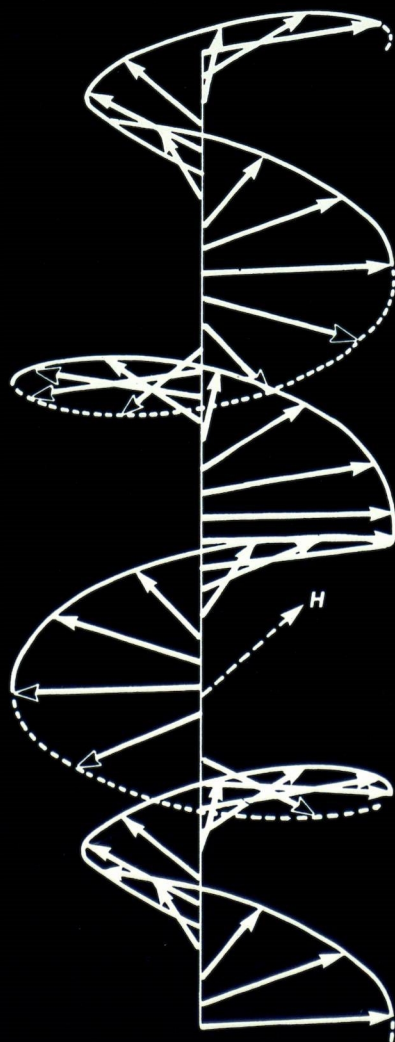


G A Z E T A D E

# FÍSICA

---



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

VOL. 18 • FASC. 1 • 1995 • PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL • JANEIRO / MARÇO

## **Gazeta de Física**

Propriedade da Sociedade Portuguesa de Física

ISSN: 0367/3561

Registo na DGCS n.º 107280 de 13/5/80

Depósito Legal n.º 51419/91

Publicação Trimestral

N.º 1 — 1995

### **Redacção e Administração**

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

Telefone (01) 7973251

Fax (01) 7952349

### **Directores**

João Bessa Sousa (FCUP)

Filipe Duarte Santos (FCUL)

Carlos Fiolhais (FCTUC)

### **Comissão de Redacção e Administração**

Carlos Matos Ferreira (IST)

Margarida Telo da Gama (FCUL)

Ana Maria Eiró (FCUL)

Maria Margarida Cruz (FCUL)

### **Preparação e Revisão de Texto**

Florbelá Martins Teixeira

### **Execução Gráfica**

Imprensa Portuguesa

Rua Formosa, 108-116 — 4000 Porto

Telefone (02) 2002466

Fax (02) 2015105

Tiragem: 2000 exemplares

Preço avulso: 600\$00

Assinatura anual (quatro números):

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

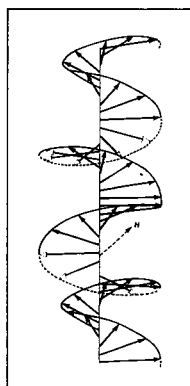
35 US dólares (estrangeiro)

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

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

Os **manuscritos** devem ser submetidos em duplicado, dactilografados em folhas A4 a dois espaços (máximo *equivalente* a 4000 palavras, incluindo figuras; 1 figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve ser indicado o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores. Agradece-se o envio do texto em disquete (de preferência «Word» para Macintosh ou PC). Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontos para reprodução. Endereço para correspondência: **Gazeta de Física — Sociedade Portuguesa de Física, Av. da República, 37-4.º — 1000 Lisboa.**

*Na capa:* Estrutura magnética do hólmio a baixas temperaturas (~50K) e na presença de um campo magnético (**H**). Os momentos magnéticos, representados por setas, dispõem-se na chamada estrutura *helifan*, remanescente de uma hélice, com mais de um passo ao longo do eixo. Favorece-se a orientação dos momentos na direcção do campo magnético, como num leque; daí a designação “fan”, em inglês. *Neste número:* o prémio Nobel da Física (1994), sobre difracção de neutrões, técnica por excelência para a determinação de estruturas magnéticas.



## **SUMÁRIO**

**2**

**ASTROFÍSICA, CLIMA E TECNOLOGIA**

**George Marx**

**9**

**UMA ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PROVA ESPECÍFICA DE FÍSICA DE 1994**

**J. A. Ferreira, A. M. Almeida, L. G. Cunha, A. G. Rolo e J. F. V. Vaz**

**14**

**APRENDER FÍSICA... COM O COMPUTADOR**

**Vitor Teodoro**

**19**

**SISTEMAS TERMODINÂMICOS SIMPLES EM CONTACTO TÉRMICO E MECÂNICO**

**Pedro Brogueira e Jorge Dias de Deus**

**24**

**O QUE HÁ DE NOVO?**

**26**

**PRÉMIO NOBEL DA FÍSICA**

**28**

**OLIMPIADAS DE FÍSICA**

**32**

**CELEBRAÇÕES DO CENTENÁRIO DA DESCOBERTA DOS RAIOS X**

# ASTROFÍSICA, CLIMA E TECNOLOGIA

## II. Aparecimento de vida na Terra \*

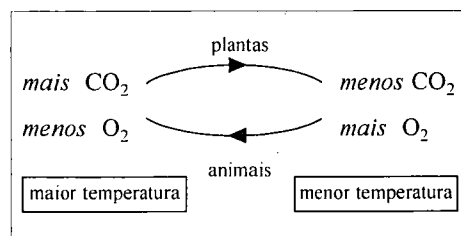
GEORGE MARX

Departamento de Física Atómica, Universidade de Eötvös, Hungria

*Sempre se soube que o ambiente influi decisivamente sobre a vida na Terra. Uma escola de cientistas sugeriu recentemente o contrário: a Terra seria aquilo que a vida quer que ela seja. É a hipótese de Gaia. Segundo a hipótese de Gaia, a Terra pode-se considerar um organismo vivo capaz, pelo menos em parte, de se auto-regular. A Tecnologia humana ameaça o equilíbrio existente.*

### Gaia

A regulação biológica do clima pode descrever-se de modo simples através do ciclo esquemático:



As rochas vulcânicas (CaSiO<sub>3</sub>) são atacadas pela *chuva ácida* (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) que cai nos continentes, convertendo-se gradualmente, por reacção química, em CaH<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> que é solúvel. A velocidade desta reacção é muito maior no solo (poroso/granular, expondo uma maior superfície à reacção química) do que em rochas isoladas. Devido à assimilação orgânica, a concentração de CO<sub>2</sub> torna-se muito mais elevada no solo do que no ar livre. Estão também presentes no solo fortes ácidos orgânicos (ácido fórmico, etc.), que se juntam ao ácido carbónico. Consequentemente, a acção erosiva da atmosfera pode tornar-se 500 vezes mais intensa *devido à existência de vida na Terra*, resultando uma regulação da temperatura mais eficaz.

Segundo a mitologia grega, do casamento de Caos e Eros resultaram dois filhos: Urano (Céu) e Gaia (Terra). Destes

nasceram Cronos (Tempo) e Reia, que por sua vez procriaram Zeus e Hera, representando simbolicamente a humanidade "mal agradecida". A ideia de que *a regulação biológica do clima torna a Terra habitável*, é uma explicação emocionalmente atraente, colocando o nosso planeta num estado de excepção. William Golding propôs o nome de Gaia *para a Terra sustendo vida*. A ideia foi desenvolvida por James E. Lovelock aquando da missão Viking a Marte, procurando em vão, nesse planeta, indícios de vida. O modelo foi posteriormente mais elaborado nos seus detalhes científicos por David Schwartzmann e outros.

### Nascimento de Gaia

A explicação da origem da vida que se encontra nos livros de texto deve-se essencialmente a Stanley Miller. Ele mostrou *in vitro*, numa célebre experiência, que compostos ricos em hidrogénio (CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O), quando recebem *energia livre* (faíscas, luz ultravioleta) podem

\* A parte I, sobre «O Sistema Solar», foi publicada no n.º 4 da Gazeta de Física, 1994, págs. 7-12. A Direcção da Gazeta de Física agradece as autorizações recebidas do Prof. George Marx, da Universidade de Eötvös, Hungria, e do Prof. L. Chainho Pereira, da Universidade do Minho, para a tradução e publicação deste artigo.

Tradução de J. Bessa Sousa

Nascimento de Gaia

A fragilidade de Gaia

A revolução industrial

O efeito de estufa

Impacto do aquecimento

Que futuro?

produzir moléculas do tipo  $H - C \equiv N$  e  $H_2C = O$ , que são também observadas no espaço exterior. Estas moléculas possuem ligações múltiplas ricas em energia (“activadas”), podendo por isso polimerizar na água. Originam desse modo açúcar, celulose, polipeptídeos, mesmo ácidos nucleicos, que são considerados os precursores directos das estruturas *auto-replicas*.

Há porém um problema: aquando da solidificação da crosta terrestre, ainda em fusão, quando se formaram os oceanos (há 3,9 mil milhões de anos ...), não existia qualquer atmosfera redutora rica em hidrogénio. A Terra possuía então uma camada envolvente de  $CO_2$  e  $H_2O$ . Uma atmosfera redutora ( $H_2$  e  $CH_4$ ) apenas pode existir muito longe do Sol, não havendo aí qualquer oceano líquido!

Para conciliar estes pontos, os cientistas voltaram-se para os cometas, onde encontraram a chave do problema. Os cometas são essencialmente constituídos por  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ . O cometa Halley é negro, o que indica a polimerização HCN. Uma possibilidade admitida é a de que o impacto dos cometas enriqueceu os pântanos terrestres em materiais redutores vindos do espaço. Uma ideia mais temerária propõe que o decaimento radioactivo do núcleo  $^{26}Al$  conseguiu fundir os núcleos dos cometas gigantes existentes nos primeiros milhões de anos após a explosão da supernova. O oceano assim formado no interior do cometa constituía uma fonte apropriada de energia livre sob a forma de radioactividade. O isolamento térmico propiciado pela camada envolvente do cometa pode ter mantido o oceano interno no estado líquido por um período tão longo como mil milhões de anos, dando uma oportunidade para a emergência da vida. O impacto de tal cometa gigante poderá ter “infectado” de vida a nossa Terra.

“Água líquida em presença de compostos redutores”, eis as duas *condições necessárias* que indicam que a vida é um fenómeno delicado tendo emergido do contacto do Céu com a Terra (Urano e Gaia). Mais tarde, a vida teve de sobreviver sem essa providência celeste, “teve de inventar” a fotossíntese para se manter. As plantas verdes alimentadas pela luz solar extraíram gradualmente  $CO_2$  da atmosfera, diminuindo o efeito de estufa. O efeito de extracção de gases da atmosfera conseguiu compensar, quase exactamente, o aquecimento devido ao Sol, de modo a manter a temperatura terrestre estável durante 3,6 mil milhões de anos ou até mais.

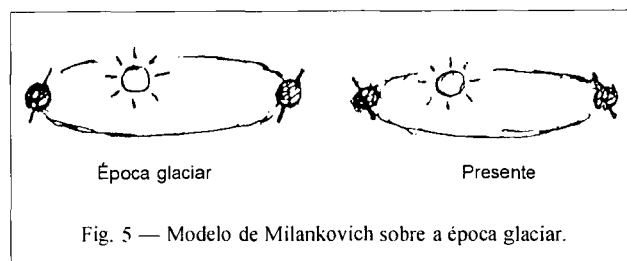
### A fragilidade de Gaia

A ocorrência das épocas glaciares mostra que o termostato terrestre não está, afinal, à prova de todo o tipo de avarias. Através da perfuração dos gelos antárticos, na

estação polar de Vostok, verificou-se que nas *idades do gelo* a temperatura média era cerca de  $4^\circ C$  mais baixa, e simultaneamente a concentração de  $CO_2$  na atmosfera era também menor (cerca de metade do valor actual). Qual poderá ser a explicação das repetidas oscilações climáticas?

Milankovich tentou explicar estas alterações climáticas através do movimento de precessão da Terra. Na idade glacial (por exemplo, há cerca de 10 000 anos) a Terra atingiu o afélio da sua órbita quando era Inverno no hemisfério Norte. Observe-se que este hemisfério está dominado pelos oceanos.

A reduzida insolação no Inverno produziu uma extensa (e durável) camada de neve que aumentou o albedo e levou consequentemente a uma redução da temperatura média. Os invernos no hemisfério Norte são hoje mais suaves porque a Terra está num ponto da sua órbita mais próximo do Sol. A reduzida camada de neve (restrita aos polos ...) significa uma menor reflexão da luz solar pelo nosso planeta, resultando numa temperatura média mais alta (Fig. 5).



Apesar de ser uma hipótese atraente, os factos mostram que a excentricidade da órbita terrestre é demasiado pequena para produzir tais efeitos em larga escala e magnitude. Admite-se hoje que o mecanismo de Milankovich pode apenas desencadear, mas não causar, as alterações climáticas globais. A chave para a explicação das épocas glaciares reside na observação de que nos períodos gelados a concentração de  $CO_2$  na atmosfera era apenas metade do valor actual (Fig. 6).

A camada superior do oceano, com cerca de 1 km de espessura, é inundada pela radiação solar, está *cheia de vida* e é rica em  $CO_2$ . Por sua vez, a camada profunda do oceano é escura, sem vida e pobre em  $CO_2$ . Sabe-se hoje que cerca de metade do  $CO_2$  emitido para a atmosfera pelos vulcões, pelo metabolismo biológico e pela actividade industrial, é absorvido pelos oceanos. A intensidade desta captação oceânica depende, em última análise, da rapidez com que o  $CO_2$  é transportado das camadas supe-

riores, um tanto saturadas, para as camadas inferiores diluídas. Esta *bombagem* é justamente realizada, de modo vigoroso, pela corrente do Golfo.

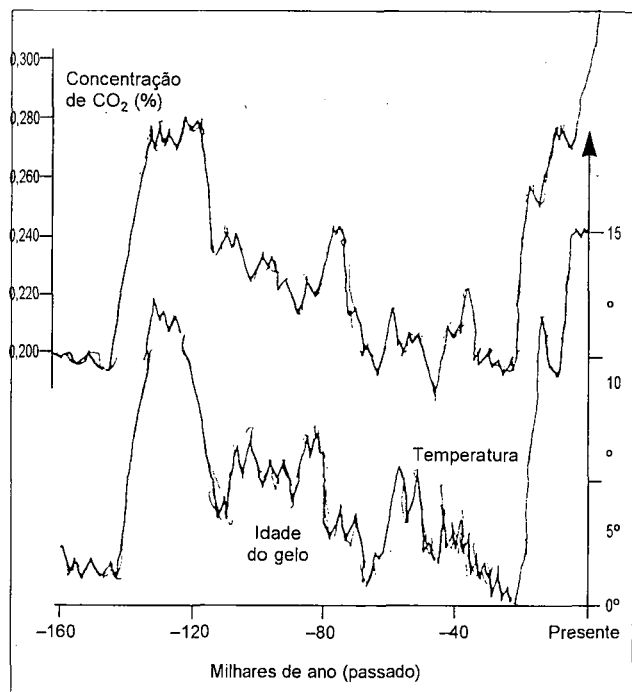


Fig. 6 — Evolução da concentração de  $\text{CO}_2$  e da temperatura no passado.

A corrente do Golfo transporta  $1 \text{ km}^3/\text{min}$  de água, o que equivale a dez vezes a intensidade de todos os rios existentes. A corrente parte do golfo do México, fluindo na direcção nordeste até ao Ártico, expondo-se aos ventos secos e gelados dessa região. A água mais quente da corrente do Golfo evapora-se mais rapidamente do que as águas árticas geladas. A salinidade da primeira aumenta neste processo, e concomitantemente a sua densidade; por isso essa água submerge, levando consigo o respectivo teor de  $\text{CO}_2$ . No golfo do México, a água com baixo teor de  $\text{CO}_2$  emerge à superfície. A corrente do Golfo é uma gigantesca máquina térmica, funcionando devido à diferença de temperatura existente entre o México e a Noruega. Esta *máquina* bombeia o  $\text{CO}_2$  do ar para as profundezas do oceano. Um aumento da diferença de temperatura aumenta o rendimento termodinâmico da máquina, levando-a a extrair mais  $\text{CO}_2$  da atmosfera (Fig. 7).

Através da simulação computacional, é possível verificar que uma duplicação do teor de  $\text{CO}_2$  na atmosfera significaria um aquecimento de  $1^\circ\text{C}$  no equador e de cerca de  $10^\circ\text{C}$  no círculo ártico, devido à consequente fusão da camada de gelo; resultaria um acréscimo global médio de  $3^\circ\text{C}$ . Com um clima mais frio (numa idade do gelo) há mais neve nos continentes, mais gelo nos oceanos, e por

isso a região ártica torna-se muito mais fria do que actualmente. Em contrapartida, a camada tropical é menos afectada pela flutuação climática.

Isto significa que o esfriamento do clima torna maior a diferença de temperatura em jogo, que a máquina da corrente do Golfo funciona mais eficazmente, e que a extracção de  $\text{CO}_2$  se torna mais intensa. Uma diminuição do teor de  $\text{CO}_2$  significa um enfraquecimento do efeito de estufa, um clima ainda mais frio, isto é, ocorre uma *realimentação positiva* ("positive feedback"). As descidas de temperatura e da concentração atmosférica de  $\text{CO}_2$  evoluem em paralelo, como se observa durante os períodos de glaciação. (Adicionalmente, poderemos ter uma bio-amplificação de uma era glacial, do modo seguinte. Na era glacial deposita-se mais gelo sobre os continentes. O mar em recessão expande consequentemente os continentes. Os rios tornam-se mais extensos dissolvendo mais fósforo, os *planctons* oceânicos passam a ter mais nutrientes, crescem e espalham-se mais, consumindo mais  $\text{CO}_2$  ... e arrefecendo ainda mais o clima).

Por outro lado, um aquecimento global reduz as diferenças de temperatura referidas. A corrente do Golfo torna-se menos eficiente, bombeando menos  $\text{CO}_2$  para as profundezas oceânicas. A emissão vulcânica de  $\text{CO}_2$  não o consegue extrair completamente, resultando um maior efeito de estufa e um consequente aquecimento. Temos também, neste caso, uma *realimentação positiva*.

De acordo com os dados existentes, o clima está numa fase de aquecimento, o mar Ártico está hoje menos salgado do que na década de 60. Isto indica menos evaporação proveniente da corrente do Golfo, devido a menores diferenças de temperatura no mar Ártico. Consequentemente, diminuiu o efeito de bombagem da corrente do Golfo.

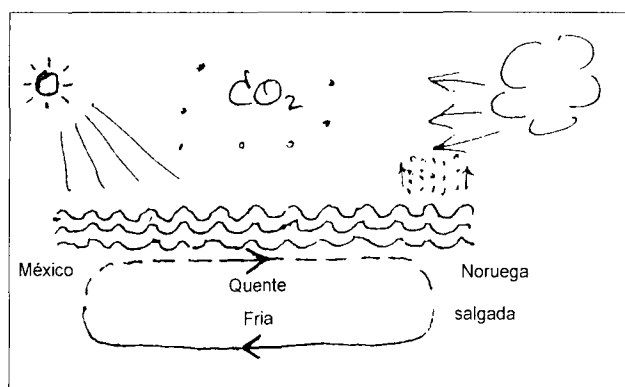


Fig. 7 — A "máquina térmica" proporcionada pela corrente do Golfo.

