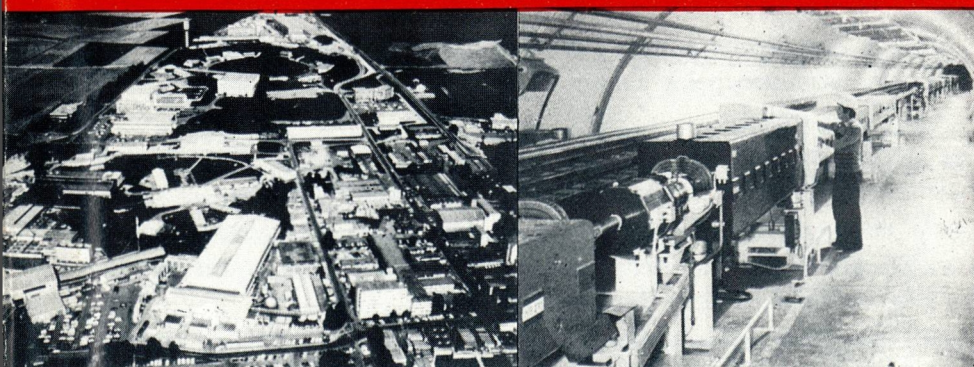
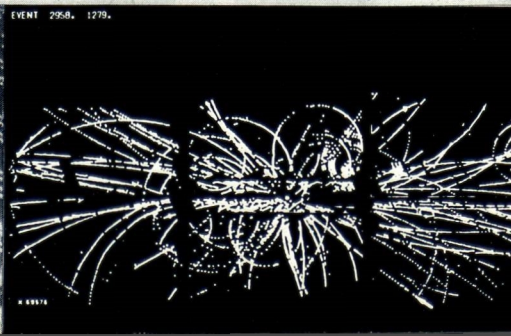
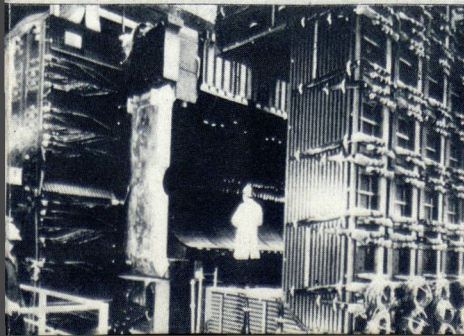
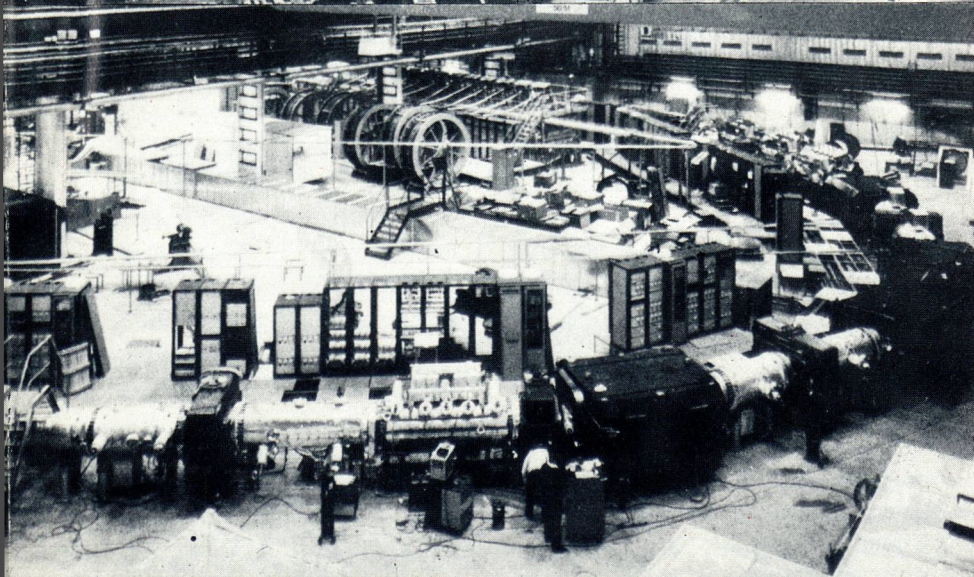


GAZETA DE FISICA

REVISTA DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE FISICA



VOL. 8, FASC. 2
ABRIL 1985



A descoberta do W e do Z:
fotografias dos laboratórios
do CERN (Geneve) associa-
das com aquela descoberta.

GAZETA DE FÍSICA

Fundada em 1946 por A. Gibert

Propriedade e Edição: Sociedade Portuguesa de Física

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

Comissão de Redacção

Conselho Directivo da S.P.F.: J. Moreira Araújo, F. Duarte Santos, E. Ducla Soares, J. Bessa Sousa, Rui J. Agostinho, J. Carvalho Soares, M. Amaral Fortes, Margarida R. Costa, Maria José Almeida, M. Pereira de Barros, J. Brochado Oliveira.

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

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

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

Toda a correspondência deverá ser enviada para

Gazeta de Física

Sociedade Portuguesa de Física

Av. República, 37-4.º — 1000 LISBOA

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

Preço de assinatura : país 500\$00 ; estrangeiro US\$10.

Preço do fascículo avulso (sede e delegações da SPF) : 100\$00.

1	2
3	
5	4

1. Fotografia aérea de instalações do CERN (Genève, site Meyrin)
2. Aspecto do túnel do acelerador SPS
3. O acumulador de antiprotões
4. Aspecto dos detectores na experiência UA 1
5. Representação do evento 2958/1279 fornecendo evidência do decaimento do W (produzido numa colisão p-p̄).

Publicação subsidiada pelo Instituto Nacional de Investigação Científica

A descoberta do W e do Z

J. MARIANO GAGO

Centro de Física da Matéria Condensada, Lisboa

A atribuição do prémio Nobel da Física em 1984 a Carlo Rubbia e a Simon van Der Meer regista e presta homenagem à actividade colectiva, técnica e científica, desenvolvida no CERN que conduziu, ao fim de anos de persistente actividade, ao sucesso final do «projecto p-p̄» (colisões prótão-antiprótão), levando à descoberta das novas partículas W e Z.

1. Introdução

1984 foi, em todo o mundo, o ano Orwell. Talvez por isso seja animador associar essa data à história das descobertas científicas recentes e ao sucesso de uma organização internacional aberta e sem segredos, onde trabalham cientistas, técnicos e operários de todo o mundo: o CERN, Organização de Pesquisa Nuclear (Laboratório Europeu de Física de Partículas), com sede em Genebra, na Suíça.

As partículas W e Z são os intermediários da interacção fraca; por exemplo, o declínio beta, em que o neutrão se desintegra em electrão, prótão e anti-neutrino, é mediado por uma «corrente carregada», o W (Fig. 1). A difusão elástica de um neutrino com um electrão, observada pela primeira vez em 1973, na câmara de bolhas Gargamelle do CERN, é exemplo de interacção fraca mediada por uma corrente electricamente neutra, o Z⁰ (Fig. 2).

Para conseguir, contudo, produzir estas partículas de forma a determinar experimentalmente as suas características (massa, spin, modos de desintegração, etc.) era necessário dispôr de colisões entre feixes intensos de partículas de muito alta energia, já que a probabilidade de produção do W ou do Z é baixíssima, crescendo com a energia. Um modo possível de produção do W e do Z é através da colisão quark-antiquark, ela própria asse-

gurada pela colisão de um feixe de prótões com um feixe de antiprótões (Fig. 1b). Para

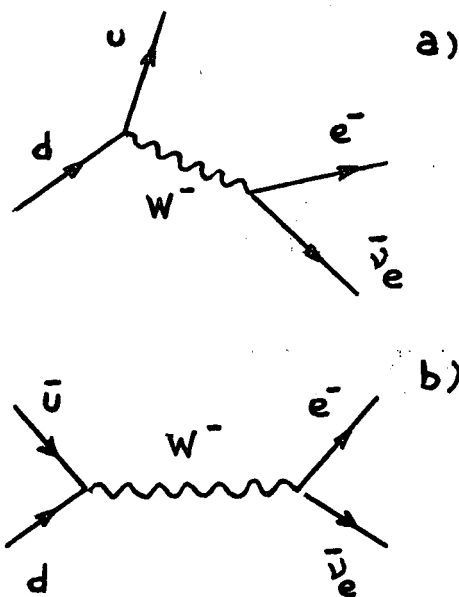


Fig. 1 — O prótão e o neutrão são constituídos por 3 quarks de valência ($u u d \equiv p$, $u d d \equiv n$, respectivamente; analogamente, por exemplo, $(\bar{u} \bar{u} \bar{d}) \equiv \bar{p}$ isto é, o antiprótão é constituído pelos antiquarks correspondentes.

- a) Declínio beta: o n transforma-se em p (ou, o que é equivalente, d em u), mais electrão (e^-) e anti-neutrino ($\bar{\nu}_e$) — interacção mediada pelo bosão W^- , virtual.
- b) Formação e desintegração dum W obtido através da colisão dum prótão com um anti-prótão:

$$p + \bar{p} \rightarrow W^- + X ; W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$$

tanto, tornava-se necessário construir um anel de colisão de prótons com antiprótons, de alta energia, onde a luminosidade atingida fosse suficiente para a produção, em tempo razoável, de alguns W 's e Z 's.

A atribuição do prémio Nobel da Física de 1984 a Carlo Rubbia e Simon van der Meer regista e presta homenagem, dentro dos estreitos, formais e contingentes limites de um «prémio», à actividade colectiva, técnica e

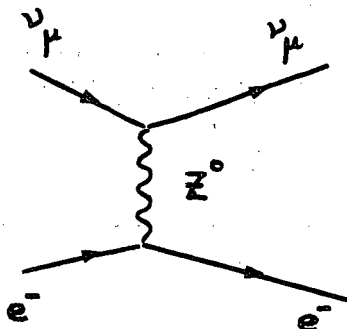


Fig. 2

científica, desenvolvida no CERN que conduziu, ao fim de anos de persistente actividade, ao sucesso final do projecto $p\bar{p}$.

2. Anéis de colisão e arrefecimento estocástico

Os anéis de colisão de prótons e antiprótons do CERN (270 GeV contra 270 GeV) encontram-se envolvidos numa complexa rede de linhas de feixe e aceleradores (Fig. 3). Os antiprótons, produzidos num alvo pela colisão de prótons de 26 GeV provenientes do Síncrotrão de Prótons do CERN (PS) são recolhidos a 3,5 GeV, armazenados e arrefecidos estocasticamente no anel acumulador de antiprótons (AA). Após um dia de armazenamento e arrefecimento, os antiprótons são injectados no PS, acelerados a 26 GeV e transportados para o SPS (Super Síncrotrão de Prótons) onde são acelerados até 270 GeV. Os prótons de 270 GeV (provenientes também do PS onde

foram previamente acelerados até 26 GeV) circulam no SPS em sentido oposto ao dos antiprótons. As regiões de colisão estão entregues aos diferentes grupos experimentais, nos quais se singularizam as colaborações UA1 e UA2 (Underground Area 1 e 2) no que diz respeito à pesquisa de W 's e Z 's.

O problema mais importante, de cuja resolução dependia o sucesso de todo este enorme empreendimento, é o do «arrefecimento» dos antiprótons. Se estes tiverem uma grande dispersão espacial ou em momento acabarão por interagir com a matéria envolvente e a luminosidade atingida será reduzida. «Vidas médias» de antiprótons da ordem de 20 horas foram atingidas pela primeira vez em 1978 (Physics Letters 77B, 1978, p. 353) usando a técnica, inventada por van der Meer, do arrefecimento estocástico (estas 20 horas, hoje ultrapassadas, correspondem essencialmente à interacção dos antiprótons com o gás residual nos tubos de vácuo).

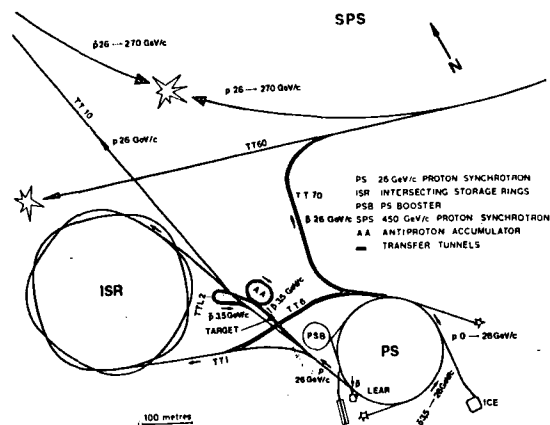


Fig. 3

Na técnica do arrefecimento estocástico, um sensor mede, num ponto do anel, o desvio em relação à média de uma das coordenadas do feixe. Essa informação serve para, noutra parte do anel, onde chega mais depressa que as próprias partículas (porque a corda de uma circunferência é menor que o arco!) corrigir com um electroímã (um «kicker»), a posição

das partículas de uma quantidade proporcional (com factor de ganho) ao desvio inicial.

3. A descoberta do W

O que se segue é um breve resumo dos artigos científicos publicados sobre a descoberta do W e do Z. No essencial, o ponto de partida é o artigo «Experimental observation of isolated large transverse energy electrons with associated missing energy at $\sqrt{s} = 540$ GeV» publicado em *Physics Letters* 122B (1983) 103, cujo frontispício se reproduz.

EXPERIMENTAL OBSERVATION OF ISOLATED LARGE TRANSVERSE ENERGY ELECTRONS WITH ASSOCIATED MISSING ENERGY AT $\sqrt{s} = 540$ GeV

UA1 Collaboration, CERN, Geneva, Switzerland

G. ARNISON¹, A. ASTBURY¹, B. AUBERT², C. BACCI¹, G. BAUER¹, A. BÉZAGUET², R. BÖCK⁴, T. J. V. BOWCOCK⁵, M. CALVETTI⁶, T. CARROLL⁴, P. CATZ⁷, P. CENNINI⁸, S. CENTRO⁹, F. CERADINI¹⁰, S. CITTOLIN¹¹, D. CLINE¹², C. COCHET¹³, J. COLAS¹⁴, M. CORDEN¹⁵, D. DALLMAN¹⁶, M. DEBEER¹⁷, M. DELLA NEGRA¹⁸, M. DEMOULIN¹⁹, D. DENECRI²⁰, A. DI CIACCIO²¹, D. DIBITONTO²², L. DOBRZYNSKI²³, J. D. DOWELL²⁴, S. M. EDWARDS²⁵, K. EGGERT²⁶, E. EISENHANDLER²⁷, N. ELLIS²⁸, P. ERHARD²⁹, H. FAISSNER³⁰, G. FONTAINE³¹, R. FREY³², R. FRÜHWIRTH³³, J. GARVEY³⁴, S. GEER³⁵, C. GHESQUIÈRE³⁶, P. GHEZ³⁷, K. L. GIBONI³⁸, W. R. GIBSON³⁹, J. GIRAUD-HÉRAUD⁴⁰, A. GIVERNAUD⁴¹, A. GONDEC⁴², G. GRAYER⁴³, P. GUTIERREZ⁴⁴, T. HANSL-KOZANECKÁ⁴⁵, W. J. HAYNES⁴⁶, L. O. HERTZBERGER⁴⁷, C. HODGES⁴⁸, D. HOFFMANN⁴⁹, H. HOFFMANN⁵⁰, D. J. HOLTHUIZEN⁵¹, R. J. HOMER⁵², A. HONMA⁵³, W. JANK⁵⁴, G. JORAT⁵⁵, P. J. P. KALMUS⁵⁶, V. KARIMÁKI⁵⁷, R. KEELER⁵⁸, I. KENYON⁵⁹, A. KERNAN⁶⁰, R. KINNUNEN⁶¹, H. KOWALSKI⁶², W. KOZANECKI⁶³, D. KRYN⁶⁴, F. LACAVA⁶⁵, J.-P. LAUGIER⁶⁶, J.-P. LEES⁶⁷, H. LEHMANN⁶⁸, K. LEUCHS⁶⁹, A. LEVÉQUE⁷⁰, D. LINGLIN⁷¹, E. LOCCI⁷², M. LORET⁷³, J. J. MALOSSE⁷⁴, T. MARKIEWICZ⁷⁵, G. MAURIN⁷⁶, T. McMAHON⁷⁷, J.-P. MENDIBURU⁷⁸, M.-N. MINARD⁷⁹, M. MORICCA⁸⁰, H. MUIRHEAD⁸¹, F. MULLER⁸², A. K. NANDI⁸³, L. NAUMANN⁸⁴, A. NORTON⁸⁵, A. ORKIN-LECOURTOIS⁸⁶, L. PAOLUZI⁸⁷, G. PETRUCCI⁸⁸, G. PIANO MORTARI⁸⁹, M. PIMIÁ⁹⁰, A. PLACCI⁹¹, E. RADERMACHER⁹², J. RANDELL⁹³, H. REITHLER⁹⁴, J.-P. REVOL⁹⁵, J. RICH⁹⁶, M. RUSSENBEER⁹⁷, C. ROBERTS⁹⁸, J. ROHLF⁹⁹, P. ROSSI¹⁰⁰, C. RUBBIA¹⁰¹, B. SADOULET¹⁰², G. SAJOT¹⁰³, F. G. SALVI¹⁰⁴, G. SALVINI¹⁰⁵, J. SASS¹⁰⁶, J. SAUDRAIX¹⁰⁷, A. SAVOY-NAVARRO¹⁰⁸, D. SCHINZEL¹⁰⁹, W. SCOTT¹¹⁰, T. P. SHAH¹¹¹, M. SPIRO¹¹², J. STRAUSS¹¹³, K. SUMOROK¹¹⁴, F. SZONCSO¹¹⁵, D. SMITH¹¹⁶, C. TAO¹¹⁷, G. THOMPSON¹¹⁸, J. TIMMER¹¹⁹, E. TSCHESLOG¹²⁰, J. TUOMINIEMI¹²¹, S. Van der MEER¹²², J.-P. VIALLE¹²³, J. VRANA¹²⁴, V. VUILLEMIN¹²⁵, H. D. WAHL¹²⁶, P. WATKINS¹²⁷, J. WILSON¹²⁸, Y. G. XIE¹²⁹, M. YVERT¹³⁰ and E. ZURFLUH¹³¹

Aachen¹ - Amnecy (LAPP)² - Birmingham³ - CERN⁴ - Helsinki⁵ - Queen Mary College, London⁶ - Paris (Coll. de France)⁷ - Riverside⁸ - Rome⁹ - Rutherford Appleton Lab.¹⁰ - Sackley (CEN)¹¹ - Vienna¹² Collaboration

Received 23 January 1983

3.1 Aparelhagem e configuração experimental

A aparelhagem experimental que rodeia a zona de intersecção UA1 mostra-se esquematicamente na Fig. 4.

Consta de: a) um detector central capaz de reconstruir as trajectórias de partículas carregadas com erro de localização inferior a 100 microns, a comparar com o desvio por difusão múltipla dos electrões no espaço do detector central que é de 350 microns para um comprimento percorrido de 22 cm. O detector central é composto por câmaras de deriva (drift chambers) dispostas alternadamente de forma transversal ou longitudinal ao eixo da reacção; b) um calorímetro electromagnético central construído em forma de «sanduiche»

de chumbo e cintilador plástico; c) um calorímetro hádrónico, envolvendo o anterior, onde se dispõem alternadamente placas de ferro e de cintilador plástico; d) um detector de muões envolvendo todo o conjunto; e) detectores a pequeno ângulo com os feixes incidentes, a fecharem o ângulo sólido até 0,2°.

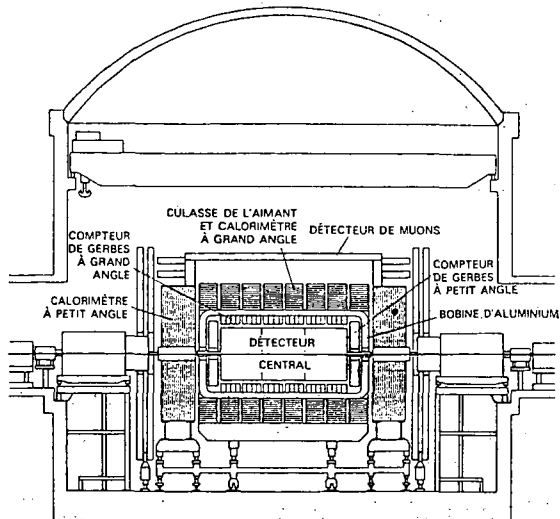
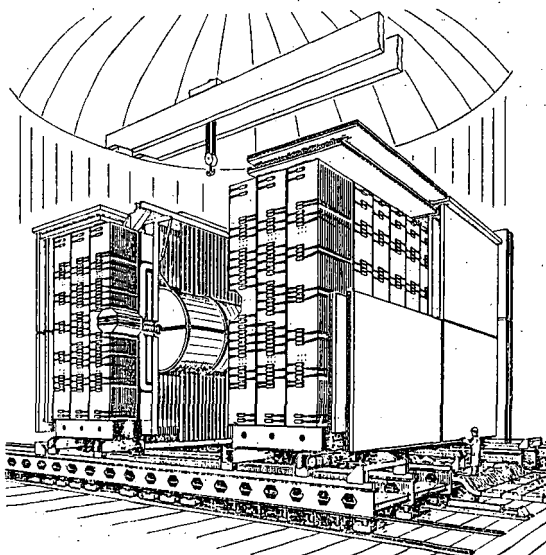


Fig. 4—UA1: disposição da aparelhagem de detecção.

