOS DA SPF

Caros Sócios da SPF,

O ano de 1995 vai trazer alterações profundas na vida da nossa Sociedade que se traduzirão, em particular, num claro acréscimo de regalias para os seus sócios.

Com efeito, a partir de 1995 todos os sócios da Sociedade Portuguesa de Física passarão a receber gratuitamente a revista *Europhysics News*, que lhes será directamente expedida pela SPF. Poderão também inscrever-se em quaisquer Divisões ou Grupos Interdivisionais da European Physical Society (EPS), passando a usufruir de todos os direitos e privilégios dos membros dessas Divisões e Grupos (como os de participar nas suas actividades e de votar e ser eleito para os respectivos órgãos directivos).

Estas regalias são oferecidas aos sócios de todas as Sociedades membras da EPS e resultam duma profunda alteração introduzida nos seus Estatutos. Com esta alteração, a EPS transforma-se numa instituição mais aberta e mais representativa, abrangendo um universo de cerca de 60 000 físicos europeus.

Estamos certos que a oportunidade assim oferecida aos nossos sócios de participarem na vida da EPS e de serem regularmente informados sobre as actividades da Física e dos físicos na Europa e em todo o mundo, constituirá para muitos uma enorme fonte de enriquecimento profissional e cultural. Neste número da *Gazeta de Física* publica-se na íntegra a Directoria da actual EPS, com uma descrição exaustiva de toda a sua estrutura e órgãos, com o objectivo de dar uma ideia do universo que se abre aos sócios da nossa Sociedade.

Mas pretendemos que 1995 não fique apenas marcado pela nova articulação com a EPS. Importa também desenvolver as actividades de todas as Divisões Técnicas da nossa Sociedade, em particular da Divisão Técnica de Educação, agora num contexto mais alargado, consolidar algumas iniciativas tomadas no passado recente, como, por exemplo, a renovação da *Gazeta de Física*, a organização das Olimpíadas Nacionais em novos moldes (que permitam seleccionar e preparar adequadamente a equipa que representa o nosso país na Olimpíada Internacional de Física), a reorganização da gestão administrativa da SPF, facilitando toda a comunicação entre os seus órgãos e entre estes e os sócios. Este ano será igualmente decisivo no que respeita ao planeamento da conferência EPS 10 - *Trends in Physics* a realizar em 1996, como já foi divulgado, numa realização conjunta da nossa Sociedade com a Real Sociedade Espanhola de Física.

O acréscimo que progressivamente se tem vindo a registar nas actividades da SPF envolve, como é natural, um aumento significativo das despesas e exige cada vez mais capacidade de auto-financiamento. Não é possível sobreviver hoje com um orçamento fortemente dependente de subsídios, a menos que voltemos a um nível de actividade muito reduzida. Por exemplo, os subsídios anuais obtidos para a *Gazeta* não cobrem metade das despesas e nenhum subsídio virá ajudar ao esforço financeiro necessário para distribuir a *Europhysics News*. Parece claro, assim, que a SPF terá que entrar num novo ciclo da sua existência caracterizado por uma maior maturidade institucional e independência financeira. Tal não será possível sem o contributo

Gazeta de Física

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

ISSN: 0367-3561

Registo na DGCS n.º 107280 de 13/5/80

Depósito Legal n.º 51419/91

Publicação Trimestral

N.º 4 - 1994

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 (FCTUC)

Comissão de Redacção e Administração

Carlos Matos Ferreira (IST)

Margarida Telo da Gama (FCUL)

Ana Maria Eiró (FCUL)

Maria Margarida Cruz (FCUL)

Preparação e Revisão de Texto

Florbela Martins Teixeira

Execução Gráfica

Imprensa Portuguesa

Rua Formosa, 108-116 - 4000 Porto

Telefone (02) 2002466

Fax (02) 2015105

Tiragem: 2500 exemplares

Preço avulso: 600\$00

Assinatura anual (quatro números):

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

35 US dólares (estrangeiro)

Publicação subsidiada pela Junta Nacional
de Investigação Científica e Tecnológica

decisivo de todos os sócios, através do pagamento das suas quotas.

Estes novos desafios e necessidades acrescidas da Sociedade foram claramente expostas, em nome do Conselho Directivo, à Assembleia Geral da SPF, que teve lugar em 20 de Setembro passado na Covilhã, como justificação de uma proposta de aumento de quota. Esta Assembleia Geral aprovou assim o aumento, para cinco contos, da quota anual dos sócios efectivos em 1995, e para seis contos em 1996. Embora estes aumentos sejam significativos, eles são sem dúvida imprescindíveis. Atendendo a que nem todos os sócios da SPF puderam estar presentes na referida Assembleia Geral, consideramos nosso dever apresentar esta breve explicação.

Esperamos poder continuar a contar com todo o vosso apoio para desenvolver a nossa Sociedade e melhorar os serviços que presta à comunidade dos físicos portugueses.

21.Dez.94

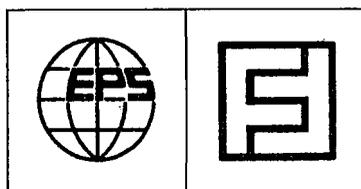
Com as nossas cordiais saudações,

JOÃO BESSA SOUSA

Presidente da SPF

CARLOS MATOS FERREIRA

Secretário-Geral da SPF



SUMÁRIO

0

CARTA ABERTA AOS SÓCIOS DA SPF

2

AS OBSERVAÇÕES ASTRONÓMICAS E OS NOVOS PROGRAMAS DE FÍSICA

Guilherme de Almeida

7

ASTROFÍSICA, CLIMA E TECNOLOGIA

George Marx

13

TÉCNICA DE DEPOSIÇÃO DE FILMES COM IMPULSOS LASER

A. A. C. S. Lourenço, J. R. Salcedo, J. A. Mendes, J. M. Moreira, V. S. Amaral, J. B. Sousa

23

OLIMPIADAS DE FÍSICA

26

DIRECTÓRIO DA SOCIEDADE EUROPEIA DE FÍSICA

33

ÍNDICE DO VOL. 17 DA GAZETA DE FÍSICA

AS OBSERVAÇÕES ASTRONÓMICAS E OS NOVOS PROGRAMAS DE FÍSICA

Telescópios e outros instrumentos de observação

GUILHERME DE ALMEIDA

Escola Secundária Marquês de Pombal — Lisboa

A Astronomia chegou em boa hora aos novos programas de Física e Química do 8.º ano de escolaridade, componente de Física. Pretende-se neste artigo desmistificar a ideia profundamente arraigada de que as observações astronómicas implicam sempre a utilização de instrumentos sofisticados e a posse de grandes conhecimentos. Serão referidas diversas possibilidades de observação a olho nu, com binóculos e com pequenos telescópios, bem como alguns aspectos a ter em conta na escolha destes últimos aparelhos. Na última parte serão descritas algumas actividades e instrumentos de fácil construção e de utilização simples, capazes de permitir, ao nível de uma iniciação, a medição de distâncias angulares entre astros.

Durante a Conferência Nacional de Física (Física 94)/4.º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, apresentámos uma comunicação sobre os telescópios. O presente artigo é mais diversificado e apresenta novos tópicos, acompanhados de algumas sugestões de observações astronómicas e de diversas actividades.

1. Os olhos do observador

Foram e são, indiscutivelmente, o primeiro instrumento de observação. Com eles estabeleceram-se as constelações (mais de metade delas já era conhecida na Antiguidade) e identificaram-se os 5 planetas brilhantes. Foi também sem a ajuda de instrumentos de óptica que os Babilónios identificaram a eclíptica e Hiparco (séc. II a.C.) fez um catálogo de estrelas e descobriu a precessão dos equinócios, fenómeno extremamente lento, com o período de cerca de 26 000 anos! Kepler (1571-1630) baseou-se em tabelas de posições dos planetas, que lhe foram legadas por Tycho Brahe (1546-1601) também

elaboradas sem telescópios. Estas são apenas algumas das realizações que foram possíveis antes das primeiras observações com telescópios, feitas por Galileu, em 1609.

É também a olho nu que se tem acesso ao “funcionamento da esfera celeste”, compreendendo as suas particularidades. Entre estas últimas são de referir noções fundamentais tais como o zénite, o nadir, o horizonte, os pólos celestes, o meridiano celeste local, o equador celeste, a eclíptica, a altura e azimute de um astro, etc.

Não é pois de desprezar a observação do céu à vista desarmada, único modo de se dispor de um campo de visão amplo, permitindo relacionar as posições relativas das constelações na esfera celeste.

Só depois de se conhecer algumas constelações e várias estrelas brilhantes, identificando-as com segurança, é que será apropriado utilizar um binóculo. Antes disso, será prematuro. Posteriormente, para melhor explorar determinadas regiões do céu, poder-se-á utilizar um pequeno telescópio.

Observações à vista
desarmada

Observações com
binóculos

Uso de telescópios

Conselhos práticos

Actividades de campo

Bibliografia básica

2. Considerações sobre a observação do Sol

Observar o Sol *sem* protecção adequada é *extremamente perigoso*, mesmo a olho nu. Neste último caso, para observações de curta duração (não mais de 15 segundos), pode-se utilizar como filtro dois pedaços de película fotográfica sobrepostos (necessariamente película a preto-e-branco, para uma protecção adequada), previamente enegrecidos por exposição à luz. Estes pedaços de película fotográfica são fáceis de obter numa loja de artigos fotográficos, pois trata-se de desperdícios.

A observação do Sol, com binóculos ou com telescópios, só deverá ser feita pelo processo da projecção, o *único absolutamente seguro*, utilizando meios simples (é necessário diafragmar a objectiva do aparelho). Este processo tem a vantagem adicional de permitir a observação simultânea da nossa estrela por várias pessoas ao mesmo tempo. É também possível medir o tamanho das manchas solares e comprovar a rotação do Sol, fenómeno interessante e inesperado para os alunos.

Em caso algum se deverá permitir que, na observação do Sol, os alunos *aproximem* o olho da ocular, seja com binóculos ou com telescópios. Também não são seguros os processos de observação baseados no uso de filtros montados junto à ocular.

3. Os binóculos

Para utilização no âmbito da Astronomia, os binóculos 7 × 50 (ampliação de 7 vezes e objectivas com 50 mm de diâmetro) representam o compromisso ideal entre o preço, o peso (ligado ao conforto das observações e à facilidade de transporte) e as possibilidades de observação propriamente ditas. Devem ser utilizados, de preferência, fixados a um tripé fotográfico, o que melhora consideravelmente as condições de observação, evitando ao mesmo tempo a fadiga e permitindo que várias pessoas observem sucessivamente a mesma região do céu. Permitem aceder à observação de estrelas de 10.^a magnitude. No caso das observações a olho nu, são de 6.^a magnitude as estrelas que estão no limiar de visibilidade de um observador com boa visão, situado num local onde as condições de observação sejam excelentes.

Com esta ajuda óptica relativamente simples e acessível, passamos a poder observar mais de 150 000 estrelas, em vez das cerca de 2500 que podemos ver a olho nu, num dado local e num dado instante, por melhores que sejam a nossa visão e as condições do local onde nos encontramos. Abrem-se ainda outras possibilidades, como veremos adiante.

4. Os telescópios

A curiosidade pelas observações astronómicas suscita o desejo de empreender explorações mais elaboradas. Para isso, um telescópio reflector, preferencialmente de Newton e montado equatorialmente, constitui a escolha ideal. A parte mecânica que suporta o telescópio, assim como a montagem equatorial, deverão ser sólidas e robustas, incluindo comandos de movimentos lentos (comandos micrométricos) nos dois eixos, para facilitar o seguimento dos astros observados e as correcções de pontaria.

O diâmetro (abertura) do espelho primário (objectiva) deverá situar-se entre os 80 mm e os 125 mm: abaixo destes valores, as possibilidades de observação serão mais limitadas; aberturas maiores tornarão o aparelho mais pesado, difícil de transportar e de preço menos convidativo.

A amplificação angular dos telescópios, aqui referida abreviadamente como “amplificação”, é muitas vezes indicada como “ampliação” no comércio de telescópios; nos catálogos surge como “*power*”, ou como “*grossissement*”.

Para determinadas observações (por exemplo no caso da Lua, do Sol ou dos planetas brilhantes), uma luneta (telescópio refractor) com objectiva de 60 mm de abertura poderá servir, embora o seu poder separador seja inferior ao do aparelho anteriormente referido.

Contrariamente a determinados “argumentos” de venda, a máxima amplificação possível não é tão “optimista” como por vezes se afirma. Quem adquirir uma luneta de 60 mm de abertura esperando obter boas imagens com as ampliações anunciadas de 300× terá certamente uma grande decepção.

Pelas mesmas razões, um telescópio de 100 mm de abertura, de boa qualidade, poderá dar boas imagens com ampliações até cerca de 150× e imagens por vezes aceitáveis com 200×; em circunstâncias *excepcionais*, e para a observação de estrelas duplas, poder-se-á utilizar 240×, e não mais. Quanto maior for a amplificação, mais se farão notar as turbulências atmosféricas e os efeitos das correntes de convecção, prejudicando a nitidez e a estabilidade das imagens que observamos. Tudo seria diferente, para melhor, (no que se refere estritamente à nitidez das imagens que os telescópios nos dão), se entre os telescópios e os objectos observados existisse apenas o vácuo. Como dizia o famoso astrónomo francês André Couder, “*l'air est la plus mauvaise partie de l'instrument*”.

As grandes ampliações também exigem que o telescópio tenha mecânicas mais elaboradas, e mais caras, para se poderem utilizar sem aborrecimentos.

Não desanimemos. Tudo o que Galileu fez, do ponto de vista das observações astronómicas (e fez bastante), foi

conseguido com uma luneta modesta de cerca de 44 mm de abertura e amplificação de 20x (32x se se der crédito a alguns documentos históricos). A amplificação não é tudo, nem é a característica mais importante dos telescópios, embora por vezes seja realmente necessária para determinadas observações. A capacidade de captação de luz, dada pela razão entre a área da objectiva e a da pupila dos nossos olhos adaptados à obscuridade (diâmetro de cerca de 7 mm) é muito importante para a detecção de corpos celestes de fraca luminosidade. O poder separador, que determina a capacidade do telescópio para permitir a detecção de pormenores nas imagens observadas é directamente proporcional à abertura do aparelho. Uma boa mecânica também é essencial, como já se referiu.

5. Possibilidades de observação

Não existe tradição de observações astronómicas no nosso Ensino Básico e Secundário. Estão agora integradas no novo programa da disciplina de Físico-Químicas do 8.º ano (unidade temática *Nós e o Universo*, na componente de Física), que sugere a sua realização. Trata-se de uma decisão acertada.

É há muito reconhecida a curiosidade e fascínio que os jovens manifestam relativamente ao Universo observável.

É ainda importante assinalar o valor formativo das observações astronómicas. O confronto entre um modelo teórico e a experiência, passo fundamental na validação de qualquer teoria física, é de extraordinário valor formativo para os alunos. No caso presente, podem-se realizar (e interpretar facilmente) observações que contrariam o geocentrismo.

Mesmo sem equipamento sofisticado, há imensas observações possíveis. O professor pode seleccionar algumas delas, ou distribuí-las por grupos de alunos (como é óbvio, nem todas estarão disponíveis em simultâneo). Eis *algumas dessas observações*:

5.1. Observações sem instrumentos de óptica

Aprendizagem das principais constelações. Identificação das estrelas mais brilhantes, associando-as aos nomes correspondentes. Distinção entre estrelas e planetas. Acompanhamento das sucessivas posições dos planetas brilhantes, relativamente às constelações. Reconhecimento das cores das estrelas mais brilhantes. Observação da Via Láctea (se as condições locais de observação forem satisfatórias). Medição das distâncias angulares entre estrelas, ou entre estrelas e planetas.

Convém que as condições de observação sejam suficientes: pouca iluminação ambiente, ar pouco poluído, noites de céu límpido. É também necessário esperar que os olhos se adaptem à obscuridade (basta aguardar pelo menos 10 minutos, já no local de observação, para que nos apercebamos de que já vemos muito mais estrelas do que quando lá chegámos); isto também é importante no caso das observações com binóculos e com telescópios. Evite-se também o luar, que incomoda bastante, a não ser que o nosso alvo seja a própria Lua, ou os planetas brilhantes.

No entanto, não se exagere com as exigências: mesmo dentro das cidades, a menos que se esteja em zonas fortemente iluminadas, será possível identificar várias constelações.

A identificação das constelações faz-se por confrontação entre um mapa (iluminado com luz vermelha, para que não se perca a adaptação dos olhos à obscuridade) e o céu, utilizando estrelas brilhantes como referência para, a partir delas, definir direcções na esfera celeste que nos conduzam a outras estrelas e correspondentes constelações (método dos alinhamentos). Este procedimento é mais fácil e interessante se do local de observação se puder ver uma extensão ampla do céu.

Para que este método se possa pôr em prática, é necessário que os alunos aprendam previamente a identificar pelo menos *uma* constelação que possa servir como ponto de partida, na região do céu onde se pretende fazer o reconhecimento. A Ursa Maior, o Oriente, e o Escorpião são exemplos de bons “pontos de partida”. Os alunos podem e devem saber identificar *algumas* constelações no céu. Não se deverá, contudo, exigir que identifiquem constelações pouco óbvias, nem se lhes deve apresentar desenhos ou fotografias onde a constelação cuja identificação é pedida tenha sido “cortada”, a ponto de não se verem constelações vizinhas que possam servir para ajudar a essa identificação.

5.2. Observações com binóculos (7x 50 ou 10x 50)

Reconhecimento dos principais “mares” na superfície da Lua e identificação das maiores crateras (utilizando um mapa da superfície lunar). Observação e acompanhamento do movimento de translação dos satélites de Júpiter. Reconhecimento das cores das principais estrelas. Observação de algumas estrelas duplas. Observação de enxames de estrelas (globulares e abertos). Exploração da Via Láctea. Observação de campos de estrelas no plano da Via Láctea. Exploração geral do céu. É sempre vantajoso que existam condições razoáveis de observação: pouca iluminação ambiente, ar pouco poluído, noites de céu límpido.

5.3. Observações com telescópios

Observação do relevo da superfície lunar. É possível ver com surpreendente nitidez muitas crateras, os “mares”, vales e montanhas à superfície do nosso satélite, fazendo a correspondente identificação (com o auxílio de um mapa da superfície da Lua). Observação das ocultações de estrelas e planetas pela Lua. Observação das fases de Vénus (e reconhecimento de que essa observação é incompatível com uma concepção geocêntrica do Sistema Solar). Acompanhamento do movimento de translação dos 4 maiores satélites de Júpiter (além da observação do planeta). Observação de Saturno, dos seus anéis e de *Titã*, o seu maior satélite. Observação dos planetas Mercúrio e Marte (embora estes planetas apresentem pouco interesse quando vistos com um telescópio pequeno).

Observação das manchas solares (sem perigo), e verificação da rotação do Sol (as observações do Sol, embora seguras, requerem a presença do professor). Reconhecimento das cores das estrelas. Observação de estrelas duplas. Observação de muitos enxames de estrelas (globulares e abertos). Se as condições locais forem satisfatórias (pouca iluminação ambiente, ar pouco poluído, noites de céu límpido) será ainda possível observar algumas nebulosas e até uma ou outra galáxia.

6. Outras actividades

Será interessante que os alunos tentem fazer, por si mesmos, mapas celestes parcelares representando quatro ou cinco constelações. Podem também fazer um mapa das constelações próximas do equador celeste (a partir de um mapa já existente) abrangendo, por exemplo, as declinações entre $+40^\circ$ e -40° . Se este mapa for emoldurado e coberto com um vidro (ou com um acetato, para que não quebre), poderão marcar-se sobre ele as posições em que a Lua e os planetas brilhantes vão sendo observados. Essas posições serão actualizadas de tempos a tempos, vendo-se que os diversos planetas não “evoluem” entre as constelações com a mesma rapidez.

É também possível acompanhar o movimento diurno do Sol e as suas alterações ao longo do ano (pela sombra de uma vara cravada no solo, ao meio-dia solar), fazendo a correspondente interpretação.

Por meio de observações sistemáticas podem determinar-se aproximadamente as datas dos solstícios e dos equinócios.

Observando periodicamente o céu pouco depois do pôr do Sol, (por exemplo de 15 em 15 dias), é possível comprovar a “marcha” da nossa estrela relativamente às constelações. Deste modo é possível detectar a translação da Terra.

O *quadrante* (Fig. 1) é muito fácil de construir e de utilizar. Basta cortar um quarto de círculo em madeira (por exemplo, em contraplacado de 6 mm de espessura), com cerca de 30 a 40 cm de raio. Gradua-se de 0° a 90° , com um transferidor. Crava-se um prego pequeno junto ao vértice recto, do qual se suspende um fio com um pedaço de chumbo de pesca, ou uma porca de ferro, com cerca de 10 g (esta massa não é crítica). Se não se quiser ter muito trabalho, também se pode utilizar uma placa quadrada, desde que se desenhe correctamente a escala.

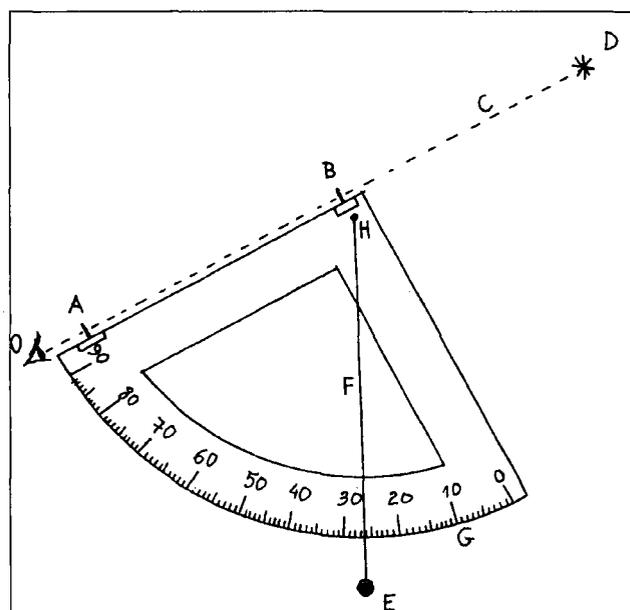


Fig. 1 — O quadrante. A e B — pinulas com orifícios de pontaria; C — direcção de pontaria; D — astro visado, do qual se está a medir a altura; E — massa suspensa, para que o fio F defina a vertical; G — escala; H — prego para suspensão do fio; O — olho do observador.

Tudo o que há a fazer, para utilizar este quadrante, é visar o astro e ler a sua *altura* na escala graduada. Convém que sejam duas pessoas a fazer a medição: uma visa o astro e a outra faz a leitura, amortecendo com a mão as oscilações do fio de prumo improvisado. Evita-se assim a fadiga muscular da pessoa que segura o quadrante. Este instrumento também se pode montar sobre uma haste vertical, procedendo de modo a que tenha mobilidade em torno de dois eixos (horizontal e vertical). Com este instrumento simples também se pode determinar aproximadamente a latitude do lugar de observação, medindo a altura da estrela polar.

A construção de uma *balestilha* (Fig. 2) é muito simples, utilizando dois pedaços de madeira; como os alunos do 8.º ano ainda não conhecem a trigonometria, a vara mais longa (chamada *virote*) será graduada empiricamente, utilizando um transferidor e um fio fino (este último servirá para ligar o vértice do ângulo, onde o obser-

vador coloca o olho, com a extremidade da haste transversal (chamada *soalha*). Pode-se então medir o ângulo assim estabelecido (que é metade do ângulo definido de ponta a ponta da *soalha*). As marcações (escala) a fazer no virote deverão por isso corresponder aos ângulos segundo os quais se vê a *soalha* (a haste menor), à medida que esta ocupa sucessivas posições sobre aquele.

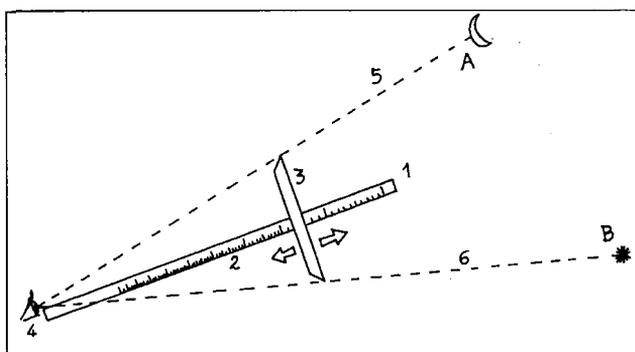


Fig. 2 — A balestilha. 1 — virote; 2 — escala do virote; 3 — soalha; 4 — olho do observador; 5 e 6 — direcções de pontaria; A e B, astros visados, entre os quais se pretende medir a distância angular.

Para isso, a soalha é furada, de modo a poder deslizar sobre o virote.

O olho do observador situa-se junto à extremidade do virote. Para medir a distância angular entre dois pontos A e B (por exemplo entre duas estrelas ou entre uma estrela e um planeta), com este instrumento, procede-se do seguinte modo:

Aponta-se o virote de modo a que uma das extremidades da soalha coincida com o ponto A. Faz-se então deslizar a soalha, até que uma das suas extremidades coincida com a direcção de A e a outra com a de B. Pode-se então ler, na escala do virote (já graduada) a distância angular entre A e B.

Podem-se construir modelos de balestilhas para grandes distâncias angulares, digamos até 50° e outros por exemplo só até 10° (com soalhas mais curtas). A escala não é linear, e as suas divisões vão-se tornando mais compactas à medida que se aproximam do olho do observador (do qual não se deverão aproximar a menos de 25 a 30 cm).

Para que a utilização da balestilha não se torne incómoda, o virote não deverá ter mais de 75 cm de comprimento.

A balestilha permite medir distâncias angulares entre astros (ou entre outros objectos de referência), mas não é conveniente para a medição de alturas de astros, devido à imprecisão da direcção horizontal.

As distâncias angulares entre astros também se podem medir utilizando as mãos e os dedos na extremidade do braço esticado. Este processo, embora menos rigoroso do

que quando se utiliza o quadrante ou a balestilha, é interessante pela sua simplicidade. O tamanho das mãos é obviamente diferente de pessoa para pessoa, mas os possuidores de mãos grandes também têm braços mais compridos, e vice-versa. Deste modo, na extremidade de um braço estendido, obtêm-se, entre outras, as seguintes medidas *angulares*:

— Um palmo, perpendicularmente à linha de visão, determina um ângulo de 22° .

