



Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física

QUE VIVA A FÍSICA!

Bela Mulder

PORQUE ESTUDEI FÍSICA

Adília Lopes

TEORIAS COSMOLÓGICAS
ANTIGAS

Luís Miguel Bernardo

2005 - ANO INTERNACIONAL
DA FÍSICA



GAZETA DE FÍSICA VOL. 27 FASC. I, 2004

DIRECTOR Carlos Fiolhais
EDITOR Carlos Pessoa

CORRESPONDENTES Paulo Crawford (Lisboa),
Constança Providência (Coimbra) e Fátima Pinheiro (Porto)

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO

Adília Lopes, António Cruz, António Cruz, Bela Mulder,
Carlos Alberto Saraiva, Graça Santos, Isabel Lima
Fernandes, José Dias Urbano, Luís Matias, Luís Miguel
Bernardo, Paulo Ivo Teixeira.

SECRETARIADO

Maria José Couceiro (Lisboa)
e Andreia Fonseca (Coimbra)

DESIGN

MediaPrimer - Tecnologias e Sistemas Multimédia Lda
Rua Simões de Castro, 132, 1º Esq.
3000-387 Coimbra
E-mail info@mediaprimer.pt

PRÉ-IMPRESSÃO E IMPRESSÃO

Carvalho & Simões, Artes Gráficas, Lda
Estrada da Beira 479 / Anexo
3030-173 Coimbra

TIRAGEM 1800 exemplares

PREÇOS Número avulso 5,00 € (inclui IVA).
Assinatura anual 15,00 € (inclui IVA).
A assinatura é grátis para os sócios da SPF.

PROPRIEDADE DA SOCIEDADE PORTUGUESA
DE FÍSICA

ADMINISTRAÇÃO E REDACÇÃO

Avenida da República 37-4º 1050-187 Lisboa
Tel 217 993 665 Fax 217 952 349
E-mail secretariado@spf.pt

ISSN 0396-3561

REGISTO DGCS nº 107280 de 13.05.80

DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91

PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

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

Os manuscritos devem ser submetidos em duplicado, dactilografados em folhas A4 a dois espaços (máximo equivalente a 3500 palavras ou 17500 caracteres, incluindo figuras, sendo que uma figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve(m) ser indicado(s) o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores, assim como o endereço electrónico para eventual contacto. Agradece-se o envio dos textos em disquete, de preferência "Word" para PC. Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontas para reprodução, e nos formatos electrónicos jpg, gif ou eps.

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA

APOIO:

Ministério da Educação - Sistema de Incentivos à
Qualidade da Educação



ÍNDICE

ARTIGOS

QUE VIVA A FÍSICA! Bela Mulder	4
PORQUE ESTUDEI FÍSICA Adília Lopes	14
TEORIAS COSMOLÓGICAS ANTIGAS Luís Miguel Bernardo	18

NOTÍCIAS

FÍSICA NO MUNDO	28
FÍSICA EM PORTUGAL	31
SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA	38

SECÇÕES

ENSINO DA FÍSICA	42
LIVROS E MULTIMÉDIA	46
CARTA DOS LEITORES	50

ESPECIAL

2005 - ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA	54
------------------------------------	----

O ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA VEM AÍ

2005 vai ser o Ano Internacional da Física (*World Year of Physics, WYP*). É uma decisão de grande importância e significado a todos os níveis. Portugal, e em particular a Sociedade Portuguesa de Física (SPF), podem considerar-se de parabéns, pois foi também devido à sua acção diplomática e de *lobbying* que esse projecto passou de sonho a realidade. Mas, para que tudo não se fique pelas piedosas intenções e profissões de fé do costume, há que começar a trabalhar duramente desde já. É o que preconiza JOSÉ DIAS URBANO, presidente da SPF, ao lançar num artigo especial que fecha a presente edição o debate – e o desafio – em torno de um conjunto de linhas de força e projectos concretos a desenvolver para que o Ano Internacional da Física constitua um tempo privilegiado de promoção da Física a todos os níveis, no nosso país. A Gazeta passa, a partir deste número, a mostrar na capa o logotipo do WYP.

Os temas fortes desta edição são vários. BELA MULDER, físico holandês, explica de forma brilhante como a Física é importante para descrever e compreender os fenómenos vivos. A escritora ADÍLIA LOPES fala das razões que a levaram a estudar Física – é o texto da sua intervenção no Colóquio sobre "Física, Cultura e Desenvolvimento", promovido em Novembro do ano passado em Coimbra pela SPF, do qual também se fala detalhadamente nesta edição. Finalmente, LUÍS MIGUEL BERNARDO, professor de Física da Universidade do Porto, mergulha na história para falar sobre teorias cosmológicas antigas.

O restante conteúdo desta edição de Primavera da Gazeta de Física é composto pelas habituais secções - noticiário nacional e internacional relevante no âmbito da Física, notícias das actividades da SPF (incluindo a eleição dos novos corpos gerentes), ensino da Física, livros e multimédia e correio dos leitores. Aproveitamos o novo ano para reorganizar a ordem de algumas secções. Dado o volume dessas secções, tivemos desta vez de adiar a habitual grande entrevista, que reaparecerá no próximo número.

Voltamos ao contacto com os leitores no Verão. Até lá, boa leitura!

Este artigo é a tradução e adaptação da Lição Inaugural proferida pelo autor ao assumir a Cátedra Extraordinária de Física Teórica da Célula na Universidade de Wageningen (Holanda), no dia 19 de Dezembro de 2002. A versão electrónica (em holandês) encontra-se disponível em http://www.amolf.nl/research/theory_of_biomolecular_matter/. A tradução é de Paulo Ivo Teixeira, da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica de Lisboa.

BELA MULDER
Wageningen University
Plant Cell Biology
Arboretumlaan 4 - 6703 BD - Wageningen
Bela.Mulder@wur.nl

QUE VIVA A FÍSICA!

À minha mãe

"O conhecimento humano não é luz estéril, sendo em vez disso informado pela vontade e pelas paixões; provêm daí ciências a que poderia chamar-se 'ciências do que se quer'. Não pretendeu ele com isto defender que distorcamos o real com o prisma da emoção. Devemos continuar a aceitar a realidade que se nos oferece e a contá-la tal qual é. Mas o melhor é transmiti-la da mesma forma que a descobrimos, com a mesma vivacidade e a mesma emoção. A natureza e os seus segredos devem estimular tanto a imaginação como a poesia e as fábulas. Para atingir este fim, Bacon aconselhou-nos a usar aforismos, ilustrações, histórias, fábulas - o que quer que seja que comunique aos leitores a verdade de uma descoberta tão claramente como se fora uma imagem. Segundo ele, a mente humana não é um bloco de cera. Num bloco de cera não se pode escrever nada de novo sem apagar o antigo; na mente humana não se pode apagar o antigo a não ser escrevendo o novo".

E. O. Wilson, acerca de Francis Bacon, em "Consilience", Little, Brown & Co., London, 1998

Com a escolha deste título, foi minha intenção colocar em destaque tanto a Física como a vida. Porque a poucos terá escapado que as Ciências da Vida atravessam momentos de grande euforia festiva: a chamada "descodificação" do genoma humano foi notícia de primeira página em todo o mundo e já se chama ao recém-chegado século XXI o "Século da Biologia". Não surpreende portanto que a Física queira, também ela, sentar-se a esta mesa tão generosamente garantida. Resta saber se o fará como convidada de honra ou como intruseta.

CIÊNCIA MORTA?

Para que este dilema possa ter uma resolução feliz, importa que deixemos primeiro para trás algumas angústias do passado. Nos meus tempos de escola, e talvez também nos do leitor ou leitora, era ainda corrente definir-se a Física como "o estudo das transformações da matéria inerte" (Schweers)¹. Um tal ponto de partida não augura nada de bom para o êxito social do físico junto dos biólogos. Uma outra potencial dificuldade é o clima outonal que se vive na Física desde os finais do milénio: a convicção de que os problemas mais importantes foram já resolvidos e de que todas as questões que restam dirão porventura respeito quer ao muito grande – a estrutura do Universo em larga escala – quer ao muito pequeno – o comportamento da matéria e do espaço à escala de Planck, que é mesmo muito pequena –, que dificilmente seremos capazes de encontrar-lhes verdadeiras respostas. Como que para piorar ainda mais as coisas, as gerações mais jovens parecem estar a virar as costas à Física: nos últimos anos, o número de alunos que iniciam cursos de Física na Holanda caiu em cerca de 50 por cento. O tecno-charme dos *rocket scientists* da Guerra Fria dá sinais de estar mesmo a desvanecer-se.

Mas lamúrias, por definição, não levam a nada. Para além disso, a minha experiência pessoal enquanto físico entre biólogos tem-me proporcionado uma perspectiva muito mais optimista. Defenderei aqui que o contacto com as Ciências da Vida vai revitalizar a Física, colocar-lhe novos desafios e reafirmar – não ameaçar – o seu papel como uma das disciplinas-base de que dispomos para compreendermos o mundo que nos rodeia.

Começemos por confrontar o problema espinhoso da relação entre a Física e a morte. Efectivamente, muitos são aqueles a quem Física sugere a imagem de balas percorrendo trajectórias matematicamente precisas. Trata-se logo à partida de um exemplo duplamente infeliz: não só porque é difícil entusiasmar-nos com ele, como também e sobretudo pelo facto de aludir ao que se poderia eufemisticamente chamar o triste papel desempenhado pelos físicos ao longo de toda a história dos armamentos. Não nos consolemos pensando que a maior ameaça que paira sobre a humanidade provém actualmente da guerra biológica; tal constatação deve, sim, servir para lembrar a todos os cientistas que a torre de marfim não existe, que a ciência faz parte do processo social e que não pode por isso demitir-se das suas responsabilidades. Mas adiante.