O dispositivo experimental tem de permitir reconhecer neutrinos de alta energia através da medida da energia (neutra) que falta. Para isso, os calorímetros são herméticos até 0,2° na

direcção dos feixes e a técnica de análise consiste em adicionar vectorialmente as energias depositadas em todo o ângulo sólido centrado na interacção. Como teste de eficiência verifica-se a conservação do momento linear no plano transverso (na direcção longitudinal, a abertura das linhas de feixe não permite o fecho completo da aparelhagem; acresce que a difusão a pequeno ângulo, elástica, quasi-elástica e difractiva, contribui com partículas de muito alta energia). Na Fig. 5 mostra-se um teste típico de eficiência dos calorímetros em interacções escolhidas, com muitos jactos, usualmente sem neutrinos energéticos. Vê-se que a soma ΣE_y está centrada em zero e que a largura da sua distribuição segue aproximadamente a fórmula $\Delta E_{y,z} \simeq 0,4 \sqrt{\Sigma |E_T^i|}$ (unidades na figura em GeV).

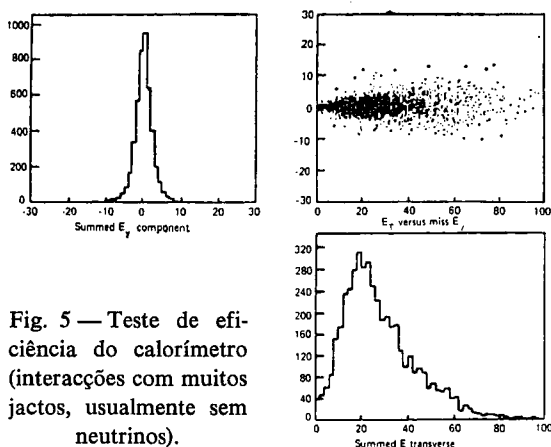
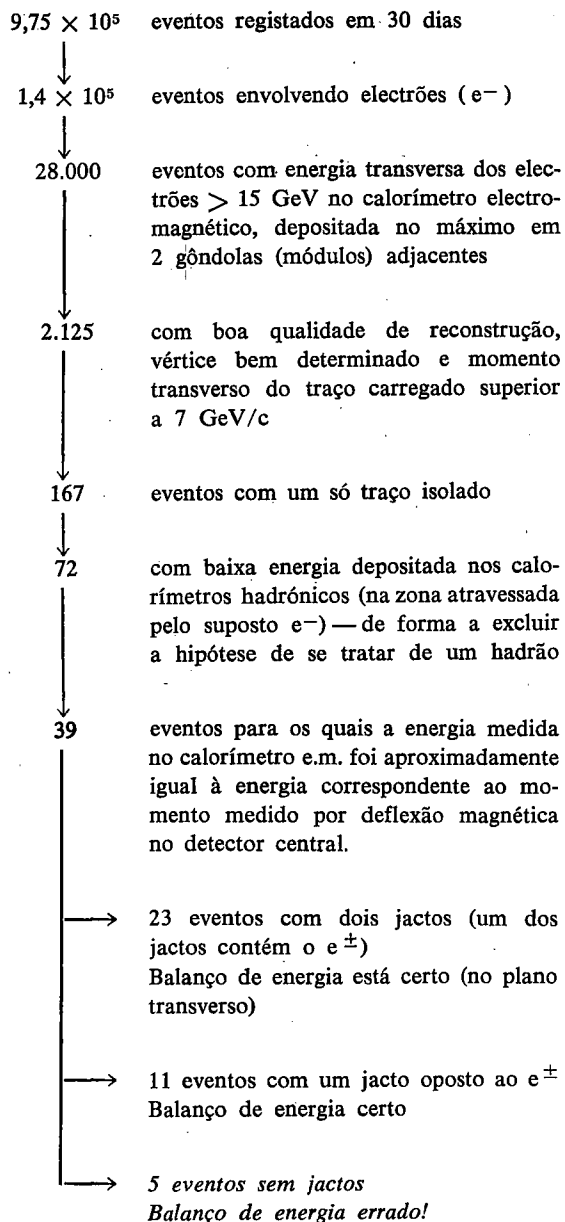


Fig. 5 — Teste de eficiência do calorímetro (interacções com muitos jactos, usualmente sem neutrinos).

3.2 Dados experimentais

Nos primeiros 30 dias da tomada de dados (Novembro-Dezembro de 1982) atingiu-se uma luminosidade de 18 eventos por nanobarn (1 barn = 10^{-24} cm²) correspondentes a 10^9 colisões próton antipróton a uma energia no centro de massa de 540 GeV (270 + 270). Esquematiza-se seguidamente o tratamento dos $9,75 \times 10^5$ «triggers» registados em memória nesse período com o objectivo de encontrar sinal de partículas W no modo de desintegração $W \rightarrow e \nu$:



- A energia transversa que falta é aprox. igual à energia transversa do e^\pm
- O momento transverso que falta é aproximadamente igual, em módulo, e de sinal oposto, ao momento transverso do electrão.

Um segundo critério de selecção aplicado ao mesmo lote inicial permite uma pesquisa alternativa baseada exclusivamente na falta de energia transversa e não, como anteriormente, na exigência inicial de um electrão energético. Esta selecção conduz, independentemente da

primeira, aos mesmos 5 eventos. Na primeira selecção, procurou-se antes do mais reconhecer um electrão de grande momento transverso; na segunda, um neutrino (energia neutra que falta) de grande energia transversa. Ambas conduzem a um lote final de interacções onde aquelas que

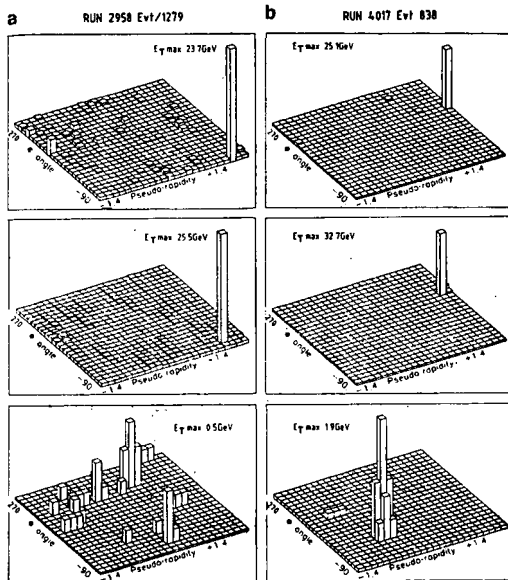


Fig. 6

correspondem à topologia procurada — electrão oposto ao neutrino no plano transverso da reacção — são, finalmente, as mesmas!

Na Fig. 6 mostra-se, num diagrama em forma de lego, dois destes acontecimentos. Em altura está representada a energia medida; em cima, nas células do calorímetro electromagnético, ao centro por deflexão magnética, no detector central, e em baixo, no calorímetro hadrónico, muito pequena e não correlacionada com a do electrão. No plano horizontal, uma coordenada representa o ângulo azimutal — se o feixe de prótons entrar pelo eixo de um relógio, o ângulo azimutal mede as horas, supondo cada partícula resultante projectada no mostrador; a convenção de origem e sinal é irrelevante dada a simetria do problema. A outra coordenada mede o ângulo polar ou, o que é quase o mesmo, a pseudo-rapidez.

Das medidas é possível concluir qual a massa do objecto produzido que se desintegrou num electrão e num neutrino. A massa transversa M_T^2 é dada por $M_T^2 = 2 p_T^e p_T^\nu (1 - \cos \phi_{e\nu})$ e, necessariamente, $M_W \geq M_T$. Independentemente de qualquer modelo teórico é possível concluir dos dados que temos vindo a descrever que $M_W > 73 \text{ GeV}$ (90 % C.L.). Numa análise que suponha a validade do modelo de Weinberg-Salam da interacção electro-fraca (unificação da interacção electromagnética e da interacção fraca) obtém-se $M_W = 81 \pm 5 \text{ GeV}$.

Na Fig. 7 mostra-se a reconstrução dos traços no detector central referentes a uma colisão em que foi produzido um W.

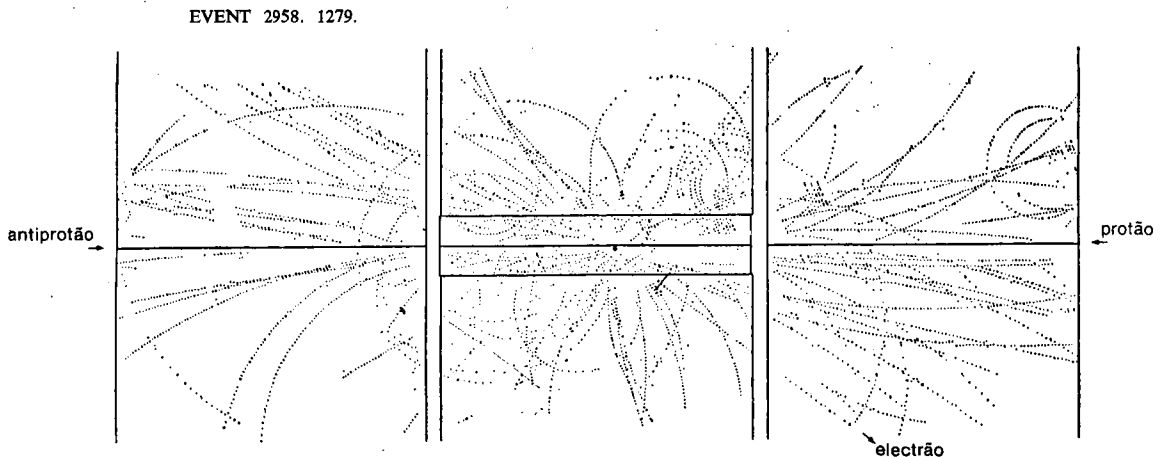


Fig. 7

4. A descoberta do Z^0 e depois

Em 1983, o anel de colisões de prótons e antiprótons do CERN registou uma nova descoberta: a do Z^0 , bóson intermediário neutro da interacção fraca (Fig. 8).

A situação experimental mundial à data em que escrevo (dados reportados a Setembro

1984), quando ainda não são conhecidos dados deste fim de ano, é a seguinte:

	UA1	UA2
$W \rightarrow e \nu$	52	37
$W \rightarrow \mu \nu$	14	
$Z^0 \rightarrow e^+ e^-$	3	7
$Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$	4	
$Z^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$	1	1
$Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^- \gamma$	1	

onde os números representam o número de eventos registados pelas duas experiências UA1 e UA2. Esta última não possui detector de muões e por isso é insensível aos modos

$$W \rightarrow \mu \nu, Z \rightarrow \mu^+ \mu^-, Z \rightarrow \mu^+ \mu^- \gamma.$$

A análise da produção do W e do Z permitida por estas experiências é, até agora, inteiramente conforme ao modelo de Weinberg-Salam da interacção electro-fraca, ao menos nos intervalos consentidos pelos erros experimentais. Excepto...

Excepto no que diz respeito aos modos de desintegração do Z^0 em que aparece um fóton ($Z^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$ e $Z^0 \rightarrow \mu^+ \mu^- \gamma$). Estes modos deveriam ser, de acordo com o modelo, fortemente suprimidos, um factor da ordem de 100 abaixo das observações experimentais, e constituem hoje um dos mais intrigantes resultados destas colisões. Poderá tratar-se de erro experimental? de bremsstrahlung interno apesar de não parecer possível explicar os dois eventos obtidos desta maneira? ou tratar-se-á de evidência para uma realidade mais profunda em que, por exemplo, o Z^0 fosse uma partícula composta?

Os novos dados das experiências UA1 e UA2 deverão permitir clarificar a situação. Mas, mais decisivamente, será o LEP, grande anel de colisão de electrões de 70 contra 70 GeV, actualmente em construção no CERN, e grande «fábrica» de W's e Z's que, pro-

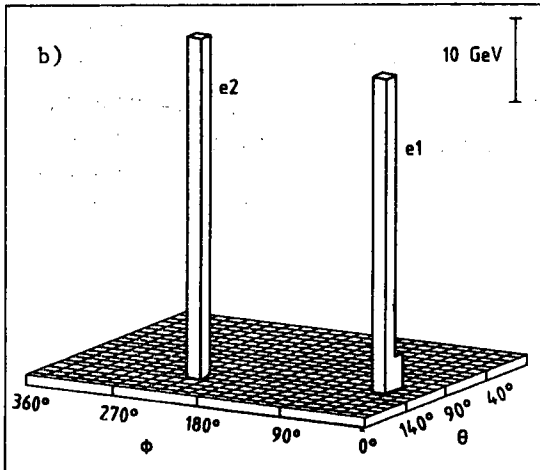
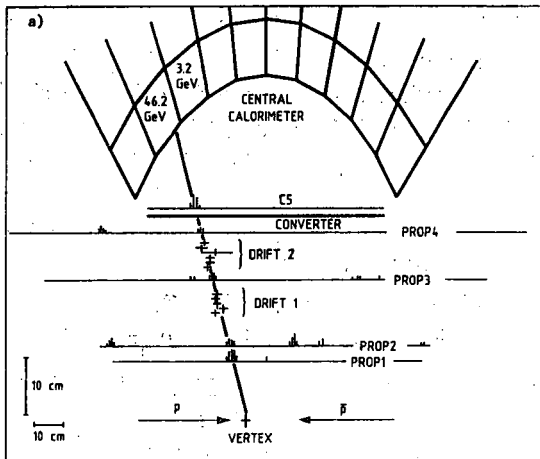


Fig. 8 — a) Vista longitudinal da observação de um $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$ na experiência UA2, no plano que contém o electrão central. Nas 4 câmaras proporcionais PROP 1 a 4 e na câmara C5 indicam-se os sinais validados. As medidas nas duas câmaras de deriva (DRIFT 1 e 2) estão indicadas com traços cruzados cujo tamanho indica a incerteza da medida. Também se indica a energia depositada nas células electro-magnéticas, quando não nula.

b) Distribuição da energia transversa na mesma observação, no plano (θ, ϕ) .

vavelmente, trará a partir de 1989, surpresas e descobertas.

Não falámos ainda da descoberta do quark «top» (Junho-Julho 1984) nas mesmas colisões prótão antiprótão, através do mecanismo $W \rightarrow t\bar{b}$ seguido da hadronização $\bar{b} \rightarrow$ jacto 1, do declínio $t \rightarrow b\bar{v}$ e da hadronização $b \rightarrow$ jacto 2 em que, experimentalmente, a massa invariante do sistema (ev jacto 1 jacto 2) coincide com a massa do W e a massa do quark top («o quark de cima») se situa entre 30 e 50 GeV. Nem falámos de muitos outros resultados impossíveis

de apresentar num artigo curto desta índole. Mas é tempo de terminar.

Para concluir, permita-se-me formular votos para que, quando forem publicadas as descobertas do LEP, no fim desta década, laboratórios e físicos portugueses não venham a estar ausentes da extensa lista dos seus autores. Um passo importante já dado foi o pedido formal de adesão de Portugal ao CERN recentemente verificado (Dezembro de 1984) a que se deverá seguir a muito curto prazo a adesão propriamente dita. Cumpre aqui registar e saudar com optimismo estes acontecimentos.

Difracção na Matéria Condensada

Parte I — Difracção de raios X

M. MARGARIDA R. R. COSTA

Departamento de Física, Universidade de Coimbra

1. Introdução

O desenvolvimento das técnicas experimentais de difracção de raios X e de neutrões nas últimas décadas, tem permitido notáveis progressos no conhecimento da estrutura atómica e das propriedades da matéria condensada que são essencialmente determinadas pelas características da distribuição dos electrões atómicos.

A designação de «matéria condensada» substitui hoje, cada vez com maior frequência, a de «estado sólido» e abrange de um modo geral sólidos e líquidos, uns e outros caracterizados pelo arranjo espacial regular e ordenado dos respectivos átomos. O que distingue esses dois estados da matéria é que, enquanto nos líquidos a ordem só existe a «curta distância», nos sólidos ela mantém-se a «longa distância».

Assim, o sólido cristalino (ou «cristal») pode reconstituir-se por repetição periódica, em cada uma das três direcções do espaço, de uma «unidade estrutural» — a *célula unitária* — cuja forma e dimensões caracterizam o tipo de estrutura cristalina do sólido. A Fig. 1 mostra o arranjo atómico e a célula unitária

(a tracejado) (a) de um cristal iónico, o cloreto de sódio e (b) de uma estrutura típica de metais bivalentes.

Os sólidos constituem pois *redes de difracção* para radiações cujo comprimento de onda seja da ordem de grandeza das distâncias interatómicas. Encontram-se nesta situação, os feixes de raios X — radiação electromagnética com comprimento de onda de alguns Angstroms — e os feixes de neutrões, que manifestam carácter ondulatório, com comprimentos de onda entre 0,4 e 30 Å Uns e outros podem ser difractados pelas estruturas cristalinas.

2. Difracção por um átomo

São as propriedades específicas dos raios X e dos neutrões que determinam o tipo de interacção com a matéria cristalina, que está na origem do processo de difracção.

Começar-se-á por tratar a difracção de raios X, abordando-se, numa segunda parte (II), a de neutrões. Referir-se-á sempre a difracção elástica, a que ocorre sem alteração do comprimento de onda da radiação incidente.

Quando um feixe de raios X incide sobre um cristal, o campo eléctrico da radiação electromagnética interactua com todos os electrões de cada átomo. Distribuindo-se estes num volume finito (o volume do átomo) as ondas difractadas por *cada* electrão (não neces-

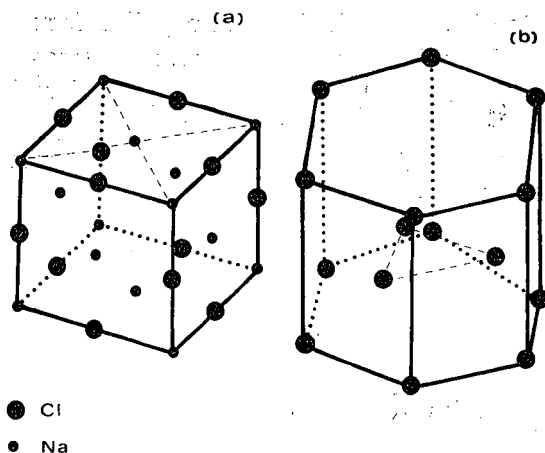


Fig. 1 — (a) Célula unitária de uma estrutura cúbica de faces centradas (Na Cl).
(b) Célula unitária de uma estrutura hexagonal compacta.

sariamente em fase) interferem; o resultado destas interferências traduz o «poder de difracção» do átomo e exprime-se através do «factor atómico de difracção».

A Fig. 2 ilustra a situação referida; notar que a diferença de fase entre as ondas difractadas pelos electrões 1 e 2 é

$$\delta = (2\pi/\lambda)(P_1B - P_2A) = r \cdot (\mathbf{s} - \mathbf{s}_0) \cdot 2\pi/\lambda; \quad (1)$$

sendo $|\mathbf{s} - \mathbf{s}_0| = 2 \sin \theta$, o valor de δ depende do ângulo θ . Compreende-se assim que o factor atómico de difracção, f , manifeste explicitamente esta dependência. A curva típica que traduz a variação $f(\sin \theta/\lambda)$ está representada na Fig. 3; o valor de f para $(\sin \theta)/\lambda = 0$ é máximo e igual ao número de electrões do elemento (número atómico Z); nesta direcção, $\theta = 0$, todas as ondas difractadas estão em fase e interferem construtivamente.

A forma exacta da curva $f(\sin \theta/\lambda)$ depende do número de electrões associados a cada átomo e do modo como eles se distribuem. Daí que, do conhecimento experimental

dos valores de $f(\sin \theta/\lambda)$ possam inferir-se características dessa distribuição.

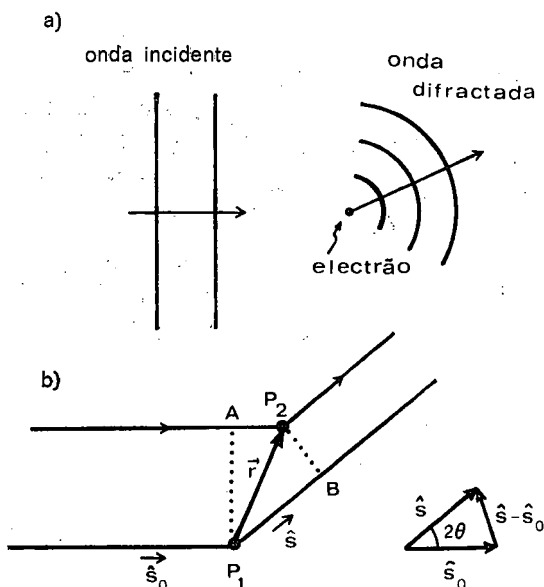


Fig. 2 — (a) Difracção de uma onda plana por um electrão.
(b) Difracção por um par de electrões (em P_1 e P_2).

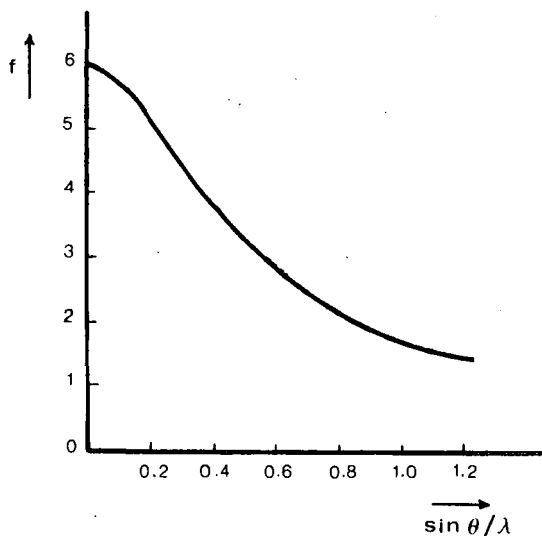


Fig. 3 — Variação típica do factor atómico de difracção com $(\sin \theta)/\lambda$.