— Um punho fechado determina um ângulo de 10° .

— A largura do dedo indicador determina um ângulo de 2° .

— A largura de três dedos determina um ângulo de 5° .

O erro cometido nestes procedimentos é da ordem dos 8%. Contrariamente ao que parece, trata-se de um erro muito aceitável, para o nível que se pretende.

De facto, as distâncias angulares são extraordinariamente enganadoras. Peça-se a um grupo de alunos que representem, numa folha colocada a cerca de 30 cm dos olhos, o “tamanho” com que vêem a Lua, quando se apresenta cheia. Depois de se olhar para os vários desenhos, de diferentes “tamanhos”, desde o de um pequeno botão até ao de uma bola de futebol, a surpresa salta à vista: o desenho correcto seria um pequeno disco com o diâmetro de... 2,6 mm! O diâmetro aparente da Lua é de cerca de $0,5^\circ$, o que corresponde a cerca de 5 mm na extremidade de um braço estendido. Nessa posição, a mais pequena das moedas é vista sob um diâmetro aparente muito maior que o da Lua.

BIBLIOGRAFIA

- [1] FERREIRA, Máximo; ALMEIDA, Guilherme de — *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, Plátano Editora, Lisboa, 1993.
(Noções essenciais, telescópios, identificação de estrelas e de constelações, e outras observações astronómicas).
- [2] BAKULIN, P., et. al. — *Curso de Astronomia*, Editora Mir, Moscovo, 1988.
(Livro à venda em Portugal, distribuído pela Livraria C.D.L., Lisboa).
- [3] *Astronomy* — Revista mensal americana (à venda em Portugal) publicada por Kalmbach Publishing Co., 21027, Crossroads Circle, P.O. Box, Waukesha, WI 53187 — 9910 U.S.A.
- [4] *Ciel et Espace* — Revista mensal francesa (à venda em Portugal), publicada pela Association Française d'Astronomie (AFA), Observatoire du Parc Montsouris, 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurte, 75014, Paris, FRANCE.
- [5] *Dados Astronómicos para os Almanques* — Publicação anual do Observatório Astronómico de Lisboa (edição correspondente ao ano mais recente).
(Nestas publicações encontram-se dados sobre as posições dos planetas e outras efemérides astronómicas, além de diversos artigos acessíveis sobre Astronomia em geral).

ASTROFÍSICA, CLIMA E TECNOLOGIA*

I. O SISTEMA SOLAR

GEORGE MARX

Departamento de Física Atómica, Universidade de Eötvös, Hungria

Os planetas interiores do sistema solar (Vénus, Terra, Marte) formaram-se em condições muito semelhantes, mas só a Terra foi capaz de criar uma atmosfera retendo água líquida durante biliões de anos, a qual constitui um pré-requisito para toda a evolução biológica. Este facto levanta a questão da natureza do termostato terrestre e da sua estabilidade face aos impactos externos e internos. A compreensão deste problema é vital para a previsão de alterações futuras do clima terrestre, clima que está actualmente a ser objecto de intensa agressividade devido à actividade tecnológica do Homem.

O Sistema Solar

Um escasso segundo após a gigantesca explosão (Big Bang), que ocorreu há cerca de 16 mil milhões de anos, não existia ainda qualquer núcleo *composto*, devido ao intensíssimo movimento de agitação térmica. Mesmo actualmente os principais constituintes do Universo continuam a ser elementos químicos *leves*, originários desse Universo primitivo.

No Universo em expansão e portanto em processo de arrefecimento, formaram-se em certas regiões nuvens de hidrogénio arrefecido, sujeitas aos efeitos das forças de gravidade entre as suas partículas, favorecendo a contracção dessas nuvens. O conseqüente trabalho destas forças, acelerando as partículas em aproximação recíproca, acabou por “acender” as nuvens de hidrogénio, convertendo-as em estrelas e dando início a processos de fusão nuclear no seu interior. As intensas forças de gravidade das estrelas gigantes apenas puderam ser equilibradas com enormes pressões internas, para resistir ao colapso “imposto” pela gravidade. Para manter esse equilíbrio hidrostático são necessárias temperaturas elevadíssimas no interior dessas estrelas. Por outro lado, as

altas temperaturas promovem o desenvolvimento das reacções nucleares, podendo dizer-se que a concentração extrema da matéria traz inexoravelmente o seu rápido envelhecimento. Por isso as estrelas gigantes cedo morreram, “consumidas” em explosões avassaladoras designadas por *supernovas*. Durante uma tal explosão, que ocorre a temperaturas da ordem de 10 mil milhões de graus, abrem-se os diversos canais para diferentes reacções nucleares, envolvendo núcleos cada vez mais complexos. Foi em processos deste tipo que se formaram os núcleos mais pesados, incluindo o urânio, e a elevada energia então libertada fez com que fossem ejetados para o espaço frio exterior.

Há menos de 5 mil milhões de anos, na nossa galáxia, o impulso devido a uma tal ejeção de supernova levou à formação de uma nuvem de hidrogénio mais densa,

* Trabalho apresentado na Conferência Internacional sobre Educação em Física - GIREP 93, realizada na Universidade do Minho, Braga, de 16 a 21 de Julho de 1993. Parte I: *O Sistema Solar* (neste número). Parte II: *Aparecimento da vida na Terra*; (no próximo número da Gazeta de Física). Tradução e adaptação gráfica de J. Bessa Sousa.

- O Sistema Solar
- Formação e evolução física dos planetas
- Vénus, Terra, Marte
- O efeito de estufa
- Balanço energético no Universo

justamente devido à presença de núcleos de metais pesados. A acção da gravidade levaria ao nascimento subsequente do nosso sistema solar, há cerca de 4 mil e seiscentos milhões de anos...

Note-se que a nuvem havia adquirido previamente um momento angular finito, através das colisões das camadas gasosas em expansão (na explosão da supernova) com o gás inter-estelar. Por isso a maior parte da sua massa só pôde concentrar-se numa estrela central (relativamente imobilizada...) mediante a "libertação" do momento angular para o exterior. Este momento angular aparece justamente no movimento de rotação dos planetas em torno do Sol... Podemos dizer que o Sol se formou porque os planetas orbitais também nasceram simultaneamente nesse processo.

Na vizinhança imediata do Sol brilhante formaram-se planetas a partir da atracção recíproca de poeiras constituídas por partículas sólidas, essencialmente óxidos e silicatos metálicos. Nasceram assim Mercúrio, Vénus, Terra, Lua, Marte.

Nas regiões exteriores mais frias formaram-se enormes planetas gasosos, a partir da aglomeração dos elementos leves mais abundantes (H_2 , CH_4). Nas franjas mais frias do sistema solar solidificaram enormes rochas de gelo; as luas dos planetas gigantes, Plutão, cometas, ...

Os planetas interiores sólidos formaram-se pela coagulação de partículas de poeira, revestidas por películas de "gelo" formado por moléculas polares (H_2O , CO_2 , NH_3), as quais têm pontos de congelação mais elevados. Os planetas coagularam há cerca de 4 mil quinhentos e noventa milhões de anos. A vida média do núcleo ^{238}U é de 4 mil e novecentos milhões de anos, havendo cerca de 2.2g deste elemento por tonelada da crosta terrestre; o núcleo ^{235}U tem uma vida média de 700 milhões de anos e uma abundância actual de 0,016 g/ton; o ^{40}K tem uma vida de mil e trezentos milhões de anos e uma abundância actual de 0,24 g/ton.

Uma simples extrapolação destes dados para o passado remoto mostra que no período de formação da Terra a actividade nuclear da sua crosta era uma ordem de grandeza superior à que existe nos nossos dias.

A bola de poeira foi por isso fundida sob o efeito da intensa radioactividade inicial, herdada da supernova. Os metais pesados (ferro, níquel, irídio) mergulharam, afundando-se na região central do nosso planeta; a escória, essencialmente constituída por silicatos, emergiu à superfície, ... enquanto os produtos voláteis (H_2 , He, CH_4 , Ne) se escaparam para o exterior.

Em 700 milhões de anos a radioactividade do nosso planeta decresceu significativamente, tendo consequentemente solidificado a superfície da Terra. O néon é um ele-

mento comum no Universo mas raro na Terra devido ao escape irreversível dos elementos voláteis na referida fase de fusão. Assim, temos de concluir que, após a re-solidificação, a nova atmosfera já não continha H_2 nem CH_4 . A atmosfera foi sendo gradualmente formada e enriquecida por moléculas polares originárias do interior quente do nosso planeta (difusão sob a acção de um gradiente de temperatura), através da actividade vulcânica. Nasceram deste modo os oceanos formados por moléculas H_2O , e uma atmosfera envolvente formada por moléculas de CO_2 . Ainda hoje podemos observar uma tal atmosfera primitiva de CO_2 nos planetas Vénus e Marte. As primeiras rochas sedimentares formadas têm hoje cerca de 3 mil e novecentos milhões de anos de existência à superfície da Terra.

O planeta Vénus

A distância de Vénus ao Sol é de 0,72 unidades astronómicas (72% da distância da Terra ao Sol). A intensidade solar¹ que hoje se observa a esta distância (I_V) é quase duas vezes superior à que se observa na Terra (I_T):

$$I_V (\text{presente}) = 1,93 I_T (\text{presente})$$

No passado, a concentração de hidrogénio no centro do Sol era menor, e por isso foram necessárias temperaturas inferiores às de hoje para manter as reacções de fusão nuclear correspondentes à luminosidade solar (L). Na altura do nascimento do Sol e dos planetas tinha-se:

$$L (\text{passado}) = 0,7 L (\text{presente})$$

Por isso a radiação solar que alcançava o planeta Vénus, então nascente, tinha a intensidade:

$$I_V (\text{passado}) = 1,35 I_T (\text{presente})$$

A potência total da radiação que caía sobre Vénus era de $\pi R^2 I_V$ (R = raio de Vénus), sendo a potência *efectivamente absorvida* dada por $(1 - a) \pi R^2 I_V$, onde a é o coeficiente de reflectividade (albedo) das rochas, $a \approx 30\%$. A superfície do planeta em rotação aqueceu progressivamente até que a sua taxa de emissão térmica (proporcional à quarta potência da temperatura absoluta, T) atingiu o equilíbrio com a taxa de absorção da radiação:

$$(1 - a) \pi R^2 I_V = 4 \pi R^2 \sigma T_V^4$$

¹ N.T. A intensidade solar num dado ponto é definida como a energia vinda do Sol que passa por unidade de tempo e por unidade de superfície (nesse ponto), perpendicular à direcção de propagação.

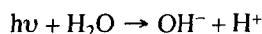
onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Substituindo, sucessivamente, na fórmula anterior, I_V (passado) = $1,8 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, I_V (presente) = $2,9 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$, podemos calcular a temperatura superficial de Vénus. Quando expressa em graus centígrafos (θ), $T = \theta + 273$, encontra-se: θ_V (passado) = -1°C , θ_V (presente) = $+22^\circ\text{C}$. Um clima muito confortável, teoricamente.

Contudo a verdadeira temperatura superficial de Vénus é θ_V (presente) = $+460^\circ\text{C}$. Isto faz-nos lembrar o inferno: o chumbo passará ao estado líquido no nosso planeta vizinho. A explicação desta alta temperatura reside no facto de em Vénus se ter formado uma densa atmosfera de CO_2 por desgaseificação da sua crosta: a pressão atmosférica actual é de 95 atmosferas e o albedo das núvens é $a = 63\%$. Esta atmosfera absorve cerca de 96% da radiação térmica emitida pela superfície quente de Vénus, pois a respectiva transparência é apenas $b = 4\%$ no infravermelho. O balanço energético é traduzido pela relação:

$$(1 - a) \pi R^2 I_V = 4 \pi R^2 b \sigma T^4$$

onde T_V (presente) = $\theta + 273$, com $\theta = 460^\circ\text{C}$.

Vénus poderá ter possuído um oceano líquido durante menos de mil milhões de anos, no período subsequente à solidificação do planeta, ocorrida há cerca de 3 mil e novecentos milhões de anos. Podia ter surgido durante este período alguma vida simples no planeta, do tipo procarionótico. Mas à medida que o Sol se tornou mais quente e a atmosfera do planeta se tornou mais espessa, o oceano evaporou-se completamente. Às grandes altitudes, a intensa radiação ultravioleta (UV), vinda do Sol, decompõe as moléculas de H_2O :



O hidrogénio assim libertado escapou-se literalmente; Vénus tornou-se então um mundo quente, seco e sem vida.

O efeito Estufa

Se deixarmos o nosso automóvel ao Sol na praia, verificamos ao regressar que o seu interior está mais quente que o exterior. Isto não contradiz a segunda lei da termodinâmica. As janelas de vidro são transparentes à radiação electromagnética de altas frequências (luz óptica), mas a radiação infravermelha de menor frequência — emitida pelos assentos e pelas superfícies quentes do interior do automóvel — consegue pôr em vibração (com amplitude não desprezável) os iões constituintes do vidro: a radiação infravermelha é assim fortemente absorvida (e re-irra-

diada). É o conhecido “efeito estufa”, amplamente utilizado nas estufas de plantas: nos dias frios de Primavera a luz solar penetra pela cobertura de vidro aquecendo subseqüentemente o solo, mas o mesmo vidro evita a saída da radiação infravermelha do solo durante as noites muito frias. O calor foi deste modo retido no interior da estufa (Fig. 1). O campo electromagnético não interacciona significativamente com moléculas covalentes neutras como N_2 e O_2 , mas por outro lado excita as cargas eléctricas

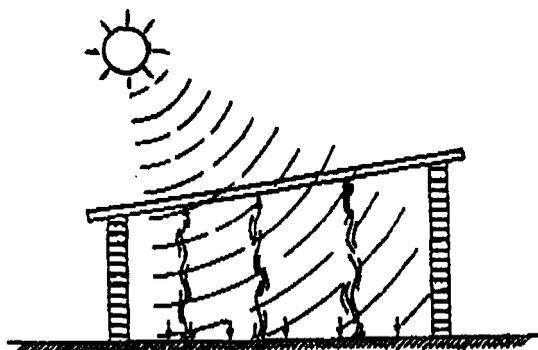


Fig. 1 — Efeito estufa

presentes nas moléculas polares CO_2 , H_2 , O_3 , N_2O da atmosfera. A frequência da radiação térmica dominante emitida pelos corpos à temperatura ambiente ($T \approx 300 \text{ K}$) é de $\nu = 2 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$, que é muito próxima da frequência própria de vibração das ligações de valência polares dentro da molécula de CO_2 . Por isso, esta molécula é um absorvente eficaz de radiação infravermelha. A molécula O_3 tem uma frequência própria de $3 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$ e a molécula de H_2O tem uma frequência de $4 - 5 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$, já nos limites do espectro da radiação (térmica) de Planck (Fig. 2). Observa-se que a presença de CO_2 na atmosfera é suficiente para diminuir drasticamente a radiação térmica com frequências na vizinhança do máximo previsto pela curva espectral de Planck (Fig. 2).

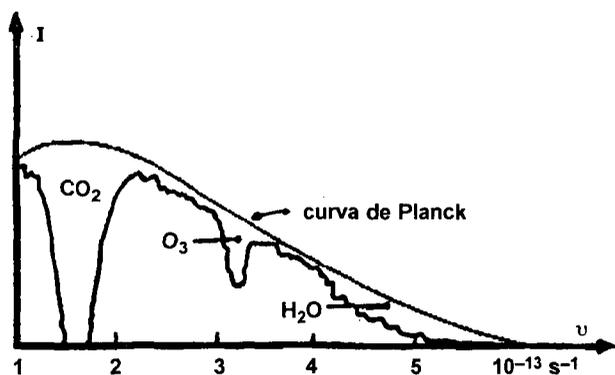


Fig. 2 — Absorção atmosférica no infravermelho

O planeta Marte

Marte orbita em torno do Sol a uma distância da ordem de 1,5 unidades astronómicas, muito mais longe do que a Terra. A intensidade solar que hoje atinge aquele planeta é I_M (presente) = 0,43 I_T (presente). Há 4 mil milhões de anos o Sol tinha uma actividade muito mais débil, I_M (passado) = 0,30 I_T (presente). Usando o baixo valor do albedo de Marte ($a = 15\%$ para os seus desertos de cor vermelha carregada), podemos calcular a temperatura da superfície marciana, encontrando-se, em graus centígrafos, θ_M (passado) = -80°C e θ_M (presente) = -60°C .

A luminosidade solar está a aumentar cerca de 5% em cada mil milhões de anos; por isso a temperatura da superfície de Marte deverá atingir um valor da ordem de θ_M (futuro) = $+50^\circ\text{C}$, dentro de 3 mil milhões de anos. Deste modo Marte converter-se-á num planeta húmido e favorável à vida num futuro longínquo, enquanto a Terra se tornará intoleravelmente quente devido ao aumento da luminosidade solar.

Uma experiência surpreendente foi propiciada pela sonda espacial Viking quando avistou leitos de rios secos em Marte. Eles deverão ter secado num passado longínquo e sofrido desde então um prolongado processo de erosão produzido por impactos meteóricos. Marte foi certamente um planeta húmido há cerca de 3 mil e novecentos/3 milhões de anos atrás.

O passado temperado deste planeta só pode explicar-se através do efeito estufa; a desgaseificação da sua crosta deu origem a uma densa atmosfera de CO_2 , convertendo o planeta numa estufa singular no contexto do gélido ambiente astronómico.

Com o decurso de mil milhões de anos, uma fracção importante do CO_2 presente naquela atmosfera acabou por se fixar na formação do composto CaCO_3 (do mesmo modo que está actualmente fixado na Terra).

Quando, posteriormente, a temperatura decaiu abaixo de diversos pontos de congelação, a água converteu-se em gelo e o CO_2 converteu-se em neve nas regiões polares (neve carbónica). Marte tornou-se então num planeta congelado, possuindo apenas uma atmosfera muito ténue. As futuras missões tripuladas a Marte poderão explorar a eventual existência de formas simples de vida, já extintas no Planeta Vermelho.

Ao formar-se o sistema solar, a luminosidade do Sol era apenas 70% do valor actual. Devido ao seu crescimento gradual, essa luminosidade atingiu 94% do valor actual há cerca de mil milhões de anos. Nessa evolução, atingirá os 200% em cinco mil milhões de anos e na medida em que o Sol se vai converter em seguida numa estrela gigante vermelha, tornar-se-á 10 vezes mais brilhante (do que na actualidade) daqui a 10 mil milhões de

anos. Isto significa que a zona de habitabilidade biológica se deslocará para mais longe do Sol à medida que decorre a evolução do sistema solar. Inicialmente a zona de habitabilidade esteve em Vénus, presentemente está na Terra, alcançará Marte daqui a 3 mil milhões de anos, esperando-se que as luas geladas de Júpiter entrem por sua vez em fusão daqui a 6 mil milhões de anos. O problema é que a era da água líquida não dura mais que mil milhões de anos em qualquer parte do sistema solar, mesmo se levamos em conta o efeito estufa de uma atmosfera de CO_2 . Vénus e Marte confirmam esta conclusão física (Fig. 3).

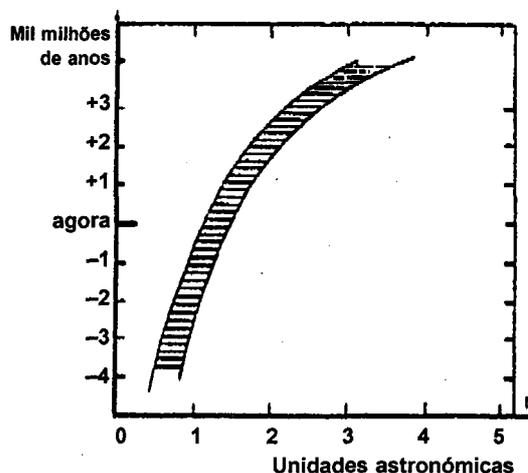


Fig. 3 — Cintura cósmica de água líquida

Há, porém, uma excepção singular a esta regra astrofísica que é justamente o caso da Terra. O nosso planeta já tinha o seu oceano líquido há 3 mil e novecentos milhões de anos e ainda o retém! Esta presença tão prolongada da água líquida foi de facto crucial para assegurar a evolução da vida até ao seu estágio inteligente.

O planeta Terra

Presentemente a Terra recebe radiação do Sol à taxa I_T (presente) = 1,4 KW/m^2 , sendo a temperatura fotosférica² da ordem de $T_s = 6000\text{ K}$. Uma fracção $a = 30\%$ desta luz (na região óptica) é reflectida pela Terra. A radiação absorvida aquece o solo, levando a sua temperatura até um valor de equilíbrio T_T , para o qual a emissão de radiação infravermelha para o exterior compensa exactamente a absorção de luz vinda do Sol:

$$(1 - a) \pi R^2 I_T = 4 \pi R^2 \sigma T_T^4$$

² N. T. Da fonte emissora de fotões, neste caso o Sol, com uma temperatura de 6000 K. Fotosférica significa da "Fotosfera", nome que se dá à camada da superfície do Sol.

A temperatura superficial do planeta, *assim calculada* e expressa em graus Celsius é $\theta_T = 18^\circ\text{C}$. Este cálculo pode aplicar-se a um corpo astronomicamente descoberto e iluminado pelo Sol, como é o caso da Lua. Mas a Terra possui uma atmosfera, constituída essencialmente por moléculas “apolares” N_2 e O_2 , transmitindo $b = 60\%$ da radiação infravermelha e sendo a restante absorvida pelos gases residuais, como H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , CCl_2F_2 . A equação corrigida do balanço energético toma então a forma:

$$(1-a) \pi R^2 I_T = 4 \pi R^2 b \sigma T_T^4$$

conduzindo à temperatura média actual da superfície da Terra, $\theta_T = +16^\circ\text{C}$. O aquecimento da estreita camada envolvente, responsável pelo efeito estufa, é de cerca de 33°C , um valor muito relevante para a vida terrestre.

Isto significa um fluxo contínuo de calor vindo do Sol ($T_s = 6000\text{ K}$), passando pela Terra ($T_T = 300\text{ K}$) e sendo depois enviado para os confins do Universo frio ($T_U = 3\text{ K}$). O calor, numa quantidade Q , chega à Terra sob a forma de luz ($T_s = 6000\text{ K}$), e a *mesma* quantidade de calor é emitida pela Terra sob a forma de radiação infravermelha ($T_T = 300\text{ K}$). Por isso ocorre uma alteração da *entropia* do sistema aberto, neste caso a Terra, obedecendo à conhecida desigualdade termodinâmica:

$$\Delta S_T > \frac{Q}{T_s} - \frac{Q}{T_T} = -\frac{Q}{T_T} \left(1 - \frac{1}{20}\right)$$

Esta condição não impede que ΔS_T se torne negativa, e quando isso ocorre abre-se a possibilidade a organização biológica³. Com generalidade, podemos associar este processo de decrescimento da entropia ao próprio conceito de *evolução*. A eliminação da entropia através de um fluxo de energia pode visualizar-se do modo seguinte: de acordo com a chamada *lei de Wien do deslocamento*⁴, a frequência ν da radiação emitida é proporcional à temperatura absoluta do corpo emissor (T), e por isso os quanta de energia (fotões) da luz solar, $h\nu_s$, são $T_s/T_T = 20$ vezes maiores (em energia) que os fotões $h\nu_T$ correspondentes ao brilho da Terra (radiação infravermelha emitida). Os fotões solares transferem energia do Sol para a Terra. Para libertar a mesma quantidade de calor a Terra tem de emitir 20 vezes mais fotões do que os que recebe. É por esta via que a desordem é retirada da parte da Terra viva (Fig. 4).

A luminosidade solar cresce com o tempo. A temperatura média da Terra actual é de cerca de $+15^\circ\text{C}$. Que valores teria tido esta temperatura média no passado? Há 3 mil e quinhentos milhões de anos tinha-se I_T (pas-

sado) = $0,8 I_T$ (presente) e um valor para o albedo da Terra, (então) coberta de gelo, dado por $a = 63\%$. Nestas circunstâncias a equação de balanço da energia conduz a uma temperatura média da Terra, θ_T (passado) = -70°C . Note-se que o simples aumento de I até ao seu valor actual não permite explicar a fusão de uma Terra congelada, porque I_T (presente) = $1,4\text{ KW/m}^2$ e $a = 63\%$ (gelo) dar-nos-ia θ (presente) = -55°C . Se a Terra esteve congelada no passado, reflectiu tanta luz que não pôde fundir sob o efeito exclusivo da radiação solar.

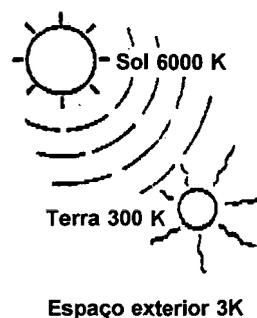
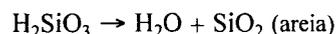
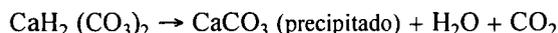
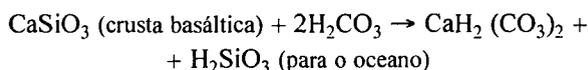
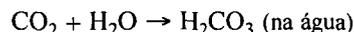


Fig. 4 — A Terra como máquina térmica

Este quebra-cabeças da *Terra congelada* pode resolver-se levando em conta a alteração da composição da atmosfera do planeta. Há cerca de 3 mil e novecentos milhões de anos a desgaseificação da crosta terrestre produziu uma atmosfera de CO_2 e um oceano de H_2O . Devido à espessa camada de CO_2 (e ao correspondente efeito de estufa) o oceano era líquido. Entretanto o Sol aumentava lentamente a sua luminosidade. Para contrariar o aquecimento descontrolado do nosso planeta, que não ocorreu (... mas ocorreu em Vénus), o crescente brilho do Sol teve que ser compensado pelo aligeiramento da “camada-estufa”:



³ A entropia S está associada ao estado de ordem/desordem na matéria, sendo S muito elevado na matéria desorganizada (p. ex. num gás) e muito baixo na matéria bem organizada, por exemplo num cristal ou nas estruturas moleculares ordenadas presentes na matéria biológica.

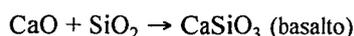
⁴ N.T. As leis de Wien descrevem as características do espectro (energia/frequência) da radiação electromagnética emitida por um corpo aquecido e em equilíbrio com esse mesmo corpo — como acontece no chamado *corpo negro*.

