

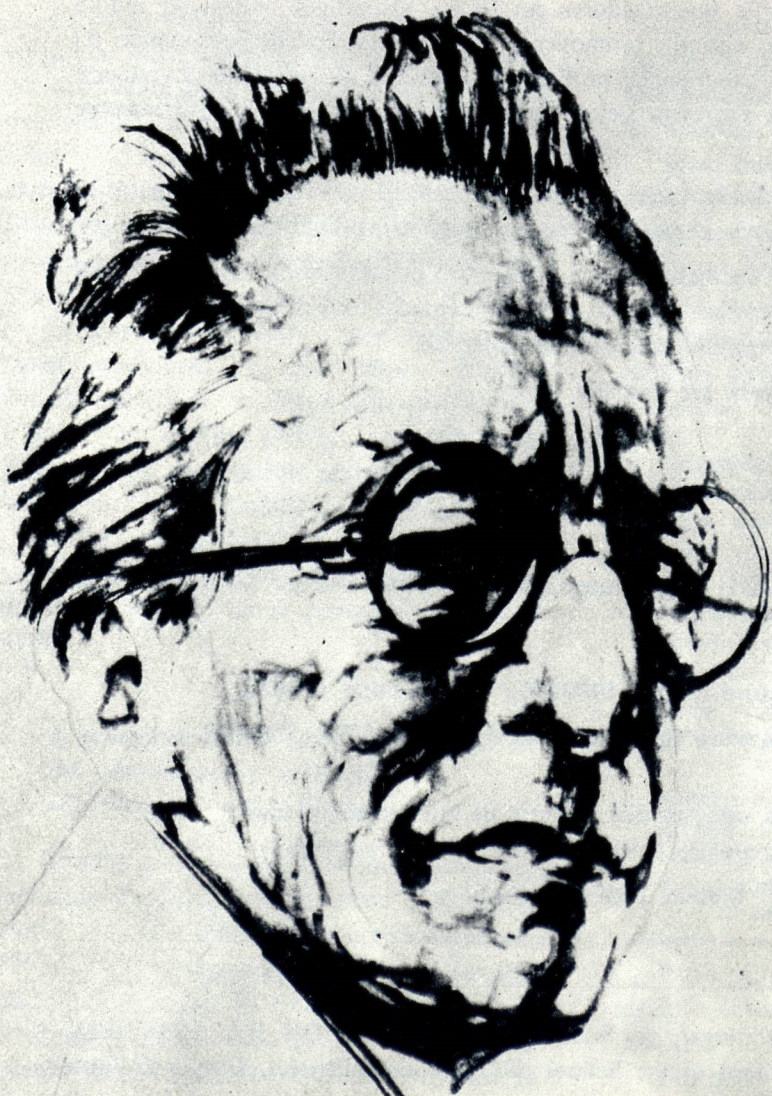
# GAZETA DE FISICA

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FISICA

VOL. 10, FASC. 4

Publicação Trimestral

Outubro a Dezembro 1978



Erwin Schrödinger

• 1887 - 1987 •

O primeiro centenário do seu nascimento ocorreu a 12 de Agosto de 1987.

# GAZETA DE FISICA

Fundada em 1946 por A. Gibert

Propriedade e Edição: Sociedade Portuguesa de Física

Director: Filipe Duarte Santos (Secretário-Geral da S.P.F.)

## Comissão de Redacção e Administração

Conselho Directivo da S.P.F.: H. Machado Jorge, F. Duarte Santos, J. Bessa Sousa, Ana M. Eiró, Carlos Matos Ferreira, F. Costa Parente, M. Fernanda Silva, J. Brochado Oliveira, J. Monteiro Moreira, N. Ayres Campos, C. Lopes Gil.

Endereço: Sociedade Portuguesa de Física, Av. da República, 37-4.º — 1000 Lisboa

---

A **Gazeta de Física** publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Os artigos podem ter índole teórica, experimental ou aplicada, visando promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, o intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam ou aplicam a Física. As opiniões expressas pelos autores não representam necessariamente posições da S.P.F.

A **Gazeta de Física** deverá constituir também um espaço de informação para as actividades da S.P.F., nomeadamente as suas Delegações Regionais e Divisões Técnicas.

Os manuscritos deverão ser submetidos para publicação em duplicado, dactilografados a dois espaços. Figuras ou fotografias deverão ser apresentadas em folhas separadas e prontas para reprodução, com eventual redução de tamanho.

Toda a correspondência deverá ser enviada para

### Gazeta de Física

Sociedade Portuguesa de Física

Av. República, 37-4.º — 1000 LISBOA

A **Gazeta de Física** é enviada gratuitamente a todos os Sócios da S.P.F. no pleno uso dos seus direitos.

**Preço de assinatura : pais 1000\$00 ; estrangeiro US\$20.**

**Preço do fascículo avulso (sede e delegações da SPF) : 250\$00.**

Publicação subsidiada pelo Instituto Nacional de Investigação Científica  
e pela Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica

Tiragem: 2200 exemplares

Composto e Impresso na *Imprensa Portuguesa* • Rua Formosa, 108-116 • 4000 PORTO

---

Na Capa — Desenho de E. Schrödinger, por Sean Keating, RHA, HON RA, HON RSA.  
Copyright — The Board of the School of Theoretical Physics, Dublin Institute  
of Advanced Studies.

---



# Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física

## I — «Psicologia da construção pessoal» de George Kelly

MARÍLIA FERNANDES THOMAZ

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3800 Aveiro

### 1. Introdução

Estudos realizados sobre os problemas do ensino de física têm mostrado que a preocupação dominante dos responsáveis pela elaboração dos currícula e educadores em física tem sido sobre — «O que, quando, a quem e como ensinar física». Embora até agora alvo de pouca reflexão por parte dos responsáveis pelo processo ensino/aprendizagem de física, uma outra questão mais pertinente tem sido ciclicamente considerada como fundamental nos meios inovadores em cada época: «Porquê ensinar física?» A resposta a esta questão contribuirá, na minha opinião, duma maneira determinante para a resolução das questões anteriormente levantadas.

Neste artigo pretende-se analisar esta questão, no contexto do ensino unificado ou 3.º ciclo do ensino básico, numa perspectiva construtivista.

### 2. A metáfora duma ideologia de «transmissão cultural»: «O Homem — A Máquina»

Estudos recentes realizados em vários países, incluindo Portugal, (ex. Osborne e Wittroch, 1983; Thomaz, 1984; Eijkelhof e Kortland, 1985; Gil e Torregrasa, 1985) têm demonstrado que o ensino da física, tradicionalmente conduzido apenas numa perspectiva de transmissão dum corpo de conhecimentos, pouco ou nada contribui para a formação de cidadãos

aptos a actuar eficazmente numa sociedade em rápido desenvolvimento. Na realidade a mudança decorre de modo tão rápido que é quase impossível prever hoje qual a informação que será necessária ao aluno para actuar no mundo de amanhã.

Num estudo conduzido em Portugal (Thomaz, 1984), a análise de entrevistas com indivíduos cuja educação formal em ciências terminara no 9.º ano de escolaridade, revelou que, na maior parte dos casos, mesmo poucos meses passados, aquilo que restava dos conhecimentos de física transmitidos era escasso, vago e confuso.

«de física?... lembro-me que havia umas bolinhas de ferro penduradas... que se afastavam... ou eram atraídas... quando se fazia... não sei o quê.»

(aluna do 10.º ano na área das humanidades)

«havia uns mais que atraíam uns mais... ou uns menos... não faço bem ideia.»

(aluno no 1.º ano da universidade, curso de letras)

«olhe o que me lembro é que havia muitas fórmulas... muito empinanço.»

(20 anos empregado numa fábrica)

«lembro-me sobretudo que era preciso passar nos exames... e safarmo-nos nos testes... mas na realidade o que é que estudei em física... bem... (risos) confesso que não faço ideia.»

(21 anos, universitário, curso de História)

Estes pequenos extractos de transcrições de algumas entrevistas ilustram o fenómeno atrás referido.

Por outro lado o resultado de estudos realizados em Portugal com alunos frequentando

cursos universitários na área de ciências (Thomas 1982, 1984; Vasconcelos, 1985), revelaram que, mesmo nessa população, cuja escolaridade em física, ensinada como tal, tinha sido até ao momento de pelo menos 4 anos (excluindo, portanto, ideias físicas ensinadas noutra disciplina tais como Meio Físico e Social, Ciências da Natureza e Biologia) certos conceitos básicos em física não foram assimilados. Mesmo algumas ideias intuitivas, normalmente presentes em crianças antes do ensino formal, persistiam após o ensino formal. Os extractos apresentados a seguir, provêm quer de transcrições de entrevistas, quer de respostas a questionários especialmente elaborados para detectar a existência de ideias intuitivas em vários tópicos de física.

«um corpo atirado na vertical tem que ter uma força a actuar para cima... senão não subia.»  
(aluno do 1.º ano da licenciatura em Física e Química)

«no ponto mais alto da sua trajectória... como a velocidade é zero a força que actua nele é zero.»  
(aluno do 1.º ano da licenciatura em Física)

«na lua não há gravidade... porquê?... porque a acção da Terra não chega lá.»  
(aluna do 1.º ano de Engenharia Electrónica)

«se esta se fundir... (em frente dum montagem de um circuito com cinco lâmpadas em série)... só acendem as que estão antes dela... parece-me a mim... ora deixe ver...»  
(4.º ano da licenciatura em Física e Química)

«quando uma pessoa está parada e segura uma mala não há trabalho exercido na mala. O mesmo acontece quando a pessoa se desloca porque o peso da mala continua equilibrado pela força que a pessoa exerce sobre a mala.»  
(5.º ano da licenciatura em Física e Química)

«quando uma pessoa está em frente dum espelho a luz que vem do espelho só chega até à pessoa se for de noite. De dia vai um bocadinho até mais atrás.»  
(1.º ano da licenciatura em Física)

Os exemplos apresentados, poucos para não tornar muito extenso este artigo, não são exemplos isolados mas ilustrativos das ideias frequentemente encontradas nos tópicos abordados. É importante salientar que numa análise de livros de texto ou manuais escolares, não é difícil identificar frases, figuras e situações

apresentadas que reforçam estas ideias diagnosticadas nas crianças antes do ensino formal bem como em jovens após este ensino.

Frente aos resultados obtidos e aos problemas encontrados, parecem pertinentes as questões: o ensino da física, tal como está a ser usualmente administrado, numa perspectiva de transmissão dum corpo de conhecimentos valerá a pena? Não será, em muitos casos uma pura perda de tempo? E pior do que isso, não estará a fomentar nos alunos atitudes que serão prejudiciais para a sua actuação numa sociedade culturalmente evoluída?

«...não vale a pena preocupar-me em perceber... o que interessa é empinar... ou (risota) copiar... e ter nota no teste...»

(aluno do 9.º ano de escolaridade)

«...o professor é que sabe... ele diz tudo, não vale a pena a gente esforçar-se por chegar a qualquer conclusão por nós próprios.»

(aluno do 10.º ano de escolaridade)

«...se o professor diz... é porque é verdade.»  
(aluna do 9.º ano de escolaridade)

Será que a física está a ser ensinada como ciência ou como uma acumulação de factos, apenas como a transmissão de uma herança cultural científica?

Richard Feynman, em 1966, numa conferência a professores de ciências chegou à seguinte definição do que é Ciência — «Ciência é duvidar da autoridade dos peritos!»

A imagem da física que, na maioria dos casos, está a ser transmitida no ensino formal, não só em Portugal, pois estudos realizados noutros países assim o têm revelado, situa-se décadas atrás da compreensão actual da prática científica. Penso que a conhecida metáfora do relógio ajudará a perspectivar esta ideia. Imaginemos o mostrador dum relógio com os seus 60 minutos e consideremos o intervalo de tempo em que a humanidade tem tido acesso aos sistemas de comunicação. Os conhecimentos mais actuais indicam que o sistema alfabético foi criado pelos gregos, com base num silabário de origem semítica, durante o 1.º milénio a.C. Os 60 minutos do nosso relógio repre-



sentam assim cerca de 3000 anos da história da humanidade e cada minuto representa 50 anos. Assim sendo, podemos constatar que a imprensa, na cultura ocidental apareceu nos últimos 9 minutos. O telégrafo, a fotografia e a locomotiva apareceram há 3 minutos. Nos 2 últimos minutos apareceram o telefone, a imprensa rotativa, o cinema mudo, o automóvel, o avião e o rádio. O cinema sonoro surgiu há 1 minuto e é durante o último minuto que aparece a televisão, o computador, o laser, tendo-se iniciado também a exploração do espaço. É impossível negar que há 3 minutos atrás qualquer coisa extremamente importante, qualquer coisa condicionante do nosso Mundo, aconteceu. Há 3 minutos atrás o grau da mudança mudou. O mesmo relógio pode ser utilizado para qualquer área da actividade humana, como é evidente.

A mudança não é nova, o que é novo é o grau da mudança. Como a metáfora pretende sugerir, há cerca de 3 minutos atrás deu-se uma diferença qualitativa no carácter da mudança. A mudança mudou. E este é realmente um problema novo.

A escola tem que dar aos jovens a perspectiva do — «Para que é que isto serve?» sobre a sua própria sociedade. A perspectiva de «transmissão cultural», só por si, funcionava há cerca de um minuto ou dois atrás. O problema é que a maioria dos professores trabalham muito nesta perspectiva, o que talvez tivesse sentido, se considerarmos os 57 minutos anteriores, mas deixa de ter sentido se considerarmos os 3 últimos minutos. O que constitui outro problema, como já foi notado, é que muitos professores acham estes 3 minutos demasiado complicados, demasiado angustiantes. Também os alunos acham estes 3 minutos estonteantes, confusos, especialmente os últimos 30 segundos e precisam de ajuda. Enquanto que eles têm que viver num mundo de comunicação por satélites, lasers e computadores, os seus professores estão ainda a falar como se o último meio de comunicação fosse a imprensa de Gutemberg.

Presentemente os investigadores no campo educacional defendem que os currícula educacionais devem incluir a preocupação de *ajudar* os alunos a lidar com a mudança, a que se referem como «o ensino de estratégias de sobrevivência».

Recentes resultados de investigação indicam que, na grande maioria dos casos, as aulas de física têm sido conduzidas numa perspectiva tradicional e são sobretudo centradas nos conteúdos da disciplina, o programa, revelando que a abordagem de «transmissão cultural» do ensino tem dominado a educação em física. O principal objectivo do ensino da física, parece ser a transmissão de «parcelas de verdade». Pressupõe-se que através dum processo de acumulação de tais fragmentos, as mentes vazias das crianças ou dos jovens irão ser cheias com verdadeiro conhecimento.

Os teóricos desta perspectiva vêm como tarefa principal do professor a transmissão de informação, regras ou valores coleccionados no passado. O papel do professor é visto assim como o do agente de instrução directa dessa mesma informação e regras. Esta visão foi veiculada por Hutchins (1936) quando escreveu:

«Educar implica ensinar. Ensinar implica conhecimento. O conhecimento é a verdade. A verdade é a mesma em todo o lado. Daí que a educação deveria ser a mesma em qualquer lado.» (p. 66)

Nesta perspectiva de «transmissão cultural» aos alunos cabe o papel passivo de aceitar os factos «despejados» pelos professores, sendo a sua compreensão desses mesmos factos usualmente avaliada através de meios que, a maior parte das vezes, apenas avaliam a capacidade de memorização dos alunos. Os dados da investigação neste campo revelam que o «conhecimento» produzido por esta abordagem ao ensino não dura muito tempo.

A filosofia subjacente a esta perspectiva sobre o ensino é de que a verdade pode ser acumulada pedaço a pedaço, tópico por tópico, pois o conhecimento é repetitivo e objectivo.

Esta visão de acumulação da verdade absoluta corresponde aos princípios filosóficos básicos do realismo. Muitos cientistas realistas, como por exemplo John Locke, consideram a mente do indivíduo ao nascer como uma «tabula rasa», e a tarefa da escola é encarada como a de transmissão dum corpo de conhecimentos cuja verdade tem sido repetidamente confirmada. A concepção positivista, empirico-indutivista da Ciência está em simpatia com esta visão absolutista da verdade e do conhecimento, e assim, se os professores partilham desta concepção, a maneira como os alunos são ensinados colocará pouca (ou nenhuma) ênfase nas concepções próprias dos alunos e na sua participação activa. A perspectiva de «transmissão cultural» sobre o processo ensino/aprendizagem tem sido suportada por teorias de psicologia do desenvolvimento que salientam a passividade da mente humana. Esta ênfase encontra-se em todos os tipos de psicologias associacionistas, behavioristas, estímulo-resposta, etc. Tal como sugerido por Pope e Keen (1981),

«a metáfora apropriada para a visão do homem avançada por uma ideologia educacional de transmissão cultural é a da máquina. A máquina pode ser qualquer coisa desde a cera sobre a qual o ambiente imprime as suas marcas (Locke) até aos computadores.»

Neste contexto o papel do ambiente, visto como o «input» é o de transmitir a informação mais ou menos directamente, informação essa que será acumulada no «organismo». O «output» será o comportamento resultante. Usando esta metáfora, «*O Homem — A Máquina*», o desenvolvimento cognitivo pode ser visto como o resultado da aprendizagem guiada e o comportamento o resultado de uma associação entre estímulo e resposta.

O desencanto e o descontentamento com esta abordagem no processo ensino/aprendizagem de física têm sido detectados em vários estudos, nomeadamente em Portugal por Thomaz (1984). A necessidade urgente de uma mudança de perspectiva sobre o ensino, quer

por parte dos professores quer por parte dos alunos, impõe uma procura de ideologias educacionais que possam promover essa mudança.

### 3. Ciência, Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência

Particularmente nas últimas duas décadas, educadores progressistas têm vindo a desenvolver programas que pretendem encorajar os jovens a desenvolver uma abordagem activa em relação à aprendizagem. As teorias psicológicas de Piaget, Bruner e Ausubel, deram suporte a este movimento. No entanto, há quem sinta que a pedagogia que resultou desta influência não conseguiu alcançar aquilo que era desejado. Postman e Weingartner (1971) focam este ponto quando escrevem:

«não há maneira de ajudar o aprendiz a ser disciplinado, activo e profundamente envolvido (no processo educacional) a não ser que ele perceba um problema ou o que quer que seja a aprender como valendo a pena ser aprendido. É estéril e ridículo procurar que os alunos tomem uma atitude de pesquisa iniciando estudos que nada tenham a ver com os seus interesses.»

O estudante pode estar activamente envolvido, no sentido físico, na execução duma experiência-fechada (cujo produto seja previamente conhecido ou em que o aluno tenha apenas que seguir um protocolo ou guia), mas a aprendizagem obtida de tal experiência será de alcance muito limitado se o aluno não vê ligações relevantes entre essa actividade e os seus interesses pessoais.

Muitos filósofos da Ciência, tais como Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend rejeitam uma visão do conhecimento e da razão como sendo impessoal e desligado e sugerem que a razão é informada pela paixão. Popper rejeita a tradição empirico-indutivista na Ciência que supõe que a observação precede a teoria. Para Popper todas as observações estão condicionadas por teorias previamente existentes. Adoptando uma visão não absolutista da verdade científica e a posição de Popper sobre a

natureza do processo de observação, seria de esperar que no ensino das ciências fosse feita ênfase no papel que os esquemas pessoais de pensamento têm nas observações científicas e na necessidade dum exame crítico de pré-suposições antes do envolvimento na tarefa de aquisição de dados. Popper (1972) sugere que o desenvolvimento do Ciência ocorre através dum processo de conjecturas e refutações. Ele vê a Ciência e o conhecimento como um progresso através de tentativas sistemáticas para testar as novas hipóteses ou conjecturas de modo a poder refutá-las. O esquema do método científico avançado por Popper envolve um desenvolvimento contínuo do processo de feedback envolvendo os seguintes passos: 1, descrição de um problema (usualmente uma rejeição da teoria ou expectativa existente); 2, proposta de solução, por outras palavras uma nova teoria; 3, dedução de proposições testáveis oriundas da nova teoria; 4, testagem, isto é, tentativa de refutação através, entre outras coisas, da observação e experimentação; 5, estabelecimento de preferências entre as teorias competidoras.