Deve observar-se que uma corrente oceânica constitui um sistema dinâmico instável. O Pacífico Norte é mais

frio do que o Atlântico Norte,<sup>1</sup> por isso não há quaisquer correntes intensas fluindo para norte, portanto o Pacífico Norte é mais frio. Se a corrente do Golfo parar... pode não voltar a fluir.

### A revolução industrial

Na última idade glacial a concentração de CO<sub>2</sub> era metade do valor actual, sendo a temperatura média aproximadamente 4°C mais baixa. No século XX observamos o crescimento acelerado da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, devido evidentemente à utilização muito mais intensiva dos combustíveis fósseis que, por combustão, libertam quantidades apreciáveis de CO<sub>2</sub>. O quadro seguinte dá bem a ideia do aumento sistemático da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera:

Ano	% de CO <sub>2</sub>	Ano	% de CO <sub>2</sub>
1000	0,019	1960	0,0316
1800	0,028	1970	0,0323
1900	0,030	1980	0,0335
1950	0,031	1990	0,0360

Nos últimos 130 anos a temperatura média aumentou cerca de 0,6°C. Presentemente o nosso planeta está a absorver mais radiação solar (essencialmente na faixa visível) do que a radiação que emite (na região do infravermelho). Com o nível actual de CO<sub>2</sub> na atmosfera isto implica um aumento de 0,6°C na temperatura média (o atraso na bombagem do CO<sub>2</sub> pelos oceanos é de cerca de 30 anos).

Esta tendência para o aquecimento está bem expressa no facto de 1990 ter sido o ano mais quente dos 100 anos de história com registo meteorológico. Mais ainda, os dez anos mais quentes ocorreram todos nas décadas de 80 e de 70:

1990	15,45 °C	1989	15,25°C
1981	15,35 °C	1973	15,17°C
1988	15,35 °C	1977	15,17°C
1987	15,30 °C	1986	15,17°C
1983	15,28 °C	1985	15,16°C

Todos sabemos que o líquido sobe no termómetro quando aumenta a temperatura. Acontece que a expansão térmica relativa da água (210<sup>-4</sup>/K) excede a das rochas (510<sup>-7</sup>/K) em três ordens de grandeza. Subir a temperatura significa portanto uma subida do nível do mar. Admitindo uma profundidade média oceânica de 5 km, 1°C de subida

na temperatura significa uma elevação de 1 m do nível do mar. Esta elevação tem sido, de facto, observada: + 14 cm entre 1800 e 1900, + 33 cm entre 1900 e 1950. A taxa actual de subida é de 2,4 ± 1,00 mm/ano. Podemos concluir que o aumento da emissão de CO<sub>2</sub> provocado pela revolução industrial tornou a Terra cerca de 1°C mais quente e o nível do mar cerca de 1 m mais elevado.

A civilização nasceu nos deltas dos rios Eufrates, Nilo, Yangze, Ganges, Mekong, Reno, Pó. A subida do nível do mar ameaça de inundação todas as áreas costeiras. Presentemente 1/3 dos Países Baixos está a uma altitude que não chega sequer a 1 m acima do nível do mar! Mesmo uma modesta elevação do oceano porá em risco não só Veneza, Amesterdão, Londres, Nova Iorque, Tóquio, mas também, em muito maior grau, toda a agricultura nos férteis deltas existentes.

De acordo com modelos climáticos, a duplicação da concentração actual de CO<sub>2</sub> implicaria uma subida de temperatura  $\Delta T = 3 \pm 1,5^\circ\text{C}$ , correspondendo à subida do nível do mar entre 2 e 5 metros. Isto aniquilaria 25% da produção agrícola, forçando mil milhões de pessoas a abandonar as suas casas.

Em 1990 o consumo total de combustíveis fósseis foi (em equivalente-carvão):

4 mil milhões de toneladas de carvão  
 4 mil milhões de toneladas de petróleo  
2 milhões de milhões de m<sup>3</sup> de gás  
*cerca de 10 mil milhões de toneladas de carvão/ano*

A este consumo corresponde uma emissão de 30 mil milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano para a atmosfera. Para os 5 mil milhões de pessoas que vivem na Terra isto dá um consumo de 2 toneladas de carvão/ pessoa/ano, que é um número espantoso.

A totalidade dos depósitos de combustível fóssil conhecidos representa o equivalente a 4000 mil milhões de toneladas de carvão. Estas reservas foram acumuladas num período de centenas de milhões de anos, mas ao ritmo actual de utilização a humanidade queimá-lo-á em escassos 400 anos. (Em cada ano é queimada uma quantidade de combustível fóssil que foi acumulada durante um milhão de anos, graças à energia livre recebida da luz solar). Com o aumento actual de 2% por ano no consumo, as reservas de combustíveis fósseis existentes ficarão delapidadas dentro de 100-200 anos, levando a um aumento do teor actual de 0,35% de CO<sub>2</sub> na atmosfera para um valor da ordem de 1% (\*). Isto levaria a um aumento da temperatura entre 10°C e 15°C, e a uma elevação de cerca

(\*) N. T. 1‰ significa 1 parte em 1000, enquanto 1% significa 1 parte em 100.

de 10 m no nível do mar (essencialmente devido à expansão térmica), *acrescido* de uma subida adicional devida ao degelo das calotes da Gronelândia e da Antártica. A alteração climática seria ainda maior se o oceano não conseguisse bombear metade do acréscimo ocorrido no influxo de  $\text{CO}_2$ .

### Gases responsáveis pelo efeito de estufa

A radiação infravermelha emitida pelo solo representa um campo electromagnético "vibrando" com frequências da ordem de grandeza dos  $10^{13} \text{ s}^{-1}$ . Esta radiação é absorvida por moléculas possuindo frequências próprias de vibração naquela gama. As moléculas mais importantes responsáveis pelo efeito de estufa na Terra são:

$\text{H}_2\text{O}$  (na fase de vapor): provém da evaporação da água, sendo a sua concentração na atmosfera influenciada pela temperatura do ar. A água evapora-se mais intensamente nas zonas tropicais quentes (desertificação), precipitando nas regiões árticas frias.

$\text{CO}_2$  (dióxido de carbono): é libertado pela actividade vulcânica, pela actividade da biomassa, pela queima de combustíveis fósseis, pela desflorestação. O dióxido de carbono contribui em cerca de 66% para o efeito de estufa (também de modo indirecto, por influenciar a concentração de  $\text{H}_2\text{O}$ ), tendo produzido cerca de  $0,5^\circ\text{C}$  de aquecimento global nos últimos 100 anos de industrialização. A emissão de  $\text{CO}_2$  é presentemente, na sua maior parte, devida à indústria, aumentando à taxa de 4% por ano.

$\text{CH}_4$  (gás metano): é um dos produtos da decomposição da biomassa na ausência do ar. As principais fontes são os excrementos bovinos e ovinos e os arrozais pantanosos. A emissão de  $\text{CH}_4$  é cerca de 400 milhões de toneladas por ano. A concentração actual de  $\text{CH}_4$  no ar é apenas de 1,7 por milhão (de moléculas), mas o metano contribui em cerca de 20% para o efeito de estufa. As moléculas de  $\text{CO}_2$  já produzem, por si, uma absorção total de radiação correspondente às respectivas frequências de ressonância molecular. O aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  leva apenas ao alargamento da banda de frequências sujeitas à absorção, devido às caudas de absorção, sempre presentes em torno de cada frequência de ressonância. Este efeito é contudo de segunda ordem, pelo que a temperatura apenas depende logaritmicamente da concentração de  $\text{CO}_2$ .

Em contrapartida, o  $\text{CH}_4$  não produz a absorção total à(s) frequência(s) de ressonância, e por isso o efeito de aquecimento depende quase linearmente da concentração de  $\text{CH}_4$ . A emissão de  $\text{CH}_4$  está relacionada com a produ-

ção de alimentos, por isso aumenta com o crescimento da temperatura, a uma taxa aproximada de 1% ao ano.

$\text{N}_2\text{O}$  (gás hilariante): forma-se na combustão do ar a temperaturas muito elevadas (exemplos: nos motores dos automóveis, nas turbinas de gás). A sua emissão atinge 28 milhões de toneladas por ano, valor aproximadamente proporcional ao número de carros. Presentemente as moléculas de  $\text{N}_2\text{O}$  na atmosfera contribuem em cerca de 3% para o efeito de estufa.

$\text{O}_3$  (ozono): também se forma nos motores de combustão de alta temperatura, e acumulando-se na troposfera contribui em cerca de 8% para o efeito de estufa. A emissão de  $\text{O}_3$  aumenta a uma taxa de 1% ao ano.

$\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (freon): é 15 000 vezes mais eficaz (por molécula) na produção de aquecimento por efeito de estufa, devido às suas ligações interiónicas altamente polares. O freon é usado em produtos domésticos (atomizadores e aerossóis, refrigeradores, sistemas de ar condicionado). Actualmente o  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  é responsável apenas por 3% do efeito de estufa, mas a sua contribuição cresce rapidamente, à taxa de 5% por ano. *Estas moléculas destroem a camada de ozono, que protege os seres vivos de receberem muita da radiação de elevado comprimento de onda.* Por isso estão já em vigor acordos internacionais tendentes a suprimir a emissão de  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ .

Se desejarmos impedir o aquecimento pelo efeito de estufa, temos de limitar a emissão de  $\text{CO}_2$  (combustíveis fósseis, principalmente nas indústrias utilizando o carvão na combustão), regulamentar a utilização dos automóveis (produção de  $\text{N}_2\text{O}$ ) e dos aerossóis e atomizadores (emissão de  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ). Tudo isto é sobretudo da responsabilidade das nações mais desenvolvidas, que lançaram a revolução industrial. Uma outra tarefa é limitar a explosão demográfica, isto é, restringir a desflorestação (emissão de  $\text{CO}_2$ ) e alguns tipos de agricultura intensiva (libertação de  $\text{CH}_4$ ). Isto constitui uma obrigação das nações em desenvolvimento.

Presentemente, vivem nos países industrializados cerca de mil milhões de pessoas, consumindo cerca de 6 toneladas de carvão (ou equivalente) por pessoa e por ano:

Alemanha: 9 toneladas/pessoa/ano  
USA: 10 toneladas/pessoa/ano  
Japão: 4 toneladas/pessoa/ano



que deveriam ser suprimidas. Nos países em vias de desenvolvimento vivem cerca de 4 mil milhões de pessoas, consumindo cerca de 1 tonelada de carvão/pessoa/ano, por exemplo:

*China: 0,7 toneladas/pessoa/ano*

*Índia: 0,3 toneladas/pessoa/ano*

Não é conveniente recomendar a diminuição destes consumos, em face das necessidades humanas existentes nestes países. Mas a população dos países desenvolvidos é praticamente estacionária, enquanto a dos países em desenvolvimento aumenta cerca de 2% por ano. Daí que a emissão de gases que originam o efeito de estufa venha a atingir num futuro próximo a taxa global correspondente aos países desenvolvidos. Com as taxas actuais de aceleração no consumo de petróleo e seus derivados, e de incessante crescimento da população, é de esperar a duplicação do teor de gases que provocam o efeito de estufa nos próximos 50 anos, isto é, durante a vida dos nossos filhos.

### **Impacto do aquecimento pelo efeito de estufa**

A duplicação da concentração de gases responsáveis pelo efeito de estufa na atmosfera significaria um aquecimento de 10 °C no ártico e de 1°C nos trópicos, o que poderá não parecer, à primeira vista, uma ameaça terrível. As consequências mais perigosas são a submersão das áreas costeiras e a desertificação de zonas com climas moderados: a água evapora-se mais intensamente nos trópicos, precipitando-se nas regiões árticas, resultando um deslocamento das zonas produtoras de trigo e milho em direcção ao Norte. Ambos os efeitos representam ameaças de fome e necessidade de migrações maciças. O aumento dos custos de manutenção dos diques nos Países-Baixos, as cheias mais frequentes e devastadoras no Bangladesh, as fomes em África, o decréscimo nas colheitas agrícolas na Europa e EUA devido à seca são apenas algumas indicações sobre o que poderão ser as consequências práticas de um aquecimento global do nosso planeta.

A primeira mensagem de ameaça chegou ao Congresso dos Estados Unidos da América em 1988, vinda da NASA: o aquecimento global resultante do efeito de estufa pode já ter chegado! No mesmo ano, teve lugar uma importante reunião de chefes de estado de que resultou a célebre Declaração de Haia: "a duplicação do teor de gases causadores do efeito de estufa na atmosfera não pode ser tolerada".

Em 1989, a Sociedade Europeia de Física e a Sociedade Europeia de Meteorologia apresentaram uma

declaração aos participantes do Conselho Ecuménico das Igrejas Europeias, tendo como objectivo a redução do consumo de energia na Europa: de 6 toneladas de carvão/pessoa/ano para 3 toneladas de carvão-equivalente/pessoa/ano, dentro de 20 anos. Adicionalmente, propõe-se que deste consumo já reduzido de energia apenas 1 tonelada/pessoa/ano corresponda a combustível fóssil produtor de CO<sub>2</sub>, devendo a parte restante do consumo ser satisfeita através da energia nuclear e das fontes de energia renováveis. No mesmo ano, na Conferência da ONU em Copenhaga, a Comunidade Europeia apoiou a proposta holandesa para fixar o ano 2000 como limite para deter definitivamente o aumento (ainda em curso) na libertação de CO<sub>2</sub>, mas por maioria dos presentes essa data fixa foi substituída pela expressão mais branda "o mais cedo possível".

Em 1990, o Papa publicou uma encíclica sobre a "Integridade da Criação", identificando o *aquecimento devido ao CO<sub>2</sub>*, a *depleção da camada de ozono*, as *chuvas ácidas* e a *diminuição da diversidade biológica*, como as maiores ameaças para a humanidade no momento actual. A ONU organizou uma Conferência Mundial de especialistas em Geneva, no Outono de 1990, para aprofundar a análise destas questões.

Em 1991, o Congresso Mundial sobre o Clima, realizado em Washington, declarou o aquecimento derivado do efeito de estufa como sendo uma *ameaça real imediata*. O Presidente Bush apoiou esta conclusão, chamando a atenção para a conservação de energia e para uma reconsideração positiva do papel da energia nuclear.

O principal problema é que uma declaração não substitui a acção. Tanto os políticos como os industriais estão sob pressão de factores de curto-prazo: vencer as próximas eleições, obter saldos positivos no fim de ano. Eles não estão em condições de prestar atenção ao que irá acontecer daqui a 30 anos para além das fronteiras dos seus países.

Se eu conduzir hoje um automóvel de alto consumo a 160 km/h, nenhum tribunal me condenará daqui a 30 anos por ter morto bebés no Bangladesh, devido a inundações: a cadeia causal é demasiado longa para permitir qualquer julgamento objectivado.

A prevenção da catástrofe climática não é uma matéria legal ou tecnológica, é sobretudo um problema educacional e moral, afectando "somente" o destino dos nossos filhos e netos.

Os actuais adultos podem argumentar com engenho e perícia que a ligação entre o consumo de combustíveis fósseis e o aquecimento global não está *demonstrado* a

100%. Pode ser que não, que a ligação causal apenas se possa provar com uma probabilidade de 1/6.

Se o leitor estiver a ver um filme, no qual vê soldados jogarem à roleta russa com uma pistola de tambor com cinco invólucros — mas carregado com uma só bala — certamente considerará esses soldados loucos. É a mesma loucura jogar à roleta russa com o nosso planeta.

### Dinâmica não linear

Para um físico, o clima é um sistema não linear com realimentação (“feedback”) positiva: um arrefecimento, devido a uma flutuação estatística, provoca um aumento da camada de gelo, aumentando o albedo da Terra, e resultando numa *perda* adicional de calor. O reservatório oceânico de calor fica isolado da atmosfera pelo gelo. As concentrações de H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub> decrescem, o efeito de estufa diminui, o que torna a Terra ainda mais fria. (Esta sucessão de fenómenos poderá ter acontecido no planeta Marte).

Um *aquecimento*, devido a uma flutuação estatística, funde gelo e neve, o albedo diminui, o que significa um *ganho* adicional de calor, vindo do Sol. A evaporação liberta moléculas de H<sub>2</sub>O para a atmosfera. O enfraquecimento das correntes oceânicas impede a bombagem de CO<sub>2</sub> para as profundezas do oceano. O efeito de estufa torna-se ainda mais eficaz. O aquecimento é intensificado, resultando numa redução adicional da calote ártica do gelo... (Este fenómeno poderá ter ocorrido no planeta Vénus).

Está pois a “funcionar” na Terra uma regulação subtil e delicada, devida a uma afortunada conjugação de factores de ordem geofísica, geotérmica e biológica. A realimentação não-linear negativa de Gaia conserva o clima actual num *estado próprio* inter-glacial.

Sucedem que a humanidade industrializada está hoje a levar a cabo uma experiência global, ao dar um *impulso térmico* ao planeta, precisamente quando este se encontra num período *quente* interglacial. Já conseguimos tornar 1990 no ano mais quente desde que existem registos meteorológicos! Temos a oportunidade de observar o desfecho desta experiência em larga escala. Será Gaia suficientemente “resistente” para conservar o clima estável? Ou estará Gaia suficientemente atingida pela poluição oceânica, desflorestação tropical, e diminuição da diversidade biológica? Será que a Terra irá saltar para um novo estado próprio, semelhante ao do planeta Vénus?

Deveremos apenas esperar para ver?

## PALESTRAS PÚBLICAS SOBRE ASTRONOMIA

Observatório Astronómico de Lisboa

— Tapada da Ajuda —

*Dado o interesse que a Astronomia desperta nas Escolas e no público em geral, acrescido do facto de ser parte do programa do 8º ano do Ensino Básico, o Observatório Astronómico de Lisboa (OAL) lançou um ciclo de palestras sobre Astronomia, de entrada livre.*

Para esta iniciativa muito contribuiu a recente integração do OAL na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), integrando docentes e alunos graduados que fazem investigação em Astronomia e Astrofísica no Departamento de Física.

As palestras são dadas a nível de divulgação, e com a periodicidade mensal, exceptuando os meses de Verão. Constan de uma exposição oral não superior a uma hora, seguida de um tempo de perguntas e respostas com os participantes. No final, estão à disposição do público telescópios astronómicos, que são utilizados para observação da Lua, dos planetas visíveis e outros corpos celestes, se o estado do tempo o permite.

As sessões decorrem no Observatório Astronómico de Lisboa, Tapada da Ajuda (entrada pelo Instituto Superior de Agronomia), numa sexta-feira, às 21h30. As pessoas interessadas poderão sempre contactar o OAL na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, tel. 01-3637351.