Para nos libertarmos de vez da imagem fria da Física como estudo da matéria inerte, recordemos o ditado: "O que interessa é o jogo, não é a bola". Eis-nos chegados ao que deve ser aquilo que a Física nos ensinou de mais profundo: que existem leis que governam a matéria de que o nosso universo é feito. Voltando ao nosso exemplo: não são tanto a bala e a sua trajectória que são importantes, mas sim o facto de existirem leis que regem essa trajectória. Não há dúvida que a Física moderna principiou no momento em que Newton teve a extraordinária intuição de que existem tais leis, de que elas são passíveis de formulação matemática, e de que funcionam de forma inteiramente "democrática": as leis da gravitação e do movimento aplicam-se a todos os corpos com massa. Estas leis descrevem não só a trajectória de uma bala como as órbitas dos planetas em torno do Sol, sendo até – pelo menos em princípio – capazes de dar resposta definitiva ao problema que há muito atormenta a humanidade: saber por que é que uma torrada cai sempre no chão com a manteiga para baixo. É esta crença numa regularidade por trás da aparência de desordem que sustém o cientista na sua busca de compreensão.

Outra descoberta importante que devemos a Newton (e não só a ele) é que a intuição humana nem sempre é o melhor guia para a verdade do mundo que nos rodeia. Poder-se-ia pensar que não precisaríamos que Newton no-lo dissesse: é o que a vida repetidamente nos ensina. Refiro-me, porém, não à "condição humana", mas sim à "condição da matéria". Ninguém pode levar Aristóteles a mal quando este afirma que "nada se move sem um motor, e o estado natural da matéria terrena é o repouso". Ora aqui está um excelente resumo do nosso conhecimento intuitivo acerca dos fenómenos mecânicos, apurado pela experiência quotidiana que todos partilhamos. Só que na verdade passa-se exactamente o oposto: "Nada atinge o repouso sem um agente retardador, e o estado natural da matéria é o movimento". Para perceber isto, precisamos de ser capazes de, num certo sentido, ver para além das

ilusões da realidade. E é precisamente isto que torna a ciência tão excitante: o mundo é muito mais surpreendente do que parece à primeira vista. Em resumo: fora com as balas chatas, venham as leis interessantes.

Nem todos se sentem à vontade face ao papel fundamental desempenhado pelas leis universais. Há quem tema o espectro do determinismo; a ideia de que tudo se encontra predeterminado e de que não há, portanto, lugar para o livre arbítrio. Primeiro eram só as balas que se comportavam de maneira entediantemente regular; agora já é todo o Universo que parece não passar de um mecanismo de relojoaria. É certo que o post-newtoniano ferrenho Pierre Simon Laplace² (1749-1827) exclamou certa vez: "Dai-me as posições e velocidades de todas as partículas do cosmos e saberei calcular o vosso futuro". Que esta ideia tem no mínimo limitações práticas pode concluir-se do facto de nada na biografia de Laplace sugerir que ele tenha enriquecido rapidamente a jogar na bolsa, tendo em seguida levado uma vida de ócio opulento. O problema são três pequenas nuvens que Laplace ignorou, arrebatado como estava pelo seu entusiasmo tão desculpavelmente humano.

1. O "Dai-me": tudo o que a Natureza nos dá, paga-se. Para saber algo, o cientista tem de efectuar medidas. Ora não é possível medir o que quer que seja com precisão infinita. Os erros que daí resultam limitam o rigor das previsões que é possível fazer. Isto sem falar já das limitações de princípio que a mecânica quântica impõe à nossa capacidade de conhecer o "estado das coisas", quer através das relações de incerteza, quer através do tratamento probabilístico que faz dos fenómenos.

2. O "todas": o cosmos é muito maior do que Laplace alguma vez imaginara. Sabemos, além disso, que a matéria é composta por átomos e moléculas. O número de moléculas de H₂O num copo de água é tão grande que, se as contássemos ao ritmo de uma por segundo, fazendo um risco numa folha de papel, precisaríamos de milhões de milhões de milhões de anos e de uma resma de papel com um trilhão de quilómetros de altura. A ciência exige algum trabalho de "seca", mas não tanto!

3. O "calcular": os cálculos necessários podem em princípio ser complicados ao ponto de não serem executáveis na prática e de ser mais proveitoso simplesmente esperar que o futuro aconteça do que tentar prevê-lo. Foram já construídos modelos matemáticos com regras surpreendentemente simples que têm, no entanto, esta mesma propriedade. Se algumas das leis da natureza pertencerem a esta categoria, conseguir-se-á escapar ao determinismo. Não teremos maneira de saber se o futuro é pré-determinado ou não: ele é o que for.

Encontramos na nossa vida quotidiana muitos mais exemplos de que a existência de regras bem definidas não

conduz necessariamente a um determinismo cego. Pensemos no jogo do xadrez, cujas regras se podem resumir em meia página de formato A4. E, contudo, aqui está um jogo que há séculos fascina a humanidade e ao qual os computadores só agora se tornaram não mais do que sérios concorrentes. Ninguém acredita seriamente que já tenham sido jogadas todas as partidas de xadrez possíveis e que já não valha a pena jogar mais porque não haverá mais surpresas. Um outro exemplo que me é muito querido, e que foi brilhantemente posto em destaque na Lição Inaugural do meu colega do Laboratório de Física Atómica e Molecular (AMOLF), Albert Polman³, é a música. Embora as notas sejam bem conhecidas e se ensine harmonia há muito, não está para breve o dia em que a música deixe de nos surpreender e maravilhar.

CIÊNCIA VIVA

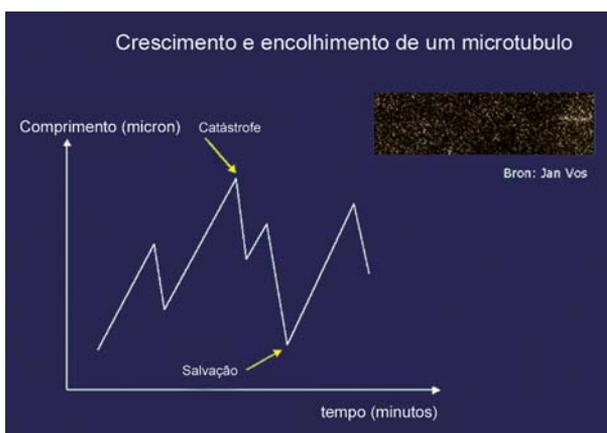
Depois deste extenso enquadramento da imagem estereotipada da Física como ciência do movimento mecânico de esferas rígidas num universo frio, é chegada a altura de referir o maior milagre que a matéria e as leis que a regem alguma vez produziram: a vida. O século XX foi palco de muitas descobertas, mas, na minha opinião, nenhuma tão duradoura nem com potencialmente maior impacto do que o desvendar da base molecular da vida. Se compararmos a dinâmica inimaginavelmente complexa da vida com a nossa velha amiga, a trajectória de uma bala, compreenderemos facilmente por que razão se acreditou durante séculos ser necessário um ingrediente adicional para tornar viva a matéria inerte. São disto exemplos o "pneuma" dos antigos gregos, a "chama sagrada" da tradição cristã, ou a "força vital" (*vis vitalis*) presente, nas mais variadas formas, em muitas tradições filosóficas ou espirituais.

Graças ao desenvolvimento explosivo da Bioquímica e da Biologia Molecular nos últimos 50 anos, sabemos hoje sem margem para dúvidas que o *hardware* da vida são as moléculas, ao passo que o *software* reside no material genético. Correndo o risco de chocar os leitores, direi que aquilo a que chamamos "vida" é a execução pela maquinaria molecular auto-agregada e auto-replicativa de um programa gravado no DNA. Voltando ao tema de abertura: a vida é uma festa! Os convidados são átomos e moléculas entregues a um frenesim de *polonnaises*, danças em linha, valsas, *quicksteps*, *hip-hops* e quadrilhas à moda antiga, com trocas incessantes de parceiros. Ironicamente, a energia necessária a esta festa vem-lhes, directa ou indirectamente, de uma "central nuclear" situada, não à nossa porta, mas felizmente à distância segura de oito minutos-luz, no centro do sistema solar.

Segue-se igualmente de todos estes desenvolvimentos que a Física tem um papel natural a desempenhar no seio das Ciências da Vida com base molecular. A minha área, a

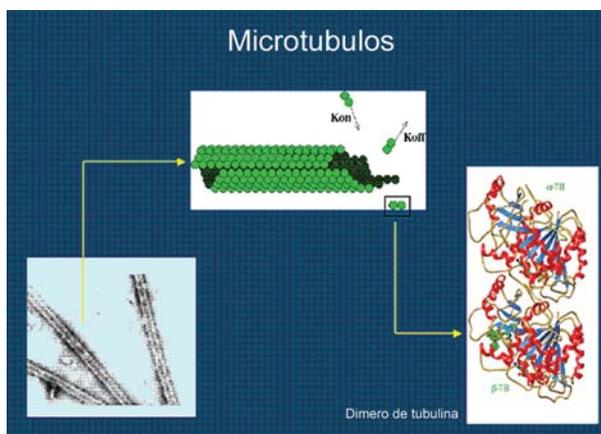
Física Estatística, estuda de que forma grandes grupos de moléculas se organizam, quer espontaneamente, quer sob a acção de estímulos externos, para formar estruturas com propriedades que muitas vezes não seriam de adivinhar a partir das dos seus constituintes. Também aqui se verifica que o todo é mais do que a soma das partes. Leis simples aplicadas a peças igualmente simples podem por vezes dar azo a comportamentos surpreendentemente complexos.