3. Difracção pelo cristal

Os feixes de raios X difractados por cada átomo da célula unitária interferem em geral destrutivamente. Em algumas direcções, porém, a interferência é construtiva, emergindo do

crystal feixes mais ou menos intensos ⁽¹⁾. Estas diferentes intensidades resultam do maior ou menor poder de difracção de cada célula unitária, que se exprime habitualmente através do factor de estrutura, F_{hkl} :

$$F_{hkl} = \sum_j f_j \exp [2\pi i (hx_j + ky_j + lz_j)] \quad (2)$$

A soma refere-se a todos os N átomos de uma célula unitária; f_j é o factor atómico de difracção do átomo j , cujas coordenadas fraccionárias ⁽²⁾ em relação a uma origem fixa escolhida na célula unitária, são x_j, y_j, z_j ; os inteiros h, k, l definem a família de planos que origina um feixe difractado, com intensidade proporcional ao quadrado da amplitude do factor de estrutura ⁽³⁾ (ver Fig. 4).

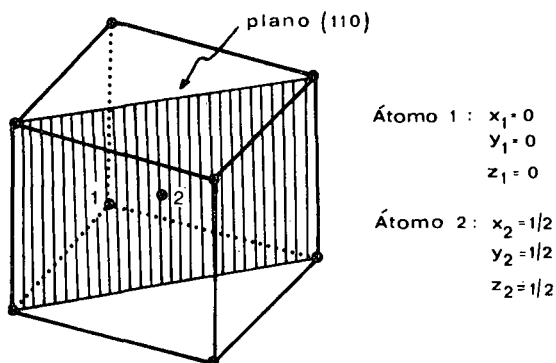


Fig. 4 — Posições atómicas na célula unitária do CICs; a tracejado indica-se o plano (110).

4. A experiência de difracção

Em traços muito gerais, numa experiência de difracção elástica faz-se incidir um feixe de raios X sobre um pequeno cristal — fragmento do sólido com dimensões da ordem de 10^{-2} cm — e procuram-se as *direcções* em que emergem feixes difractados, medindo-se as respectivas *intensidades*.

Como se deduz da lei de Bragg, essas direcções dependem da forma e dimensões da célula unitária. As intensidades dos feixes difractados são determinadas pelas amplitudes dos correspondentes factores de estrutura. Da definição desta quantidade se conclui que dependem: (i) das posições ocupadas pelos átomos na célula unitária (x_j, y_j, z_j); (ii) através de f_j , do número e distribuição dos electrões atómicos.

Das intensidades medidas numa experiência podem pois inferir-se:

- (i) as posições atómicas na célula unitária, i.e., a estrutura cristalina;
- (ii) o factor atómico de difracção que fornece informação sobre a distribuição de carga electrónica. Dela dependem, não só propriedades eléctricas e magnéticas do sólido, como a natureza das ligações atómicas, responsáveis por propriedades macroscópicas como a resistência mecânica, o ponto de fusão ou a condutividade térmica.

Na Fig. 5a pode ver-se o dispositivo experimental que é hoje frequentemente usado: um difractómetro automático acoplado a um gerador de raios X e a um computador. Na Fig. 5b mostra-se uma expansão esquemática do goniómetro, com os vários eixos de rotação. O cristal pode rodar em torno de 4 eixos, o que permite variar a sua orientação em relação ao feixe incidente de modo a que grande número de famílias de planos se encontrem sucessivamente em condições de difractar. Todas estas rotações do cristal são calculadas e controladas automaticamente.

Uma vez determinados os parâmetros da célula unitária e conhecida a orientação do cristal em relação a eixos ligados ao difractómetro — o que se consegue logo que se conheçam as direcções de uma ou duas dezenas de feixes difractados — medem-se as intensidades, I_{hkl} de um grande número de feixes. A partir delas obtêm-se os correspondentes factores de estrutura (que designaremos por «observados»):

$$I_{hkl} = S \mathcal{E}(\theta) |F_{hkl}^{obs}|^2 \exp [-B (\sin \theta / \lambda)^2] \quad (3)$$

S é um factor de escala que depende da intensidade e comprimento de onda do feixe

(1) Estas direcções são as que satisfazem a lei de Bragg: $n\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta$; os índices h, k, l definem a orientação de um conjunto de planos paralelos, à distância d uns dos outros (família de planos), fazendo um ângulo θ com a direcção do feixe incidente. Esta família de planos, satisfazendo a condição de interferência construtiva, está em condições de difractar.

(2) Expressas em termos de uma fracção das dimensões a, b, c da célula unitária.

(3) Notar que F_{hkl} é, em geral, uma quantidade complexa.

incidente e do volume do cristal, e θ contém as correcções ⁽¹⁾ de todos os erros sistemáticos,

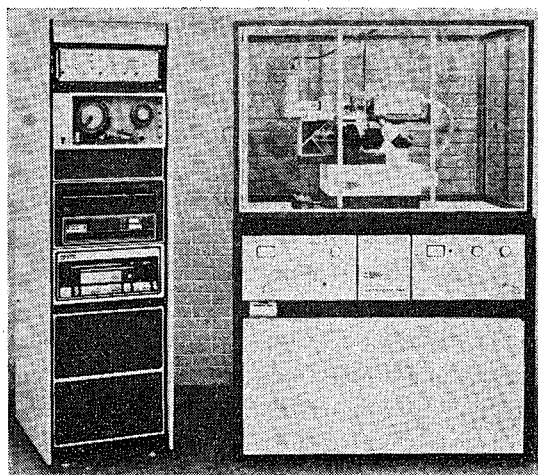


Fig. 5a — Difractómetro automático de raios X (CAD4) existente no Departamento de Física, em Coimbra.

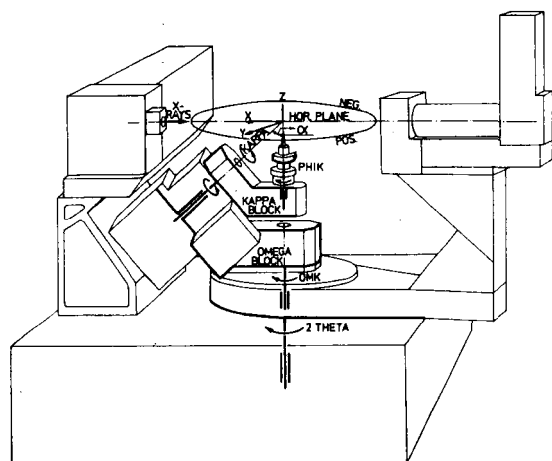


Fig. 5b — Pormenor esquemático do goniómetro.

de natureza geométrica e física, que afectam os valores experimentais; a exponencial que contém o factor de temperatura, B , toma em conta o efeito das vibrações atómicas nos valores das intensidades medidas.

A fase seguinte consiste em postular as posições atómicas e a distribuição electrónica associada a cada átomo que se admite, em geral, ser idêntica à do átomo livre, isto é, com simetria esférica. Com estes dados calcula-se, através de (2), um conjunto de factores de estrutura, F_{hkl}^{calc} ; por comparação com os correspondentes valores observados, F_{hkl}^{obs} , e

usando o método dos mínimos quadrados, refinam-se os valores dos parâmetros atómicos (posições e factores de temperatura dos átomos).

Conhecida assim a estrutura cristalina do sólido, pode recorrer-se a um de dois processos alternativos para interpretar a informação contida nas diferenças que ainda existam entre os factores de estrutura observados e os calculados à custa dos valores refinados dos parâmetros atómicos.

Um destes processos consiste em extrair dos factores de estrutura observados, os valores do factor atómico de difracção, $f(\sin \theta/\lambda)$, para cada tipo de átomo, usando o método matemático apropriado [1]. Estes podem então ser comparados com os valores de $f(\sin \theta/\lambda)$ correspondentes à distribuição electrónica postulada.

A Fig. 6 constitui um exemplo do tipo de informação que pode obter-se: as curvas a cheio representam valores calculados do factor atómico de difracção para os átomos de Fe e B no composto Fe_2B [2] ⁽²⁾; os correspondentes valores experimentais estão representados por círculos, com as respectivas barras de erro. Os desvios em relação à curva a cheio traduzem as diferenças entre a distribuição electrónica nos correspondentes átomos livres e no composto. Pode notar-se que, enquanto para o átomo de ferro não se observam diferenças significativas, o valor de $f(\sin \theta/\lambda=0)$ para o átomo de boro no Fe_2B é significativamente inferior ao do átomo livre. É pois razoável concluir que o número de electrões presentes num volume esférico tomado como o do átomo de boro é inferior ao que existe no átomo livre; é provável que os electrões «que faltam» se encontrem deslocalizados em todo o sólido.

A segunda alternativa para analisar as diferenças ($F_{obs} - F_{calc}$) é particularmente útil no estudo de possíveis anisotropias na distribuição electrónica. A densidade electrónica $\rho(x, y, z)$

⁽¹⁾ Correção de polarização e de Lorentz, de absorção e de extinção.

⁽²⁾ A forma irregular das duas curvas, para valores elevados de $(\sin \theta/\lambda)$ resulta dos erros de terminação de série (que constituem uma limitação severa deste método) e da necessidade de se postular, nos cálculos, um volume atómico finito.

em cada ponto da célula unitária de um cristal é o resultado de uma série de Fourier cujos

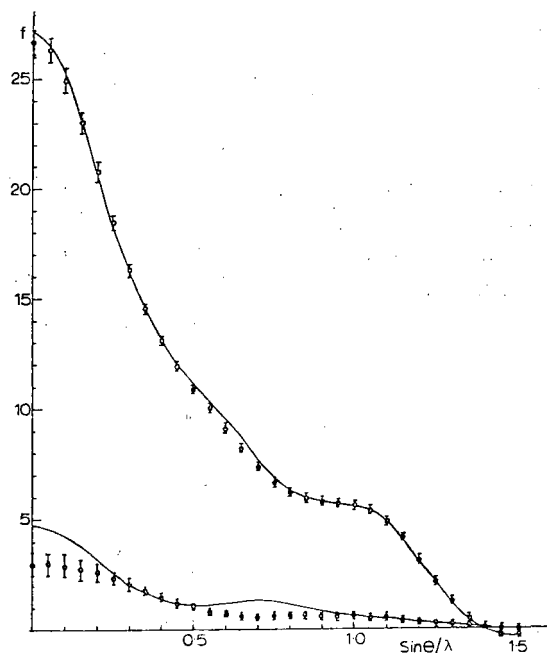


Fig. 6 — Factor atómico de difracção para os átomos de ferro e de boro: curvas calculadas para uma distribuição electrónica esférica e pontos experimentais [2].

coeficientes são os factores de estrutura, F_{hkl} . Isto é:

$$\rho(x, y, z) = \sum_{hkl} F_{hkl} \exp [2\pi i (hx + ky + lz)] \quad (4)$$

Conforme se usam os valores de F_{obs} ou de F_{calc} podem assim obter-se densidades electrónicas «observadas» ou «calculadas».

Um modo simples de as visualizar consiste em desenhar «mapas de densidades» unindo pontos da célula unitária onde a densidade electrónica tem o mesmo valor. Um conjunto de mapas assim obtidos para várias secções convenientemente escolhidas da célula unitária dá uma ideia da distribuição electrónica tridimensional.

Muitas vezes opta-se por «mapas de diferenças» onde se marcam os valores de $(\rho_{obs} - \rho_{calc})$ em cada ponto; deste modo, não só se evitam erros de terminação de série, como se tornam mais visíveis eventuais asfericidades na distribuição electrónica. As curvas traçadas revelam então em que medida a den-

sidade electrónica no cristal real se afasta da do modelo postulado, com simetria esférica em torno de cada átomo.

A Fig. 7 mostra um mapa de diferenças para a secção tracejada da célula unitária do vanádio metálico representada na mesma figura [3].

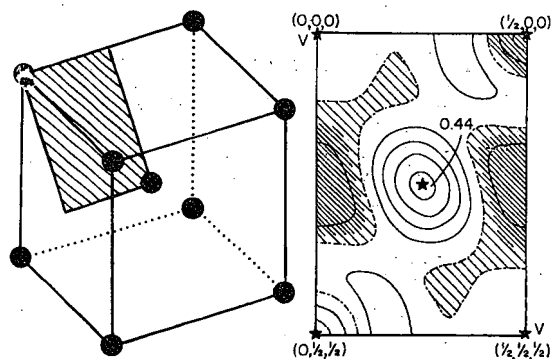


Fig. 7 — Célula unitária do vanádio metálico e mapa de diferenças correspondentes à secção tracejada da célula unitária [3].

O «pico» observado no ponto médio da ligação V-V representa um «excesso de electrões» em relação ao previsto para uma distribuição electrónica com simetria esférica, evidenciando uma ligação covalente forte responsável pela coesão no sólido.

REFERÊNCIAS

- [1] BROWN, P. J. and WILKINSON, C. — *Acta Cryst.*, **18**, 398 (1965).
- [2] BROWN, P. J. and COX, J. L. — *Phil. Mag.*, **23**, 705 (1971).
- [3] KORHONEN, U., RANTAVUOSI, F. and LINKOAHO, M. V. — *Ann. Acad. Sci. Fenn. Ser. A*, **VI**, 361 (1971).

Actas da Conferência Física 84

Foram recentemente publicadas as Actas da 4.ª Conferência Nacional de Física (Évora, Abril 1984), que contêm os textos de elevado número de comunicações apresentadas na conferência. Poderão ser requisitadas directamente ao Secretariado Nacional da Sociedade Portuguesa de Física.

Custo do exemplar, 830 págs.: 1500\$00, incluindo portes de correio.

Forças nos eixos de rotação

Algumas considerações elementares

JOÃO BESSA SOUSA

Laboratório de Física, Faculdade de Ciências do Porto

No ensino das rotações dá-se muitas vezes o exemplo de uma porta móvel em torno do seu eixo, sob a acção de uma força aplicada F , encontrando-se frequentemente a afirmação que «a força de reacção do eixo sobre a porta é sempre igual e oposta à força aplicada, constituindo-se um binário de forças a actuar sobre a porta». Tal afirmação está em geral errada, analisando-se aqui várias situações ilustrativas, com ou sem atrito entre a porta e o eixo.

1. Introdução

Consideremos a rotação de uma porta em torno de um eixo fixo (Δ) sob a acção de uma força aplicada F suposta, por comodidade, normal ao seu plano e aplicada numa extremidade (Fig. 1). É frequente encontrar-se a afirmação que «a força de reacção do eixo

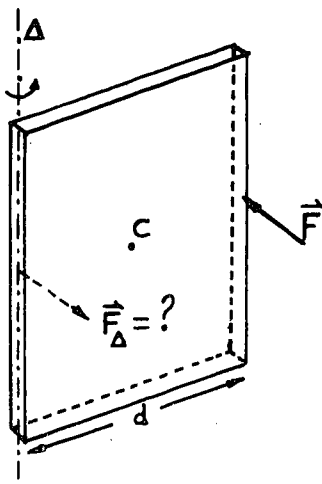


Fig. 1 — A aplicação da força F vai provocar o aparecimento de uma força de reacção F_{Δ} no eixo de rotação; C é o centro de massa da porta.

sobre a porta (F_{Δ}) é sempre igual e oposta à força aplicada F , constituindo-se um binário de forças a actuar sobre a porta. A «justificação» deste resultado segue por vezes a seguinte via de raciocínio:

- i. Se um sólido indeformável está ligado a um eixo fixo, então não pode ter movimentos de translação (mas só rotações).

- ii. Portanto, as forças actuando sobre a porta ($F + F_{\Delta}$) deverão ter resultante nula, logo $F_{\Delta} = -F$ (constituindo-se um binário).

Infelizmente esta conclusão nem sempre está correcta. Como analisaremos adiante, se desprezarmos o atrito no eixo de rotação, o resultado $F_{\Delta} = -F$ não será válido. Existindo atrito, teremos ainda $F_{\Delta} \neq -F$ em geral, salvo no caso extremo em que F tem uma intensidade insuficiente para vencer o atrito entre o eixo e a porta (ficando esta em repouso); mas mesmo neste caso o sistema de todas as forças actuando sobre a porta não é equivalente a um simples binário de forças.

2. Ausência de atrito no eixo de rotação

Neste caso as forças que o veio, suposto cilíndrico, exerce sobre a porta são normais à superfície de contacto, sendo portanto equivalentes a uma força F_{Δ} passando pelo eixo; F_{Δ} não dá neste caso qualquer momento mecânico em relação ao eixo. A porta está então sujeita à acção de duas forças exteriores: F aplicada na sua extremidade, F_{Δ} exercida pelo eixo.

Recordemos que o centro de massa da porta (ponto C na Fig. 1; fora do eixo de rotação) se desloca como se nele estivesse concentrada toda a massa (M) da porta e aplicada a resultante (R) de todas as forças exteriores:

$$M a_c = R = F + F_{\Delta} \quad (1)$$

onde \mathbf{a}_C é a aceleração do centro de massa da porta.

Se houvesse apenas um binário a actuar sobre a porta ($\mathbf{F}_\Delta = -\mathbf{F}$), como muitas vezes se afirma, teríamos uma resultante nula, logo

$$\mathbf{a}_C = 0 \quad \mathbf{V}_C = \text{const} \quad (2)$$

O centro de massa seguiria então uma trajectória rectilínea com velocidade constante \mathbf{V}_C , o que é absurdo, pois C descreve uma trajectória circular em torno do eixo! Daqui se conclui que, na ausência de atrito, a força de reacção do eixo sobre a porta nunca pode ser igual a $-\mathbf{F}$. Calculemos então \mathbf{F} neste caso de ausência de atrito.

Como o centro de massa descreve uma trajectória circular (raio R), haverá aceleração do centro de massa (\mathbf{a}_C), segundo a normal (versor \mathbf{n}) e segundo a tangente (versor \mathbf{t}) à trajectória, de acordo com a conhecida decomposição:

$$\mathbf{a}_C = \frac{d\mathbf{V}_C}{dt} \mathbf{t} + \frac{V_C^2}{R} \mathbf{n} \quad (3)$$

Usando a eq. 1 obtemos:

$$M \frac{d\mathbf{V}_C}{dt} \mathbf{t} + M \frac{V_C^2}{R} \mathbf{n} = \mathbf{F} + \mathbf{F}_\Delta \quad (4)$$

expressão que nos permite explicitar a força \mathbf{F}_Δ :

$$\mathbf{F}_\Delta = -\mathbf{F} + \left(M \frac{d\mathbf{V}_C}{dt} \mathbf{t} + M \frac{V_C^2}{R} \mathbf{n} \right) \quad (5)$$

Vê-se que \mathbf{F}_Δ não é igual a $-\mathbf{F}$, sendo a diferença dada pelo termo entre parêntesis no segundo membro. Mesmo que \mathbf{F} fosse aplicada com a porta em repouso ($V_C = 0$) o termo entre parêntesis não seria nulo, pois aparecia imediatamente uma aceleração do centro de massa devida à força aplicada ($d\mathbf{V}_C/dt \neq 0$).

Para termos o valor de \mathbf{F}_Δ precisamos de conhecer $d\mathbf{V}_C/dt$, ou, equivalentemente, a aceleração angular da porta ($d\omega/dt$; $\omega =$ velocidade angular), uma vez que $V_C = R\omega$:

$$\frac{d\mathbf{V}_C}{dt} = R \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

Para calcular $d\omega/dt$ basta aplicar o teorema do momento cinético,

$$I_\Delta \cdot \frac{d\omega}{dt} = M_\Delta \quad (7)$$

onde I_Δ é o momento de inércia da porta em relação ao eixo e M_Δ é a grandeza da resultante, segundo Δ , dos momentos das forças aplicadas em relação a esse eixo. Como \mathbf{F}_Δ não dá, na ausência de atrito, momento em relação ao eixo, temos:

$$M_\Delta = \mathbf{F} \cdot d \quad (8)$$

onde d é a distância entre o ponto de aplicação de \mathbf{F} e o eixo, e se admitiu \mathbf{F} normal ao plano da porta. Substituindo (8) em (7) e usando as eqs. (6) e (7) obtém-se (com $V_C = 0$):

$$\mathbf{F}_\Delta = -\mathbf{F} + \left(\frac{MRd}{I_\Delta} \right) \mathbf{F} \quad (9)$$

onde se usou $\mathbf{F} = F \mathbf{t}$ (no exemplo considerado). Podemos simplificar esta expressão, introduzindo o valor do momento de inércia da porta em relação ao eixo Δ :

$$I_\Delta = Md^2/3 \quad (10)$$

e fazendo $d = 2R$. Obtemos então:

$$\mathbf{F}_\Delta = \frac{1}{2} \mathbf{F} \quad (11)$$

Chegamos a um resultado interessante: no exemplo considerado ($V_C = 0$), o eixo reage sobre a porta com uma força ($\mathbf{F}/2$) com a mesma direcção e sentido da força aplicada!

Os cálculos foram feitos para o instante da aplicação de \mathbf{F} , supondo a porta inicialmente em repouso. Em instantes posteriores, devido à aceleração $d\omega/dt \neq 0$, o centro de massa da porta adquire uma velocidade V_C finita.