Segundo Swift et al. (1983) «a visão de Popper do progresso do conhecimento científico tem sido usada como uma analogia do progresso do desenvolvimento cognitivo no indivíduo». E acrescentam a seguir, «uma vez que um objectivo do ensino é o de promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, os professores de Ciência devem achar esta analogia fecunda».

Esta analogia implica que o desenvolvimento cognitivo deva ser encorajado através de estratégias de ensino que promovam a articulação de conjecturas e a submissão dessas ideias a refutações críticas. Isto implicará a necessidade dum envolvimento activo do aprendiz como construtivo em vez de reactivo. Não é suficiente que um corpo de conhecimentos, dum livro ou dado por um professor, seja aceite pelo estudante de modo inquestionável. Os estudantes devem concluir, por si próprios, que as ideias são verdadeiras e devem

ser capazes de as incorporar nas suas próprias visões do mundo.

Gostaria de frisar aqui que a ênfase de Popper tem sido no exame crítico de teorias e no desenvolvimento do conhecimento científico e não nos aspectos sociológicos e psicológicos de como os cientistas empreendem a sua tarefa. Esta visão está em oposição à concepção da «atitude científica» que, de acordo com Gaud (1982) tem sido formulada pelos educadores em ciência nos últimos 60 anos.

Em «The Structure of Scientific Revolutions», Kuhn (1970), faz uma tentativa para delinear uma nova imagem da Ciência, em oposição às imagens disseminadas pelo então influente movimento lógico-empirista na filosofia das ciências e na tradicional historiografia científica. Partindo duma tradição historiográfica mais velha, que apresentava um «desenvolvimento-por-acumulação» do progresso científico, o modelo proposto por Kuhn descreve a evolução, a história duma ciência madura, como uma sequência de períodos de «ciência normal» — episódios extraordinários, nos quais tem lugar uma mudança dos compromissos profissionais. Para além dos períodos de ciência normal e de revoluções, Kuhn considera também um pré-paradigma que precede o primeiro período de investigação na ciência normal num dado campo. Este período é caracterizado por uma proliferação de paradigmas. Segundo Kuhn,

«durante o que é chamado, na Estrutura das Revoluções Científicas, o período pré-paradigmático, os patrocinadores duma ciência dividem-se num número de escolas competidoras, reclamando cada uma competência numa mesma matéria mas abordando-a de diferentes maneiras.» (Kuhn, 1978, p. 235)

Lakatos (1970) desenvolveu uma teoria da Ciência que tenta reconciliar a relação entre teorias científicas gerais e as suas alternativas contemporâneas, juntamente com todas as suas teorias constituintes. Esta abordagem contrasta com a de Kuhn que vê a Ciência como



«normal» enquanto existe um paradigma pre-  
valecente sem oposição efectiva. Para Lakatos,

«a história da Ciência tem sido, e deveria ser, a história da competição de programas de investigação (ou se se desejar, «paradigmas») mas não tem sido e não deve tornar-se uma sucessão de períodos de Ciência normal. Quanto mais depressa começar a competição melhor o progresso.» (Lakatos, 1970, p. 155)

Lakatos faz a distinção entre teorias «passivistas» e «activistas» do conhecimento e identifica «passivismo» como implicando que o «conhecimento verdadeiro» é o carimbo da natureza sobre uma mente perfeitamente inerte. Faz a seguir uma distinção entre «activistas conservadores» e «activistas revolucionários». Os primeiros defendem que «nascemos com as nossas expectativas básicas; com elas tornamos o mundo no «nosso mundo» mas a partir daí vivemos para sempre na prisão do nosso mundo». (Lakatos, 1970).

O trabalho de Lakatos enquadra-se no activismo revolucionário, na crença de que os esquemas conceptuais podem ser desenvolvidos e também substituídos por outros novos e melhores.

Feyerabend começou o seu trabalho perguntando como é que as afirmações poderiam ser observadas. Num dos seus primeiros trabalhos (1958), no qual considerava a atribuição das propriedades da cô a objectos não observados, conclui que «a interpretação duma linguagem-observação é determinada pelas teorias que usamos para explicar aquilo que observamos, e muda à medida que essas teorias mudam». (Feyerabend, 1958). Isto coloca Feyerabend no campo anti-positivista. Todas as observações são condicionadas pela existência de teorias prévias e daí serem dependentes de interpretações.

Estes quatro filósofos representam vários graus de relativismo nas suas posições epistemológicas. As suas considerações sobre e para a Ciência representam algumas das principais tradições na filosofia da Ciência. Estas, juntamente com a tradição baconiana, têm, e con-

tinuam a ter influência significativa dentro da comunidade dos filósofos da Ciência. As quatro tradições desenvolvidas por Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend, embora contradizendo-se entre si em termos largos, partilham entre si pontos de vistas relativos à inadequabilidade do positivismo, da concepção empírico-positivista da Ciência. A versão básica desta última concepção é chamada frequentemente indutivismo baconiano devido à portentosa contribuição da filosofia da Ciência de Bacon. Em contraste com uma visão absolutista da verdade defendida por Bacon, os outros quatro filósofos partilham uma visão relativista do conhecimento sendo o condicionalismo nas observações da existência de teorias prévias a pedra basilar das filosofias pós-baconianas da Ciência.

É incontroverso afirmar que a Ciência e a filosofia da Ciência interactuam, embora a natureza desta interacção possa levantar muitas controvérsias. A interacção entre a Ciência e o ensino da Ciência é feita através da filosofia da Ciência. Tal como Elkana (1970) sugere é «a filosofia da Ciência que molda as atitudes gerais que formam as fundações das várias teorias do ensino das ciências».

Presentemente existe um grupo crescente de educadores em Ciência que acredita que o ensino das ciências deverá ter em conta o que recentes filosofias da Ciência, tais como as de Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend reconhecem: o papel da construção pessoal no desenvolvimento científico.

A perspectiva psicológica de George Kelly, psicólogo, matemático e físico americano nascido em 1905, é compatível com esta visão. Kelly rejeita uma posição absolutista da verdade e contrasta a sua posição com a noção de que o conhecimento é uma colecção crescente de factos ou «parcelas de verdade».

#### 4. A Metáfora kellyiana: «O Homem — O Cientista»

Em 1955 Kelly rejeitou a tricotomia clássica do conhecimento — teórico, prático e

poético — para avançar uma teoria psicológica alternativa preocupada com o indivíduo e com a maneira como os indivíduos se constroem a si próprios, constroem os outros e os seus mundos. Kelly baseou a sua teoria num postulado fundamental elaborado através de sete corolários (Kelly, 1955, Cap. 2). A teoria contém três ideias fundamentais: construtivismo alternativista, o homem como cientista e a escolha de dupla entidade.

Construtivismo alternativista é o termo com o qual Kelly identifica a sua posição filosófica. Nas palavras de Kelly,

«não podemos mais ficar seguros que o progresso humano progride estádio atrás de estádio de uma maneira ordenada partindo do conhecido para o desconhecido. Nem os nossos sentidos nem as nossas doutrinas nos proporcionam um conhecimento imediato requerido por uma tal filosofia da Ciência. Aquilo que pensamos que sabemos é ancorado somente nas nossas próprias suposições, não na própria verdade. O mundo que procuramos compreender permanece sempre no horizonte dos nossos pensamentos.»

A seguir explica o que entende por construtivismo alternativista

«Comprender completamente este princípio significa reconhecer que tudo o que acreditamos existir aparece devido à nossa actual construção do que existe. Assim, mesmo as coisas mais óbvias neste mundo estão largamente abertas a reconstruções no futuro.» (Kelly, 1977).

Para Kelly os acontecimentos estão sujeitos a «uma tão grande variedade de construções quanto as nossas vontades nos permitem exco-gitar» (1970, p. 1). Isto significa que mesmo o conhecimento científico mais altamente desenvolvido pode ser visto como sujeito à reconstrução humana.

Em psicologia têm sido usadas muitas analogias. «O Homem — A Máquina» tem sido apontado como a metáfora apropriada para a visão do Homem proposta por uma ideologia educativa de «transmissão cultural». A analogia avançada por Kelly é: «O Homem — O Cien-

tista». Segundo ela, o indivíduo deduz hipóteses, levanta questões, desenvolve metodologias, define instrumentos, produz dados, executa experiências, induz novas hipóteses e reformula no decurso da construção da sua realidade pessoal. Para Kelly, cada pessoa, qualquer pessoa, é vista como um cientista empenhado num processo de observação, interpretação, previsão e controlo. Segundo Kelly cada pessoa constrói para si própria um modelo representativo do mundo, que lhe permite traçar uma linha de comportamento e acção em relação a esse mesmo mundo. Este modelo está sujeito a mudar ao longo do tempo, uma vez que as construções da realidade estão constantemente a ser testadas e modificadas de modo a permitir uma melhor previsão no futuro. Assim, para Kelly, o questionamento e a exploração, revisão e reformulação à luz da previsão mal sucedida, o que é sintomático da teorização científica, é precisamente aquilo que uma pessoa faz numa tentativa de antecipar os acontecimentos. A escolha de dupla entidade implica que quando um indivíduo muda, reconstruindo a realidade, ele escolhe entre duas entidades, não entre uma entidade e uma não entidade. O Homem — O Cientista constroi um conjunto de esquemas de pensamento e acção que testa e que pode eventualmente renunciar em favor de um novo conjunto se os primeiros falharem na previsão adequada dos acontecimentos.

Kelly sugere que por detrás do julgamento do indivíduo, e consequente comportamento, jaz uma teoria implícita acerca do mundo dos acontecimentos nos quais os julgamentos são feitos (postulado fundamental). A teoria implícita sobre o mundo é o sistema da construção pessoal do indivíduo. O sistema permite ao indivíduo ver e lidar com situações (corolário da construção). O sistema é particular a um indivíduo (corolário da individualidade), ordenado (corolário da organização) e composto de duplas identidades (corolário da dicotomia). Um indivíduo desenvolve e usa o seu sistema de construção escolhendo entre duas alternativas (corolário da escolha) numa gama finita (corolário da extensão) à medida que ocorrem

construções sucessivas de acontecimentos (corolário da experimentação). O sistema pode ser variado (corolário da modulação) e pode conter subsistemas incompatíveis (corolário da fragmentação). Os indivíduos podem ter consenso sobre certos aspectos da realidade (corolário da comunalidade), interagir com o sistema de outro indivíduo (corolário da sociabilidade).

Quando aplicada a um contexto educacional a filosofia de George Kelly proporciona uma base para um sistema educativo em que os estilos individuais de aprendizagem são importantes e em que a investigação é conduzida na perspectiva da pessoa. Kelly reconhece a aprendizagem como uma exploração pessoal e vê o papel do professor como o de um *facilitador do desenvolvimento humano*. Esta ênfase construtiva está em oposição aos métodos tradicionais de ensino baseados numa ideologia educacional de «transmissão cultural». Pode ser assim encarada como uma alternativa às teorias empírico-associacionistas que têm dominado a educação em física neste país e que têm conduzido a uma abordagem passivista do conhecimento científico.

Na segunda parte deste artigo serão analisados objectivos para o ensino da física à luz da «Psicologia de Construção Pessoal» de George Kelly.

#### REFERÊNCIAS

- ELJKELHOF, H. e KORTLAND, K. — «What, Why, How, When and to Whom: Physics as one of the Tools for Decision Making in Daily Life». Paper presented at the International Symposium on Physics Teaching, Brussels, November 1985.
- ELKANA, Y. — «Science, Philosophy of Science and Science Teaching». *Education Philosophy and Theory*, **2**, 15-35 (1970).
- GAULD, C. — «The Scientific Attitude and Science Education». *Science Education*, **66**, 109-121 (1982).
- FEYERABEND, P. — «An Attempt at a Realistic Interpretation of Experience». *Proc. Arist. Soc.*, **58**, 160-162 (1958).
- GIL, D. e TORREGROSA, M. — «Science Learning as a Conceptual and Methodological Change». *Eur. J. Sci. Educ.*, **7**, 231-236 (1985).
- HUTCHINS, R. M. — «The Higher Learning in America». Yale University Press, New Haven, Conn. (1936).
- KELLY, G. — «The Psychology of Personal Constructs» (Vols. 1 e 2). New York, W. W. Norton and Co. Inc. (1955).
- KELLY, G. — «A Brief Introduction to Personal Construct Theory». In D. Bannister (ed.) *Perspectives in Personal Construct Theory*, London, Academic Press Inc. (1970.)
- KELLY, G. — «The Psychology of Unknown». In D. Bannister (ed.) *Perspectives in Personal Construct Theory*, London, Academic Press Inc. (1977).
- KUHN, T. — «The Structure of Scientific Revolutions» 2nd edition, Chicago: The University of Chicago Press (1970).
- KUHN, T. — «Second Thoughts on Paradigms». In T. Kuhn *The Essential Tension*, Chicago: The University of Chicago Press (1978).
- LAKATOS, I. — «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programs». In I. Lakatos e A. Musgrave (eds.) *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press (1970).
- OSBORNE, R. e WITTRICK, U. — «Learning Science: A Generative Process». *Science Education*, **67**, 489-508 (1983).
- POPE, M. e KEEN, T. — *Personal Construct Psychology and Education*. London, Academic Press (1981).
- POPPER, K. — «Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge». London: Routledge and Kegan Paul (1972).
- POSTMAN, N. e WEINGARTNER, L. — *Teaching as a Subversive Activity*. London, Penguin Books (1971).
- SWIFT, D.; GILBERT, J. K.; POPE, M. L.; ZYLBERSZTAJ, A. e WATTS, D. M. — «Philosophies of Science and Science Education». Mimeograph. Institute of Educational Development, University of Surrey (1983).
- THOMAZ, M. — «Uma análise da compreensão dos alunos sobre o conceito de força». Comunicação apresentada ao 3.º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Física, Coimbra (1982).
- THOMAZ, M. — «Análise do Processo de Ensino/Aprendizagem da Física: Perspectivas de Sete Categorias de Indivíduos Envolvidos». Comunicação apresentada no 4.º Encontro Nacional da Sociedade Portuguesa de Física, Évora (1984).
- VASCONCELOS, N. — «Estudo de Noções de Alunos sobre a Existência (ou não Existência) de Forças em dadas Direcções: sua Evolução com o Nível Etário e Formação Científica em Física dos Alunos». Trabalho de Síntese apresentado nas provas de aptidão pedagógica e capacidade científica, Universidade de Aveiro, Aveiro (1985).



# Supercondutividade a alta temperatura

## O Prémio Nobel de Física — 1987

J. FERREIRA DA SILVA

Laboratório de Física da F.C.U.P. — 4000 Porto

Centro de Física da U.P., I.N.I.C.

«Since 1911 superconductivity at room temperature has been the dream of scientists and science-fiction writers alike. .... Especially since 1957, with the advent of the Bardeen-Cooper-Schrieffer (BCS) theory many hundreds of papers and learned treatises have appeared describing and predicting superconductivity at elevated temperatures, at room temperature, and even above. And yet, these papers have not led to a single success in raising the transition temperature».

Bernd Matthias in Physics Today, Agosto 1971, p. 23.



Karl Alex Müller, 60 anos, suíço, «IBM fellow», físico experimental do estado sólido com trabalhos relevantes no campo dos semicondutores e supercondutores, líder de um grupo de investigação no laboratório da IBM em Rüschlikon, Zürich. A condição de «fellow» da IBM confere perfeita liberdade de escolha de tema de investigação e grande disponibilidade de meios financeiros para a pesquisa científica.

Johannes Georg Bednorz, 37 anos, alemão federal, antigo aluno de K. A. Müller e seu colaborador no laboratório IBM de Rüschlikon (\*).

Se o notável físico experimental que subcreveu a afirmação acima transcrita (e outros «mimos» de igual ou pior jaez visando a especulação teórica na área da supercondutividade) tivesse vivido até Junho do ano passado certamente que teria rejubilado ao ler o artigo inserto a páginas 189-193 do volume 74 (1986) de Zeitschrift für Physik B (Condensed Matter) da autoria de J. G. Bednorz e K. A. Müller, investigadores do laboratório IBM Zürich, modestamente/cautelosamente intitulado «Possible High  $T_c$  Superconductivity in the Ba-La-Cu-O System». É que, na verdade, o

primeiro período do texto do artigo é uma citação — «At the extreme forefront of research in superconductivity is the empirical search for new materials» — que enquadra, com perfeita justeza a postura de Matthias perante o desafio posto aos físicos pelo fenómeno da Supercondutividade. Além de que,

---

(\*) Nos mesmos laboratórios da IBM em Rüschlikon foi realizada a investigação científica cujo resultado — microscópio de efeito túnel — mereceu aos seus autores o Prémio Nobel de Física 1986.

e sobretudo, o artigo representa o rasgar do caminho que Mathias tão afanosamente havia procurado.

Longa tinha sido a pesquisa de supercondutores de elevada temperatura crítica,  $T_c$ , abaixo da qual o fenómeno se manifesta, com larga contribuição do próprio Matthias, guiada, fundamentalmente, pelas regras empíricas por ele mesmo descobertas e que inculcavam máximos de  $T_c$  em metais, ligas e compostos intermetálicos com um número de electrões de valência por átomo igual a 3, 5 ou 7. Essa pesquisa, assim orientada, culminou com a descoberta, em 1973, de um máximo de  $T_c=23,2$  K em  $Nb_3Ge$  (J. R. Gavaler).

A supercondutividade havia sido descoberta em 1911 em Leiden por Heike Kamerlingh Onnes, em mercúrio. Com as facilidades criogénicas de que Onnes dispunha, então únicas no mundo pois foi o primeiro a liquefazer o hélio, arrefecendo um fio de mercúrio à temperatura do hélio líquido verificou que abaixo de 4,2 K este metal não apresentava o menor vestígio de resistência eléctrica. O espectacular fenómeno, também manifestado em outros metais (não todos), ligas e compostos intermetálicos acabaria, mais tarde (1933), por revelar ainda outra faceta igualmente exótica —efeito Meissner: perfeito diamagnetismo (exclusão do campo magnético). A perfeita condutividade eléctrica dos supercondutores fez deles, desde logo, potenciais candidatos para a construção de poderosos electromagnetes mas a desilusão depressa sobreveio quando se constatou que um campo magnético de fraca intensidade restabelecia a resistência eléctrica (campo crítico) reintroduzindo, conseqüentemente, as perdas por efeito Joule. Foi só nos primeiros anos da década de sessenta que Kunzler e colaboradores nos E.U.A., na esteira da onda de interesse despertada pelo trabalho teórico do soviético Abrikosov, descobrem os supercondutores ditos de 2.<sup>a</sup> espécie, caracterizados por terem (para a época) elevada temperatura crítica e elevadíssimos valores do campo crítico (centenas de kilogauss em com-

paração com as escassas centenas de gauss dos primeiros supercondutores, ditos de 1.<sup>a</sup> espécie).

A corrida aos Supercondutores prosseguiu activamente em grande número de laboratórios universitários e das grandes empresas multinacionais mas após 1973, altura em que eram já decorridos 62 anos sobre a descoberta do fenómeno,  $T_c$  «apenas» havia sido aumentada de 19 graus! Claro que com materiais do tipo  $Nb_3Ge$  já não se punha o condicionamento económico da necessidade de refrigeração por hélio líquido, que é caro, mas o hidrogénio líquido necessário para refrigerar os novos supercondutores de  $T_c$  elevada (agora ditos da 1.<sup>a</sup> geração) também não oferecia garantias de segurança porque é potencialmente explosivo.