INTERMEZZO: MICROTÚBULOS

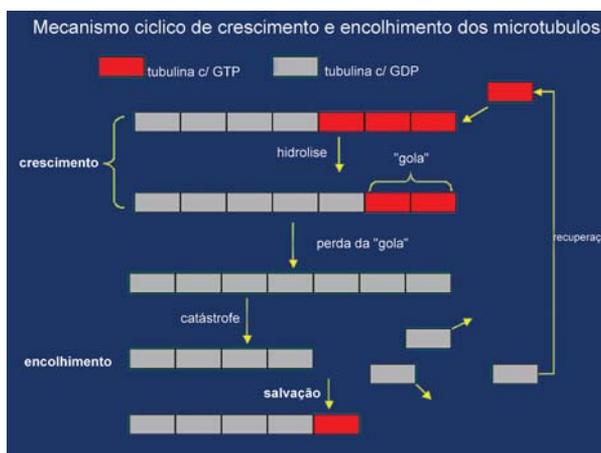


Eis um exemplo: com o meu primeiro estudante de doutoramento, Catalin Tanase, e em estreita colaboração com a minha colega do AMOLF Marileen Dogterom, investigámos a dinâmica dos microtúbulos (*microtubuli*)⁴. Os microtúbulos são um dos constituintes do citoesqueleto, nome colectivo pelo qual é conhecido um conjunto de moléculas de grandes dimensões que ocorrem tanto em células vegetais como animais. Tornar a célula rígida é apenas uma de muitas funções que estas moléculas desempenham. A designação "esqueleto" não será porventura particularmente feliz, uma vez que traz à ideia os nossos próprios ossos. O citoesqueleto é na verdade um todo altamente dinâmico; os microtúbulos, por exemplo, estão constantemente a formar-se e a quebrar-se, no que felizmente os nossos ossos não se lhes assemelham. Esta capacidade que os microtúbulos têm de crescer e de se retrair devem-na ao facto de serem feitos de um grande número de unidades idênticas, os chamados dímeros de tubulina. Um dímero de tubulina isolado costuma "dar boleia" a uma molécula de GTP, muito mais pequena do que ele. Dímeros de tubulina com este "pendura" têm tendência para formar longas fibras, ditas protofilamentos, que por vezes se colam umas às outras. Treze destes protofilamentos formam um microtúbulo – um tubo oco microscópico com 25 nm de diâmetro e comprimento que pode facilmente atingir muitos microns. Uma vez instaladas no conforto e segurança dos microtúbulos, as moléculas-penduras de GTP decompõem-se espontaneamente em moléculas de GDP por hidrólise. Ora, um dímero de tubulina com uma molécula de GDP já não se sente bem a fazer parte

de um microtúbulo e quer ir-se embora. A coesão do microtúbulo deve-se unicamente à chegada constante de novos dímeros de tubulina transportando GTP não decomposto.

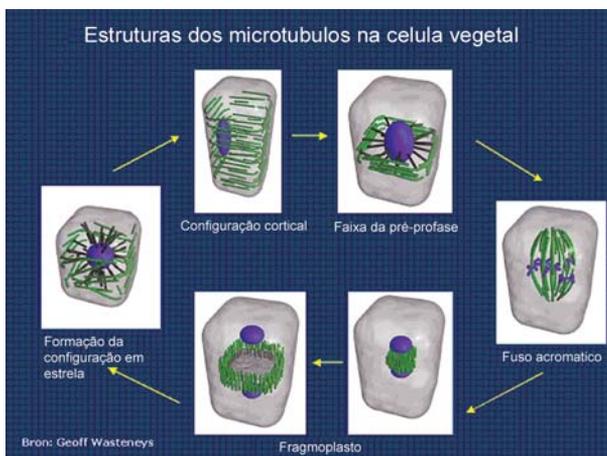


Se este equilíbrio for perturbado por um processo aleatório, pode bem suceder que o microtúbulo comece como que a desenrolar-se, a partir do topo: uma catástrofe. Também pode suceder o oposto: o equilíbrio restabelece-se e o microtúbulo cresce novamente: a salvação.



A vida de um microtúbulo tem, portanto, os seus altos e baixos. E, no entanto, é precisamente graças a esta sua dinâmica singular que a célula pode utilizar os microtúbulos como materiais multifuncionais temporários – uma espécie de Lego da vida. São disto belas ilustrações as variadas estruturas de microtúbulos que as células vegetais constroem durante o seu ciclo reprodutivo. No diagrama podem ver-se os microtúbulos como pequenos bastões verdes e a púrpura o material genético. Vê-se em seguida a estrutura ainda fracamente ordenada que surge imediatamente após a divisão comandada a partir do núcleo; a configuração cortical paralela presente durante a expansão na interfase; a faixa da pré-profase momentos antes da divisão; o fuso acromático durante a divisão; e dois instantâneos do desenvolvimento do fragmoplasto, a maquinaria que constrói a parede entre as duas células descendentes. Se todos estes termos lhe fazem confusão,

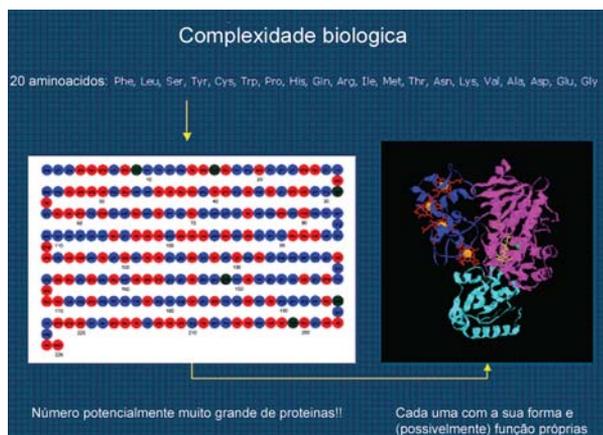
começa a compreender as dificuldades que senti ao iniciar-me na biologia das células vegetais. A riqueza da matéria viva manifesta-se numa tal abundância de fenómenos e de conceitos que quase nos desperta saudades das trajectórias das balas. E, no entanto, é o simples mecanismo de adesão dos dímeros de tubulina uns aos outros, porventura auxiliado por outras proteínas, quer activas, quer passivas, o responsável por estas estruturas e pelas transições entre elas. Iniciámos um projecto de vários anos, em colaboração com colegas da Universidade de Wageningen, da Universidade de Amsterdão e do AMOLF, com a finalidade de esclarecer a transição da configuração cortical para a mesofase. Por enquanto levantámos apenas uma ponta do véu, mas estamos convencidos de que comportamentos complexos não são necessariamente insondáveis.



FÍSICA E BIOLOGIA: PARCEIROS NATURAIS?

É agora a altura propícia para regressar ao tema da atmosfera pesada que paira sobre a Física nos dias que correm. Conforme já disse, a Física busca os seus desafios derradeiros tanto nos altos céus como no interior da matéria, junto às mais pequenas partículas. A Física assemelha-se nisso um pouco à descrição feita no Relatório Hite sobre a sexualidade humana que tanto deu que falar nos anos 70: "Sabemos mais acerca do que se passa na superfície da Lua do que 15 centímetros abaixo dos nossos umbigos" (Hite)⁵. Talvez que haja novas e férteis áreas de investigação muito mais próximo do que pensávamos, mas que só um desenvolvimento noutra campo pode revelar. Todos sabemos o que são números astronómicos. Hans Frauenfelder, que transitou para a Biofísica já num estágio avançado da sua carreira, disse porém certa vez que tais números nada são, comparados com aquilo a que chamou números biológicos. Tome-se como exemplo uma proteína típica, uma das bestas de carga da matéria viva. Uma proteína é feita de unidades mais pequenas, chamadas aminoácidos. Existem exactamente 20 tipos de aminoácidos na natureza. Uma proteína típica contém cerca de 100 aminoácidos. Quantas proteínas desse

tamanho se podem então fazer com as 20 peças de que dispomos? Um cálculo rápido diz-nos que são 2^{100} , um número com cerca de 130 algarismos que é imensamente maior do que a quantidade total de partículas elementares existentes no Universo. É nesta complexidade inexorável que reside o imenso desafio que é encontrar a relação entre a composição de uma proteína, a sua configuração espacial, e a função que desempenha na célula. Há portanto trabalho que chegue nas Ciências da Vida, até para os físicos.

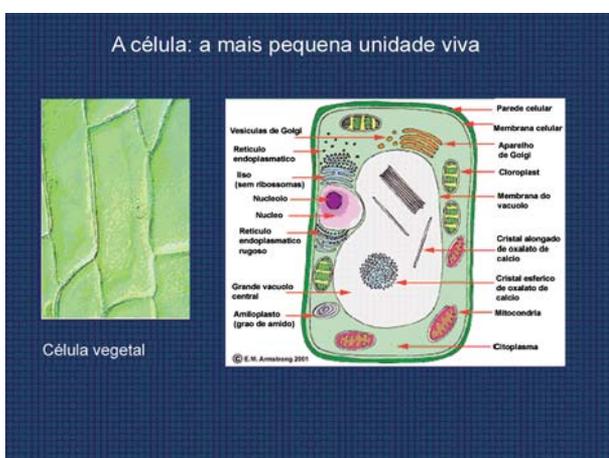


Ao iniciar uma relação mais íntima com as Ciências da Vida, a Física está de certa forma a retomar uma tradição antiga. Na altura em que Aristóteles escreveu a sua "Physica" (de onde vem a palavra Física), não se faziam distinções entre disciplinas dentro das Ciências Naturais. Este estado de coisas sobreviveu durante muito tempo na expressão "Filosofia Natural", corrente na Idade Média e no Renascimento. Embora Newton tenha dado ainda à sua mais importante obra o título "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural"⁶, essa mesma obra precipitou um cisma. Após Newton, as ciências de base matemática – a Física e a Astronomia – começaram a afastar-se cada vez mais das outras. O elevado grau de especialização que hoje conhecemos é consequência da Revolução Industrial e da racionalização do ensino, da investigação e da produção que a acompanhou. E, no entanto, sempre houve laços entre a Física e as Ciências da Vida. Efectivamente, foi o físico von Helmholtz (1821-1894) o fundador da Fisiologia e, portanto, também o pai da Biofísica, o ramo da Física que desde há muito se ocupa de questões relacionadas com a Biologia. A nova geração de físicos que se sentem atraídos pela Biologia não precisa por isso de começar do zero.