### Palestras já marcadas para 1995

- |                |   |
|----------------|---|
| 6 de Janeiro   | — “A Estrela de Belém”<br>Dr. João Farinha Alves                                |
| 27 de Janeiro  | — “Como Nasce uma Estrela”<br>Dr. José Carlos Correia                           |
| 3 de Março     | — “Vida e Morte das Estrelas”<br>Dr.ª Maria Luisa de Almeida                    |
| 31 de Março    | — “As Constelações”<br>Dr.ª Alfredina Costa do Campo                            |
| 28 de Abril    | — “O Big-Bang e a Evolução do Universo”<br>Prof. Paulo Crawford Nascimento      |
| 26 de Maio     | — “Galáxias Activas”<br>Prof. Maria João Marchã                                 |
| 23 de Junho    | — “Os Calendários”<br>Dr. Manuel Nunes Marques                                  |
| 29 de Setembro | — “A Formação dos Elementos Químicos no Universo”<br>Prof. Filipe Duarte Santos |

# UMA ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PROVA ESPECÍFICA DE FÍSICA DE 1994

## Distritos de Braga e Viana do Castelo

J. A. FERREIRA, A. M. ALMEIDA, L. G. CUNHA, A. G. ROLO e J. F. V. VAZ

Departamento de Física, Universidade do Minho, 4710 Braga

*Neste trabalho apresentam-se, para dois distritos portugueses, os principais resultados das respostas à prova específica de Física (época normal) para ingresso na Universidade no ano lectivo de 1994/95.*

*Realçam-se os principais aspectos em que os alunos demonstraram menor capacidade e extraem-se algumas conclusões relativas às deficiências mais frequentes e que poderão ser objecto de uma atenção no Ensino Secundário.*

A prova específica de Física é exigida para ingresso num grande número de cursos de natureza científica e tecnológica, o que pressupõe que as Universidades consideram que o candidato deverá ter uma razoável preparação nesta disciplina. Os resultados verificados a nível nacional parecem, no entanto, demonstrar que, admitindo que a prova específica foi elaborada de forma a avaliar correctamente os conhecimentos adquiridos, uma percentagem muito significativa dos candidatos não possui os conhecimentos mínimos desejáveis. Os dados disponíveis e referentes às colocações nos diferentes cursos no ano lectivo de 1994/95 mostram que muitos desses alunos puderam ingressar no Ensino Superior com preparação muito deficiente em Física. As consequências a nível de insucesso nas disciplinas do Ensino Superior são bem conhecidas e motivo de preocupação para todos.

Os dados que seguidamente se apresentam, embora referentes apenas a dois distritos, podem ser representativos do país, tendo em conta a grande dimensão da amostra estudada.

Na época normal da prova específica de Física, realizada em 6 de Julho de 1994, compareceram a exame 870 alunos no distrito de Braga e 253 no distrito de

Viana do Castelo, num total de 1123 alunos. Deste número, entregaram a prova em branco 343 alunos (39,4%) em Braga e 68 (26,9%) em Viana do Castelo. Existem indicações de que a maioria dos alunos nestas condições se terão apresentado à prova de Física por razões que se prendem com o facto de terem outro exame no mesmo dia e assim poderem ter acesso à segunda chamada neste exame. Embora não seja possível quantificar o número de alunos nessas condições, porque as segundas chamadas não se realizaram nas capitais dos referidos distritos, muitos vigilantes das provas referiram que um grande número de alunos não terão esboçado qualquer tentativa para responderem à prova. Nestas condições, pareceu-nos legítimo excluir todas as classificações nulas da análise que se segue, a fim de não falsear os resultados.

Sem considerar portanto estes casos, o valor médio das classificações foi de 18,0% em Braga e 14,8% em Viana do Castelo, o que dá uma média ponderada de 17,1%, isto é, inferior a 4 valores na escala habitual de 0 a 20. Trata-se de um resultado muito baixo, que suscita bastante preocupação. Uma vez que não há diferenças muito significativas entre os dois distritos, os resultados seguintes são apresentados globalmente.

- Amostragem de cerca de 1000 alunos
- Análise das respostas na prova (questão a questão)
- Deficiências encontradas
- Conclusões gerais

Na Fig. 1 apresenta-se um gráfico das classificações. É notória a elevada percentagem de alunos que obtiveram classificações inferiores a 10%. Por outro lado, não chega a atingir os 10% a percentagem de alunos com mais de metade da cotação.

Pensou-se ser desejável levar a análise um pouco mais longe, procurando averiguar quais os aspectos em que os alunos denotaram maiores dificuldades nas respostas.

O enunciado da prova é apresentado em apêndice. Comparando o nível e alcance das questões da prova com as matérias leccionadas nos 10.º, 11.º e 12.º anos do ensino secundário, pode concluir-se que as perguntas cobrem razoavelmente o conjunto das diversas matérias leccionadas, não sendo colocadas questões sobre assuntos não tratados. Temos de admitir, obviamente, que os temas constantes do programa terão sido efectivamente leccionados nos estabelecimentos de ensino.

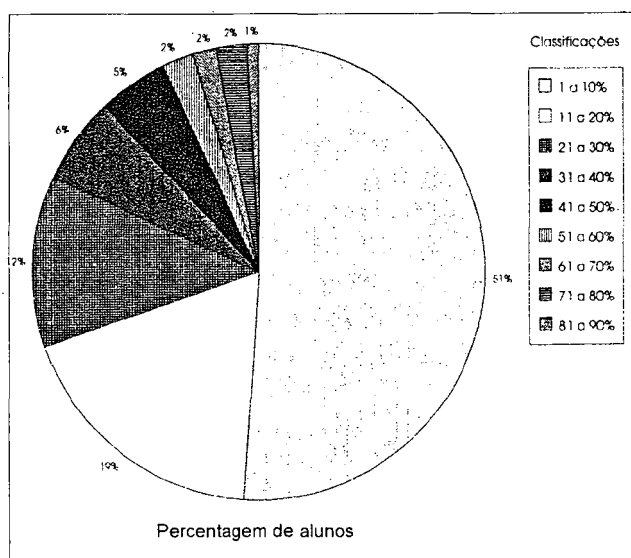


Fig. 1 — Classificação da prova específica de Física. Excluem-se as classificações de zero.

Na Fig. 2 apresentam-se as distribuições das classificações obtidas para cada questão. Estes dados são referentes a mais de 50% das provas realizadas e seleccionadas aleatoriamente.

Uma primeira observação refere-se às classificações verificadas para as diferentes perguntas. Isto é claro ao comparar a questão 5 (electromagnetismo) com as restantes e permite supor que se trata duma matéria de maior dificuldade de apreensão e que eventualmente não foi leccionada de forma suficientemente detalhada. Uma outra explicação possível para os maus resultados neste caso prende-se com a natureza da questão, mais dirigida ao raciocínio e menos à aplicação de fórmulas.

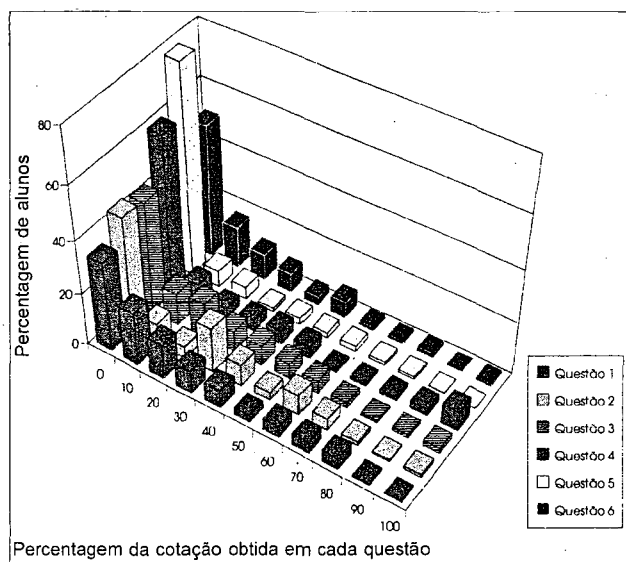


Fig. 2 — Classificações obtidas em cada uma das questões.

Passando a uma análise das questões, verificou-se que na questão 1 (cinemática) a percentagem de alunos que resolveram as primeiras alíneas é superior à média para as outras questões. Este facto é natural não só porque uma grande parte dos alunos começa por abordar as questões pela ordem em que são apresentadas, mas principalmente por se tratar da matéria à qual é dedicado mais tempo de leccionação nos 10.º e 12.º anos. Curiosamente, porém, não há respostas completamente certas, em especial porque a alínea referente à potência não é correctamente respondida por nenhum aluno, o que nos parece bastante estranho. Entre os erros mais comuns registados nesta questão, incluem-se os seguintes:

- utilização indiscriminada das fórmulas sem interpretar correctamente o problema;
- desconhecimento do conceito de potência;
- utilização das unidades incorrectas ou erros na sua conversão, por exemplo, de quilómetros por hora para metros por segundo.

Das respostas à questão 2 pode concluir-se que muitos alunos nunca terão abordado problemas de choques a 2 dimensões. Aqui, o desconhecimento da utilização de grandezas vectoriais é particularmente flagrante. Temos, além disso, a registar as seguintes falhas mais frequentes:

- não é justificada a utilização da conservação da quantidade de movimento;
- o conceito de momento angular é quase desconhecido;
- a energia é apresentada frequentemente como uma grandeza vectorial.

Na questão 3 foram notados os seguintes aspectos:

a) a constante elástica não é calculada explicitamente a partir do declive da recta, mas apenas das coordenadas do ponto; como neste caso a recta passa pelo ponto (0,0) o resultado acaba, contudo, por estar certo;

b) muitos alunos dão como exemplo de sistema físico o movimento harmónico simples, o que mostra que ignoram o significado de sistema físico.

A maioria dos alunos que respondem à questão 4 fazem-no com incorrecções várias. O conceito de aceleração que é necessário para responder à 2.<sup>a</sup> alínea e que muitos alunos mostraram conhecer quando responderam à 1.<sup>a</sup> questão não é correctamente identificado neste problema. Deve salientar-se, contudo, que cerca de 10% dos alunos obtiveram quase o máximo da classificação, o que significa que os alunos que conheciam bem a matéria foram capazes de resolver facilmente o problema.

Na questão 5, para além dos comentários feitos anteriormente, notou-se que poucos foram os alunos que responderam correctamente sobre o efeito dos campos na região II, o que seria talvez previsível. Estranhamente, porém, muito poucos identificam correctamente a diferença entre o efeito sobre prótons ou electrões, apesar de se tratar dum conceito muito simples. Nota-se que os alunos que abordam a questão 5 são em geral aqueles que responderam melhor às outras questões, o que demonstra alguma selectividade desta pergunta.

No caso da questão 6, verifica-se que um número significativo de alunos que a resolvem razoavelmente não foram capazes de resolver praticamente mais nada na prova. Pensamos tratar-se de alunos que frequentaram Química no 12.<sup>o</sup> ano, uma vez que nesta disciplina estes assuntos são abordados. A interpretação cinética dos fenómenos pedida nesta pergunta é dada, em geral, de forma muito deficiente, embora pareça ser estimulante para os alunos de imaginação mais fértil.

### Conclusões gerais

Das respostas ao conjunto das questões que constituem a prova é possível retirar ainda algumas conclusões gerais:

— A necessidade de utilizar grandezas vectoriais é frequentemente ignorada. Mesmo quando se recorre ao seu uso, verificam-se muitos erros.

— Os alunos estão habituados a resolver problemas em que a solução final vai sendo “guiada” através da obtenção de resultados parcelares em várias alíneas. Deste modo, sentem dificuldades em entender o problema como um todo e em encontrar por si sós a sequência de cálculos e raciocínios necessários para atingir o resultado pretendido.

— Verifica-se uma grande ausência de espírito crítico em relação aos valores obtidos. Assim, se por qualquer erro nas expressões ou nos cálculos, o resultado é várias ordens de grandeza superior ou inferior a um valor plausível, não é geralmente feito qualquer comentário nem averiguada a razão do erro. Por exemplo, acelerações de 1000 m/s<sup>2</sup> são aceites como normais.

— Frequentemente as respostas não são justificadas. O aluno sabe qual a fórmula a utilizar num determinado tipo de problema, mas não entende de facto a razão para a sua utilização.

Como referimos no início, o facto de estarmos em presença de uma amostra grande de alunos provenientes de diversos estabelecimentos de ensino permite afirmar que as conclusões aqui registadas têm significado estatístico. Não se pretendeu efectuar uma análise exaustiva relativa à eficiência da aprendizagem anterior, uma vez que uma única prova não seria suficiente para esse fim. Além disso, os resultados numéricos dependem naturalmente dos critérios definidos para a classificação e de alguma subjectividade na apreciação das respostas. Contudo, é possível concluir que eles são francamente insatisfatórios, o que sugere que algo estará mal no ensino e/ou aprendizagem da Física.

Os comentários e juízos de valor feitos anteriormente pressupõem que os alunos que se submetem a uma prova específica desta natureza terão frequentado a disciplina de Física até ao 12.<sup>o</sup> ano de escolaridade. É sabido, no entanto, que podem ter acesso a esta prova alunos apenas com o 11.<sup>o</sup> ano de Física ou até com o 9.<sup>o</sup> ano. Um aluno médio nestas condições terá muito provavelmente uma classificação bastante baixa. No entanto, pode acontecer que o peso das outras parcelas que entram na média para o ingresso no Ensino Superior seja suficiente para que o aluno seja admitido num curso em que a Física é importante, apesar de ter um conhecimento extremamente reduzido dessa disciplina. Nestas condições, é lícito perguntar se não deveria ser exigida uma nota mínima nas provas específicas. Se tal acontecesse, é possível que a preparação fosse encarada de outra forma.

A detecção das principais lacunas e deficiências de conhecimentos deverá, em nossa opinião, contribuir para que possam ser corrigidos ou melhorados alguns aspectos no ensino pré-universitário desta disciplina. Além disso, ajuda a compreender por que razão se sente a necessidade, no ensino superior, de repetir conceitos que deveriam já ser bem conhecidos, sacrificando a possibilidade de introduzir e desenvolver novos temas. As limitações na qualidade e profundidade do ensino universitário da Física têm por sua vez efeitos nas disciplinas de anos mais avançados e no nível geral de preparação dum grande percentagem dos alunos que terminam a sua formação universitária. Espera-se que a introdução dos novos programas nos ensinos básico e secundário venha a contribuir para minorar os problemas referidos.

## PROVA ESPECÍFICA DE FÍSICA

— ACESSO AO ENSINO SUPERIOR 1994 —

Justifique as respostas de um modo **sucinto e fundamentado**. Apresente os cálculos que efectuar. Considere  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ .  
Cotação da prova: 1.1.1 (4 pontos), 1.1.2 (6), 1.2 (6), 1.3 (6), 1.4 (5), 2.1 (6), 2.2 (6), 2.3 (6), 3.1 (3), 3.2.1 (4.5), 3.2.2 (4), 3.2.3 (6.5), 4.1 (5), 4.2 (5), 5 (15), 6.1 (6), 6.2 (6), totalizando 100 pontos.

1. Dois carros, A e B, entram numa corrida, numa pista horizontal e recta, de 2000 m de comprimento. O carro A, de 1200 kg de massa, parte com 5.0 segundos de avanço sobre o carro B. Cada condutor mantém constante a aceleração do seu carro durante os primeiros 10 segundos do movimento. Depois, terá de manter constante a leitura do velocímetro, carregando no acelerador apenas o suficiente para anular as perdas do atrito. O carro A atinge a velocidade de  $144 \text{ km h}^{-1}$  ao fim dos 10 primeiros segundos de movimento. O carro B, depois de atingir a velocidade constante, percorre o espaço entre duas marcas na pista, distantes de 100 m, em 2.0 segundos.

1.1 — Calcule:

1.1.1 — a aceleração de cada carro durante o percurso;

1.1.2 — o intervalo de tempo que decorre entre a chegada à meta dos dois carros.

1.2 — Determine o coeficiente de atrito entre o carro A e a estrada, sabendo que, se durante o período em que a velocidade é constante, o condutor deste carro tirasse o pé do acelerador, sem travar, o carro pararia ao fim de 400 m (considere que todo o atrito no movimento do carro é com a estrada).

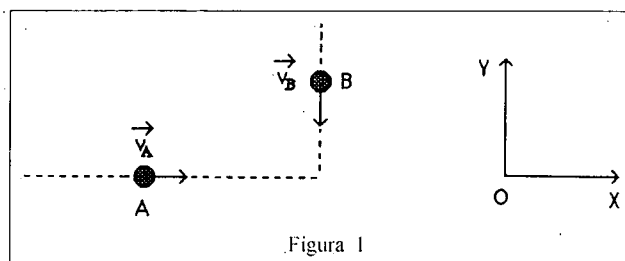
1.3 — Admitindo que 40% da energia consumida pelo motor do carro A é perdida por atrito, calcule a potência desenvolvida por aquele motor, no instante em que A atinge a velocidade máxima.

1.4 — Considere, agora, que a pista de 2000 m é, não rectilínea, mas circular de 400 m de raio. Calcule a aceleração do carro A, no período em que o velocímetro indica  $144 \text{ km h}^{-1}$ .

2. Dois discos, A e B, de massas iguais, movem-se sem atrito, numa mesa horizontal, com velocidades:

$$\vec{v}_A = 4.0 \vec{u}_x \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

$$\vec{v}_B = -2.0 \vec{u}_y \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$



Num dado instante sofrem uma colisão, após a qual o disco B se move com a velocidade:

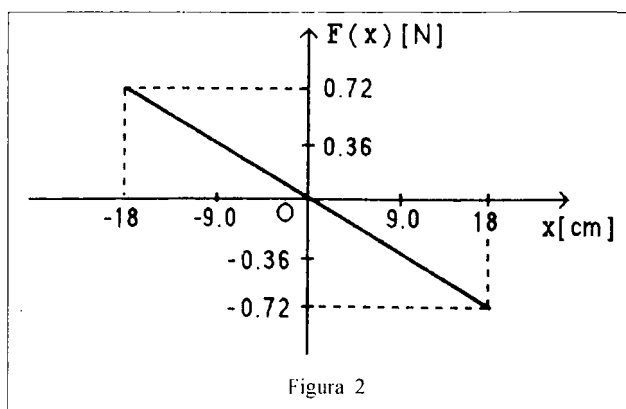
$$\vec{v}'_B = 2.0 \vec{u}_x \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

2.1 — Determine a velocidade do disco A, após a colisão.

2.2 — Mostre que, no processo considerado, não houve conservação da energia cinética de translação do sistema.

2.3 — Uma fracção da energia cinética de translação perdida foi convertida, entre outras, em energia cinética de rotação. Sabendo que a variação do momento angular de A (devida à colisão) relativamente a um dado ponto fixo, foi de  $2.0 \times 10^{-2} \vec{u}_z \text{ [kg m}^2 \text{ s}^{-1}\text{]}$ , calcule a variação do momento angular do disco B, relativamente ao mesmo ponto.

3. Uma partícula de 2.5 g de massa move-se, segundo OX (entre os pontos  $x = -18 \text{ cm}$  e  $x = 18 \text{ cm}$ ), sob a acção de uma força  $\vec{F} = F(x) \vec{u}_x$ . A lei de variação de  $F(x)$  com a coordenada da partícula está representada graficamente na figura 2.



O vector posição da partícula em qualquer instante  $t$ , relativamente à origem do referencial,  $O$ , é:

$$\vec{r}(t) = x_m \text{sen}(\omega t + \phi) \vec{u}_x \quad [\text{SI}].$$

3.1 — Dê um exemplo de um sistema físico que realize a descrição apresentada.