Este facto origina uma nova componente de \mathbf{F}_Δ , dirigida segundo a normal, pois se tem das eqs. (6) e (9):

$$\mathbf{F}_\Delta = \frac{1}{2} \mathbf{F} + \left(M \frac{V_C^2}{R} \right) \mathbf{n} \quad (12)$$

A nova componente de \mathbf{F}_Δ tem uma explicação física clara: é responsável pela aceleração normal (V_C^2/R) a que o centro de massa da porta tem de estar sujeito para percorrer efectivamente a trajectória de raio R .

Até aqui consideramos o caso de uma porta simples, com o eixo de rotação num dos lados, ficando o centro de massa fora do eixo. Consideremos por momentos o caso da porta tipo

guarda-vento, com duas abas e o eixo de rotação a meio, como se mostra na Fig. 2.

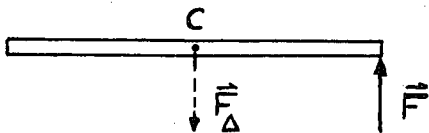


Fig. 2 — Quando o eixo de rotação, fixo, passa pelo centro de massa da porta (C), a força de reação F_{Δ} é igual e oposta à força aplicada F (constituindo com ela um binário de forças).

Neste caso o centro de massa cai no eixo de rotação, estando portanto sempre em repouso. Isto significa que a resultante das forças aplicadas à porta, $R = F + F_{\Delta}$, terá de ser nula, logo $F_{\Delta} = -F$ neste caso particular.

3. Efeito do atrito

a) Se a força F aplicada for insuficiente para vencer as forças de atrito estático entre o veio e a porta, ficando esta imobilizada ($V_C = 0$, $a_C = 0$), tira-se da eq. (1) que a resultante de todas as forças exteriores é então nula, isto é:

$$F_{\Delta} = -F \quad (13)$$

onde F_{Δ} é a resultante das forças distribuídas sobre a superfície de contacto veio-porta (exercidas pelo veio sobre a porta):

$$F_{\Delta} = \sum_i f_i \quad (14)$$

O somatório estende-se a todas as forças de origem microscópica f_i que se exercem nos vários pontos (i) de contacto entre o veio e a porta.

Notemos que a condição $F_{\Delta} = -F$ não significa que o sistema das forças exteriores seja simplesmente equivalente a um binário. Na verdade, estando a porta em repouso ($\omega = 0$, $d\omega/dt = 0$), de acordo com a eq. (7) terá de ser também nulo o momento de todas as forças aplicadas em relação ao eixo de rotação, o que significa que as forças de atrito têm de produzir um momento em relação ao eixo de rotação, precisamente igual e oposto ao produzido pela força F :

$$M_{\Delta} \text{ (forças atrito)} + M_{\Delta} \text{ (força } F) = 0 \quad (15)$$

O sistema das forças exercidas pelo veio sobre a porta é pois equivalente, neste caso, a uma força de valor $F_{\Delta} = -F$ (eq. (13)) e a um binário dando um momento $M_{\Delta} \text{ (atrito)} = -M_{\Delta} \text{ (força } F)$ em relação ao eixo de rotação.

b) No caso de as forças de atrito serem insuficientes para impedir o movimento da porta sob a acção de F , o movimento circular do centro de massa implica necessariamente $a_C \neq 0$ (sempre que há curvatura na trajetória, há aceleração!), logo, pela eq. (1), tem-se como resultante das forças exercidas pelo veio sobre a porta:

$$F_{\Delta} \neq -F$$

Podemos portanto afirmar que o movimento de uma porta em torno de um eixo num dos seus lados nunca pode ser descrito como o resultado da acção de um sistema de forças unicamente equivalente a um binário. Esta conclusão é também válida para a situação em que a porta fica imobilizada sob a acção do atrito estático.

4. Considerações finais

Para finalizar, analisemos criticamente o conteúdo das afirmações (i) e (ii), procurando detectar o erro subjacente aos raciocínios então seguidos. O erro resultou de se ter admitido que um sólido em movimento de rotação pura apenas pode estar sujeito à acção de forças exteriores equivalentes a um binário. É óbvio que se o centro de massa do sistema não cair no eixo de rotação, terá necessariamente movimento, e por se tratar de uma trajetória com curvatura, este movimento é sempre acelerado. Para produzir essa aceleração as forças exteriores terão necessariamente uma resultante diferente de zero (eq. 1), não podendo ser simplesmente equivalente a um binário (que tem resultante nula).

Julgamos terem ficado esclarecidas as razões de um equívoco que se encontra frequentemente em livros didáticos, nomeadamente em pontos de exame propostos aos alunos.

Sobre Novos Programas para o Curso Unificado

FERNANDO FERNANDES

Departamento de Química, Faculdade de Ciências de Lisboa

ANTÓNIO MOREIRA GONÇALVES (*)

Departamento de Física, Faculdade de Ciências de Lisboa

ANA CRISTINA ESGALHADO (**), MARIA MARGARIDA FIALHO,

MARIA EUGÉNIA BARATA e MARIA HELENA PEREIRA

Escola Secundária dos Olivais, Lisboa

MARIA DA LUZ RIBEIRO

Escola Secundária de D. Dinis, Lisboa

1. Introdução

A reformulação dos programas do ensino secundário de Física-Química é tarefa urgente, pois desde 1975 que vigoram programas «provisórios» os quais apresentam graves deficiências.

A não existência de Física-Química no 7.º ano de escolaridade provoca não só uma interrupção na aprendizagem de noções importantes, como também dificulta a aquisição de conhecimentos básicos e a compreensão de outras disciplinas, nomeadamente as de Ciências da Natureza e Geografia. Impossibilita ainda qualquer trabalho interdisciplinar com estas mesmas disciplinas, trabalho esse que seria de extrema utilidade nesta fase da aprendizagem.

A análise dos programas de Ciências da Natureza e de Matemática do ciclo preparatório [1] permitiu concluir que os mesmos dariam aos alunos uma preparação adequada, quer em relação a conhecimentos, quer a aptidões desenvolvidas. Assim, na planificação dos novos programas do 7.º ano de escolaridade, tomámos como ponto de partida os programas do ciclo preparatório em vigor. No entanto, conscientes de que tais programas podem, em muitos casos, não ser cumpridos, foi elaborada uma lista de pré-requisitos que devem ser testados no início do curso secundário unificado. Considerámos ainda a perspectiva de uma escolaridade obrigatória alargada de 9 anos, incluindo a disciplina de Física-Química nos três anos terminais.

Nas secções seguintes referiremos diversos aspectos do desenvolvimento deste trabalho, e em particular:

- a descoordenação dos actuais programas do curso unificado;
- os fundamentos psico-pedagógicos que estão na base dos programas que pretendemos elaborar;
- uma crítica da incoerência entre os objectivos gerais definidos para os actuais programas e a implementação dos mesmos;
- uma nova formulação dos objectivos gerais para o ensino das ciências;
- uma definição de critérios para selecção de conteúdos; a título ilustrativo, uma selecção de conteúdos para um curso de iniciação em Física-Química (7.º ano de escolaridade) com a definição de alguns objectivos específicos para este curso e com propostas de metodologia de ensino (orientações metodológicas), evidenciando-se a coordenação com outras áreas disciplinares afins.

Como principais conclusões do trabalho já efectuado podemos desde já referir: *a)* ser possível a coordenação de programas entre diferentes disciplinas; *b)* ser necessária uma reorganização curricular com uma adequada formação de professores.

(*) Endereço actual: Departamento de Informática e Ciências da Computação, Faculdade de Ciências de Lisboa.

(**) Endereço actual: Departamento de Educação, Faculdade de Ciências de Lisboa.

2. Descoordenação de programas

A análise de programas vigentes levada a cabo por H. Pereira et al. [2], mostra claramente a descoordenação dos programas actuais de várias disciplinas do curso secundário. Esta descoordenação abrange fundamentalmente os seguintes aspectos:

- inexistência de temas unificadores com conseqüente fragmentação do saber em compartimentos isolados;
- inexistência de bases necessárias para a compreensão das matérias leccionadas numa dada disciplina, bases essas que deveriam ter sido adquiridas anteriormente nessa ou noutra disciplina;
- repetição de assuntos com o mesmo nível de desenvolvimento em disciplinas de formação geral/específica e de opção.

3. Alguns fundamentos psico-pedagógicos

Uma das razões que contribuíram para o início deste trabalho foi a constatação de um elevado insucesso escolar e a convicção de que os alunos manifestam um desinteresse enorme pela escola. Nenhum destes possíveis factos educativos foi por nós analisado ou constatado como tal; limitámo-nos a admitir a hipótese — não operacionalizada — de que o insucesso escolar ⁽¹⁾ é o desinteresse pela escola podem ser devidos, entre outros factores, a inadequação dos programas e das estratégias de ensino/aprendizagem.

A maior parte dos alunos que frequentam a escola secundária entre o 7.º e o 9.º ano de escolaridade, têm idades compreendidas entre os 12 e 16 anos — é em função destas idades que a primeira parte da escola secundária é concebida. De acordo com a teoria do desenvolvimento intelectual de Piaget é por volta dos 12 anos que os jovens começam a desenvolver as estruturas do raciocínio formal, isto é, começam a ser capazes de efectuar operações mentais sobre dados abstractos [3]. No entanto, é também bem conhecido que estes limites de idade não são rígidos, variando com o contexto cultural e social do país e também com

a variedade de experiências cognitivas realizadas ao longo do processo de crescimento [4]. Neste processo, a escolaridade pode vir a ser uma experiência crucial [5].

Os alunos que frequentam as escolas secundárias não se ajustam todos ao modelo descrito por Piaget: dados recolhidos em vários países mostram que existe uma enorme percentagem de alunos com idades iguais ou superiores a 15 anos que não atingiu o estágio das operações formais [6]. Em França, por exemplo, metade da população escolar atinge o estágio das operações pré-formais por volta dos 11 anos; mas mais de metade da população etária de 15 anos ainda não atingiu o estágio das operações formais [7]. De acordo com estas observações, vários autores sugerem que o ensino secundário, considerado numa perspectiva de escolaridade obrigatória, deve apontar para a consolidação do pensamento concreto e pré-formal [8]. O ensino secundário obrigatório seria, assim, adequado a toda a população escolar e, ao mesmo tempo, elevaria o nível global do pensamento lógico da maioria dos seus alunos, ao favorecer a passagem do estágio concreto ao estágio pré-formal [9].

A evolução de um estágio de desenvolvimento para o estágio seguinte não é brusca e processa-se de modo diferente, de sujeito para sujeito; mas, de um modo geral, a passagem

(1) O insucesso escolar é uma realidade demasiado complexa para ser apenas explicada por algumas causas específicas, uma vez que põe em jogo todos os mecanismos de socialização.

As teorias mais conhecidas para explicar o insucesso escolar fazem explicitamente apelo à origem sócio-económica e sócio-cultural dos alunos. Outras teorias, complementando as anteriores, utilizam como mecanismos de mediação, a aquisição de estruturas cognitivas de base, relacionadas com capacidades linguísticas e com a capacidade de abstracção. Mas, para além de favorecer ou bloquear o desenvolvimento de capacidades cognitivas, o meio social influencia decisivamente o desenvolvimento global da personalidade, e fornece os modelos de identificação que vão definir as aspirações e o tipo de conhecimentos e de actividades valorizados pelos alunos. As relações que os alunos tecem no interior da família e na escola são também determinantes para o processo de desenvolvimento e, por isso, essenciais para a compreensão do insucesso escolar.

de um estádio ao seguinte exige que todas as estruturas desse estádio estejam adquiridas. Admite-se que existem etapas de evolução dos esquemas operatórios (mudança das estruturas cognitivas), e etapas de consolidação desses mesmos esquemas operatórios. A aquisição de um dado esquema operatório é um processo permanente, na medida em que o esquema acaba por não funcionar se não for alimentado — tudo se passa como se não tivesse existido ⁽²⁾. É pois fundamental valorizar a aquisição efectiva das estruturas de raciocínio pré-formal, e garantir que os seus esquemas operatórios serão permanentemente alimentados, como condições necessárias para a passagem ao estádio das operações formais [10].

Utilizamos como teoria de referência a psicologia genética piagetiana porque os problemas do desenvolvimento cognitivo da criança, da sua capacidade de aprender efectivamente e as condições dessa aprendizagem podem ser equacionados no seu interior. Isto não nos impedirá de recorrermos, em fases posteriores do projecto, a outras teorias nomeadamente para a escolha de métodos e estratégias de ensino. De qualquer modo, todas as teorias da aprendizagem dão uma grande importância ao *concreto*; essa importância pode revestir várias formas: percepção dos objectos e dos fenómenos, manipulação dos objectos, comparação entre diversos casos particulares de um mesmo fenómeno, criação de situações que envolvam contradição entre previsões e observações, utilização de exercícios concretos para a criação de conflitos cognitivos; etc.

A primeira finalidade da Escola Secundária obrigatória é a de contribuir para que a relação cognitiva dos alunos com a realidade apreendida se torne relevante e significativa para eles, estimulando assim a sua evolução cognitiva.

Os teóricos da Escola Activa apresentam-nos uma evolução dos interesses dos alunos [11], que hoje é considerada muito simplista [12], mas que pensamos poder servir como fio condutor para a escolha dos temas para cursos de ciências ao nível da escola secundária obrigatória.

Por volta dos 12-13 anos os interesses espontâneos dos alunos incidem nas fatias do

real que é possível observar directamente, entendendo-se por «observar» um certo número de acções relacionadas com a percepção: ver, ouvir, provar, tocar, sentir, manipular, explorar, empurrar, puxar, lançar, levantar. Os interesses espontâneos dos alunos dirigem-se essencialmente para o mundo macroscópico, sobretudo para os seres vivos. Estes interesses vão aprofundar-se com a progressiva consciência das relações entre as várias observações, deslocando-se para a compreensão dos mecanismos subjacentes aos fenómenos observados e, progressivamente, para os modelos simples (muito ligados à representação do real) que os permitem explicar e prever.

Esta sequência permite lembrar o essencial do ponto de vista das aprendizagens científicas: antes de apropriarem os conceitos, de construir modelos e de utilizarem teorias, os alunos devem ter oportunidade de interactuar com os materiais e de tomar contacto directo com os fenómenos. O que já se conhece empiricamente é mais fácil de reestruturar e de reorganizar, para que o conhecimento passe a um nível de abstracção superior.

A escolha de temas para os programas científicos da escola secundária obrigatória deve também obedecer a critérios que per-

(2) É ainda aceite, por um grande número de investigadores, que na evolução de um estádio para outro, nem todas as operações lógicas fundamentais evoluem ao mesmo tempo — Reuchlin fala de aprendizagens regionais prioritárias. As aprendizagens regionais são diferentes de sujeito para sujeito e são sobretudo o resultado da estimulação preferencial do meio. Por outro lado, as operações lógicas, ao contrário do que se pensou durante muito tempo, não são independentes do conteúdo. É já um facto que a mesma operação lógica, por exemplo a conservação, evolui mais rapidamente sobre certos conteúdos do que sobre outros.

Os investigadores de Genève orientaram-se recentemente para investigações sobre a evolução cognitiva estimulada, isto é procuram encontrar estratégias que conduzam os sujeitos à necessidade de criar uma nova estrutura cognitiva, para fazerem face às situações por eles apresentadas. Essas estratégias baseiam-se nas noções de conflito cognitivo e de conflito sócio-cognitivo.

mitam seleccionar noções interessantes e pertinentes do ponto de vista científico ⁽³⁾.

Resumindo, podemos afirmar que a escolha de conteúdos programáticos para o ensino das Ciências ao nível da escolaridade obrigatória, deve estar dependente:

- das finalidades atribuídas a este nível de ensino;
- das capacidades reais e a estimular, da totalidade dos alunos que o frequentam;
- dos fenómenos pelos quais os alunos se interessam espontaneamente;
- dos temas essenciais do conhecimento científico, que permitam mostrar como é que a Ciência explica esses fenómenos.

Deixámos voluntariamente de lado, neste artigo, tudo o que se refere aos conhecimentos dos alunos sobre a Natureza e aos seus modos de interpretação dos fenómenos naturais, que são anteriores a qualquer iniciação científica, e devem ser necessariamente considerados nas aprendizagens escolares.

4. Objectivos

4.1 Análise dos Objectivos Gerais definidos para os Programas em vigor

A análise dos objectivos gerais dos 7.º e 8.º anos unificados [13] faz ressaltar a incoerência entre os objectivos definidos e aqueles que a implementação dos actuais currícula permite atingir.

Citamos a título de exemplo um dos objectivos gerais dos actuais programas:

«Levar os alunos, através de uma pedagogia concreta, activa e interdisciplinar, à contínua descoberta de que a prática e a teoria são duas faces da actividade humana: o pensamento e a acção, a ciência e a técnica não podem existir separados — são uma unidade dialéctica».

Este objectivo exemplifica bem o desajuste entre aquilo que é teoricamente desejável e os meios que são postos à disposição da Escola para o atingir:

- programas muito extensos, incidindo em aspectos teóricos;
- turmas com grande número de alunos, devido à superlotação das escolas;

- impossibilidade de trabalho de equipa entre professores de grupos diferentes;
- mau e insuficiente material de laboratório;
- falta de verbas;
- divórcio entre os programas científicos e os das disciplinas de índole mais tecnológica (área vocacional).

Como modificar esta situação? Redefinir os objectivos ou tentar alcançar os meios que os permitam atingir na prática?

Optámos pela segunda via e pretendemos intervir nos aspectos que podem caber na esfera de actuação dos professores e das escolas:

- elaborar programas para o 7.º, 8.º e 9.º anos de escolaridade, numa perspectiva interdisciplinar;
- elaborar manuais para os alunos, guias de trabalho para os professores e o necessário material didáctico;
- testar os programas e o material de apoio, antes da implementação dos mesmos;
- dar uma contribuição para a formação de professores, no âmbito da implementação dos programas;
- reestruturar os currícula do ensino secundário.

4.2 Formulação dos Objectivos Gerais para as Ciências

Dado o grau de generalidade com que estão definidos os objectivos para o actual curso unificado pensamos ser útil defini-los num âmbito mais restrito. São os seguintes os objectivos que consideramos importantes:

1 — Mostrar o carácter global do conhecimento e a interligação entre os vários ramos das ciências;

⁽³⁾ Recordamos que uma das grandes inovações das reformas do ensino científico dos anos sessenta era o objectivo de dar a conhecer, ao nível do ensino secundário, a Ciência tal como ela é praticada, construída e concebida pelos cientistas actuais. Toda a importância dada à construção de conceitos e à utilização de modelos resulta deste objectivo, que continua a ser importante, tanto do ponto de vista dos conteúdos como dos métodos propostos.

2 — Sensibilizar o estudante para encarar as ciências como um corpo em contínua transformação;

3 — Evidenciar a interligação entre ciência e tecnologia, mostrando como o avanço de uma condiciona o desenvolvimento da outra;

4 — Fomentar a ideia de que a tecnologia deve ser usada em benefício da humanidade e alertar para os perigos que o desenvolvimento actual pode trazer para a própria humanidade;

5 — Fomentar a ideia de que as ciências são uma actividade humana que procura conhecer e compreender a natureza;

6 — Iniciar o estudante num processo de idealização do mundo real (construção de modelos);

7 — Proporcionar ao estudante os conhecimentos mais significativos das ciências que fazem parte da cultura básica do nosso tempo;

8 — Perspectivar historicamente o desenvolvimento dos vários ramos das ciências;

9 — Proporcionar conhecimentos básicos das ciências que sejam úteis para o trabalho ou estudos posteriores;

10 — Estimular o desenvolvimento de habilidades e destrezas no uso da metodologia das ciências experimentais bem como no uso consciente de técnicas de cálculo;

11 — Desenvolver o sentido crítico, a criatividade e a capacidade dedutiva;

12 — Familiarizar o estudante com a linguagem das ciências e com o uso da simbologia correspondente.

5. Conteúdos

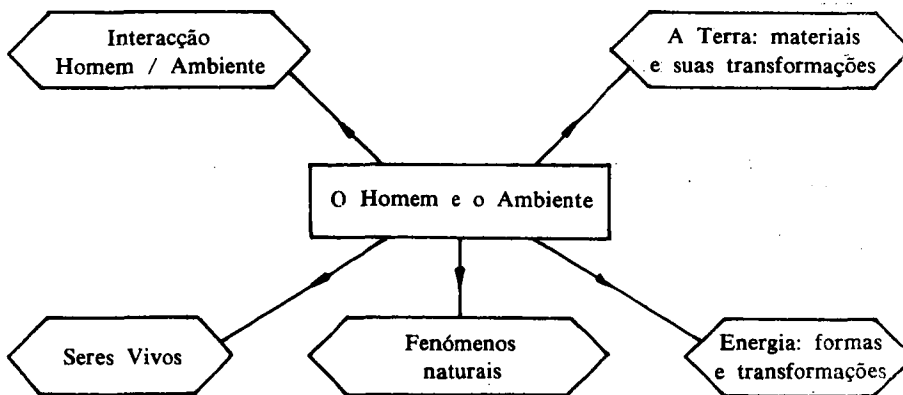
5.1 Tema Unificador

Uma vez que o Saber deve ser integrado, é necessário criar condições que permitam uma prática interdisciplinar. Tais condições passam pela escolha de um tema unificador, a partir do qual se desenvolverão os conteúdos das várias disciplinas. O presente trabalho envolve as disciplinas de Física-Química, Biologia, Matemática e Geografia. O tema unificador escolhido tem como base um assunto que, de acordo com o que ficou dito no ponto 3, pensamos ser motivador: «O Homem e o Ambiente». Este tema unificador abrangerá os três anos do curso geral unificado, pois engloba sub-temas suficientemente vastos para, a partir deles, se poderem desenvolver nos alunos capacidades importantes e permitir-lhes a aquisição dos conhecimentos básicos. O mapa 1 mostra o tema unificador e os sub-temas que serão desenvolvidos complementarmente nas várias disciplinas ao longo dos três anos.