PONTO DE ENCONTRO: A CÉLULA

É no domínio da célula que a Biologia e a Física mais naturalmente se encontram. A célula é a unidade elementar da vida. Embora a nossa vaidade multicelular nos possa tentar a considerar as células apenas aquilo de que somos feitos, a verdade é que, em termos evolutivos, somos

recém-chegados. Nos primeiros 2500 milhões de anos da vida na Terra só existiram organismos unicelulares, os quais constituem, ainda hoje, a maioria dos seres vivos. Por que é que a célula é assim tão importante para o físico? Tudo tem que ver com as dimensões típicas das moléculas e das células. Uma molécula tem dimensões da ordem de um nanómetro. Um nanómetro é um milionésimo de milímetro. Os organismos unicelulares mais simples, as bactérias, têm dimensões da ordem do micrón, que é um milésimo de milímetro. Grosso modo, uma bactéria contém, portanto, cerca de um milhão de moléculas. Um número indubitavelmente grande, mas concebível. As células vegetais e animais são decerto maiores do que as bactérias, mas salvo raras excepções continuam a ter dimensões microscópicas. A maior parte das estruturas intracelulares são suficientemente grandes para não se notar (muito) que são feitas de moléculas discretas. Por outro lado, são suficientemente pequenas para poderem ser afectadas por acontecimentos à escala molecular. É precisamente por ser "mais pequeno que uma toalha, mas maior que um guardanapo" que o domínio celular interessa ao físico. Tradicionalmente, a Física descreve bem, por um lado moléculas isoladas, por outro materiais a escalas de comprimento muito maiores que as moleculares. Para compreender o intervalo que medeia entre estes dois limites, é necessário desenvolver novas técnicas e novas teorias. As moléculas e os agregados que elas formam dentro das células encontram-se perpetuamente em movimento. Na origem deste movimento está em parte aquilo a que chamamos calor, e em parte a queima concertada de "combustível" molecular. É fascinante interrogarmo-nos como é que uma célula num estado tão desordenado e aparentemente caótico consegue, ainda assim, ter uma função bem definida e desempenhar certas tarefas com fantástica precisão.



O meu primeiro encontro com a Biologia foi-o também com a célula, embora eu tenha começado do lado de fora. Foi com uma pergunta mais ou menos casual da bióloga celular Anne Mie Emons, que eu então não conhecia de todo, acerca da possível relação entre os cristais líquidos e a estrutura da parede celular, que se iniciou

este *affaire* científico. Confesso que houve alturas em que lancei olhares gulosos, por exemplo à Microbiologia; mas mantive-me fiel a este primeiro amor. E foi assim que vim parar ao Laboratório de Biologia da Célula Vegetal em Wageningen.

Talvez que o tom algo filosófico deste texto tenha dado a impressão de que passo os meus dias embrenhado em profundas reflexões sobre os aspectos físicos da origem e da natureza da vida. Se assim for, permita-se-me que desfaça de imediato esse mal-entendido. Todas as viagens têm um primeiro passo, e em ciência é comum os passos serem muito modestos. Fazer ciência é em parte um pouco como fazer artesanato: trabalha-se numa pequena peça até ela estar perfeita.



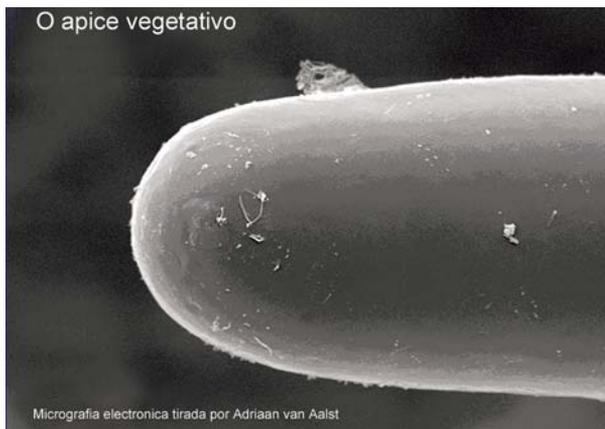
INTERMEZZO: CRESCIMENTO DAS RAÍZES

Para dar ao leitor(a) um cheirinho daquilo que faço, deixe-me levá-lo ou levá-la a um dos meus lugares favoritos na célula vegetal: o ápice vegetativo. Só alguns tipos de células vegetais o têm. Limitar-me-ei aqui a falar dos chamados pêlos radiculares – longas protuberâncias unicelulares das células mais exteriores das raízes das plantas. Estes pêlos são os postos avançados da planta: aumentam a área através da qual podem ser absorvidos nutrientes, fixam a planta mais firmemente no solo e trocam sinais químicos com o meio ambiente. O mecanismo de crescimento dos pêlos radiculares é muito semelhante ao funcionamento das "toupeiras mecânicas" actualmente utilizadas para escavar túneis de metropolitano. A maquinaria de crescimento situa-se na região mais exterior da célula, a qual se desloca lentamente para fora, deixando atrás de si uma cavidade tubular. Como é que isto se dá? A célula produz pequenas bolsas, as vesículas de Golgi, que são transportadas até ao ápice vegetativo por proteínas motoras, ao longo de um "circuito" de polímeros do citoesqueleto expressamente construído para o efeito. Depois de algum tempo em "lista de espera" no destino, estas

vesículas fundem-se com a parede celular através de um processo denominado exocitose: o seu conteúdo passa a fazer parte desta parede. A parede celular é como que o "espartilho" auto-agregado da célula vegetal, que lhe confere a maior parte da sua rigidez. No passado, tentou-se modelar este notável processo de crescimento esquecendo sempre que ele é essencialmente de natureza física. Para se dar crescimento é preciso exercer forças e deslocar material da membrana celular. Além disso, as propriedades desse material alteram-se, quer devido à chegada de novo material, quer ao lento "endurecimento" do que já lá se encontra - qual prato de esparquite cujos fios se pegam cada vez mais uns aos outros. A forma final da extremidade do pêlo radicular e o diâmetro da célula dependem de modo subtil da conjugação de todos estes efeitos.

Encontro-me presentemente a trabalhar num modelo global deste processo, em colaboração com o meu ex-colega do AMOLF, Norbert Kern.

Isto por si só já constitui boa Física Biológica. Mas é mais do que isso: é a porta de entrada para um problema muito mais importante, tendo a ver com a relação simbiótica entre algumas plantas, da família das leguminosas, e bactérias que vivem no solo. Desta simbiose resulta a formação de "botões" nas raízes destas plantas, onde as bactérias fornecem azoto à planta em troca de alojamento e alimentação. É como se a planta se adubasse a ela mesma, o que é muito bom, tanto para ela como para quem a cultiva.



Esta colaboração entre bactéria e planta é um tema de investigação extremamente actual: institutos inteiros ocupam-se dele. Quanto a nós, estamos sobretudo interessados no primeiro contacto entre os simbiontes. O pêlo radicular exala uma substância que induz as bactérias a emitir um sinal químico, designado abreviadamente por "factor de nodulação", ou seja, de formação de botões. Se mais tarde um pêlo radicular em crescimento entrar em contacto directo com uma destas bactérias "activadas", o factor de nodulação que a distingue será detectado por "antenas químicas" situadas na membrana celular das células do pêlo, tendo como resultado que este se curve,

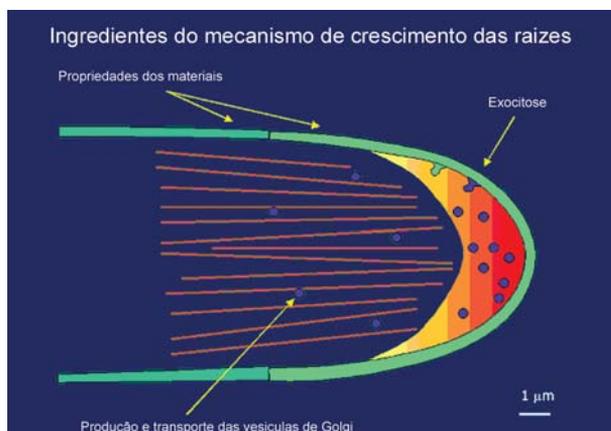
formando uma cavidade oca para albergar a colónia de bactérias (a bactéria inicial multiplicou-se entretanto por divisão celular). Esta cavidade, a que também se chama (em sentido figurado) "cajado", é a base de onde as bactérias partem para lançar a sua invasão da raiz da planta.



É igualmente possível fazer o pêlo radicular curvar-se de forma controlada no laboratório, como se pode ver na série de imagens obtidas pelo meu colega John Esseling do Laboratório de Biologia da Célula Vegetal, em Wageningen. Se, com uma minúscula agulha, colocarmos uma pequena gota de solução, contendo apenas algumas moléculas de factor de nodulação, junto a um pêlo radicular, este desenvolve um só "cotovelo". O nosso objectivo último é compreender como se dá o encurvamento.