3.2 — Sabendo que, no instante  $t=0$ , a partícula se encontra no ponto de abcissa  $x = 18$  cm, determine:

3.2.1 — os valores de  $x_m$ ,  $\omega$  e  $\phi$ ;

3.2.2 — a expressão da velocidade,  $v(t)$ . Trace o gráfico de  $v(t)$  em função do tempo, no intervalo  $[0; T/2]$ , onde  $T$  designa o período do movimento.

3.2.3 — o trabalho realizado por  $F(x)$  quando a partícula se desloca entre os pontos  $x=0$  e  $x=18$  cm. Verifique que este trabalho é igual à variação da energia cinética da partícula, quando esta se desloca entre as posições referidas.

4. Uma esfera de  $1.0 \times 10^{-7} \text{ m}^3$  de volume e massa volúmica  $5.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ , move-se no seio de um líquido de massa volúmica  $1.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ . A força de atrito,  $\vec{F}_a$ , que o líquido exerce sobre a esfera, é proporcional, em qualquer instante, à velocidade,  $\vec{v}$ , com que a esfera se move:

$$\vec{F}_a = -6.0 \times 10^{-1} \vec{v} \quad [\text{SI}].$$

4.1 — Calcule, em função de  $\vec{v}$ , a resultante das forças a que a esfera fica sujeita no interior do líquido, durante o seu movimento descendente.

4.2 — No seu movimento, a esfera acaba por atingir uma velocidade constante. Determine o valor dessa velocidade.

5. Um feixe de protões desloca-se, com velocidade constante,  $\vec{v}$ , segundo  $OX$ . As partículas atravessam, sucessivamente, duas regiões, I e II, caracterizadas do seguinte modo:

- em I, existe um campo magnético,  $\vec{B}_1$ ;
- em II, coexistem um campo magnético,  $\vec{B}_2$ , e um campo eléctrico,  $\vec{E} = E \vec{u}_y$ .

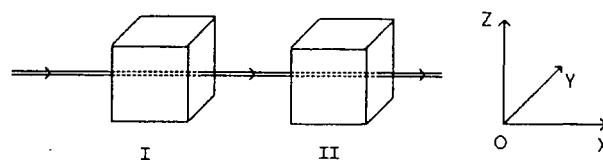


Figura 3

Todos os campos são uniformes nas regiões em que foram definidos e anulam-se fora delas. A interacção gravítica não é significativa.

Quais as condições a que devem obedecer os campos  $\vec{B}_1$  e  $\vec{B}_2$  para que o feixe não sofra qualquer perturbação no seu movimento, enquanto atravessa as regiões I e II? Se em vez de um feixe de protões, fosse um feixe de electrões, as condições estabelecidas manter-se-iam?

6.6.1 — Os dois recipientes, A e B da figura 4, separados por uma parede estanque e amovível, contêm ambos o mesmo gás perfeito.

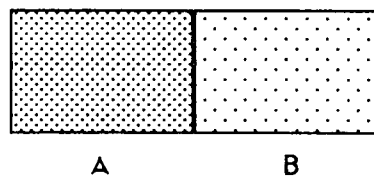


Figura 4

Os valores do volume ocupado pelo gás e da pressão e temperatura a que este se encontra, em cada um dos recipientes são:

$$V_A = V_B;$$

$$P_A = 2 P_B = 4.8 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$$

$$T_A = T_B.$$

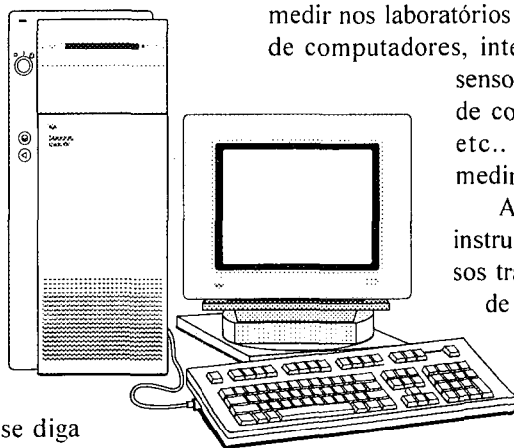
Num dado instante é retirada a parede de separação entre os dois recipientes. Sabendo que não se verifica alteração da temperatura do sistema, determine o valor da pressão depois de atingido o equilíbrio.

6.2 — Mantendo constantes o volume e a temperatura de qualquer gás, a pressão aumenta com o número de partículas existentes no recipiente que o contém. Dê uma interpretação cinética deste comportamento.

## APRENDER FÍSICA COM O COMPUTADOR: "MIND'S ON" ... & "HAND'S ON"

Hoje há computadores por todo o lado. Mas, apesar de tudo quanto já foi feito para banalizar a utilização de computadores no ensino, ainda estamos longe de tal acontecer. São várias as razões para esse facto: a dificuldade de criação e gestão de novos espaços escolares que tenham algo mais do que cadeiras, mesas e quadros; a insuficiente familiarização dos professores com o computador; a dificuldade de gerir as actividades dos alunos em salas com muitos computadores... ou com poucos; a insuficiente difusão de software de qualidade; as dificuldades de integração de actividades com os computadores nos currículos; a desconfiança de alguns professores em relação às potencialidades dos computadores; etc.

Passados mais de vinte anos sobre o início da utilização de computadores no ensino, está demonstrado que os computadores podem modificar *o modo como se ensina, o modo como se aprende* e até *aquilo que se ensina*. Mas é importante que se diga que o computador é apenas um recurso educativo. Um ambiente de aprendizagem é uma soma complexa de pessoas, recursos e estratégias. Por isso, só faz sentido pensar na influência de computadores no ensino quando se



tem em conta simultaneamente os vários componentes desse ambiente.

Nas páginas seguintes apresentam-se vários exemplos de utilização de computadores no ensino da Física. Muitas outros exemplos poderiam ser apresentados e sê-lo-ão nos próximos números da *Gazeta*.

É possível classificar essas utilizações do computador em três grandes grupos: o computador como *instrumento de medida*, o computador como *instrumento de cálculo e visualização* e o computador como *instrumento de comunicação*.

### O computador como instrumento de medida

Uma boa parte das grandezas físicas que é necessário medir nos laboratórios escolares pode sê-lo com o auxílio de computadores, interfaces e sensores adequados. Há sensores para medir forças, intensidades de corrente eléctrica, tempos, posições, etc.. É possível obter sensores para medir praticamente qualquer grandeza.

A utilização do computador como instrumento de medida difere dos processos tradicionais, principalmente no facto de o computador permitir a visualização imediata dos dados — fica assim facilitada a interpretação. É já relativamente barato equipar laboratórios escolares com sensores, interfaces e computadores.

Este tipo de utilização do computador está já generalizado nos laboratórios de investigação.

### O computador como instrumento de cálculo e visualização

Calcular é a "especialidade" do computador. Graças ao poder de cálculo do computador, é possível resolver numericamente problemas complexos... ou simples mas que envolvem cálculos repetitivos. E os resultados podem ser facilmente visualizados.

### O computador como instrumento de comunicação

Finalmente, mas não por último, o computador é um poderoso instrumento de comunicação. O correio electrónico, as redes de computadores, a publicação electrónica, etc., estão a substituir os processos tradicionais de comunicação.

*Com um computador, pode-se aprender Física "mind's on" e "hand's on"...*

Este é o primeiro número de uma nova secção regular da *Gazeta*. A nova secção, coordenada por Vitor Duarte Teodoro, está aberta à colaboração de todos os leitores da *Gazeta*. "Física... com o computador" procurará divulgar a utilização de computadores no ensino e na aprendizagem da Física, quer a nível do ensino secundário quer a nível do ensino superior. Qualquer contribuição, que não deverá exceder duas páginas da revista, poderá ser enviada para

Vitor Duarte Teodoro  
Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)  
2825 Monte de Caparica

Para entrar em contacto com o coordenador da secção, pode escrever para a morada acima indicada, utilizar o fax (01-2941005), o tel. (01-2954464, ext. 0410) ou, preferencialmente, o correio electrónico (vdt@mail.fct.unl.pt).

Todos os artigos não assinados são da responsabilidade do coordenador.



## O computador no laboratório: uma nova forma de medir grandezas físicas

Uma das mais “famosas” utilizações do computador como instrumento de medida e, simultaneamente, de representação gráfica é o uso do sensor de movimento (sensor de ultra-sons). Com este sensor é possível determinar a distância de um objecto móvel (a aluna da figura, por exemplo) ao sensor. Uma actividade típica consiste em tentar reproduzir um certo gráfico, movendo o corpo. Os gráficos surgem, deste modo, como representações de situações “vivas” pelos próprios alunos.

A versatilidade do computador como instrumento de medição e representação é bem visível na segunda fotografia. É possível obter representações das medidas, escrever notas sobre as experiências, mostrar representações múltiplas, utilizar janelas que funcionam como osciloscópios, construir automaticamente tabelas de resultados, formular modelos a partir dos dados, comparar os modelos com os pontos experimentais, etc.

## Simulação: ver com os olhos o que a “cabeça” inventa

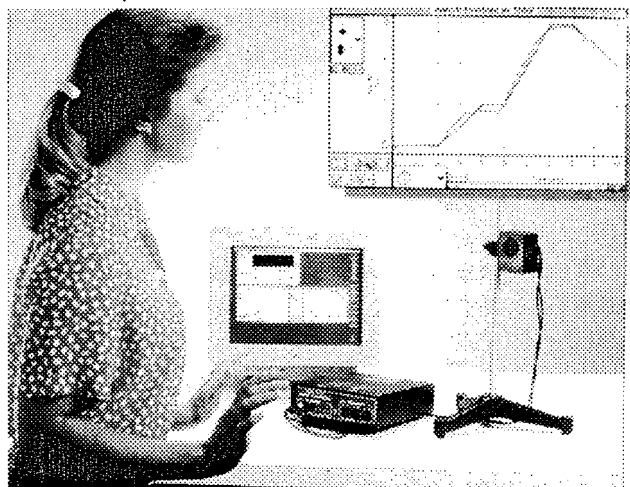
Uma simulação é uma representação simplificada da realidade. A utilização educacional de simulações apresenta quatro características:

- presença de um modelo formal, manipulável;
- presença de objectivos de aprendizagem (como, por exemplo, conhecimento conceptual ou operacional);
- prática de processos específicos de aprendizagem, tais como a geração e avaliação de hipóteses;
- actividade do aluno (os alunos podem manipular o modelo).

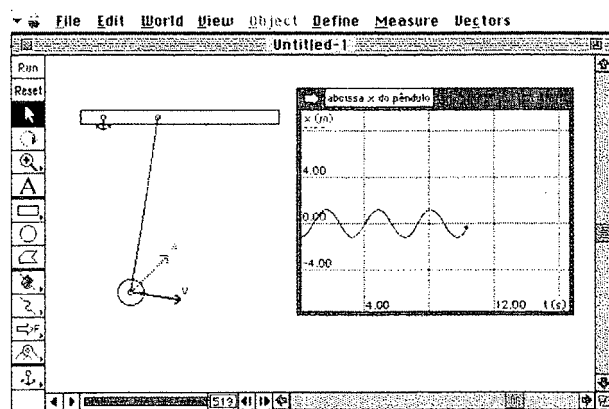
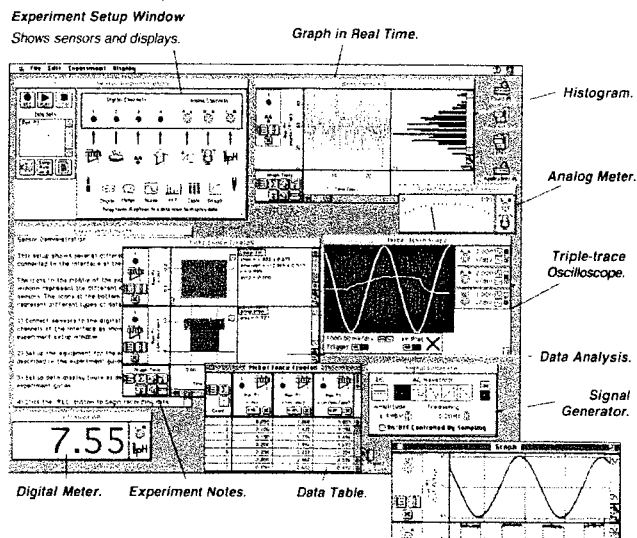
Desde os anos 70 que a utilização de simulações é uma das modalidades mais difundidas da utilização de computadores. Tem-se, no entanto, verificado uma assinalável evolução do software de simulação, desde os programas “simples” escritos em BASIC ou noutra linguagem até aos actuais ambientes de simulação com um interface gráfico baseado em menus, janelas, ícones e manipulação directa de objectos.

Os programas mais recentes de simulação permitem que o utilizador concentre a sua análise exclusivamente sobre os aspectos físicos dos fenómenos em estudo, sem se preocupar com os aspectos relacionados com a tecnologia da simulação.

Alguns autores são fortemente críticos da utilização de simulações computacionais. As críticas são, em geral, pertinentes, em particular se *toda* a aprendizagem da Física for baseada na simulação de fenómenos sem qualquer interacção com a realidade.



Fotos: PASCO



Uma simulação do movimento de um pêndulo realizada com o programa “Interactive Physics”. Esta simulação permite ver em simultâneo o movimento do pêndulo, os vectores velocidade e aceleração e do gráfico da abscissa em função do tempo.

## Usar uma linguagem de programação para aprender Física: um exemplo no ensino secundário

As linguagens de programação são, em geral, difíceis de aprender. Mas, com um pequeno número de instruções (não mais do que 1%! ) é já possível explorar relações matemáticas e conceitos físicos.

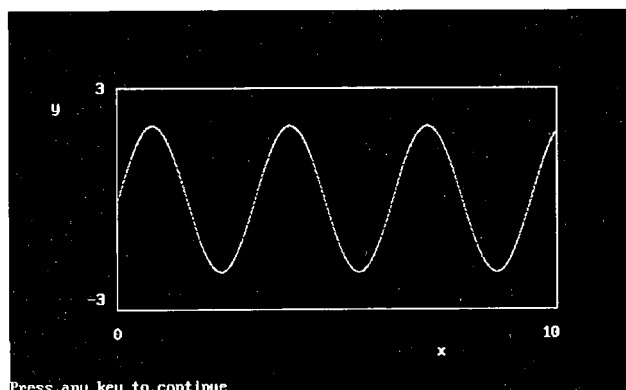
O exemplo ao lado mostra um pequeno programa que coloca uma “onda” a progredir no ecrã. Apenas o “ciclo” FOR... NEXT (um cálculo repetitivo) é Física. Praticamente tudo o resto pode ser feito copiando de um programa para outro. A linguagem de programação utilizada neste programa (QBasic) vem com todos os computadores pessoais (está na directoria DOS) e sem grande esforço permite investigar interactivamente um sem número de relações matemáticas que, de outro modo, não passam de equações “estáticas” no papel.

Experimente copiar o programa, executá-lo (“RUN”) e explorar diferentes valores para “v”, para “A”, para “omega”, etc. Analise as diferenças...

```
REM Movimento ondulatorio
REM dados
v = 1
A = 2
omega = 2
phi = 0
dt = .01
v = 1
tmax = 10
escala = 3
xmax = v * tmax

REM janela para graficos
SCREEN 12
VIEW (100, 200)-(500, 400), 0, 2
WINDOW (0, -escala)-(xmax, escala)
LOCATE 28, 50: PRINT "x"
LOCATE 14, 6: PRINT "y"
LOCATE 27, 12: PRINT 0: LOCATE 27, 61: PRINT xmax
LOCATE 25, 10: PRINT -escala: LOCATE 13, 10: PRINT escala

REM ciclo em t (tempo)
FOR t = 0 TO tmax STEP dt
    x = v * t
    y = A * SIN(omega * t + phi)
    PSET (x, y)
NEXT t
```



## Usar uma linguagem de programação para aprender Física: um exemplo no ensino superior

Até há pouco, era praticamente impossível tirar qualquer proveito de métodos numéricos no ensino da Física a nível do 1.º ano do ensino superior. Com um computador, pode-se explorar um sem número de ideias da Física, utilizando apenas o método de integração de Euler. O exemplo ao lado mostra como se pode analisar o movimento harmónico simples, calculando o valor da força resultante e da aceleração num certo instante (a “lei de força” é a lei de Hooke,  $F = -kx$ ), calculando em seguida o valor da velocidade no instante seguinte e, depois, calculando o valor da posição também no instante seguinte. Com estes cálculos repetitivos, obtém-se uma solução numérica para a equação do movimento de uma partícula submetida a uma força elástica.

Neste programa está-se, na realidade, a resolver a equação diferencial

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$$

que resulta da combinação das equações  $dx/dt = v$ ,  $dv/dt = a$ ,  $a = F/m$  e  $F = -kx$ .

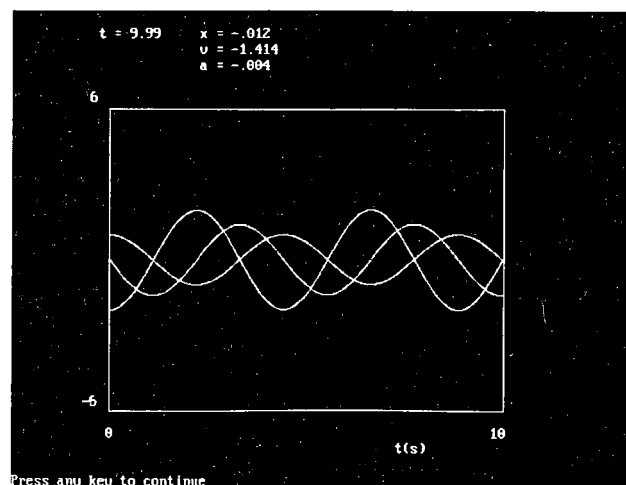
No ecrã, além da representação gráfica de  $a(t)$ ,  $v(t)$  e  $x(t)$ , apresentam-se também os valores numéricos destas grandezas de 0,01 s em 0,01 s.