Este tema será tratado diferentemente em cada ano, em termos de conteúdo e de capacidades a desenvolver, de acordo com as várias etapas que o aluno deve percorrer.

No 7.º ano privilegiar-se-á a observação directa dos seres vivos, materiais e fenómenos e ainda a aquisição de técnicas de medição, de modo a preparar os alunos para, nos anos seguintes, estabelecerem e utilizarem relações quantitativas. A maior incidência dada à obser-

ESQUEMA TEMÁTICO PARA O CURSO UNIFICADO



Mapa 1 — O tema unificador (ao centro) ramifica-se em 5 subtemas que serão tratados complementarmente pelas diferentes disciplinas, permitindo aos alunos uma integração dos conhecimentos.

vação directa da Natureza implicará sobretudo as Ciências da Natureza e a Geografia; neste contexto, é atribuído às disciplinas de Física-Química e Matemática o papel de desenvolver nos alunos a habilidade de medir e o de criar estruturas matemáticas necessárias à medição. No 8.º ano de escolaridade pensamos dar ênfase à construção de conceitos e no 9.º ano à utilização de modelos.

5.2 Seleção dos Conteúdos

Dada a especificidade deste artigo, apenas nos referiremos aos temas da disciplina de Física-Química. A escolha dos temas deverá obedecer aos seguintes critérios:

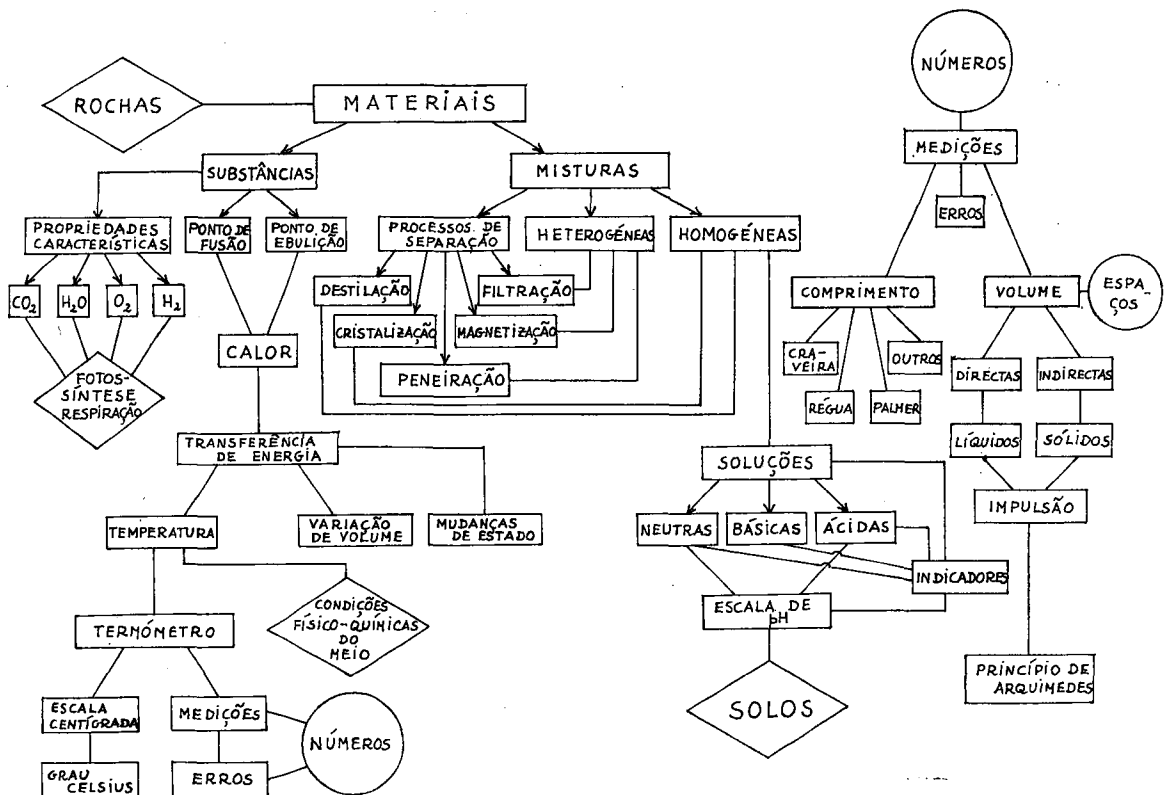
- relacionarem-se com o tema unificador através de esquemas conceptuais;
- fornecerem bases necessárias para outras disciplinas;
- serem coerentes com os objectivos gerais.

O mapa 2 mostra uma possível selecção de temas para a disciplina de Física-Química (7.º ano), evidenciando as ligações com as outras disciplinas. O mesmo mapa mostra não existir uma separação nítida entre Física e Química. Tal facto é intencional e resulta da nossa convicção da necessidade de uma urgente integração das duas ciências a este nível de ensino.

Gostaríamos de frisar que os conteúdos seleccionados podem vir a ser alterados na sequência dos trabalhos do grupo.

5.3 Definição de Objectivos Específicos e Orientações Metodológicas

Os objectivos específicos são definidos em termos de conteúdos. São sugeridas algumas orientações metodológicas que visam clarificar o grau de profundidade e o tipo de abordagem; não pretendem de modo algum limitar a criatividade do professor e dos alunos.



Mapa 2 — Diagrama conceptual de Física e de Química para o 7.º ano de escolaridade.

Rectângulos — Física e Química; *Losangos* — Conceitos de ligação às Ciências da Natureza; *Círculos* — Conceitos de ligação à Matemática.

O Quadro I contém, a título de exemplo, objectivos e respectivas orientações metodológicas para um dos temas do 7.º ano de Física-Química.

tem que ser solidária com uma total reorganização curricular, pois só assim será possível dar ao aluno a possibilidade de adquirir o conhecimento na sua dimensão transdiscipli-

Quadro I— Este quadro mostra dois objectivos específicos do programa de 7.º ano de escolaridade de Física-Química com algumas sugestões de orientação metodológica.

OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	ALGUMAS ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS
1.1 Medir comprimentos usando régua, palmer, craveira e outros instrumentos.	Aproveitar, se possível, alguns grãos de areia de maiores dimensões, cristais de dimensões apreciáveis e vários materiais utilizados nas primeiras aulas de Ciências da Natureza.
1.2 Medir volumes de líquidos e de sólidos.	Usar provetas, pipetas e outros vasos graduados para medição directa de volumes. Usar provetas para medição indirecta do volume de um corpo sólido; usando um sólido regular, por exemplo um cubo, pode-se calcular o volume e comparar com o valor obtido pela medição indirecta.

6. Conclusões

O trabalho realizado permitiu concluir que:

- a descoordenação entre os programas existentes é quase total embora seja possível construir programas que estejam coordenados entre si, com um trabalho de equipa dos professores dessas disciplinas. O mapa 1, o tema unificador e os objectivos referidos são o resultado de um trabalho dessa natureza;
- para a Física e a Química, ao nível da escolaridade obrigatória, as noções a estudar dizem respeito ao domínio de ambas as ciências, pelo que é necessária a sua integração;
- é inadmissível o desprezo e o abandono a que foi votada a experimentação no ensino secundário. Não é possível exigir aos alunos que construam conceitos e modelos científicos, sem lhes terem sido facultadas oportunidades para sentir, tocar e manipular os objectos e instrumentos que aí os poderiam conduzir. É pois necessário e urgente dar à experimentação um lugar privilegiado no ensino secundário.

Deste nosso trabalho ressalta ainda que a modificação dos programas de Física-Química

nar. Para levar a cabo uma reorganização torna-se necessário alargar o grupo a outras disciplinas. É ainda nossa convicção que qualquer reorganização curricular só terá possibilidades de êxito se existir, antes da sua implementação, uma adequada formação de professores.

O trabalho já realizado, e aqui parcelarmente apresentado, representa apenas uma pequena etapa do longo caminho que é necessário percorrer.

REFERÊNCIAS

- [1] Teresa ALMEIDA, Lucília DOMINGUES, Fernando FERNANDES, Helena PEREIRA e Margarida SARAIVA NEVES — A Estrutura da Matéria, F.C.L. (1983; trabalho não publicado). Cristina ZAMBUJO, António FARIA e Luís MEDEIROS — Análise dos Programas de Matemática do Ciclo Preparatório, Escola Secundária dos Olivais (1983/84; trabalho não publicado).
- [2] Helena PEREIRA et al. — Análise dos Programas Curriculares numa perspectiva interdisciplinar, *in* Escola Aberta (Revista da Esc. Sec. Olivais), n.º 1, Maio de 1983.
- [3] J. PIAGET — Seis Estudos de Psicologia, Dom Quixote, Lisboa (1976; 4.ª edição).
- [4] B. INHELDER, M. BOVET e H. SINCLAIR — Apprentissage et structure de la connaissance, P.U.F., Paris (1974).
- [5] W. D. WALL — L'éducation constructive des enfants, UNESCO, Paris (1974).

- [6] M. SHAYER e P. ADEY — Toward a Science of Science Teaching, Heineman Ed. Book, London (1981).
- [7] F. LONGEOT — Echelle de développement de la pensée logique, Manuel — E.P.L. pág. 12.
- [8] R. B. INGLE e A. D. TURNER — Mathematics for Science. Comparison and Commentary on the work of the Assessment of Performance Unit in Mathematics and Science: the 1980 1st Mathematics Survey, *in* Int. J. Math. Education Sci. Technol., **14**, N.º 5. pp. 529-550 (1983).
- [9] L. LEGRAND — L'école unique à quel prix, ed. Scarabée, Paris (1982).
- [10] F. LONGEOT — Psychologie différentielle et théorie opératoire de l'intelligence, ed. Dunod, Paris (1980).
- [11] Francis MICHEL — Escola Decroly de Bruxelas (comunicação privada).
- [12] C. ZAMBUJO — Escola Decroly ou algumas sugestões para uma mudança curricular em Portugal, *in* Professor, Fevereiro (1985).
L. NOT — L'ouverture de l'école au milieu, P.U.F., Paris (1980).
- [13] Sistemas de Ensino em Portugal, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (1979).
Circular n.º 3/75 da Direcção-Geral do Ensino Secundário M.E.I.C., relativa ao curso secundário unificado / 7.º ano de escolaridade.
Despacho n.º 109/76, de 27 de Abril, do M.E.I.C., para o 8.º ano de escolaridade.

Sociedade Europeia de Física

Nos passados dias 21, 22 e 23 de Março, tiveram lugar em Berlim Ocidental reuniões da Comissão Executiva e do Conselho (Council) da Sociedade Europeia de Física. Entre as decisões tomadas salienta-se:

- A criação de um Grupo (Inter-divisões) «Physics for Development»; é de esperar que a comunidade dos físicos portugueses seja uma das primeiras a poder beneficiar da actividade do Grupo.
- Confirmar que poderá apoiar a participação de jovens físicos (através do Young Physicists Fund) na 7.ª Conferência Geral (Trends in Physics) de 1987, em Helsínquia.
- A nomeação de 5 novos sócios honorários: H. O. G. Alfven (Suécia), E. Amaldi (Itália), N. N. Bogolubov (URSS), F. Hund (República Federal da Alemanha), N. F. Mott (Grã-Bretanha), L. E. F. Néel (França).

II SIMPÓSIO IBÉRICO FÍSICA DE MATÉRIA CONDENSADA

Estão já constituídas as comissões espanhola e portuguesa deste Simpósio, organizado pelo G.E.F.E.S. (Sociedade Espanhola de Física) e pela Divisão de Matéria Condensada da SPF: Rafael Marquez (Sevilla), Joaquin Rodriguez (Bilbao), José Serna (Madrid), Margarida Costa (Coimbra), Ducla Soares (Lisboa), Bessa Sousa (Porto).

O Simpósio terá lugar em Sevilha, nos dias 2, 3 e 4 de Abril de 1986. A estrutura do Simpósio seguirá as linhas do primeiro (Lisboa 83).

Para facilitar a deslocação de um número significativo de investigadores portugueses, a Divisão de Matéria Condensada da SPF está a estudar a possibilidade de um meio de transporte colectivo a Sevilha.

Datas: Maio—1.ª circular; 30 Junho—recepção ficha pre-inscrição pela Com. Org.; 30 Novembro—recepção dos manuscritos (1-3 págs.) e reservas alojamento.

Informações: II Simpósio Ibérico, SPF, Lisboa (Telef. 773251).

3.º encontro regional de professores de Física-Química

Procurando dar continuidade a uma iniciativa que se tem revelado bastante enriquecedora, um grupo de professores de Física-Química da Escola Secundária dos Olivais vai organizar, nas suas instalações, o 3.º encontro regional de professores de Física e Química (1-5 Julho 85). Este encontro manterá os objectivos do anterior e do seu programa constarão lições plenárias, grupos de trabalho e comunicações (orais e/ou em painel).

Durante o mês de Maio seguirá para as escolas secundárias do distrito de Lisboa uma circular com o programa e ficha de inscrição (n.º de participantes 50).

Ensino assistido por computador

Um guia de aplicações ⁽¹⁾

A. M. GONÇALVES ⁽²⁾

Departamento de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa

O Ensino Assistido por Computador é analisado segundo as diferentes aplicações em uso: cursos programados, universos físicos controláveis e jogos educativos, laboratórios assistido por computador. Para cada uma delas procura-se identificar a área de utilização e a formação exigida ao professor. Por fim propõe-se uma estratégia de desenvolvimento de aplicações de ensino assistidas por computador.

1. Introdução

O uso de computadores por professores e alunos tem crescido extraordinariamente nos últimos anos especialmente após o aparecimento de micro-computadores com preços competitivos no mercado da electrónica de consumo doméstico. Fáceis de programar e possuindo notáveis capacidades práticas, eles permitem a simulação gráfica de diversas situações com relevância no ensino, como movimentos mecânicos, reacções químicas, equilíbrios ecológicos, etc. Contudo é difícil discernir nestas utilizações correntes se o computador é um instrumento auxiliar de ensino se o próprio objecto de ensino. Tais aspectos deverão ser cuidadosamente clarificados, para uma correcta abordagem e inserção das técnicas informáticas no quadro curricular institucional.

Designa-se normalmente por Ensino Assistido por Computador (EAC) toda a actividade pedagógica que se serve de um computador como instrumento auxiliar (do mesmo modo que se usam filmes ou outros meios audio-visuais). Devido à sua complexidade, e múltiplas formas de utilização, diversos são igualmente os conhecimentos prévios exigíveis para a sua prática, e variados os níveis de ensino em que se podem (ou devem) inserir.

Neste trabalho pretendem-se distinguir os diferentes tipos de aplicações de ensino assistido por computador, assim como as situações em que o mesmo se torna um auxiliar precioso do professor. Especifica-se ainda qual a formação técnica em informática necessária para a sua produção. Por último, apresenta-se uma

estratégia de desenvolvimento dessas aplicações, que constitua um projecto coerente de utilização do Ensino Assistido por Computador, mormente no âmbito do ensino secundário.

2. Cursos programados

Aplicações de ensino assistido, que não exigem qualquer grau de conhecimento específico, nem necessidade de programar no sentido usual do termo (utilização de linguagens de programação clássicas como o BASIC) são aquelas que se poderão tornar mais atractivas para o professor interessado no uso do computador. Existem programas que permitem organizar cursos programados não importa de que matéria. O aluno seguirá o curso assim organizado, de forma autónoma e interactiva, assumindo o computador o papel do professor. O resultado é um ensino de tipo tutorial. O aluno terá a sensação que estuda as matérias segundo o seu próprio critério (liberdade de escolha), segundo o seu próprio ritmo (de acordo com a sua capacidade de aprendizagem) e tendo à sua disposição o «professor». É óbvio que tal liberdade e tal ritmo foram previamente definidos pelo professor dentro de certos parâmetros, obedecendo apenas a critérios de ordem pedagógica. A qualidade do curso (do ponto de vista pedagógico dependerá assim do professor. Sistemas deste tipo

⁽¹⁾ Trabalho apresentado na 4.^a Conferência Nacional de Física, realizada em Évora de 16 a 20 de Abril de 1984.

⁽²⁾ Endereço actual: Departamento de Informática e Ciências da Computação da F.C.L. Av. 24 de Julho, 134-6.º 1300 LISBOA.

são designados por sistemas CAI (Computer Assisted Instruction), ou mais vulgarmente também designados por linguagens de autor.

Existem hoje em dia diversos sistemas CAI acessíveis, mesmo em micro-computadores pessoais da gama profissional [1, 2]. Com vista à formação profissional dos utilizadores dos nossos próprios produtos, procuramos desenvolver um sistema deste tipo. De momento encontra-se em vias de implementação e teste através de um curso de introdução à linguagem BASIC e ao sistema de exploração CP/M. Ainda que não inteiramente desenvolvido e testado, ele é capaz de suportar outros cursos programados [3].

Este tipo de ensino pode ser de importância fundamental na recuperação de classes atrasadas, ou na rentabilização do trabalho do professor quando utilizado na formação técnica do aluno (como é o caso específico do ensino das técnicas informáticas).

3. Simulação de universos físicos

Existem sistemas interactivos que permitem a simulação de universos físicos controláveis, como por exemplo, de corpos em movimento, de concentrações em reacções químicas ou de sistemas ecológicos simples. Tais sistemas envolvem sempre um qualquer modelo da realidade, e por isso a sua utilização deve ser parcimoniosa. É uma forma de ensino fundamental em casos em que a observação experimental não é possível, ou é particularmente difícil, ou quando o objectivo do ensino são os próprios modelos. Isto é particularmente verdade em certas utilizações universitárias. Como exemplo, tomemos a resolução da eq. de Schrodinger para alguns casos de sistemas de uma só partícula em potenciais regulares. Modificando os parâmetros característicos do potencial, o aluno pode observar interactivamente a modificação da forma da função de onda. Não deve no entanto substituir a observação experimental directa sempre que possível.

São aplicações deste tipo que mais vulgarmente se tentam no contexto actual do ensino secundário, por iniciativa de professores desportos para esta actividade, mas sobretudo por alunos com acesso aos micro-computadores

familiares mais vulgarizados. Mais uma vez se faz notar que embora seja salutar esta actividade, ela pode tornar a observação directa dos factos uma actividade cada vez com menos valor no contexto do ensino actual. Por outro lado, o acesso aos meios que permitem o seu desenvolvimento estão extraordinariamente vulgarizados, e daí o seu crescente uso (e porque não abuso), com o risco acima denunciado.

4. Jogos educativos

O terceiro tipo de aplicações de ensino assistido envolve a utilização da simulação de um universo físico no contexto de um jogo de perícia e inteligência. Como exemplo clássico, temos a aterragem lunar, em que se encontram envolvidos conceitos de mecânica newtoniana, e um bom conhecimento da atracção gravítica. Neste caso é a motivação para o jogo que poderá induzir uma mais fácil aprendizagem de tais conceitos, desde que o aluno se encontre devidamente enquadrado num curso.

Aplicações deste tipo não diferem essencialmente do tipo anteriormente apresentado e podem igualmente ser desenvolvidas por professores interessados com um mínimo de conhecimentos. No entanto, se a natureza do problema exigir um tratamento matemático mais sofisticado, serão necessários conhecimentos razoáveis, quer de técnicas de programação, quer de análise numérica. O principal interesse da sua utilização no ensino, é o de recuperar pedagogicamente uma actividade lúdica que atrai e estimula o aluno.

5. Laboratório assistido por computador

Existem ainda aplicações laboratoriais de medição assistida por computador. Neste caso o conhecimento exigido no desenvolvimento de tais aplicações é muito mais profundo e apenas será acessível aos mais entusiastas. De qualquer modo, podemos ainda considerar dois níveis de utilização: ou na análise dos dados experimentais recolhidos (ou seja, utilizando o computador como instrumento de cálculo); ou como instrumento de medida propriamente dito, na aquisição directa dos dados e no controlo da experiência [5, 6]. A primeira destas

actividades é particularmente sugestiva, principalmente como modo de introdução do computador como instrumento útil junto dos alunos, sem os inconvenientes citados nos parágrafos anteriores de se substituir à observação experimental.

6. Estratégias de desenvolvimento global

É por fim de referir que qualquer esforço sério que se faça no domínio da produção de ferramentas de ensino assistido, exige o empenho de equipas multidisciplinares que produzam sistemas informáticos adequados e elaborem aplicações específicas (caso de cursos programados). É igualmente necessário ter em atenção o enquadramento curricular em que os mesmos se inserem, assim como o ambiente cultural do professor e do aluno utilizador. Uma aplicação só poderá ser considerada como concluída depois de testada no respectivo ambiente de utilização, pelo que será igualmente necessário encontrar os meios para validação experimental em casos piloto seleccionados para o efeito.