É também no domínio da célula que está a dar-se uma alteração decisiva no modo de fazer Biologia: utilizam-se cada vez com maior frequência modelos matemáticos. As modernas técnicas de investigação bioquímica fornecem tantos dados sobre tantas substâncias diferentes presentes na célula que já não é possível uma abordagem tradicional em termos de causa e efeito. Este desenvolvimento deu origem a campos inteiramente novos, como por exemplo a Bioinformática. Há mesmo quem acalente a esperança de que será em breve possível construir um modelo matemático que incorpore a totalidade das interacções entre todos os componentes da célula (*E-cell*)⁷. Um tal modelo seria decerto imensamente complexo, mas talvez esteja já no horizonte, graças às capacidades cada vez maiores dos computadores de que dispomos. Tornar-nos-famos então capazes de, num certo sentido, "calcular a vida". Esta abordagem, quiçá ainda algo futurista, conhecida por Biologia de Sistemas, tem um variado leque de seguidores, entre os quais se contam biólogos, matemáticos, físicos e informáticos, e começa agora a ter algum impacto. Penso igualmente que a própria Biologia Celular vai evoluir no sentido de se tornar mais matemática e quantitativa. É chegada a altura de passar do "quê?" para o "como?". Só assim será possível transitar de uma ciência descritiva para uma ciência explicativa e até previsiva. As novas técnicas – em muitos casos de base física – de que a Biologia Celular

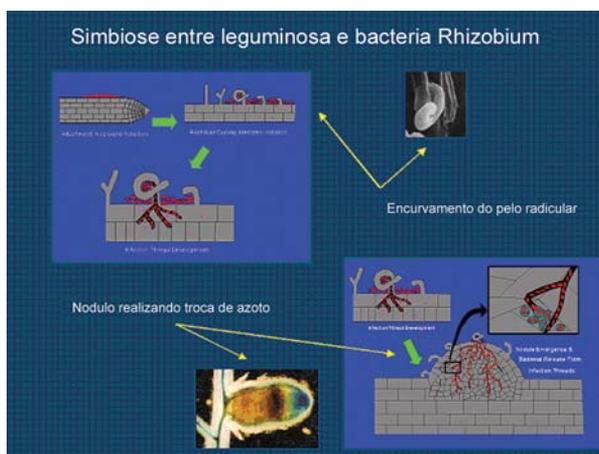
actualmente dispõe para observar os constituintes da célula colocam-na em condições de dar esse passo. Um físico teórico como eu sente-se como peixe na água neste novo mundo – ou talvez seja mais apropriado dizer: como planta em estufa.



REALITY CHECK

Não levaria a mal o leitor ou leitora que, após esta minha entusiástica defesa do papel da Física nas Ciências da Vida, exclamasse: "Que viva a Física! Ponham os biólogos e os físicos a trabalhar juntos e o problema da vida fica praticamente resolvido!". Impõe-se nesta altura, porém, que não percamos o contacto com a realidade. Para poderem colaborar de forma frutífera, os físicos e os biólogos têm no mínimo de ser capazes de comunicar uns com os outros. Caso contrário, viria muito a propósito o juízo do matemático e artista de *cabaret* Tom Lehrer: "Se não sabe comunicar, o melhor é calar-se"⁸. E é aqui que a porca torce um pouco o rabo. Durante séculos, a Biologia e a Física seguiram caminhos distintos, ao longo dos quais adquiriram culturas e linguagens distintas. E – correndo agora o risco de parecer estar a falar de problemas sociais – a integração, como é sabido, não é tarefa nada fácil. As minhas experiências pessoais neste campo não são muito representativas, uma vez que tive a sorte de poder desenvolver a minha relação com a Biologia a pouco e pouco, no seguimento de um primeiro encontro espontâneo e descontruído. Durante este processo, que se estendeu por vários anos, fui desenvolvendo uma língua comum, primeiro com Anne Mie Emons, depois com outros colegas biólogos. Só que o tempo destes amores inocentes acabou no momento em que aqueles que têm poder para tomar decisões em matéria científica ficaram obcecados com a colaboração entre a Física e a Biologia (e, entre parênteses, também a Química, a Matemática e a Informática). Não posso por isso deixar de tecer aqui algumas breves considerações que talvez ajudem a perceber se estamos perante uma parceria conjugal simbiótica e fértil, ou um estéril casamento de conveniência.

Primeiro: é difícil colaborar com potenciais concorrentes. Grandes programas de estímulo à investigação aos quais podem concorrer independentemente cientistas de diferentes áreas mais não fazem do que reforçar a dicotomia nós/eles. Mais: sempre que tais programas são financiados com dinheiros retirados a outras formas mais antigas de apoio às diferentes disciplinas, não tardam a desencadear-se conflitos tribais alimentados pela inveja.



Segundo: é mais fácil estabelecerem-se colaborações quando as pessoas passam algum tempo juntas. Em muitos países construíram-se institutos inteiramente novos com a finalidade de facilitar a colaboração entre as Ciências Exactas e as Ciências da Vida. Na Holanda não se seguiu esse caminho, sob o pretexto de que num país tão pequeno já andamos todos sempre muito juntinhos. E, no entanto, não me pareceria de todo má ideia criar-se um local onde os praticantes das Ciências Exactas e das Ciências da Vida pudessem partilhar o café e o pão de cada dia, ouvir de passagem as conversas e ver anunciados os seminários uns dos outros. O pessoal de um tal instituto deveria estar sujeito a uma única direcção. Tal como em todas as relações, é melhor passar primeiro uns bons momentos juntos antes de pensar em casamento. No estado actual da colaboração, é porventura ainda demasiado difícil chegar a consensos quanto aos objectivos comuns a atingir.



Terceiro: cuidado com a "banda larga". Investigação na interface das diferentes disciplinas vende bem. Primeiro houve a investigação interdisciplinar, depois a investigação pluridisciplinar e agora a NWO (instituição pública que financia a investigação científica na Holanda) já fala em investigação transdisciplinar. As diferenças entre disciplinas parecem já não ter importância. O perigo reside em que desenvolvimentos deste género se possam traduzir em currículos universitários "largos", formando generalistas com uma visão panorâmica da ciência. Na minha opinião, corre-se assim o risco de educar pessoas que são de facto capazes de compreender os problemas comuns a muitas áreas, mas que não dispõem da bagagem técnica e conceptual necessária para contribuir para a sua resolução. Tenho por isso grande curiosidade em saber como vai a Universidade de Amsterdão implementar o seu plano de uma formação em Ciências Bio-Exactas. A melhor ciência em áreas de interface faz-se quando se juntam os melhores elementos de cada um dos campos. A minha experiência pessoal ensina-me que é difícil prever com antecedência de que partes da Física se vai precisar para resolver um dado problema biológico. O que clama por uma formação "aprofundada" em Física. O título deste artigo é, portanto, também o meu ardente desejo – e é igualmente no interesse de uma boa colaboração com as Ciências da Vida.



Quadro de Henry Julien Rousseau

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Conselho Directivo da Universidade e Centro de Investigação de Wageningen, bem como à respectiva Comissão de Acompanhamento, a confiança em mim depositada; a Jook Walraven, ex-director do

AMOLF, por ter apoiado a minha nomeação, à minha colega Marileen Dogterom, graças a quem se desenvolveu a investigação em Biofísica no AMOLF; a Daan Frenkel, meu co-orientador, colega e amigo, pelo exemplo que me proporciona diariamente do que é fazer ciência ao mais alto nível, e por ter contribuído de forma decisiva para que hoje tenhamos um tão bom clima para a investigação; a Anne Mie Emons, chefe do meu grupo de investigação em Wageningen, por me ter atraído para a selva da biologia das células vegetais; aos meus pais, por tudo o que sempre me deram; à minha mulher Katerina, por estar a meu lado; e, finalmente, ao meu filho Charilaos, por todas as perguntas difíceis que me faz acerca da maravilhosa realidade que nos rodeia.

BIBLIOGRAFIA

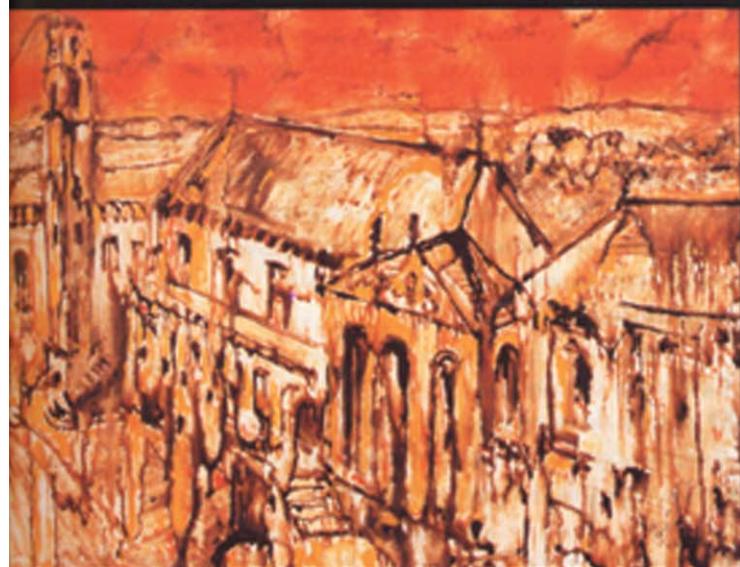
- [1] Schweers. Ver, por exemplo, Schweers, J. e van Vianen, P., *Natuurkunde op corpusculaire grondslag*, parte I (Malmberg, S. Hertogenbosch, 1975).
- [2] Laplace. Nas palavras de Laplace: "Uma inteligência conhecedora, num dado instante, de todas as forças que animam a natureza e das posições momentâneas de todos os seres que a constituem - uma inteligência suficientemente poderosa para analisar todos estes dados - seria capaz de reunir, numa única fórmula, os movimentos dos maiores corpos do universo e do seu mais ligeiro átomo; para ela, nada seria incerto e tanto o futuro como o passado seriam presentes aos seus olhos". Laplace, Pierre Simon de, *A Philosophical Essay on Probabilities* (Dover, New York, 1998).
- [3] Polman, Albert, *Het Optisch Akkoord*, Universidade de Utrecht, 1998.
- [4] Doorn, G. S. van, Tanase, C., Mulder, B. e Dogteron, M., *On the stall force for growing microtubules*, Eur. Biophys. J. 29, 2-6 (2000).
- [5] Hite, Shere, *The Hite report: a nationwide study on female sexuality* (Dell Books, 1976).
- [6] Newton, Isaac, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1687; Westfall, Richard, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (Cambridge University Press, 1980).
- [7] The E-cell project, <http://www.e-cell.org>.
- [8] Lehrer, Tom, *That was the year that was* (Reprise Records, 1965).