O campo de aplicação dos supercondutores é vastíssimo, pelo que a descoberta de um material que supercondusisse a temperaturas economicamente viáveis escorvaria uma revolução tecnológica. Não obstante os largos investimentos feitos e os esforços de milhares de investigadores, o recorde dos 23,2 K permaneceu imbatido durante 13 anos, muito embora muitos novos supercondutores tenham sido, no entretanto, descobertos (supercondutores orgânicos, fases de Chevrel, entre outros). Por isso que o artigo de Bednorz e Müller comunicando à comunidade científica a descoberta da possível manifestação de supercondutividade a 30 K numa mistura de fases cristalinas no sistema La-Ba-Cu-O produziu uma febril excitação à escala do planeta que lançou os físicos do estado sólido numa corrida desenfreada, primeiro para confirmar os resultados anunciados e logo para tentar superar a descoberta. Uma rápida sucessão de resultados é fruto dessa corrida: — A estrutura da fase responsável pela nóvel supercondutividade é identificada (Takagi et al., Cava et al.); a qualidade das amostras é melhorada, passando  $T_c$  para 40 K e 57 K sob pressão (Chu et al.); o espriamento da transição é reduzido para 1,4 K (Cava et al.); supercondutividade é descoberta nos sistemas de fase mista Y-Ba-Cu-O com  $T_c=98$  K (Chu et al.); é identificada como ortorrômbica

a fase responsável pela supercondutividade em  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  (Chu et al.). Tudo isto no escasso intervalo de menos de um ano após a comunicação de Bednorz e Müller. A supercondutividade «mundaniza-se» pois que os «media» a noticiam largamente e magazines dela se ocupam com regularidade. Surgem as referências a registos de patentes e um prenúncio de restrição informativa no tocante à caracterização das amostras, muito mal recebido pela generalidade da comunidade científica. Físicos e químicos que nunca haviam «tocado» a supercondutividade nela se embrenham. É a grande moda. A corrida, enfim!

Investigadores têm, por vezes, referido a observação de aparentes sinais de supercondutividade a temperaturas bastante mais elevadas (240 K, C. W. Chu) sobretudo em amostras virgens, mas essas observações não se têm mostrado reprodutíveis, especulando-se que o evanescente fenómeno esteja relacionado com uma nova fase supercondutora, instável.

De entre as espécies cerâmicas supercondutoras os compostos Y-Ba-Cu-O subsistem como os primeiros materiais a manifestar supercondutividade acima do ponto de ebulição normal do azoto, mérito a creditar a C. W. Chu e colaboradores. O volume de resultados obtidos com base nestes compostos é considerável sabendo-se já, em particular, como as propriedades supercondutoras dependem do desvio  $\delta$  do teor de oxigénio em relação à composição estequiométrica e do tratamento térmico pós-síntese. É igualmente conhecido que a substituição de Y por outro elemento, paramagnético, de terras raras não afecta grandemente a temperatura crítica o que, atenta a posição do Y na estrutura (ortorrômbica) destes óxidos polimetálicos, reforça a ideia de que a interacção responsável pela supercondutividade nestes materiais é de carácter bidimensional tendo apenas que ver com o encadeamento planar Cu-O-Cu.

As cerâmicas que manifestam propriedades supercondutoras são «grosso modo» preparadas por reacção a temperatura adequada de óxidos e carbonatos dos metais intervenientes e subsequente tratamento térmico em atmosfera

controlada de oxigénio; processo que não exige nem grandes meios nem equipamento sofisticado. Têm uma estrutura granular, provavelmente responsável pelo carácter percolativo da supercondutividade que manifestam, havendo que distinguir o que poderá ser supercondutividade intra-grão do efeito (Josephson?) de acoplamento intergrãos.

Para eliminar ambiguidades patentes em alguns resultados obtidos em tais amostras o ideal seria dispor de monocristais, o que já é possível. Medidas efectuadas em monocristais revelam elevado grau de anisotropia, compatível com a ideia, que se vem generalizando, de que a interacção responsável pela supercondutividade se desenvolve (apenas?) nas camadas basais da estrutura ortorrômbica da fase supercondutora.

No que respeita à origem da supercondutividade nestes materiais cerâmicos vários mecanismos exóticos (entenda-se outros que não a convencional interacção electrão/electrão mediada pelos quanta de vibração da rede cristalina) têm sido propostos mas nenhum, até à data, confirmado. Sabe-se, isso sim, que é crucial para a ocorrência do fenómeno nestes óxidos polimetálicos a sequência ordenada de átomos de Cu e O com vazios de O regularmente espaçados. O actual desacerto entre os resultados experimentais e as tentativas teóricas formuladas tem, por vezes, aspectos curiosos. Segundo um físico teórico (Lee), as altas temperaturas às quais tem sido encontrada supercondutividade nos óxidos polimetálicos são demasiado baixas comparadas com a predição de  $T_c$  saídas dos seus cálculos!

Experimentalmente a supercondutividade em cerâmicas tem sido, e é, confirmada através de medidas de resistência eléctrica e de magnetização, tanto c.c. como c.a. e é este segundo tipo de medidas (como o calor específico) que pode dar informação sobre quanto do material é, de facto, supercondutor. Perfeito diamagnetismo c.c. só um supercondutor ideal pode produzir. Embora esse perfeito diamagnetismo não tenha sido observado em amostras cerâmicas, de textura granular, recentes resultados em monocristais afirmam-no.



A aplicação tecnológica dos supercondutores cerâmicos não será imediata pois que os requisitos necessários não estão ainda, em muitos aspectos, conseguidos. Assim, a construção de electromagnetes supercondutores só será possível quando se dispuser de um material dúctil, capaz de transportar elevada densidade de corrente ( $\sim 10^6 \text{A/cm}^2$ ) ou, ladeando a dificuldade, quando for possível efectuar revestimentos cerâmicos nos enrolamentos dos electromagnetes. Recentemente a deposição epitaxial de filmes veio permitir a considerável melhoria das performances dos filmes supercondutores no que respeita à densidade da corrente, tendo-se já atingido os valores típicos dos supercondutores de 2.<sup>a</sup> espécie da 1.<sup>a</sup> geração.

A interferometria quântica (associada ao efeito Josephson) já se observou em cerâmicas supercondutoras — outra base de possível desenvolvimento tecnológico cujas aplicações se estendem à Medicina (magnetencefalografia e magnetocardiologia).

O desafio está posto: — a fenomenologia da supercondutividade a elevada temperatura enriquece-se dia a dia. Aguarda-se a teoria que a explique. O Comité Nobel entendeu que o feito de Bednorz e Müller era, em si mesmo sem mais acréscimos, e a menos de 2 anos do seu cometimento, merecedor do galardão máximo. Certamente que o Comité Nobel manterá de reserva a possível concessão de igual prémio ao(s) físico(s) teórico(s) que primeiro explicar(em) o mecanismo subjacente ao intrigante fenómeno e, (porque não?) ao(s) físico(s) experimental(is) que eventualmente descubra(m) supercondutividade à temperatura ambiente.

A importância da descoberta de Bednorz e Müller é bem sublinhada pelo curto intervalo de tempo que mediou entre a publicação dos resultados e a concessão do galardão Nobel — menos de ano e meio. Outros prémios Nobel atribuídos a físicos por trabalhos no campo da supercondutividade (Bardeen-Cooper-Schrieffer, 1972, Josephson-Giaver-Esaki, 1973) só foram concedidos após decurso de muito mais tempo sobre a publicação do trabalho (quinze anos num caso, dez no outro).

## I REUNIÃO IBÉRICA DO VAZIO E SUAS APLICAÇÕES

Braga, 28 Setembro — 1 Outubro 1988

Realização da Sociedade Portuguesa  
de Vácuo (SOPORVAC)

### Temas:

*Ciência de Superfícies*

Materiais electrónicos e processos  
Filmes finos

*Ciência de Vazio*

Metalurgia e tratamentos de superfícies  
Fusão. Altas energias

*Vazio Industrial*

Metalização de plásticos.  
Electrónica. Lâmpadas.  
Liofilização. Química farmacêutica

### Informações:

M. Isabel Ferreira  
SOPORVAC  
Lab. Física, Univ. Minho  
4719 Braga Codex

## SAGAMORE IX

Conferência sobre densidades de carga, spin  
e quantidade de movimento

Luso, Buçaco; 26 Junho — 2 Julho 1988

*Do programa científico constarão lições gerais de revisão sobre densidades de carga, de spin e de quantidade de movimento, lições por especialistas convidados e sessões de posters seguidas de discussão geral.*

### Informações:

Sagamore Conference IX  
Dep. de Física, Universidade de Coimbra  
3000 Coimbra  
Tel. (039) 29252-34668  
Telex 52601 DEFIUC P

### Datas-limite:

*Inscrições e alojamento:* 31 Janeiro 1988  
*Resumos:* 31 Março 1988

# Acção da pressão de radiação laser sobre feixes atómicos

MARIA DO ROSÁRIO C. MARTINS

Escola Secundária Ferreira Dias, 2735 Agualva-Cacém

Embora o aparecimento e posterior aperfeiçoamento dos lasers sejam acontecimentos relativamente recentes, a influência que alcançaram em vários domínios científicos e até lúdicos é sem sombra de dúvidas notável. Neste artigo referiremos especificamente os efeitos que a força de pressão de radiação laser pode produzir sobre átomos e moléculas, o que constitui um poderoso instrumento experimental com toda uma série de aplicações em vários domínios científicos e tecnológicos [1].

## 1. Introdução

No início do século, Lebedev (1910) provou a existência da pressão exercida pela luz sobre átomos e moléculas como fenómeno susceptível de ser observado experimentalmente [2]. Poucos anos mais tarde Einstein (1916) investiga a natureza quântica deste efeito e prova que a pressão exercida pela luz se deve à direcionalidade (directividade espacial) dos processos de interacção dos átomos com a radiação, tanto de absorção e emissão estimuladas como de emissão espontânea [3].

Estes dois trabalhos constituíram a base fundamental de todos os estudos posteriores acerca da pressão da luz exercida sobre átomos e moléculas.

Posteriormente, nas décadas de 20 a 50, não se registaram progressos significativos já que o desenvolvimento das investigações se encontrava limitado, devido à inexistência de fontes luminosas adequadas, pela incapacidade de confirmação experimental dos efeitos previstos pela teoria.

A partir da década de 60 (1958-61) surgem os lasers que como fontes de radiação óptica coerente, com um elevado grau de monocromaticidade e elevada densidade espectral de potência de radiação, desencadearam o reabrir do problema e um interesse renovado pelo

assunto, revolucionando o estudo e aplicações da pressão de radiação. Foi então que obtiveram confirmação os efeitos previstos por Lebedev e Einstein. Com base em estudos sobre o movimento atómico abriram-se novas perspectivas de aplicações práticas, conduzindo o desenvolvimento atingido neste domínio (e que está longe de concluído) a uma grande diversidade de aplicações tais como criação de compressão ou rarefacção em gases atómicos [4], restrição do movimento espacial de átomos ou moléculas (eliminação da largura Doppler das riscas espectrais) [5], separação de isótopos por deflexão de feixes atómicos [6], aceleração e desaceleração de átomos [7, 8], focagem e desfocagem de feixes [9-11], arrefecimento e confinamento de átomos ou moléculas de forma a aumentar a resolução e sensibilidade de métodos de espectroscopia laser [12-14].

Podemos dizer que a acção da pressão de radiação reside fundamentalmente no controlo que exerce no movimento atómico. É este controlo que possibilita a realização dos vários efeitos experimentais.

## 2. Aplicações

### 2.1. Deflexão de feixes atómicos

Quando se faz interactuar um feixe laser com um feixe atómico (Fig. 1), devido à selectividade da interacção da radiação laser com os átomos torna-se possível extrair do feixe atómico tanto átomos de uma certa espécie como átomos que se encontrem num determinado estado quântico, usando-se por isso este efeito como método de separação de isótopos [10].

Basicamente numa experiência de foto-deflexão há que considerar a transferência de energia do laser para o feixe atómico, já que

cada vez que um átomo absorve um fóton adquire um momento  $\frac{\hbar \omega}{c}$  na direcção de propagação do fóton produzido. Como a grande maioria dos métodos de fotodeflectão requerem tempos de interacção longos quando compa-

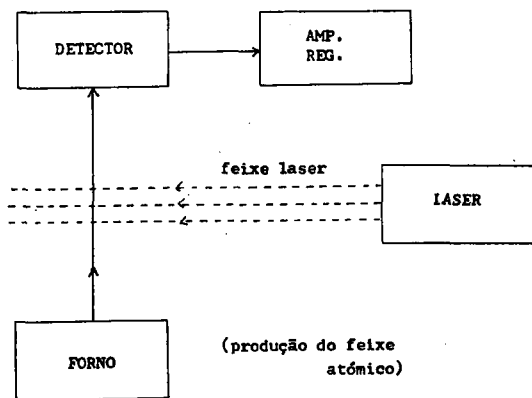


Fig. 1

rados com o tempo de vida média dos átomos excitados, acontece que em muitos casos o átomo excitado pela radiação sofre transições para estados metaestáveis que não são afectados pelo campo incidente, retirando assim os átomos do ciclo de interacção e a deflexão deixa praticamente de existir (Fig. 2). Numa

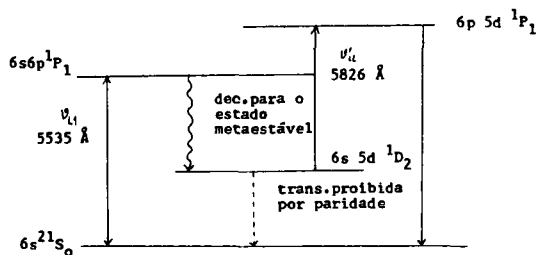


Fig. 2

experiência para a separação de isótopos de bário [10] este problema foi superado por introdução de um segundo laser.

## 2.2. Focagem e desfocagem de feixes atómicos

A focagem e desfocagem de um feixe atómico está directamente relacionada com a componente transversal da força de radiação <sup>(1)</sup>.

Quando se tem uma situação de ressonância exacta ( $\Omega$  nulo <sup>(2)</sup>)  $F_{trans}$  é em média nula. No entanto para o caso  $\Omega \neq 0$  os átomos são atraídos ( $\Omega < 0$ ) ou repelidos ( $\Omega > 0$ ) pelo feixe (Figs. 3, 4, 5) [11, 15].

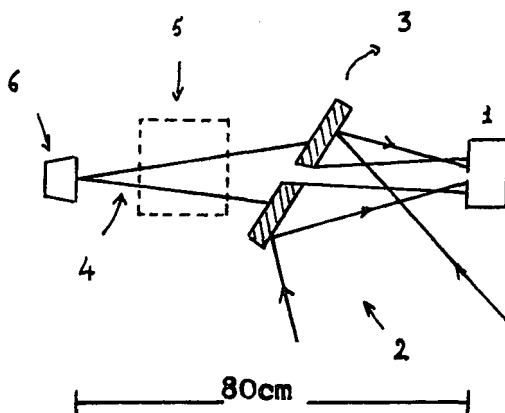


Fig. 3 — 1 — detector; 2 — luz laser; 3 — espelho; 4 — feixe atómico; 5 — selector de velocidade (opcional); 6 — fonte.

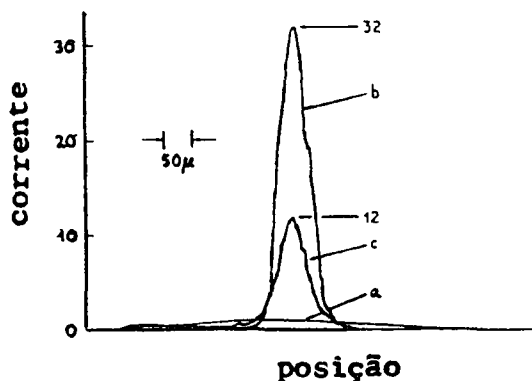


Fig. 4 — Intensidade do feixe atómico: (a) — sem luz, (b) — 250 mW, (c) — 25 mW (ref. 15).

<sup>(1)</sup> Para a discussão dos efeitos da força de pressão torna-se cómodo considerar a sua decomposição com referência ao vector de onda da radiação,  $k$ . Tem-se então uma componente paralela ou longitudinal,  $F_{long}$  e uma componente normal ou transversal,  $F_{trans}$ :

$$F = F_{long} + F_{trans}$$

<sup>(2)</sup> É possível caracterizar uma situação de quase ressonância (em que a frequência  $\omega$  do campo de radiação é muito próxima da frequência da transição  $\omega_0$  entre dois níveis considerados) por um «detuning» (assintonia)  $\Omega = \omega - \omega_0$ .

Estes efeitos também podem ser aplicados como método de separação de isótopos assim como um processo para «limpar» o feixe atómico.

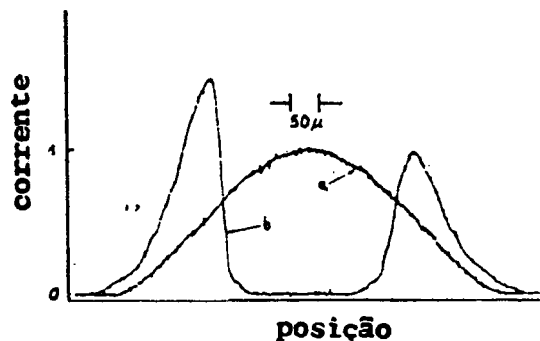


Fig. 5 — Intensidade do feixe atómico: (a) — sem luz, (b) — 160 mW (ref. 15).

mico, focando selectivamente as espécies pretendidas enquanto que as não desejadas são sujeitas a uma desfocagem selectiva.

### 2.3. Retardamento de feixes atómicos

A possibilidade de retardar feixes atómicos é talvez o efeito mais importante de controlo do movimento atómico pela acção da pressão de radiação. As variações na distribuição de velocidade dos átomos  $w(v)$  devem-se fundamentalmente a dois efeitos: força de pressão luminosa e difusão da velocidade. Enquanto que o primeiro desacelera o feixe e provoca uma diminuição na largura da distribuição, o segundo pelo contrário, alarga-a.

Andreev et al. (1982) [16] sugeriram uma técnica experimental de forma a analisar a deformação na distribuição da velocidade provocada pela acção da pressão de radiação. Esta técnica consiste em fazer irradiar o feixe atómico (neste caso de átomos de sódio) por dois feixes laser propagando-se na mesma direcção e sentido contrário: um laser forte, de frequência constante e quase ressonante com determinada linha de absorção, e um laser sonda, mais fraco onde a frequência é variável, cobrindo o perfil da linha de absorção considerada.

Este método permite uma observação directa da distribuição de velocidade longitudinal

dos átomos do feixe, já que os sinais fluorescentes registados (emitidos pelos átomos excitados pela sonda) são proporcionais ao número de átomos com uma projecção de velocidade bem determinada, isto é, proporcional à função de distribuição de velocidade atómica  $w(v)$  (Fig. 6).

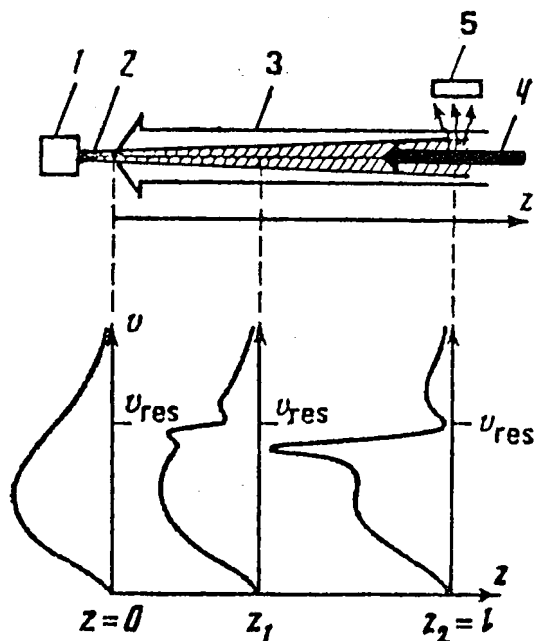


Fig. 6 —  $v_{res} = \Omega/k$ ; 1 — fonte do feixe atómico, 2 — feixe atómico, 3 — feixe laser (forte), 4 — feixe laser (sonda), 5 — detector (ref. 16).