Isto foi o que ocorreu no planeta Marte.

Noutros planetas o oceano líquido constituiu um acontecimento fugaz, mas na Terra ele tem existido desde há mil milhões de anos e esperemos que continue a fazê-lo por mais tempo ainda! Este facto resultou em parte de uma realimentação de CO_2 na Terra: as rochas calcárias (CaCO_3) ao afundarem-se são aquecidas geotermicamente, libertando CO_2 :

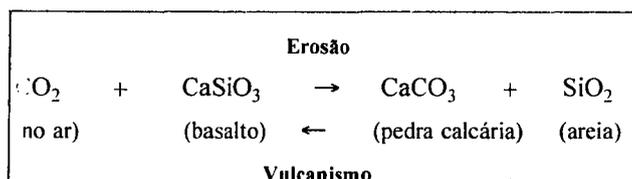


Este CO_2 escapa-se para o exterior através da actividade vulcânica, tendo-se então:



A radioactividade aquece o núcleo terrestre. Os materiais fundidos mais quentes e leves afloram, ao passo que os sólidos mais frios se afundam. Esta circulação de Benard produz o movimento tectónico de placas: de novo o basalto aflora à superfície.

Sob a forma de uma equação de balanço, os detalhes da situação acabada de descrever podem representar-se da forma seguinte:



O ciclo é governado pela radioactividade, que pode ter um papel regulador: um clima mais quente significa erosão mais intensa, maior extracção de CO_2 e arrefecimento consequente. Um clima mais frio significa menor erosão, mais CO_2 libertado para a atmosfera e aquecimento consequente.

Este mecanismo regulador “não funciona” na segura de Vénus, porque não há oceano nem H_2CO_3 , estando ausente a erosão. O mecanismo regulador também não se manifesta no pequeno planeta Marte, porque a sua massa é apenas 11% da massa da Terra. Aquele planeta liberta o calor gerado radioactivamente através dos mecanismos da convexão e radiação térmica; não há tectónica de placas activas no Planeta Desértico.

Trabalha bem o mecanismo de regulação na Terra? Nem por isso... As estimativas indicam que a realimentação geológica (de CO_2) é muito débil: a sua potência real pode ser mesmo inferior a 1% da eficácia requerida... A regulação biológica do clima é um mecanismo-chave nesta questão, como se abordará num segundo artigo (II), a publicar no próximo número da Gazeta de Física.

PHYSICS STUDIES FOR TOMORROW'S EUROPE

Univ. Gent, Bélgica, 7-8 Abril 1995

Esta conferência é organizada por iniciativa da Universidade de Gent e da Comissão Europeia, financiada pelos programas ERASMUS e TEMPUS, e tendo em vista a preparação do programa SOCRATES. Conta com o apoio da Sociedade Europeia de Física, através do Comité de Mobilidade para o intercâmbio de estudantes de Física e do Interdivisional Group on Physics Education.

- The Conference will try to frame how physics studies and training should be organized in tomorrow's Europe.
- National reports will be established by the members of a scientific committee and will be provided to the conference participants.
- The main issues to be discussed will be:
 - (i) A critical reflection on the various national ways of studying physics.
 - (ii) An identification of the new requirements to be taken into account when elaborating future physics curricula.
 - (iii) The implementation of those future needs in a European exchange, cooperation and mobility context.

A conferência terá lugar na Aula-complex da Universidade de Gent, Voldersstraat 9, B-9000 Gent, com início às 8h30 do dia 7 de Abril.

As actas da conferência serão publicadas pela Comissão Europeia, na série "Studies". Não haverá qualquer propina de inscrição, nem qualquer pagamento pelos relatórios nacionais e pelas actas da conferência.

Inscrições e informações:

Mrs. B. Desmedt
Universiteit Gent
Proeftuinstraat 86

B-9000 Gent, Belgium

Tel: 00 32 9 264 65 39

Fax: 00 32 9 264 66 99

E-mail: physteu@rug.ac.be

TÉCNICA DE DEPOSIÇÃO DE FILMES COM IMPULSOS LASER

APLICAÇÃO AO FABRICO DE FILMES SUPERCONDUTORES

A. A. C. S. LOURENÇO, J. R. SALCEDO

INESC, R. José Falcão, 110, 4000 Porto

J. A. MENDES, J. M. MOREIRA, V. S. AMARAL, J. B. SOUSA

IFIMUP (IMAT) e CFUP, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 4000 Porto

A técnica de deposição de filmes finos usando impulsos laser de alta potência tem conhecido um desenvolvimento espectacular nos últimos 4-5 anos, mercê sobretudo do sucesso obtido na preparação de filmes supercondutores com elevada temperatura crítica.

Apresentam-se os princípios básicos desta técnica, com uma análise crítica das condições de crescimento dos filmes, e das vantagens e desvantagens do método. Descreve-se um sistema recentemente implementado, para o fabrico de filmes supercondutores de alta temperatura (projecto INESC-IFIMUP), bem como as excelentes características estruturais e propriedades físicas de alguns dos filmes produzidos de $YBa_2Cu_3O_7$.

1. Introdução

Os novos supercondutores de alta temperatura (HTC) [1] baseiam-se em materiais cerâmicos da família das perovskites contendo no mínimo quatro elementos distintos. Um exemplo é o célebre composto $YBa_2Cu_3O_7$ [2], havendo em todos os casos requisitos muito apertados quanto à estequiometria e estabilidade química, sobretudo em relação ao oxigénio. Acrescentando a necessidade de dispor de materiais cristalinos, preferencialmente orientados, para otimizar as propriedades supercondutoras, tem-se um problema complexo em ciência de materiais (ver caixa 1).

A preparação de filmes supercondutores por vaporização laser constitui uma técnica quase ideal para a deposição de materiais complexos. Com um alvo de supercondutor sinterizado, o feixe laser promove o "arranque" dos seus átomos em condições que *preservam a estequiometria*, levando-os à deposição por impacto, com elevada energia cinética, num substrato cristalino apropriado. Por

exemplo, um cristal de $SrTiO_3$ ou de $LaGaO_3$, com a superfície cristalograficamente orientada — (100), (110), ... — de acordo com o crescimento pretendido no filme supercondutor. Como a deposição ocorre a uma temperatura não excessivamente inferior ao ponto de fusão, os átomos condensam imediatamente em sucessivos planos atômicos cristalinos. De facto, a sua elevada energia cinética e a temperatura do substrato favorecem os movimentos de difusão para ocupação de posições *regulares* (criadas pelo substrato *cristalino*) onde o potencial químico dos átomos é mínimo. Obtêm-se assim materiais mais compactos e atómicamente quase contínuos. Consequentemente, não ocorre a saída fácil do oxigénio, possuindo estes filmes uma grande estabilidade.

A técnica de vaporização por impulsos laser conduz também a excelentes resultados na preparação de filmes piezoelétricos, na sua maioria baseados em cerâmicas com a estrutura das perovskites ou estruturas afins.

Supercondutores HTC
Técnica de Deposição Laser
Interacção laser-material
Crescimento de filmes
Sistema INESC-IFIMUP
Aplicações

Dificuldades na preparação de supercondutores HTC

Consideremos o fabrico de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ a partir da fusão directa de uma mistura estequiométrica de óxidos de Y, Ba e Cu na presença de uma atmosfera de oxigénio. Após a solidificação de uma massa macroscópica, a experiência mostra um material com várias fases residuais (com 4 elementos, a probabilidade de formação de diferentes fases é significativa) sendo difícil assegurar a homogeneidade do oxigénio no material. Daí o aparecimento de defeitos de estequiometria do tipo $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, com δ variando ligeiramente de região para região. Como a temperatura crítica T_c depende crucialmente do teor do oxigénio (ex.: $\delta = 0$, $T_c = 90$ K; $\delta = 0.4$, $T_c = 60$ K; $\delta = 0.6$, $T_c \approx 20$ K), observa-se uma largura apreciável (ΔT) da transição supercondutora, não estando as características eléctricas e magnéticas optimizadas para as aplicações tecnológicas. O material é altamente policristalino e multifásico, com os microcristais orientados aleatoriamente. Apesar disto, é possível obter, em condições favoráveis, pequeníssimos monocristais (≤ 1 mm³) de excelente qualidade [3].

Uma via alternativa é a da compactação dos pós, na estequiometria desejada, seguida de aquecimento a uma temperatura próxima da fusão, sob elevada pressão e numa atmosfera controlada. É o conhecido processo da sinterização de pós. Devido à porosidade de uma tal mistura, o oxigénio está facilmente presente em toda a massa em sinterização. A elevada temperatura (e pressão) favorece as necessárias reacções químicas de estado sólido entre os grânulos dos diferentes óxidos, originando os compostos desejados de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Contudo, por a fusão ocorrer em geral apenas nas pequenas zonas de contacto inter-grânulos, persiste uma mistura *granular* dos referidos compostos, policristalina (orientação aleatória) e com um maior ou menor grau de porosidade, conforme a temperatura e pressão utilizadas na sinterização. Esta porosidade leva ao problema da instabilidade do oxigénio quando o material é exposto ao ar e à sua degradação pela penetração de vapor de água e outros contaminantes atmosféricos. Devido à baixa concentração de O_2 no exterior (20%), o oxigénio no supercondutor tende a escapar-se para o exterior, pelos microporos, originando uma diminuição progressiva das características supercondutoras.

A deposição com impulsos laser também tem sido considerada para a preparação de filmes semicondutores. Contudo, são ainda necessários desenvolvimentos experimentais consideráveis para se obter um controlo mais fino ao nível atómico.

Citamos finalmente a utilização recente da vaporização laser para a preparação de filmes metálicos magnéticos.

A possibilidade de vir a integrar, com a mesma técnica, a preparação de filmes supercondutores, ferroeléctricos, semicondutores e magnéticos, abre grandes perspectivas para a produção de uma nova geração de micro e nanodispositivos *multifuncionais*.

O laser, como fonte primária de energia (elevada potência, radiação monocromática e coerente, fácil focagem), desempenha um papel cada vez mais importante em ciência de materiais. Em todos os casos ocorre um intenso acoplamento entre a energia electromagnética do feixe e o material em processamento.

A título ilustrativo referimos algumas das aplicações laser mais importantes:

(i) Fusão localizada de silicatos para a “extracção” de fibras ópticas a partir de uma massa em fusão (*pulling from the melt*).

(ii) Recozimentos e tratamentos térmicos de superfícies, em especial de semicondutores (*laser annealing*).

(iii) Limpeza (a nível atómico) de superfícies, quer por desabsorção quer por remoção de material (*ablation*).

(iv) Endurecimento de superfícies, mediante fusão laser (com aditivos) seguida de rápida solidificação (*surface hardening by laser-induced rapid quench*).

(v) Deposição de filmes com lasers pulsados (DLP; 1988) [4,5].

A última técnica (v) constitui o tema do presente artigo, analisando-se os seus princípios físicos e os detalhes básicos de funcionamento de uma unidade de Deposição por Laser Pulsado (DLP).

2. Princípios básicos da técnica de deposição com impulsos laser

A técnica DLP é provavelmente a mais simples dentre as técnicas de deposição de filmes finos. Necessita apenas de uma câmara de vácuo (com um substrato + alvo) e de um feixe laser de elevada potência, em geral *pulsado*, com acessórios ópticos de focagem e, eventualmente, de varrimento sobre o alvo (*scanning*). Este feixe produz a vaporização “quase instantânea” de material, impulso a impulso, originando imediatamente o desejado fluxo de átomos (ou agregados de átomos) sobre o substrato e, conseqüentemente, o crescimento do filme respectivo [5,6].

O laser funciona como fonte *externa, independente e autónoma* do sistema de processamento (câmara de vácuo, etc.). Por isso o crescimento de filmes finos é possível sob alto vácuo, em atmosfera neutra ou reactiva, contendo qualquer tipo de gás, com ou sem formação do respectivo plasma. O uso de ultra-alto vácuo, combinado com a remoção e deposição “quase instantânea” de átomos, é ideal para a preparação de materiais muito reactivos (como os metais de terras raras) em condições de virtual ausência de contaminação.

A gama útil de comprimentos de onda laser utilizados em DLP situa-se genericamente entre 200 nm e 400 nm. Nesta região espectral o acoplamento da energia electromagnética com os materiais é muito eficaz (elevado coeficiente de absorção óptica; ver caixa 2), conseguindo-se assim uma evaporação congruente (ver adiante) e, conseqüentemente, uma transferência directa da composição do alvo para o substrato.

A facilidade em introduzir energias elevadas com qualquer tipo de material (caixa 2) tornam a técnica DLP muito versátil e de aplicação virtualmente universal.

Interacção laser-material

Os processos de acoplamento laser-material são complexos, havendo três tipos básicos de absorção de energia: (i) em volume, pelos electrões e fónes da rede cristalina (ex: transições electrónicas entre bandas, eventualmente mediadas por fónes) (ii) à superfície, envolvendo electrões livres (iii) absorção de energia pelo fluxo de átomos emergente do alvo (*pluma*). A predominância relativa dos diferentes tipos depende das propriedades físicas do material a depositar e das características da radiação laser utilizada [5]. Por exemplo, num material metálico a absorção ocorre predominantemente pela aceleração de electrões livres (e subsequente dissipação de energia). Em isoladores a absorção ocorre sobretudo através de transições electrónicas entre bandas e pela criação de vibrações atómicas (os intensos campos eléctricos do feixe laser exercem forças eléctricas sobre os átomos, com a frequência do laser, originando fónes). No caso de semicondutores, a absorção tem um carácter misto.

O arranque/expulsão de átomos do alvo é um processo complexo, não se limitando a uma simples evaporação térmica. Por isso, é preferível designar a técnica como “deposição por laser pulsado”, em vez de “evaporação por laser pulsado”. Essencialmente, quando o feixe laser incide no alvo, há uma intensa absorção de fónes à sua superfície, formando imediatamente uma película de material fundido (película de Knudsen). Devido à elevadíssima concentração de energia (em casos típicos, 1 J/cm² em áreas de alvo com 10 mm² ou mais), a temperatura da película é muito elevada à superfície, produzindo uma vigorosa evaporação, com um fluxo de átomos emergentes. A virtual ausência de *selectividade* na saída de átomos, nesta situação, faz com que a composição do feixe atómico emergente seja praticamente a mesma do alvo; é a chamada *evaporação congruente*. No processo tumultuoso, alguns dos átomos saem em grupos (agregados atómicos), tal como estavam no alvo, dando origem a nanopartículas que se vão depositar no substrato, prejudicando, em certos casos, a homogeneidade do filme (à escala do nm). Noutros casos, ocorre mesmo a ejeção de líquido, sob a forma de gotículas com uma distribuição alargada de tamanhos, desde nano até micropartículas, quando se usa uma intensidade elevada do feixe laser [7]. A saída destas partículas “grosseiras”, que se vão depositar no filme como grânulos sólidos (estruturalmente não correlacionados com o restante material) constitui uma das maiores desvantagens da técnica DLP, representando uma “poluição” dos filmes fabricados (sob intensidade elevada do feixe). Este inconveniente pode ser em parte mitigado

com radiação laser de intensidade suficientemente baixa, embora com taxas de deposição consideravelmente menores [5,7].

3. Crescimento de filmes finos

As propriedades dos filmes dependem em grande parte do modo como ocorre a nucleação e o subsequente crescimento do filme. Em muitos casos a optimização de propriedades físicas para as aplicações exige filmes finos de elevada qualidade, isto é, com uma baixa concentração de defeitos estruturais e no estado monocristalino ou, quando muito, policristalino mas com crescimento cristalográficamente orientado. Exige-se então uma boa *epitaxia* de crescimento sobre um substrato cristalino.

3.1. Tipos básicos de crescimento

O crescimento de um filme pode ocorrer, genericamente, segundo três modos básicos de agregação dos átomos:

(i) Nucleação de átomos em aglomerados cristalinos tridimensionais (3D; *ilhas*) discretos, crescendo inicialmente em regiões “favoráveis” da superfície do substrato, formando ilhas de material separadas entre si. Poderá, assim, haver lacunas significativas de material, originando filmes com menor densidade e estruturalmente incompletos.

Esta situação ocorre quando a energia de coesão entre os átomos do filme é maior do que a energia de ligação entre os átomos do filme e do substrato.

(ii) Crescimento bidimensional (2D), *monocamada (cristalina) a monocamada*, formando-se desde início um cristal perfeito e com um crescimento cristalográfico bem definido.

Esta situação ocorre quando a energia de coesão entre os átomos do filme e do substrato é maior do que a energia de coesão entre os átomos do filme. Naturalmente, este efeito decresce monotonicamente com a sucessiva formação de novas camadas atómicas de filme (os seus átomos ficam cada vez mais distantes do substrato...).

(iii) Crescimento *misto* (2D/3D), com o aparecimento da estrutura em ilhas (3D) após um crescimento *inicial* monocamada a monocamada (2D).

Esta situação ocorre quando o decréscimo monotónico da coesão entre os átomos agregados e os átomos do substrato (com o progressivo afastamento átomos-substrato) permite o domínio de outros factores secundários, como

por exemplo tensões mecânicas não homogêneas, originando crescimentos locais do filme, em ilhas discretas e com desenvolvimento independente.

3.2. Epitaxia e factores condicionantes

Para conseguir uma boa epitaxia de crescimento tem-se em geral um conjunto limitado de parâmetros experimentais controláveis, diferentes de técnica para técnica. Genericamente, podemos sintetizá-los do seguinte modo:

(i) Qualidade da superfície do substrato e sua temperatura (T_s) durante a deposição do filme, ambos influenciando criticamente a mobilidade dos átomos à superfície.

(ii) Taxas absolutas e taxas relativas de chegada dos diferentes tipos de átomos (i) ao substrato (R_i ; *taxas de deposição*) [8].

(iii) Energia (ou distribuição de energia) do fluxo de átomos à chegada ao substrato (E).

(iv) Pressão existente na câmara (incluindo, eventualmente, a presença deliberada de gases adicionais, neutros ou reactivos) durante a deposição (P).

É possível encontrar, para cada técnica de deposição, uma gama otimizada dos valores destes parâmetros (i...iv) para obter os "melhores" resultados (epitaxia) com essa técnica.

DLP versus técnicas alternativas

A técnica DLP assegura, à partida, uma grande flexibilidade no ajuste destes parâmetros, permitindo fabricar filmes finos de uma gama muito vasta de materiais. Há contudo factores de ordem prática a considerar na competição entre técnicas alternativas, como o custo, área máxima de substrato permitida, facilidade de mudar de materiais, taxas de deposição disponíveis, etc. De momento, a técnica recente DLP ainda não pode competir, industrial e comercialmente, com outras técnicas já consolidadas excepto no caso, inquestionável, da deposição congruente de compostos formados por vários elementos [5]. É o caso de óxidos e cerâmicas da família das perovskites, acrescentando-se ainda a deposição de materiais formados por elementos que possuem tensões de vapor muito diferentes na fase líquida. Na prática, as principais limitações (ainda) existentes com a técnica DLP são a presença de grânulos e micropartículas no filme (devidas às gotículas de líquido ejetadas; fenómeno de *splash*) e a pequena área que (ainda) é possível cobrir com filmes homogêneos e de qualidade (círculo com diâmetro inferior a 10 cm), em condições próximas das exigidas pelos processos industriais.

Analisemos, em termos microscópicos, os fenómenos físicos que condicionam a eficácia (e os limites) de cada um dos factores que influenciam o crescimento do filme.

Temperatura do substrato

É um *parâmetro fundamental* que controla a microestrutura e a composição química do filme. A temperatura deve ser suficiente para activar a difusão superficial dos átomos nos planos atômicos do filme, permitindo que encontrem rapidamente, por movimentos sucessivos à escala atômica, as posições regulares (cristalinas) que minimizam a sua energia superficial.

Por exemplo, nas técnicas de deposição por evaporação a temperatura ideal do substrato (T_s) situa-se na gama $0.3 \leq T_s/T_f \leq 0.5$, onde T_f é a temperatura de fusão do material a depositar [9]. Deposições feitas a temperaturas demasiado baixas originam filmes com regiões não preenchidas por material (lacunas). A maioria dos *metais* depositados, por evaporação, à temperatura ambiente exibem uma estrutura policristalina colunar e uma concentração elevada de vazios. Semicondutores covalentes e isoladores depositados (por evaporação) à temperatura ambiente têm uma microestrutura amorfa ou cristalina disposta em grãos colunares e com uma elevada percentagem de lacunas. A densidade destes filmes é apenas 70-90% da densidade do material em volume [5].

A temperatura de deposição deve ser escolhida de modo a prevenir a introdução de fortes tensões mecânicas nos filmes, que poderiam mesmo conduzir à sua fractura. O valor ideal deve ter em conta as eventuais diferenças no coeficiente de dilatação do filme e do substrato. Por vezes há necessidade de introduzir um filme intermédio (*buffer*) que faz, por um lado, a adaptação das diferentes redes cristalinas, e por outro lado, a adaptação dos coeficientes de dilatação térmica.

Energia dos átomos à chegada ao substrato

A experiência mostra que a energia adicional comunicada (pelos átomos que chegam) aos átomos já depositados favorece pequenos arranjos atômicos subsequentes que podem melhorar significativamente a qualidade do filme produzido: crescimento homogêneo, densidade, adesão filme/substrato, atenuação de tensões mecânicas, melhoria da estrutura cristalina e da orientação cristalográfica.

Para baixas energias de impacto (p. ex. 0.1-1 eV por átomo; na evaporação tem-se cerca de ~0.1 eV) há a tendência para o crescimento em ilhas discretas. Para energias na gama 5-20 eV/átomo, há em geral um crescimento do filme monocamada a monocamada, aparecendo a energia de 10 eV/átomo como um valor quase ideal. Esta energia aumenta significativamente a mobilidade dos átomos já depositados, promovendo a fragmentação de

agregados eventualmente existentes, em núcleos muito menores e com maior mobilidade. Energias superiores a 20 eV/átomo são inconvenientes, por promoverem a mistura de átomos do substrato com os próprios átomos do filme. A energia média dos átomos na deposição com a técnica DLP sob vácuo é facilmente ajustável para um valor da ordem de 10 eV.

Pressão existente na câmara

A energia média dos átomos, no momento do impacto, pode ser adequadamente controlada através da introdução deliberada de colisões com moléculas (ou iões) de um gás introduzido na câmara para esse fim. O efeito começa a manifestar-se quando a pressão do gás se torna superior a cerca de 10^{-2} mbar, obtendo-se a total termalização da energia dos átomos para pressões superiores a cerca de 10^{-1} mbar. A técnica DLP permite pois um controlo fino da energia dos átomos, no momento do impacto, através da regulação da pressão do gás existente na câmara.

Taxa de emissão e taxa de chegada de átomos ao substrato

O seu controlo deve ser o melhor possível, em especial na preparação de filmes formados por diferentes elementos em camadas (heteroestruturas; necessidade de ter interfaces abruptas) ou na introdução deliberada de impurezas (ou perfis espaciais de composição) com concentrações rigidamente fixadas à partida.

Deverá haver tempo suficiente para que os átomos depositados possam deslocar-se, por difusão superficial, para os pontos termodinamicamente estáveis (cristal) antes da chegada da próxima camada de átomos. Por outro lado, é de evitar a utilização de tempos longos de deposição, pois torna-se difícil manter a necessária estabilidade de todos os parâmetros conducentes a uma boa qualidade do filme. Uma taxa da ordem de $1 \text{ \AA}\cdot\text{s}^{-1}$ constitui um limite inferior aceitável para a deposição de filmes finos.

Na técnica DLP a taxa média efectiva de deposição é da ordem de $1\text{-}10 \text{ \AA}\cdot\text{s}^{-1}$, mas deve-se ter presente que a deposição ocorre na realidade apenas numa série de impulsos produzidos pelo laser, com dezenas de ns de duração por impulso, e nesses períodos a taxa de deposição instantânea pode subir a valores da ordem de $10^7 \text{ \AA}\cdot\text{s}^{-1}$.

No que se refere ao risco de contaminação, há que assegurar uma relação adequada entre a taxa de deposição (t) utilizada e a pressão (p) da atmosfera existente na câmara. Uma baixa taxa de deposição permite que muitos

átomos da atmosfera choquem com cada plano atómico do filme e se incorporem, eventualmente, na sua estrutura, contaminando o filme. Na prática, uma relação p/t adequada (para reduzir a contaminação a limites aceitáveis) é da ordem de $10^{-7} \text{ mbar}/(\text{ \AA}\cdot\text{s}^{-1})$. Isto significa que se estivermos a depositar com uma taxa de $1 \text{ \AA}\cdot\text{s}^{-1}$ precisamos de garantir, pelo menos, um grau de vácuo de 10^{-7} mbar; se a taxa de deposição for de $10 \text{ \AA}\cdot\text{s}^{-1}$, já podemos tolerar um grau de vácuo de apenas 10^{-6} mbar, etc.

4. Implementação de uma unidade DLP Sistema INESC-IFIMUP

O sistema aqui descrito foi implementado no âmbito de um projecto conjunto entre o Grupo de Optoelectrónica do INESC-Porto e o IFIMUP (IMAT; programa Ciência).

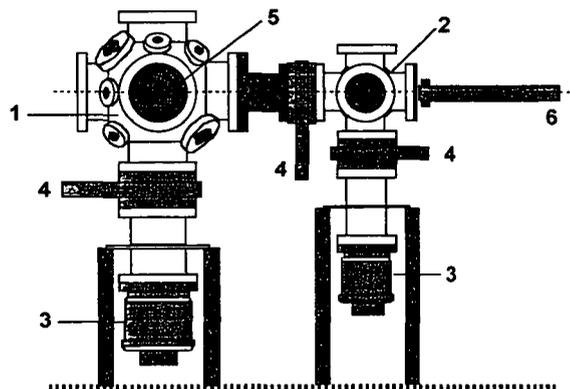


Fig. 1 — Esquema geral do sistema de ablação laser INESC-IFIMUP.

- 1 — Câmara de deposição. 2 — Câmara de introdução.
- 3 — Bombas turbo-moleculares. 4 — Válvulas de vácuo (*gate valves*).
- 5 — Janelas ópticas de observação, para feixe laser e análise óptica; há ainda janelas para (outra) instrumentação de medida e manipuladores.
- 6 — Braço manipulador, para passagem de materiais (etc.), sob vácuo, da câmara de introdução para a câmara de deposição.