CENTRO DE FÍSICA DAS INTERACÇÕES FUNDAMENTAIS

Instituto Superior Técnico

- > Projectos de investigação em Física de Partículas, Física Nuclear, Física Hadrónica, Física da Matéria Condensada, Relatividade e Cosmologia, Geometria Diferencial e áreas afins.
- > Teses de Mestrado e Doutoramento com uma formação internacionalmente competitiva.
- > 33 membros doutorados.

Visite a nossa página <http://cfif.ist.utl.pt>



Centro de Física Computacional

Partículas e Campos
Matéria Condensada
Geofísica
Ensino e História das Ciências

Escola de Física Computacional

Departamento de Física
Universidade de Coimbra
3004-516 Coimbra

<http://cfc.fis.uc.pt>
Tel: 239410600
Fax: 239829158

Este texto da poetisa e ex-estudante de Física Adília Lopes constitui a sua intervenção no âmbito do colóquio "Física, Cultura e Desenvolvimento", promovido pela Sociedade Portuguesa de Física, em colaboração com o Departamento de Física da Universidade de Coimbra, no dia 15 de Novembro de 2003 no Auditório da Reitoria da mesma universidade.

ADÍLIA LOPES
Rua José Estevão, 16, 1º
1150-202 Lisboa

PORQUE ESTUDEI FÍSICA

Dedico este texto ao meu amigo ucraniano Evgueni Daienine

A licenciatura em Física, que comecei em 1978, não a acabei, por motivos que tentarei ilustrar sem êxito. Ainda hoje me acontece estudar Física e o verdadeiro e erótico prazer que me dá observar o céu, ver as horas em dois relógios, um no pulso outro na carteira, contemplar ou observar o higroscópio de cabelo que tenho na minha "ecclesia domestica" se não é de todo comparável à presença do meu amado é seguramente da mesma ordem do que experimento ao ler Robert Musil. Não me chegam as celebradas duas culturas, preciso pelo menos de quatro culturas: a das letras, a das físicas, a das religiões e a das sociedades. De duas passo pelo menos a quatro, que é aqui simultaneamente quadrado e dobro e até centenário se quisermos reparar como fez Jorge Luis Borges, escritor argentino do século XX, pois 100 é 4 no sistema binário. Faço agora uma citação de Robert Musil, do conto "Grígia":

“A verdade é que havia muitas variantes. Por exemplo, alguém partia uma perna, e passavam dois homens, levando-os nos braços. Ou então ouvia-se de repente – Fujam! – e todos corriam a abrigar-se, por causa de uma pedra que ia saltar nos trabalhos de construção da estrada. Uma chuvada deixava os primeiros traços de humidade sobre a relva.”(Ref. 6, p. 32)

Em 1978, na Faculdade de Ciências de Lisboa, que tinha acabado de sofrer um grande incêndio, face a uma tina cheia, no velho e belíssimo laboratório de Química, como face a um osciloscópio, num mais moderno e não de todo belo laboratório do Departamento de Física, sentia-me à deriva como o engenheiro do conto de Robert Musil que é quem pensa o que citei acima. Entre um laboratório e outro estavam as ruínas de uma jóia. A política,



o amor, a história, as catástrofes portuguesas e eu éramos tão semelhantes afinal à aventura do engenheiro do conto chamado "Grígia". O engenheiro, que se chama Homo, que quer dizer "homem" em Latim, acaba por morrer fechado numa mina. O conto não diz preto no branco se ele morreu. Acaba com ele a morrer e a mina fechada. A história pessoal entrança-se na História. Interrompo a licenciatura em Física no ano lectivo em que se dá o acidente, provocado ou não, de Camarate: 1980-81. Adoeço mentalmente e muito gravemente. Talvez me tenha salvo de acabar os meus dias asfixiada na mina o facto de ser "mulier" (mulher em Latim) e não "homo". Contos largos que não conto agora mas que sei muito bem contar.

Comecei a estudar Física voluntariamente e conscientemente no ano lectivo de 1974/75 no Liceu Pedro Nunes, em Lisboa. Hoje não posso dizer que estude Física, mas o autor que mais me agrada ler é Robert Musil porque reconheço nele o lirismo do materialismo ou realismo, a poesia da matéria. Descrevi brevemente um estado inicial e um estado final de uma transformação interior que durou quase 30 anos. Estes 30 anos representam a maior parte da minha idade fértil, a nível biológico, e coincidem com o pós-25 de Abril e com a democracia em Portugal, que tenho sempre medo de ver acabar.

PEQUENO-ALMOÇO SOZINHA

Ao escrever este texto para a Sociedade Portuguesa de Física, ocorre-me com muita força o texto autobiográfico de Werner Heisenberg "Os átomos e a cultura humanista" e o texto que o precede no livro "La nature dans la

physique contemporaine", "Descrição matemática de natureza". Neste último texto que refiro, Heisenberg diz:

"Os triângulos e os quadriláteros excitam menos a imaginação que as flores e os poemas".

Em 1974/75 eu passei a confiar mais nos triângulos e nos quadriláteros do que nas flores e nos poemas. É horrível dizer isto assim pois parece que estou a dizer mal da Revolução dos Cravos. Ou da minha mãe que estudava plantas. Em todo o caso, plantas de que nunca percebi o que eram as flores. Chamavam-se briófilos e o seu "habitat" mais natural é a Ilha de Madagáscar.

Se uso o humor, é por uma questão de rigor e de pudor. E, se falo de mim, é também por uma questão de rigor e de pudor intelectuais. "La nature dans la physique contemporaine" pertencia à biblioteca da minha mãe. Li-o muito cedo. Muito antes de o poder perceber. Não me passa pela cabeça comparar-me com Werner Heisenberg. Ou antes, passa-me, pois há dois episódios em que me reconheço como num espelho. Heisenberg conta que andava no liceu, era em Munique, no Maximilians-Gymnasium, em 1919. Havia combates revolucionários, as aulas eram irregulares. O perigo era mais andar sem fazer nada do que trabalhar demais nos combates revolucionários. Heisenberg ia desde o nascer do Sol para o telhado do liceu ler Platão em grego. Aquecia-se ao Sol, observava o começo do dia na Ludwigstrasse e lia o "Timeu" em grego.

Este é um dos episódios em que me reconheço como num espelho. Mas o que tenho a relatar é trágico. E, nas minhas circunstâncias paralelas, seria mais ajustado levar Sófocles ou outro grego autor de tragédias para o telhado do que Platão. Os revolucionários do meu liceu andavam pelos telhados com as namoradas a fazer "meetings". Nunca consegui conciliar os belos poemas de Mao com a revolução que consistia numa batalha naval de fundo de sala de aula em que dois Chaimites seguiam pela estrada n.º 5 abaixo e dois Chaimites seguiam pela estrada n.º 6 acima. Também as revolucionárias que usavam perfumes Yves Saint-Laurent e iam à "boutique" Tangerina ou Lúcia Lima trocar a mini-saia da filha mais nova me pareciam inaptas para andar a marchar pelo Ribatejo de farda azul índigo à maneira da China Popular.

Ao contrário de Heisenberg, eu não podia ler Platão em grego. Nunca estudei grego e, a partir dos 14 anos, achava-me estúpida de mais para aprender línguas. Se as línguas chegassem até mim através de poemas líricos, é natural que me tivesse sido mais fácil aprendê-las. Tinha estudado por obrigação Francês e Inglês. Entre a geração da minha mãe, nascida em 1927, e a minha (nasci em 1960), o ensino das línguas tinha transitado do uso da gramática e do caderno de significados para o papaguear

de pseudo-conversas. Conversas da família Brown, pai, mãe, filho e filha, ao pequeno-almoço. Tomei quase sempre o pequeno-almoço sozinha, era como se não tivesse família, aquilo da família Brown não fazia sentido para mim.

No Liceu Pedro Nunes deram-se duas revelações simultâneas para a minha cabeça: a descoberta da trigonometria e a descoberta da tabela periódica de Mendeleev.

A professora de Matemática desse antigo 5º ano, não recordo o nome dela e tenho pena, era excelente. Não me traumatizou por eu ter falhazinhas, grandes falhazinhas, a Matemática. Comigo não foram as ilustrações dos livros de Física e de Química com as moléculas de átomos do tamanho de cerejas presos uns aos outros por ganchos de cabelo que me chocaram, mas a representação de "R". Uma pequena linha torta, do tamanho da largura do quadro preto, não era uma recta, não era o infinito. E eu imaginava, ainda cheia das poesias do José Gomes Ferreira, uma linha branca tipo rasto deixado pelo avião a jacto no céu que saía da sala de aula pela janela, do lado de "-8", e pela porta, do lado "+8", e que continuava, continuava, como um Cristo-Rei de braços abertos em que as mãos eram esses enigmáticos infinitos nunca alcançados, nunca vistos. Mais estranho ainda é que entre dois pontos próximos estava também o infinito porque entre dois pontos há sempre um ponto. Sentia a vertigem que dão as bonecas russas.