Experimente investigar o que sucede com diferentes valores de  $k$ .

```
REM NMS em QBasic (metodo de Euler)
REM dados
m = 1
k = 2
dt = .01
x = 1
v = 0
tmax = 10
escala = 6

REM janela para graficos
SCREEN 12
VIEW (100, 100)-(500, 400), 0, 2
WINDOW (0, -escala)-(tmax, escala)
LOCATE 28, 50: PRINT "t(s)"
LOCATE 27, 12: PRINT 0: LOCATE 27, 61: PRINT tmax
LOCATE 25, 10: PRINT -escala: LOCATE 6, 10: PRINT escala

REM ciclo em t
FOR t = 0 TO tmax STEP dt
    a = -k * x / m
    v = v + a * dt
    x = x + v * dt
    PSET (t, x), 5: LOCATE 2, 25: COLOR 5: PRINT USING "x = ###.##"; x
    PSET (t, v), 6: LOCATE 3, 25: COLOR 6: PRINT USING "v = ###.##"; v
    PSET (t, a), 7: LOCATE 4, 25: COLOR 7: PRINT USING "a = ###.##"; a
    LOCATE 2, 12: PRINT USING "t = ###.##"; t
NEXT t
```

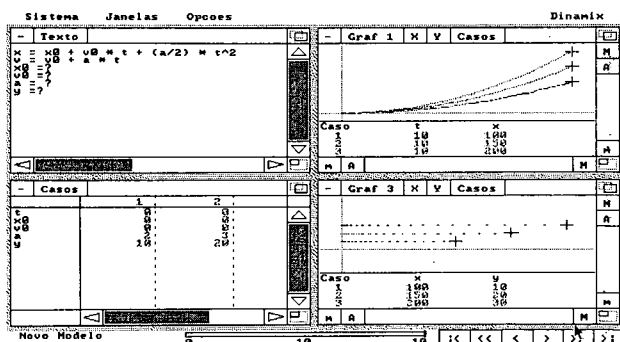


## Modelação: exprimir ideias matematicamente (um exemplo no ensino secundário)

Na página anterior apresentaram-se exemplos de modelação matemática de problemas físicos. Modelar é construir uma representação simplificada de uma situação física. Há software especialmente concebido para facilitar o processo de modelação. DINAMIX, disponível através do DEPGEF (Ministério da Educação), é um programa que o permite por mais do que um processo. Com o DINAMIX é possível construir modelos muito simples.

Na figura abaixo apresenta-se um modelo de um movimento com aceleração constante (movimento uniformemente acelerado). O modelo utiliza as expressões que relacionam a posição  $x$  com  $t$  e a velocidade  $v$  com  $t$ .

Consideram-se vários valores para o valor da aceleração  $a$ , e comparam-se as representações estroboscópicas dos vários movimentos. Para melhor visualização, os vários movimentos ocorrem em ordenadas diferentes.



Com pequenas alterações, é possível analisar movimentos de projecteis, de pêndulos, de ondas, etc.

Para alunos mais avançados, estes movimentos podem ser analisados através de equações diferenciais. Resolvendo equações diferenciais (basta escrevê-las... — é necessário saber o que representam e não como se resolvem!) abre-se todo um mundo até agora fora do alcance de quem não tinha um curso avançado de cálculo.

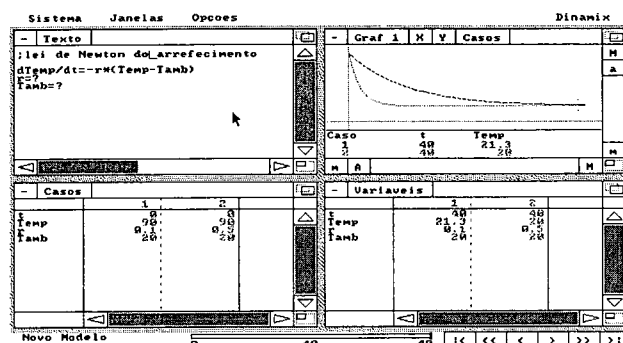
Por exemplo, um modelo de um oscilador é escrito em DINAMIX apenas do seguinte modo:

$$\begin{aligned} dx/dt &= v_x & k &= ? \\ dv_x/dt &= a_x & m &= ? \\ a_x &= -k*x/m \end{aligned}$$

## Modelação: exprimir ideias matematicamente (um exemplo no ensino superior)

Com o programa DINAMIX é possível analisar qualquer sistema que possa ser descrito por uma ou várias equações diferenciais (apenas equações diferenciais ordinárias).

Na figura abaixo apresenta-se um modelo da lei de Newton do arrefecimento. O modelo é expresso através de uma equação diferencial (“a rapidez com que a temperatura de um corpo diminui, quando está a arrefecer em contacto com o ambiente é directamente proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente —  $dT/dt = -r(T - T_{amb})$ ”). Neste exemplo, explora-se o significado da constante de proporcionalidade na evolução da temperatura do corpo. Que se pode concluir dos vários casos analisados para a constante “ $r$ ”?



### Onde adquirir software e hardware (sistemas para aquisição de dados)

O Projecto SoftCiências, apoiado pela Sociedade Portuguesa de Física, publicou vários títulos, entre os quais:

- “Energia”, “Electrão/Milikan”, “Óptica”, “FQ/Folha de Cálculo”, “Kepler”, “Movimento Relativo”.

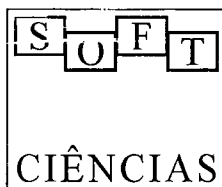
Contacto: Projecto SoftCiências, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 3000 Coimbra.

O Ministério da Educação, através do DEP-GEF, tem também alguns títulos publicados, nomeadamente:

- “Pêndulo gravítico”, “Analisador de circuitos RLC”, “Laboratório de Óptica Geométrica”, “Pace, programa de análise de circuitos eléctricos”, “Dinamix”, “Galileo”, “Faraday”, “Jogos de Funções”.

Contacto: DEP-GEF: Av. 24 de Julho 134, 2º, 1350 LISBOA, tel: 01-3913000 ext 205 ou 206.

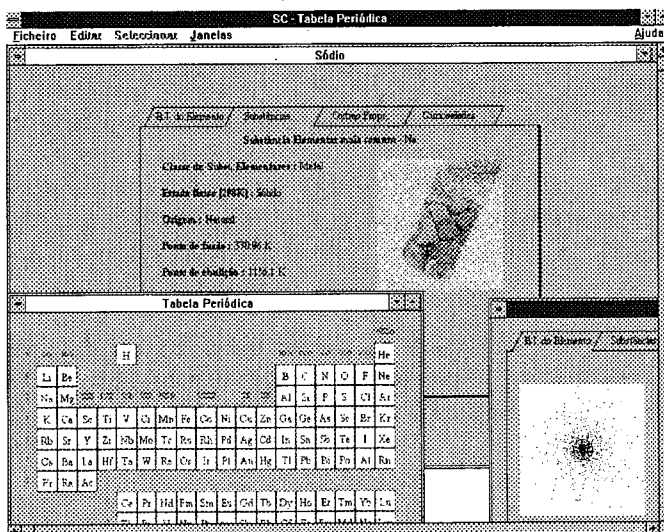
A empresa Unilaser representa o material PASCO em Portugal e vende o programa “Interactive Physics” (Mac e Windows). Contacto: Unilaser, Av. Aliança Povo-MFA, Parque Tecnológico, 2800 Almada, tel 01-276 0337, fax 01-2748383.



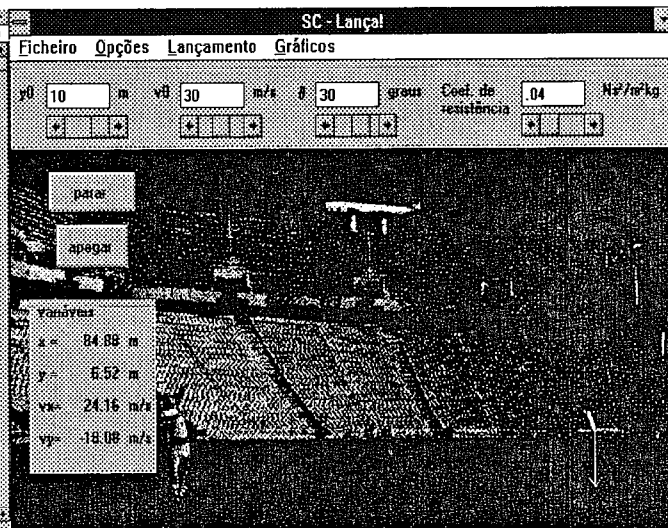
*Ação Comum das:*

- Sociedade Portuguesa de Física
- Sociedade Portuguesa de química
- Sociedade Portuguesa de Matemática

*Para a produção de software educativo*



Programa Tabela Periódica



Programa Lança!

- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 1. GALILEO             | Uma viagem espacial              |
| 2. JOGOS QUÍMICOS      | Jogo das Substâncias e Adivinhas |
| 3. KEPLER              | O céu na nossa mão               |
| 4. LECHAT              | Simulações em equilíbrio químico |
| 5. ÓPTICA              | Banco de óptica no computador    |
| 6. FQ-FOLHA DE CÁLCULO | Programas em "Excel"             |
| 7. ENERGIA             | A gestão da energia na Terra     |
| 8. FRACTAIS            | Um mundo de imagens matemáticas  |
| 9. MILLIKAN            | Meça a carga do electrão         |
| 10. RELATIVO           | Relatividade para todos          |

### PUBLICAÇÃO DE MAIS TRÊS PROGRAMAS:

Primeiros programas para Windows

- |                      |  |
|----------------------|--|
| 11. TABELA PERIÓDICA | Tudo sobre elementos                                       |
| 12. LANÇA!           | Projecteis: Lançamento do dardo no computador              |
| 13. JOGO DAS COISAS  | Jogos de fazer pensar (para todos os grupos disciplinares) |

Vídeo: GALILEO e KEPLER (15 m em VHS)

Solicite já os seus programas para:

Softciências  
SPF — Departamento de Física  
Universidade de Coimbra  
3000 COIMBRA

Versões para IBM - PC

Envie cheque no valor de 2500\$00 por cada programa com o respectivo manual (2000\$00 para Sócios da SPF, SPQ ou SPM) e 2000\$00 para o vídeo (1500\$00 para os Sócios da SPF, SPQ ou SPM). O preço inclui os portes de correio.

**Próximos programas: Ângulos / Fluidos / Ajuda para testes**

# SISTEMAS TERMODINÂMICOS SIMPLES EM CONTACTO TÉRMICO E MECÂNICO

PEDRO BROGUEIRA e JORGE DIAS DE DEUS

Departamento de Física, IST, 1096 Lisboa Codex

*Neste artigo discute-se de forma elementar a questão do equilíbrio termodinâmico entre gases em contacto através de uma parede, em particular no caso da parede transmitir trabalho e não transmitir calor. Mostra-se que neste último caso, as condições de equilíbrio não são suficientes para determinar o estado final do sistema, uma vez caracterizada a situação inicial, em consequência de se efectuar uma restrição sobre uma quantidade que não corresponde a uma função de estado ( $\delta Q = 0$ ).*

## 1 — Introdução

Vamos discutir a questão do equilíbrio termodinâmico entre dois sistemas simples, dois gases inertes, postos em contacto. Esse contacto poderá ser só térmico, envolvendo exclusivamente trocas de calor, só mecânico, com realização de trabalho, ou, mais geralmente, termodinâmico, com trocas de calor e de trabalho. Excluimos a possibilidade de interacções de outro tipo, como interacções químicas, pelo que manteremos sempre uma parede de separação que impeça passagem de material de um lado para outro. Supomos ainda que o conjunto dos dois sistemas,  $A \cup B$ , está termodinamicamente isolado, isto é, a parede exterior não transmite calor e é indeformável. A situação está esquematizada na Fig. 1.

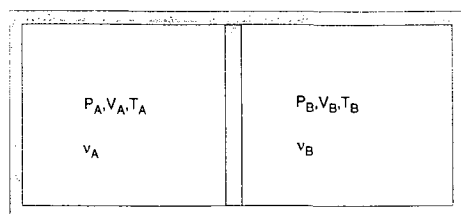


Fig. 1 — Sistema de dois gases ( $A$  e  $B$ ) isolados térmica e mecanicamente do exterior e separados por uma parede.

Independentemente das transformações efectuadas, o volume total ocupado pelos dois gases,  $V_t$  é constante e igual a

$$V_A + V_B = V_t, \quad (1)$$

O número total de moles,  $\nu_t$ , é constante e igual,

$$\nu_A + \nu_B = \nu_t. \quad (2)$$

Como o conjunto dos dois sistemas está isolado tem-se para as variações das respectivas energias internas

$$dU = dU_A + dU_B = 0. \quad (3)$$

Como o volume total é constante

$$dV = dV_A + dV_B = dV_t = 0. \quad (4)$$

A condição de equilíbrio termodinâmico escreve-se

$$dS = dS_A + dS_B = 0, \quad (5)$$

sendo  $S$  a entropia.

Pelo primeiro princípio da Termodinâmica, na vizinhança do equilíbrio,  $dU = TdS - pdV$  aplicado aos sistemas  $A$  e  $B$ , e fazendo uso de (3), (4) e (5), vem

$$dS = \left( \frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B} \right) dU_A + \left( \frac{P_A}{T_A} - \frac{P_B}{T_B} \right) dV_A = 0, \quad (6)$$

sendo  $T$  a temperatura e  $P$  a pressão.

Se não houver restrições a trocas de calor e trabalho entre os sistemas  $A$  e  $B$ , isto é, se a parede de separação for per-

Equilíbrio termodinâmico

Gases perfeitos

Contacto térmico e/ou mecânico

Situações de indeterminação do estado final

feitamente móvel e condutora de calor, a condição de equilíbrio termodinâmico (6) dá

$$\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{P_A}{T_A} - \frac{P_B}{T_B} = 0 \quad (7)$$

ou seja,

$$T_A = T_B = T, \quad (8)$$

$$P_A = P_B = P. \quad (9)$$

Se, internamente só houver possibilidade de trocas de calor, isto é, se a parede de separação for imóvel,

$$dV_A = dV_B = 0, \quad (10)$$

então, teremos simplesmente a condição de equilíbrio térmico,

$$T_A = T_B = T, \quad (11)$$

Se posteriormente a restrição (10) for levantada, o sistema evoluirá naturalmente para (8) e (9).

O limite oposto corresponde a supor que a parede de separação é completamente isoladora mas que se pode livremente deslocar. Recorrendo de novo ao primeiro princípio temos

$$dU_A = \delta Q_A - \delta W_A \quad (12)$$

$$dU_B = \delta Q_B - \delta W_B$$

representando  $\delta Q$  a troca de calor e  $\delta W$  o trabalho realizado. Como não há troca de calor vem

$$dU_A = -\delta W_A \quad (13)$$

$$dU_B = -\delta W_B$$

o que permite escrever a condição de equilíbrio (6) da forma

$$dS = \left[ -\left( \frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_B} \right) + \left( \frac{1}{T_A} - \frac{P_B/P_A}{T_B} \right) \right] P_A dV_A = 0 \quad (14)$$

com a solução

$$P_A = P_B = P \quad (15)$$

que traduz o equilíbrio mecânico. Se, posteriormente forem permitidas trocas de calor entre  $A$  e  $B$  o sistema evoluirá naturalmente para (8) e (9).

Mas será que o conhecimento das condições gerais de equilíbrio que acabamos de obter são suficientes para caracterizar o estado final do sistema, em função das variáveis termodinâmicas que caracterizam o estado ini-

cial do sistema? Neste artigo, vamos estudar o caso particular dos gases perfeitos, concluindo que a resposta a esta questão é em alguns casos negativa.

A discussão geral deste problema vem apresentada nas referências [1] e [2].

## 2 — O caso de Gases Perfeitos

Vamos ser mais precisos e considerar o caso em que os sistemas  $A$  e  $B$  são gases perfeitos, satisfazendo a equação  $pV = \nu RT$ , sendo  $R$  a constante dos gases perfeitos.

A característica essencial do gás perfeito que aqui nos interessa é a de a sua energia interna molar ser exclusivamente função da temperatura:

$$U(T, V) \xrightarrow{\text{gás perfeito}} U(T). \quad (16)$$

A equação de conservação da energia

$$U_A + U_B = U'_A + U'_B = \text{constante}, \quad (17)$$

atendendo a que

$$dU = \nu C_V dT \quad (18)$$

escreve-se agora

$$\nu_A T_A + (\nu_t - \nu_A) T_B = \nu_A T'_A + (\nu_t - \nu_A) T'_B \equiv \nu_t T \quad (19)$$

onde  $\nu_A$  é o número de moles do gás  $A$ ,  $C_V$  o calor específico a volume constante, supondo-se, para simplificar  $C_V \equiv C_{V_A} = C_{V_B}$ , e  $T$  a temperatura média do sistema  $AUB$ .

A análise das condições de equilíbrio e a definição do estado final, restringida ao caso dos gases ideais, é efectuada em analogia com o exposto na secção 1. A variação da entropia na passagem duma situação inicial ( $A, B$ ) para uma situação final ( $A', B'$ ) escreve-se, fazendo uso dum caminho reversível, isto é, em que

$$\delta Q = T dS \quad (20)$$

$$\delta W = p dV,$$

vindo

$$\Delta S \equiv S' - S = C_V \nu_A \ln \frac{T'_A}{T_A} + C_V (\nu_t - \nu_A) \ln \left( \frac{\nu_t T - \nu_A T'_A}{\nu_t T - \nu_A T_A} \right) \quad (21)$$

$$+ R \nu_A \ln \frac{V'_A}{V_A} + R (\nu_t - \nu_A) \ln \left( \frac{V_t - V'_A}{V_t - V_A} \right).$$

Em vez de trabalharmos com a variação da entropia utilizaremos a função exponencial da variação da entropia (as funções são qualitativamente semelhantes)

$$L = e^{\Delta S} = \left(\frac{T'_A}{T_A}\right)^{C_V v_A} \left(\frac{v_t T - v_A T'_A}{v_t T - v_A T_A}\right)^{C_V(v_t - v_A)} \left(\frac{V'_A}{V_A}\right)^{R v_A} \left(\frac{V_t - V'_A}{V_t - V_A}\right)^{R(v_t - v_A)} \quad (22)$$

Uma vez que os dados iniciais se supõem conhecidos,  $(v_A, V_A, T_A, v_B = v_t - v_A, V_B = V_t - V_A, T_B, v_t, V_t)$  ou seja  $(v_A, V_A, T_A, T, v_t, V_t)$ , a função  $L$  é realmente função de duas variáveis:  $T'_A$  e  $V'_A$ .

A variação  $dL$  escreve-se então

$$dL = L \left[ \left( \frac{C_V v_A}{T'_A} - \frac{C_V(v_t - v_A)v_A}{v_t T - v_A T'_A} \right) dT'_A + \left( \frac{R v_A}{V'_A} - \frac{R(v_t - v_A)}{V_t - V'_A} \right) dV'_A \right] \quad (23)$$

Vejamos então de novo as condições de equilíbrio resultantes das situações já anteriormente referidas:

I) *Os subsistemas A e B podem trocar calor e trabalho*

Da condição  $dL = 0$  vem, (23),

$$\begin{cases} \frac{1}{T'_A} - \frac{(v_t - v_A)}{v_t T - v_A T'_A} = 0 \\ \frac{v_A}{V'_A} - \frac{v_t - v_A}{V_t - V'_A} = 0 \end{cases} \quad (24)$$

ou seja,

$$T'_A = T'_B = T, \quad (25)$$

com  $T$  definido por (19), e, atendendo a que  $P'_A V'_A = v_A R T'_A$  e  $P'_B (V_t - V'_A) = (v_t - v_A) R T'_B$ ,

$$P'_A = P'_B = P. \quad (26)$$

É de notar que, de (26), se tira, em geral,

$$PV'_A = RT \left[ v_A \frac{T'_A}{T} \right] \\ P(V_t - V'_A) = RT \left[ (v_t - v_A) \frac{T'_B}{T} \right]$$

ou seja, somando estas equações e usando (19)

$$PV_t = v_t RT \quad \text{e} \quad \frac{v_A}{V'_A} \frac{T'_A}{T} = \frac{v_t}{V_t},$$

e ainda

$$PV_t = P'_A V_A + P'_B (V_t - V_A) \quad (27)$$

A pressão  $P$  é a pressão de todos os gases ocupando o volume total, à temperatura média  $T$ . Naturalmente que os resultados (25) e (26) coincidem com os resultados gerais anteriormente obtidos, (8) e (9), só que agora  $T$  e  $P$  estão calculados, pelas equações (19) e (27), e portanto o estado final do sistema está completamente determinado.