Numa experiência deste tipo [16], foi possível obter uma deformação de cerca de 1/10 dos átomos da sua distribuição inicial, para uma interacção efectiva de apenas 20 cm. A velocidade média dos átomos sofreu uma redução de  $8 \times 10^4 \text{ cm s}^{-1}$  para  $7,1 \times 10^4 \text{ cm s}^{-1}$ . Também se observou uma redução drástica da temperatura inicial  $T_1=573 \text{ K}$  para a temperatura final  $T = 1,5 \text{ K}$ .

Em qualquer experiência de desaceleração e arrefecimento de átomos por acção da força de pressão de um feixe laser, é fundamental que se mantenha a ressonância entre o feixe e os átomos em movimento, à medida que são desacelerados [17]. Com a utilização deste método além de se atingir um acentuado arrefecimento e desaceleração, também se observa



uma drástica compressão da velocidade (Fig. 7). Apesar de permitir obter resultados bastantes bons e em pleno acordo com os estudos teó-

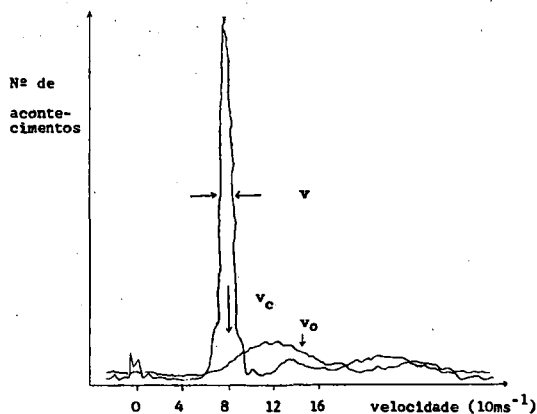


Fig. 7 — (ref. 17).

ricos, sofre da grande desvantagem de necessitar um campo magnético forte, dificultando a sua realização experimental. Assim, numa experiência de arrefecimento de átomos neutros de sódio [17], conseguiu-se uma redução de 96 % da velocidade inicial e uma temperatura final de 70 mK para uma fonte de sódio a 950 K, mas para tal foi necessário utilizar um campo magnético variável de 0,16 Tesla a 0,05 Tesla.

### 3. Conclusão

Procurou-se neste trabalho introduzir de uma forma sintética uma das aplicações da radiação laser, que consiste na acção da pressão dessa radiação sobre feixe atômicos. Esta característica permite um controlo do movimento atômico constituindo uma técnica eficaz neste domínio.

#### REFERÊNCIAS

- [1] A. ASHKIN — *Science*, **210**, 1081 (1980).
- [2] P. N. LEBEDEV — *Ann. d. Phys.*, **32**, 411 (1910).
- [3] A. EINSTEIN — *Mitt. Phys. Ges. (Zürich)*, **18**, 47 (1916); *Physicalische Zeitschrift*, **18**, 121 (1917).
- [4] G. A. ASKAR'YAN — *Sov. Phys. JETP*, **15**, 1088 (1962).
- [5] V. S. LETOKHOV — *JETP Lett.*, **7**, 272 (1968).

- [6] A. ASHKIN — *Phys. Rev. Lett.*, **24**, 156 (1970).
- [7] A. P. KAZANTSEV — *Sov. Phys. JETP*, **36**, 861 (1973).
- [8] A. P. KAZANTSEV — *Sov. Phys. JETP*, **66**, 1599 (1974) e **39**, 784 (1974).
- [9] R. SCHIER, H. WALTHER e L. WÖSTE — *Opt. Comm.*, **5**, 337 (1972).
- [10] A. F. BERNHARDT, D. E. DUERRE, J. R. SIMPSON e L. L. WOOD — *Appl. Phys. Lett.*, **25**, 617 (1974).
- [11] J. E. BJORKHOLM, R. R. FREEMAN, A. ASHKIN e D. B. PEARSON — *Phys. Rev. Lett.*, **41**, 1361 (1978).
- [12] V. S. LETOKHOV, V. G. MINOGIN e B. D. PAVLIK — *Opt. Comm.*, **19**, 72 (1976).
- [13] V. S. LETOKHOV, V. G. MINOGIN e B. D. PAVLIK — *Sov. Phys. JETP*, **45**, 698 (1978).
- [14] V. S. LETOKHOV e V. G. MINOGIN — *Appl. Phys.*, **17**, 99 (1978).
- [15] D. B. PEARSON, R. R. FREEMAN, J. E. BJORKHOLM e A. ASHKIN — *Appl. Phys. Lett.*, **36**, 99 (1980).
- [16] S. V. ANDREEV, V. I. BALYKIN, V. S. LETOKHOV e V. G. MINOGIN — *Sov. Phys. JETP*, **55**, 828 (1982).
- [17] J. V. PRODAN, W. D. PHILLIPS e H. METCALF — *Phys. Rev. Lett.*, **49**, 1149 (1982).

## LIVRARIA ESCOLAR EDITORA

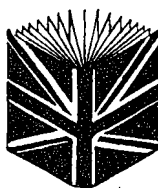


A Livraria Técnico-Científica do País  
Serviço rápido de assinaturas  
de revistas científicas

LIVRARIA — Rua da Escola Politécnica, 80-A  
Telefs. 664040 - 672561  
Telex 18570 ESCOLI P - PORTUGAL  
1200 LISBOA

Filial no Porto — Rua da Boa Hora, 43 4000 PORTO  
Telex 27247 ESCOP - P

## LIVRARIA BRITÂNICA



THE ENGLISH BOOKSHOP

Para todos os seus livros  
de inglês

Rua S. Marçal, 168-A Telef. 328472 1200 LISBOA  
Filial no Porto:  
Rua da Boa-Hora, 43 Telef. 382786 4000 PORTO

# Olimpíadas Internacionais da Física (Londres, 1986)

Em 1986 as olimpíadas tiveram lugar em Londres, na Escola de Harrow, tendo participado 102 concorrentes, de 21 países (8 da Europa de leste, 9 da Europa ocidental, EUA, Canadá, Cuba e China), agrupados em equipas ou delegações com um número de concorrentes não superior a cinco. As delegações são acompanhadas por dois professores sendo um deles o chefe da delegação e o outro o responsável pedagógico. Para além dos países participantes estiveram representados a Austrália e o Kuwait, que enviaram observadores.

A presente notícia tem por finalidade mostrar à comunidade dos docentes de Física dos ensinos secundário e universitário do nosso país os conteúdos programáticos para as olimpíadas, adoptados em 1985, por ocasião das Olimpíadas Internacionais da Física, em Portoroz, Jugoslávia, bem como as questões teóricas e práticas que foram postas aos concorrentes nas olimpíadas de 1986.

## I. Conteúdos Programáticos (\*)

### Considerações Gerais

- a) Todos os problemas devem ser resolúveis sem o uso extensivo de cálculo (diferencial ou integral) e sem requerer a utilização de números complexos ou resolução de equações diferenciais.
- b) Novos conceitos e fenómenos não contidos no programa podem ser utilizados, mas deverão ser explicados nos textos dos problemas.
- c) No caso de questões experimentais, os dispositivos experimentais sofisticados não deverão dominar a física das questões. O uso dos dispositivos deve ser cuidadosamente explicado.

### Parte Teórica

#### 1. Mecânica

- a) Fundamentos da cinemática do ponto material.
- b) Leis de Newton, referenciais de inércia.
- c) Sistemas fechados e abertos, momento linear e energia, trabalho, potência.
- d) Conservação da energia, conservação do momento linear, impulsão.
- e) Forças elásticas, forças de atrito, lei da gravitação, energia potencial e trabalho num campo gravitacional.
- f) Aceleração centrípeta, leis de Kepler.

#### 2. Mecânica dos Corpos Rígidos

- a) Estática, centro de massa, momentos de forças.
- b) Movimento do corpo rígido, translação, rotação, velocidade angular, aceleração angular, conservação do momento angular.
- c) Forças exteriores e interiores, equação do movimento de um corpo rígido em torno de um eixo fixo, momento de inércia, teorema do eixo paralelo (teorema de Steiner), energia cinética de um corpo em rotação.
- d) Referenciais acelerados forças de inércia.

#### 3. Hidromecânica

Não se porão questões especificamente neste tópico, mas os estudantes deverão conhecer os conceitos elementares de pressão, flutuação e a lei de continuidade.

#### 4. Termodinâmica e Física Molecular

- a) Energia interna, trabalho e calor, primeira e segunda leis da termodinâmica.
- b) Modelo de um gás perfeito, pressão e energia cinética molecular, número de Avogadro, equação de estado dum gás ideal, temperatura absoluta.

(\*) Fixados no ano precedente em Portoroz, Jugoslávia (Junho, 1985).

- c) Trabalho realizado por um gás em expansão limitado a processos adiabáticos e isotérmicos (a prova da equação do processo adiabático não é exigida).
- d) O ciclo de Carnot, eficiência termodinâmica, processos reversíveis e irreversíveis, entropia (abordagem estatística), factor de Boltzmann.

#### 5. *Oscilações e Ondas*

- a) Oscilações harmónicas, equação da oscilação harmónica.
- b) Ondas harmónicas, propagação de ondas, ondas transversais e longitudinais, polarização linear, efeito de Doppler clássico, ondas sonoras.
- c) Sobreposição de ondas harmónicas, ondas coerentes, interferência, batimentos, ondas estacionárias.

#### 6. *Carga Eléctrica e Campo Eléctrico*

- a) Conservação da carga, lei de Coulomb.
- b) Campo eléctrico, potencial, lei de Gauss limitada a sistemas simétricos simples como a esfera, o cilindro e a placa.
- c) Condensadores, capacidade, constante dieléctrica, densidade de energia do campo eléctrico.

#### 7. *Corrente e Campo Magnético*

- a) Corrente, resistência, resistência interna numa fonte, lei de Ohm. Leis de Kirchoff, trabalho e potência das correntes contínua e alternada, lei de Joule.
- b) Campo magnético ( $B$ ) de uma corrente, corrente num campo magnético, força de Lorentz (partícula carregada num campo magnético).
- c) Lei de Ampère, campo magnético de sistemas simétricos simples como um fio rectilíneo, um anel circular e um solenóide longo.
- d) Lei da indução electromagnética, fluxo magnético, lei de Lenz, self-indução, indutância, permeabilidade, densidade de energia do campo magnético.
- e) Corrente alternada, resistências, indutâncias e condensadores em circuitos a.c., ressonância de tensão e corrente (paralela e série).

#### 8. *Ondas Electromagnéticas*

- a) Circuito oscilatório, frequência das oscilações, geração por feedback e ressonância.
- b) Óptica ondulatória, difracção de uma ou duas fendas, rede de difracção, poder resolvente de uma rede de difracção, interferência em camadas finas, reflexão de Bragg, princípio de Fermat (apenas aplicações simples).
- c) Espectros de dispersão e de difracção, espectros de riscas dos gases.
- d) Ondas electromagnéticas como ondas transversais, polarização por reflexão, polarizadores.
- e) Podre resolvente de sistemas de tratamento de imagem (imaging systems).
- f) Corpo negro, lei de Stefan - Boltzmann.

#### 9. *Física Quântica*

- a) Efeito fotoeléctrico, energia e impulsão do fotão.
- b) Comprimento de onda de De Broglie, princípio de incerteza de Heisenberg.

#### 10. *Relatividade*

- a) Princípio de relatividade, adição de velocidades, efeito de Doppler relativista.
- b) Equação relativista do movimento, momento linear, energia, relação entre energia e massa, conservação da energia e do momento linear.

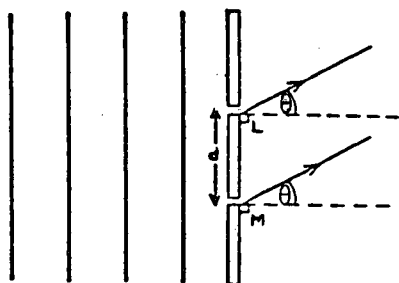
#### 11. *Matéria*

- a) Aplicações simples da equação de Bragg.
- b) Níveis de energia de átomos e moléculas (qualitativamente), emissão, absorção, espectros dos átomos hidrogenóides.
- c) Níveis de energia de núcleos (qualitativamente), desintegração alfa, beta e gama, absorção de radiação, período de semidesintegração e declínio exponencial, componentes de núcleos, defeito de massa, reacções nucleares.

## II. Questões Teóricas

As três questões que constituíam o exame teórico eram as seguintes.

1.



Uma onda plana de luz monocromática, de comprimento de onda  $\lambda$  e frequência  $f$ , incide perpendicularmente sobre um alvo com duas ranhuras idênticas L e M, separadas por uma distância  $d$ , como é indicado na figura.

A onda luminosa emergente em cada ranhura é dada, a uma distância  $x$ , numa direcção  $\theta$  e no instante  $t$ , por

$$y = a \cos[2\pi(ft - x/\lambda)]$$

onde a amplitude  $a$  é a mesma para ambas as ondas. (Admite-se que  $x$  é muito maior do que  $d$ ).

- (i) Mostre que as duas ondas observadas segundo um ângulo  $\theta$  com a normal ao plano das ranhuras, têm uma amplitude resultante  $A$  que pode ser obtida por adição de dois vectores, cada um com grandeza  $a$  e com uma direcção associada determinada pela fase da onda luminosa. Verifique geometricamente, a partir do diagrama vectorial, que

$$A = 2a \cos \beta$$

onde

$$\beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

- (ii) A dupla ranhura é substituída por uma rede de difracção com  $N$  ranhuras igualmente separadas, sendo  $d$  a distância que separa duas ranhuras adjacentes. Use o método vectorial de adição de amplitudes para mostrar

que as amplitudes dos vectores, cada um de grandeza  $a$ , formam uma parte de um polígono regular com vértices num círculo de raio  $R$  dado por

$$R = \frac{a}{2 \sin \beta}$$

Deduz que a amplitude resultante é

$$a \frac{\sin N \beta}{\sin \beta}$$

e obtenha a diferença de fase resultante relativamente à da luz proveniente da ranhura da extremidade da rede.

- (iii) Esquematize, no mesmo gráfico,  $\sin N \beta$  e  $(1/\sin \beta)$  em função de  $\beta$ . Num gráfico separado mostre como varia a intensidade da onda resultante em função de  $\beta$ .
- (iv) Determine as intensidades dos máximos de intensidade principais.
- (v) Mostre que o número de máximos principais não pode exceder

$$\left[ \frac{2d}{\lambda} + 1 \right]$$

- (vi) Mostre que dois comprimentos de onda  $\lambda$  e  $(\lambda + \Delta\lambda)$ , onde  $\Delta\lambda \ll \lambda$ , produzem máximos principais com uma separação angular dada por

$$\Delta\theta = \frac{n \Delta\lambda}{d \cos \theta} \quad \text{onde } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Calcule esta separação angular para as riscas D do sódio para as quais

$$\lambda = 589.0 \text{ nm},$$

$$(\lambda + \Delta\lambda) = 589.6 \text{ nm}, \quad n = 2$$

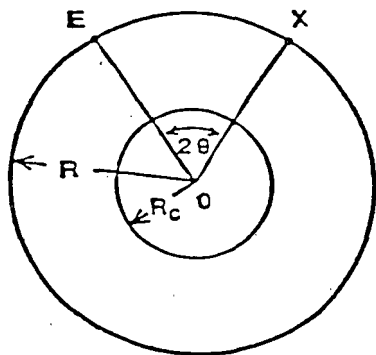
e

$$d = 1.2 \times 10^{-6} \text{ m}.$$

Recorde-se que:

$$\cos A + \cos B = 2 \cos \frac{A+B}{2} \cos \frac{A-B}{2}$$

2. No princípio deste século foi proposto um modelo da Terra em que ela era considerada esférica de raio  $R$  e constituída por uma manta sólida homogênea e isotrópica desde  $R$  até ao raio  $R_C$ . A região central interior ao raio  $R_C$  continha um líquido.



As velocidades das ondas sísmicas longitudinais e transversais, ondas  $P$  e  $S$  respectivamente, são constantes,  $V_P$  e  $V_S$ , na manta. Na região central, as ondas longitudinais têm uma velocidade constante  $V_{CP} < V_P$  e não se propagam ondas transversais.

Um abalo sísmico em  $E$ , na superfície da Terra, produz ondas sísmicas que se propagam através da Terra e são observadas por um observador à superfície, o qual pode montar o seu sismómetro em qualquer ponto  $X$  sobre a superfície da Terra. A separação angular entre  $E$  e  $X$ ,  $2\theta$ , é dada por

$$2\theta = \angle E O X$$

onde  $O$  é o centro da Terra.

- (i) Mostre que as ondas sísmicas que percorrem a manta em linha recta chegam a  $X$  num instante  $t$  (tempo de percurso após o abalo sísmico), dado por

$$t = \frac{2R \sin \theta}{V}, \text{ para } \theta \leq \arccos \left( \frac{R_C}{R} \right).$$

onde  $V = V_P$  para as ondas  $P$  e  $V = V_S$  para as ondas  $S$ .

- (ii) Para algumas posições de  $X$  tais que  $\theta > \arccos(R_C/R)$  as ondas sísmicas  $P$  chegam ao observador depois de duas refrações na interface manta—interior. Desenhe o trajecto de uma tal onda sísmica  $P$ . Obtenha a relação entre  $\theta$  e  $i$ , o ângulo de incidência da onda  $P$  na interface manta—interior, para ondas  $P$ .

- (iii) Usando os dados

$$R = 6370 \text{ km}$$

$$R_C = 3470 \text{ km}$$

$$V_P = 10.85 \text{ km s}^{-1}$$

$$V_S = 6.31 \text{ km s}^{-1}$$

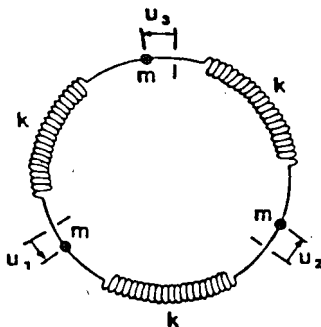
$$V_{CP} = 9.02 \text{ km s}^{-1}$$

e o resultado obtido em (ii), desenhe um gráfico de  $\theta$  em função de  $i$ . Comente as consequências físicas da forma deste gráfico para observadores colocados em diferentes pontos sobre a superfície da Terra.

Faça um esquema da variação do tempo de trânsito gasto pelas ondas  $P$  e  $S$  em função de  $\theta$  para  $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ .

- (iv) Após um abalo sísmico, um observador mede o tempo decorrido entre a chegada da onda  $S$  que se segue à onda  $P$ , que é 2 minutos e 11 segundos. Deduza a separação angular entre o centro do abalo sísmico e o observador usando os dados da alínea (iii).
- (v) O observador na medida anterior nota que algum tempo depois da chegada das ondas  $P$  e  $S$  há mais dois registos no sismómetro separados por um intervalo de tempo de 6 minutos e 37 segundos. Explique este resultado e verifique que ele está realmente associado com a separação angular determinada na alínea anterior.

3. Três partículas, cada uma de massa  $m$ , estão em equilíbrio e ligada por molas sem massa distendidas, cada uma com constante de mola  $k$ . As massas estão condicionadas a mover-se sobre uma circunferência, como é indicado na figura.



- (i) Se as massas se deslocam do equilíbrio de pequenos arcos  $u_1$ ,  $u_2$  e  $u_3$ , escreva a equação do movimento de cada massa.
- (ii) Verifique que o sistema tem soluções harmônicas simples da forma

$$u_n = a_n \cos \omega t,$$

com acelerações  $(-\omega^2 u_n)$ , onde  $a_n$  ( $n=1, 2, 3$ ) são amplitudes constantes, e  $\omega$ , a frequência angular, pode ter 3 valores possíveis

$$\omega_0 \sqrt{3}, \quad \omega_0 \sqrt{3} \text{ e } 0$$

onde  $\omega_0^2 = k/m$ .