TRIGONOMETRIA E NECESSIDADES

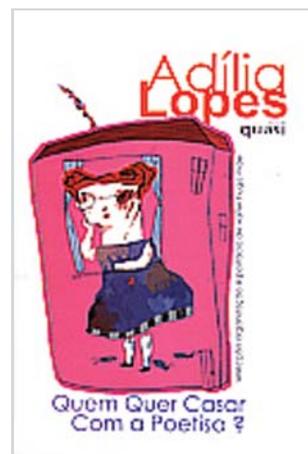
O problema do triângulo rectângulo e do teorema de Pitágoras e do teorema de Thales excitava-me e excita-me a um ponto erótico. No caso da trigonometria, era como se não reconhecesse Antígona quando via representar Antígona, Jocasta quando via representar Jocasta, Édipo quando via representar Édipo. É que não conseguia perceber, isto é identificar, o cateto oposto, o cateto adjacente e a hipotenusa. Era como se lesse um romance policial e não conseguisse destrinçar a vítima do assassino do detective. Um dia, sentada na sanita da minha casa a fazer as necessidades, desenhei com a unha do polegar direito um triângulo na parede em frente que era porosa. E fez-se luz. Toda a trigonometria saiu desse modesto triângulo feito à unha. Senti-me Arquimedes na banheira a gritar "Eureka!" Não é forçosamente numa sala de estudo austera que se descobrem as maravilhas da trigonometria. Tenho para mim que as descobertas implicam caos e um caos interior visceral. Na banheira, na sanita, no telhado ao Sol, descobre-se o que não se descobre à mesa de trabalho a estudar ordenadamente e rigidamente à luz de uma lâmpada. Embora ache que só se faz uma descoberta essencial depois de marrar muito em vão nas paredes, ou seja, nos livros.

O professor José Pinto Peixoto, tal como o professor Osório Mateus, meu professor de História do Teatro, dizia que só se pode e só se deve fazer uma coisa de cada vez. O professor Peixoto ilustrava esta máxima com a anedota misógina, julgo que de sua autoria, que não resisto a contar. Uma freira estava a rezar, a fazer as necessidades e a fazer "tricot". Apareceu-lhe um anjo que lhe disse: "A senhora não pode fazer três coisas ao mesmo tempo, decide-se por uma". Penso que a escolha era inevitável, certamente por isso se chamam necessidades às necessidades.

O ciclo preparatório dos tempos do professor Veiga Simão salvou-me. Entre os dez anos, em 1970, e os catorze anos, no ano do 25 de Abril, vivi num limbo, um "kindergarten", em que os professores nunca me fizeram sofrer por eu não saber aritmética e gramática. Fui quase sempre a melhor aluna a tudo menos a Inglês e a Trabalhos Manuais, na Escola Marquesa de Alorna e na Escola Pedro de Santarém. Ao resolver dezenas de problemas escolares sobre a queda dos graves, lembrava-me do monte de pedras no alto do ginásio do Liceu Pedro Nunes prontas para serem atiradas aos adversários e lembrava-me da minha tia Graça que se tinha suicidado em 1973 atirando-se de um 6º andar abaixo. A gravidade é grave. A gravidez é grave. Não por acaso Newton interessou-me logo.

Mais tarde, um ano depois, eu via aquele monte de pedras no alto do ginásio do Liceu cheio de energia potencial gravítica capaz de se transformar em energia cinética.

A ideia de que só as poetisas românticas e despenteadas têm ideias e fantasias de suicídio e que tais ideias e fantasias não ocorrem aos físicos austeros e severos é falsa: "Dr. Julius Robert Mayer (...) attempted suicide, breaking both legs in a leap for a third story. He was declared insane, and for awhile, legally dead" (Ref. 7, p. XVII-p XVIII).



BIBLIOGRAFIA QUE ME SERVIU DE INSPIRAÇÃO CONCRETA:

1) Bouasse, H. (professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse), "Cristallographie géométrique: groupes de déplacements", Paris, Librairie Delagrave, Bibliothèque scientifique de l'ingénieur et du physicien, 1929.

(Livro da biblioteca do meteorologista, musicólogo e escritor José Blanc de Portugal, meu padrinho de crisma; tenho fotocópias do texto introdutório intitulado "Le savant dans la littérature et dans la réalité", pp.VII-XXVIII)

2) Cohen, I. Bernard (associate professor of the History of Science and General Education, Harvard University), "Franklin and Newton: an inquiry into speculative Newtonian experimental science and Franklin's work in electricity as an example thereof", Philadelphia, The American Philosophical Society, 1956, pp. 38-39.

(Deste livro existe um exemplar na Biblioteca da Faculdade de Ciências de Lisboa, no Campo Grande, cuja cota é BC História 638; cheguei a este livro através da bibliografia da cadeira de História das Ideias em Física, cadeira anual da licenciatura em Física da Faculdade de Ciências de Lisboa em 1978/79, regida pelo Professor João Andrade e Silva, cadeira que fiz no ano lectivo referido com a classificação final de 18 valores)

3) Haeckel, Ernest (professeur à l'Université d'Iéna), "Les merveilles de la vie: études de philosophie biologique pour servir de complément aux Énigmes de l'Univers", Paris, Scleicher Frères Éditeurs, s/d.

(Livro do princípio do século XX; comprado por mim nos anos 90 ao alfarrabista Victor Cunha em A Prensa, Rua José Estêvão, 24-A, Lisboa)

4) Heisenberg, Werner (Prémio Nobel da Física em 1932; nasceu em 1901, tal como a minha avó materna), "La nature dans la physique contemporaine", traduzido do alemão por Ugué Karvelis e A. E. Leroy, Paris, Gallimard, Idées NRF, 1962.

(Livro da biblioteca da minha mãe, a bióloga Maria José Viana; usei especialmente os subcapítulos "Les atomes et la culture humaniste" e "Les sciences de la nature et la culture humaniste")

5) Koyré, Alexandre (nasceu em Taganrog, Império Russo, em 1892 e morreu em Paris em 1964), "Mystiques, spirituels, alchimistes du XVIe siècle allemand", Paris, Gallimard, Idées NRF nº233, 1971.

(Autor recomendado pelo Professor João Andrade e Silva nas circunstâncias referidas na Ref. 2); livro comprado por mim em 1979, possivelmente na Livraria Buchholz de Lisboa)

6) Musil, Robert (escritor e engenheiro austríaco, nasceu em Klagenfurt na Áustria em 1880 e morreu em Genebra em 1942, autor do romance célebre "O homem sem qualidades"), "Três mulheres" (o conto que uso neste texto é o primeiro, intitulado "Grígia"), tradução de Maria Cristina Mota, título original "Drei Frauen", Lisboa, Edição Livros do Brasil, 1985.

(Comprei o meu exemplar na livraria FNAC/Chiado em Lisboa no Verão de 2003)

7) Trybus, Myron (dean of Engineering, Thayer School of Engineering, New Hampshire College, Dartmouth), "Thermostatics and Thermodynamics: an introduction to Energy, Information and States of Matter, with Engineering applications", Princeton, New Jersey, New York, Toronto, London, D. Van Nostrand Company Inc., 1961.

(Deste livro existe um exemplar na Biblioteca da Faculdade de Ciências de Lisboa, no Campo Grande, com a cota BC Física 2553; obra recomendada pelo Professor José Pinto Peixoto no âmbito da cadeira de Termodinâmica da licenciatura em Física da Faculdade de Ciências de Lisboa no ano lectivo de 1979-80, cadeira semestral do 2º ano que fiz no ano lectivo referido com a classificação final de 17 valores).

Esta é uma bibliografia extensa para uma tão pequena comunicação e bastante "sui generis". Falta dizer, para completar mais as informações que vou dando aqui sobre o meu CV, que a classificação mais alta que obtive em universidades portuguesas foi 19 valores, precisamente a Bibliografia, cadeira regida pela Dr.ª Paula Ochoa, da Biblioteca Nacional. Fiz esta cadeira no âmbito da pós-graduação em Ciências Documentais da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, no ano lectivo de 1992-93.

Perante os movimentos do Sol e da Lua e o movimento nocturno da esfera celeste arrastando astros errantes e um grande número de estrelas, desde cedo os homens tentaram explicar tão grandioso espectáculo de movimentos. Os astrólogos de civilizações mais antigas elaboraram sistemas cosmológicos mais ou menos complexos em que intervinham directamente deuses e demónios. Os sistemas cosmológicos dos filósofos gregos dispensaram, em geral, a intervenção sobrenatural, mas a filosofia cristã, vários séculos mais tarde, retomou-a com a colaboração dos anjos. Com o advir da ciência moderna, os sistemas cosmológicos regressaram ao controlo da mecânica celeste, tendo-se descoberto que os movimentos dos astros eram regidos por leis físicas, rigorosas e imutáveis.

LUÍS MIGUEL BERNARDO

Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto,

R. do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto,

lmbemar@fc.up.pt

TEORIAS COSMOLÓGICAS ANTIGAS

Se exceptuarmos a opinião dos Órficos¹ que consideravam o Mundo oval, todos os filósofos da Grécia Antiga consideravam que a forma do Universo era esférica, a forma geométrica mais perfeita. Pensaram uns que no centro desta esfera deveria estar a Terra, outros que deveria estar uma massa de fogo místico e ainda outros o próprio Sol.



Pitágoras (569-470? a.C.) e os seus seguidores defendiam um sistema não geocêntrico com esferas celestes fluidas em movimento de rotação, constituindo as estrelas outros tantos mundos. Diz-se que Pitágoras, depois de ter estabelecido as proporções para os acordes e a teoria da música, conjecturou a existência de uma música astral, associada ao movimento das esferas celestes, um assunto muito discutido na Idade Média. Heráclito (540-480 a.C.), embora defendendo um sistema geocêntrico, pensava que Mercúrio e Vénus gravitavam em torno do Sol.