A câmara de deposição (Fig. 1; ver também Fig. 2), em aço do tipo "304", com a forma esférica ($\phi = 30 \text{ cm}$) é baseada numa cruzeta de 6 vias, tendo uma série de aberturas (17) para visualização, vácuo, introdução de dispositivos, fios, instrumentação de controlo e medida. Tem acoplado um sistema de alto vácuo (bombas rotativa + turbomolecular), com os respectivos medidores (de ionização e Pirani), que permite obter um vazío-limite de 5×10^{-9} mbar na câmara. Para permitir que se atinja este vácuo elevado em tempos aceitáveis, a câmara dispõe de uma fita de aquecimento na sua superfície externa que permite elevar a temperatura a cerca de 250° C , promovendo a

rápida desgasificação e volatilização de produtos residuais. Para monitorizar permanentemente a composição da atmosfera na câmara existe um espectrómetro de massa de geometria quadrupolar, permitindo identificar massas até 200 u.m.a.. Das 6 aberturas para passagem de radiação, duas possuem janelas ópticas em safira (Al_2O_3 ; para o feixe laser ou experiências de análise óptica) sendo as quatro janelas restantes em vidro especial "7056", que suporta elevados gradientes de temperatura.

Para permitir a rápida (e não contaminante) introdução de amostras do exterior, sem quebrar o alto vácuo na câmara de deposição, existe uma *câmara de introdução* permitindo fazer um grau de vácuo de $\sim 5 \times 10^{-8}$ mbar, acoplada à câmara de deposição por uma válvula para ultra-alto-vácuo (do tipo guilhotina), e podendo comunicar com o exterior através de uma válvula de alto vácuo.

As bases de fixação do substrato e do alvo são posicionáveis ($\sim 1 \mu\text{m}$ de precisão) no interior da câmara, através de manipuladores accionáveis (sob UHV) do exterior, que permitem 3 movimentos independentes e ortogonais (X, Y, Z) para cada base. Em condições normais, o substrato e o alvo são colocados à distância de 3 cm um do outro. O alvo pode ter ainda um movimento de rotação, com frequência até 10 Hz, através de um motor externo

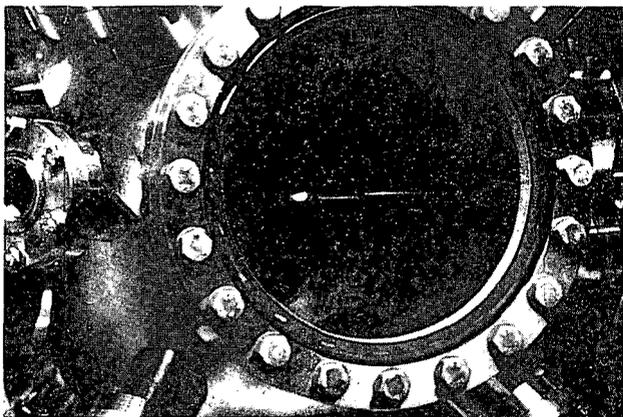


Fig. 2 — Interior da câmara de deposição, em funcionamento.

O feixe laser — vindo da esquerda, na figura — incide no alvo, na parte central da câmara, provocando o arranque de átomos/íons/electrões/agregados. Forma-se um plasma bem direccionado (*pluma luminosa*) que se prolonga até ao substrato, parcialmente visível à esquerda. Ocorre aí a deposição das particulas presentes na pluma, originando o crescimento do filme.

regulável, com um veio mecânico de passagem (UHV) para o interior da câmara de deposição. A base metálica do substrato ($\phi = 5 \text{ cm}$) dispõe de um sistema de aquecimento resistivo (até 950°C) e de dois termopares cromel-alumel. A regulação da temperatura é feita automaticamente, através de um sistema que garante sinais de correcção do aquecimento do tipo proporcional-integral-diferencial (PID), que actuam na unidade de potência, do

tipo SCR (*silicon controlled rectifier*), capaz de fornecer 300 W de potência ($30\text{V} \times 10\text{A}$).

Para a deposição utilizou-se um laser de *excímeros pulsado* e controlado por computador (modelo Lambda Physik, LPX 305 ICC) que emite radiação electromagnética com um comprimento de onda $\lambda = 248 \text{ nm}$ (KrF), sob a forma de impulsos com a duração de cerca de 20 ns, frequência de repetição variável entre 1 e 50 Hz. A energia correspondente a cada impulso é de cerca de 1,5 J, sendo a potência de pico máxima de 750 MW. Um sistema óptico conveniente assegura a focagem e o direccionamento do feixe laser para o interior da câmara, permitindo densidades de energia no alvo entre 1 e 2 J.cm^{-2} .

5. Aplicação ao estudo de filmes supercondutores

5.1. Preparação dos filmes finos

Para a preparação de filmes supercondutores de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ usamos como substrato um monocristal de SrTiO_3 , cortado, orientado e polido segundo (100) ou (110).

O alvo consiste num disco de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ ($\phi = 12 \text{ mm}$, $e = 6 \text{ mm}$), adquirido comercialmente e fabricado por sinterização a altas pressões (ver caixa I) para assegurar uma densidade elevada.

A deposição é feita com o substrato mantido a uma temperatura constante, na gama $770\text{--}780^\circ \text{C}$, e na presença de uma atmosfera de oxigénio puro à pressão aproximada de 1 mbar. A temperatura do substrato pode ser ajustada para cada deposição, tendo em vista a optimização de propriedades físicas específicas e/ou para o estudo dos efeitos das pequenas alterações na microestrutura/textura do filme induzidas por diferentes temperaturas do substrato.

Imediatamente após a deposição, o aquecimento do substrato é desligado, introduzindo-se mais oxigénio puro na câmara até se atingir a pressão atmosférica. O arrefecimento ocorre naturalmente (em cerca de 40 minutos, sem qualquer regulação específica), não sendo necessário qualquer recozimento subsequente por já estar presente a estequiometria correcta nas amostras.

Os filmes têm espessuras que variam entre 300 Å e $1 \mu\text{m}$, sendo necessários cerca de 6000 impulsos para se conseguir um filme de 1800 Å. Cada impulso vaporiza cerca de 10 ng de material, a que corresponde uma taxa de crescimento do filme da ordem de 1 Å por segundo.

Para além do estudo do efeito da temperatura do substrato, estão em curso experiências para estudar os efeitos da alteração da pressão de O_2 durante a deposição, da distância alvo-substrato e da intensidade do feixe laser.

Espera-se produzir brevemente filmes supercondutores de famílias afins de cerâmicas.

5.2. Caracterização estrutural

Os filmes foram caracterizados com difractometria de raios X e microscopia electrónica de varrimento (S.E.M.) em termos da sua estrutura cristalina, composição química e estado da superfície. O espectro de raios X foi obtido num difractor Siemens D5000 recentemente instalado (IFIMUP), usando a geometria de Bragg ($\theta-2\theta$), permitindo determinar a orientação dos planos cristalográficos relativamente ao substrato e os parâmetros da rede cristalina.

A análise do espectro revela um filme com a orientação do eixo c normal ao plano do substrato, dado que só se observam os máximos correspondentes às direcções cristalográficas (00 l).

A microscopia electrónica de varrimento permite-nos observar directamente o estado da superfície do filme, bem como efectuar a análise da composição química local, por microanálise de raios X. Deste modo é possível determinar a influência do substrato e das condições de deposição na qualidade da superfície, fornecendo informação adicional quanto ao modo de crescimento dos filmes.

Na figura 3 mostram-se algumas imagens obtidas por SEM e referentes a dois filmes de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ depositados sobre SrTiO_3 com duas orientações diferentes: (100) (Fig. 3a) e (110) (Fig. 3b).

Apesar das mesmas condições de deposição e de os filmes terem crescido, em ambos os casos, com o eixo c normal ao substrato, as duas microestruturas são muito diferentes, devido ao diferente modo de crescimento cristalográfico induzido pela diferente orientação do substrato nos dois casos. Note-se que a microanálise química revela que ambos os filmes têm a mesma composição.

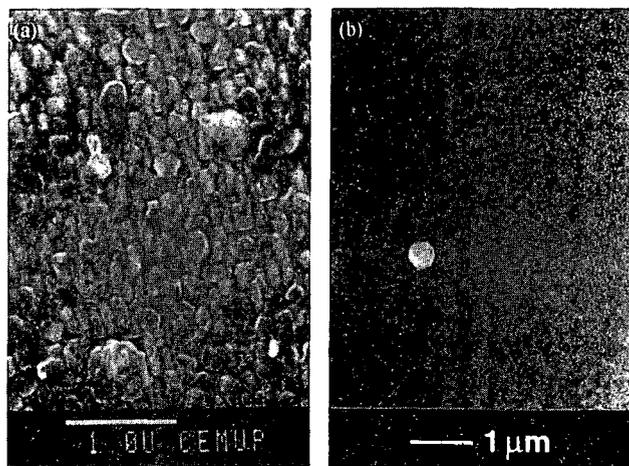


Fig. 3 — Imagens SEM de filme de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ depositado sobre SrTiO_3 orientado segundo (100) (Fig. a) e (110) (Fig. b).

5.3. Propriedades físicas dos filmes produzidos

5.3.1. Resistividade eléctrica (ρ) e sua derivada em ordem à temperatura ($d\rho/dT$)

As medidas de resistividade em função da temperatura foram realizadas usando o método convencional dos quatro pontos. Para o efeito foram depositados, por evaporação em câmara apropriada, quatro contactos de ouro (~ 1000 Å de espessura) na superfície do filme, sobre os quais foram posteriormente fixados, com pasta de prata, os fios de cobre para as ligações eléctricas. Os resultados de resistividade, para um dos filmes de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ fabricados, encontram-se representados na figura 4.

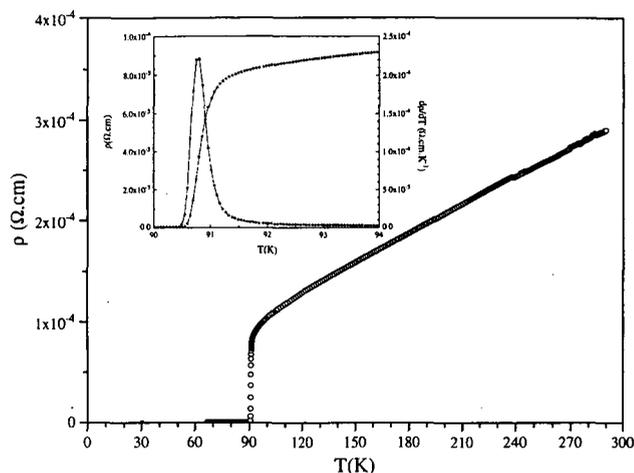


Fig. 4 — Dependência térmica da resistividade eléctrica de um filme de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

Este filme apresenta um comportamento metálico no estado normal ($d\rho/dT > 0$; $T > T_c$) sendo a extrapolação de ρ para $T = 0\text{K}$ quase nula. Acima da transição superconductor-estado normal ($T = T_c$) são visíveis os efeitos das flutuações termodinâmicas, que se traduzem por um arredondamento acentuado da curva de ρ [10,12,13]. A resistividade anula-se para $T_c = 90.6$ K, sendo a largura da transição (dada pela largura a meia altura do pico da derivada) de $\Delta T_c \approx 0.3$ K.

Estes resultados permitem concluir que os filmes produzidos são de excelente qualidade.

5.3.2. Magnetização (M) e ciclo histerético

Que acontece quando se aplica um campo magnético H_a a um superconductor? (H_a não muito intenso; ver adiante estados normal e misto).

À mínima penetração de fluxo magnético na periferia, formam-se correntes superficiais induzidas ($\epsilon = -d\phi/dT$) com a intensidade necessária para se oporem eficazmente

à penetração adicional do campo para o interior¹. Por isso a indução magnética (\mathbf{B}) continua nula no interior. É o chamado *estado de Meissner* ($\sigma = \infty$, $\mathbf{B} = 0$; homogéneo), mostrando a experiência que não depende da história magnética ou térmica do meio².

Este estado pode evidenciar-se pela medida da magnetização macroscópica \mathbf{M} (momento magnético total criado pelas supercorrentes, a dividir pelo volume do superconductor)³, ligada à indução \mathbf{B} pela expressão,

$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H}_a - D\mathbf{M} + \mathbf{M})$$

D é o chamado factor desmagnetizante da amostra, calculável a partir da sua geometria e orientação em relação a \mathbf{H}_a . No estado de Meissner tem-se $\mathbf{B} = 0$, logo uma magnetização

$$\mathbf{M} (\text{Meissner}) = -\frac{1}{1-D} \mathbf{H}_a \cong -\mathbf{H}_a$$

A última passagem justifica-se quando se usam amostras muito finas (lâminas, filmes, fios, ...) colocados paralelamente ao campo aplicado ($D \cong 0$ nesta geometria).

A susceptibilidade magnética no estado de Meissner é então $\chi = -1$, visto ser $\mathbf{M} = \chi \mathbf{H}_a$ (por definição de χ). A curva $M(H_a)$ é *reversível*, por se tratar de um estado termodinâmico² (ver Fig. 5).

Supercondutores do tipo I e o tipo II

Embora a manutenção das supercorrentes não requeira energia, a sua *criação* exige energia (electrões em movimento colectivo; custo de energia cinética), tanto mais quanto maior for o campo aplicado H_a que têm de compensar. Com o crescimento de H_a a situação torna-se insustentável a partir de um certo valor crítico, característico de cada superconductor: manter o estado de Meissner (supercorrentes intensas na periferia...) custa então *mais energia* do que a transição do material — na sua totalidade (i) ou em parte (ii) — para o estado normal.

Tem-se, no primeiro caso (i) e para um campo $H_a \geq H_c$, o chamado *campo crítico termodinâmico*, uma transição abrupta de *todo* o superconductor para o estado normal, passando a magnetização do valor $\mathbf{M} = -\mathbf{H}_a$ para um valor pequeníssimo, $\mathbf{M} = \chi \mathbf{H}_a$, pois $\chi \ll 1$ no estado normal. Este comportamento ocorre nos chamados *supercondutores do tipo I*, de que são exemplos o Hg, In, Pb, Tl, ...

No caso (ii) e para um campo $H_a \geq H_{c1}$ (*primeiro campo crítico*) ocorre uma penetração *gradual* de fluxo magnético para o interior do meio, em regiões filamentosas com pequeníssimo diâmetro ($10 \text{ \AA} \leq d \leq 10^2 \text{ \AA}$), contendo cada "filamentó" um quantum de fluxo magnético, $\phi_0 = h/(2e)$. Estes filamentos designam-se por *fluxóides*,

formando (idealmente) uma rede ordenada triangular, todos paralelos ao campo magnético aplicado.

O número de fluxóides cresce com H_a , aumentando a indução magnética média: para N_s fluxóides por unidade de área perpendicular a \mathbf{H}_a , tem-se $\langle \mathbf{B} \rangle = N_s \phi_0$ e um fluxo total $\phi = N_s S \phi_0$ ($S =$ secção total normal a \mathbf{H}_a).

A parte central de cada fluxóide está essencialmente no estado normal, "deixando passar" o fluxo magnético ϕ_0 . Cada quantum ϕ_0 é justamente criado por supercorrentes circulares associadas a cada fluxóide, na matriz supercondutora envolvente. Temos assim, para $H > H_{c1}$, um *estado misto* do tipo fluxóides/matriz supercondutora, mostrando a experiência (e a teoria) que se trata de um estado termodinâmico na ausência de defeitos na rede cristalina.

Com o aumento de H_a e da densidade de fluxóides, a parte estritamente supercondutora do material torna-se cada vez menor, extinguindo-se virtualmente quando os fluxóides ficam encostados uns aos outros. Isso acontece quando $H_a \geq H_{c2}$, o chamado *segundo campo crítico*, que marca a transição do estado misto (não homogéneo) para o estado normal (homogéneo). Este comportamento (estados de Meissner, misto e normal; campos H_{c1} e H_{c2}) ocorre nos chamados *supercondutores do tipo II*, de que são exemplos os elementos Nb e V, diversas ligas e compostos de metais de transição, ... bem como as recentes cerâmicas supercondutoras de alta temperatura crítica.

Comportamento ideal da magnetização

Na figura 5 compara-se o comportamento da magnetização (M) e indução magnética (B) em função de H_a , nos supercondutores do tipo I e do tipo II, supondo redes cristalinas perfeitas (e $D = 0$), para as quais as curvas $M(H_a)$ são completamente *reversíveis*.

Esta reversibilidade está directamente ligada ao facto dos fluxóides se poderem então mover livremente: (i) quando H_a aumenta, os novos fluxóides que se formam na periferia (onde se tornam excedentários) deslocam-se para o interior, até ficarem em equilíbrio sob a acção exclusiva

¹ Não há resistividade eléctrica...; são as chamadas supercorrentes; lei de Lenz a funcionar.

² *Efeito Meissner*: quando se arrefece, partindo de $T > T_c$, um material superconductor na presença de um campo magnético (não muito intenso), verifica-se que o fluxo existente no estado normal (franca penetração do campo) é totalmente expulso quando se atinge a temperatura de transição para o estado superconductor, isto é, a indução magnética \mathbf{B} torna-se nula. De igual modo, quando se aplica um campo magnético (a $T = \text{const} < T_c$) este não penetra no superconductor. Tem-se pois $\mathbf{B} = 0$, independentemente da história do meio.

³ Genericamente, a magnetização de uma substância, $\mathbf{M} = \sum \mathbf{m}_i/V$, tem origem na *reorientação* de momentos magnéticos intrínsecos (\mathbf{m}_i) eventualmente existentes nos átomos constituintes (como acontece nos materiais magnéticos) e/ou pela criação de correntes eléctricas fechadas (assemelhando-se a espiras... com os seus próprios momentos magnéticos \mathbf{m}_i), que é o mecanismo existente nos supercondutores.

das forças de interacção (repulsão) com os outros fluxóides presentes (ii) quando H_a diminui este processo é exactamente descrito em sentido inverso, sendo os fluxóides extintos na periferia.

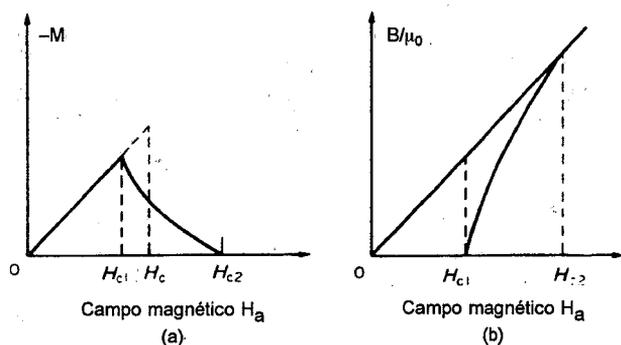


Fig. 5

- (a) Magnetização versus campo magnético aplicado, num supercondutor do tipo I (a tracejado) e do tipo II (a cheio).
 (b) Indução magnética/ μ_0 em função do campo magnético aplicado, num supercondutor do tipo II; o segmento de recta a 45° traduz o comportamento de um supercondutor do tipo I.

Curvas experimentais. Histerese magnética

Como se comporta a curva de magnetização $M(H_a)$ se houver defeitos na rede cristalina? Verifica-se que os defeitos impedem o livre movimento dos fluxóides, originando histerese magnética. Neste caso, quando aumentamos H_a ocorre uma *deficiência* de fluxóides no interior, em relação à situação de equilíbrio (forças de “ancoragem” fluxóide-defeito impedem os fluxóides formados na periferia de penetrarem no interior); quando H_a diminui, forma-se um *excesso* de fluxóides no interior.

A fig. 6 representa um ciclo histerético obtido usando baixos campos (medidas realizadas num SQUID). A curva inicial de magnetização reflecte a passagem do estado Meissner ao estado misto, que corresponde ao início da penetração do campo, e que se traduz pela irreversibilidade do ciclo quando se diminui o campo aplicado.

Os ciclos a altos campos (até 5.5 T; Fig. 6b) mostram que existe uma forte retenção do fluxo magnético no interior do material e que a destruição da supercondutividade deve ocorrer para campos extremamente elevados ($H_{c2} \sim 100$ Tesla).

Observe-se que as magnetizações aumentam com o decréscimo da temperatura, estendendo-se também os ciclos até campos mais elevados. Isto deve-se ao aumento de $H_{c1}(T)$ e $H_{c2}(T)$ com a descida da temperatura, dado o número crescente de electrões que contribuem para a supercondutividade, emparelhados nos chamados *pares de Cooper* ($k\uparrow, -k\downarrow$).

A partir do modelo do estado crítico de Bean [14] é possível calcular, através dos ciclos histeréticos, as cor-

rentes críticas (J_c) destes materiais, isto é, o valor da densidade de corrente que, a cada temperatura T , destrói o estado de Meissner (não dissipativo). Obtemos dos ciclos da figura 6b os seguintes valores [15] para J_c (em A/cm^2): 2.1×10^7 (para $T = 5K$), 1.3×10^7 (30K), 7.7×10^6 (50K). Estes valores são muito elevados, indicando uma boa qualidade dos filmes produzidos, com vista às aplicações (ver secção 5.4).

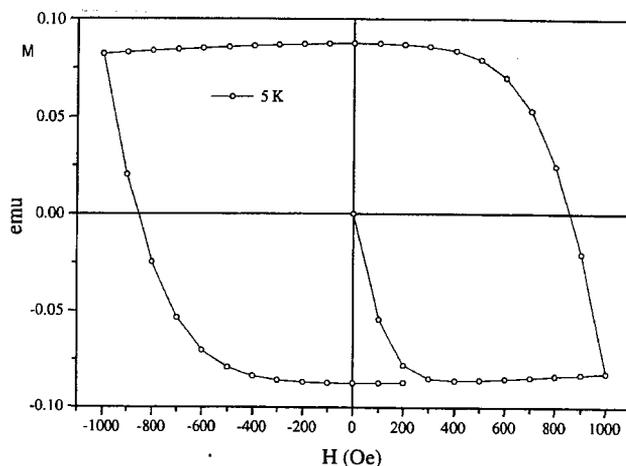


Fig. 6a — Ciclo histerético em baixos campos e para $T = 5K$.

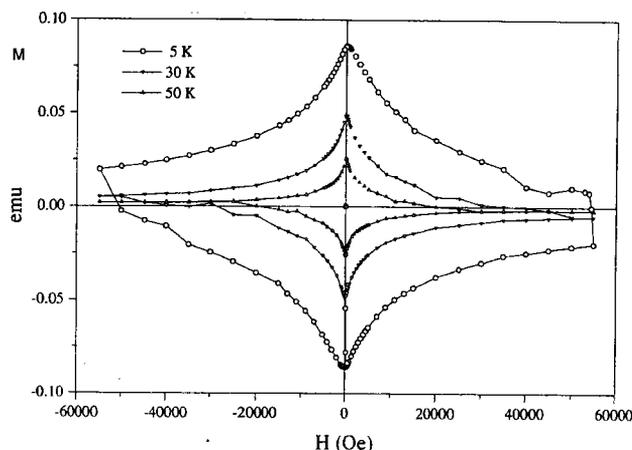


Fig. 6b — Ciclos histeréticos até altos campos, e a diferentes temperaturas.

5.4. Algumas aplicações dos supercondutores

De um modo geral podemos considerar duas áreas de aplicações dos supercondutores. Por um lado, as aplicações de larga escala onde são necessários supercondutores capazes de suportar elevadas densidades de corrente, $j \approx 10^5 A \cdot cm^{-2}$, e campos magnéticos elevados, $\approx 1 T$. Estas necessidades manifestam-se, por exemplo, no transporte de energia sem perdas a grandes distâncias (desde logo referida por Kammerling Onnes quando descobriu a supercondutividade, em 1911), na produção de campos

magnetostáticos muito intensos e estáveis (por exemplo para imagens por ressonância magnética), em transformadores e em geradores eléctricos de elevada potência.

O outro tipo de aplicações pode considerar-se de pequena escala onde as propriedades dos supercondutores são exploradas de um modo mais especializado. Nas áreas de metrologia, instrumentação e sensores de extrema precisão/sensibilidade podemos considerar alguns exemplos. Em metrologia as medidas de h/e (razão entre a constante de Planck e a carga do electrão) e o padrão de potencial eléctrico, o Volt (através do efeito Josephson), podem ser realizadas com extrema precisão.

Em instrumentação e sensores (do tipo SQUID) temos entre outros a detecção de microondas, de campos magnéticos muito fracos, por exemplo, produzidos no coração ou no cérebro (magnetocardiografia e magnetoencefalografia), bem como de correntes eléctricas e de ondas sonoras de elevada frequência.

Presentemente, ainda não é clara a extensão dos efeitos que os novos materiais supercondutores HTC terão no domínio da tecnologia [16]. Os novos materiais são muito diferentes dos convencionais apresentando dificuldades de processamento específicas, nomeadamente o seu carácter quebradiço (como as cerâmicas convencionais), e a fraca ductilidade, o que ainda impossibilita o fabrico de fios [17] e fitas condutoras com propriedades aceitáveis.

Apesar destas dificuldades, é possível obter filmes finos de elevada qualidade, e é sob a forma de filmes que as primeiras aplicações já estão disponíveis, sendo previsível o seu uso corrente num horizonte temporal médio. A integração de dispositivos supercondutores com elevado T_c (e a funcionar à temperatura do azoto líquido), em sistemas de microelectrónica, utilizando tecnologia epitaxial, é já uma realidade [18]. A fabricação de interruptores ultra-rápidos usando supercondutores baseados em junções Josephson permitirá fabricar computadores muito mais rápidos que os actuais e com menor consumo de energia. As junções Josephson [19] — o equivalente do transistor — são o elemento activo e constituem a base para qualquer circuito supercondutor.