Desde o planeamento, até à distribuição final, uma aplicação poderá levar dois a três anos de desenvolvimento e teste. Um programa global de actividade neste domínio necessitará de ser dotado dos meios humanos adequados (docentes dos ensinos universitário e secundário interessados por estas matérias), assim como dos meios materiais necessários e adequados à dimensão dos projectos envolvidos. Se há aplicações que se podem realizar em micro-computadores de tipo familiar, outras exigirão máquinas profissionais de maior porte. Por fim, será necessário prover uma formação profissional rápida para os diversos intervenientes que a não possuam [6], e encontrar eco nas entidades responsáveis para a sua inserção institucional.

7. Conclusões

Demos uma panorâmica das diferentes aplicações de ensino assistido, assim como dos diversos níveis de dificuldade na sua implementação. A teorização apresentada não é exaustiva, assim como não será estanque entre as suas diversas componentes. Como conclusão

final será de reter que estas actividades de ensino contêm elementos de tecnologia própria, inerentes à definição de verdadeiros profissionais, o que se encontra hoje em dia já reconhecido em diversos países mais desenvolvidos. Por isso, urge iniciar, ou multiplicar experiências existentes, com critérios metodológicos, e não somente apostar em actividades amadoras, necessárias e louváveis, mas de amplitude restrita.

REFERÊNCIAS

- [1] DANNY DOYLE — «A system for development and delivery of computer assisted instruction», em Christopher Smith (Editor), *Microcomputers in Education*, Ellis Horwood, Chichester, 1982.
- [2] CARMEN PINEIRA — «PEN: l'enseignement programmé», *Micro Systemes*, **43**, 145-148 (1984).
- [3] A. M. GONÇALVES — «MESTRE: Sist. de Ensino Assistido por Computador», não publicado.
- [4] PETER AVIS — «The use of microcomputers to control equipment», em Christopher Smith (Editor) obra citada.
- [5] CHRISTOPHER SMITH — «PETs in the practical class: the case for computer assisted experimentation», na obra citada em [1].
- [6] PATRICK THOMAS — «Concepteur Mediatrique», (Université de Paris X, Institut d'Éducation Permanente) 1984.

Divisões Técnicas da SPF

Tiveram lugar no passado mês de Fevereiro as votações para coordenadores das Divisões Técnicas da SPF. O Conselho Directivo nomeou já os seguintes coordenadores: J. Valadares (Educação), A. Barroso (Física Nuclear e Partículas Elementares), J. Bessa Sousa (Matéria Condensada), Olivério Soares (óptica). A votação relativa à Divisão de Cristalografia foi adiada para ocasião oportuna, dependente do número de sócios inscritos na Divisão.

Recorda-se que a inscrição em divisões da SPF não implica qualquer quota adicional e pode ser feita, em qualquer momento, através do Secretariado ou das Delegações Regionais (vide Gaz. Fis. **8**, **39** (1985)).

As licenciaturas em Física e algumas licenciaturas afins - II

No presente fascículo da Gazeta de Física são apresentados os planos de estudo destinados especificamente à formação de professores. Como na primeira parte desta colectânea (Gaz. Fis. 8, 32-37), adoptou-se uma ordenação alfabética. No caso das Universidades de Coimbra, Lisboa e Porto os planos dos dois primeiros anos são comuns às respectivas licenciaturas em Física — o que, só por si, implica que não contenham quaisquer matérias de Ciências da Educação. Pelo contrário, nos cursos de formação de professores das Universidades de Aveiro, Évora e Minho existe, desde o primeiro ano, uma componente ciências da educação. Para além deste facto há, mesmo dentro de cada grupo, orientações e soluções muito variadas.

Universidade de Aveiro

Licenciatura em Física e Química (Ensino)

- 1.º — Análise Matemática I e II (S1, S2) (*)
 - Alg. Linear e Geom. Analítica (S1) (*)
 - Introd. aos Conceitos de Física (S1) (*)
 - Estrutura e Prop. da Matéria (S1) (*)
 - Introdução às Ciências da Educação (S1)
 - Mecânica (S2) (*)
 - Transformações da Matéria (S2) (*)
 - Obs. e Análise do Proc. Educativo (S2)
 - Evolução dos Sistemas de Educação (S2)
- 2.º — Análise Matemática III (S1) (*)
 - Electromagnetismo (S1) (*)
 - Quim. Inorgânica e Organometálica (S1)
 - Correntes Pedagóg. Contemporâneas (S1)
 - Ondas (S2) (*)
 - Introdução à Física Moderna (S2)
 - Química Orgânica I (S2)
 - Sociologia da Educação (S2)
 - Psicologia do Desenvolv. I e II (S1, S2)
- 3.º — Termodinâmica e Fís. dos Fluidos (S1) (*)
 - Introdução à Física Nuclear (S1) (*)
 - Química Orgânica II (S1)
 - Psicopedagogia (S1)
 - Didáctica Geral (S1)

- Introdução à Física Estatística (S2)
 - Química Física (S2)
 - Análise de Circuitos (S2) (*)
 - Planeamento e Gestão Escolar (S2)
 - Avaliação (S2)
- 4.º — Mecânica Quântica (S1)
 - Química Analítica (S1)
 - Química das Águas (S1)
 - Física Atómica e Molecular (S2) (*)
 - Tecnologia Educativa I e II (S1, S2)
 - Didáctica da Física (S1)
 - Didáctica da Química (S2)
 - 3 opções — Física, Química, C. Educ. (S2)
 - 5.º — Seminário (A)
 - Prática Pedagógica (A)

Universidade de Coimbra

Licenciatura em Física (Ramo Educacional)

- 1.º e 2.º — Idênticos ao da Licenc. em Física
- 3.º — Física Atómica e Molecular (S1) (•)
 - Física Laboratorial III (•)
 - Electrónica (S1) (•)
 - Química Orgânica I (S1)
 - Física Subatómica (S2) (•)
 - Física do Estado Sólido (S2) (•)
 - Instrumentação (S2)
 - 1 opção (S1) (¹)
 - 2 opções (S2) (²)
- 4.º — Métodos e Técnicas da Educação (A)
 - Psicologia Educacional I e II (S1, S2)
 - Metodologia da Física (S1)

(*) Comum à licenciatura em Física (cf. Gaz. Fis. 8, 33). Outras disciplinas (Int. Fis. Moderna, Int. Fis. Estatística, Mecânica Quântica) são comuns a *um* dos ramos (Fís. Materiais, Fís. Atmosfera) ou são oferecidas como opções no 2.º ano da licenciatura em Física.

(•) Comum à licenciatura em Física (cf. Gaz. Fis. 8, 34).

(¹) Electromagnetismo II, Mecânica Quântica II, Química Física I, Química das Soluções.

(²) Mecânica dos Meios Contínuos, Mecânica Quântica III, Química Orgânica II, Química Analítica.

Metodologia da Química (S1)

Monografia (S2)

5.º—Estágio pedagógico

Universidade de Évora

Licenciatura em Física e Química (Ensino)

- 1.º—Física Geral I e II (S1, S2)
Noções Básicas de Química (S1)
Teoria da Ligação Química (S2)
Matemática Aplicada I e II (S1, S2)
Teoria da Educação (S1)
Pedagogia (S2)
Psicologia Geral Educacional (S1)
Psicologia do Desenvolvimento (S2)
Estilística Prática (S1)
Língua Estrangeira (S1)
- 2.º—Física Geral III e IV (S1, S2)
Química Inorgânica (S1)
Química Orgânica (S2)
Matemática Aplicada III e IV (S1, S2)
História da Pedagogia e da Educação (S1)
Psicologia da Aprendizagem (S1)
História Contemporânea (S1)
Sociologia Educacional (S2)
Psicopedagogia dos Grupos (S2)
- 3.º—Introd. à Física Atómica e Nuclear (S1)
Introdução à Física Quântica (S2)
Complementos de Mecânica e Elect. (S1)
Química Física (S1)
Química Analítica (S2)
Didáctica Geral (S1)
Orientação Escolar e Vocacional (S1)
Estruturas Escolares (S1)
Técnicas de Animação (S2)
Avaliação Escolar (S2)
Escola e Comunidade (S2)
- 4.º—Introdução à Física do Estado Sólido (S1)
Matemática Aplicada V (S1)
Bioquímica e Química Bioinorgânica (S1)
Introdução à História da Física (S2)
Panorama da Química Actual (S2)
2 opções—Física, Química (S2)
Didáctica Especial da Fís. e da Quím. (S1)
Legislação, Admin. e Plan. Escolar (S1)
Axiologia Educacional (S2)
Prática Pedagógica I e II (S1, S2)

5.º—Temas integrados de Física (A)

Temas integrados de Química (A)

Estágio pedagógico (S2)

Universidade de Lisboa

Licenciatura em Ensino da Física

- 1.º e 2.º—Idênticos aos das licenciaturas em Física, Ciências Geofísicas, Física Tecnológica (*)
- 3.º—Teorias do Campo e Cosmologia (S1)
Teorias Quânticas (S1)
Física Atómica e Nuclear (S2)
Física da Matéria Condensada (S2)
Química para Físicos I e II (S1, S2)
Psicologia Educacional (A)
Acções Ped. de Observação e Anál. I (A)
História e Filosofia da Educação (S1)
Sociologia da Educação (S2)
- 4.º—Química para Físicos III e IV (S1, S2)
Didáctica das Ciências (S1)
Filosofia das Ciências (S1)
Metodologia da Física (S2)
Metodologia da Química (S2)
Monografia (A)
Pedagogia e Administração Escolar (A)
Acções Ped. de Observação e Anál. II (A)
- 5.º—Estágio pedagógico (A)

Universidade do Minho

Licenciatura em Ensino de Física e Química

- 1.º—Análise Matemática (A)
Álgebra Linear e Geometria Analítica (S1)
Fís. Geral I (Int. Fís. da Mat. e Mec.) (A)
Química Introdutória e Inorgânica (A)
Estrutura Molecular e Estereoquímica (S2)
Introdução à Programação (S2)
História e Filosofia da Educação (A)
- 2.º—Complementos de Mat. e Estatística (A)
Física Geral II (Electrom. e Termod.) (A)
Reacções Químicas e Soluções (A)
Funções Químicas e Moléculas (A)
Psicologia do Desenvolvimento (A)
Prat. Pedag. I: Anal. Rel. Pedag. I (A)

(*) cf. Gaz. Fís. 8, 35.

- 3.º—Mecânica Quântica (S1)
Física Atômica e Nuclear (S2)
Electrónica (S2)
Química Analítica (A)
Química Sintética (S2)
Sociologia da Educação (S1)
Desenvol. Curricular e Mét. de Ensino (A)
Prat. Pedag. II: Tecnologia Educativa (A)
- 4.º—Óptica e Radiação (S1)
Física do Estado Sólido (S1)
Química Física (S1)
2 Opções—Química (S1, S2)
1 opção—Física (S2)
Oficinas e Laboratórios (S2) (•)
Metod. do Ensino da Física e Química (A)
Organização e Administração Escolar (S2)
- 5.º—Estágio pedagógico (A)

Universidade do Porto

Licenciatura em Física (Ramo Educacional)

- 1.º e 2.º—Idênticos aos da Licenc. em Física
- 3.º—Elementos de Física Quântica (A)
Complementos de Química (A)
Electrónica (S1) (*)
Física das Ondas (S1) (*)
Metodologia e Didáctica da Química (S2)
Disciplina de índole psicopedagógica (S2)
- 4.º—Metodologia e Didáctica da Física (A)
História e Filosofia das Ciências (S1)
Monografia (A)
2 disciplinas de índole psicoped. (A, S2)
- 5.º—Estágio pedagógico (A)

(•) Partilhada entre as áreas de Física e Química.

(*) Comum à licenciatura em Física (cf. Gaz. Fís. 8, 37).



A FÍSICA FORA DO LABORATÓRIO

FÍSICA NO AQUÁRIO!

Caro leitor. Convite após convite continuamos a manter a expectativa de que nos envie umas folhas ou umas linhas onde relate observações das coisas à sua volta, o que certamente tornaria esta coluna deveras interessante.

Entretanto, e ao contrário do habitual, junto vão algumas questões e perguntas a propósito dum objecto doméstico. O aquário!

A beleza decorativa de um aquário proporciona naturalmente um prazer e um convite à meditação, fruto do harmonioso equilíbrio cromático e de movimentos que normalmente exhibe, no contexto de um complexo e subtil

equilíbrio biológico. Que fenómenos físicos se «escondem» por detrás dos vários processos observáveis num aquário?

Não nos deteremos naqueles fenómenos mais óbvios como o dos movimentos dos peixes, da sua suspensão na água (princípio de Arquimedes...), da travagem lenta do seu movimento por atrito quando, depois de um impulso, as suas barbatanas se imobilizam. Encontramos muitos outros fenómenos físicos, alguns longe de serem elementares, que constituem uma fonte inesgotável de novas questões, de formulação de hipóteses e explicações a diverso nível, de aplicação de teorias aprendidas, do aguçar do espírito de observação e crítico, complementando o ensino informativo habitual com o desenvolvimento das capacidades do «saber pensar». Vamos pois caminhar por momentos com o leitor, munidos da curiosidade e espírito de observação próprios de um físico, através do labirinto de questões levantadas pela cuidadosa observação de um aquário.

(i) Fenómenos cromáticos

• Peixes, plantas, areias e fragmentos de rochas usualmente existentes num aquário exibem uma grande diversidade de cores, suscitando imediatamente uma explicação física em

termos de diferenças de absorção da luz em diferentes comprimentos de onda.

- Não nos deteremos no desconforto que pode resultar de alguém querer saber o que acontece à luz absorvida (se é re-emitada, por que é que os corpos não são todos brancos?).

- Na maior parte dos casos a lâmpada que ilumina o aquário é do tipo «fluorescente», com a forma e aparência externa igual às lâmpadas fluorescentes que se usam na iluminação doméstica. Contudo, se observarmos o espectro das radiações (comprimentos de onda) que compõem a luz emitida pela lâmpada fluorescente do aquário—usando por exemplo uma rede de difracção ou um prisma óptico—encontramos diferenças importantes em relação às lâmpadas fluorescentes para iluminação doméstica. Será que essas diferenças explicam a tonalidade da lâmpada do aquário? E a observação de algumas pessoas de que uma lâmpada fluorescente normal «queima» tudo?

- Alguns peixes, em particular os chamados peixes Néon, apresentam normalmente cores garridas, nomeadamente azul e vermelho. Porém, se forem observados imediatamente após uma prolongada ausência de luz—por exemplo, durante a noite—aparecem bastante descoloredos quando iluminados. Note-se que os peixes Néon não são visíveis quando se apaga a luz, ao contrário dos pirilampos ou doutros insectos cuja luminosidade permanece no escuro durante bastante tempo. Sem sabermos em detalhe o que se passa, que tipo de fenómeno deve ocorrer para que isso seja possível? Na falta dum pirilampo para experimentar, procure um botão de candeeiro de mesa de cabeceira, do tipo fosforescente.

(ii) *Termostato e distribuição de temperatura*

- Tratando-se de um dispositivo razoavelmente elementar, a existência dum termostato para regular a temperatura do aquário levanta algumas questões com interesse físico, para além dos processos de transformação da energia eléctrica em térmica e da forma como esta é

transmitida a todo o líquido através dos fenómenos de radiação, convecção, etc. Note-se que, ao contrário do que muitas vezes se diz, o termostato não mantém a temperatura rigidamente constante, mas sim oscilante entre um valor máximo e um valor mínimo, dependentes da «histerese» térmica e mecânica do elemento sensível (geralmente uma lâmina que dilata e contrai, conforme a temperatura) e da inércia térmica do meio. Com um bom termostato a diferença entre a temperatura máxima e mínima pode reduzir-se, mas não eliminar-se totalmente, pois é precisamente essa diferença que faz «funcionar» o termostato. Um bom termostato será extremamente sensível às pequenas diferenças da temperatura do banho em relação a uma temperatura de referência, mas não pode reagir excessivamente... pois se corrigir em excesso leva a temperatura a uma grande variação em sentido contrário, em relação à temperatura de referência. A regulação fina da temperatura nos sistemas físicos levanta em geral problemas complexos, bem conhecidos dos Electrónicos e Engenheiros (teoria dos mecanismos de feedback, oscilações e regimes de estabilidade, etc.).

- Para além destas questões, outras se poderão formular com um acentuado conteúdo físico: como se distribuirá a temperatura no volume do aquário? Será uniforme? Porquê? Qual o efeito das paredes e das pedras no fundo do aquário? E o efeito do filtro? E do difusor? E da lâmpada?...

(iii) *Movimentos de corpos em fluidos...*

- As bolhinhas de ar que se produzem no difusor sobem. Porquê? Se reparar com atenção verá que umas sobem mais rapidamente que outras, e este facto tem que ver com o seu tamanho. Será possível medir a velocidade com que elas se deslocam? Experimente observar as bolhinhas só com luz natural ou com a luz duma lanterna eléctrica ou duma lâmpada de incandescência, e compare com o que se observa quando se ilumina só com uma lâmpada fluorescente, por exemplo a do aquário.

É capaz de explicar os pontinhos e usar esse fenómeno para medir a velocidade das bolhas?

(iv) *Questões com interesse biológico e físico*

- Para além da explicação biológica sobre a razão de a água por vezes nos parecer turva, o que é que fisicamente se altera quando o filtro desencadeia algumas acções biológicas que resultam numa água clara e transparente?

- Não é invulgar ouvir perguntar para onde vai o hidrogénio quando os peixes respiram o oxigénio da água. Não será portanto difícil imaginar que algumas pessoas tenham construído a noção errada de que o difusor fornece oxigénio à água que se combina com o hidrogénio livre...

- Por outro lado, quais serão as bolhas mais eficientes para oxigenar a água: as maiores que têm maior volume e superfície ou as mais pequenas que, subindo mais devagar, têm mais tempo para permitir a passagem do oxigénio para a água? E qual é o efeito da tensão superficial na eficiência dessa passagem?

- Não nos esqueçamos que muitos «aquarofilistas» executam um controlo apurado da

acidez ou alcalinidade do meio líquido usando papel indicador, e compensando com a adição de quantidades doseadas de produto apropriado. Como abordar, em termos físicos, estes aspectos?

... Inescapável é porém o fenómeno da reflexão total que nos permite observar «mais» peixes do que realmente existem no aquário. Será que um peixe poderá ver a sua própria imagem por este processo?

E o que dirá um peixe «inteligente» ao observar os movimentos dos objectos a que nós chamamos bolhas de ar? Não concluirá que esses objectos possuem massa negativa? Um tal peixe dado a conjecturas sobre a física do que observa obterá confirmação dessa hipótese se encontrar dentro do aquário um pequeno nível de bolha de ar que porventura um de nós, inadvertidamente, lá tenha deixado cair. Na realidade observe-se o movimento da bolha quando o nível é sujeito a pequenos encontrões longitudinais e compare-se com o que se observa se em vez da bolha se tiver uma esfera com as mesmas dimensões.

C. MARCIANO

Departamento de Informática da Universidade Nova de Lisboa



Divirta-se com a Física

A BATERIA FELINA (*)

(patenteada em 1 de Abril de 1883)

Este dispositivo com 100 anos de idade é pouco conhecido. Curiosamente foi o editor científico da revista LIFE o primeiro, em 6 de Março de 1884, a escrever acerca da sua teoria e aplicação.

Foi em 2306 AC que Sarcophagus, filósofo egípcio, descobriu acidentalmente a energia eléctrica do gato. Sentando-se acidentalmente uma noite sobre o seu gato, que

dormitava numa poltrona, sentiu-se surpreendentemente enriquecido com uma violenta sensação galvânica além de um súbito desejo de se por de pé e dizer um palavrão. Investigações subseqüentes levaram-no a concluir que a energia do gato, tal como o calor latente, pode ser libertada por uma compressão súbita. Ele ofereceu essa teoria ao resto do mundo num tratado célebre que nessa noite escreveu; mas acabou por morrer sem descobrir a verdadeira natureza do fenómeno.

Depois disto nunca mais ninguém se sentou sobre o gato doméstico egípcio — um facto que originou a opinião actual de que se trata de um animal sagrado. Dois séculos mais tarde, Obeliskus Mummi, o famoso metafísico de Memphis, quando procedia a experiências com

(*) IEEE SPECTRUM, Vol. 21, n.º 8, pp. 65-67, Agosto 1984; tradução livre de Manuel de Barros.

dois gatos pendurados da corda de secar a roupa observou que existia uma forte repulsão entre eles, mas desconhecia a causa. Muitos outros filósofos fizeram comentários sobre os gatos mas caberia a Benjamin Franklin a revelação do segredo tão longamente escondido. A atenção de Franklin foi atraída para o assunto de um modo muito curioso. Para fazer lastro no seu «papagaio eléctrico» ele suspendeu-lhe pela cauda o gato do seu cozinheiro. Uma nuvem de trovoadas passava nesse momento e Franklin reparou que os pêlos do prolongamento do animal se eriçavam, separando-se e assim permaneciam. Ele sabia que isto era um sinal de excitação e imediatamente concluiu que a excitação era eléctrica.

Os resultados das suas investigações seguintes são por demais conhecidas para nos referirmos a elas; a Teoria dos Gatos, de Franklin, é a sua principal glória.

Após esta breve introdução passamos à elucidação prática do princípio de funcionamento da bateria felina.

Segundo Tyndall os gatos são electropositivos ou electronegativos. Quando no estado neutro, Fig. I, ambos os fluidos estão combinados, e o galvanómetro mais sensível não detecta qualquer corrente.