- (iii) O sistema de molas e massas alternadas é estendido a  $N$  partículas, sendo cada massa  $m$  ligada por molas às massas vizinhas. Inicialmente as molas estão distendidas, em equilíbrio. Escreva a equação do movimento da massa  $n$  ( $n=1, 2, \dots, N$ ), em termos do seu deslocamento e dos das massas adjacentes quando as partículas são afastadas do equilíbrio.

$$u_n(t) = a_s \sin \left( \frac{2 n s \pi}{N} + \phi \right) \cos \omega_s t,$$

são soluções oscilatórias onde  $s=1, 2, \dots, N$ ,  $n=1, 2, \dots, N$  e onde  $\phi$  é uma fase arbitrária, desde que as frequências angulares sejam dadas por

$$\omega_s = 2 \omega_0 \sin (s\pi/N).$$

onde  $a_s$  ( $s=1, 2, \dots, N$ ) são amplitudes constantes independentes de  $n$ .

Determine a gama de frequências possíveis para uma cadeia contendo um número infinito de massas.

- (iv) Determine a razão  $u_n/u_{n+1}$  para  $N$  grande, nos dois casos:
- (a) soluções de baixa frequência;
- (b)  $\omega = \omega_{\max}$ , onde  $\omega_{\max}$  é a solução de frequência máxima.

Esquematize em gráficos típicos que indiquem os deslocamentos das partículas em função do número de partículas ao longo da cadeia no instante  $t$  para os casos (a) e (b).

- (v) Se uma das massas for substituída por uma massa  $m' \ll m$  estime qual a alteração *importante* que é de esperar na distribuição de frequência angular.

Descreva qualitativamente a forma do espectro de frequência que seria de prever para uma cadeia diatômica com massas alternadas  $m$  e  $m'$ , tomando como base o resultado anterior.

Recordar:

$$\sin (A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$$

$$\sin A + \sin B = 2 \sin \left( \frac{A+B}{2} \right) \cos \left( \frac{A-B}{2} \right)$$

$$2 \sin^2 A = 1 - \cos 2A$$



### III. Parte Experimental

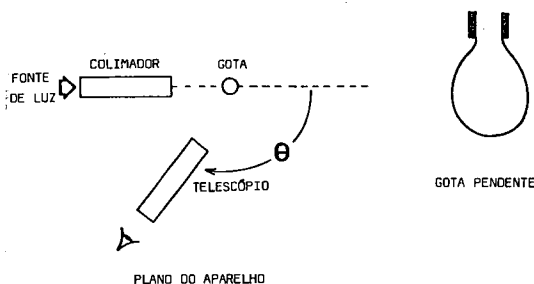
As duas experiências que constituíam o exame prático eram as seguintes.

**Experiência 1** (prova com a duração máxima de 2h30)

#### Aparelhagem

1. Espectrómetro com colimador e telescópio.
2. Três seringas: uma para água, uma para o líquido A e uma para o líquido B.
3. Um copo de água mais dois tubos contendo os líquidos A e B.
4. Três bases com haste de suporte e garras.
5. Fonte de luz branca protegida de 12 V.
6. Cartão preto, plasticina e fita adesiva preta.
7. Dois quadrados de plástico com buracos para fazer de tampas a ser colocadas nas extremidades do telescópio, com a ajuda de dois elásticos.
8. Folhas de papel milimétrico.
9. Três recipientes para receber a água e os líquidos A e B que caem das seringas.

Complete a folha de sumário além de responder às questões experimentais.



#### Instruções e Informação

1. Ajuste o colimador de modo a produzir luz paralela. Isto pode ser conseguido realizando a seguinte série de operações:

- a) foque o telescópio num objecto distante, usando o parafuso de ajuste do telescópio, de modo que o retículo e o objecto fiquem ambos em foco;
- b) posicione o telescópio de modo que fique oposto ao colimador com a fenda iluminada de maneira que a fenda pode ser vista através do telescópio;
- c) ajuste a posição da lente do colimador, usando o parafuso de ajuste do colimador, de modo

que a imagem da fenda fique focada com o retículo da ocular do telescópio;

d) fixe a mesa do espectrómetro escolhendo um «zero» apropriado na escala do nónio, de modo que se possam fazer convenientemente as medidas angulares subsequentes da posição do telescópio.

2. Retire a ocular do telescópio e coloque as tampas de plástico pretas simetricamente em ambas as extremidades do telescópio, usando elásticos, de modo que o ângulo de visão seja reduzido.
3. Abra a fenda do colimador.
4. Use as seringas para suspender, verticalmente, uma gota simetricamente sobre o centro da mesa do espectrómetro de modo que fique totalmente iluminada pela luz do colimador e possa ser vista pelo telescópio.
5. A região central horizontal da gota suspensa produzirá arco-íris em resultado de duas refrações e  $k(k=1, 2, \dots)$  reflexões internas da luz. O arco-íris de 1.<sup>a</sup> ordem corresponde a uma reflexão interna. O arco-íris de 2.<sup>a</sup> ordem corresponde a duas reflexões internas. O arco-íris de ordem  $k$  corresponde a  $k$  reflexões internas. Cada arco-íris contém todas as cores do espectro. Estas podem ser observadas directamente a olho nu e as suas posições angulares podem ser rigorosamente medidas usando o telescópio. Cada arco-íris é devido aos raios de luz branca incidente na gota para um ângulo de incidência bem determinado, o qual é diferente para cada arco-íris.
6. O arco-íris de 1.<sup>a</sup> ordem pode ser reconhecido porque tem a maior intensidade e aparece do lado direito da gota (\*). Estes dois arcos-íris estão separados de 20 um do outro para as gotas de água. O arco-íris de 5.<sup>a</sup> ordem, de fraca intensidade, pode ser observado no lado direito da gota localizado algures entre os outros dois extremos azuis dos arcos-íris de 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> ordem.
7. A luz reflectida directamente da superfície exterior da gota e a refractada duas vezes mas não internamente reflectida, produzirá manchas brancas brilhantes que impedirão as observações.
8. Os índices de refração,  $n$ , dos líquidos são:

água:  $n_w = 1.333$

líquido A:  $n_A = 1.467$

líquido B:  $n_B = 1.534$

Além do relatório experimental preencha a folha de sumário.

(\*) Esta afirmação é correcta se o colimador estiver à esquerda do telescópio, como se indica no diagrama. Se o colimador estiver à direita do telescópio o arco-íris de 1.<sup>a</sup> ordem aparecerá do lado esquerdo da gota e o arco-íris de 2.<sup>a</sup> ordem do lado direito da gota.

**Medidas**

1. Observe a olho nu os arcos-íris de 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> ordem para a água. Meça o ângulo  $\theta$  de que o telescópio tem de rodar, a partir da direcção inicial de observação da luz paralela vinda do colimador, para observar, usando uma gota de água pendente, a luz vermelha do extremo do espectro visível a partir:
  - (a) do arco-íris de 1.<sup>a</sup> ordem à direita da gota ( $k=1$ );
  - (b) do arco-íris de 2.<sup>a</sup> ordem à esquerda da gota ( $k=1$ );
  - (c) do arco-íris de 5.<sup>a</sup> ordem, fraco, ( $k=5$ ) entre os arcos-íris de 1.<sup>a</sup> e 2.<sup>a</sup> ordens.

Alguns destes ângulos podem não ser possíveis de medir pela rotação do telescópio devido a constrangimentos mecânicos limitando a gama de  $\theta$ . Se fôr este o caso, use uma régua em vez do telescópio para medir  $\theta$  (\*).

Deduz a o ângulo de desvio,  $\phi$ , que é o ângulo de que a luz incidente é desviada pelas duas refacções e  $k$  reflexões na parede interna da gota, para (a), (b) e (c). Construa um gráfico de  $\phi$  em função de  $k$ .

2. Determine  $\phi$  para os arcos-íris de 2.<sup>a</sup> ordem produzidos pelos líquidos A e B usando a luz vermelha visível do extremo do espectro visível. (Coloque os respectivos recipientes na mesa para apanhar algum líquido que caia pois as quantidades de líquido são limitadas).

Usando papel milimétrico ponha  $\cos \phi/6$  em função de  $1/n$ , sendo  $n$  o índice de refacção, para todos os 3 líquidos e insira o ponto adicional para  $n=1$ . Obtenha a *melhor* recta que passa por esses pontos; meça a sua inclinação e o valor de  $\phi$  para  $n=2$ .

**Aparelhagem**

1. Computador RML Nimbus.
2. Dez folhas de papel de gráfico.

Preencha a folha de resumo além de responder a este problema experimental.

**Informação**

O microcomputador foi programado para resolver as equações de Newton do movimento para um sistema bidimensional de 25 partículas em interacção, no plano XY. Ele é capaz de gerar as posições e velocidades de todas as partículas a intervalos de tempos discretos igualmente separados. Premindo teclas apropriadas (que serão indicadas) pode-se ter acesso a informação dinâmica sobre o sistema.

O sistema de partículas é confinado a uma caixa que inicialmente ( $t=0$ ) está dividida numa rede quadrada bidimensional. Mostra-se uma imagem do sistema no visor juntamente com os dados numéricos requeridos. Todas as partículas são idênticas; as cores servem para permitir distinguir as partículas. À medida que o sistema evolui no tempo as posições e velocidades das partículas mudam. Se uma partícula sai da caixa o programa automaticamente gera uma nova partícula que entra na caixa na face oposta com a mesma velocidade, conservando-se assim o número total de partículas na caixa.

Quaisquer duas partículas «i» e «j», separadas de uma distância  $r_{ij}$ , interactuam com um potencial bem definido  $u_{ij}$ :

É conveniente usar quantidades adimensionais na computação. As quantidades dadas a seguir são usadas nos cálculos

(\*) Coloque o recipiente apropriado na mesa do espectrómetro para captar quaisquer gotas que caiam.

<i>Quantidade</i>	<i>Símbolo</i>
Distância	$r^*$
Velocidade	$V^*$
Tempo	$t^*$
Energia	$E^*$
Massa de Partícula	$m^* = 48$
Potencial	$U_{ij}^*$
Temperatura	$T^*$
Energia Cinética	$E_k^* = 1/2 m^* v^{*2}$

### Instruções

O programa do computador permite-lhe o acesso a três conjuntos distintos de informações numéricas e visualizá-las no visor. O acesso é controlado pelas teclas de função (cinzentas) no lado esquerdo do teclado, marcadas F1, F2, F3, F4 e F10. Estas teclas devem ser premidas e largadas—não manter a tecla premida, nem a premir repetidamente. O programa pode levar até 1 segundo a responder.

#### Primeiro Conjunto de Informações (Problemas 1-5)

Premir F1 permite obter no visor as três quantidades  $\langle VX, n \rangle$ ,  $\langle VY, n \rangle$  e  $\langle U \rangle$  definidas por

$$\langle VX, n \rangle = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} (V_{ix}^*)^n,$$

$$\langle VY, n \rangle = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} (V_{iy}^*)^n$$

$$e \quad U = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^{25} U_{ij}^*$$

onde

$V_{ix}^*$  = componente x adimensional da velocidade para a partícula i,

$V_{iy}^*$  = componente y adimensional da velocidade para a partícula i

e  $n$  é um inteiro, tal que  $n \geq 1$ .

[Nota: o somatório de  $U_{ij}^*$  exclui os casos em que  $i=j$ ]

Depois de premir F1 é necessário dar o inteiro  $n$  ( $n \geq 1$ ) premindo uma das teclas brancas no topo do teclado, antes da informação aparecer no visor.

A informação é mostrada sob a forma de intervalos de tempo adimensionais  $\Delta t^*$ , a tempos adimensionais  $S \Delta t^*$  ( $S=0, 1, 2, \dots$ ).  $\Delta t^*$  é definido pelo programa como tendo o valor  $\Delta t^* = 0.100\ 000$ .

O valor de  $S$  é visível no canto inferior direito do visor. Inicialmente tem o valor  $S=0$ . A palavra «waiting» («à espera») no visor indica que o cálculo parou e a informação respeitante ao valor de  $S$  aparece.

Premindo a tecla de espaço na base do teclado, permite-se que o cálculo da evolução do sistema prossiga em intervalos de tempo  $\Delta t^*$ . O valor corrente de  $S$  fica sempre visível no visor. Enquanto o cálculo prossegue a palavra «running» aparece no visor.

Premindo a tecla F1 novamente, pára o cálculo no tempo inteiro indicado por  $S$  no visor, e aparecem os valores correntes de

$\langle VX, n \rangle$ ,

$\langle VY, n \rangle$

e  $\langle U \rangle$  depois de introduzir o inteiro  $n$ .

A evolução do sistema continua premindo a tecla de espaço.

O sistema pode, se necessário, ser posto no estado original em  $S=0$  premindo F10 duas vezes.

### Problemas Computacionais

1. Verifique que o momento linear total adimensional do sistema é conservado para os tempos dados por

$$S=0, 40, 80, 120, 160.$$

Indique a precisão do cálculo.

2. Faça o gráfico da variação da energia cinética adimensional do sistema em função do tempo usando a sequência de tempos

$$S=0, 2, 4, 6, 12, 18, 24,$$

$$30, 50, 70, 90, 130, 180.$$

3. Faça o gráfico da energia potencial adimensional do sistema em função do tempo, usando a sequência de tempos dada em 2.

4. Obtenha a energia total adimensional do sistema nos tempos indicados em 2. A energia do sistema conserva-se? Indique a precisão do cálculo da energia total.

5. O sistema não está inicialmente (para  $S=0$ ) em equilíbrio termodinâmico. Passado algum tempo o sistema atinge o equilíbrio termodinâmico, flutuando a energia cinética total adimensional em torno de um valor médio de  $E_k^*$ . Determine este valor de  $E_k^*$  e indique o tempo,  $SD$ , ao fim do qual o sistema está em equilíbrio termodinâmico.

## Segundo Conjunto de Informações (Problema 6)

Premindo a tecla F2 inicia-se o programa para a compilação do histograma do problema 6. Este programa gera uma tabela histograma dos números acumulados,  $\Delta N$ , das componentes das velocidades das partículas em função da velocidade adimensional. As componentes de velocidade adimensionais,  $V_X^*$  e  $V_Y^*$ , são referidas colectivamente por  $V_C^*$ . A gama da velocidade adimensional é dividida em intervalos iguais  $\Delta V_C^* = 0.05$ . Os centros dos intervalos de velocidade adimensionais têm grandezas

$$V_C^* = B \Delta V_C^* \quad (B=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Quando a tecla de espaço do teclado é premida, as  $2 \times 25$  componentes da velocidade adimensional são calculadas para cada salto do tempo e o programa adiciona um, para cada componente da velocidade, ao intervalo de velocidade apropriado.

Este processo prossegue, para cada salto no tempo, até que F3 é premido. Quando F3 é premido o histograma (acumulado) é visualizado. A acumulação de contagens pode continuar premindo a tecla de espaço. (Alternativamente se quiser voltar à situação inicial, com zero em todos os intervalos de velocidade, carregue em F2).

A acumulação de dados do histograma deve continuar por cerca de 200 saltos do tempo a partir do início.

No equilíbrio termodinâmico o histograma pode ser dado aproximadamente pela relação

$$\Delta N = A \exp[-24 (V_C^*)^2 / \alpha]$$

onde  $\alpha$  é uma constante associada com a temperatura do sistema e A depende do número total de componentes de velocidade acumuladas.

6. Usando os dados da velocidade adimensional acumulados durante o equilíbrio termodinâmico, desenhe um histograma que dê o número  $\Delta N$  de componentes de velocidade, em função da componente de velocidade adimensional, usando o intervalo de componente de velocidade, constante,  $\Delta V_C^* = 0.05$ , especificado na tabela disponível no segundo conjunto de informações. Devem ser usados dados acumulados de aproximadamente 200 saltos no tempo e os tempos iniciais inteiros S devem ser registados.

Verifique que  $\Delta N$  satisfaz a relação

$$\Delta N = A \exp[-24 (V_C^*)^2 / \alpha]$$

onde  $\alpha$  e A são constantes. Determine o valor de  $\alpha$ .

## Terceiro Conjunto de Informações (Problema 7)

Carrgando em F4 e a seguir na tecla de espaço em qualquer tempo durante a evolução do sistema, inicia-se o programa para o problema 7. O programa leva cerca de 30 segundos, em tempo real, até aparecer a tabela contendo as duas quantidades

$$\langle RX, 2 \rangle = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} [x_i^*(S) - x_i^*(SR)]^2$$

$$\langle RY, 2 \rangle = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} [y_i^*(S) - y_i^*(SR)]^2$$

onde  $x_i^*$  e  $y_i^*$  são as componentes da posição adimensional para a partícula i. S é a unidade de tempo inteira e SR é o tempo inteiro inicial fixado, para o qual o programa é iniciado ao premir a tecla F4. É conveniente introduzir o inteiro

$$SZ = S - SR.$$

O programa faz aparecer a tabela de  $\langle RX, 2 \rangle$  e  $\langle RY, 2 \rangle$  para  $SZ = 0, 2, 4, \dots, 24$ .

Antes de aparecer a tabela no visor, a palavra «Running» aparece indicando que o cálculo prossegue.

Premindo F4, seguido da tecla de espaço, reinicia-se uma nova tabela com o valor de SR até ao ponto em que se carregou em F4.

7. Para o sistema de partículas em equilíbrio termodinâmico calcule o valor médio de  $R^2$ ,  $\langle R^2 \rangle$ , onde R é a distância em linha recta entre a posição duma partícula num tempo inicial fixado SR e num tempo S. A diferença dos tempos inteiros  $SZ (= S - SR)$  toma os valores

$$SZ = 0, 2, 4, \dots, 24.$$

Ponha em gráfico  $\langle R^2 \rangle$  em função de SZ para qualquer valor apropriado de SR. Calcule o gradiente da função na região linear e especifique a gama de tempos para os quais este gradiente é válido.

Para melhorar a precisão do gráfico repita os cálculos precedentes para mais três valores diferentes de SR e determine a média  $\langle R^2 \rangle$  para os quatro conjuntos de resultados, juntamente com o gradiente linear e a gama de valores do tempo.

Deduzo, com raciocínio apropriado, o estado de equilíbrio termodinâmico do sistema, ou sólido ou líquido.

Estas Olimpíadas da Física, à semelhança de outras competições análogas, acabam por ter, talvez inevitavelmente, um carácter de excessiva competitividade que se traduz por algumas facetas contrárias a um espírito de sã aprendizagem e formação humana equilibrada. Independentemente de possível participação portuguesa numas próximas olimpíadas internacionais e das questões que a formação e preparação dum delegação nacional levantem, parece que antes do mais há que *reflectir* bem no nível do nosso ensino de Física e na implantação

dum ensino de qualidade em todo o país. *Reflectir* ... e *agir* em conformidade. É fundamental que eventuais resultados de bom nível, em competições internacionais, sejam a tradução dum qualidade média elevada. Isto deve ser assim na Física e na Ciência, como no Desporto ou na Arte.

Em próximo número da Gazeta serão apresentadas as soluções das questões aqui deixadas.

Manuel F. Thomaz

Departamento de Física, Universidade de Aveiro

## Divulgação da Física Moderna — Uma Bibliografia em Português

### II — Astrofísica e Cosmologia, Física dos Fenómenos Irreversíveis (\*)

CARLOS FIOLHAIS

Departamento de Física da Universidade de Coimbra

#### Livros sobre Astrofísica e Cosmologia (1976-86)

ATKINS, P. W. — *A Criação*, Presença, Lisboa (1985), tradução de A. T. R. Sousa e J. J. Moura Ramos; original norte-americano *The Creation*, Freeman, 1981; 128 pp.

O autor, professor de Química-Física na Universidade de Oxford, defende nesta obra a tese de que o Universo não necessita de uma entidade divina para explicar a sua existência. O «Big Bang» tratar-se-ia, na sua opinião, de um «lançamento livre». Esta especulação ultrapassa obviamente o domínio da física. Parece ainda ser demasiado arrogante a frase do prefácio: «...a ciência... parece estar à beira de explicar tudo» (p. 9). A apresentação gráfica do livro é original, com uma página de texto e outra de comentários e referências. A tradução não se revela muito agradável de ler, uma vez que não prima pela fluência.

DAVIES, P.—*Deus e a Nova Física*, Edições 70, Lisboa (1986), tradução de V. Ribeiro; original inglês *God and the New Physics*, Dent, Londres, 1983 (existe uma edição da Penguin); 269 pp.