No entanto, os novos computadores levantam outros problemas na sua utilização: as elevadas temperaturas a que as junções podem trabalhar, o valor elevado da banda de energia proibida (hiato de energia) e o baixo comprimento de coerência criam perturbações (no ruído térmico, na corrente crítica, no fluxo magnético) que podem ser mais pronunciadas que nas junções de materiais convencionais, limitando a precisão/sensibilidade últimas alcançáveis na prática.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DIKAMP, D.; VENKATESAN, T.; WU, X. N. — *Appl. Phys. Lett.* **51**, 619 (1987).
R. CAVA — “Pour la Science”, edição francesa de Scientific American, pág. 62, Out. 1990.
J. C. PHILIPS — *Physics of High T_c — Superconductors*, Academic Press (1989).
M. TINKHAM; C. J. LOBB — *Solid State Physics*, Acad. Press, **42** 91 (1989).
J. B. SOUSA — *Colóquio Ciências*, ed. F. C. Gulbenkian, **10**, p. 3 (1992).
- [2] WU, M. K.; ASHBURN, J. R.; TORNG, C. J.; HOR, P. H.; MENG, R. L.; GAO, L.; HVANG, Z. J.; WANG, Y. P.; CHU, C. W. — *Phys. Rev. Lett.* **58**, 908 (1987).
- [3] SUN, B. N.; TAYLOR, K. N. R.; HUNTER, B.; MATTEWS, B. N.; ASHBY, S.; SEALY, K. — *J. Cryst. Growth* **108**, 473 (1991).
- [4] CHEUNG, J. T.; SANKU, H. — *CRC Crit. Rev. Solid State Mater. Sci.* **15**, 63 (1988).
- [5] CHRISSEY, D. B. and HUBLEV, G. K. (eds.) — *Pulsed Laser Deposition of Thin Films*, John Wiley & Sons (1994).
- [6] NAKAYAMA, T.; OKIGANA, M.; ITOH, N. — *Nucl. Instr. Meth.* **B1**, 301 (1984).
- [7] SCHLOM, D. G.; ANSELMETTI, D.; BEDNORZ, J. G.; BROOM, R. F.; CATANA, A.; FREY, T.; GERBER, Ch.; GÜNTHERODT, H. J.; LANG, H. P.; MANNHART, J. — *Z. Phys.* **B86**, 163 (1992).
- [8] ZHENG, J. P.; HUANG, Z. Q.; SHAW, D. T.; KWOK, H. S. — *Appl. Phys. Lett.* **54**, 280 (1989).
- [9] ISHIZAKA, A.; MURATA, Y. — *J. Phys.: Condens. Matter* **6**, L693 (1994).
- [10] LOURENÇO, A. A. C. S.; SALCEDO, J. R.; FREITAS, P. P.; MENDES, J. A.; ALMEIDA, B.; AMARAL, V. S.; MOREIRA, J. M.; SOUSA, J. B. — *Materials Research Society, Autumn Meeting, Boston, U.S.A.* (1994).
- [11] ALVES, E.; SILVA, M. F. da; LOURENÇO, A. A. C. S.; SALCEDO, J. R.; MELO, A.; SOARES, J. C. — 9.ª Conf. Nac. Física — Física 94, Covilhã, p. 364.
- [12] LOURENÇO, A. A. C. S.; SALCEDO, J. R.; MENDES, J. A.; AMARAL, V. S.; MOREIRA, J. M.; SOUSA, J. B. — 9.ª Conf. Nac. Física — Física 94, Covilhã, p. 281-282.
- [13] LOURENÇO, A. A. C. S.; SALCEDO, J. R.; HABERMEIER, H. U.; MOREIRA, J. M.; PINTO, R. P.; BRAGA, M. E.; SOUSA, J. B. — 8.ª Conf. Nac. Física — Física 92, Vila Real.
- [14] J. EVETTS (editor) — *Concise Encyclopedia of Magnetic and Superconducting Materials*, Pergamon Press (1992).
- [15] LOURENÇO, A. A. C. S.; MENDES, J. A.; MOREIRA, J. M.; AMARAL, V. S.; SOUSA, J. B.; FREITAS, P. P.; SALCEDO, J. R. — 9.ª Conf. Nac. Física — Física 94, Covilhã, p. 279-280.
- [16] MENDELSSOHN, K. — “Em Demanda do Zero Absoluto”, *Biblioteca Universitária Inova* (1970).
A. WOLSKY — *Scientific American*, pág. 45, Fev. 1989.
C. GOUGH — *Physics World*, Institut of Physics (U. K.), pág. 26, Dez. 1991.
- [17] HABERMEIER, H. U. — *Solid State Phenomena* **6 & 7**, 483 (1989).
- [18] MÜLLER, P.; SCHUBERT, M. Ch. RODIG, G. FUCHS, K. FISHER, *Appl. Phys. Lett.* **55**, 917 (1989).
- [19] INAM, A.; WU, X. D.; VENKATESAN, T.; HWANG, D. M.; CHANG, C. C.; RAMESH, R.; MIURA, S.; MATSUBARA, S.; MIYASAKI, Y.; SHOATA, N. — *Solid State Technol.* **33**, 113 (1990).

Olimpíadas de Física

Nesta nova Secção, coordenada por Adriano Pedroso Lima e Manuel Fiolhais, serão publicadas notícias sobre as Olimpíadas de Física, os problemas mais interessantes das provas Nacionais e Internacionais, suas resoluções, etc.

As Olimpíadas de Física são actualmente uma actividade muito importante da Sociedade Portuguesa de Física. A participação de Portugal nas Olimpíadas internacionais impôs algumas alterações na forma como as Olimpíadas nacionais vinham sendo organizadas. O ano lectivo 1993-94 foi um ano de transição tendo-se realizado provas em três escalões: escalão A (para alunos do 9.º e 10.º anos), escalão B (para alunos do 11.º ano) e escalão C (para alunos do 12.º ano). Os vencedores do escalão C participaram na XXV Olimpíada Internacional de Física realizada em Pequim, na China, em Julho de 1994. Os oito estudantes melhor classificados no escalão B estão agora pré-seleccionados para participar na XXVI Olimpíada Internacional (em Camberra, na Austrália, Julho/95). Desse grupo sairão os cinco elementos que representarão Portugal nesta Olimpíada. De futuro haverá provas unicamente nos escalões A e B. Os oito melhores alunos do escalão B ficam pré-seleccionados para integrar a delegação portuguesa nas Olimpíadas Internacionais do ano seguinte.

Face à importância crescente das Olimpíadas de Física e às grandes responsabilidades que decorrem do protocolo celebrado entre a SPF e as Secretarias de Estado da Ciência e Tecnologia e da Educação e Desportos (ver Gazeta de Física, vol. 17, n.º 1, 1994, p. 32), o Conselho Directivo da SPF criou uma comissão permanente para a área das Olimpíadas, a qual é constituída pelo Secretário-Geral da SPF, pelo Secretário-Adjunto para os Assuntos Nacionais, pelos Presidentes das três Delegações Regionais e pelos Profs. Manuel Fiolhais e Adriano Pedroso de Lima (ambos do Departamento de Física da FCTUC).

Participação de Portugal na XXV Olimpíada Internacional de Física

A XXV Olimpíada Internacional de Física (IPhO) teve lugar em Pequim, na República Popular da China, de 11 a 19 de Julho de 1994. Portugal esteve presente pela pri-

meira vez em participação regular. Foi um dos 51 países participantes, cinco dos quais, porém, com o estatuto de observadores.

A delegação portuguesa foi composta pelo Secretário-Geral da SPF, Prof. Carlos Matos Ferreira, na qualidade de observador; pelos *team leaders* Profs. Manuel Fiolhais e Adriano Pedroso de Lima; e pelos alunos vencedores do escalão C das Olimpíadas Nacionais de Física 1993/94, Cláudia Cruz (Esc. Sec. Leal da Câmara, Rio de Mouro), Ricardo Faria (Esc. Sec. Francisco de Holanda, Guimarães), Teresa Freitas (Esc. Sec. António Nobre, Porto), Rui Padrão (Esc. Sec. Dr. Manuel Gomes de Almeida, Espinho) e Pedro Rolo (Esc. Sec. Dr. Manuel Gomes de Almeida, Espinho).

A viagem começou de forma atribulada! Uma arrelhadora avaria no automóvel onde os dois *team leaders* se faziam transportar, em plena auto-estrada A1, ia-os deixando em terra. Valeu na ocasião o apoio de um simpático automobilista que acedeu ao pedido de boleia e os transportou ao aeroporto!

A XXV IPhO iniciou-se formalmente com a cerimónia de abertura, durante a qual foi feita a apresentação de todas as delegações. Finda esta cerimónia reuniu o *International Board*, órgão constituído por todos os *team leaders*. Nesta reunião procedeu-se à apresentação e discussão dos três problemas que constituíam a "parte teórica" dos exercícios olímpicos a realizar no dia seguinte. As propostas de problemas são sempre da responsabilidade da comissão organizadora e a discussão diz respeito aos enunciados, às resoluções e à grelha de classificação. Terminada a reunião iniciou-se a tarefa de tradução dos exercícios, a qual, como já é habitual, se prolongou madrugada dentro, praticamente até à hora do início da prova. A reunião do *International Board* para a discussão da parte prática da prova olímpica, que consta de dois exercícios, é feita no dia anterior ao da sua realização, respeitando-se os procedimentos antes referidos. Desde o início da reunião do *International Board* até à conclusão das provas são proibidos os contactos entre *team leaders* e estudantes.

A Comissão Organizadora da IPhO proporcionou um conjunto de visitas a locais de grande interesse (Grande Muralha, Cidade Proibida, Templo de Verão) para os *team leaders* e observadores (enquanto os alunos realizavam as provas) e, separadamente, para os estudantes (enquanto os *team leaders* discutiam e traduziam as provas).

Quanto aos resultados, os participantes portugueses posicionaram-se nos lugares 150.º, 172.º, 174.º, 189.º e 197.º, havendo um total de 229 participantes. O vencedor absoluto foi um estudante chinês. De resto, a China evidenciou uma clara superioridade sobre os demais países, obtendo quatro medalhas de ouro (em seis atribuídas) e uma medalha de prata.

As classificações obtidas pelos representantes portugueses nesta primeira participação na IPhO reflectem desde logo a pouca adequação dos programas vigentes ao elenco de matérias exigido na IPhO (ver *Gazeta de Física*, vol. n.º 1, 1994). A selecção efectuada pela SPF através das Olimpíadas Nacionais recaiu efectivamente em alunos com excelentes classificações no 12.º ano. Contudo, essa selecção foi feita apenas entre os alunos das escolas participantes, cujo número foi escasso (participaram menos de duas centenas de escolas nas Olimpíadas 1993/94). Há ainda um importante trabalho a desenvolver pela SPF no sentido de captar o interesse pelas Olimpíadas.

Antes da partida para a China efectuou-se em Coimbra, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia, uma "semana de preparação" para os cinco alunos participantes. Procurou-se desta forma colmatar algumas das deficiências mais notórias da preparação de base dos alunos seleccionados, especialmente no que diz respeito à parte experimental. Colaboraram nesta actividade, além dos dois *team leaders*, os Profs. Pedro Alberto, Maria José de Almeida, Carlos Lopes Gil, Manuel Joaquim Marques e Rui Marques, a quem se agradece a colaboração prestada. Esta preparação, para além de ter sido curta, realizou-se numa altura (de facto a única possível) em que os estudantes tinham acabado de realizar as provas de aferição e iam realizar as provas específicas de acesso ao ensino superior, o que lhe pode ter retirado alguma eficácia. Para ultrapassar esta situação, está previsto um esquema de preparação suplementar que decorre ao longo do ano lectivo (a preparação fundamental terá de ser da responsabilidade directa do próprio estudante com a ajuda do seu professor). Em todo o caso, deve-se dizer que a prestação dos estudantes portugueses, apesar de longe de ser a desejada, não se pode considerar desastrosa, equivalendo-se ou até suplantando a de alguns estudantes de outros países considerados desenvolvidos ou com fortes tradições no domínio da Física.

É usual os participantes na IPhO trocarem pequenas lembranças entre si. Os estudantes portugueses ofereceram

aos seus colegas diverso material de promoção dos Descobrimentos Portugueses. Aproveitou-se assim esta rara ocasião de convívio entre jovens de cerca de meia centena de países para se fazer uma divulgação das comemorações dos Descobrimentos Portugueses que agora decorrem. Cabe aqui um agradecimento à Comissão Nacional para a Comemoração dos Descobrimentos Portugueses que disponibilizou o material oferecido às outras delegações.

Após a participação na IPhO, a delegação portuguesa deslocou-se a Macau para uma curta visita patrocinada pela Fundação Macau. A Delegação visitou a Universidade de Macau, designadamente as instalações da Faculdade de Ciências e Tecnologia, tendo tido um encontro com os Senhores Reitor e Vice-Reitor. Visitou também o Liceu de Macau onde teve um encontro com o Conselho Directivo daquela escola e com professores de Física do ensino secundário. Esse encontro serviu para trocar informações sobre a experiência portuguesa nas Olimpíadas de Física, tendo em vista a participação de uma delegação macaense em futuras edições da IPhO. O Instituto Cultural de Macau proporcionou à delegação portuguesa uma visita guiada ao território.

À Fundação Macau, ao Instituto Cultural de Macau, à Reitoria da Universidade de Macau e ao Conselho Directivo do Liceu de Macau são devidos agradecimentos pela forma amável como acolheram a delegação portuguesa.

Uma palavra final também de agradecimento é devida à Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia que apoiou financeiramente a participação de Portugal na XXV Olimpíada Internacional de Física. — (MF e APL)

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 1994/95

As fases regionais das Olimpíadas de Física 1994/95 realizar-se-ão a 6 de Maio de 1995 em Lisboa (Delegação Regional do Sul e Ilhas), no Porto (Delegação Regional do Norte) e em Coimbra (Delegação Regional do Centro). A fase nacional estará a cargo da Delegação Regional do Centro da SPF, e decorrerá em Coimbra de 22 a 24 de Junho de 1995. Os oito alunos melhor classificados do escalão B serão potenciais participantes nas Olimpíadas Internacionais de Física de 1996, a realizar na Noruega.

O apuramento dos cinco representantes de Portugal na próxima Olimpíada Internacional de Física (Camberra, Austrália, 5 a 12 de Julho de 1995) terá lugar até ao dia 15 de Maio de 1995.

PROBLEMAS DAS OLIMPIADAS INTERNACIONAIS DE FISICA

Apresenta-se a seguir o enunciado do primeiro problema teórico da XXV IPhO (China, 1994). A sua resolução será publicada no próximo número da Gazeta, nesta mesma Secção.

Problema n.º 1 — Partícula Relativista

Na teoria da Relatividade Restrita, a relação entre a energia E e a quantidade de movimento p de uma partícula livre com massa em repouso m_0 é

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} = mc^2$$

Quando sujeita a uma força conservativa, a energia total da partícula, que é a soma de $\sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$ com a energia potencial, é conservada. Se a energia da partícula é muito elevada, a sua energia de repouso pode ser ignorada (tal partícula chama-se ultra-relativista). Poderá haver curtos intervalos de tempo durante os quais a partícula não é ultra-relativista. Contudo, este facto pode aqui ser ignorado.

1. Considere o movimento unidimensional de uma partícula altamente energética (a sua massa de repouso pode ser ignorada) sujeita a uma força central de intensidade constante f fora do centro de forças e nula no centro de forças. Suponha que a partícula está localizada no centro de forças com quantidade de movimento inicial p_0 no instante $t = 0$. Descreva o movimento da partícula representando graficamente e em separado, a quantidade de movimento p em função da coordenada x e a coordenada x em função do tempo para, pelo menos, um período do seu movimento; especifique as coordenadas dos pontos de retorno em função dos parâmetros p_0 e f dados e indique, com setas, a evolução do movimento num diagrama (p, x) .

2. Um mesão é uma partícula constituída por dois quarks. A massa de repouso M é igual à energia total do sistema de dois quarks dividida por c^2 . Considere um modelo unidimensional para o mesão em repouso, supondo que os dois quarks se movem segundo o eixo x , atraindo-se mutuamente com uma força de intensidade constante f ; suponha que os dois quarks podem passar livremente um pelo outro. A massa de repouso dos quarks pode ser desprezada quando se faz a análise do movimento para altas energias. No instante $t = 0$ os dois quarks estão ambos em $x = 0$. Represente graficamente o movimento de cada um dos quarks, servindo-se de diagramas (x, t) e (p, x) , especifique as coordenadas dos pontos de retorno em função de M e f , indique a direcção do processo no diagrama (p, x) e determine a distância de separação máxima dos dois quarks.

3. O referencial usado na alínea 2. será denominado S ; o referencial do laboratório, designado por S' , move-se no sentido negativo do eixo x com uma velocidade constante $v = 0.6c$. As coordenadas nos dois referenciais são escolhidas de modo a que o ponto $x = 0$ de S e $x' = 0$ de S' coincidam no instante $t = t' = 0$. Represente graficamente o movimento dos dois quarks num diagrama (x', t') , especifique as coordenadas dos pontos de retorno em função de M , f e c , e determine a distância máxima entre os dois quarks quando observados no referencial do laboratório S' .

Nota: as coordenadas de uma partícula nos referenciais S e S' estão relacionadas pela transformação de Lorentz

$$x' = \gamma(x + \beta ct) \quad t' = \gamma(t + \beta x/c)$$

em que $\beta = V/c$, $\gamma = \sqrt{1 - \beta^2}$ e V é a velocidade do referencial S relativamente ao referencial S' .

4. Determine, no referencial S' , a energia de um mesão cuja energia em repouso é $Mc^2 = 140$ MeV e cuja velocidade em S' é $0.6c$.

NOVAS QUOTAS DOS SÓCIOS DA SPF

A Assembleia Geral da Sociedade Portuguesa de Física aprovou, na sua reunião de 20 de Setembro de 1994, a alteração das quotas dos sócios da SPF para os seguintes valores:

Ano de 1995 — 5000\$00

Ano de 1996 — 6000\$00

Estudantes — Ano de 1995 — 2500\$00

— Ano de 1996 — 3000\$00

Com estas novas quotas, os sócios da SPF passarão a receber gratuitamente, para além da revista Gazeta de Física, a revista Europhysics News, da Sociedade Europeia de Física (EPS).

De igual modo, poderão inscrever-se em quaisquer Divisões ou Grupos Interdivisionais da EPS, passando a usufruir de todos os direitos e privilégios dos membros dessas Divisões e Grupos.

August 1994

European Physical Society

Exec. Sec.: G. Thomas

Geneva Secretariat:
P.O. Box 69
CH-1213 Petit-Lancy 2
Tel: +41 (22) 793 11 30
Fax: +41 (22) 793 13 17

Location:
27, chemin de la Vendée
Petit-Lancy, Geneva
Access:
Chemin du Banc-Bénil

Budapest Secretariat:
Nádor u. 7
H-1051 Budapest
Tel: +36 (1) 117 35 10
Fax: +36 (1) 117 68 17

Council Meetings

1995: 31 March-1 April, Bad Honnef
1996: 29-30 March, Lisbon
1997: 21-22 March, The Netherlands
1998: 27-28 March
1999: 26-27 March

Past Presidents

1968-70: G. Bernardini, Pisa
1970-72: E. Rudberg, Stockholm
1972-76: H.B.G. Casimir, Eindhoven
1976-78: I. Ursu, Bucharest
1978-80: A. Zichichi, Bologna
1980-82: A.R. Mackintosh, Copenhagen

1982-84: J. Friedel, Orsay
1984-86: G.H. Stafford, Oxford
1986-88: W. Buckel, Karlsruhe
1988-91: R.A. Ricci, Legnaro
1991-93: M. Jacob, Geneva
1993- : N. Kroó, Budapest

Executive Committee

President: N. Kroó
Research Institute for Solid State Physics, POB 49, H-1525 Budapest
+36 (1) 169 65 75 / 169 53 80
h2202 kro @ ella.hu

President-elect: H. Schopper
PPE Division, CERN, CH-1211 Geneva 23
+41 (22) 767 53 50 / 767 72 63
schopper @ cernvm.cern.ch

Secretary: A. Taroni
Dip. di Elettronica per l'Automazione, Facoltà di Ingegneria dell'Università, Via Branze, 38, I-25123 Brescia
+39 (30) 371 54 80 / 38 02 10
taroni @ imiclvx.bitnet

Vice-Secretary: C. Sébenne
Lab. de Physique des Solides, Université Pierre et Marie Curie, Tour 13, 4, place Jussieu, F-75230 Paris Cedex
+33 (1) 44 27 45 10 / 44 27 45 41

Treasurer: J.L. Lewis
Pump Cottage, Colwall Green, Malvern, Worcs WR13 6DX, UK
+44 (684) 54 07 07 / 54 07 97

Vice-Treasurer: E. Osnes
Physics Dept., Oslo Univ., POB 1048, Blindern, N-0316 Oslo 3
+47 (-) 22 85 64 28 / 22 85 64 22
eivind.osnes @ phys.uio.no

Members:
A.F. Andreev
P.L. Kapitza Inst. for Physical Problems, Russian Academy of Sciences, ul. Kosygina 2, CIS-117334 Moscow
+7 (095) 938 20 29 / 938 20 30
andreev @ magnit.msk.su

J.-P. Ansermet
Section de Physique Expérimentale, Ecole Polytechnique Fédérale, CH-1015 Lausanne
+41 (21) 693 33 39 / 693 96 04

C.M. Ferreira
Centro de Electrodinámica, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, P-1096 Lisbon Codex
+351 (1) 841 90 00 / 352 43 72
d845 @ beta.ist.utl.pt

G.C. Morrison
Physics Department, The University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK
+44 (21) 414 45 65 / 414 45 77
frances @ i.ph.bham.ac.uk

C. van der Leun
Fac. Natuur-en Sterrenkunde, R.J. Van de Graafflaboratorium, Postbus 80.000, NL-3508 TA Utrecht
+31 (30) 53 25 13 / 51 86 89

Honorary Members

H.O.G. Alfvén, Stockholm, Sweden
G. Bernardini, Pisa, Italy
W. Buckel, Karlsruhe, Germany
H.B.G. Casimir, Heeze, The Netherlands
J. Friedel, Orsay, France
F. Hund, Göttingen, Germany
N. Kurti, Oxford, UK

Sir Nevill Mott, Milton Keynes, UK
L.E.F. Néel, Maudon, France
Ph. Nozières, Grenoble, France
R. Peierls, Oxford, UK
V.F. Weisskopf, Cambridge, MA, USA
A. Zichichi, Lausanne, Switzerland

National Society Members

Individual members of a national society which is a member of EPS may participate in the activities of EPS as National Society Members by notifying the Secretariat through their national society.

Ordinary Members

Individuals without a national affiliation	116.- SFR/a
Individuals belonging to a national society which is a member of EPS	58.- SFR/a
Individuals belonging to a Collaborating Society of EPS	72.50 SFR/a
Associates (institutions and commercial companies)	≥ 2000.- SFR/a

No admission fee
Individuals less than 30 years old: one half of relevant fee
Membership application forms from the Executive Secretary

Membership fees:

Swiss Bank Corp., CP, CH-1211 Geneva; Acc. No. 164.899
Swiss Post Office; Acc. No. 12-19107-4 CCP Geneva
German Post Office; Acc. No. 1801-30-754 Postbank Karlsruhe

IOM Delegates to Council

Delegates are elected by a ballot of the Individual Ordinary Members (4168 were on the Society's books on 1 August 1994) for a four-year term of office from nominations signed by at least three IOM's. The term of office ends if the Delegate is elected to the Executive Committee. A former Delegate may serve again after three years have lapsed.

G. Benedek, Dip. di Fisica dell'Università, Via Celoria, 16, I-20133 Milan (+39 (2) 239 24 09 / 239 24 14; benedek @ milano.infn.it)
K. Bethge, Inst. für Kernphysik, Universität Frankfurt, August-Euler-Str. 6, D-60486 Frankfurt-am-Main (+49 (69) 798 42 42 / 798 42 12)
F. Bevilacqua, Dip. di Fisica, Università di Pavia "A. Volta", Via Bassi, 6, I-27100 Pavia (+39 (382) 50 74 95 / 50 75 63; bevilacqua @ pavia.infn.it.bitnet)
P.J. Brussaard, Dept. of Physics and Astronomy, Utrecht Univ., Postbus 80.000, NL-3508 TA Utrecht (+31 (30) 53 25 16 / 51 86 89; brussaard @ fys.ruu.nl)
J.T. Devreese, Universitaire Instelling Antwerpen, Universiteitplein 1, B-2610 Antwerpen (Wilrijk) (+32 (3) 820 24 59 / 820 22 45; devreese @ phs.uia.ac.be)
G. Kanellis, Physics Dept., Aristotle Univ., GR-54006 Thessaloniki (+30 (31) 99 27 07 / 24 64 84)

Delegates of the Associate Members to Council

Delegates are elected by ballot from candidates nominated by the Associate Members for a four-year term of office.