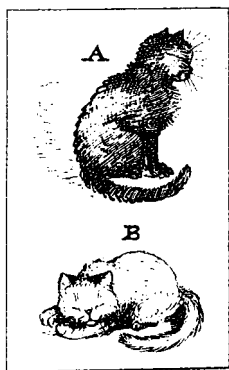


Fig. I

Isolados, pois, nem A nem B exibem qualquer atracção ou repulsão relativamente aos objectos que os rodeiam, excepto uma lareira acesa ou um bocado de peixe. No entanto esta afinidade,

segundo investigações recentes de Siemens e Halske, é o resultado de uma atracção química e não física.

Submetamos no entanto o gato electropositivo A e o gato electronegativo B a influências excitadoras (Fig. II).

Observa-se instantaneamente o desenvolvimento de energia eléctrica: A sentindo-se positivamente o melhor gato, reagindo B dum modo fortemente negativo a essa opinião.

Segundo foi provado pelas experiências de Prescott, Edison e outros, isto deve-se à indução: cada um dos gatos tenta induzir o outro a acreditar que ele não tem medo.

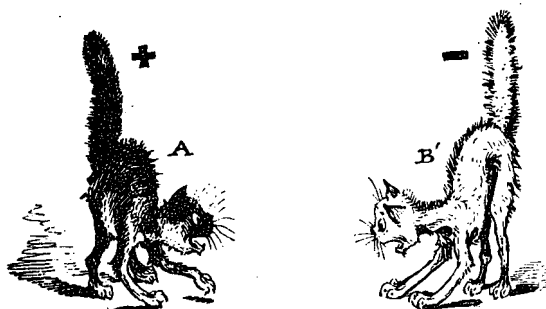


Fig. II

Este estado eléctrico de actividade é acompanhado por conhecidos fenómenos electrostáticos. Os pêlos de cada gato ficam eriçados e objectos circundantes — como por exemplo, sabão, frascos de remédio para a tosse, pratos, etc. — podem ser atraídos com grande velocidade de distâncias de 100 a 250 pés.

Os gatos são não-condutores absolutos. Este facto foi descoberto em 1876 por Gerrit Smith quando tentou sem sucesso conduzir um gato para fora da carvoeira. Poder-se-ia portanto pensar que a sua resistência interna é elevada. Isto não é verdade. A resistência externa (olhe outra vez para a Fig. II) não é muito alta mas a resistência interna nunca é superior a um Ohm (*). Mas enquanto a resistência interna é surpreendentemente baixa, a intensidade é tão elevada que por influência indutiva apenas dois elementos felinos podem manter toda uma vizinhança num estado de excitação eléctrica durante horas.

Para utilizar as correntes geradas pela acção da bateria felina e ao mesmo tempo torná-la mais constante, usamos uma pequena engenhoca, inventada pelo ajudante de electricista na Eastern Union Telegraph Company. Consiste simplesmente numa mola metálica bifurcada com uma força de aperto de 10 kg em a-a'

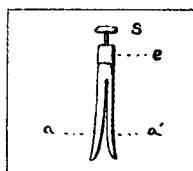


Fig. III

(*) A palavra Ohm é homófona com 'home'.

(ver Fig. III), dispondo de um parafuso de fixação s e um orifício para introduzir um fio metálico. A sua aplicação é feita como mostra a Fig. IV; a mola aperta a cauda T em b sendo o condutor inserido no orifício e preso pela mola s.

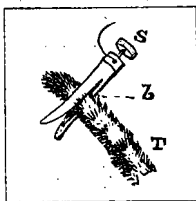


Fig. IV

Como um conjunto completo ou par de elementos felinos tem, segundo Haskins, um potencial de 47 volts, a forma mais simples de bateria médica é a que se representa na Fig. V. A banheira metálica enche-se com água quente ou fria, ou ambas, das torneiras M, M. Os elementos A e B são assim excitados e a corrente contínua passa das molas cc para F e B formando um circuito fechado através do paciente como mostra a figura.

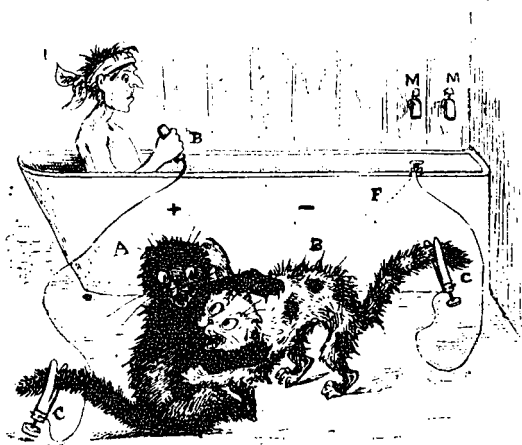


Fig. V

Como os elementos felinos se invertem frequentemente durante o funcionamento da bateria, não é necessário um trocador de polos. Verifica-se que a pressão da mola cc mantém a corrente constante durante um tempo considerável, embora Bunnell recomende que ambos os elementos A e B sejam cuidadosamente amalgamados com terebentina ao montar a bateria.

Ligando uma elevada força electromotriz com uma «quantidade» de muitos farads veri-

fica-se a utilidade da bateria felina para a produção de um arco luminoso.

O arranjo de Tillotson é talvez o melhor de todos e está representado na Fig. VI.

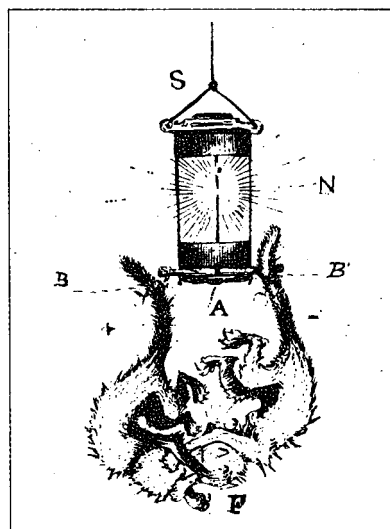


Fig. VI

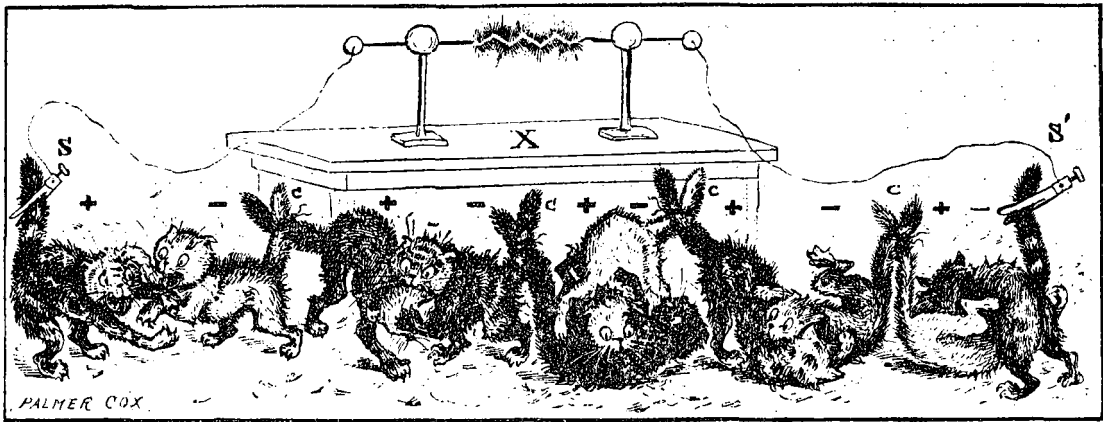
O elemento electropositivo é ligado por fio de cobre à lâmpada S pelo terminal B e de um modo similar o elemento electronegativo a B'. Verifica-se que a resistência da bateria em F equilibra exactamente a do arco N, portanto não é necessário qualquer regulador e a corrente mantém-se constante até a bateria se gastar.

Para obter baterias de alta tensão e imensa «quantidade», quatro ou mais pares podem ser ligados para maior intensidade como mostra a Fig. VII. As ligações CCCC são de fio de cobre n.º 18 enrolado apertadamente e humedecido com mostarda. As molas terminais SS' são extra fortes e transportam a corrente para o dispositivo de descarga X, entre os polos do qual passará uma vívida torrente de faíscas que dura enquanto a bateria funcionar.

As recentes investigações de Stern mostram que quatro conjuntos completos como este produzirão uma corrente cuja energia é de 9000 volts e cuja quantidade é de 640 farads. O único inconveniente da bateria felina reside no desgaste do material, mas como o fornecimento em Nova York e Hoboken é pratica-

mente inexaurível a Eastern Union Telegraph Company considera esta bateria como a mais económica em uso.

Nota do Tradutor—Embora o autor o não refira, esta foi, com certeza, a primeira bateria LONG-LIFE, uma vez que o gato tem sete vidas.



Olimpiadas de Física - 85

Relação das Escolas Secundárias que declararam a intenção de enviar equipas con-
correntes:

Zona Norte—Alberto Sampaio, Braga (); Música Calouste Gulbenkian, Braga (9.º); Canelas, Valadares (9.º); Esposende (9.º, 11.º); Gondomar (9.º, 11.º); Macedo de Cavaleiros (9.º, 11.º); Carolina Michaelis, Porto (9.º, 11.º); Oliveira Martins, Porto (11.º); Valadares (9.º); Vila do Conde (); N.º 2 de Vila Nova de Famalicão (9.º); S. Pedro, Vila Real (11.º).

Zona Centro—N.º 1 de Aveiro (9.º, 11.º); Nuno Álvares, Castelo Branco (9.º, 11.º); José Falcão, Coimbra (9.º); Avelar Brotero, Coimbra (9.º, 11.º); Domingos Sequeira, Leiria (9.º, 11.º); Mealhada (9.º); Penacova (9.º); Pombal (9.º, 11.º); Jácome Ratton, Tomar (9.º, 11.º).

Zona Sul—N.º 1 de Abrantes (11.º); Alenquer (9.º, 11.º); Emídio Navarro, Almada (9.º, 11.º); Alverca (9.º, 11.º); Amadora (9.º, 11.º); Alfredo da Silva, Barreiro (9.º); N.º 1 de Beja (9.º, 11.º); Elvas (9.º, 11.º); Jaime Moniz, Funchal (9.º, 11.º); Colégio Militar, Lisboa (9.º, 11.º); D. Dinis, Lisboa (11.º);

Externato Frei Luís de Sousa, Lisboa (9.º, 11.º); Fonseca Benevides, Lisboa (11.º); Instituto Militar dos Pupilos do Exército, Lisboa (11.º); Olivais, Lisboa (9.º, 11.º); D. Pedro V, Lisboa (9.º); Mação (9.º, 11.º); Instituto de Odivelas (9.º); Antero de Quental, Ponta Delgada (9.º); Poeta Aleixo, Portimão (9.º); Bocage, Setúbal (); S. Julião, Setúbal (9.º, 11.º).

É de salientar, ainda, o elevado número de equipas que se propõe apresentar trabalhos originais, nomeadamente programas de computador e audiovisuais.

colóquios

Tem despertado interesse os colóquios realizados na sede da SPF (últimas quintas-feiras de cada mês):

A Física nos contratos de desenvolvimento do Ministério da Indústria (31/1); As actividades do CERN e a Física Portuguesa (28/2); Estado actual da investigação em energias renováveis em Portugal (28/3); Licenciaturas em Física Tecnológica — que futuro? (18/4).

Bons livros de Física e livros de Física menos bons, eis a questão. Saber distinguir entre uns e outros nem sempre é tarefa fácil. Talvez por isso tem sido escassa entre nós a crítica de livros científicos, não obstante a utilidade informativa e pedagógica que tem.

Com esta página de crítica pretende a Gazeta (de Física) informar regularmente os seus leitores sobre os textos de Física, não necessariamente em língua portuguesa, que vão aparecendo nas nossas livrarias. Neste número são apresentadas críticas de quatro livros editados pela Fundação Calouste Gulbenkian. Foi intencional esta escolha, que pretende ser uma homenagem à actividade editorial da Fundação, a qual muito tem contribuído para o «despertar» da Física em Portugal.

(M. AMARAL FORTES)

Elementos de Cristalografia, Frederico Sodré Borges, Fundação C. Gulbenkian, Lisboa, 1982, 642 p.

A todos os títulos louvável foi a iniciativa da Fundação C. Gulbenkian ao incluir na série dos seus «Manuais Universitários» um volume dedicado à Cristalografia, colmatando parcialmente uma grave carência nacional no domínio desta disciplina científica: a total ausência de um livro de texto actualizado, em português. De parabéns pela obra editada está o Professor Sodré Borges, e, de certo modo, a Universidade do Porto, em cujo Departamento de Geologia lecciona.

O livro apresenta-se de um modo geral bem estruturado, em capítulos com boa sequência e desenvolvimento. Contudo, e em complemento do elogio que reitero, alguns reparos menores haverá a fazer. Eis alguns, a título de exemplo. A obra foi certamente escrita tendo em mente os alunos de Geociências—o que aliás, o Autor parece sugerir no prefácio—sendo omissa ou dando pouco desenvolvimento a temas básicos para estudantes de Física do Estado Sólido e de Ciências dos Materiais. Está neste caso o tratamento dado aos grupos espaciais, e, mesmo em geral, a forma como são abordados os grupos de simetria. Ainda neste particular, parece-nos pedagogicamente arriscado abranger, na mesma fase de tratamento, operações pontuais e espaciais de simetria (veja-se Cap. 3). E porque não utilizar a mesma simbologia ao longo de toda a obra, de preferência a recomendada pela União Internacional de Cristalografia?

E, já agora, uma sugestão para que seja discutida, no âmbito do Grupo de Cristalografia da SPF, uma terminologia a adoptar uniformemente em Cristalografia, obviando a uma diversificação que só confunde os Alunos. Assim, numa reedição desta obra, cuja procura pode tornar próxima, o Autor poderia vir a substituir algumas designações menos correntes ou

adequadas, como p.e. «eixo giro» para um eixo de rotação de qualquer grau, e «grupos pontuais» para os 32 GP cristalográficos ou classes de simetria.

Não sendo aqui o local para citar gralhas e erros menores, resta apenas congratularmo-nos vivamente com a publicação dos «Elementos de Cristalografia», da autoria do Professor Sodré Borges.

MARIA ONDINA FIGUEIREDO

Origens Históricas da Física Moderna—Introdução abreviada, Armando Gilbert, Fundação C. Gulbenkian, Lisboa, 1982, 449 p.

Este livro do Prof. Gilbert é apresentado por um Prefácio do Prof. Andrade e Silva, que bastaria transcrever, se não fosse um pouco longo.

Trata-se duma obra de cunho pessoal, talvez demasiado pessoal, digamos mesmo provocatório. Revelando uma informação muito vasta, segura e ponderada, A. Gilbert «baralha e volta a dar» as ideias mais consagradas. Isso é imediatamente patente a quem olhar para o plano da obra: Cap. 1.º, *O homem e os limites do nosso mundo*; Cap. 2.º, *Estudo sumário dos alicerces da descoberta dos raios X*; Cap. 3.º, *A luz — Do século XVII à teoria da relatividade*; Cap. 4.º, *A realidade atómica — De Dalton à fissão nuclear*; Cap. 5.º, *A noção de calor — sua evolução desde o calórico à hipótese dos quanta*; Cap. 6.º, *A mecânica — da antiguidade ao século XX*; Cap. 7.º, *O futuro e a ciência*.

Pessoalmente, pertença ao grupo, porventura conservador, dos que entendem que a história da ciência encontra a sua inspiração debruçando-se sobre a matemática e a astronomia grega e sobre a aventura e os avatares da mecânica, sobretudo (mas não só) do séc. XVII aos nossos dias. Entrando na análise das matérias, penso que teria sido útil sublinhar que a ideia da *lei física* se vai progressivamente associando às ideias de *conservação*, *invariância* e *simetria*. A referência (p. 331) ao teorema da acção mínima não é aproveitada para valorizar os *princípios de estacionaridade*. Descendo ainda mais ao pormenor, parece-me desproporcionado que o Autor conceda a Laplace duas páginas de encómios, a acrescentar a 14 citações dispersas pelo texto, e não dê a Lagrange senão cinco linhas mal medidas. Diz-nos (o que se pode discutir) que, depois de Bernouilli, foi Lagrange quem deu do princípio dos deslocamentos virtuais a demonstração mais satisfatória (p. 314) e que «já em 1736, Euler tinha lançado as bases do que viria a ser a *Mecânica Analítica* (Paris 1788) às mãos de Lagrange e finalmente de Laplace com a sua obra monumental» (p. 329). Elogiando Descartes, esquece que a sua quantidade de movimento é, não $m\mathbf{v}$, mas $m|\mathbf{v}|$ (p. 321). Colocar Mach entre os idealistas, sem situar o condicionamento de tal classificação, parece-me de molde a gerar confusões no leitor (p. 284).

Expressar o electromagnetismo em termos de \mathbf{E} e \mathbf{H} ou em termos de \mathbf{E} e \mathbf{B} é, até certo ponto, questão de gosto; mas direi que é de mau gosto representar o momento dum binário por \mathbf{B} e escrever que uma barra magnetizada colocada num campo magnético fica sujeita ao momento $\mathbf{B} = M \cdot \mathbf{H} \cdot \sin \theta$ (p. 62). Esqueçam-se estes senões. É um livro a adquirir e a ler.

JOÃO RESINA RODRIGUES

Física Básica, J. Araújo Moreira, Fundação C. Gulbenkian, Lisboa, 1980, 681 p. (3.^a ed.).

O livro do Professor Araújo Moreira tem por objectivo, tal como nos é dito logo nas primeiras páginas, introduzir médicos e biólogos nos conceitos que estão na base da Física actual. De uma primeira vista de olhos pelo índice vemos que estamos na presença de um livro cuidadosamente estruturado e onde se pretende dar uma visão integrada da Física. Esta impressão é reforçada pela leitura do texto propriamente dito, ao mesmo tempo que ressalta o domínio, por parte do autor, dos diferentes assuntos versados. No entanto, talvez seja útil chamar aqui a atenção, resumidamente, para um ou outro aspecto menos positivo que a obra apresenta.

Tomando como exemplo os capítulos dedicados à Termodinâmica (IV Parte), fica-nos a impressão de um certo descuido na exposição, como se o autor tivesse escrito tudo de uma só vez, sem preocupação de voltar atrás e corrigir ou melhorar. Nomeadamente as secções 5 a 11 do I capítulo sofrem com isso. (E já agora perguntamos porque é que se usou aqui um sistema tão pouco prático de numerar as equações?). Quanto à Mecânica Estatística, o autor decerto concordará connosco em que este é um dos ramos mais fascinantes da Física. Infelizmente, o resumo apresentado não dá nem mesmo uma pálida ideia da diversidade e importância das suas aplicações. E referimo-nos especialmente à Termodinâmica e à Mecânica Estatística pois representam uma das áreas da Física que maior interesse poderá ter para biólogos e médicos, embora alguns dos comentários feitos certamente que se aplicam a outros capítulos do livro.

Achamos muito interessantes e instrutivas as páginas dedicadas à Mecânica Quântica (porquê o (*) na secção 4.4?), assim como a IX Parte, «Radioactividade. Aspectos Biológicos das Radiações».

A terminar diremos que a utilidade do livro não nos parece de forma alguma limitada aos médicos e biólogos; pelo contrário poderá vir a ser, se o não é já, um bom auxiliar e guia para professores de Física do 12.^o ano. Mas gostaríamos de ver melhorada a exposição e corrigida uma certa tendência para abreviar, por vezes demasiado — apresentação de conceitos básicos não é a mesma coisa que um resumo e muito menos resumo de fórmulas.

ALFREDO BARBOSA HENRIQUES

Química Quântica — Fundamentos e Métodos, José J. C. Teixeira Dias, Fundação C. Gulbenkian, Lisboa, 1982, 450 p.

No deserto das publicações científicas em português surge o oásis da série de manuais universitários editados pela Fundação Calouste Gulbenkian. O excelente livro do Professor Teixeira Dias é uma das últimas adições à série, e veio preencher uma lacuna na literatura da especialidade, mesmo a nível internacional. Testado ao longo de vários anos, a primeira vez, creio, nas lições que proferiu em 1974 no âmbito da pós-graduação em Química Inorgânica Física organizada pela Universidade Nova de Lisboa, *Química Quântica — Fundamentos e Métodos* alia o rigor científico à acessibilidade pedagógica. Começa, naturalmente, com as experiências históricas que levaram à reformulação ou abandono da Física Clássica, seguindo-se logo um cuidado capítulo sobre a interpretação estatística da Mecânica Quântica. Após a apresentação do formalismo matemático, são resolvidos alguns problemas «simples» como os do átomo de hidrogénio e momento angular. O método variacional e a teoria das perturbações são razoavelmente desenvolvidos, principalmente a última. Os três últimos capítulos tratam de átomos polieletrónicos, simetria molecular e estrutura electrónica das moléculas.

Parece-me que se conseguiu um agradável equilíbrio entre o aparelho matemático e a resolução e interpretação de problemas que interessam ao químico, sendo de louvar a ênfase dada aos novos métodos computacionais que alargaram o conceito de «experiência». Gostaria, no entanto, de ter lido mais sobre as características da Nova Cinemática, nomeadamente a perda de possibilidade de visualização («*anschaulichkeit*») que tanto preocupou os seus fundadores. A este respeito, o diálogo entre Bohr e Pauli (acompanhado por Born e Heisenberg) foi extremamente pedagógico e iluminador.