P. Davies, professor de Física Teórica na Universidade de Newcastle, Inglaterra, é um dos autores mais prolixos da actual divulgação científica, tendo

publicado dezenas de obras. A sua escrita é geralmente rigorosa, pelo menos no que diz respeito aos conceitos físicos. Nesta obra embrenha-se nos meandros das ligações de física moderna com a teologia, ou melhor, com as várias teologias. O resultado, embora talvez sedutor para um certo público, tem sido bastante criticado. Com efeito, se é verdade que o autor é um conhecedor profundo da física moderna, o mesmo não se pode dizer a respeito da religião. Algumas afirmações do seu livro foram por isso vivamente contestadas por vários físicos e devem ser encaradas como especulações mais ou menos livres. Nomeadamente a seguinte frase do prefácio é um bom exemplo: «na minha opinião, a ciência oferece um caminho mais certo para Deus do que a religião» (p. 10). A tradução é deficiente, por vezes muito deficiente (compare-se por exemplo o último parágrafo da p. 165, da edição portuguesa, com o respectivo original inglês, ou veja-se se não é engraçada a expressão spin «engraçado», da p. 171). É óbvia a falta de revisão por um especialista que domine os conceitos e a terminologia científica (na tabela da p. 166, escreve-se por exemplo «electrão-neutrino», em vez de «neutrino electrónico»).

*Enciclopédia Einaudi, vol. 9, Matéria-Universo*, Imprensa Nacional—Casa da Moeda, Lisboa (1986), tradução do original italiano da Enciclopédia Einaudi, dirigida por R. Romano,

(\*) Vide parte I, Gaz. Fís., 10, 65 (1987).

sendo Fernando Gil o coordenador responsável pela tradução portuguesa; 485 pp.

Este volume de uma Enciclopédia, que se pretende diferente, em particular pelo seu projecto de interdisciplinaridade, inclui artigos de L. Gratton («Universo», «Matéria» e «Gravitação»), de A. Anile («Espaço-tempo») e de G. Cavallo e A. Messina («Cosmologias» e «Astronomia»), entre outros. Esses artigos pretendem fazer o ponto dos conhecimentos sobre os temas enunciados, conseguindo-o em muitos aspectos. O artigo sobre a «Matéria», por exemplo, resume com bastante eficácia a evolução das ideias sobre a constituição da matéria, só sendo de estranhar a ausência de referências recentes. A tradução não é perfeita, sob o ponto de vista da terminologia técnica, mas este facto é desculpável, se se atender à ausência de léxicos em português que incluam os termos científicos mais recentes. Por exemplo, os físicos falam de «teorias de invariância de padrão» e não «de calibre».

HOYLE, F. — *O Universo Inteligente. Uma nova perspectiva da criação e da evolução*, Presença, Lisboa (1984), tradução de C. Jardim e E. Nogueira, com revisão científica de J. Moura Ramos; original inglês *The Intelligent Universe*, Dorling Kindersley, Londres, 1983; 256 pp.

F. Hoyle, conhecido escritor de ficção científica («A Nuvem Negra», por exemplo) e astrofísico heterodoxo (é coautor da teoria da criação contínua, caída em desgraça depois da descoberta da radiação cósmica de fundo) apresenta nesta obra de excelente apresentação gráfica as suas ideias, nem sempre conformes com a opinião prevalectente na comunidade científica, sobre a evolução do universo, nas suas múltiplas facetas (físicas, químicas, geológicas, biológicas). Boa tradução.

JASTROW, R. — *A Arquitectura do Universo (dos Astros, da Vida, dos Homens)*, Edições 70, Lisboa (1977), tradução de V. Ferreira e M. Cabrita, revisão científica de J. Branco; original inglês *Red Giants and White Dwarfs*, Harper & Row, 1967, 2.<sup>a</sup> ed. 1971; 195 pp.

R. Jastrow, cientista multifacetado, antigo colaborador da NASA, é hoje, como presidente da Fundação Marschall, um dos defensores do projecto da «Guerra das Estrelas». Este livro teve origem numa série de televisão norte-americana de 1964. De então para cá a nossa visão da «arquitectura do universo» evoluiu muito, ou pelo menos consolidaram-se algumas ideias então apenas embrionárias. O livro tem o mérito de fornecer um retrato-síntese

do universo visto nos anos sessenta, integrando dados da cosmologia, da astronomia, da geologia e da biologia. O revisor científico, J. Branco, geofísico e investigador do Centro de Cálculo Científico da F. C. Gulbenkian, tem sido um dos maiores impulsionadores da boa literatura de divulgação científica entre nós.

MAIA, H. e RAMOS, J. J. (eds.) — *A Evolução Cósmica e a Origem da Vida*, Almedina, Coimbra (1985); 277 pp.

Colectânea de textos de um Encontro realizado em Braga, em Julho de 1983, sobre as origens da vida. Entre os autores portugueses, destacam-se os textos de Dias de Deus (Cap. II) e de Mariano Gago (Cap. III), este último actual presidente da JNICT. Entre os estrangeiros, deve ser realçado o nome de C. Ponnampuram, autor de estudos químicos sobre a origem da vida. O livro é de especial interesse para os biólogos que pretendam saber mais sobre as relações da sua disciplina com a química e física. Ver também sobre este assunto o número 1 da série «Química e Sociedade», edição da Sociedade Portuguesa de Química.

REEVES, H. — *Um pouco mais de azul. A evolução Cósmica*, Gradiva (1983), tradução de A. S. Branco, com revisão de J. Branco; original francês *Patient dans l'Azur*, Seuil, Paris, 1981; 257 pp.

Uma obra-prima da divulgação científica, que mostra como a ciência pode ser atraente, sem perder o seu rigor. Reeves, astrofísico de origem canadiana que trabalha em França no CNRS, é um «poeta» do universo. Sabe escutar os seus «sons» e reparar nas suas «cores» como poucos. Este é um livro destinado a despertar vocações. O título em português, retirado de um poema de M. de Sá Carneiro é bastante feliz. A edição americana, publicada pelo MIT, optou por traduzir o título original, baseado num poema de P. Valery, por «Atoms of Silence». Não resistimos a deixar uma citação de Reeves: «Qual é o futuro desta evolução?... Nunca o saberemos provavelmente... Mas estamos investidos numa missão: favorecer este desabrochamento por todos os meios possíveis, tal como uma mulher grávida cuida de si» (p. 151).

REEVES, H. — *A hora do deslumbramento. Terá o Universo um sentido?*, Gradiva, Lisboa (1986), tradução de J. Branco; original francês *L'heure de s'enivrer*, Seuil (1986); 243 pp.

No Natal de 1986 surgiu nas livrarias esta tradução da mais recente obra de Reeves. O tempo decorrido entre original e tradução foi, ao contrário do que é costume, desta vez muito reduzido. O autor



continua na esteira de «Um pouco mais de azul», invocando desta vez Baudelaire, a propósito do «deslumbramento» pelo cosmos. Na contracapa, transcreve-se aquela que é talvez a frase-chave do livro: «Sinto-me muito mais um historiador do cosmos do que um cientista que observa uma realidade fixa». Um livro a recomendar tanto aos interessados das ciências humanas como das ciências exactas. A dicotomia entre as duas hoje já não faz sentido.

SAGAN, C. — *Cosmos*, Gradiva, Lisboa (1984), tradução de M. A. Barros, I. P. Santos, A. G. Dinis, G. N. Valente, F. Agarez, M. Alves, J. F. Tavares, M. S. Roque e A. Costa, com revisão de J. Branco; original norte-americano *Cosmos*, 1980; 411 pp.

Um «best-seller» que constituiu o guião para a popular série televisiva com o mesmo nome. Não há dúvida que Sagan, astrofísico da Universidade de Cornell, Nova Iorque, e colaborador da NASA, tem uma aptidão natural para transmitir ciência através dos órgãos de comunicação de massa. Em «Cosmos», tal como noutros seus livros («Os Dragões do Éden», «O Cometa», para só falar de alguns publicados no nosso país), nota-se a sedução da sua escrita. Lamenta-se tão só a indigência gráfica da edição portuguesa, que não mostra a profusão de imagens das edições em língua inglesa e espanhola, por exemplo. De resto, um dos principais méritos de Sagan reside na variada iconografia, que não chegou até nós. Quanto à tradução, fica-se sem se saber quem é o responsável por o quê.

SAGAN, C. e CHKLOVSKII, I. S. — *A vida inteligente no Universo*, Europa-América, Mem Martins, 2.<sup>a</sup> ed. (1985), tradução de F. O. Faia; original norte-americano *Intelligent life in the Universe*, Holden-Day (1966); 577 pp.

O conhecidíssimo Sagan, de colaboração desta vez com um astrofísico soviético, explora com a sua habitual capacidade o tema, de grande impacto para o público comum, da existência de inteligência extra-terrestre no universo. Trata-se de uma obra de referência neste domínio. É curioso referir que os dois autores não se encontraram para redigir o livro, tendo Sagan aproveitado o texto do seu colega soviético como base para inserir comentários da sua lavra, devidamente sinalizados de resto (assim, em boa verdade, a ordem dos autores devia vir invertida!). O diálogo resultante afigura-se-nos bastante original. Note-se que Sagan não se deve ter sentido muito à vontade para abordar o problema do contacto com extra-terrestres numa perspectiva exclusivamente científica, tendo preferido enveredar pela ficção («Contacto», Gradiva, 1986).

## Livros sobre Fenómenos Irreversíveis

MONOD, J. — *O Acaso e a Necessidade. Ensaio sobre a filosofia natural da ciência moderna*, Europa-América, Mem Martins, 2.<sup>a</sup> ed. (1982), tradução e A. Sampaio; original francês *Le Hasard et la Nécessité*, Seuil, Paris, 1970; 174 pp.

Um ensaio notável de um biólogo eminente, prémio Nobel da Medicina em 1965 (conjuntamente com F. Jacob e A. Lwoff) e ex-director do Instituto Pasteur, sobre os mecanismos da vida. Não se trata propriamente de um livro de física, mas a vida é afinal o mais relevante de todos os fenómenos que constituem o objecto da termodinâmica do não-equilíbrio. O título do livro, que se tornou uma expressão clássica em qualquer discussão sobre a origem da vida, provém de Demócrito: «Tudo o que existe no universo é fruto do acaso e da necessidade».

PRIGOGINE, I. e STENGERS, I. — *A Nova Aliança. Metamorfose da Ciência*, Gradiva, Lisboa (1987), tradução brasileira de M. Faria e M. J. M. Trincheira, revista por J. P. Mendes e J. Branco; original francês *La nouvelle alliance. Métamorphose de la Science*, Gallimard, 1979, 2.<sup>a</sup> edição em 1986; existe uma tradução em inglês com bastantes modificações e actualizações, especialmente nos capítulos VII a IX, e com um prefácio de A. Toffler, *Order out of Chaos, Man's New Dialogue with Nature*, Bantam Books, 1984; 445 pp.

I. Prigogine, prémio Nobel da Química em 1977, é quase desconhecido dos leitores portugueses (ver no entanto uma sua entrevista, publicada em «O amanhã da vida», de M. Salomon, Bertrand, 1982). Como um dos contribuidores mais relevantes para o avanço do conhecimento dos fenómenos irreversíveis e ao mesmo tempo um dos filósofos da ciência mais originais, este autor bem merece uma ampla divulgação entre nós. Em «A Nova Aliança» é destacado o facto de a física contemporânea estar a chegar a uma nova perspectiva do tempo, perspectiva essa que pode contribuir para a aproximação das «duas culturas» de que fala C. P. Snow, a científica e a literária. Deve notar-se que algumas das conclusões apresentadas não reúnem ainda um consenso generalizado dos especialistas da termodinâmica, pelo que não será de todo inesperado o aparecimento de novas sínteses. A tradução brasileira (?!), pese embora o número de revisores, é passível de numerosas objecções. Dos brasileirismos, um curioso é o de «intercurso» por «intercourse», em inglês no original. Quanto à termi-

nologia técnica, devia estar, por exemplo, na p. 286 «ensembles de Gibbs» em vez de «conjuntos de Gibbs», uma vez que o termo «ensemble», na acepção da mecânica estatística, faz parte do vocabulário internacional (em inglês e em alemão diz-se e escreve-se «ensemble»). Finalmente, quanto às gralhas, uma que se repete é a substituição da função distribuição  $\rho$  por  $p$ . Deve ainda ser assinalada a falta de um índice por assuntos.

THOM, R. — *Parábolas e Catástrofes. Entrevista sobre Matemática, Ciência e Filosofia conduzida por G. Giorello e S. Morini*, Dom Quixote, Lisboa (1985), tradução de M. Brito, com revisão de J. H. Perez; original italiano *Parabole e Catastrofi*, Il Saggiatore, Milão, 1980; 205 pp.

O autor da teoria das catástrofes, teoria que nos anos 70 levantou muita polémica nos meios científicos e filosóficos, pronuncia-se nesta entrevista não só sobre a sua obra, mas também sobre várias questões epistemológicas. Em particular, é abordado o velho problema da interpretação da segunda lei da termodinâmica. A tradução é bastante deficiente (traduz-se, por exemplo, «vitelo» do ovo, por «novilho», sic, p. 168). Uma revisão portuguesa, da autoria de J. Tiago de Oliveira, encontra-se no n.º 2 (Dez. 1985) da revista «Filosofia», publicada pela Sociedade Portuguesa de Filosofia.

### Livros não editados em Portugal (\*)

BARROW, J. & SILK, J. — *The Left Hand of Creation. The Origin and Evolution of the Expanding Universe*, Basic Books (1983); existe uma edição inglesa em formato de bolso, (Unwin, 1985).

Um astrofísico inglês e outro norte-americano apresentam neste livro um dos relatos mais actualizados da história do cosmos. Silk é o autor dum importante livro editado pela Freeman em 1980: «Big Bang».

BRIGGS, J. P. & PEAT, F. D. — *Looking Glass Universe. The emerging science of wholeness*, Simon & Schuster (1984); edição de bolso, Fontana (1985).

Um poeta e um físico reúnem-se para tentar sistematizar um paradigma novo, comum à física, matemática, química, biologia e neurofisiologia.

CLOSE, F. — *The Cosmic Onion: Quarks and the Structure of the Universe*, Heinemann (1983).

O universo é semelhante a um jogo de bonecas russas que encaixam umas nas outras, ou, na expressão de Close, é semelhante a uma cebola, formada por diversas camadas.

R. COLLONGUES e outros, interrogados por E. NOEL — *La matière aujourd'hui*, Ed. du Seuil, Points — Sciences (1981).

Uma série de entrevistas (d'Espagnat e Reeves estão entre os entrevistados) sobre a visão actual da matéria, integrada numa importante colecção francesa de divulgação científica em formato de bolso. A Grádiva anunciou em 1983 a publicação deste livro.

DAVIES, P. — *The Accidental Universe*, CUP (1982); existe uma edição de bolso espanhola, de preço bastante acessível.

Aquele que é talvez o maior divulgador científico na Grã-Bretanha fala-nos aqui das admiráveis coincidências cósmicas.

DAVIES, P. — *Superforce. The Search for a Grand Unified Theory of Matter*, Simon & Schuster (1984); edição de bolso, Unwin (1985).

Discussão das várias forças da natureza e da possibilidade da sua unificação numa superforça única.

EIGEN, M. & WINKLER, R. — *Das Spiel. Naturgesetze steuern den Zufall*, Piper (1975); existe uma tradução inglesa, editada pela Penguin (1983).

M. Eigen, químico alemão da Universidade de Goettingen, foi prémio Nobel da Química em 1967, pelas suas descobertas no domínio da cinética de reacções químicas rápidas. Este ensaio intitulado «O Jogo. As leis naturais que regulam o acaso» está escrito em linguagem bastante sugestiva, complementada por numerosas ilustrações, de modo a possibilitar ao público comum uma abordagem dessa entidade misteriosa a que chamamos acaso.

ESPAGNAT, B. d' — *In Search of Reality*, Springer (1983); original francês *À la recherche du réel. La vision d'un physicien*, Bordas (1981); existe uma edição espanhola, da Alianza Editorial (1983) de preço acessível.

B. Espagnat, um dos ensaístas mais consagrados sobre o significado da Mecânica Quântica, evita

(\*) Selecção de livros estrangeiros de divulgação da Física Moderna ainda não editados em Portugal.

neste livro o mais possível o uso da linguagem matemática.

FRITZSCH, H. — *Quarks. Urstoff unserer Welt*, Piper (1981); existe uma tradução inglesa, editada pela Penguin, e uma tradução espanhola, da Alianza Editorial.

H. Fritzsich, professor da Universidade de Munique, conseguiu um êxito assinalável com este título: «Quarks. Matéria-Prima do nosso Mundo», que bem merecia a atenção de algum editor português.

FRITZSCH, H. — *Vom Urknall zum Zerfall. Die Welt zwischen Anfang und Ende*, Piper (1983).

Na continuação do sucesso anterior, o autor aborda aqui as relações entre a física de partículas e a história do universo, desde a «explosão inicial até à destruição final».

HAKEN, H. — *Erfolgsgeheimnisse der Natur, Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken*, DVA (1981); existe uma edição de bolso alemã, Ullstein (1984).

H. Haken, da Universidade de Stuttgart, na R.F.A., esteve recentemente em Portugal a convite da Sociedade Portuguesa de Física para proferir algumas conferências sobre a «sinérgica», palavra que ele próprio introduziu em física para designar o comportamento cooperativo de sistemas complexos (estudo esse que, embora noutra perspectiva, é também prosseguido por Prigogine e colaboradores). Seria interessante uma edição portuguesa deste «Segredos do Êxito da Natureza».

KIPPENHAHN, R. — *100 Billion Suns. The Birth, Life and Death of the Stars*, Unwinn (1985); original alemão «Hundert Milliarden Sonnen. Geburt, Leben un Tod der Stern», Piper (1980).

A física das estrelas ao alcance de todos. As estrelas também nascem, vivem e morrem.

PAGELS, H. — *Perfect Symmetry*, Simon & Schuster (1985).

Este livro segue-se ao «Código Cósmico», já editado entre nós, e trata pormenorizadamente o papel das simetrias para a compreensão do universo.

PRIGOGINE, I. — *From being to becoming. Time and complexity in the physical sciences*, Freeman (1979).

Para quem queira aprofundar as teses de Prigogine expostas em «A Nova Aliança», trata-se do livro indicado. Não é de leitura fácil para o leigo, até porque apresenta, em maior escala que os livros de divulgação usuais, algumas equações, mas é, de certeza, para aqueles que não temerem essas dificuldades, uma leitura proveitosa. De Prigogine, aguarda-se ainda a publicação em português dos seus artigos para a Enciclopédia Einaudi.

WEINBERG, S. — *The First Three Minutes*, A. Deutsch (1977); existem numerosas edições de bolso: entre elas, Bantam Books (1977), Basic Books (1977), Fontana (1978).

Embora haja uma tradução em língua portuguesa, editada no Brasil, julgamos que é tempo de ser publicado em Portugal este «best-seller» da nova astrofísica. Weinberg foi Prémio Nobel da Física em 1980, pelos seus trabalhos no quadro da teoria da unificação das forças electromagnéticas e fracas. A conclusão do livro é que «o esforço para compreender o universo é uma das muito poucas coisas que eleva a vida humana um pouco acima do nível da farsa e lhe dá um toque de tragédia».

WEINBERG, S. — *The Discovery of Subatomic Particles*, Freeman (1984); existe uma edição em espanhol.

Uma visão pessoal, magnificamente ilustrada, da descoberta das partículas subatómicas.

#### Nota do Autor

*Apraz-me registar que, embora com algum atraso em relação ao previsto, saiu finalmente o livro de F. Close, «A Cebola Cósmica», Edições 70, Lisboa, 1987.*

*Em 1988 será editado pela Gradiva «O Jogo», de M. Eigen e R. Winkler. Outras obras aqui sugeridas encontram-se nos planos dessa editora.*

*Já depois do artigo estar redigido, saíram novos livros de divulgação científica, os quais se acaso dispusermos de «tempo e espaço», iremos recensar um dia. Deixamos por agora apenas alguns títulos:*

1 — A. Asimov, «O Universo da Ciência», 4 volumes, Presença 1987.