W. Kündig, Physik-Inst. der Universität Zürich, Winterthurerstr. 190, CH-8057 Zürich (+41 (1) 257 57 76 / 257 57 04)
B. Lengeler, European Synchrotron Radiation Facility, BP 220, F-38043 Grenoble Cedex (+33 (-) 76 88 20 13 / 76 88 21 60)
H.R. Ott, Paul Scherrer Institut, Würenlingen und Villigen, CH-5232 Villigen PSI (+41 (56) 99 21 11 / 98 23 27)
C. Weyrich, Zentralabt. Forschung und Entwicklung, Siemens AG / ZFE BT, Postfach 83 09 55, D-81709 Munich (+49 (89) 63 64 43 62 / 63 64 77 76)

EPS Action Committees

G. Thomas, the Executive Secretary, or his representative, belongs to Action Committee *ex officio*.

Applied Physics & Physics in Industry (ACAPPI)

Chair.: P.H. Melville
Powergen, Shirley, Haslucks Green Rd., Solihull, West Midlands B90 4PD, UK
+44 (21) 701 36 42 / 701 31 86

Sec.: C.M. Rønnevig
IMENCO A/S, Søraugagade 150, N-5500 Haugesund
+47 (4) 72 74 00 / 71 19 90

Members:
O. Barbalat, CERN, Geneva
R. Deltour, Univ. Libre de Bruxelles
J. Ezratty, Assocn. Bernard Gregory, Paris
L.F. Feiner, Philips Res. Labs, Eindhoven
T. Freiltoft, NKT Res. Centre, Brøndby
H.E. Hoenig, IHPT, Jena
N. Minnaja, ENIRICERCHÉ, Monterotondo Scalo
M. Pessa, Tampere Univ. of Technology
F. Schneider, Forschungsinstitut AEG, Frankfurt/Main
M.J. Tello, Univ. del Pais Vasco, Bilbao

Observers:
W. Hebel, DG-XII, European Commission, Brussels
A. Ourmazd, A T & T Bell Labs, Holmdel, NJ

Conference

Chair.: R.M. Pick
Dépt. de Recherche Physique, Univ. Pierre et Marie Curie, 4, place Jussieu, F-75230 Paris
+33 (1) 44 27 38 85 / 44 27 38 82
cor @ ccr.jussieu.fr

Sec.: E. Thomas
EPS, POB 69, CH-1213 Petit-Lancy 2
+41 (22) 793 11 30 / 793 13 17
epletter @ cernvm.cern.ch

Members:
W. Bartel, DESY, Hamburg
K. Bethge, Univ., Frankfurt
J.T. Devreese, Univ., Antwerpen
M. Ducloy, Univ. Paris-Nord
J. Durell, Univ., Manchester
A. Salin, Univ. de Bordeaux I
G. Simmett, Univ. of Birmingham
F.W. Sluiter, Eindhoven Univ. of Technology

Observers:
F. Bevilacqua, Univ. di Pavia
P. Braut, Univ., Orléans
W. Busse, HMI, Berlin
R.A. de Groot, Univ., Nijmegen
R. Dekeyser, Katholieke Univ. Leuven
P.H. Melville, Powergen, Solihull
M. Olivier, CE Saclay

East-West Coordination (EWCC)

Chair.: J. Spalek
Inst. of Theoretical Physics, Jagellonian Univ., ul. Reymonta 4, PL-30-059 Cracow
+48 (12) 33 63 77 ext. 563 / 33 70 86
ufspalek @ if.uj.edu.pl

Sec.: E.W.A. Lingeman
NIKHEF-K, Postbus 94395, NL-1090 GJ Amsterdam
+31 (20) 592 21 17 / 592 21 65
ed @ nikhef.nl

Members:
R. Avakian, Yerevan
S. Barisic, Univ., Zagreb
A. Calboreanu, Inst. of Atomic Physics, Bucharest

F.I. Fedorov, Acad. of Sciences of Belarus
W.O. Lock, Geneva
N. Mankoc Borstnik, Soc. of Mathematicians, Physicists & Astronomers of Slovenia
M.D. Mateev, Univ., Sofia
A. Minxhozi, Inst. of Nuclear Physics, Tirana
J. Nadrchal, Inst. of Physics/CSAV, Prague
D.L. Nagy, KFKI, Budapest
L. Okun, ITEP, Moscow
J. Ziman, Aylesbury

Physics & Society

Chair.: R. Dekeyser
Dept. Natuurkunde, Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 200 D, B-3001 Heverlee
+32 (16) 20 10 15 / 20 13 68
fgbda03 @ blekul11

Sec.: H. Wachsmuth
PPE Div., CERN, CH-1211 Geneva 23
+41 (22) 767 33 18 / 783 06 72
wac @ cernvm.cern.ch

Members:

B. Gonsior, Ruhr-Univ. Bochum
J.M. Charap, Univ., London
B. Kjällerström, Univ., Lund
K.K. Rebane, Acad. of Sci., Tartu
H. Winter, TU Wien

Working Group on Professional Qualifications

Chair.: D.A. Jefferies
The Institute of Physics
47 Belgrave Sq., London SW1X 8QX, UK
+44 (71) 235 61 11 / 259 60 02
iop @ ulcc.ac.uk

Mobility Committee

European Mobility Scheme for Physics Students (EMSPS)
(*Regional Coordinator; *Programme Coordinator)

EPS Administrator: R. Jeannot, EPS, Geneva; epsmob @ cernvm.cern.ch

EMSPS database: telnet 130.88.20.113 (username: student; password: student1)
(Administrator: M.G. James - see below)

Chair.: H. Latal
Inst. f. Theoretische Physik, Univ. Graz, Universitätsplatz 5, A-8010 Graz
{+43 (316) 380 52 30 / 38 40 91; heimo.latal @ kfunicg.ac.at}

Vice-Chair.:

E. Heer
Dépt. de physique nucléaire et corpusculaire, Univ. de Genève,
24, quai Ernest-Ansermet, CH-1211 Geneva 4
{+41 (22) 702 62 72 / 781 21 92; heer @ sc2a.unige.ch}

Members:

J.C. Dore*, Physics Dept., Univ. of Kent at Canterbury, Canterbury CT2 7NZ, UK
{+44 (227) 76 40 00 / 47 54 23; jcd1 @ ukc.ac.uk}

A.M. Eiro*, Physics Dept., Univ. of Lisbon, Campo Grande, Ed C1, Piso 4,
P-1700 Lisbon {+351 (1) 795 07 90 / 757 36 19; eiro @ ptifm.bitnet}

E. Elbaz*, Inst. des Sciences de la Matière, Univ. de Lyon I,
43, blvd. du 11 novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex
{+33 (-) 72 44 81 48 / 72 44 80 04; elbaz @ frcpn11.in2p3.fr}

H. Ferdinandee*, Vakgroep Subatomaire en Stralingsfysica, Univ. Gent,
Proeftuinstraat 86, B-9000 Gent
{+32 (9) 264 65 39 / 264 66 99; hendrik.ferdinande @ rug.ac.be}

R.G.H. Greer*, Dept. of Pure & Applied Physics, The Queen's University of Belfast,
BT7 1NN Belfast, Northern Ireland
{+44 (232) 24 51 33 / 43 89 18; rggh @ star.phy.qub.ac.uk}

M.G. James, Physics Dept., University of Manchester, Manchester M13 9PL, UK
{+44 (61) 275 40 90 / 273 58 67; mgi @ v2.ph.man.ac.uk}

A. Patkos*, Dept. of Atomic Physics, Eötvös Loránd Univ., Puskin u. 5-7,
H-1088 Budapest {+36 (1) 266 70 24 / 266 02 06; patkos @ ludens.elte.hu}

R. Salomaa*, Dept. of Technical Physics, Helsinki Univ. of Technology, POB 40,
FIN-02150 Espoo {+358 (0) 451 31 99 / 451 31 95; rsalomaa @ finhut.hut.fi}

G.F. Sartori*, Dip. di Fisica, Univ. di Padova, Via Marzolo, 8, I-35131 Padova
{+39 (49) 83 17 33 / 84 42 45; emspss @ padova.infn.it}

P.U. Sauer**, Inst. f. Theo. Physik, Univ. Hannover, Appelstr. 2, D-30167 Hannover
{+49 (511) 762 48 35 / 762 30 23; peter.sauer @ itp.uni-hannover.de}

I. Sosnowska*, Inst. of Experimental Physics, Warsaw Univ., ul. Hoza 69,
PL-00-681 Warsaw {+48 (2) 628 72 52 / 628 72 52; izabela @ fuw.edu.pl}

S. Steenstrup*, Physics Lab, Univ. of Copenhagen, Universitetsparken 5,
DK-2100 Copenhagen Ø {+45 (-) 35 32 04 79 / 35 32 04 60; stig @ fys.ku.dk}

M. Tsampanlis*, Physics Dept., Univ. of Athens, GR-15783 Athens-Zografos
{+30 (1) 723 51 22 / 723 84 13; astrop04 @ atlas.uoa.ariadne-t.gr}

EMSPS covers all university-level institutions from the whole of Europe that grant a degree in physics. It is based on a convention to which the institutions are invited to adhere. The scheme aims to allow physics students to spend a mobility period of study in another university (the host institution) and to ensure that the period will be recognized academically when the student returns to his or her home institution. Students applying must have successfully completed at least the first year of undergraduate studies (normally also the second). The mobility period is typically for one semester or one academic year.

Publications

Chair.: F. Laloe
Lab. de Physique,
Ecole Normale Supérieure,
24, rue Lhomond,
F-75231 Paris Cedex 05
+33 (1) 47 07 54 13 / 45 35 00 76
laloe @ physique.ens.fr

Sec.: P.G. Boswell
EPS, POB 69, CH-1213 Petit-Lancy 2
+41 (22) 793 11 30 / 793 13 17
epnews @ cernvm.cern.ch

Members:

P. de Châtel, Elsevier, Amsterdam
(p.chatel @ elsevier.nl)
J. Fischer, CSAV, Prague
(fischer @ fzu.cs)
A. Landesman,
Les Editions de Physique, Les Ulis
(edphys @ frmop11.bitnet)
E. Osnes, Univ., Oslo
(osnes @ master.uio.no)
K. Paulus, IOPP, Bristol
(paulus @ ioppublishing.co.uk)
J.C. Sens, CERN, Geneva
(sens @ cernvm.cern.ch)
A. Taroni, Univ., Brescia
(taroni @ imiclvx.bitnet)

Members:

P.G. Boswell, EPS, Geneva
J.A. Goedkoop, Bergen, NL
I. Lovas, KFKI, Budapest
R.A. Ricci, INFN, Legnano
C. van der Leun, Univ., Utrecht

National Societies

Following the acceptance by Council last March of the revised *EPS Constitution*, the national physical societies listed below have been asked to indicate the numbers of individual members in their various membership categories. Pending full implementation of the new scheme on 1 January 1995, we are unable to publish the numbers of national society members and the names of national society Delegates to Council (each Society will have one Delegate).

Albanian Physical Society

Pres.: A. Minxhozi
Inst. of Nuclear Physics,
AL-Tirana
+355 (42) 325 96 / 279 12
Vice-Pres.: R. Mejdani
Physics Dept.,
Univ. i Tiranes, AL-Tirana
+355 (42) 276 69/251 87 / 239 81

Sec.: M. Panariti
Fak. i Shkencave te Natyres,
Univ. i Tiranes, AL-Tirana
+355 (42) 276 69 / 279 12

Armenian Physical Society

Pres.: Alikhanian Brothers St. 2,
AM-375 036 Yerevan
+7 (8852) 34 13 47 / 35 00 30
Pres.: R. Avakian

Austrian Physical Society

Pres.: H. Mitter
Inst. für Theoretische Physik,
Karl-Franzens-Universität Graz
Universitätsplatz 5, A-8010 Graz
+43 (316) 380 52 28 / 38 40 91
Sec.: E. Schachinger
Inst. für Theoretische Physik, TU Graz,
Petersgasse 16 A, A-8010 Graz
+43 (316) 873 81 76 / 81 47 41
ewald @ fasphs01.tu-graz.ac.at

Belarusian Physical Society

Pres.: F.I. Fedorov
Inst. of Physics, Acad. of Sciences
of Belarus, 70 Fr. Skorina Prospekt,
BY-220602 Minsk
+7 (0172) 39 32 83 / 39 31 31
ifanbel @ adonis.ias.msk.su
Sec.: N.N. Kostyukovich
Inst. of Physics, Acad. of Sciences
of Belarus, 70 Fr. Skorina Prospekt,
BY-220602 Minsk
+7 (0172) 39 55 05 / 39 31 31
ifanbel @ adonis.ias.msk.su

Belgian Physical Society

Pres.: E. Jacobs
Vakgroep Subatomaire en Stralings-
fysica, RUG - Universiteit Gent
Proeftuinstraat 86, B-9000 Gent
+32 (9) 264 65 25 / 264 66 99
Gen.-Sec.: J. Ingels
Belgian Inst. for Space Aeronomy,
Rिंगlaan 3, B-1180 Brussels
+32 (2) 373 03 78 / 374 84 23

Union of Physicists in Bulgaria

Administrative Council,
Union of Physicists in Bulgaria,
Bldv. James Bourchier 5, BG-1126 Sofia
+359 (2) 62 76 60 / 68 90 85
Pres.: I. Lalov
Sec.: M. Veleva

Croatian Physical Society

POB 162, HR-41000 Zagreb
+385 (41) 43 24 80 / 43 25 25
Pres.: M. Furic
predsjednik @ hfd.hr
Vice-Pres.: B. Guberina
Croatian Phys. Soc.,
POB 1016, HR-41000 Zagreb
+385 (41) 46 11 11 / 42 54 97
guberina @ thphys.irb.hr
Sec.: I. Batistic
Croatian Phys. Soc.,
POB 314, HR-41000 Zagreb
+385 (41) 27 12 11 / 42 11 56
tajnik @ hfd.hr

Physics Section, Union of Czech Mathematicians & Physicists

Institute of Physics, Acad. of Sciences
of the Czech Republic, Na Slovance 2,
CZ-180 40 Prague 8
+42 (2) 82 54 59 / 858 45 69
krejci @ ipp.cas.cz

Pres.: S. Krupicka
Institute of Physics, Acad. of Sciences
of the Czech Republic, Na Slovance 2,
CZ-180 40 Prague 8
+42 (2) 24 31 11 37 / 312 31 84
novakp @ fzu.cs

Sec.: A. Krejci
Inst. of Plasma Physics,
POB 17, CZ-182 00 Prague 8
+42 (2) 66 05 32 43 / 856 63 89
krejci @ ipp.cas.cz

Danish Physical Society

Pres.: J. Bohr
Physics Dept., Bldg. 307,
TU of Denmark, DK-2800 Lyngby
+45 (-) 45 93 12 22 > 3119 / 45 93 23 99
jakob.bohr @ fysik.dtu.dk

Sec.: S. Brunak
Physical Chemistry Inst.,
TU of Denmark, DK-2800 Lyngby
+45 (-) 45 93 23 80 / 45 93 48 08
brunak @ cbs.dtu.dk

Royal Irish Academy

National Committee for Physics,
Royal Irish Academy
19 Dawson St., Dublin 2, Eire
+353 (1) 676 25 70 / 676 23 46
Pres.: L.O.C. Drury
Sec.: S.G. Jennings

Estonian Physical Society

Pres.: J. Kikas
Estonian Physical Society,
Tähe 4, EE-2400 Tartu
+372 (7) 47 22 94 / 47 22 27
jaak @ park.tartu.ee
Sec.: P. Kuusk
Inst. of Physics, Riia 142,
EE-2400 Tartu
+372 (7) 47 22 79 / 47 22 27
piret @ park.tartu.ee

Finnish Physical Society

Pres.: P. Hoyer
Laboratory of High Energy Physics,
POB 9, FIN-00014 Univ. of Helsinki
+358 (0) 191 84 37 / 191 83 66
paul.hoyer @ helsinki.fi
Sec.: S. Nokkanen
University of Helsinki,
POB 9, FIN-00014 Univ. of Helsinki
+358 (0) 191 83 75 / 191 83 78
nokkanen @ phcu.helsinki.fi

French Physical Society

Société Française de Physique,
33 rue Croulebarbe, F-75013 Paris
+33 (1) 47 07 32 98 / 43 31 74 26
Pres.: D. Kaplan
ALLIAGE, 15, rue Dufrenoy,
F-75116 Paris
+33 (1) 45 03 26 70 / 45 04 89 66

Sec. Gen.: C. Sébenne
Lab. de Physiques des Solides,
Tour 13, Univ. P. et M. Curie,
4, place Jussieu,
F-75230 Paris Cedex 06
+33 (1) 44 27 45 10 / 44 27 45 41

German Physical Society

Deutsche Physikalische Gesellschaft E.V.
Hauptstrasse 5, D-53604 Bad Honnef
+49 (2224) 923 20 / 92 32 50
Acting Manager: V. Haeselbarth
Pres.: H.G. Danielmeyer
Siemens AG,
Otto-Hahn-Ring 6, D-81739 Munich
+49 (89) 63 64 13 00 / 63 64 40 54

Hellenic Physical Society

6, Grivaion St., GR-106 80 Athens
+30 (1) 363 57 01 / 361 06 90
Pres.: K.C. Makropoulos
Gen.-Sec.: P. Fildisis

Eötvös Lorand Physical Society
POB 433, H-1371 Budapest
+36 (1) 201 86 82 / 201 86 82
elit @ rnk530.rnki.kfki.hu
Pres.: D. Kiss
Central Res. Inst. for Physics,
POB 49, H-1525 Budapest
+36 (1) 169 61 86 / 169 61 86
kissd @ rnk530.rnki.kfki.hu
Sec. Gen.: G. Rosa, Nuclear Power
Plant of Paks, POB 71, H-7031 Paks
+36 (75) 31 70 50 / +36 (1) 155 13 32

Icelandic Physical Society
Pres.: A. Olafsson
Science Inst., Univ. of Iceland,
Dunhaga 3, IS-101 Reykjavik
+354 (1) 69 48 00 / 289 11

Sec.: V.R. Eiriksson
Birkigrund 24, IS-200 Kopavogur

Israel Physical Society
Pres.: G. Shaviv
Physics Dept., Technion,
Israel Institute of Technology,
IL-32000 Haifa
+972 (4) 29 30 20 / 23 09 56
phr80gs @ technion
Sec.: D. Levine
Faculty of Physics, Technion,
IL-32000 Haifa
+972 (4) 293 68 21 / 22 15 14
phr31d @ technion

Italian Physical Society
Società Italiana di Fisica,
Via Castiglione, 101, I-40136 Bologna
+39 (51) 33 15 54 / 58 13 40
sif @ bologna.infn.it
Sec.: E. Mazzi
Pres.: R.A. Ricci
Laboratori Nazionali de Legnaro (INFN),
Via Romea, 4, I-35020 Legnaro PD
+39 (49) 829 23 13 / 64 19 25
clini::ricci

Lithuanian Physical Society
Lietuvos Fiziku Draugija,
A. Gostauto 12, LT-2600 Vilnius
+370 (2) 61 94 02 / 61 84 64
Pres.: A. Sileika
Lithuanian Acad. of Sciences
of Lithuania, Gedimino pz. 3,
LT-2600 Vilnius
+370 (2) 62 21 36 / 61 84 64
Vice-Pres.: A. Piskarskas
Laser Research Centre, Vilnius Univ.,
Saulėtekio Ave. 9, LT-2054 Vilnius
+370 (2) 76 94 58 / 77 56 23
Vice-Pres.: K. Uspalis
Inst. for Theoretical Physics &
Astronomy, Acad. of Sciences
of Lithuania, A. Gostauto 12,
LT-2600 Vilnius
+370 (2) 62 08 59 / —
Sec.: G. Gaigalas
Inst. for Theoretical Physics &
Astronomy, Acad. of Sciences
of Lithuania, A. Gostauto 12,
LT-2600 Vilnius
+370 (2) 62 14 57 / 61 84 64

Norwegian Physical Society
Pres.: T. Henriksen
Physics Dept., Univ. of Oslo,
POB 1048, Blindern, N-0316 Oslo
+47 (-) 22 85 56 48 / 22 85 56 71
tomod.henrikson @ fys.uio.no
Sec.: G. Jarrett
Physics Dept., Inst. for Energy
Technology, POB 40, N-2007 Kjeller
+47 (-) 63 80 60 75 / 63 81 09 20
gerd @ ife.no

Polish Physical Society
Main Board, ul. Hoza 69,
PL-00-681 Warsaw
+48 (2) 621 26 68 / 621 26 68
pif @ fuw.edu.pl
Pres.: H. Szymczak
Instytut Fizyki Polskiej, Akademii Nauk,
al. Lotników 32/46, PL-02-668 Warsaw
+48 (22) 43 70 01 / 43 09 26
Sec. Gen.: I. Strzalkowski
Inst. of Physics,
Warsaw Univ. of Technology,
Koszykowa 75, PL-00-622 Warsaw
+48 (2) 621 0070 / 628 21 71
istral @ ch.pw.edu.pl

Portuguese Physical Society
Pres.: J. Bessa Sousa
Laboratório de Física,
Faculdade de Ciências, Univ. do Porto,
Praça Gomes Teixeira, P-4000 Porto
+351 (2) 200 16 53 / 31 92 67
Gen.-Sec.: C.M. Ferreira
Centro de Electrodinâmica,
Univ. Técnica de Lisboa, Inst. Superior
Técnico, P-1096 Lisbon Codex
+351 (1) 841 90 00 / 352 43 72
d845 @ beta.ist.utl.pt

Romanian Physical Society
Tandem Lab, Inst. of Atomic Physics,
POB MG-6, R-Bucharest/Magurele
+40 (1) 781 35 93 / 312 22 47
Pres.: A. Sandulescu
+40 (1) 780 70 40 / 312 22 47
Gen.-Sec.: R. Calboreanu
+40 (1) 780 70 40 / 312 22 47
calbo @ roifa
Vice-Pres.: I. Popescu
Polytechnical University, R-Bucharest
+40 (1) - / 312 98 62

**Dept. of General Physics,
Russian Academy of Sciences**
Leninskyi Prospect 14,
RU-117 901 Moscow
+7 (095) 135 23 66 / 938 17 14
Pres.: L.V. Keldysh
keldysh @ oofa.msk.su
Sec.: V.A. Zayats
zayatsg @ oofa.msk.su

Slovak Physical Society
Pres.: D. Krupa
Inst. of Physics, Slovak Acad.
of Sciences, Dubravska cesta 9,
SK-842 28 Bratislava
+42 (7) 378 28 67 / 37 60 85
fyzikrup @ savba.sk
Vice-Pres.: J. Stanicek
Nuclear Physics Dept.,
Fac. of Math Physics, Comenius Univ.,
Mlynska dolina, SK-842 15 Bratislava
+42 (7) 72 70 01 / 72 58 82
Sec.: R. Antalik
Inst. of Physics, Slovak Acad.
of Sciences, Dubravska cesta 9,
SK-842 28 Bratislava
+42 (7) 378 27 49 / 37 60 85
antalik @ sarba.sk

**Society of Mathematicians, Physicists
and Astronomers of Slovenia**
Pres.: N. Mankoc Borstnik
Society of Mathematicians,
Physicists and Astronomers of
Slovenia, POB 64, SI-61111 Ljubljana
+386 (61) 26 50 61 / 21 72 81
norma.mankoc @ ijs.si

Spanish Royal Society of Physics
Real Sociedad Española de Física,
Facultad de Física, Univ. Complutense
de Madrid, E-28040 Madrid
+34 (1) 394 43 59 / 543 38 79
Pres.: J. Savirón de Cidón
Sec. Gen.: J.M. Pastor Benavides

Swedish Physical Society
Pres.: G. Tibell
Dept. of Radiation Sciences, Univ. of
Uppsala, Box 535, S-751 21 Uppsala
+46 (18) 18 38 49 / 18 38 33
gtibell @ tsl.uu.se
Sec.: C. Ekström
The Svedberg Laboratory, Univ. of
Uppsala, Box 533, S-751 21 Uppsala
+46 (18) 18 31 12 / 18 38 33
ekstrom @ tsl.uu.se

Swiss Physical Society
Pres.: H.-J. Schötzau
Aarg. Elektrizitätswerk (AEW),
Obere Vorstadt 40, CH-5001 Aarau
+41 (64) 26 22 06 / 26 24 40
Sec.: R. Durrer
Inst. für Theoretische Physik,
Schönberggasse 9, CH-8001 Zürich
+41 (1) 257 29 90 / 261 63 23

The Netherlands' Physical Society
Nederlandse Natuurkundige Vereniging,
Postbus 302,
NL-1170 AH Badhoevedorp
+31 (20) 658 02 28 / 659 24 77

Pres.: P.J. Brussaard
Dept. of Physics & Astronomy,
Utrecht Univ., Postbus 80.000,
NL-3508 TA Utrecht
+31 (30) 53 25 16 / 51 86 89
brussaard @ fys.ruu.nl
Sec.: A.M. Hoogenboom
Nederlandse Natuurkundige Vereniging,
Julianalaan 74, NL-3722 GS Bilthoven
+31 (30) 28 56 26 / 25 13 81
hoogenb @ fys.ruu.nl

Turkish Physical Society
Pres.: K.G. Akdeniz
Physics Dept., Science Faculty, Univ. of
Istanbul, TR-34459 Vezneciler/Istanbul
+90 (212) 511 84 80 / 519 08 34
fk028 @ triuvm11.bitnet
Gen.-Sec.: N. Erduran
Physics Dept., Cekmece Nuclear
Research Centre, PK 1,
TR-34831 Istanbul/Havaalani
+90 (212) 548 40 50 / 548 22 30
erdur @ trboun.bitnet

The Institute of Physics
47 Belgrave Sq., London SW1X 8QX, UK
+44 (71) 235 61 11 / 259 60 02
iop @ ulcc.ac.uk
Pres.: C.A.P. Foxell
(A.W. Wolfendale, Durham Univ.,
from October 1994)
Exec. Sec.: A.D.W. Jones

Ukrainian Physical Society
Ukrainian Acad. of Sciences,
Vladimirska St. 32, UA-25200 Kiev
+7 (044) 226 21 67 / 226 21 67
Pres.: V.G. Baryakhtar
Physics Dept., Kiev State Univ.,
Academician Glushkov Pr. 6,
UA-25212 Kiev
+7 (044) 266 51 08 / 266 23 95
Exec. Sec.: V.O. Andreev
Physics Dept., Kiev Univ., Academician
Glushkov Pr. 6, UA-25212 Kiev
+7 (044) 266 44 77 / 266 23 95
andreev @ ipu.univ.kiev.ua

Associate Members (Scientific Contacts)

ABB - Asea Brown Boveri
M. Campagna, Director, Corporate Research, ABB Ltd., CH-5405 Baden-Daetwil
+41 (56) 76 82 11 / 83 54 01

Alcatel Alsthom
M.L. Citti, Scientific Director, Alcatel Alsthom, 54, rue de la Boétie, F-75008 Paris
+33 (1) 40 76 10 10 / 40 76 14 00

ARL - Akzo Research Laboratories
R.O. van Hasselt, Head, Applied Physics Dept., ARL, Velperweg 76,
NL-6800 SB Arnhem +31 (85) 66 44 22 / 66 26 69

BESSY - Berliner Elektronenspeicherring-Ges. f. Synchrotronstrahlung
W. Gudat, Scientific Director, BESSY mbH, Lentzeallee 100, D-14195 Berlin
+49 (30) 82 00 41 04 / 82 00 41 03

Cambridge University Press
C. Guettler, Journals Director, Physical Sciences, Cambridge University Press,
The Edinburgh Bldg., Shaftesbury Rd., Cambridge CB2 2RU, UK
+44 (223) 32 57 43 / 31 50 52; conrad @ cup.cam.ac.uk

CEA - Commissariat à l'Energie Atomique
R. Aymar, Directeur, Sciences de la Matière, CEA, 31-33, rue de la Fédération,
F-75015 Paris +33 (1) 40 56 10 00 / 40 56 26 18

Cerberus
G. Pfister, Technical Director, Cerberus AG, Alte Landstrasse, CH-8708 Männedorf
+41 (1) 922 61 11 / 922 69 69