Química Quântica — Fundamentos e Métodos pode ser utilizado, com proveito, quer na pós-graduação, quer mesmo ao nível da licenciatura (como afirma o Professor Teixeira Dias no prefácio, a obra pressupõe apenas «os conhecimentos de matemática e física ao alcance de qualquer aluno de ciências de um segundo ano universitário»). O texto está valorizado com uma série de exercícios (com sugestões para a sua resolução bem como respostas para alguns deles), apêndices e um bom índice de assuntos. O aspecto gráfico é o possível em livros científicos editados em Portugal, mas não afecta o prazer da leitura. Como dizia Heisenberg, «o quadro está sempre a mudar, e como é lindo ver o quadro a mudar!».

JORGE C. G. CALADO

FÍSICA 84—GRUPOS DE TRABALHO (*)

Micro e Minicomputadores na Instrumentação em Física

Coordenador: C. Marciano

Objectivos

De longa data a introdução de computadores nos dispositivos experimentais da investigação em física contou com o atractivo de deixar ao experimentador a possibilidade de configurar o seu sistema de recolha e tratamento de dados de acordo com as necessidades experimentais. No entanto, alguns dos sistemas iniciais mais prometedores foram ultrapassados pela sofisticação tecnológica de sistemas dedicados. Daí as questões:

— «Que electrónica digital desenvolver, em particular envolvendo microprocessadores, para a instrumentação científica na Física?»

— «Em face dos produtos existentes no mercado, que instrumentação tem sentido desenvolver em Portugal?»

— «Que reflexos terão as políticas anteriores na escolha e aquisição de micro e mini computadores para associar a dispositivos experimentais em Física?»

Resumo e conclusões

Feita uma breve apresentação dos trabalhos recebidos nesta área, seguiu-se uma discussão organizada em torno de opiniões expressas por participantes convidados, cujos textos foram em parte transcritos anteriormente (1).

O interesse com que a sessão foi seguida e a participação activa da assistência mostraram claramente a necessidade de discutir este tema em âmbito mais geral, tendo em certa altura sido expresso explicitamente que «esta sessão será porventura um bom início duma discussão mais ampla».

No entanto, devem desde já salientar-se alguns aspectos que pela sua relevância poderão servir de reflexão para futuras discussões e recomendações.

1. Necessidade de reduzir a diversidade dos equipamentos existentes e do consequente reflexo em termos de manutenção.
2. Definição e escolha de um BUS normalizado para instrumentação científica, no sentido de evitar dispersão de esforços e proporcionar compatibilidade entre os módulos desenvolvidos em diversas instituições.
3. Criação de um grupo de trabalho inter-instituições para analisar o ponto 2 e propor soluções concretas.
4. Necessidade de existência, no âmbito duma instituição coordenadora de investigação (p. ex. INIC), de um grupo consultor capaz de fornecer indicações e conselhos sobre aquisição e desenvolvimento de equipamento e instrumentação para fins científicos, tendo em conta os pontos 1 e 2.
5. Foi expressa, e recolheu significativo consenso, a opinião de que se deve «desenvolver em Portugal o máximo equipamento possível», tendo no entanto sido recomendado que o que valeria a pena desenvolver seria o «complicado» e não o «simples».
6. Seria necessário incorporar em cada equipa uma pessoa, «Físico» ou «Electrónico», que se preocupasse essencialmente com os problemas de instrumentação. Neste aspecto foi chamada a atenção para o estatuto pouco favorável de que dispõe um «Electrónico» nestas equipas, quer em termos contratuais quer em termos de perspectivas de valorização académica (doutoramento).

(*) 4.ª Conferência Nacional de Física, Évora, 1984, cf. Gaz. Fís. 7, 70-74 (1984).

(1) Vide Gaz. Fís. 8, 17-24 (1985).

Micro e Minicomputadores no Ensino da Física

Coordenador: *C. Marciano*

Objectivos

A produção massiva de unidades de computação sofisticadas e de baixo preço, torna possível encarar a sua utilização como auxiliar generalizado de ensino.

Complementando o ensino experimental, o computador pode ser utilizado no ensino da Física, a nível secundário e universitário, quer para permitir ao aluno redescobrir leis fundamentais quer para simular situações físicas complexas, normalmente fora do alcance da experimentação, quer ainda para se interrogar sobre a realidade de mundos alternativos, com leis físicas diferentes das que observamos.

A sensibilização dos professores dos vários níveis de ensino é determinante no aproveitamento desta potencialidade.

Resumo e conclusões

Havendo indicações de interesse bastante premente ao nível do ensino secundário, a sessão foi orientada no sentido de serem feitas demonstrações das experiências realizadas em escolas diversas, procurando centrar-se a discussão em torno das metodologias a seguir para ultrapassar as naturais barreiras existentes.

M. Mercês Ramos, Vítor Teodoro e A. Fitas apresentaram programas diversos realizados em torno do ZX Spectrum e do New Brain, alguns com a colaboração de alunos do ensino secundário, tendo C. Marciano apresentado alguns programas realizados por alunos do ensino secundário e ainda alguns programas comerciais existentes para o ZX Spectrum.

Depois de um intervalo realizado para permitir uma troca de impressões mais directa com os programas em demonstração, seguiu-se a apresentação por A. Gonçalves de uma metodologia para a construção de programas de ensino assistido.

Da discussão generalizada havida durante as demonstrações e na sequência das apresentações, resultaram as seguintes observações:

1. A SPF deveria funcionar numa posição coordenadora dos programas auxiliares de ensino conhecidos e de solicitações originadas em escolas diversas.
2. Vários dos intervenientes chamaram veementemente a atenção sobre a necessidade de encarar o computador como um meio audio-visual auxiliar de ensino e nunca como um substituto da actividade experimental. Foi mesmo mencionado o perigo de se substituir a experiência pela simulação, quer por o professor se deixar deslumbrar quer por se poder entender como um meio económico de apetrechar um laboratório de Física, substituindo o que é tradicional. No entanto foi reconhecido que depois de realizada uma experiência real se considera vantajoso deixar o aluno «experimentar» situações diversas com o auxílio do computador.
3. O computador poderá ter um papel muito útil como auxiliar de estudo do aluno, permitindo que, isoladamente, e ao seu próprio ritmo, possa seguir uma lição conduzida por um programa de ensino assistido.
4. Deveria ser constituída na SPF uma biblioteca de programas com divulgação frequente pelas escolas.

Física na Escola Secundária dos Olivais

Um grupo de professores de Física-Química da Escola Secundária dos Olivais organizou, na sua escola, pela primeira vez, uma competição a nível científico na área da Física entre os alunos dos dois anos terminais (9.º ano e 11.º ano). Inicialmente esta competição, a que chamámos Olimpíada da Física, e que estava programada desde o início do ano lectivo, tinha apenas o objectivo de estimular nos alunos o interesse pela Física. Todavia, ao termos conhecimento da iniciativa da Sociedade Portuguesa de Física, a competição serviu também para seleccionar as equipas do 9.º ano e do 11.º ano que representarão a escola nas

Olimpíadas organizadas pela SPF. Na escola as provas teórico-práticas realizaram-se no dia 31 de Janeiro, tendo concorrido todas as turmas do 9.º ano e três das quatro de 11.º ano, área A. Cada turma escolheu uma equipa concorrente constituída por três alunos. A prova de 11.º ano, em anexo, mostrou-se selectiva.

A experiência deste ano constituiu mais uma evidência do entusiasmo que actividades deste tipo desencadeiam nos alunos. O ano passado o mesmo grupo de professores havia organizado na escola a Olimpíada da Química, cujos resultados estimularam a continuar.

Salienta-se o facto de este ano a Junta de Freguesia dos Olivais ter contribuído para os prémios atribuídos às equipas vencedoras.

Com a divulgação deste nosso trabalho, esperamos incentivar os nossos colegas a desenvolver, nas suas escolas, actividades deste tipo. A nossa experiência neste campo tem-nos revelado características dos alunos que dificilmente detectaríamos na prática da aula, bem como as potencialidades da escola; principalmente neste aspecto foi surpreendente a elasticidade de certas estruturas.

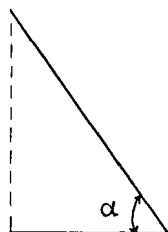
Prova Teórico-Prática (11.º ano; duração 1h30)

Material:

Dinamómetro; tábua de madeira; paralelepípedo de madeira; suporte universal com noz e pinça; transferidor.

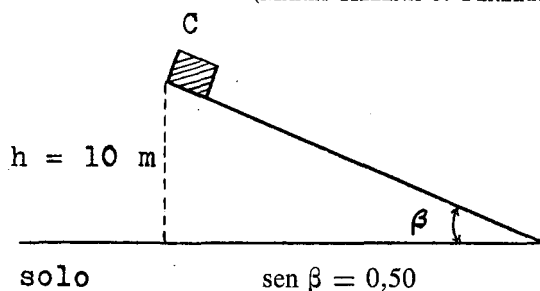
Questões:

1. Mede a força de atrito entre a tábua de madeira e o paralelepípedo, servindo-te do material que tens sobre a mesa.
2. Descreve o processo experimental que utilizaste.
3. Determina a aceleração com que o paralelepípedo descerá ao longo dum plano inclinado ($\text{sen } \alpha = 0,86$), atendendo a que a força de atrito não é desprezável.
4. Determina o tempo que o corpo C de massa 3,0 kg demoraria a descer o plano, supondo desprezável o atrito entre o corpo e o plano. (Considera $g = 10 \text{ m s}^{-2}$).



5. Determina o tempo que o corpo C da questão anterior demoraria a atingir o solo em queda livre.

(MARIA HELENA J. PEREIRA)



Delegações regionais

- A Delegação de Coimbra organizou, de 11 a 13 de Abril, um curso sobre Mecânica Quântica. Orientado pela Prof. Doutora Maria Helena Caldeira, foi frequentado por 19 professores do ensino secundário e estudantes universitários.
 - A Delegação de Lisboa tem anunciados os seguintes cursos (para 20 participantes): Termodinâmica (J. Calado, 17-19/4); Resolução de Problemas em Física no Secundário (Mariana Alves Pereira e Maria Elisa Maia, 22-24/4); Tópicos em Física Moderna (F. Bragança-Gil e J. Carvalho Soares, 6-10/5); Trabalho e Energia (J. Marat Mendes e J. Valadares, 1-5/7); Microcomputadores no Ensino (A. Moreira Gonçalves, 8-12/7); Interação Física-Matemática no Ensino Secundário (Mariana Alves Pereira e Paulo Abrantes, 25-27/9); Estática (M. H. Andrade e Silva e Vítor Ferreira, 30/9-4/10); Mecânica Quântica (J. Andrade e Silva, 7-11/10).
 - A Delegação do Porto anuncia as seguintes palestras (14½, Anf. Fís., Fac. Cienc. Porto): Criatividade no ensino de Física (Marília Costa, 15/5); Modos de vibração em barras (J. Machado da Silva, 5/6); Lasers – os primeiros 25 anos (M. de Barros, 12/6).
- A partir de Outubro estão previstos cursos temáticos sobre matérias do ensino secundário e ainda sobre aplicação de microcomputadores no ensino.

COMERCIAL LABORUM

**MATERIAL PARA
LABORATÓRIO-INDÚSTRIA, LDA.**

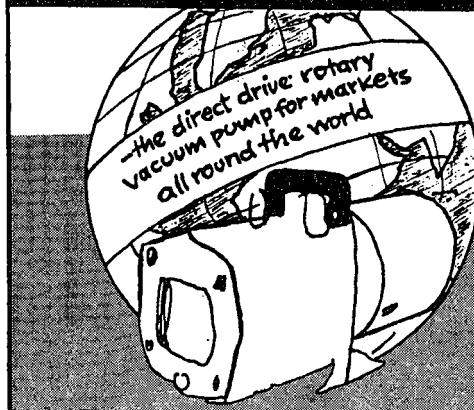
- *Aparelhagem de Electroóptica*
- *Bombas de Vácuo*
- *Equipamentos de Criogenia*
- *Osciloscópios e Multímetros*
- *Computadores e Impressoras*
- *Mesas de Balanças e outro mobiliário*

CONTACTE-NOS:

Rua da Restauração, 83-2.º • 4000 PORTO
Telefs. 695767-699382 - Telex 23156

Rua Arco do Carvalhão, 59-6.º Dto. • 1000 LISBOA
Telef. 659793

Edwards



VENDIDO POR:
MENDES DE ALMEIDA, LDA.



Av. 24 de Julho, 52 - A G
Telex 13559 ALMEDA P
Telef. 663371 1200 LISBOA

LIVRARIA ESCOLAR EDITORA

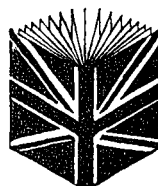


A Livraria Técnico-Científica do País
Serviço rápido de assinaturas
de revistas científicas

LIVRARIA — Rua da Escola Politécnica, 80-A
Telefs. 664040 - 672581
Telex 18570 ESCOLI P - PORTUGAL
1200 LISBOA

Filial no Porto — Rua da Boa Hora, 43 4000 PORTO

LIVRARIA BRITÂNICA



THE ENGLISH BOOKSHOP
Para todos os seus livros
de inglês

Rua S. Marçal, 168-A Telef. 328472 1200 LISBOA

Filial no Porto:
Rua da Boa-Hora, 43 Telef. 382786 4000 PORTO

GAZETA DE FÍSICA

Publicidade

Tiragem actual — 2200

Periodicidade — trimestral

Leitores: professores e estudantes de Física
(ensinos secundário e superior),
investigadores, técnicos industriais

Preços:*

Fracção de página	1/8	1/4	1/2	1/1
Preto e branco	4	6	10	20
Com cor adicional	5	7	12	24

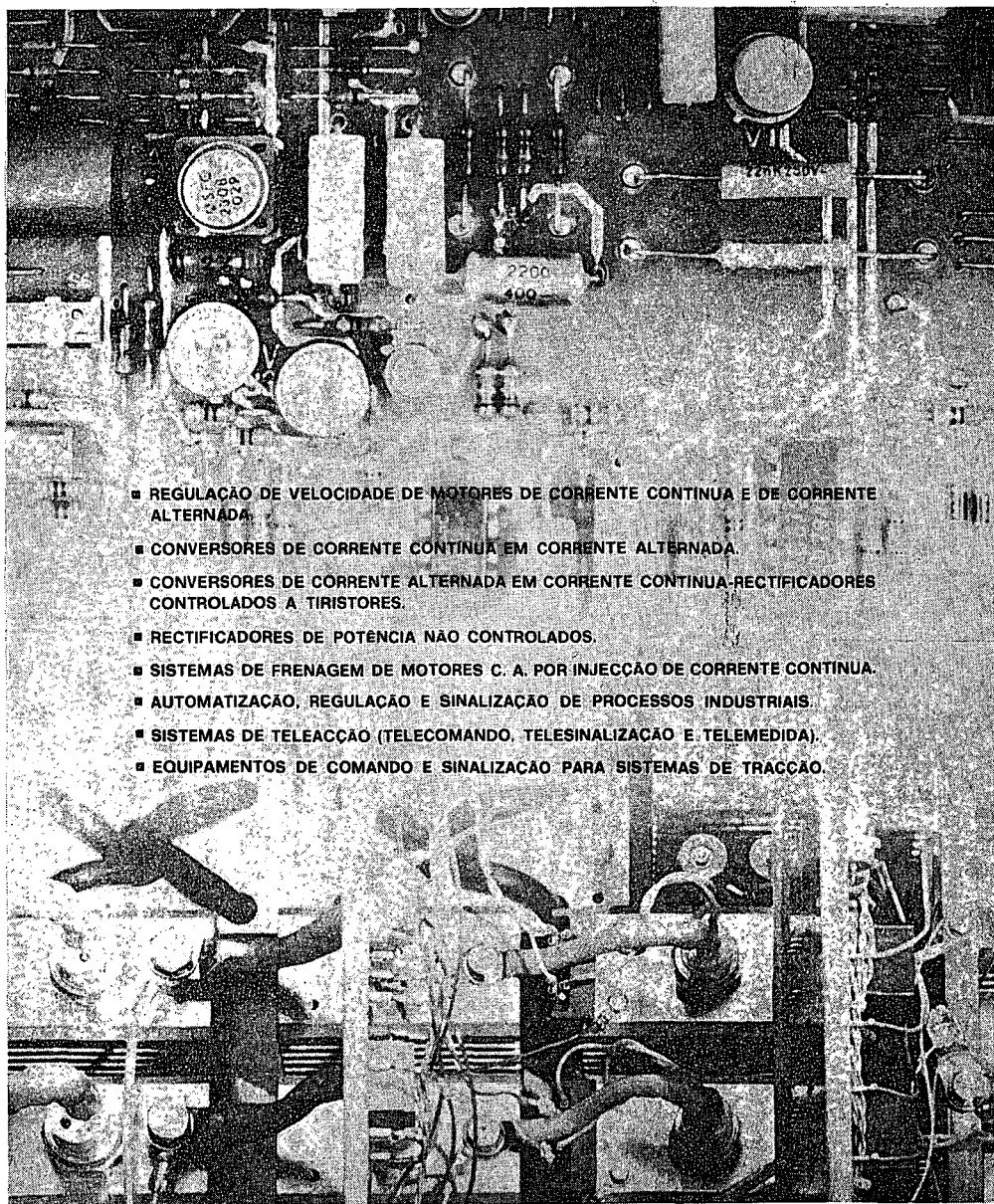
* em contos

Contactos telefónicos: Lisboa 773325-774297 (Prof. J. Carvalho Soares)
Coimbra 23675-29252 (Prof. M. Margarida Costa)
Porto 310290-21653 (Prof. J. Bessa Sousa)



Divisão

ELECTRÓNICA INDUSTRIAL



- REGULACIÓN DE VELOCIDADE DE MOTORES DE CORRENTE CONTINUA E DE CORRENTE ALTERNADA.
- CONVERSORES DE CORRENTE CONTINUA EM CORRENTE ALTERNADA.
- CONVERSORES DE CORRENTE ALTERNADA EM CORRENTE CONTINUA-RECTIFICADORES CONTROLADOS A TIRISTORES.
- RECTIFICADORES DE POTENCIA NÃO CONTROLADOS.
- SISTEMAS DE FRENAGEM DE MOTORES C. A. POR INJECCÃO DE CORRENTE CONTINUA.
- AUTOMATIZAÇÃO, REGULACIÓN E SINALIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS.
- SISTEMAS DE TELEACÇÃO (TELECOMANDO, TELESINALIZAÇÃO E TELEMEDIDA).
- EQUIPAMENTOS DE COMANDO E SINALIZAÇÃO PARA SISTEMAS DE TRACÇÃO.

EFACEC, Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas, s. a. r. l.

APARTADO 18-4466 S. MAMEDE INFESTA CODEX-TELEX 22659 EFACEC P

KEITHLEY

Multímetros e Termómetros Digitais—Instrumentos Científicos—Sistemas de Componentes—Sistemas de Teste Paramétricos—Medida de Radiações, etc.

LEADER

Aparelhos Electrónicos de Medida—Osciloscópios—Geradores Audio—Geradores de Funções—Milivoltímetros—Multímetros Electrónicos—Frequencímetros Digitais—Comprovador de Transistores—Fontes de Alimentação—Pontes LCR Analógicas e Digitais, etc.

REPRESENTANTES E IMPORTADORES:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & CA., LDA.

Rua de Bolama, 109 — Telefones 497357 e 489893 — 4200 PORTO

Rua Ferreira da Silva, 9 — Telefone 573046 — 1900 LISBOA

... People who need vacuum could benefit by having access to a satellite where they could establish a vacuum by opening a valve connecting their chamber to space. A «space» pump would remove gases from the initial chamber pressure down to the ultra high vacuum region.

A CRYOPUMP ... has many of the characteristics of space. It operates over a wide range of pressure and it captures gases by freezing them out. Thus it does not return unwanted gases to the vacuum system.

CRYOPUMPS are available today from



with housing sizes from 6" to 22" with ASA, CONFLAT and ISO flanges.

- *The ultimate in clean vacuum; contaminant-free pumping.*
- *Pumps all gases to a pressure less than 10^{-10} Torr.*
- *No liquid nitrogen required.*
- *Low maintenance schedule: 10,000 hr intervals.*
- *Field maintainability.*

ESCA • SPUTTERING • THIN FILM PROD. • EVAPORATE COATERS • MOL. BEAM CHAMBERS • ION IMPLANTATION • HIGH FREQUENCY CRYSTAL CALIBRATION

CRIOLAB

Praça D. Afonso V, 120
4100 Porto • Tel. 682028

EQUIPAMENTO CRIOGÉNICO

E DE LABORATÓRIO, LDA.



VOL. 8 • FASC. 2 • ABRIL 1985

SUMÁRIO

A descoberta do W e do Z	43
<i>J. Mariano Gago</i>	
Difracção na Matéria Condensada	49
<i>M. Margarida R. R. Costa</i>	
Forças nos eixos de rotação	54
<i>João Bessa Sousa</i>	
Sobre Novos Programas para o Curso Unificado	57
<i>Fernando Fernandes, António Moreira Gonçalves, Ana Cristina Esgalhado, Maria Margarida Fialho, Maria Eugénia Barata, Maria Helena Pereira e Maria da Luz Ribeiro</i>	
Ensino assistido por computador	65
<i>A. M. Gonçalves</i>	
As licenciaturas em Física e algumas licenciaturas afins - II	68
A Física fora do laboratório	70
<i>C. Marciano</i>	
Divirta-se com a Física	72
Crítica de livros	76
Noticiário da Sociedade Portuguesa de Física	78