2 — M. Barbieri, «Teoria Semântica da Evolução», Fragmentos 1987.

3 — P. Davies «Outros Mundos», Edições 70, 1987.

4 — J. Rifkin, «Entropia. Uma nova visão do Mundo», Universidade do Algarve, 1987.

5 — C. Sagan, «As Ligações Cósmicas», Bertrand 1987.

6 — C. Sagan, «O Cérebro de Broca», Gradiva 1987.

7 — R. Shapiro, «Origens», Gradiva 1987.

8 — B. Toben e F. Wolf, «Espaço—Tempo e Mais Além», Via Óptima, 1986.

# Olimpíadas da SPF — 1987

## Provas do 11.º ano (\*)

(Teórico-Experimental)

### Delegação de Lisboa

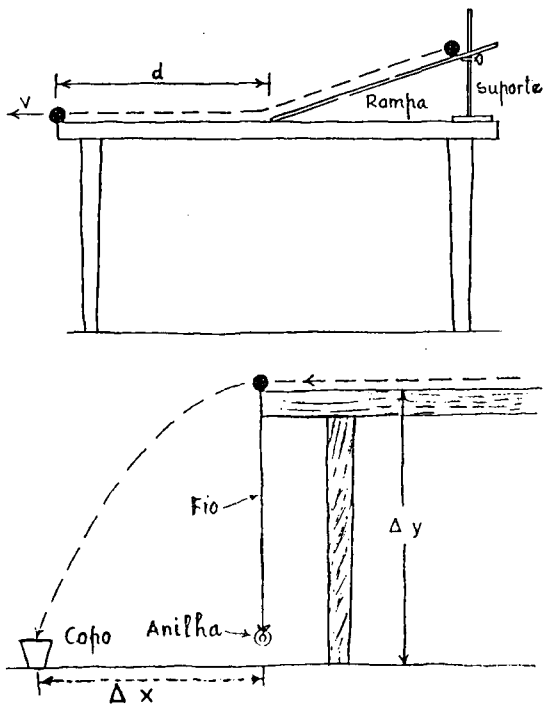
#### Actividade 1 (90 min.)

A — Nesta experiência irão prever o ponto de embate no chão de uma esfera lançada horizontalmente do cimo de uma mesa a uma velocidade qualquer.

B — Verifiquem se têm ao vosso dispor o seguinte material: Calha, Cronómetro, Fita métrica, Copo de plástico, Fio de prumo e Esfera de aço.

C — Utilizando o material que se encontra sobre a vossa mesa de trabalho, pode-se prever o ponto de embate no chão de uma esfera que é lançada horizontalmente do cimo de uma mesa.

D — Façam a vossa montagem seguindo cuidadosamente o esquema:



E — Registem todos os dados necessários à resolução dos problemas.

F — 1. Determinem a velocidade com que a esfera atinge a extremidade da mesa.

2. Prevejam a distância ( $\Delta x$ ) a que a esfera cai da mesa.

Indiquem todos os cálculos que tiverem de efectuar.

3. Colocando um copo no ponto previsto para o embate soltem a esfera, deixem-na deslizar sobre a mesa e «voar» até cair — esperemos! — no copo.

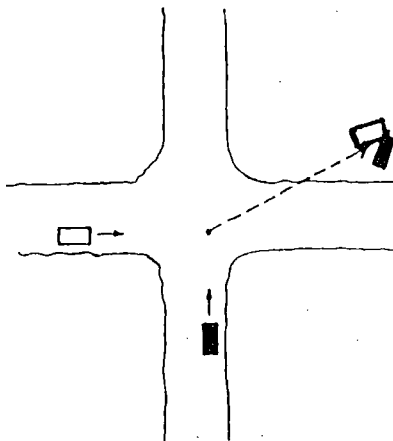
Comentem os vossos resultados.

4. Suponhamos que realizavam esta experiência na Lua onde a aceleração da gravidade é cerca de  $1/6$  da existente na Terra. Prevejam a que distância cairia a esfera.

#### Actividade 2 (75 min.)

1 — Um relatório de polícia descreve um acidente em que dois veículos idênticos colidiram (inelasticamente) num cruzamento, em que as estradas se encontravam cobertas de gelo. Os veículos deslizaram e pararam num campo, como se mostra no desenho esquemático.

Suponham que as massas dos veículos são aproximadamente iguais.



a) Que se pode afirmar, em termos de comparação, sobre as velocidades (em módulo) dos dois veículos antes da colisão?

(\*) As provas do 9.º ano foram publicadas no número anterior, Gaz. Física, Vol. 10, Fasc. 3, págs. 113 a 115 (1987).

b). De que dados necessitaria para calcular as velocidades reais dos veículos?

c). Que hipóteses simplificadoras admitiu ao responder a b)?

2 — *Um homem que construiu o seu próprio barco quer equipá-lo com luzes de presença e com uma luz interior, usando um fio de ligação com uma resistência de 1/6 ohm. No entanto, ficou indeciso sem saber se devia usar um sistema de 6 volt ou de 12 volt para ter menos perdas de calor nos fios de ligação.*

a) Perante esta situação, qual seria a vossa decisão? Justifiquem.

b) Supondo que o homem tinha optado pelo sistema de 6 volt, com uma perda energética por unidade de tempo de 6 watt, que intensidade de corrente é precisa na lâmpada interior se a sua resistência interna for de 6 ohm?

c). Se a intensidade de corrente determinada em b) fosse a intensidade de corrente real, que perda de potência haveria nos fios de ligação?

d) Devido à resistência dos fios de ligação, a lâmpada descrita não pode funcionar na prática em plena capacidade. Refaça os cálculos das alíneas b) e c) para determinar quais seriam as correntes reais, perdas de potência e consumo energético por unidade de tempo na referida lâmpada.

## Delegação do Porto

Parte I (80 min.)

1 — *Pretende-se determinar as grandezas características de uma fonte de alimentação.*

1.1 — Planeamento experimental.

1.1.1 — Material: amperímetro, voltímetro, reóstato, fonte de alimentação, fios de ligação, crocodilos, interruptor e papel milimétrico.

1.1.2 — Procedimento experimental.

a) Com o material acima referido monta um circuito que permita atingir o objectivo.

b) Determina, experimentalmente, pares de valores  $V$  e  $I$  para as diferentes posições do reóstato.

1.2 — Determina as grandezas pretendidas por:

- via analítica;

- via gráfica.

1.3 — Elabora um relatório pormenorizado.

Parte II (90 min.)

*Conta-se que, estando um dia a rezar na catedral de Pisa, Galileu foi sensibilizado pelo tique-taque da corrente de uma candeia suspensa que o sacristão acabara de encher de óleo. O ritmo da oscilação da lâmpada intrigou-o!*

*Parecia-lhe que esse ritmo era regular e que o pêndulo assim constituído gastava exactamente o mesmo tempo em cada uma das oscilações, embora o afastamento em relação à perpendicular diminuísse progressivamente. Dirigiu-se para casa a fim de averiguar se fora vítima de uma ilusão ou se descobrira uma regularidade da Natureza. Chegando a casa, procurou 2 fios do mesmo comprimento e atou-lhes 2 pedaços de chumbo. Pediu ao avô:*

*— Quando eu puser os pêndulos a oscilar, queria que o avô contasse os movimentos de um dos fios, enquanto eu conto os do outro.*

*Galileu afastou um deles até uma distância de 2 mãos da perpendicular e outro até uma distância de 4 mãos. Largou-os ao mesmo tempo. O número de oscilações era o mesmo!*

*E, assim, Galileu descobriu a «Lei do isocronismo das pequenas oscilações».*

*(Texto adaptado de «Vida e Obra de Grandes Cientistas»)*

*O período do movimento pendular varia com o comprimento do pêndulo de acordo com a relação:*

$$T_{\text{(Terra)}} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$g$  = aceleração da gravidade

$l$  = comprimento do pêndulo

2.1 — a) Executa os ensaios necessários para verificar a lei do isocronismo das pequenas oscilações.

b) Indica as condições experimentais e regista todos os dados recolhidos.

2.2 — Supõe que determinado pêndulo era posto a oscilar num planeta cuja massa é 2,4 vezes a massa da Terra.

Faz uma previsão sobre a modificação do período do movimento do pêndulo.

Fundamenta convenientemente a tua previsão.

2.3 — Planeia uma experiência que permita verificar a variação do período com o comprimento:

2.3.1 — Executa o teu planeamento.

2.3.2 — Elabora um relatório completo, que inclua crítica aos resultados obtidos.

## Delegação de Coimbra

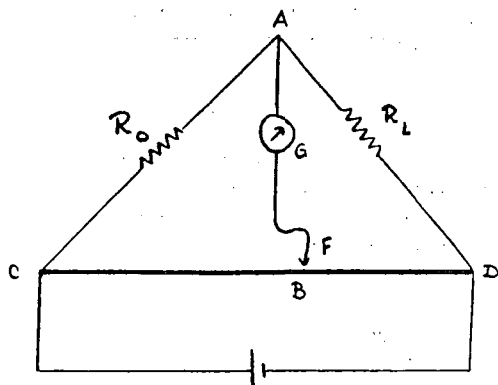
### 1.ª Parte

*Tens, sobre a mesa de trabalho, uma lanterna de bolso, e uma pilha de 4,5V, que poderás levar no fim desta prova, para que não esqueças a tua participação nestas Olimpíadas de Física de 1987.*

*Tens ideia de qual será a resistência da pequena lâmpada incorporada na lanterna?*

*Porque não experimentas, então, medi-la?*

*Sugerimos-te, na Fig. 1, o circuito eléctrico que deves construir para conhecer a resistência,  $R_L$ , da lâmpada.*



$R_0$  é uma resistência de 3,3  $\Omega$ .

CD é um fio metálico (condutor) cujo comprimento podes medir na régua.

Em G, vais usar um multímetro que está preparado para funcionar como galvanómetro, isto é, para indicar, através de uma simples leitura, se passa ou não corrente no ramo do circuito em que está intercalado.

$R_1$  e  $R_2$  são resistências totais do fio metálico entre C e B e entre B e D, respectivamente.

*Nota importante:* Não feches o circuito sem pedir a um dos Professores que se encontram na sala que verifique as ligações que tu e a tua equipa fizeram.

### I

Antes de fazer qualquer medição, procura responder às perguntas que se seguem. Elas foram elaboradas com o objectivo de te sugerir o caminho que podes seguir, na realização da experiência que te permitirá conhecer a resistência da lâmpada.

O circuito que construiste é uma «ponte» eléctrica. Diz-se que ela está em equilíbrio quando, entre os pontos A e B não passar corrente eléctrica.

1 — Qual será então a diferença de potencial entre A e B quando a ponte estiver em equilíbrio?

2 — Nestas condições, que relação poderás estabelecer entre as intensidades das correntes que atravessam as resistências  $R_0$ ,  $R_L$ ,  $R_1$  e  $R_2$ ?

3 — Mostra que, estando a «ponte» em equilíbrio, é  $R_L = R_0 \frac{l_2}{l_1}$  (sendo  $l_1 = CB$  e  $l_2 = BD$ ).

### II

1 — Fecha agora o circuito.

2 — Deslocando a ponta do fio de ligação F sobre o fio CD procura obter o equilíbrio da «ponte». Começa por usar no multímetro a escala de 20A e aumenta depois a sensibilidade, passando a usar as escalas menores.

3 — Lê os comprimentos de fio,  $l_1$  e  $l_2$ , para os quais obtiveste o equilíbrio da «ponte».

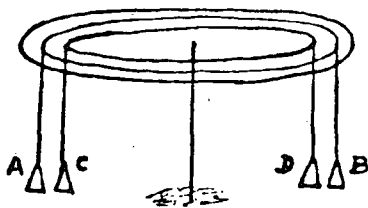
4 — Calcula, à custa dos valores medidos na experiência, e dos dados de que dispões, o valor da resistência da lâmpada da tua lanterna.



## 2.ª Parte

Não há decerto nenhum de vós que não tenha já passado por uma feira e não tenha visto um carrocel de cadeirinhas: uma placa giratória em torno de um eixo que lhe é perpendicular, e do qual se encontram suspensas perto das bordas, cadeirinhas que rodam quando a placa roda.

Imagina um desses carroceis com duas filas concêntricas de cadeiras; o esquema a seguir pretende dar a ideia de dois pares de



cadeiras suspensas em pontos diametralmente opostos, numa situação em que o carrocel está parado.

Supõe que o carrocel começou a rodar até atingir uma certa velocidade de rotação.

1 — Faz um desenho das cadeiras em determinado instante e diz, justificando:

a) Que relação existe entre as velocidades angulares dos passageiros A, B, C e D?

b) Que relação existe entre a velocidade de cada um dos passageiros e o raio de curvatura da trajectória que descrevem?

2 — Identifica as forças que actuam sobre cada passageiro, indicando «quem» ou «o quê» exerce essas forças.

3 — Qual ou quais dos fios estão sujeitos a maior tensão? Porquê?

4 — a) O passageiro D pode vir a bater em B ou no fio do qual está suspensa a cadeira B? Explica fisicamente porquê.

b) O que acontece se aumentar a velocidade de rotação do disco? Porquê?

5 — Diz, justificando, qual o trabalho realizado por cada uma das forças que actuam sobre os passageiros.

## FÍSICA 88

### 6.ª Conferência Geral da Soc. Port. de Física

Aveiro, 27 - 30 Setembro 1988

*A 6.ª Conferência Nacional de Física «Física 88», cuja organização é da responsabilidade da Delegação Regional de Coimbra da SPF, realizar-se-á na Universidade de Aveiro. Estão já constituídas as respectivas Comissões Organizadora e Consultiva.*

#### Informações:

Delegação Regional de Coimbra da SPF  
Departamento de Física, Universidade  
3000 Coimbra  
Tel. (039) 29252, 23675, 23671

## SOCIEDADE EUROPEIA DE FÍSICA

### 8.ª Conferência Geral da Matéria Condensada

Budapeste, Hungria, 6 - 9 Abril 1988

#### Datas-limite:

Resumos : 15 Dezembro 1987

Inscrições: 15 Janeiro 1988

#### Informações:

Dr. T. Ungár, Conf. Secretary  
8th Gen. Conf. Condensed Matter Physics  
Institute for General Physics  
Eötvös University, Budapest  
H — 1445, Budapest P.O.B. 323, Hungary

## TRENDS IN PHYSICS EDUCATION

### International Seminar on trends and open problems in Physics Education

Smolenice, Checoslováquia  
28 Março — 1 Abril 1988

*Realizar-se-á no castelo Smolenice (50 km de Bratislava), com capacidade para 80 participantes. O custo por participante é de 100 US \$; inclui propina de inscrição, alimentação e alojamento.*

#### Informações:

Prof. Ján Pisút  
Dep. Theoretical Physic  
Comenius University  
842 15 Bratislava — Mlynská Dolina  
Czechoslovakia

## 1. OLIMPIADAS DE FÍSICA - 88

### Regulamento

#### I — Objectivo

As Olimpíadas de Física da SPF pretendem incentivar e desenvolver o gosto pela Física nos alunos do Ensino Secundário. Como consequência dessa realização antevêm-se frutuosa contactos entre professores de Física das várias escolas secundárias.

#### II — Tipo de Provas e Etapas

1—Para os alunos do 9.º ou do 11.º ano:

1.1—Uma prova teórico-experimental *obrigatória*.

1.2—Uma prova que conste da apresentação de um trabalho, versando um tema de Física. O trabalho terá que ser original. Esta prova tem carácter *facultativo* (\*).

2—O trabalho original versando um tema de Física deverá incluir-se num dos três tipos seguintes:

a) Elaboração de programa de computador;

b) Apresentação de dispositivo experimental;

c) Outro (trabalho escrito, trabalho audiovisual, peça teatral, painel, etc.).

As provas realizam-se em 3 etapas, de acordo com o quadro:

#### III—Constituição e forma de participação das Equipas

3.1—As equipas participantes serão constituídas por três elementos.

3.2—Na etapa local cada escola participante seleccionará uma equipa do 9.º ano e uma equipa do 11.º ano (ou só uma equipa de um desses anos).

3.3—A escolha das equipas para a prova regional faz-se através de provas locais e é da inteira responsabilidade da escola secundária participante.

3.4—Concorrerão à prova regional a(s) equipa(s) seleccionada(s).

3.5—Cada equipa pode vir acompanhada de um Professor, tanto à prova regional como à nacional.

3.6—Na etapa regional cada Delegação Regional da SPF seleccionará a equipa do 9.º ano e a do 11.º ano, que tiverem prestado as melhores provas teórico-experimentais. Estas provas são planeadas e orientadas pela própria Delegação.

3.7—De entre todos os trabalhos originais de cada tipo atrás referido [a), b) e c)], apresentados por equipas do 9.º ou do 11.º ano (sem distinção), serão seleccionados os melhores.

3.8—Na etapa nacional participarão:

(i)—as equipas do 9.º ano e as do 11.º ano, seleccionadas nas provas teórico-experimentais (obrigatórias) da etapa regional;

(ii)—as equipas das diferentes Delegações, seleccionadas para cada tipo de trabalho ori-acordo com o quadro

(\*) N.R. — devendo a equipa, obviamente, concorrer à prova teórico-experimental.

Etapas	Local	Regional	Nacional
Local de Realização	Escolas Secundárias participantes	Porto Lisboa Coimbra Em escola a indicar	(a indicar oportunamente)
Data	Datas a indicar pelas Delegações	Concluída até fim de Maio	(a indicar oportunamente)
Responsabilidade da Deslocação e Estadia	Escolas Secundárias participantes	Escolas Secundárias participantes	Sociedade Portuguesa de Física
Planeamento e Orientação	Escola Secundária participante	Delegação Regional respectiva da Sociedade Portuguesa de Física	Sociedade Portuguesa de Física

3.9—Na etapa nacional, a SPF apurará:

(i)—as equipas vencedoras (9.º e 11.º ano) de entre as mencionadas em 3.8-(i), mediante a realização de provas teórico-experimentais, planeadas e orientadas pelo Conselho Directivo da SPF;

(ii)—as equipas vencedoras, de entre as indicadas em 3.8-(ii).

O apuramento correspondente a (ii) será feito *sem* deslocação das equipas participantes, salvo as que concorrem com trabalhos de *um* tipo, variável de ano para ano (\*).

#### IV — Inscrições

4.1—Até 28 de Fevereiro, cada Escola deve indicar para a respectiva Delegação Regional da SPF se tenciona concorrer com duas equipas (uma do 9.º ano, outra do 11.º ano) ou só com uma equipa (do 9.º ou do 11.º ano).

4.2—Até 30 de Abril, as Escolas Secundárias concorrentes devem informar a respectiva Delegação Regional sobre a constituição da(s) equipa(s) seleccionada(s) e a natureza dos «trabalhos originais» que tencionam apresentar.

#### V — Prémios

5.1—Todos os alunos presentes na prova regional recebem um prémio de presença.

5.2—Cada membro das equipas vencedoras da etapa regional das provas teórico-experimentais do 9.º e do 11.º anos:

a) recebe um prémio;

b) tem a possibilidade de participar na prova nacional, com deslocação e alojamento a cargo da SPF.

5.3—Cada membro das equipas vencedoras das provas facultativas (trabalho original):

a) recebe uma menção honrosa, se o nível do trabalho for considerado adequado a tal distinção;

b) tem a possibilidade de participar na prova nacional.

Esta participação não implicará, *em geral*, a deslocação das equipas (cf. 3.9 (ii)); mas, quando tenha lugar, deslocação e alojamento serão a cargo da SPF.

5.4—A SPF atribuirá prémios às Escolas das equipas que, na prova regional, recebam menção honrosa.

#### VI — Classificação das Provas

6.1—Nas etapas regional e nacional, as provas serão classificadas por júris constituídos por três ou mais professores designados pela SPF.

6.2—Em relação à apresentação de trabalhos originais, versando um tema de Física, só serão admitidos para selecção aqueles que possuam um nível que seja considerado aceitável pelo júri.