CERN - European Laboratory for Particle Physics
M. Jacob, Adviser to the Director-General, CERN, CH-1211 Geneva 23
+41 (22) 767 24 14 / 767 67 60

CES - Creative Electronic Systems
A. Lounis, Directeur, CES S.A., 70, route du Pont-Butin, CH-1213 Petit-Lancy 1
+41 (22) 792 57 45 / 792 57 48

CNES - Centre National d'Etudes Spatiales
R. Pellat, Président, CNES, 2, pl. Maurice Quentin, F-75039 Paris Cedex 03
+33 (1) 44 76 75 01 / 44 76 78 42

CNR - Consiglio Nazionale delle Ricerche
D. Sette, Direttore, Dip. Energetica, CNR, Università "La Sapienza",
Via Scarpa, 14-16, I-00161 Rome +39 (6) 44 24 47 87 / 44 24 01 83

CNRS - Centre National de la Recherche
D. Thouloze, Scientific Director, Physical Sciences & Mathematics, CNRS,
3, rue Michel-Ange, F-75796 Paris Cedex 16 +33 (1) 44 96 42 50 / 44 96 50 08

CRPP - Centre de Recherche en Physique des Plasmas
F. Troyon, Dir., CRPP, Ecole Polytechnique Fédérale, 21, ave. des Bains,
CH-1007 Lausanne +41 (21) 693 11 11 / 693 51 76

DEC - Digital Equipment Corp.
B. Stiefel, Marketing Manager, Scientific Research, DEC International (Europe),
CP 176, CH-1213 Petit-Lancy 1 +41 (22) 709 41 11 / 793 05 94

DESY - Deutsches Elektronen-Synchrotron
A. Wagner, Director of Research, DESY, Notkestrasse 85, D-22603 Hamburg
+49 (40) 89 98 30 00 / 89 98 32 82

DLR - Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt
B. Feuerbacher, Der Vorstand, DLR e.V., Postfach 90 60 58, D-51147 Cologne
+49 (2203) 60 10 / 69 57 68

Editions de Physique
A. Landesman, Président, Les Editions de Physique, Zi de Courtabœuf, BP 112,
F-91944 Les Ulis Cedex A +33 (1) 69 07 36 88 / 69 28 84 91; edphys @ frmop11

Eisag Bailey
G. Musso, Director, Central Research Service, Eisag Bailey, POB 125,
I-16154 Genoa +39 (10) 658 24 87 / 658 26 94

ENEA - Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
A. Renieri, Director, Settore Elettrotecnica e Laser, ENEA, CP 65, I-00044 Frascati
+39 (6) 94 00 54 45 / 94 00 56 07; falb1 @ irmena

EPFL - Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne
Ph. Choquard, Institut de Physique Théorique, EPF, PHB - Ecublens,
CH-1015 Lausanne +41 (21) 693 34 11 / 693 44 44

ESA - European Space Agency
R.M. Bonnet, Director, Science Programme, ESA, 8-10, rue Mario-Nikis,
F-75738 Paris Cedex 15 +33 (1) 42 73 76 54 / 42 73 76 60

ESRF - European Synchrotron Radiation Facility
Y. Petroff, Director-General, ESRF, BP 220, F-38043 Grenoble Cedex
+33 (1) 76 88 20 30 / 76 88 24 18; petroff @ esrf.fr

ETH - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
M. Landolt, HPF-D2, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich
+41 (1) 633 22 70 / 371 62 68; u9544 @ czheth5a

FIZ - Fachinformationszentrum

G.F. Schultheiss, Scientific Director, Fachinformationszentrum Karlsruhe Ges. für wissenschaftlich-technische Information mbH, D-76344 Eggenstein-Leopoldsdorfer
{+49 (7247) 80 81 00 / 80 81 14}

FNRS - Fonds National de la Recherche Scientifique

M.-J. Simoen, General Secretary, FNRS, rue d'Egmont, 5, B-1050 Brussels
{+32 (2) 504 92 11 / 504 92 92}

FOA - Forsvarets Forskningsanstalt

H.-O. Zetterström, Head, Division 21, FOA, S-17290 Söndbyberg
{+46 (8) 663 15 00 / 628 89 03}

FOM - Foundation for Fundamental Research

K.H. Chang, Director, FOM, Postbus 3021, NL-3502 GA Utrecht
{+31 (30) 92 32 11 / 94 60 99}

Fribourg University

J. Kern, Director, Physics Institute, Université, Pérolles, CH-1700 Fribourg
{+41 (37) 82 61 11 / 82 65 19}

Geneva University

Ø. Fischer, Président, Section de Physique, Université de Genève,
24, quai Ernest-Ansermet, CH-1211 Geneva 4 {+41 (22) 702 61 11 / 781 21 92}

Grenoble University

R. Romestain, Co-Director, Les Houches Summer School, Université J. Fourier,
LSP, BP 87, F-38402 St. Martin d'Hères {+33 (-) 76 51 46 00 / 76 51 48 48}

GSF - Gesellschaft für Schwerionenforschung

H.J. Specht, Director, Ges. für Schwerionenforschung mbH, Postfach 11 05 52,
D-64220 Darmstadt {+49 (6151) 35 96 48 / 35 99 91}

HMI - Hahn-Meitner-Institut

E. te Kaat, Scientific Managing Director, HMI Berlin GmbH, Postfach 39 01 28,
D-14091 Berlin {+49 (30) 80 62 22 12 / 80 62 20 47}

Haldor Topsøe

H. Topsøe, Chairman, Haldor Topsøe A/S, POB 213, DK-2800 Lyngby
{+45 (-) 45 27 20 00 / 45 27 29 99}

Hoffmann-La Roche

C. von Planta, Director, Zentrale Forschung Physik, F. Hoffmann-La Roche A.G.,
Grenzacherstr. 124, CH-4002 Basel {+41 (61) 688 24 34 / 691 93 91}

IBM Research Division

P. Guéret, Head, Physics Dept., IBM Research Division, Zürich Research Lab.,
Säumerstr. 4, CH-8803 Rüschlikon {+41 (1) 724 81 11 / 724 31 70}

ILL - Institut Max von Laue-Paul Langevin

A.J. Ledbetter, Director, ILL, BP 156, F-38042 Grenoble Cedex 9
{+33 (-) 76 20 70 09 / 76 48 39 06}

IMEC - Interuniversity Micro-Electronics Centre

R. van Overstraeten, President, IMEC, Kapeldreef 75, B-3030 Leuven
{+32 (16) 28 12 11 / 22 94 00}

INFN - Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Fisica della Materia

C. Rizzuto, Director, INFN, Via Dodecaneso, 33, I-16146 Genoa
{+39 (10) 652 01 56 / 650 63 02}

INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

E. Iarocci, Director, INFN, CP 56, I-00044 Frascati {+39 (6) 940 35 73 / 940 35 82}

Institut "Jozef Stefan"

V. Dimic, Assistant Director, Institut "Jozef Stefan", Jamova 39, SI-61111 Ljubljana
{+386 (61) 125 91 99 / 21 93 85}

Institut für Energietechnik

A. Skjeltorp, Head, Office & Research Centre, Institut für Energietechnik, POB 40,
N-2007 Kjeller {+47 (-) 63 80 60 00 / 63 81 55 53}

IOP Publishing

K. Paulus, Publishing & Distribution Director, IOP Publishing Ltd., Techno House,
Redcliffe Way, Bristol BS1 6NX, UK {+44 (272) 29 74 81 / 29 43 18}

IRI - Interfacultair Reactor Instituut

M. de Bruin, Director, IRI, Mekelweg 15, NL-2629 JB Delft
{+31 (15) 78 50 52 / 78 64 22}

JET Joint Undertaking

B.E. Keen, Publications Officer, Library Dept., JET, Abingdon, Oxon OX14 3EA, UK
{+44 (235) 52 88 22 / 46 49 21}

JINR - Joint Institute for Nuclear Research

V. Kadyshchewsky, Director, JINR, RU-141980 Dubna/Moscow
{+7 (09621) 650 59 / (095) 975 23 81; post @ office.jinr.dubna.su}

John Wiley & Sons

P.J. Hastings, Publishing Editor, John Wiley & Sons, Ltd., Baffins Lane, Chichester,
West Sussex PO19 1UD, UK {+44 (243) 77 97 77 / 77 58 78}

KEMA - Keuring van Elektrotechnische Materialen

A.H.M. Verkooijen, Head, Research & Development Div., N.V. KEMA, Postbus 9035,
NL-6800 ET Arnhem {+31 (85) 56 35 00 / 43 30 45}

KFA - Forschungszentrum Jülich

J. Treusch, Vorsitzender des Vorstandes, Forschungszentrum Jülich GmbH,
D-52425 Jülich {+49 (2461) 61 30 00 / 61 25 25}

KFK - Kernforschungszentrum Karlsruhe

W. Klöse, Group Leader, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 3640,
D-76021 Karlsruhe {+49 (7247) 82 37 28 / 82 50 70; adi331 @ dkakfk3.bitnet}

KFKI - Central Research Institute for Physics

N. Kroó, Director, Research Inst. for Solid State Physics, KFKI, POB 49,
H-1525 Budapest {+36 (1) 169 65 75 / 169 53 80; h2202 kro @ ella.hu}

Lausanne University

D. Schwarzenbach, President, Section de Physique, BSP-Université,
CH-1015 Lausanne-Dorigny {+41 (21) 692 23 49 / 692 23 07}

LNETH - Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial

M. do Céu Guerra d'Oliveira, Head, International Relations Div., LNETH,
Aznihaga dos Lameiros à Estrada do Paço do Luminar, P-1699 Lisbon
{+351 (1) 758 91 81 / 716 09 010}

MPI für Festkörperforschung

C. Inslinger, Managing Director, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung,
Postfach 80 06 65, D-70506 Stuttgart {+49 (711) 689 14 70 / 689 14 72}

MPI für Plasmaphysik

G. Zankl, Head, Scientific & Technical Dept., Max-Planck-Institut für Plasmaphysik,
Postfach 1533, D-85740 Garching {+49 (89) 32 99 21 12 / 32 99 11 81}

MPI für Quantenoptik

K.-L. Kompa, Head, Laser Chemistry Div., Max-Planck-Institut für Quantenoptik,
Ludwig-Prandtl-Str. 10, D-85748 Garching {+49 (89) 329 05 07 / 32 90 52 00}

Neuchâtel University

Y. Baer, Director, Institut de Physique, Université de Neuchâtel, rue A.-L. Breguet, 1,
CH-2000 Neuchâtel {+41 (38) 25 69 91 / 24 49 13; yves.baer @ iph.unine.ch}

NORDITA - Nordisk Institut for Teoretisk Fysik

C.J. Pethick, Director, NORDITA, Blegdamsvej, DK-2100 Copenhagen Ø
{+49 (40) 89 98 31 00 / 89 98 32 82}

North-Holland

H. van der Rijst, Deputy Director, North-Holland Physics, Elsevier Science Publishers
B.V., Postbus 103, NL-1000 AC Amsterdam {+31 (20) 586 29 11 / 586 25 80}

Oracle

M. Turnhill, Sales Manager, Oracle Corporation UK Ltd., The Oracle Centre,
The Ring, Bracknell, Berks RG12 1BW, UK

{+44 (344) 86 00 66 / 82 80 73; m.turnhill @ com.oracle.uk}

Pechiney

Y. Farge, Directeur, Direction de la Recherche et du Développement, Pechiney
Immeuble Balzac, F-92048 Paris la Défense Cedex 68

{+33 (1) 46 91 46 91 / 46 91 47 33}

Philips

F. Meijer, Director, Research Coordination, Philips Electronics, Philips Research Labs.,
Prof. Holstlaan 4, NL-5656 AA Eindhoven {+31 (40) 74 28 22 / 74 39 73}

PSI - Paul Scherrer Institut

M.K. Eberle, Director, PSI, Würenlingen und Villigen, CH-5232 Villigen PSI
{+41 (56) 99 21 11 / 98 23 27}

PTB - Physikalisch-Technische Bundesanstalt

D. Kind, President, PTB, Postfach 33 45, D-38023 Braunschweig
{+49 (531) 592 10 00 / 592 92 92}

Riso National Laboratory

J. Als-Nielsen, Head, Physics Dept., Riso National Lab., POB 49, DK-4000 Roskilde
{+45 (-) 42 37 12 12 / 42 37 01 15}

Royal Swedish Academy of Sciences

O.G. Tandberg, Foreign Secretary, The Royal Swedish Academy of Sciences,
Box 50005, S-104 05 Stockholm {+46 (8) 673 95 00 / 15 56 70}

SIA - Società Italiana Avionica

M. Panighini, Software Engineering Manager, SIA S.p.A., Via Servais, 125,
I-10146 Turin {+39 (11) 772 01 11 / 72 56 79; panighin @ cdc.sia-av.it}

Siemens

D. Theis, Deputy Director, Corporate Research & Development,
Siemens AG, D-81730 Munich

{+49 (89) 63 64 05 50 / 63 64 05 54; brigitte.rettinger @ zfe.siemens.de}

SISSA - Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati

D. Amati, Director, SISSA / ISAS, Via Beirut, 2-4, I-34013 Trieste
{+39 (40) 378 74 14 / 378 72 49; amati @ sissisa.bitnet}

Springer-Verlag

H.K.V. Lotsch, Managing Editor, Springer-Verlag GmbH & Co. KG,
Postfach 10 52 80, D-69042 Heidelberg

{+49 (6221) 48 72 53 / 41 39 82/48 73 66; sv-lotsch @ dcfrzi.das.net}

St. Gobain

J.-C. Lehmann, Vice-Président, Recherche & Développement,
Compagnie de St. Gobain S.A., Les Miroirs, 18, F-92096 Paris la Défense Cedex 27

{+33 (1) 47 62 30 27 / 47 78 45 03}

Taylor & Francis

A.R. Selvey, Group Managing Director, Taylor & Francis Ltd., 4 John St.,
London WC1N 2ET, UK {+44 (71) 405 22 37 / 831 20 35}

Trondheim University

H.R. Skullerud, Chairman, Physics Div., Trondheim Univ.,
Norwegian Institute of Technology, Sem Sælandsvei 9, N-7034 Trondheim

{+47 (7) 59 34 78 / 59 36 28}

Unifac

S. Buzenet, Directeur Général, Unifac Suisse S.A., World Trade Centre, CP 476,
CH-1000 Lausanne 30 {+41 (21) 641 13 32 / 641 13 10}

WE Heræus-Stiftung

V. Schäfer, Secretary, Dr. Wilhelm Heinrich Heræus & Else Heræus-Stiftung,
Postfach 1553, D-63405 Hanau {+49 (6181) 353 55 / 356 51}

WSP - World Scientific Publishing

K.K. Phua, Chairman, WSP Co Pte Ltd., Tai Seng Industrial Est.,
1022 Hougang Ave 1, Floor 05-3520, Singapore 1953 {+65 (0) 382 56 63 / 382 59 19}

Zürich University

R. Engfer, Director, Physik Institut, Universität Zürich, Winterthurerstrasse 190,
CH-8057 Zürich {+41 (1) 257 57 21 / 257 57 04}

EPS Divisions

*: Co-opted Member; *: Invited Member; °: Representative

Astrophysics Division (390)

(Joint Division in formation with the European Astronomical Society)

Chair.: M.C.E. Huber

Space Science Dept., ESA/ESTEC, Postbus 299, NL-2200 AG Noordwijk
{+31 (1719) 835 52 / 846 99; esta2::mhuber}

Solar Physics Section (114)

Chair.: G. Simnett
School of Physics & Space Research,
Birmingham Univ.,

Birmingham B15 2TT, UK
{+44 (21) 414 64 69 / 414 37 22}

19775.bhavad.gms

Sec.: P. Heinzel
Astronomical Inst., CZ-25165 Ondrejov

{+42 (2) 72 45 25 / 76 15 49}

17519:heinzel

Board Members:

C. Alissandrakis, Univ., Athens

G. Belvedere, Oss. Astrofisico, Catania

E. Landi degl'Innocenti, Univ., Florence

J. Staude, Sonnenobservatorium

Einstein-Turm, Potsdam

G. Trotter, Obs. de Paris, Meudon

M. Vasquez, Inst. de Astrofisica,

Tenerife

J.C. Vial, IAS, Verrières le Buisson

L. Vlahos, Univ., Thessaloniki

V. Zaitzev, Nyzhny Nevgerod

Yu.D. Zhugzhda, Izmiran, Troitsk

Atomic & Molecular Physics (816)

Chair.: H. Hotop
Fachbereich Physik,
Universität Kaiserslautern,

Postfach 3049, D-67653 Kaiserslautern

{+49 (631) 205 23 28 / 205 33 00}

hotop @ physik.uni-kl.de

Vice-Chair.: E. Rachelew-Källne

Dept. of Physics 1,
Royal Institute of Technology,

S-100 44 Stockholm

{+46 (8) 790 72 71 / 20 04 30}

kallne @ fy1m1.sunet.se

Treas.: A. Salin
Laboratoire des Collisions Atomiques,
Univ. de Bordeaux I,
351, cours de la Libération,
F-33405 Talence Cedex
+33 (-) 56 84 61 85 / 56 84 61 87
antoine @ frbdx11.cribx1.u-bordeaux.fr

Board Members:
N.O. Andersen, Niels Bohr Inst.,
Copenhagen
* V. Aquilanti, Univ., Perugia
G. Gerber, Univ., Würzburg
* E. Giacobino, Univ. P. et M. Curie,
Paris
J.A.R. Griffith, Univ., Birmingham
* G. Ogurtsov, A.F. Ioffe Physical
Technical Inst., St. Petersburg
A. Riera, Univ. Autónoma, Madrid
Z.B. Rudzikas, Acad. of Sci.
of Lithuania, Vilnius
S. Stolte, Vrije Universiteit, Amsterdam
R.C. Thompson, Imperial Coll., London

Atomic Spectroscopy Section - EGAS (273)

Chair.: J.A.R. Griffith
Physics Dept., Birmingham Univ.,
Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK
+44 (21) 414 45 79 / 414 47 19
jarg @ np.ph.bham.ac.uk

Sec.: P. Pilet
Lab. Aimé Cotton, CNRS II,
Campus d'Orsay, Bât. 505,
F-91405 Orsay Cedex
+33 (1) 69 82 40 14 / 69 07 68 91
egas @ psisun.u-psud.fr

Board Members:
J. Baudon, Univ. Paris-Nord
L. Bureyeva, Russian Acad. of Sci.,
Moscow
J. Campos, Universidade Complutense,
Madrid
P.K. Carroll, Univ. Coll., Dublin
J. Dembczynski, Polytechnical Univ.,
Poznan
W. Ertmer, Univ., Bonn
H.P. Garnir, Univ., Liège
G. Huber, Univ., Mainz
M. Inguscio, Univ., Florence
S. Mannervik, Manne Siegbahninstitut,
Stockholm
P. Serapinas, Acad. of Sci. of Lithuania,
Vilnius
L. Windholz, TU Graz

Chemical Physics Section (335)

Chair.: A. Riera
Dept. de Química - CSIC,
Univ. Autónoma de Madrid, C-9,
Canto Blanco, E-28049 Madrid
+34 (1) 397 49 52 / 397 48 33
riera @ emduam11

Sec.: A. Macias
CSIC, Fac. de Ciencias,
Univ. Autónoma de Madrid, C-9,
Canto Blanco, E-28049 Madrid
+34 (1) 397 49 52 / 397 41 87
macias @ emduam11

Condensed Matter

Chair.: P. Wyder
Laboratoire des Champs Magnétiques
Intenses, MPI - CNRS, BP 166X,
F-38042 Grenoble Cedex 9
+33 (-) 76 87 98 42 / 76 87 21 97

Vice-Chair.: G. Martínez
Laboratoire des Champs Magnétiques
Intenses, MPI - CNRS, BP 166X,
F-38042 Grenoble Cedex 9
+33 (-) 76 88 10 59 / 76 87 21 97

Board Members:
Section Chairs are also Board Members
* M. Balkanski, Univ. P. et M. Curie,
Paris
J.L. Beeby, Univ., Leicester
* R. Blinc, Inst. "Josef Stefan", Ljubljana
* L.J. Challis, Univ., Nottingham
J.T. Devreese, Universitaire Instelling,
Antwerp
* F. Flores, Univ. Autónoma, Madrid
* F. Garcia-Moliner, Univ. Autónoma,
Madrid

Board Members:
E.A.G. Armour, Univ., Nottingham
D. Chapman, Royal Free Hospital
School of Medicine, London
D.C. Clary, Univ., Cambridge
H. Dexpert, Univ. de Paris-Sud
P. Froelich, Univ., Uppsala
E. Kochanski, Univ., Strasbourg
E.A.C. Lucken, Univ., Geneva
J.P. Toennies, MPI for Fluid Mechanics,
Göttingen
A.J.C. Varandas, Univ., Coimbra

Electronic & Atomic Collisions Section (255)

Chair.: N.O. Andersen
Ørsted Laboratory, The Niels Bohr Inst.,
Universitetsparken 5,
DK-2100 Copenhagen Ø
+45 (-) 35 32 04 69 / 35 32 04 60
kufinoa @ vm.uni-c.dk

Sec.: J. Comer
Physics Dept., Schuster Laboratory,
Manchester Univ.,
Manchester M13 9PL, UK
+44 (61) 275 41 33 / 273 58 67
john @ fs3.ph.man.uk

Board Members:
R.K. Janev, IAEA, Vienna
G.M.W. Kroesen, TU, Eindhoven
A. Lahmam-Bennani, Univ., Paris-Sud
A. Müller, Univ., Stuttgart
A. Niehaus, Univ., Utrecht
A.M. Urnov, Lebedev Physical Inst.,
Moscow
F.A. Gianturco, Univ. degli Studi, Rome

Molecular Physics Section (322)

Chair.: S. Stolte
Chemistry Dept., Laser Centre,
Vrije Universiteit Amsterdam,
De Boelelaan 1083,
NL-1081 HV Amsterdam
+31 (20) 444 76 33 / 444 76 43

Board Members:
V. Aquilanti, Univ., Perugia
S.D. Bosanac, Inst. "Rudjer Boskovic",
Zagreb
C. Brechignac, Univ. de Paris-Sud
P.K. Carroll, University Coll., Dublin
R.N. Dixon, Univ., Bristol
P. Erman, Royal Institute of Tech.,
Stockholm
J.M. Flaud, Univ. Paris VI
C. Fotakis, Inst. of Electronic Structure
& Lasers, Heraklion
A. Gonzales Urena, Univ. Complutense,
Madrid
Z. Herman, Acad. of Sciences of
Czech Republic, Prague
W. Kolos, Univ., Warsaw
V.S. Letokhov, Russian Acad. of
Sciences, Moscow
S.D. Peyerimhoff, Univ., Bonn
M. Quack, ETH, Zurich
P. Sarre, Univ., Nottingham
H.C. Wolf, Univ., Stuttgart

* P. Glasow, Siemens AG, Erlangen
S. Hess, TU Berlin
I. Ipatova, A.F. Ioffe Physical Technical
Inst., St. Petersburg
* A.Kálmán, Central Res. Inst. for
Chemistry, Budapest
* R. Klein, Univ., Constance
* R.M. Pick, Univ. P. et M. Curie, Paris
* U. Rössler, Univ., Regensburg
* M. Schwoerer, Univ., Bayreuth
* J.L. Segovia, ASEVA, Madrid
* P. Siffert, Centre de Recherche
Nucléaire, Strasbourg
* H. Vollstaedt, Univ., Potsdam

Liquids Section (239)

Chair.: J.E. Enderby
H.H. Wills Physics Lab., Bristol Univ.,
Royal Fort, Tyndall Avenue,
Bristol BS8 1TH, UK
+44 (272) 30 35 98 / 25 56 24
jee @ siva.bristol.ac.uk

Committee Members:
F. Barocchi, Univ., Florence
Th. Dorfmueller, Univ., Bielefeld
J. Janik, Inst. of Nuclear Physics,
Cracow
G. Nicolis, Université Libre,
Brussels
M.G. Velarde, UNED, Madrid

Low Temperatures Section (449)

Chair.: V.V. Moshchalkov
Lab. voor Vaste Stof-Fysika en
Magnetisme, Katholieke Univ. Leuven,
Celestijnenlaan 200 D, B-3001 Leuven
+32 (16) 20 10 15 / 20 13 68

Committee Members:
S.N. Erne, PTB, Berlin
G. Frossati, Univ., Leiden
J.R. Hook, Univ., Manchester
J.P. Laheurte, Univ., Nice
G.L. Romani, IESS-CNR, Rome
H.R. Ott, ETH, Zürich

Macromolecular Physics Section (246)

Chair.: D.C. Bassett
J.J. Thomson Physics Lab.,
Reading Univ., Whiteknights,
POB 220, Reading, Berks RG6 2AF, UK
+44 (734) 31 85 40 / 75 02 03

Committee Members:
U. Gedde, Royal Inst. of Technology,
Stockholm
P.J. Lemstra, Philips Research Lab.,
Eindhoven
B. Lotz, CNRS, Strasbourg
E. Martuscelli, CNR, Naples
G. Strobl, Univ., Freiburg

Magnetism Section (465)

Chair.: P. Wachter
Lab. für Festkörperphysik,
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich
+41 (1) 377 22 46 / 371 34 57

Committee Members:
* J. Bessa Sousa, Univ., Porto
* K.H.J. Buschow, Philips Research
Lab., Eindhoven
J. Campbell, Univ., Orsay
H. Kirchmayr, TU, Vienna
* K.A. McEwen, Univ., London
J.A. Mydosh, Univ., Leiden
* I.A. Smirnov, A.F. Ioffe Physical
Technical Inst., St. Petersburg
* H. Szymczak, Polish Acad. of Sci.,
Warsaw
W. Zinn, KFA, Jülich

High Energy & Particle Physics (625)

Chair.: G. Jarlskog
Elementary Particle Physics,
Inst. of Physics, Univ. of Lund,
Sölvegatan 14, S-223 62 Lund
+46 (46) 10 94 50 / 10 47 09
goran @ cernvm.cern.ch

Sec.: G. Ross
Theoretical Physics Dept.,
Univ. of Oxford, 1 Keble Rd.,
Oxford OX1 3NP, UK
+44 (865) 27 39 99 / 27 39 47
ross @ thphys.ox.ac.uk

Board Members:
J.J. Aubert, Univ., Marseilles
M. Baldo-Ceolin, Univ., Padua

Nuclear Physics (550)