É fácil de verificar que a condição de equilíbrio corresponde, como deveria ser, a um máximo da entropia.

Na figura 2, observa-se o gráfico de  $L$ , em função das variáveis

$$\begin{aligned} \tau &\equiv T'_A/T \\ v &\equiv V'_A/V \end{aligned} \quad (28)$$

com  $V = v_A \times (V_t/v_t)$ . O máximo ocorre para  $\tau = v = 1$ .

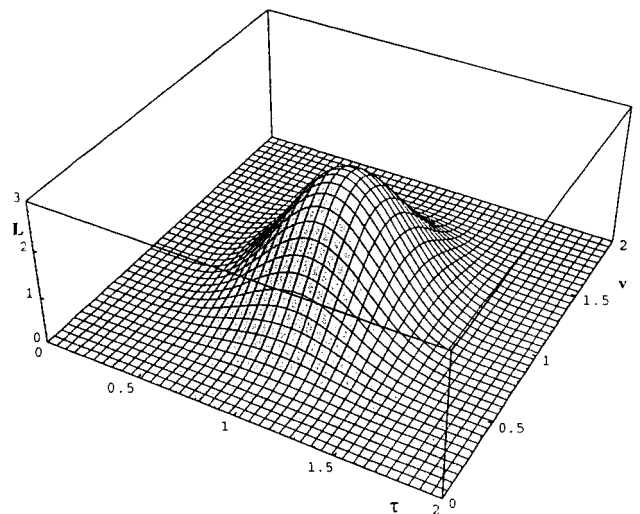


Fig. 2 — A função  $L = \exp(\Delta S)$  em função das variáveis  $\tau \equiv T'_A/T$  e  $v \equiv V'_A/V$ , com  $V = v_A V_t/v_t$ . O máximo absoluto de  $S$  ocorre para  $\tau = v = 1$ .

II) *Os subsistemas A e B só podem trocar calor*

É o caso em que a parede divisória está fixa. Então, como  $dV'_A = 0$  resta-nos, de (23), a condição

$$\frac{1}{V'_A} - \frac{v_t - v_A}{v_t T - v_A T'_A} = 0,$$

ou seja (25): atinge-se o equilíbrio térmico.

Na figura 3 mostram-se cortes da figura 2 em planos  $v = \text{const.}$ . O máximo ocorre para  $\tau = 1$ .

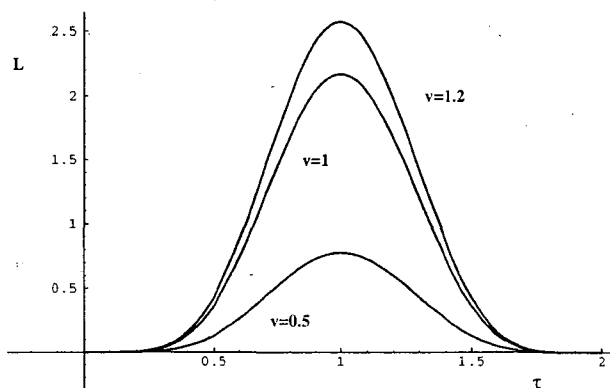


Fig. 3 — Transformações reversíveis a  $v = \text{constante}$ . (só há trocas de calor entre A e B). O máximo de entropia ocorre sempre para  $\tau = 1$ , isto é,  $T_A = T_B = T$ .

III) *Os subsistemas A e B não podem trocar calor mas podem transmitir trabalho*

As variáveis  $T'_A$  e  $V'_A$ , neste caso, não são independentes. De facto, como  $\delta Q_A = 0$ , vem

$$dU_A + \delta W_A = v_A C_V dT'_A + P'_A dV'_A = 0,$$

seja

$$dT'_A = -\frac{P'_A}{v_A C_V} dV'_A = -\frac{RT'_A}{C_V V'_A} dV'_A. \quad (29)$$

Temos então:

$$dL = L \left[ \left[ \frac{v_A C_V}{T'_A} - \frac{v_A (v_t - v_A) C_V}{v_t T - v_A T'_A} \right] + \left[ \frac{R v'_A}{V'_A} - \frac{R (v_t - v_A)}{v_t - v'_A} \right] \left( -\frac{C_V V'_A}{RT'_A} \right) \right] dT'_A = 0 \quad (30)$$

Recorrendo às relações

$$R \frac{v'_A}{V'_A} = P'_A / T'_A \quad \text{e} \quad R \left( \frac{v_t - v_A}{v_t - v'_A} \right) = P'_B / T'_B \quad (31)$$

segue-se

$$dL = LC_V v_A \left[ \left[ \frac{1}{T'_A} - \frac{v_t - v_A}{v_t T - v_A T'_A} \right] - \left[ \frac{1}{T'_A} - \frac{P'_B / P'_B (v_t - v_A)}{v_t T - v_A T'_A} \right] \right] dT'_A = 0 \quad (32)$$

e, portanto,

$$P'_A = P'_B = P, \quad (33)$$

com  $P$  dado por (27).

O equilíbrio traduz-se pela igualdade das pressões, como previsto. É fácil de verificar que se trata de um máximo da entropia.

Substituindo (33) nas equações de estado temos ainda as relações

$$\frac{V_t}{v_t} \frac{v_A}{V'_A} \frac{T'_A}{T} = \frac{V_t}{v_t} \frac{v_t - v_A}{V_t - V'_A} \frac{T'_B}{T} = 1. \quad (34)$$

As equações (33) e (34) não chegam para fixar completamente o estado final do sistema.

Na figura 4 mostram-se cortes da figura 2 por planos  $\frac{C_V}{R} \tau + v = \text{const.}$ . O máximo ocorre sempre para  $\tau/v = 1$  (Eq. 34).

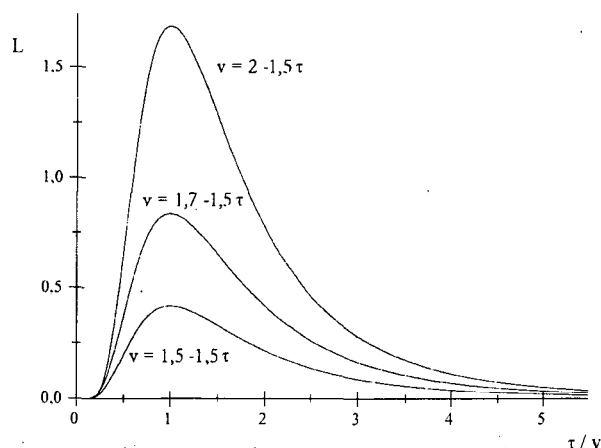


Fig. 4 — Transformações reversíveis em que não há trocas de calor entre A e B ( $\delta Q = 0$ , isto é,  $\frac{C_V}{R} \tau + v = \text{const.}$ ). O máximo de entropia ocorre sempre para  $\tau/v = 1$ , isto é,  $P_A = P_B = P$ .

### 3 — Discussão

Façamos um resumo dos resultados a que chegámos. Temos dois sistemas simples em contacto termodinâmico que se supõe poderem ser caracterizados por equações de estado

$$\begin{aligned} f(V_A, P_A, T_A) &= 0 \\ f(V_B, P_B, T_B) &= 0 \end{aligned} \quad (35)$$

Consideremos, de novo, as três transformações já vistas, e que correspondem às seguintes situações de equilíbrio:

$$I) P'_A = P'_B = P, \quad T'_A = T'_B = T \quad (36)$$

Daqui resulta que, devido a (35),  $V'_A$  e  $V'_B$  ficam determinados.



$$\text{II) } T'_A = T'_B = T \text{ com } V_A = \text{const.}, V_B = \text{const.} \quad (37)$$

Resulta, novamente devido a (35), que  $P'_A$  e  $P'_B$  ficam determinados.

$$\text{III) } P'_A = P'_B = P \text{ com } \delta Q_A = \delta Q_B = 0. \quad (38)$$

Neste caso as equações (35) não chegam para determinar o problema. Tal é, à primeira vista, estranho.

Qual é então a diferença essencial entre o caso II), equação (37), que é determinado e o caso III), equação (38), que não é determinado? No caso II) há um constrangimento,  $dV_A = dV_B = 0$ , que fixa o valor da função de estado  $V$ . No caso III), o constrangimento é feito sobre as trocas de calor  $\delta Q_A$  e  $\delta Q_B$ , e nenhuma variável de estado do sistema é fixada.

De facto, no caso III), as condições a impor são a condição (3),

$$dU = dU_A + dU_B = 0 \quad (39)$$

e a condição

$$\delta Q_A + \delta Q_B = 0. \quad (40)$$

De (39) e (40) resulta, tendo em conta o 1.º princípio da Termodinâmica,

$$\delta W_A + \delta W_B = 0. \quad (41)$$

Nada é dito sobre o valor de  $\delta W_A$  (ou  $\delta W_B$ ). As condições (39) e (40), juntamente com a função de estado, só fixam o valor da pressão  $P$  de equilíbrio, equação (27).

O que é que se passa na vizinhança do equilíbrio? Escrevendo,

$$PV_t = PV'_A + P(V_t - V'_A), \quad (42)$$

que é um caso particular de (27), vem, na vizinhança de  $P, V'_A$

$$PV_t = (P + dP'_A)(V'_A + dV'_A) + (P + dP'_B)((V_t - V'_A) - dV'_A) \quad (43)$$

ou seja,

$$dP'_A V'_A + dP'_B (V_t - V'_A) = 0 \quad (44)$$

Por outro lado, da equação de estado dos gases perfeitos, temos

$$\begin{aligned} dP'_A V'_A + PdV'_A &= v_A R dT'_A \\ dP'_B (V_t - V'_A) - PdV'_A &= (v_t - v_A) R dT'_B \end{aligned} \quad (45)$$

As equações (45), em combinação com (44), traduzem a conservação de energia, equação (3).

Voltado à equação (41), a única coisa que podemos dizer é que, supondo que  $P_A > P_B$ ,

$$0 \leq \delta W_A \leq P_A dV_A \quad (46)$$

Podemos então considerar os dois limites de (46), i) e ii):

$$\text{i) } \delta W_A = \delta W_B = 0$$

Vem então que

$$v_A C_V dT'_A = (v_t - v_A) C_V dT'_B = 0 \quad (47)$$

e, de (45),

$$\begin{aligned} dP'_A V'_A &= -PdV'_A \\ dP'_B (V_t - V'_A) &= PdV'_A \end{aligned} \quad (48)$$

A expressão total exercida sobre a parede de separação é:

$$dP'_A - dP'_B = -P \left( \frac{1}{V'_A} + \frac{1}{V_t - V'_A} \right) dV'_A. \quad (49)$$

$$\text{ii) } \delta W_A = PdV'_A$$

Vem então

$$\begin{aligned} v_A C_V dT'_A &= -PdV'_A \\ (v_t - v_A) C_V dT'_A &= PdV'_A, \end{aligned} \quad (50)$$

ou seja

$$\begin{aligned} dP'_A V'_A &= -(1 + R/C_V) PdV'_A \\ dP'_B (V_t - V'_A) &= +(1 + R/C_V) PdV'_A. \end{aligned} \quad (51)$$

A pressão total sobre a parede é

$$dP'_A - dP'_B = -P(1 + R/C_V) \left( \frac{1}{V'_A} + \frac{1}{V_t - V'_A} \right) dV'_A \quad (52)$$

Tanto no caso (49) como no caso (52) temos forças a actuar que são proporcionais, mas de sinal oposto, ao deslocamento. Isto é, temos uma força de restituição de que resultam oscilações em torno da posição de equilíbrio  $P'_A = P'_B = P$ .

Porém, tal como acontece com qualquer pêndulo ou mola, não há oscilações que se mantenham indefinidamente. O sistema amortece por dissipação de energia mecânica. É essa dissipação, com transferência de energia mecânica da parede em movimento para os gases  $A$  e  $B$ , que argumentos gerais de termodinâmica não permitem calcular, e que, em última análise, impede determinar qual a posição da parede no equilíbrio.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] TISZA, L. — *Generalized Thermodynamics*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England, 1966.
- [2] CALLEN, H. — *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, John Wiley & Sons, New York, 1960-1985.
- [3] CURZON, A. E. — *Amer. Jour. Phys.* **37**, 404 (1969).
- [4] LEFF, H. — *Amer. Jour. Phys.* **38**, 546 (1970).
- [5] CURZON, A. E.; LEFF, H. S. — *Amer. Jour. Phys.* **47**, 38 (1979).
- [6] HOOVER, W.; MORAN, B. — *Amer. Jour. Phys.* **47**, 857 (1979).

## O que há de novo?

### Sistema de Unidades de Medida Legais

*Em face da recente aprovação de legislação sobre o sistema de unidades a vigorar em Portugal, transcreve-se aqui alguns excertos do diploma, que poderão interessar aos nossos leitores (1).*

#### Preâmbulo

“Portugal adoptou o sistema métrico decimal em meados do século XVIII, conquanto tenham continuado a subsistir as medidas aprovadas pela Lei de Almeirim de 26 de Janeiro de 1575, que em 1814 foram adaptadas ao sistema métrico.

Após a adopção do sistema métrico, tendo por base o metro legal de França, pelo Decreto de 13 de Dezembro de 1852, Portugal acompanhou os progressos daquele sistema, encontrando-se entre os 17 Estados signatários da Convenção do Metro, assinada em Paris em 20 de Maio de 1875, Convenção esta que veio a ser ratificada pela Lei de 19 de Abril de 1876.

Em 19 de Abril de 1911, são determinadas como padrões legais das unidades de comprimento e massa as cópias nº 10 dos padrões protótipos aprovados pela 1.ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (1889) e, em 20 de Abril de 1911, definido o quadro das medidas legais. Finalmente, a Lei n.º 1850, de 5 de Março de 1926, aprova a Convenção do Metro e o regulamento anexo, entretanto alterados pela 6.ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (1921).

Desde então o sistema evoluiu para o sistema internacional de unidades estabelecido na 11.ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (1960) e este sofreu, por sua vez, várias alterações, que, contrariamente ao que os outros Estados membros foram sucessivamente fazendo, Portugal não integrou, muito embora se tenha mantido ininterruptamente Estado membro da Conferência Geral de Pesos e Medidas.

Na sequência das resoluções da 19.ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (1991) e em harmonia com as Directivas do Conselho n.ºs 80/181/CEE, de 20 de Dezembro de 1979, 85/1/CEE, de 18 de Dezembro de 1984, e 89/617/CEE, de 27 de Novembro de 1989, impõe-se agora voltar a actualizar a legislação relativa a unidades de medida, sendo, naturalmente, conveniente fazê-lo num único diploma que condense todas as disposições pelas quais esta matéria se deve reger.

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

**Procurar-se-á também efectuar uma cobertura selectiva do noticiário que vai aparecendo numa série de revistas de actualidade.**

A experiência existente determina que seja dado sentido prático à realização física das unidades de medida, o que se articula com os instrumentos já realizados e em curso no Laboratório Central de Metrologia do Instituto Português de Qualidade. Daí a oportunidade de cometer a este organismo do Ministério da Indústria e Energia a competência para aprovar os padrões legais.”

#### Artigos do diploma

**1.º Sistema de Unidades de Medida legais:** o sistema de unidades de medida legais em todo o território nacional é o designado pela Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) como Sistema Internacional de Unidades (SI). **2.º Indicações suplementares;** **3.º Utilização excepcional de outras unidades de medida;** **4.º 1 - Domínios abrangidos:** as obrigações decorrentes dos artigos anteriores referem-se aos instrumentos de medição utilizados, às medidas efectuadas e às unidades de grandeza expressas em unidades de medida, no circuito económico, nos domínios da saúde e da segurança pública e nas operações de natureza administrativa. **5.º Padrões;** **6.º Fiscalização;** **7.º 1 - Contra-ordenações.**

#### Prefixos e seus símbolos que servem para designar certos múltiplos e submúltiplos decimais (2):

Factor	Prefixo	Símbolo	Factor	Prefixo	Símbolo
10 <sup>24</sup>	yotta	Y	10 <sup>-1</sup>	deci	d
10 <sup>21</sup>	zetta	Z	10 <sup>-2</sup>	centi	c
10 <sup>18</sup>	exa	E	10 <sup>-3</sup>	mili	m
10 <sup>15</sup>	peta	P	10 <sup>-6</sup>	micro	μ
10 <sup>12</sup>	tera	T	10 <sup>-9</sup>	nano	η
10 <sup>9</sup>	giga	G	10 <sup>-12</sup>	pico	p
10 <sup>6</sup>	mega	M	10 <sup>-15</sup>	fento	f
10 <sup>3</sup>	quilo	k	10 <sup>-18</sup>	ato	a
10 <sup>2</sup>	hecto	h	10 <sup>-21</sup>	zepto	z
10 <sup>1</sup>	deca	da	10 <sup>-24</sup>	yocto	y

Os nomes e os símbolos dos múltiplos e submúltiplos decimais da unidade de massa são formados pela junção dos prefixos à palavra “grama” e dos seus símbolos ao símbolo “g”.

(1) Dec. Lei n.º 238/94, D.º República n.º 217, de 19 de Setembro 1994, págs. 5610-5614.

(2) Anexo ao diploma (n.º 1.3).

### Regras de escrita e utilização dos símbolos das unidades SI e dos prefixos <sup>(3)</sup>:

1) Os símbolos das unidades são impressos em caracteres romanos direitos e em geral minúsculos. Contudo, se o nome da unidade deriva de um nome próprio, a primeira letra do símbolo é maiúscula;

2) Os símbolos das unidades ficam invariáveis no plural;

3) Os símbolos das unidades não são seguidos de um ponto;

4) O produto de duas ou mais unidades pode ser indicado de uma das formas seguintes:

$$N.m \text{ ou } N m$$

5) Quando uma unidade derivada é formada dividindo uma unidade por outra, pode utilizar-se uma barra oblíqua (/), uma barra horizontal ou também expoentes negativos. Exemplo:

$$m/s, \frac{m}{s} \text{ ou } m \cdot s^{-1}$$

6) Nunca deve ser utilizada na mesma linha mais de uma barra oblíqua, a menos que sejam adicionados parênteses, a fim de evitar qualquer ambiguidade. Em casos complicados devem ser utilizados expoentes negativos ou parênteses. Exemplo:

$$\begin{aligned} & m/s^2 \text{ ou } m \cdot s^{-2} \\ & m.kg/(s^3.A) \text{ ou } m.kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1} \\ & \text{mas não} \\ & \quad m/s/s \\ & \quad m.kg./s^3/A \end{aligned}$$

7) Os símbolos dos prefixos são impressos em caracteres romanos direitos sem espaço entre o símbolo do prefixo e o símbolo da unidade:

8) O conjunto formado pela junção do símbolo de um prefixo ao símbolo de uma unidade constitui um novo símbolo inseparável, que pode ser elevado a uma potência positiva ou negativa e que pode ser combinado com outros símbolos de unidades para formar símbolos de unidades compostas. Exemplo:

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm}^3 &= (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 \\ 1 \text{ cm}^{-1} &= (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

9) Não são empregues prefixos compostos, ou seja, formados pela justaposição de vários prefixos. Exemplo:

$$1 \text{ nm}, \text{ e não } 1 \text{ m}\mu\text{m}$$

10) Um prefixo não pode ser empregue sem uma unidade a que se refira. Exemplo:

$$10^6/m^3, \text{ e não } M/m^3$$

<sup>(3)</sup> Anexo ao diploma (n.º 1.5).