#### VII — Pontos Omissos

Qualquer questão resultante de omissões ou dúvidas de interpretação do presente regulamento será resolvida pela Organização, após consulta aos participantes, sempre que possível.

## 2. DELEGAÇÃO DE LISBOA

### 1.º Encontro Regional de Lisboa sobre o Ensino da Física

Decorre activamente a preparação deste Encontro que terá lugar nos dias 10, 11 e 12 de Fevereiro de 1988 na Aula Magna da Reitoria da Universidade de Lisboa e na Faculdade de Ciências da mesma Universidade. O Encontro estará subordinado ao tema central: «Que Ensino da Física para o Homem do Futuro?». Informações podem ser solicitadas à Comissão Organizadora do Encontro que funciona na sede da Delegação Regional de Lisboa, Sul e Ilhas da S.P.F., Av. da República, 37-4.º, 1000 Lisboa, Telef. 773251.

### Olimpíadas de Física - 87

A etapa nacional das Olimpíadas de Física - 87 terá lugar em Fevereiro de 1988 em simultâneo com o Encontro Regional referido na notícia anterior.

Estão já na fase de preparação as etapas locais e regionais das Olimpíadas de Física - 88. Informações devem ser solicitadas às Delegações Regionais da S.P.F.

(\*) Em 1988 outro (trabalho escrito, trabalho audiovisual, peça teatral, painel, etc.); em 1989 elaboração de programa de computador.

Está a decorrer na sede da Delegação um ciclo de colóquios sobre o tema em epígrafe. Os colóquios têm lugar às 18 horas dos dias indicados:

3.<sup>a</sup>-Feira, 20 de Outubro — Prof. Doutor J. J. Pedroso Lima (Fac. de Medicina da Univ. Coimbra) — «*Física de Funções Biológicas (I)*»;

3.<sup>a</sup>-Feira, 27 de Outubro — Prof. Doutor J. J. Pedroso Lima (Fac. de Medicina da Univ. Coimbra) — «*Física de Funções Biológicas (II)*»;

3.<sup>a</sup>-Feira, 3 de Novembro — Doutor A. Sousa Pereira (Dep. de Electrónica e Telecomunicações da Univ. Aveiro) — «*Tomografia de Emissão Simples*»;

3.<sup>a</sup>-Feira, 10 de Novembro — Doutor F. Godinho (Escola Naval e Instituto de Medicina Nuclear da Fac. de Medicina da Univ. Lisboa) — «*Imagens em Medicina Nuclear*»;

3.<sup>a</sup>-Feira, 17 de Novembro — Eng. Mário Seixas (Fac. de Medicina da Univ. Porto) — «*Cardiologia Nuclear*».

### 3. DELEGAÇÃO DE COIMBRA

#### Acções realizadas em Escolas

Realizaram-se, em colaboração com a Direcção-Geral do Ensino Básico e Secundário, as seguintes acções:

«Lasers e suas aplicações» (com demonstrações) — coordenada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Amália de Freitas Tavares, no dia 11 de Setembro, na Escola Secundária de Alves Martins, em Viseu. Participaram 27 professores da Região.

«Lasers e suas aplicações» (com demonstrações) — coordenada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Amália de Freitas Tavares, no dia 14 de Setembro, na Escola Secundária de Campos de Melo, na Covilhã. Participaram 16 professores da Região.

«A estrutura da matéria à luz da Mecânica Quântica» — coordenada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Helena Caldeira Martins, no dia 18 de Setembro, na Escola Secundária José Estevão, em Aveiro. Participaram 48 professores da Região.

A Delegação realizou no Departamento de Física da FCTUC o colóquio:

«Partículas Elementares — as Forças de Confinamento» — pelo Prof. Doutor Eef van Beveren, em 4 de Novembro.

### 4. DELEGAÇÃO DO PORTO

#### Comemorações do Centenário de Erwin Schrödinger

A Delegação Regional do Norte promove, nos dias 25 e 26 de Novembro, das 9h30 às 16h30 no Anfiteatro do edifício Parcauto da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, um Encontro de formação para professores do Ensino Secundário dedicado ao tema «Física Quântica». Esta actividade é desenvolvida no âmbito das Comemorações do Centenário de Erwin Schrödinger que inclui um ciclo de palestras e uma exposição, já anunciadas no número anterior da Gazeta de Física.

Este Encontro consiste numa série de 6 exposições de uma hora seguidas de períodos de meia hora destinados a debate e esclarecimentos. Entre os temas versados estarão:

- A Física Clássica e o átomo.
- Fotões.
- Ondas Materiais. Dualidade onda-corpusculo.
- Relações de incerteza. Complementaridade.
- Números Quânticos. Estrutura Atómica.
- Sólidos. Bandas de energia.

O número de inscrições é infelizmente limitado e serão aceites as primeiras a ser enviadas, com prioridade para os sócios da SPF. O preço de inscrição é de 500\$00 para sócios da SPF e 1000\$00 para não sócios (\*).

Para se inscrever remeter à Deleg. Norte da SPF (Encontro «Schrödinger» — Laboratório de Física — Fac. de Ciências do Porto

---

(\*) Devido ao elevado número de inscrições já efectuadas, está prevista a repetição deste Encontro de formação sobre «Física Quântica», no 1.º trimestre de 1988.

— 4000 Porto) os seguintes elementos:

Nome; Morada; Escola; Curso de Licenciatura; Deleg. da SPF onde está inscrito.

#### **Anúncio de Palestras**

«Apresentação da Linguagem LOGO» pelo Prof. Doutor M. Rogério Nunes.

Dia 29 de Janeiro de 1988, das 17 às 18 h, no anfiteatro de Física do Laboratório de Física da Faculdade de Ciências do Porto.

## **5. DIVISÃO DE FÍSICA DE MATÉRIA CONDENSADA**

### **II Escola Ibérica de Física da Matéria Condensada**

#### **(Fenómenos Cooperativos)**

A II Escola Ibérica de Física da Matéria Condensada, dedicada ao estudo de transições de fase e fenómenos cooperativos, realizou-se na Figueira da Foz, entre 14 e 25 de Setembro de 1987. Tratou-se de mais uma realização conjunta da Divisão de Física da Matéria Condensada (Sociedade Portuguesa de Física) e do Grupo Especializado de Física del Estado Sólido (Real Sociedade Española de Física), sucedendo à I Escola Ibérica (Segóvia, 1984) e intercalando com os Simpósios Ibéricos (Lisboa, 1983; Sevilha, 1986), dedicados à Física da Matéria Condensada.

No Programa da Escola (em anexo) indica-se a composição da Comissão Organizadora e o conjunto de cursos, seminários e «workshops» que a constituíram (\*).

A Escola recebeu 55 participantes, incluindo 23 de Espanha e 3 do Brasil. Será, neste contexto, oportuno exprimir um lamento pela ausência de mais participantes oriundos da América latina ou da África lusófona; esperamos que, nas próximas oportunidades, as entidades competentes considerem, com mais atenção, o apoio que possam dar a tais participantes, dado que esta é, certamente, uma excelente forma de estimular a cooperação científica e cultural, por todos desejada.

Nesta breve síntese das actividades desenvolvidas, deverá ser dito que os cursos atin-

giram alto padrão científico, sem prejuízo da clareza didáctica. A isso não foi, obviamente, alheio a grande qualidade dos professores convidados, conseguindo-se uma excelente simbiose entre a preocupação pedagógica, o rigor de tratamento e a modernidade dos tópicos apresentados. Um conjunto de seminários especializados permitiu dar uma visão alargada dos temas tratados na Escola. Também, aos alunos foi dada a oportunidade de exporem os seus trabalhos de investigação — as comunicações apresentadas provaram ser de grande interesse e foram, certamente, estimulantes para a desejada aproximação de grupos de investigação dos vários países representados.

Convém, aqui, realçar a experiência inédita oferecida pela «Workshop» sobre métodos de simulação. Contando com seis microcomputadores e sob a orientação de especialista renomado, esta actividade viria a desenvolver um excelente trabalho de grupo, mostrando-se os participantes altamente motivados e sugerindo-se a possibilidade de, brevemente, se poder vir a assistir, nos países Ibéricos, a uma modernização significativa das técnicas do ensino e investigação em Física. Não hesitamos em considerar que esta experiência foi extremamente bem sucedida e seria certamente lamentável que a sua continuidade não pudesse, por falta de apoios, ser garantida.

O orçamento global da Escola, à data da sua realização, foi exíguo face ao objectivo inicial de subsidiar viagem e/ou estadia dos participantes com maiores dificuldades. Contudo, a Escola pôde, mesmo assim, atribuir 14 bolsas de estudo, embora tivesse de abandonar o seu propósito em ver instalados, no mesmo hotel, todos os participantes, o que, certamente, muito estimularia o conhecimento recíproco e prolongaria discussões ou esclarecimentos sobre temas tratados na Escola.

Finalmente, a Comissão Organizadora quer registar o seu agradecimento às seguintes enti-

---

(\*) A Divisão de FMC poderá facultar textos policopiados das matérias tratadas aos sócios interessados. Informações: J. Bessa Sousa, Fac. Ciências do Porto, Laboratório de Física, 4000 Porto.

dades: UNESCO, INIC, JNICT e EURAM (pela atribuição de subsídios sem os quais a Escola não teria podido realizar-se), DAAD, British Council, Instituto de Cooperacion Ibero Americano e Embaixadas de França e Espanha (por terem suportado as despesas de viagem de vários professores), JNICT e Reitorias das Universidades de Lisboa e Porto (pela concessão de bolsas de estudo a diversos participantes), Câmaras Municipais da Figueira da Foz e de Aveiro, Junta de Turismo da Figueira da Foz e Caves Messias (pelas facilidades concedidas e pela organização de visitas turísticas que muito contribuíram para a formação de um excelente clima entre os participantes).

Julgamos que a Escola conseguiu todos os objectivos que se propôs atingir: realizar um conjunto de lições de alta qualidade científica e extrema actualidade, fomentar técnicas de informática como forma de modernizar o ensino e investigação em Física, estimular o conhecimento recíproco de grupos de investigação Ibéricos e contribuir para a formação de relações pessoais mais fortes entre as comunidades de físicos dos países envolvidos.

A Comissão Organizadora manifesta a sua esperança que estas acções conjuntas das duas Sociedades de Física ibéricas possam continuar no futuro, merecendo a melhor atenção e apoio das entidades nacionais ou estrangeiras competentes.

A finalizar, apresenta-se uma síntese do programa da Escola.

#### Comissão Organizadora

- A. Vallera (Universidade de Lisboa).
- F. Agullo-Lopez (Univer. Autónoma de Madrid).
- A. Conde Amiano (Universidade de Sevilha).
- R. Navarro (Universidade de Zaragoza).
- M. Fernandes Thomaz (Universidade de Aveiro).
- A. Farinha Martins (Univers. Nova de Lisboa).
- M. Telo da Gama (Universidade de Lisboa).
- M. M. Godinho (Universidade de Lisboa).
- E. J. S. Lage (Universidade do Porto).

#### Cursos (gerais e específicos)

Caracterização Experimental e teorias simples (Prof. M. Tello—Universidad del Pais Vasco).

Teoria de Landau (Prof. S. Salinas—Universidade de S. Paulo).

Grupo de Renormalização (Prof. E. Brézin—Saclay).

Métodos de Simulação (Prof. K. Binder—Universidade de Mainz).

Sistemas electrónicos desordenados (Prof. J. L. Santos—Universidade do Porto).

Dinâmica Crítica (Prof. R. B. Stinchcombe—Universidade de Oxford).

Sistemas longe do equilíbrio (Prof. J. Marro—Universidade de Barcelona).

Sistemas de baixa dimensionalidade (Prof. P. Tarazona—Universidade Autónoma de Madrid).

#### Seminários

D. Baeriswyl (E.T.H./IBM Zurich) «High temperature superconductivity».

R. Navarro (Universidade de Zaragoza) «Transiciones de fase en perovskitas».

F. Vidal (Universidade de Santiago de Compostela) «Algunos aspectos del <sup>4</sup>He líquido cerca de la transición Normal-Superfluido».

E. Lerner (Universidade Federal do Rio de Janeiro) «Transições de fase em sistemas adsorvidos».

J. Drugowich de Felício (Univ. Federal de S. Paulo) «Fenómenos Críticos e Transformação conforme».

#### Seminários de Participantes

L. M. Moreno «Percolação quântica».

E. Velasco Caravaca «Constantes elásticas de um cristal de esferas duras».

O. Pla Peralonso «Introdução aos fractais».

A. S. Gimenez «Transição de fase em cristais líquidos».

C. F. Basa «Histerese térmica em ferroelétricos».

#### Workshops

Métodos de simulação (com uso de microcomputador) Orientador: D. W. Heerman (Universidade de Mainz).

F. Agullo (Univ. Aut. Madrid) «Técnicas de espectroscopia em Matéria Condensada. Alguns exemplos».

J. Fernandez (Univ. Bilbao) «Espectroscopia fotoacústica».

J. M. Moreira (Univ. Porto) «Resistividade eléctrica, magnetoresistência e efeito Hall».

R. Melville (Univ. Hull) «Técnicas de Ultrasons e difracção de neutrões. Aplicações ao estudo de helimagnetismo».

E. Rojas (Univ. Barcelona) «Técnicas calorimétricas no estudo de transições de fase em cristais líquidos».

J. M. Silva (Univ. Porto) «Susceptibilidade magnética e calor específico».

## ÍNDICE DO VOLUME 10

### Vol. 10—Fasc. 1 (Janeiro a Março 1987)

O Ensino da Física em Portugal: Problemas e Perspectivas (J. N. Urbano)	1
A SPF e o Ensino da Física a nível secundário	6
Apontamento sobre a Física em Portugal no século VXIII. Um instrumento notável do Museu de Física do Departamento de Física da Universidade de Coimbra (Luiz Alte da Veiga)	8
Laboratório de Mecânica assistido por computador. Uma experiência de Ensino ao alcance de todos (A. A. Melo, A. M. Gonçalves e M. M. Martins)	10
Conceitos físicos em Metodologias Radiológicas. I - Introdução (João José Pedroso de Lima)	19
Secção do Leitor. Um Problema de Mecânica	31
Crítica de Livros	34
Olimpíadas de Física	36
Noticiário da Sociedade Portuguesa de Física	37

### Vol. 10—Fasc. 2 (Abril a Junho 1987)

Ordem, desordem, frustração, materiais incomensuráveis e quase-cristais (Maria José B. M. de Almeida)	41
Energia no Universo (Josip Kleczek)	47
Conceitos físicos em Metodologias Radiológicas. II - Tomografia Axial Computorizada (TAC) ou Tomografia Computorizada de Transmissão (João José Pedroso de Lima)	54
Prémio Nobel da Física - 1986	62
Ernst Ruska e o microscópio electrónico de transmissão (M. A. Fortes)	63
Divulgação da Física Moderna - Uma Bibliografia em Português. I - Física Relativista, Física Quântica, Física Nuclear e das Partículas (Carlos Fiolhais)	65
Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa, 1976-1985. Contributo para a análise da sua actividade (A. Barroso)	69
Noticiário da Sociedade Portuguesa de Física	75

### Vol. 10—Fasc. 3 (Julho a Setembro 1987)

Materialismo e Idealismo em Física (José Maria Filardo Bassalo)	81
A Energia ao Serviço da Humanidade (Josip Kleczek)	94
A Teoria da Relatividade no Ensino Secundário. I - A Relatividade Restrita (Fernando Cabrita e António Armando da Costa)	99
Um método para determinar curvas de magnetização e de histerese magnética (Luis Cadillon Costa e Sushil Kumar Mendiratta)	108
3. <sup>as</sup> Olimpíadas de Física - 87	113
Noticiário da Sociedade Portuguesa de Física	116

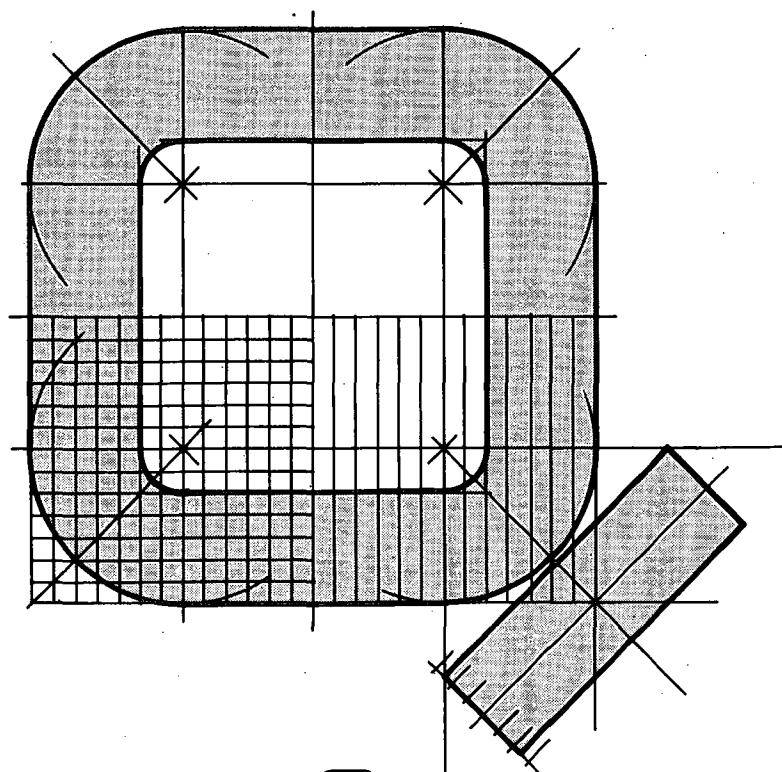
### Vol. 10—Fasc. 4 (Outubro a Dezembro 1987)

Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física. I - «Psicologia da construção pessoal» de George Kelly (Marília Fernandes Thomaz)	121
Supercondutividade a alta temperatura. O Prémio Nobel de Física - 1987 (J. Ferreira da Silva)	129
Ação da pressão de radiação laser sobre feixes atómicos (Maria do Rosário C. Martins)	133
Olimpíadas Internacionais da Física (Londres, 1986)	137
Divulgação da Física Moderna - Uma Bibliografia em Português. II - Astrofísica e Cosmologia, Física dos Fenómenos Irreversíveis (Carlos Fiolhais)	146
Olimpíadas da SPF - 1987	151
Noticiário SPF	155



O Instituto Português da Qualidade é o organismo nacional responsável pelas actividades de METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E GESTÃO DA QUALIDADE.

No domínio da METROLOGIA são atribuições do IPQ  Reconhecer os padrões de medida nacionais e os laboratórios metrológicos primários  Proceder à manutenção e actualização dos padrões metrológicos nacionais que se encontrem na posse do IPQ  Assegurar a implementação, articulação e inventariação de cadeias hierarquizadas de padrões de medida e promover o estabelecimento de redes de laboratórios metrológicos de qualificação reconhecida.



Instituto Português da **Q**ualidade

Julho de 1986 Julho de 1987

**1.º ano ao serviço de uma política nacional para a qualidade dos produtos dos serviços, nas empresas.**



**VOL. 10 • FASC. 4 • OUTUBRO 1987**

**SUMÁRIO**

<b>Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física. I - «Psicologia da construção pessoal» de George Kelly . . . . .</b>	<b>121</b>
<i>Marília Fernandes Thomaz</i>	
<b>Supercondutividade a alta temperatura. Prémio Nobel de Física - 1987</b>	<b>129</b>
<i>J. Ferreira da Silva</i>	
<b>Acção da pressão de radiação laser sobre feixes atómicos . . . . .</b>	<b>133</b>
<i>Maria do Rosário C. Martins</i>	
<b>Olimpíadas Internacionais da Física (Londres, 1986) . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>Divulgação da Física Moderna - Uma Bibliografia em Português. II - Astrofísica e Cosmologia, Física dos Fenómenos Irreversíveis . . . . .</b>	<b>146</b>
<i>Carlos Fiolhais</i>	
<b>Olimpíadas da SPF - 1987 . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>Noticiário da Sociedade Portuguesa de Física . . . . .</b>	<b>155</b>
<b>Índice do volume 10 . . . . .</b>	<b>160</b>