Chair.: R.A. Ricci
Laboratori Nazionali de Legnaro (INFN),
Via Romea, 4, I-35020 Legnaro PD
+39 (49) 829 23 13 / 64 19 25
clunl:rraricci

Sec.: A. Bertin
Dip. di Fisica, Università di Bologna,
Via Imerio, 46, I-40126 Bologna
+39 (51) 35 10 29 / 24 72 44
bertin @ vaxbo.bo.infn.it

Metals Section (547)

Chair.: F. Cyrot-Lackmann
Lab. d'Etudes des Propriétés
Electroniques des Solides, CNRS,
BP 166X, F-38042 Grenoble Cedex
+33 (-) 76 88 10 82 / 76 88 79 88
lepesQC @ lepes.polycnrs.gre.fr

Sec.: D. Pavuna
Institut de Micro- et Opto-électronique
(IMO), DEPFL - Dép. de Physique,
PHB Ecublens, CH-1015 Lausanne
+41 (21) 693 33 01 / 693 45 25
pavuna @ eldp.epfl.ch

Committee Members:
D.J. Bacon, Univ., Liverpool
S.E. Giuliano, Univ. S. Agata di Messina
H.-J. Güntherodt, Univ., Basle
G. Martin, DTA/CEREM/DTM/SRMP,
Gif-sur-Yvette
A. Zawadowski, Research Inst. for
Solid State Physics, Budapest

Semiconductors Section (685)

Chair.: R.J. Nicholas
Clarendon Lab., Oxford Univ.,
Parks Rd., Oxford OX1 3PU, UK
+44 (865) 27 22 50 / 27 24 00

Committee Members:
G. Martinez, MPI-CNRS,
Grenoble Cedex
M. Schultz, Univ., Erlangen
L. Vina, Univ. Autónoma, Madrid
B. Velicky, Charles Univ., Prague
D.L. Weaire, Univ. Coll., Dublin

Surfaces & Interfaces Section (668)

Chair.: M. Landolt
HPF-D2, ETH-Hönggerberg,
CH-8093 Zürich
+41 (1) 633 22 70 / 371 62 68
u9544 @ czheth5a

Committee Members:
V. Bortolani, Univ., Modena
* V.A. Grazulis, Russian Acad. of
Sciences, Chernogolovka
* B. Gumhalter, Univ., Zagreb
S. Holloway, Univ., Liverpool
B. Kasemo, Chalmers Univ. of
Technology, Göteborg
G. Leleux, CNRS, Marseilles
* J.B. Pethica, Univ., Oxford
* J.-J. Pireaux, Fac. Univ. Notre-Dame
de la Paix, Namur
K.-H. Rieder, Freie Univ., Berlin
* A. Stella, Univ., Pavia
* J.F. van der Veen, FOM-Inst. for Atom-
& Molecular Physics, Amsterdam
* K. Wandelt, Univ., Bonn

R. Barbieri, Univ., Pisa
F. Barreiro, Univ. Autónoma, Madrid
F.A. Berends, Univ., Leiden
A. Blais, Jagellonian Univ., Cracow
J. Drees, Univ., Wuppertal
R. Eichler, ETHZ, Villigen
* G. Flügge, Univ., Aachen
J. Iliopoulos, ENS, Paris
J. Lemonne, IHE, Brussels
P. Kalmus, Univ., London
W. Kummer, TU, Vienna
G. Milkenberg, CERN, Geneva
J. Niederle, Acad. of Sci. of the Czech
Republic, Prague
R. Orava, Univ., Helsinki
G. Plass, CERN, Geneva
P.M. Zerwas, DESY, Hamburg

Board Members:
H.P. Blok, Univ., Amsterdam
J. Durell, Univ., Manchester
J.P. Longueue, Univ., Grenoble
I. Lovas, Res. Inst. for Solid State
Physics, Budapest
W. Nazarewicz, ORNL, Oak Ridge
Yu. Oganessian, JINR, Dubna
Z. Pluhar, MPI für Kernphysik,
Heidelberg
L. Schaller, Univ., Fribourg
B. Schröder, Univ., Lund
J. Vervier, Univ. Catholique de Louvain
W. Von Oertzen, HMI, Berlin

Plasma Physics (376)

Chair: F.W. Sluiter
Dept. of Applied Physics,
Eindhoven Univ. of Technology,
Postbus 513, NL-5600 MB Eindhoven
+31 (40) 47 42 88 / 44 52 53
ria @ vsrs.ni.phys.tue.nl

Vice-Chair: J.S. Bakos
KFKI, Research Inst. for
Nuclear Physics, POB 49,
H-1525 Budapest 114
+36 (1) 160 20 67 / 169 65 67
bakos @ rmk530.rmk.kfki.hu

Board Members:
C.G. Falthammer, Royal Inst. of
Technology, Stockholm
V.E. Golant, A.F. Ioffe Physico-
Technical Inst., St. Petersburg
D. Laurent, CEN, Cadarache
M. Liberman, Univ., Uppsala
E. Manso, Inst. Superior Tecnico, Lisbon
U. Schumacher, Univ., Stuttgart
M. Siegrist, CRPP, Lausanne
P. Sunka, Institute of Plasma Physics,
Prague
F. Wagner, MPI für Plasmaphysik

Quantum Electronics & Optics (562)

Chair: J. Mlynek
Fakultät für Physik,
Universität Konstanz, Postfach 55 60,
D-78424 Constance
+49 (7531) 88 38 18 / 88 30 72

Sec.: E. Giacobino
Laboratoire de Spectroscopie
Hertzienne, Université P. et M. Curie,
Tour 12, 1^{er} étage, BP 74,
F-75252 Paris Cedex 05
+33 (1) 44 27 43 95 / 44 27 38 45
elg @ spectro.jussieu.fr

Board Members:
* N.H. Abramson, Royal Inst. of
Technology, Stockholm

J. Balmer, Univ., Bern
Z. Bor, Univ., Szeged
R. Corbalán, Univ. Autònoma, Barcelona
M. Ducloy, Univ. Paris-Nord
D.C. Hanna, Univ., Southampton
G. Huber, Univ., Hamburg
* J.-P. Huignard, Thomson-CSF, Orsay
M. Inguscio, Univ., Florence
* N.I. Koroteev, Moscow State Univ.
L.A. Lugiato, Univ., Milan
* G. Magerl, TU, Vienna
G. Nienhuis, Univ., Leiden
* J. Perina, Univ., Olomouc
O. Poulsen, TU, Lyngby
* O. Svelto, Politecnico, Milan
* R.C. Thompson, Imperial Coll., London
* E. Wintner, TU, Vienna

EPS Interdivisional Groups

*: Co-opted Member; #: Observer

Accelerators (68)

Chair: M. Olivier
Direction des Sciences de la Matière,
CE Saclay, BP 2,
F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex
+33 (1) 69 08 92 31 / 69 08 38 16

Exec. Sec.: C. Petit-Jean-Genaz
AC Division, CERN, CH-1211 Geneva 23
+41 (22) 767 32 75 / 767 86 66
christine_petit-jean @ macmail.cern.ch

Board Members:
G. Bellomo, INFN-LASA, Milan
C. Bovet, CERN, Geneva
P. Carlson, Manne Siegbahn Inst. of
Physics, Stockholm
B. Franzke, GSI, Darmstadt
I. Gardner, Rutherford Appleton Lab.,
Didcot

R. Garoby, CERN, Geneva
H. Henke, TU, Berlin
H. Klein, Univ., Frankfurt/Main
S. Kulinski, INFN, Frascati
G.N. Kulipanov, Budker Inst. of Nuclear
Physics, Novosibirsk
J.-L. Laclare, ESRF, Grenoble
J. Le Duff, Univ. de Paris-Sud
S. Myers, CERN, Geneva
L. Picardi, ENEA, Frascati
K.G. Rensfelt, Manne Siegbahn Inst. of
Physics, Stockholm
L. Rivkin, PSI, Villigen
S. Schriber, LANAL, Los Alamos
V.P. Suller, Daresbury Lab., Warrington
S. Tazzari, INFN, Frascati
F. Willeke, DESY, Hamburg
C. Willmott, CIEMAT, Madrid

Computational Physics (577)

Chair: R.A. de Groot
ESM., Faculty of Science,
Nijmegen University, Postbus 9010,
NL-6525 ED Nijmegen
+31 (80) 65 22 11 / 65 21 20
u640005 @ hnykun11

Sec.: J. Nadrcchal
Institute of Physics - CSAV,
Cukrovarnická 10, CZ-162 00 Prague 6
+42 (2) 35 55 00 / 312 31 84
nadrcchal @ fzu.cz

Board Members:
P.H. Borchers, Univ., Birmingham
It-phb @ i.ph.bham.ac.uk

M. Froissart, Collège de France, Paris
marcel @ cdvfax.in2p3.fr
L. Hedin, Univ., Lund
hedlin @ tf.ltu.se
W. Lauterborn, TU, Darmstadt
lb @ nlp.physik.th.darmstadt.de
J. Petersen, IBM Environmental Centre,
Bergen; johnny@bsc.no
A. Podoleanu, Polytechnical Inst.,
Bucharest
D. Stauffer, Univ., Cologne
stauffer @ thp.uni-koeln.de
M. Tomassini, CSCS, Manno
mtomassi @ cscs.ch
R. Nieminen, Helsinki Univ. of Techno-
logy, Espoo; nieminen @ csc.fi

Experimental Physics Control Systems (148)

Chair: A. Daneels
AT Division, CERN, CH-1211 Geneva 23
+41 (22) 767 25 81 / 785 10 63
daneels @ cernvm.cern.ch

Treas.: T. Blumer
Kontroll System, Paul Scherrer Institute,
CH-5232 Villigen PSI
+41 (56) 99 33 88 / 98 23 27
blumer @ cvax.psi.ch

Members:
W. Busse, HMI, Berlin
busse @ vax.hmi.d400.de
M. Clausen, DESY, Hamburg
claus @ heracc.desy.de
P.N. Clout, VISTA Control Systems,
Los Alamos; clout @ vistanm.com
T. Katoh, KEK, Tsukuba
katoh @ kek.vax.kek.jp
J. Lister, CRPP/EPFL
lister @ clsepf51.bitnet
L. Trasatti, INFN, Frascati
trasatti @ irmlnf

History of Physics (121)

Chair: F. Bevilacqua
Dip. di Fisica, Università di Pavia
"A. Volta", Via Bassi, 6, I-27100 Pavia
+39 (382) 50 74 95 / 50 75 63
bevilacqua @ pavia.infn.it.bitnet

Sec.: Ch. Blondel
Centre de Recherche en Histoire
des Sciences,
Cité des Sciences et de l'Industrie,
F-75930 Paris Cedex 19
+33 (1) 40 05 75 52 / 40 05 79 21

Board Members:
P. Brouzeng, Univ., Orsay
J. Depireux, Univ., Liège
M.G. Eblson, Inst. of Physics, London
R. Halleux, Inst. de Mathématiques,
Liège
D. Hoffmann, PTB, Berlin

Physics Education (15)

Chair: C.M. Ferreira
Centro de Electrocinética, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior
Técnico, P-1096 Lisbon Codex
+351 (1) 841 90 00 / 352 43 72; d845 @ beta.ist.utl.pt

Physics for Development (215)

Chair: L. Hasselgren
IPPS, Uppsala Univ.,
Dag Hammarskjölds Väg 31,
S-752 37 Uppsala
+46 (18) 18 35 76 / 18 34 95
lennart @ isp.uu.se

Sec.: P. Brault
Département de Physique,
GREMI - CNRS, Université d'Orléans,
BP 6759, F-45067 Orléans Cedex 2
+33 (-) 38 41 71 25 / 38 41 71 54
pbrault @ avion.univ-orleans.fr

Board Members:
* G.D. Barrio, Inst. de Fisica
Fundamental, Madrid

L. Kostro, Univ., Gdansk
L. Kovacs, Teacher Training Coll.
Szombathely
H. Kragh, Univ. Centre, Roskilde
A. Moreno-Gonzales, Univ.
Complutense, Madrid
L. Navarro, Univ., Barcelona
E. Nicolaidis, National Research
Foundation, Athens
A. Ott, Univ., Göteborg
J. Sebesta, Univ., Bratislava
H.O. Sibum, Univ., Cambridge
H.A.M. Snelders, Univ., Utrecht
C.O. Stawström, Royal Inst. of
Technology, Stockholm
J. Teichmann, Deutsches Museum,
Munich
P. Thomsen, Royal Danish School of
Educational Studies, Copenhagen
A. Warwick, Univ., Cambridge

* J. Bessa Sousa, Univ., Porto
J. Čermák, TU, Prague
V. Fara, Polytechnical Inst., Bucharest
U. Farinelli, ENEA, Rome
D. Feil, Twente Univ. of Technology,
Enschede
* G. Furlan, ICTP, Trieste
* E. Lillethun, Univ., Bergen
* F. Meunier, LIMS, Orsay
D.K. Nachtigall, Univ., Dortmund
* S.W. Raither, UNESCO, Paris
M.J. Steyaert, Univ., Louvain-la-Neuve
J.B. Robert, CNRS-SNCl, Grenoble
* H. van Regemorter, Obs. de Paris

Collaborating Societies

American Physical Society

Exec.Sec.: J. Franz, The American Physical Society, One Physics Ellipse,
College Park MD 20740-3844, USA (+1 (301) 209 30 90 / 209 08 44)

Astronomische Gesellschaft

Pres.: H. Ruder, Institut für Theoretische Astrophysik, Universität Tübingen,
Auf der Morgenstelle 10, D-72076 Tübingen (+49 (761) 31 980 / 319 81 11)

Australian Institute of Physics

Pres.: R.W. Crompton, Australian Inst. of Physics, 1/21 Vale St., North Melbourne
VIC 3052, Australia (+61 (3) 326 66 69 / 328 26 70)

Canadian Association of Physicists

Exec.Sec.: F.M. Ford, Canadian Assoc. of Physicists, Suite 903, 151 Slater,
Ottawa, Ontario K1P 5H3, Canada (+1 (613) 237 33 92 / 238 16 77)

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie

Pres.: W. Grünbein, Deutsche Bunsengesellschaft für Physikalische Chemie e.V.,
Carl-Bosch-Haus, Varrentrappstr. 40-42, D-60486 Frankfurt/Main
(+49 (69) 791 72 01 / 791 73 22)

Deutsche Gesellschaft für Angewandte Optik (DGaO)

Pres.: T. Tschudi, Inst. of Applied Physics, Technische Hochschule,
Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt (+49 (6151) 16 20 22 / 16 43 21)

International Society for Theoretical Chemical Physics (ISTCP)

Pres.: J. Ladik, Institut für Phys. und Theor. Chemie, Universität Erlangen-Nürnberg,
Egerlandstr. 3, D-91058 Erlangen (+49 (9131) 85 77 66 / 85 83 07)

Japan Society of Applied Physics

Pres.: T. Kawakubo, The Japan Society of Applied Physics, Kudankita Bldg.,
1-12-3 Kudankita, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan (+81 (3) 3238 10 41 / 3221 62 45)

Koninklijk Instituut van Ingenieurs

Gen.-Sec.: J.N.P. Haarsma, Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Postbus 30424,
NL-2500 GK The Hague (+31 (70) 391 99 00 / 391 98 40)

Nederlandse Astronomenclub

Sec.: J.B.G.M. Bloemen, Leiden Obs., Postbus 9513, NL-2300 RA Leiden
(+31 (71) 27 58 18 / 27 58 19)

Physical Society of Japan

Pres.: T. Kobayashi, The Physical Society of Japan, Kikai-Shinko Bldg.,
3-5-8, Shiba-Koen, Minato-ku, 105 Tokyo 105, Japan
(+81 (3) 34 34 26 71 / 34 32 09 97)

Sociedad Española de Optica

Pres.: M.J. Yzuel, Dept. de Fisica, Facultad de Ciencias,
Univ. Autonoma de Barcelona, Edif. C, E-08193 Bellaterra (+34 (34) 35 81 19 33 /
35 81 21 55; ifopl @ cc.uab.es)

Società Astronomica Italiana

Sec.: F. Mazzucconi, Oss. Astronomico di Arcetri, Largo E. Fermi, 5,
I-50125 Florence (+39 (55) 275 22 50 / -)

Société Française des Spécialistes d'Astronomie (SFSA)

Pres.: K. Cisarisky, CEN, CEA Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex
(+33 (1) 69 08 39 12 / 69 08 65 77)

Société Française d'Optique

Exec.Sec.: F. Chavel, IOTA, BP 147, F-91403 Orsay Cedex
(+33 (1) 69 85 35 92 / 69 85 35 65)

Société Suisse d'Optique et de Microscopie Electronique (SSOME)

Pres.: R. Guggenheim, Lab. REM, Univ. de Bâle, Bernoullistr. 32, CH-4056 Basle
(+41 (61) 267 35 88 / 267 36 13)

EPS Meetings

EPS Sponsored Meetings are those that are judged as satisfying criteria regarding need, technical quality, international character, participation, and fees. Applications for sponsorship should be made at least nine months before the meeting on a form available from EPS, Geneva.

Europhysics Meetings are organized by EPS Division, Sections, Groups and Action Committees and have been approved by the EPS Action Committee on Conferences. They must satisfy the criteria for sponsored meetings in addition to EPS norms relating to reduced registration fees for members and students, and to contributions to EPS funds. Abstracts are published in the *Europhysics Conference Abstracts* series and "Europhysics" appears in the title of the meeting.

European Research Conferences (ERC) in Physics are discussion meetings co-sponsored by the Commission of the European Communities and the European Science Foundation. Detailed proposals should be coordinated with the Chairman of the appropriate Division or Group before being submitted to the Conference Committee at EPS, Geneva, or to the ERC Secretariat, Strasbourg, by 1 March each year for the next year.

Europhysics Study Conferences are approved meetings that last several days and encourage discussion. Attendance is limited to 70 persons, mainly invited with no more than one-third from a single country. Normally proceedings are not published.

Europhysics Industrial Workshops (EIW) are coordinated by the ACAPPI committee. They aim to bring together scientists from industry, universities and research centres to help accelerate the interchange of knowledge at the crucial transition stage between academic research and applications. Participation is limited and balanced between industry and academia.

Conference Participation Grants

Erice Scholarships for young physicists to attend International Schools held at the Ettore Majorana Centre, Erice, Sicily, sponsored by the EPS. For registration fees and board and lodging (not travel). Application forms, from EPS, Geneva, must be accompanied by a letter of recommendation from one sponsor. The applicant or one of the sponsors must be an Individual Ordinary Member so it may be necessary to apply for membership.

Heraeus Grants for young members of the German Physical Society to attend meetings organized by EPS. Applicants must make a scientific contribution and should normally expect about 50% of travel and accommodation expenses if they have no other support for these. Application together with an abstract of the contribution to the German Physical Society, Hauptstr. 5, D-53604 Bad Honnef.

Karl Mayer Foundation Grants for young physicists from east and central Europe to develop scientific collaboration with a Swiss university. Grants usually help meet travel and accommodation expenses for a short stay. Applications by the head of the host department to EPS, Geneva.

EPS Recognized Journals

EPS recognition of journals aims to raise and maintain standards of physics journals published in Europe without penalizing authors from poorer countries by establishing a *modus operandi*. A journal carrying the inscription "Recognized by the European Physical Society" must meet certain criteria regarding, e.g., the activities and character of its Editorial Board and referees. Conformity with the criteria are monitored, and re-examined every five years, by the EPS Action Committee on Publications. Applications should be made by writing to EPS, Geneva.

EPS Publications (* address for submissions)

• Europhysics News

Official bulletin of EPS; news, reviews; 10 issues *p.a.*; institutions, non-members: SFR 135.- *p.a.*; Member Organizations and Collaborating Societies: SFR 11.- *p.a.*

Editorial Board: M. Siegrist, EPF, Lausanne (Chair.)
P. Bochsler, Univ., Bern
S. Ciliberto, ENS, Lyon
A.-J. Dianoux, ILL, Grenoble
T. Jarlborg, Univ., Geneva
J. Schacher, Univ., Bern

Editor: P.G. Boswell, EPS, Geneva

Advertisements: 2700.- SFR/page to 700.- SFR/one-sixth page; 4-colour: 3300.- SFR/page; 25% reduction for positions; rebates for members/special issues.

Management: Orders, advertising, subscriptions, editorial:
EPS, POB 69, CH-1213 Petit-Lancy 2 {+41 (22) 793 11 30 / 793 13 17;
epnews @ cernvm.cern.ch}

• Europhysics Letters

Letters journal published under the scientific policy and control of EPS; 36 issues *p.a.*; institutions: SFR 1760.-; IOM's: SFR 220.-

Editor-in-Chief: R. Balian, Service de Physique Théorique, CE Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex {+33 (1) 69 08 73 18 / 69 08 81 20; valerie @ amoco.saclay.fr}

Co-Editors:

J.S. Briggs, Univ., Freiburg
J.M. Charap, Univ., London
B. Duplantier, CE Saclay
O. Entin-Wohlman, Univ., Tel Aviv
E. Grosse, GSI, Darmstadt
J. Isern, CEAB, Blanes
H. Kahlert, TU, Graz
L.P.-J. Kamp, Univ., Eindhoven
B. Kramer, PTB, Braunschweig
G. Maret, CRM, Strasbourg
G. Martinez, CNRS, Grenoble
J. Mlynek, Univ., Constance
L. Pietronero, Univ., "La Sapienza", Rome
A. Rogers, Univ., London
M. Schwoerer, Univ., Bayreuth
M. Tosi, Scuola Norm. Sup., Pisa
M.A. Virasoro, Univ., "La Sapienza", Rome

Business Manager: G. Thomas, EPS, Geneva

Staff Editor: * E. Thomas, EPS, POB 69, CH-1213 Petit-Lancy 2
{+41 (22) 793 11 30 / 793 13 17; epletter @ cernvm.cern.ch}

Subscriptions: Non-members - Les Editions de Physique, 7, ave. du Hoggar, BP 112, F-91944 Les Ulis Cedex A {+33 (1) 69 07 36 88 / 69 28 84 91};
IOMs - EPS, Budapest

• Europhysics Conference Abstracts

Extended "pre-proceedings" abstracts of EPS organized meetings: SFR 360.- *p.a.* (previous subscribers: SFR. 320.-); 1994: Series 18, 5 volumes (A-E); individual and back volumes on request.

Series Editor: R. Pick, Univ. P. & M. Curie, Paris

Managing Editor: * G. Thomas, EPS, Geneva

Subscriptions and management: EPS, POB 69, CH-1213 Petit-Lancy 2;
{+41 (22) 793 11 30 / 793 13 17; epletter @ cernvm.cern.ch}

• European Journal of Physics

An EPS journal of education and scholarly studies in physics; 6 issues *p.a.*; articles, letters; non-members: £166.-; IOM's: SFR 65.-

Editor: A.B. Pippard, Univ., Cambridge

Editorial Board:

A. Bellemans, Univ. Libre, Brussels
K. Gavroglu, Nat. Tech. Univ., Athens
G.-C. Ghirardi, Univ., Trieste
P. Harman, Univ., Lancaster
M.J.M. Leask, Univ., Oxford
M.S. Leite, Univ., Coimbra
R. Omnès, Univ. Paris XI
Ph.A. Martin, EPF, Lausanne

Managing Editor: * T. Wayte, IOPP Ltd, Redcliffe Way, Bristol BS1 6NX, UK
{+44 (272) 29 74 81 / 29 43 18; eip @ ioppublishing.co.uk}

Subscriptions: non-members - IOPP, Bristol; IOMs & NSMs - EPS, Budapest

ÍNDICE DO VOLUME 17

Vol. 17 — Fasc. 1 (Janeiro a Março 1994)

Olimpíadas Nacionais de Física: perspectivas a médio prazo (Adriano Pedroso de Lima e Manuel Fiolhais).....	2
Regulamento das Olimpíadas de Física 1993-94.....	4
Programa das Olimpíadas Internacionais de Física	7
Olimpíadas Nacionais de Física 1993.....	10
A XXIV Olimpíada Internacional de Física	20
Estatuto das Olimpíadas Internacionais	24
Olimpíadas Internacionais de Física 1993 — Problemas Teóricos.....	28
Notícias da SPF	31
Protocolo SPF — Sec. Estado C & T e Educação e Desporto.....	32

Vol. 17 — Fasc. 2 (Abril a Junho 1994)

O circuito eléctrico mínimo análogo da mola pesada (J. Miguel Nunes da Silva).....	2
Fluxo de calor em continentes e oceanos (Maria Rosa Alves Duque).....	7
Porque se calcula com radianos? (Mário J. Pinheiro)	12
1.º e 2.º Ciclos do Ensino Básico: à descoberta da Física (F. Paixão, J. Sanches, A. Farias, M. Afonso e P. Rosário)	15
Olimpíadas de Física	18
Olimpíadas Nacionais de Física 1994.....	22
O que há de novo?.....	29
Notícias SPF	30
Conferência EPS 10 — Trends in Physics.....	31

Vol. 17 — Fasc. 3 (Julho a Setembro 1994)

Filmes em Ciência e Tecnologia de Materiais (J. Bessa Sousa, J. M. Moreira, J. A. Mendes e A. A. C. S. Lourenço)	2
Uma tentativa para ultrapassar concepções alternativas sobre calor e temperatura (M. F. Thomaz, I. M. Malaquias, M. O. Valente e M. J. Antunes).....	10
Conferência Nacional de Física e Encontro Ibérico sobre Ensino	18
O que há de novo?.....	23
Olimpíadas de Física	25
Noticiário SPF	28

Vol. 17 — Fasc. 4 (Outubro a Dezembro 1994)

Carta aberta aos sócios da Sociedade (J. Bessa Sousa e C. Matos Ferreira).....	0
As observações astronómicas e os novos programas de Física (Guilherme de Almeida).....	2
Astrofísica, Clima e Tecnologia (George Marx)	7
Técnica de deposição de filmes com impulsos laser (A. A. C. S. Lourenço, J. R. Salcedo, J. A. Mendes, J. M. Moreira, V. S. Amaral, J. B. Sousa)	13
Olimpíadas de Física	23
Directório da Sociedade Europeia de Física	26

NO PRÓXIMO NÚMERO

G A Z E T A D E
FÍSICA

EQUILÍBRIO TERMODINÂMICO

APARECIMENTO DE VIDA NA TERRA

NOVA SECÇÃO: COMPUTADORES