### Acções de apoio às Escolas do ensino secundário, para a utilização e rentabilização de equipamento laboratorial

— Delegação Norte da SPF —

Alguns estabelecimentos de ensino secundário foram recentemente equipados com material de boa qualidade, osciloscópios, geradores de funções, lasers, etc.

Esse material nem sempre vem acompanhado de instruções de funcionamento e, quando vem, nem sempre elas são satisfatórias. Como resultado, o grau de utilização desse material é, por vezes, muito inferior ao que seria desejável.

A Delegação Regional do Norte da SPF, propõe-se ajudar os colegas que enfrentam este problema.

Para podermos fazer um levantamento da situação, sem o qual não se pode pensar em propor uma solução, pedimos aos colegas interessados o favor de escreverem para a Delegação, em correspondência ao cuidado de Manuel de Barros, dizendo:

- nome do estabelecimento de ensino;
- qual o material cuja utilização gostariam de ver rentabilizada;
- nome (sem qualquer compromisso) dos interessados em assistir;
- importância que pensariam razoável a SPF cobrar, por participante em cada acção;
- local preferido para a realização da acção;
- datas possíveis, por ordem de preferência.

Na posse destes elementos, e dentro das suas possibilidades, a Delegação elaborará um plano de actuação, e entrará em contacto com os interessados.

# Prémio Nobel da Física

Os cientistas C. G. Shull e B. N. Brockhouse, receberam em 1994 o prémio Nobel da Física, em reconhecimento do trabalho pioneiro desenvolvido no âmbito da utilização de feixes de neutrões para explorar os mistérios da matéria condensada.

Por curiosa coincidência, o nascimento de Clifford Glenwood Shull em Pittsburgh, Pensilvânia, EUA, em 1915, e o de Bertram Brockhouse, no Canadá, em 1918, foram quase simultâneos com o nascimento, como ciência, de um ramo da Física a que hoje chamamos Física dos Sólidos. Na verdade, podemos bem tomar como primeiro momento da existência desta a data da célebre experiência de Laue (1912) que mostrou claramente serem os sólidos formados por arranjos ordenados de átomos, iões ou moléculas, constituindo redes de difracção para os raios-X, cuja natureza ondulatória ficou definitivamente provada.

Teriam Cliff e Bert — como eram conhecidos pelos amigos — começado a aprender as primeiras letras, quando, nos anos vinte, Rutherford especulava acerca da existência de uma partícula fundamental com massa igual à do protão e sem carga. Essa partícula foi de facto descoberta por Chadwick, em 1932, segundo notícia publicada na revista “Nature”, e logo quatro anos mais tarde foi possível demonstrar experimentalmente que feixes de neutrões eram difractados, isto é, tinham um comportamento ondulatório.

Estava então Cliff Shull prestes a terminar o seu curso de Física, no Carnegie Technology Institute — curso em que, aliás, só ingressou depois de ter abandonado o de Engenharia Aeronáutica...

Foi como que por “osmose” que, na New York University, onde iniciou a pós-graduação, Cliff tomou contacto com os neutrões. Enquanto preparava a sua tese de doutoramento, era ali investigada a natureza da interacção do neutrão com os arranjos de electrões atómicos desemparelhados, que se identificavam já como os responsáveis pelo magnetismo. Na mesma universidade, um físico alemão (O. Halpern) e outro americano (M. H. Johnson) lançavam as bases teóricas da dispersão de neutrões, ao mesmo tempo que Whitaker tentava medir o respectivo momento magnético. Cliff conviveu com alguns dos estudantes envolvidos neste trabalho, e frequentemente teria discutido com eles as vantagens da dispersão de electrões (tema da sua tese) em relação à dos neutrões.

As vicissitudes da Segunda Guerra Mundial afastaram-no destes temas, até que, em 1946, Shull foi convidado a trabalhar nos recém fundados Clinton Laboratories (hoje, Oak Ridge National Laboratory) onde dispunha de

feixes de neutrões produzidos num reactor de 3,5 MW. Realizou, pouco depois, a experiência histórica em que obteve a primeira imagem de difracção de neutrões de uma estrutura antiferromagnética, a do  $MnO_2$ . Era a primeira verificação *directa* das teorias de Néel sobre este tipo de estruturas! Shull foi assim um dos primeiros a demonstrar que o tipo de arranjo adoptado pelos momentos magnéticos atómicos podia ser determinado por difracção de neutrões.

Numa época em que estavam ainda por comprovar experimentalmente quase todos os aspectos da teoria da difracção de neutrões, não faltavam a um físico experimental como Shull motivos de interesse. Foi notável a sua contribuição para o estudo dos processos de dispersão coerente e incoerente dos neutrões pelo hidrogénio e pelo deutério, que levou à determinação das respectivas secções eficazes. Teve um papel pioneiro no desenvolvimento e utilização da técnica da difracção de neutrões polarizados que contribuiu, mais do que qualquer outra, para a compreensão de muitos aspectos do magnetismo nos sólidos.

Em meados dos anos 50 passou a ocupar, por convite, o lugar de professor de Física no M.I.T.. A sua notável capacidade de descobrir novos problemas e particularmente a de utilizar uma descoberta recente na resolução de questões levantadas noutra área levaram-no a debruçar-se sobre variadíssimos aspectos da Física dos Neutrões e, mais recentemente, da teoria quântica através da interferometria de neutrões.

Cientista brilhante, imaginativo e engenhoso, os seus colaboradores e quantos o conheceram guardam de Shull a imagem de um homem calmo, paciente e modesto, dotado de um grande sentido de humor.

Enquanto Cliff desenvolvia a técnica da difracção elástica de neutrões para encontrar resposta à pergunta “onde estão os electrões desemparelhados dos átomos?”, Bertram Brockhouse tentava responder a outra questão “como se movem esses electrões?”. Estava ainda por descobrir uma técnica que desse informação acerca das excitações elementares nos sólidos, *i.e.*, um processo de detectar fonões de pequeno comprimento de onda (e, portanto, de grande energia).

Tendo passado os anos da adolescência e juventude em Vancouver (Canadá), Brockhouse obteve em 1950 o grau de PhD.. Convidado pouco depois, a trabalhar nos Chalk River Nuclear Laboratories, foi durante uma confe-

rência que lhe surgiu, em discussão com colegas, a ideia de tentar a dispersão elástica de neutrões. Não perderam tempo e, de regresso a Chalk River onde dispunham do reactor de maior fluxo então existente, começaram a analisar os espectros de energias de neutrões que atravessavam vários materiais policristalinos.

Motivado pelo interesse de efectuar estudos semelhantes em monocristais, Brockhouse iniciou a concepção e construção de uma versão rudimentar do primeiro espectrómetro de três eixos. Durante alguns anos, ultrapassando múltiplas dificuldades, aperfeiçoou o instrumento e a técnica da dispersão inelástica, hoje largamente usada.

A intensa actividade científica que desenvolvia em Chalk River não impediu Bert de se entregar, como amador, ao teatro e à música, participando em operetas e outros espectáculos musicais bem populares na época. Contam os seus colaboradores que era habitual ouvi-lo trautear peças musicais da Broadway, enquanto fazia experiências. O que sugere, a quantos já viram de perto um espectrómetro de três eixos, a imagem fascinante de um instrumento de grandes dimensões movendo-se, lento e pesado, mas com rigor e precisão, como que conduzido pela magia da música entoada por Bert.

Em 1955 Brockhouse mediu, pela primeira vez, a distribuição das energias de neutrões dispersos por um *monocristal* de alumínio com diferentes orientações, *i.e.*, obtém com sucesso a primeira *curva de dispersão* de fonões. Tanto bastou para comprovar as potencialidades do espectrómetro de três eixos. Bert interessou-se então por outro tipo de excitações, estas magnéticas — as ondas de spin — e faz a primeira determinação experimental de uma curva de dispersão para magnões.

Ao mesmo tempo que testa um grande número de materiais, concentra esforços na optimização do seu “três eixos” e, usando a técnica de tempo de voo — que vinha simultaneamente a ser desenvolvida em Brookhaven e Saclay — concebe um novo espectrómetro de elevada resolução. Em 1958 é finalmente instalado, no novo reactor de Chalk River, o famoso C5, apresentado por Kittel no seu conhecido livro “Introduction to Solid State Physics”. Foi usado durante mais de vinte anos e muitos experimentalistas da actual geração treinaram e aperfeiçoaram nele os seus “talentos” no domínio da dispersão inelástica.

Desde 1973 Brockhouse tem-se interessado pela Filosofia da Física. As muitas histórias que correm acerca do “professor distraído” retratam uma faceta da sua personalidade; uma outra, mais profunda, é a sua preocupação pela forma como a sociedade “desperdiça” energia e o esforço que coloca, na vida privada, para a usar de modo eficiente. O seu estilo de trabalho, persistente, dedicado e inovador, fica como exemplo e estímulo para todos.

M. Margarida Costa

## III Encontro Nacional de Didácticas/Metodologia da Educação

Universidade do Minho, Braga  
21-23 de Setembro de 1995

O Departamento de Metodologias da Educação, do Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho vai organizar, nos próximos dias 21-23 de Setembro de 1995, o III Encontro Nacional de Didácticas/Metodologias da Educação.

Com a realização deste Encontro, pretende-se:

1. Debater objectivos, percursos e resultados de trabalhos de investigação no âmbito das Didácticas/Metodologias da Educação.
2. Discutir objectivos, percursos e resultados de projectos de formação de professores/educadores.
3. Analisar experiências educativas realizadas no âmbito das escolas e/ou das diferentes disciplinas escolares.
4. Discutir o estatuto das Didácticas/Metodologias da Educação.

Serão conferencistas convidados os Professores J. Veiga Simão (Portugal), A. Choppin (França) e K. Zeichner (EUA). Realizar-se-ão mesas-redondas subordinadas às temáticas seguintes: *Didáctica e Formação de Professores, Reforma Curricular: abordagens retrospectivas e prospectivas, Estatuto das Didácticas/Metodologias da Educação*. Haverá, ainda, lugar à apresentação de comunicações livres e à realização de *workshops* e *symposia* cujos resumos (máximo 150 palavras) deverão ser enviados até 15 de Maio.

### Contactos

Comissão organizadora do III END/ME  
Instituto de Educação e Psicologia  
Universidade do Minho  
Campus de Gualtar  
4719 Braga Codex  
Tel.: (053) 604240/41  
Fax: (053) 604244

# Olimpíadas de Física

## PROBLEMAS DAS OLIMPÍADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

Apresenta-se a seguir o enunciado do 1.º problema experimental da XXIV IPhO (EUA, 1993). A sua resolução será publicada no próximo número da Gazeta. Os enunciados dos problemas teóricos da IPhO 93 foram publicados na Gazeta de Física 17 (1994) fasc. 1, p. 28.

### Problema n.º 2 — Calor de vaporização do azoto (\*)

O objectivo desta experiência é a medição do calor de vaporização do azoto por unidade de massa ( $L$ ), usando dois métodos diferentes. No método 1, irá adicionar um pedaço de alumínio à amostra de azoto líquido e medir a quantidade de azoto líquido que se evapora à medida que o alumínio arrefece. No método 2, irá fornecer energia à amostra de azoto líquido a uma taxa conhecida e medir a cadência a que o azoto líquido se evapora.

O azoto líquido é-lhe fornecido num "reservatório". Daí poderá vertê-lo para o vaso que utilizará na experiência, o qual pode estar colocado na balança. A leitura registada na balança decrescerá à medida que o azoto se vai evaporando. Isto ocorre: (1) porque o vaso não é um isolador térmico perfeito, (2) porque está a ser adicionada energia ao azoto líquido pela ocorrência de um fluxo de calor, quando o alumínio arrefece (no método 1), e (3) porque está a ser fornecida energia ao sistema quando passa corrente eléctrica na resistência mergulhada no azoto líquido (no método 2). É-lhe fornecido um cronómetro e também um multímetro, que pode ser usado para medir diferenças de potencial ( $V$ ), intensidades de corrente ( $I$ ) e resistências ( $R$ ). As instruções para o uso do multímetro e do cronómetro são-lhe fornecidas em folhas separadas.

### Precauções

(1) O azoto líquido (ou qualquer objecto por ele arrefecido) é muito frio, pelo que de modo algum deverá estar em contacto com a sua pele ou mesmo com a sua roupa.

(2) Não deixe cair seja o que for no azoto líquido, e utilize sempre luvas durante a experiência.

(3) Coloque o pedaço de alumínio no azoto líquido muito lentamente, pois isso irá provocar a rápida ebulição do azoto até que se atinja o equilíbrio. Utilize o fio que lhe é fornecido para esse fim.

(4) A resistência pode ficar muito quente se não estiver imersa no azoto líquido. Só deverá ligar o circuito, passando corrente na resistência, quando esta estiver totalmente mergulhada no azoto líquido.

### Método 1

O calor específico do alumínio ( $c$ ) varia significativamente entre a temperatura ambiente e a temperatura a que se dá a vaporização do azoto à pressão atmosférica (77 K). Junta-se um gráfico que mostra a variação de  $c$  com a temperatura  $T$ . Desenvolva a experiência por forma a medir a quantidade de azoto que se evapora quando o pedaço de alumínio arrefece. Use esta medição e o gráfico do calor específico para determinar o calor de vaporização do azoto por unidade de massa. Admita que a temperatura ambiente é igual a  $21 \pm 2^\circ\text{C}$ . Faça também uma estimativa quantitativa da incerteza que afecta o valor que encontrou para o calor de vaporização.

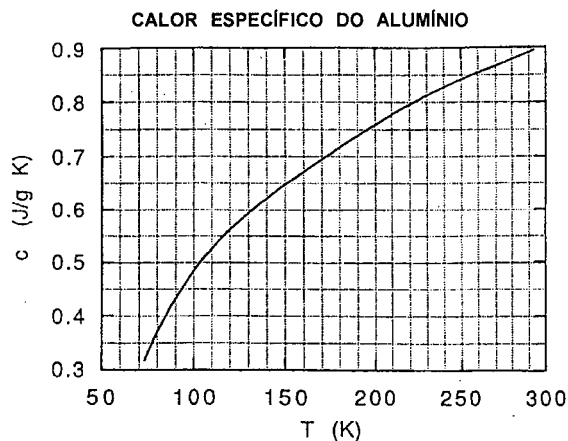
### Método 2

Desenvolva uma experiência que lhe permita medir a taxa a que o azoto líquido se evapora quando passa corrente na resistência mergulhada no azoto líquido. É-lhe fornecida uma fonte de alimentação. Utilize este resultado para determinar o calor de vaporização por unidade de massa de azoto. Faça também uma estimativa quantitativa do erro que afecta o valor que encontrou para o calor de vaporização.

### Notas

1) Na folha de resposta, inclua diagramas esquemáticos, tabelas devidamente identificadas, resultados nas unidades apropriadas, de modo a que seja possível avaliar o que realmente fez.

2) Peça ajuda no caso de considerar que há problemas com o equipamento.



(\*) Problema experimental da XXIV IPhO, EUA (1993). A sua resolução será apresentada no próximo número da Gazeta de Física.

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DAS OLIMPIADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA**

**Problema n.º 1 — Partícula Relativista**

Enunciado em Gaz. Fis. 17, fasc. 4, p. 25 (1994)

1) Tomando o centro de forças como origem da coordenada espacial  $x$  e ponto de energia potencial zero, a energia potencial da partícula escreve-se:

$$U(x) = f|x|, \quad (1)$$

A energia total é  $W = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} + f|x|$ .

Se desprezarmos a energia em repouso, vem

$$W = |p| c + f|x|. \quad (2)$$

Uma vez que  $W$  se conserva, temos:

$$W = |p| c + f|x| = p_0 c. \quad (3)$$

Considerando a direcção inicial da quantidade de movimento da partícula segundo  $Ox$ , tem-se

$$\begin{cases} pc + fx = p_0 c & , & x > 0, p > 0, \\ -pc + fx = p_0 c & , & x > 0, p < 0, \\ pc - fx = p_0 c & , & x < 0, p > 0, \\ -pc - fx = p_0 c & , & x < 0, p < 0. \end{cases} \quad (4)$$

Na posição de afastamento máximo, que corresponde a  $p = 0$ , a partícula encontra-se a uma distância  $L$  da origem, dada por  $L = p_0 c / f$ .

De (3) e usando a lei de Newton,

$$dp/dt = F = \begin{cases} -f, & x > 0 \\ f, & x < 0 \end{cases}, \quad (5)$$

podemos obter o módulo da velocidade da partícula

$$|dx/dt| = |dp/dt| c/f = c, \quad (6)$$

isto é, a partícula com energia muito elevada move-se sempre à velocidade da luz, excepto se estiver na região muito próxima dos pontos de retorno  $x = \pm L$ . O tempo necessário para a partícula se mover da origem até ao ponto  $x = L$  é  $\tau = L/c = p_0/f$ . A partícula oscila pois entre  $x = L$  e  $x = -L$  com velocidade  $c$  e período igual a  $4\tau = 4 p_0/f$ . A relação entre  $x$  e  $t$  é:

$$\begin{cases} x = ct, & 0 \leq t \leq \tau, \\ x = 2L - ct, & \tau \leq t \leq 2\tau, \\ x = -2L + ct, & 2\tau \leq t \leq 3\tau, \\ x = ct - 4L, & 3\tau \leq t \leq 4\tau. \end{cases} \quad (7)$$

Nas Figs. 1 e 2 apresentam-se os diagramas  $(x,t)$  e  $(p,x)$  para um período do movimento da partícula.

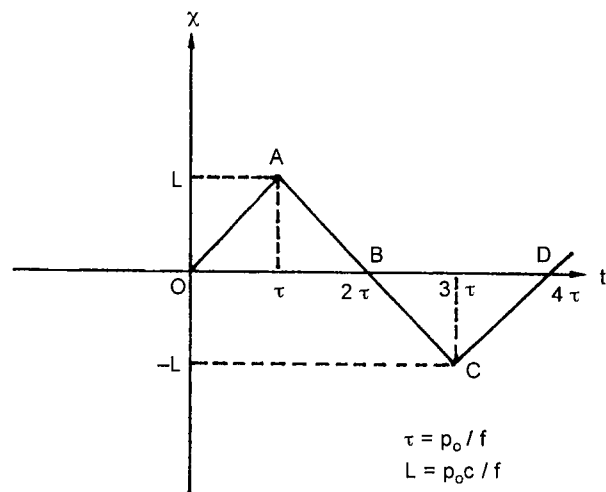


Fig. 1

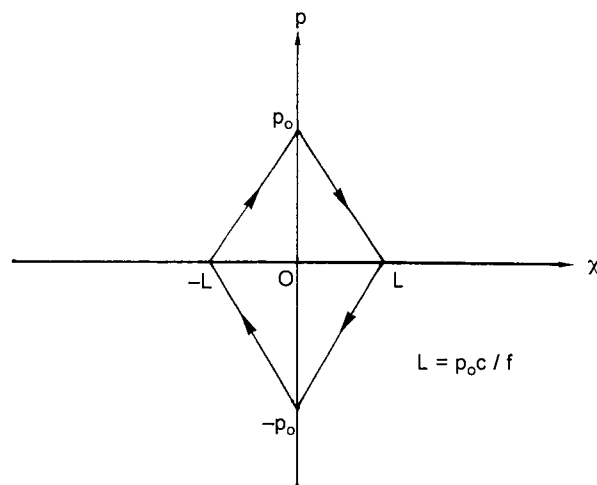


Fig. 2

2) A energia total do sistema constituído pelos dois quarks pode ser expressa pela equação

$$Mc^2 = |p_1| c + |p_2| c + f|x_1| - x_2|, \quad (8)$$

com  $x_1, x_2$  as coordenadas dos quarks 1 e 2, e  $p_1, p_2$  as respectivas quantidades de movimento. Para o mesão em repouso, a quantidade de movimento total dos dois quarks é zero, movendo-se as duas partículas simetricamente, em sentidos opostos, pelo que

$$p = p_1 + p_2 = 0; \quad p_1 = -p_2, \quad x_1 = -x_2. \quad (9)$$

Sendo  $p_0$  a quantidade de movimento do quark 1 quando passa pela origem ( $x = 0$ ), a eq. (8) reduz-se a

$$Mc^2 = 2 p_0 c \quad \text{ou} \quad p_0 = Mc/2. \quad (10)$$

Usando as eqs. (8-10) pode exprimir-se metade da energia total do mesão em função de  $p_1$  e  $x_1$  do quark 1:

$$p_0 c = |p_1| c + f|x_1|, \quad (11)$$

que é semelhante à eq. (3), obtida no caso de uma só partícula com quantidade de movimento  $p_0 = Mc/2$ . As Figs. 3 e 4 mostram os diagramas  $(x, t)$  e  $(p, x)$  para os dois quarks. Para o quark 1 a situação é semelhante à representada nas Figs. 1 e 2. Para o quark 2 os sinais de  $x$  e  $p$  estão invertidos relativamente ao quark 1.

A distância máxima entre os dois quarks é

$$d = 2L = 2p_0 c / f = Mc^2 / f. \quad (12)$$

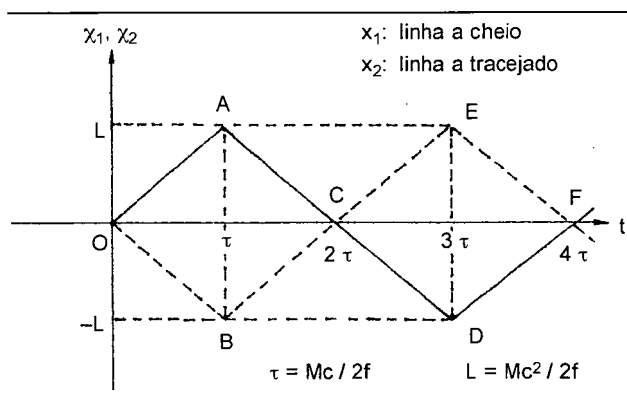


Fig. 3

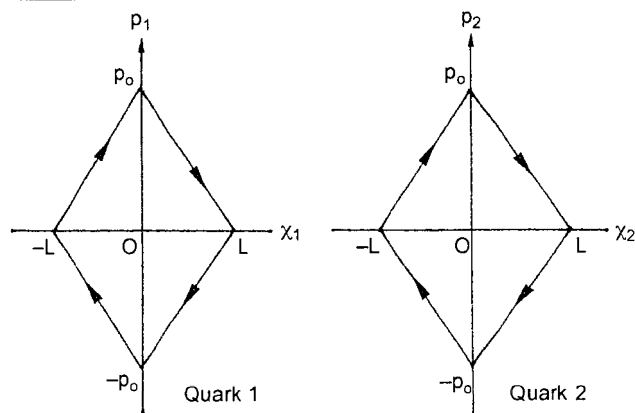


Fig. 4

3) O sistema de referência S move-se com uma velocidade constante  $V = 0.6 c$  relativamente ao referencial do laboratório S', na direcção do eixo  $x'$ ; as origens dos dois sistemas de referência coincidem para  $t = t' = 0$ . A transformação de Lorentz para estes dois sistemas é dada por:

$$\begin{cases} x' = \gamma (x + \beta ct) \\ t' = \gamma (t + \beta x/c) \end{cases}, \quad (13)$$

onde  $\beta = V/c$  e  $\gamma = \sqrt{1 - \beta^2}$ . Para  $V = 0.6 c$ , temos  $\beta = 3/5$  e  $\gamma = 5/4$ . Como a transformação de Lorentz é linear, uma linha recta no diagrama  $(x, t)$  transforma-se numa linha

recta no diagrama  $(x', t')$ , pelo que precisamos apenas de calcular as coordenadas dos pontos de retorno no sistema S'.

Para o quark 1 as coordenadas dos pontos de retorno nos sistemas S e S' são:

Sistema S		Sistema S'	
$x_1$	$t_1$	$x'_1 = \gamma(x_1 + \beta ct_1) = 5x_1/4 + 3ct_1/4$	$t'_1 = \gamma(t_1 + \beta x_1/c) = 5t_1/4 + 3x_1/(4c)$
0	0	0	0
L	$\tau$	$\gamma(1 + \beta)L = 2L$	$\gamma(1 + \beta)\tau = 2\tau$
0	$2\tau$	$2\gamma\beta L = 3L/2$	$2\gamma t = 5\tau/2$
-L	$3\tau$	$\gamma(3\beta - 1)L = L$	$\gamma(3 - \beta)\tau = 3\tau$
0	$4\tau$	$4\gamma\beta L = 3L$	$4\gamma\tau = 5\tau$

Com  $L = p_0 c / f = Mc^2 / 2f$  vem  $\tau = p_0 / f = Mc / 2f$ .

Para o quark 2 temos:

Sistema S		Sistema S'	
$x_2$	$t_1$	$x'_2 = \gamma(x_2 + \beta ct_2) = 5x_2/4 + 3ct_2/4$	$t'_2 = \gamma(t_2 + \beta x_2/c) = 5t_2/4 + 3x_2/(4c)$
0	0	0	0
-L	$\tau$	$-\gamma(1 - \beta)L = -L/2$	$\gamma(1 + \beta)\tau = 2\tau$
0	$2\tau$	$2\gamma\beta L = 3L/2$	$2\gamma t = 5\tau/2$
L	$3\tau$	$\gamma(3\beta + 1)L = 7L/2$	$\gamma(3 - \beta)\tau = 3\tau$
0	$4\tau$	$4\gamma\beta L = 3L$	$4\gamma\tau = 5\tau$

Na Fig. 5 representam-se os diagramas  $(x', t')$  para cada um dos quarks.

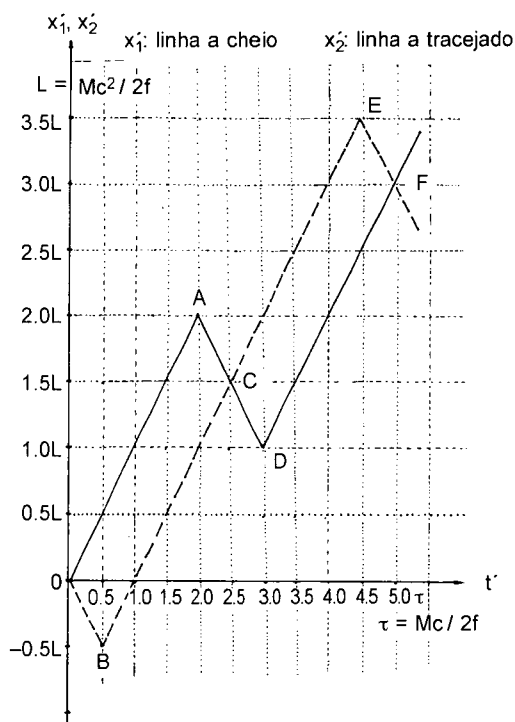


Fig. 5



As equações das rectas OA e OB são:

$$\begin{cases} x_1'(t') = ct' & , & 0 \leq t' \leq \gamma(1 + \beta)\tau = 2\tau; & (14a) \\ x_2'(t') = -ct' & , & 0 \leq t' \leq \gamma(1 - \beta)\tau = \tau/2. & (14b) \end{cases}$$

A distância entre os dois quarks atinge o seu máximo  $d'$  quando  $t' = \tau/2$ , sendo dada por:

$$d' = 2c\gamma(1 - \beta)\tau = 2\gamma(1 - \beta)L = Mc^2/2f. \quad (15)$$

4) A velocidade do mesão no sistema do laboratório é  $V = 0.60c$ . A sua energia medida nesse mesmo referencial é:

$$\begin{aligned} E' &= \sqrt{p^2 + M^2c^4} = \sqrt{M^2V^2c^2/(1 - V^2/c^2) + M^2c^4} = \\ &= \sqrt{1 + 0.36/0.64} Mc^2 \\ &= 5/4 Mc^2 = 5/4 \cdot 140 = 175 \text{ MeV}. \end{aligned}$$

## PREPARAÇÃO PARA A XXVI IPhO

*Realizou-se de 19 a 21 de Janeiro passado, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, um primeiro encontro dos oito alunos pré-seleccionados para a representação portuguesa na XXVI Olimpíada Internacional de Física, a realizar na Austrália de 5 a 12 de Julho de 1995. Compareceram igualmente os professores orientadores desses alunos.*

*A reunião serviu para aprofundar os conhecimentos nos domínios da Mecânica, da Termodinâmica, da Relatividade Restrita e da Física Experimental. Regista-se o ambiente de grande empenho de todos os participantes e agradece-se aos Profs. Pedro Alberto e Carlos Fiolhais, que colaboraram com os líderes da equipa olímpica nesta actividade. Está previsto para Março um novo encontro de trabalho no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. (APL e MF)*

## OLIMPÍADAS DE FÍSICA 1994/95 — FASE REGIONAL —

As fases regionais das Olimpíadas de Física 1994/95 realizam-se a 6 de Maio de 1995 simultaneamente em:

- *Lisboa*, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa;
- *Porto*, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências Universidade do Porto;
- *Coimbra*, no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra;

Para mais informações poderá contactar as respectivas Delegações Regionais da SPF, que organizam as provas.

## Acções de Formação em Física — Programa FOCO —

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

O Grupo de Física da FCUP propõe-se realizar quatro acções de formação durante o corrente ano de 1995.

### \* Experimentação em Física

(50 horas, Turma A - início: 19.04.95; fim: 28.06.95 — Turma B - início: 20.06.95; fim: 20.07.95)

### \* A Abordagem Laboratorial no Ensino da Física

(50 horas, início: 04.10.95; fim: 13.12.95)

### \* Luz e Visão

(37 horas, início: 03.07.95; fim: 15.07.95)

### \* Cálculo Automático Aplicado à Física

(37 horas, início: 10.07.95; fim: 22.09.95)

Todas estas acções exigem um mínimo de 20 e um máximo de 60 inscrições (2 Turmas). Cada inscrição será considerada firme através de um depósito de 5.000\$00, a devolver no fim da acção respectiva.

As acções de formação em Física integram-se num conjunto de acções em diversos ramos científicos, organizadas pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, estando sujeitas a cancelamento ou alteração, conforme decisão superior que se aguarda.

*Para mais informações contactar:*

### LABORATÓRIO DE FÍSICA

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto  
Praça Gomes Teixeira — 4050 Porto  
Tel: 310290 — Fax: 319267

# Comemorações do Centenário da Descoberta dos Raios X

## Wilhelm K. Roentgen (1895)

*Perfaz-se, em Novembro do corrente ano, o centenário do descobrimento dos raios X, por Wilhelm Roentgen.*

*Para comemorar o evento, que deu origem à atribuição do primeiro Prémio Nobel em Física, as Universidades portuguesas, por iniciativa da Universidade Nova de Lisboa, vão realizar um ciclo de comemorações, que incidirão sobretudo nos aspectos da investigação em Física e nas aplicações à Medicina.*

*Além da Sessão Solene de inauguração, realizada em 8 de Novembro passado e que teve a presença do Presidente da Assembleia da República, do Embaixador da Alemanha e dos Presidentes das Sociedades Portuguesas de Física e de Radiologia e Medicina Nuclear, e de uma Sessão na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, em 17 de Dezembro, o ciclo de comemorações incluirá ainda as seguintes realizações:*

27 de Janeiro

**Sessão com Conferências e Comunicações Médicas**

*Local:* Universidade de Évora

10 e 11 de Fevereiro

**Curso de Pós-Graduação em Radioterapia**

*Local:* Instituto Português de Oncologia de Francisco Gentil, Lisboa

Fevereiro, em data a anunciar

**Conferência “Expectrocopias baseadas em radiação X: dos pequenos laboratórios às grandes instalações”,** pela Prof.<sup>a</sup> Maria Ondina Figueiredo

*Local:* Departamento de Física, Universidade de Lisboa

Março, em data a anunciar

**Sessão com Conferências e Comunicações, sobre Aplicações em Física**

*Local:* Universidade de Évora

31 de Março e 1 de Abril

**Sessão com Conferências e Comunicações**

*Local:* Universidade da Beira Interior, Covilhã

Março, em data a anunciar

**Conferência “Conhecer a concentração de elementos tóxicos ou poluentes em materiais biológicos, usando raios X”,** pela Prof.<sup>a</sup> Maria Luísa Carvalho

*Local:* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

28 de Abril a 5 de Maio

**Exposição Itinerante sobre W. Roentgen, organizada pelo Roentgen Museum, Wurzburg**

*Local:* Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

Abril, em data a anunciar

**Conferência “Os raios X em arte e arqueologia”,** pela Prof.<sup>a</sup> Ana Isabel Seruya

*Local:* Departamento de Física, Universidade de Lisboa

5 e 6 de Maio

**Curso de Pós-Graduação em “Gestão e Planeamento de Serviços Públicos e Privados de Imagiologia”**

*Local:* Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade de Lisboa

Maio, em data a anunciar

**Conferência “Espectroscopia de raios X no Tokamak”,** pelo Prof. Pedro Amorim

*Local:* Departamento de Física, Universidade de Lisboa

24 a 26 de Maio

**Curso de “Radiologia Osteoarticular e de Intervenção”**

*Local:* Universidade Católica Portuguesa, Lisboa

22 a 14 de Junho

**Curso de Pós-Graduação em “Radiologia do Torax”**

*Local:* Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Nova de Lisboa

21 a 23 de Setembro

**Curso de Pós-Graduação em “Radiologia do Aparelho Digestivo”**

*Local:* Ordem dos Médicos, Lisboa

Segunda quinzena de Setembro

**Exposição “Os Raios X na Física e na Medicina”**

*Local:* Museu de Ciência da Universidade de Lisboa

27 a 30 de Setembro (data a confirmar)

**Simpósio “A Radiação X no Desenvolvimento Científico e na Sociedade”**

Sede da Caixa Geral de Depósitos, Lisboa (a confirmar)

*Haverá ainda uma exposição de experimentação, material e trabalhos realizados na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, desde 1940.*

**GIREP  
ICPE'95**

## **TEACHING THE SCIENCE OF CONDENSED MATTER AND NEW MATERIALS**

*University of Udine, 24-30 August 1995*

The Science of the solid state, of liquids, of amorphous materials.  
Structural, magnetic, optical, vibrational properties. Dynamical transport properties.  
Advances in technology and in new materials

*Our life, technology and comfort depend strongly on materials we use. Beside the "classical" materials-like ionic crystals, conducting metals, common fluids, — we rely increasingly on "new" materials-man-designed semiconductors, superconductors, optical fibers, liquid crystals, smart materials. Devices commonly used by teenagers are based on the physical (structural, magnetic, electric, optical, thermal transport) properties of different types of condensed matter. Our duty is to bring the modern technological environment into the class room, without giving up the valuable aspects of physics teaching, based on direct experiences, rational reasoning, quantitative measurements and predictions based upon calculation, which formed the scientific basis of the industrial revolution in the past and of the high tech revolution today. The conference will bring together scientists, researchers in education, teachers from schools and universities in a common effort to discuss the issues of introducing these topics in science teaching at different levels. We will consider the physical phenomena and their interpretations, the role of technological applications, the results of didactical research, educational strategies, new curricula, teaching resources.*

### **The structure of the conference**

- a) General Sessions (invited talks on cultural scientific topics and on education)
- b) Parallel sessions of panel discussions (15 or 20 minute contributions followed by discussion)
- c) Workshops: provisional list of topics
  - W1 - Macroscopic vs microscopic: phenomena and their interpretation. A gap difficult to bridge
  - W2 - Role of computers in teaching about condensed matter
  - W3 - New methods for old matters. Towards a better understanding of the 'old' properties of matter
  - W4 - The science of new materials: implications for teaching
  - W5 - Practical work in the physical lab
  - W6 - Science - Technology - Society implications for materials science
  - W7 - Innovative approaches to electrical transport properties
  - W8 - Cognitive problems in teaching about condensed matter
- d) Show & Tell session (pot-pourri of short teaching suggestions, experiments, demonstrations)
- e) Poster session
- f) Exhibits
- g) Excursions to Trieste (Synchrotrone, ICTP and Immaginario Scientifico Exhibit)

### **The venue**

Udine (pronounced as 'Oudeene') is a pleasant ancient city of 100.000 inhabitants at the feet of the Julian Alps, not far from the Adriatic Sea. It has a young and dynamical University which offers great hospitality to the attendants of the conference. Udine is easily reached by train or plane, it is in the North-East corner of Italy, 90 km from Austria, 40 km from Slovenia, 70 km from Trieste, 125 km from Venice.

### **Deadlines**

- a) Call for papers: 31 December '94
- b) Pre-registration: 31 January '95
- c) Provisional programme: end of March '95
- d) Final registration and presentation of abstracts: 30 April '95
- e) Hotel reservations: 31 May '95
- f) Confirmation of reservations: 30 June '95

**Conference fee:** US \$100.00

**Accommodation:** 230 rooms in student dormitories at US \$100.00 for the entire conference. 300 beds and breakfast in hotels from US \$50.00 up per night.

### **Further information and correspondence**

M. Michelini, S. Pugliese - Physics Department of Udine University, via delle Scienze 208,  
I - 33100 UDINE - ITALY  
Tel. ++39-432-558205, 558208, 558210, 558211; ++39-330-261511; Fax: ++39-432-558222.  
E-mails: [michelini@fisica.uniud.it](mailto:michelini@fisica.uniud.it) or [mc5940@mclink.it](mailto:mc5940@mclink.it)

G A Z E T A D E

**FÍSICA**