OLÓGICAS

Para justificar a estrutura e a dinâmica do Universo, Empédocles (495-435 a.C.) admitiu que o ar e o fogo ocupavam predominantemente duas metades distintas de uma esfera. Pela acção da pressão do hemisfério do fogo, toda a esfera do Universo tinha adquirido um movimento de rotação. Justificava a sequência dos dias e das noites pela posição dos hemisférios; quando o hemisfério ígneo está no alto, é o dia; quando essa posição é ocupada pelo hemisfério aéreo, que é escuro, então é a noite². Para Empédocles, o Sol e a Lua não são massas ígneas; a Lua limita-se a reflectir a luz do Sol e, por sua vez, o Sol é um reflexo do hemisfério ígneo sobre o céu... Empédocles achava perfeito o seu sistema cosmológico, a ponto de o considerar obra de um ser superior, ele próprio o "*divino Empédocles de Agrigento*"³... Filolau, discípulo de Pitágoras e activo em 475 a.C., colocava no centro do Mundo uma massa de fogo, a mãe dos deuses, que simbolizava o centro de onde provinham todos os corpos celestes. A Terra giraria em torno desse fogo juntamente com o Sol, a Lua e as estrelas. Esta doutrina sobreviveu pelo seu conteúdo místico até bastante tarde.

Relativamente à forma da Terra as opiniões dos antigos filósofos divergiam. Tales (624-545) supunha que a Terra era chata e flutuava na água e que outra massa de água fechava a abóbada celeste⁴. Anaximenes (588-524) considerava que a Terra tinha a forma de um prato e que era suportada pela pressão do ar que, para ele, era a matéria cósmica primitiva; os astros durante a noite não giravam sob a Terra mas circulavam-na⁵. A ideia da Terra plana tornou-se vulgar no século V a.C., mas supunham-na esférica Parménides (séculos VI-V a.C.) e os pitagóricos

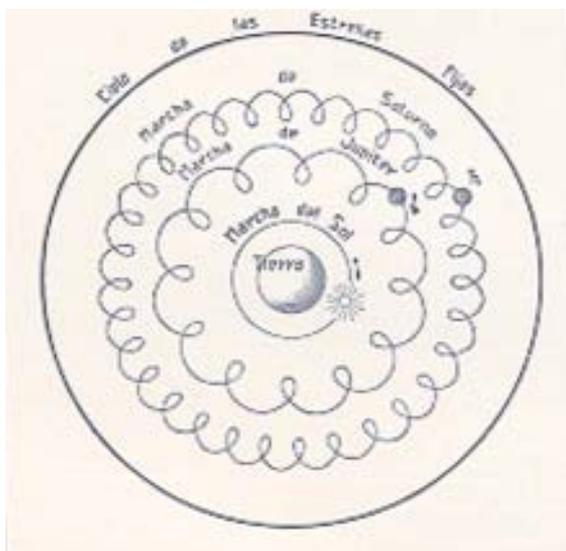
liderados por Arquitas de Tarento, activo entre 400 e 350 a.C. Julga-se que este filósofo teve alguma influência na concepção do sistema cosmológico de Platão (423-347 a.C.) um daqueles filósofos que fazia parte do seu grupo de amigos.

De acordo com este sistema, estabelecido por Eudoxo (400-350 a.C.), a Terra estava envolvida por esferas homocêntricas com 27 movimentos circulares independentes que, ao rodarem, arrastavam consigo os corpos celestes agarrados às respectivas superfícies⁶. Em cada uma das sete primeiras superfícies estava fixo um dos sete planetas "*como os nós numa tábua*". Da mesma maneira, na superfície da oitava esfera estavam presas as estrelas fixas constituindo o Firmamento. No percurso desde a Terra até ao Firmamento surgiam sucessivamente, a distâncias crescentes, as esferas dos sete planetas: Lua, Sol, Vénus, Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno. No sistema de Platão, o Sol não ocupava um lugar de grande destaque; aparecia imediatamente a seguir à Lua, precedendo Vénus. Era-lhe atribuído, no entanto, o relevante papel de ser, entre os objectos celestes, a única fonte de luz que iluminava todos os astros, incluindo, naturalmente, a Terra e as estrelas. Fora da superfície esférica do Universo, Platão colocava os deuses e as almas em permanente contemplação das Ideias, do Belo e do Bem. Para os Estóicos, porém, para além da esfera do Universo havia apenas o vazio infinito⁷.



Ptolomeu

Na Grécia Antiga, surgiram outros sistemas planetários, distintos daquele que fora proposto por Eudoxo. Aristarco de Samos (310-230 a.C.) imaginou um sistema planetário heliocêntrico. Pelo facto de defender o movimento da Terra que consigo transportava o fogo central divino, foi acusado pelo filósofo estóico⁸ Cleantes (331/330-232/231 a.C.), discípulo de Zenão (324-262 a.C.), de profanação sacrílega, perturbando com as suas ideias – assim o afirmava o acusador - o sossego dos deuses. O sistema heliocêntrico de Aristarco foi retomado por Arquimedes (287-212 a.C.) no seu livro de Aritmética intitulado "Arenário", mas mais uma vez não conseguiu sobreviver. Tinha contra si a aparente evidência da rotação das esferas planetárias e alguns preconceitos religiosos. Além disso, era contrário à teoria da Física do conceituado Aristóteles que imaginava a Terra fixa ocupando o seu lugar natural, o centro do Universo e uma nona esfera, o primeiro móbil, que, com o seu movimento, arrastava todas as outras subordinadas no total de 56 movimentos circulares independentes.



Epiciclos de Ptolomeu

As várias gerações de filósofos, posteriores a Platão e a Aristóteles, foram aperfeiçoando a teoria geocêntrica das esferas móveis. Atribuíram às esferas movimentos excêntricos, introduziram os epiciclos, a obliquidade da eclíptica e os movimentos de precessão dos equinócios. A teoria transformou-se numa panóplia de círculos concêntricos e excêntricos que só matemáticos muito competentes podiam seguir, sem se perder. Depois de atribuir movimentos excêntricos a alguns planetas, Ptolomeu (100?-170?) adicionou à Máquina do Mundo uma esfera cristalina (segundo móbil) entre o firmamento e o primeiro móbil. O complicado movimento das esferas tornou-se um verdadeiro quebra-cabeças⁹. Os movimentos associados

às esferas celestes continuavam, porém, a ser circulares, pois o círculo era considerado a única forma geométrica perfeita, capaz de suportar os movimentos eternos das esferas e dos astros.

Perante o modelo antigo da Máquina do Mundo, uma questão que sempre se colocou era saber qual a origem dos movimentos independentes das várias esferas que se arrastam umas sobre as outras, transmitindo as exteriores o seu próprio movimento às interiores. Não se conhecem as causas que teriam sido invocadas pelos filósofos gregos. Os filósofos medievais procuraram na Bíblia a resposta para tão importante questão. Como veremos, muitos deles convenceram-se de que a teriam encontrado.

TEORIAS DA IDADE MÉDIA

A ideia de uma Terra plana teve também seguidores na Idade Média, como se pode inferir da controvérsia sobre a existência ou inexistência de antípodas, uma questão – pertinente tanto numa Terra plana como esférica – que ocupou os filósofos até ao Renascimento e que só viria a ser definitivamente esclarecida com os Descobrimentos Portugueses¹⁰. O Padre António Vieira na sua *"Historia do Futuro"* cita e, felizmente, traduz um texto latino escrito por Lactâncio (240-320), um apologista a quem os humanistas do Renascimento chamaram Cícero cristão. Vieira refere que Sto. Agostinho, S. Justino, Sto. Hilário, S. João Crisóstomo, S. Basílio, Sto. Ambrósio, Procópio, Teofilato e Eutímio partilhavam a opinião de Lactâncio:

"Que direi daquelles (diz Lactancio), os quaes tiveram para si, que ha no mundo outros homens que andam com os pés virados para nós, a que chamam antipodas? Por ventura dizem estes alguma coisa que tenha fundamento, ou póde haver homem de tão pouco juiso, que se lhe metta na cabeça que ha homens que andem com a cabeça para baixo, e que todas as coisas que aqui estão em pé, e direitas, lá estejam penduradas? Que as arvores cresçam para a parte inferior? Que a chuva cáia para cima? E que os que hão de colher os frutos, hajam de descer aos ramos, e não subir? E espantamo-nos, que os hortos pensiles se contem entre as sete maravilhas do mundo, quando ha philosophos que fazem campos pensiles, mares pensiles, e cidades pensiles, em que as torres e os telhados estão pendurados para baixo? Mas será bem que digamos a origem d'onde teve principio este erro, e que razão moveu ou levou estes homens a uma coisa tão irracional, como haver antipodas. Viam que o sol, a lua, e as estrelas, saíam sempre do Oriente, e entravam pelo Occaso; viam, ou cuidavam que viam, que este céu que nos cobre, tem figura de uma abobada (sendo que esta representação não a faz a figura do céu, senão o termo e fraqueza da nossa vista) e não intendendo o modo porque esta machina se governa, vieram a imaginar que o mundo

era redondo como uma bola, e assim fingiam que havia no céu varias orbes de materia solida como bronze, em que estavam esculpidas essas imagens e corpos portentosos, a que chamamos estrellas e planetas.

Desta redondeza ou rotundidade do céu, inferiam e assentavam que tambem a terra era redonda; e accommodando-se naturalmente a figura do corpo exterior, e maior, dentro do qual estava mettida e torneada desta maneira, e feita redonda a terra, tiravam por segunda consequencia que tambem havia de estar povoada de homens e de animaes, em todas as partes, como está nesta onde vivemos; assim que, a imaginada rotundidade do céu foi a inventora destes antipodas pendurados: e se perguntarmos aos defensores deste portento como pôde ser, que os homens que fingem com os pés para cima, se lhes não despeguem da terra, e como não cáem por esses ares abaixo, respondem que é o pezo natural da terra, que de todas as partes inclina para o centro, assim como os raios de uma roda todos vão parar ao eixo, e que assim como do mesmo eixo saem os raios para a roda, assim as coisas pesadas vão buscar o meio; as coisas leves, como o fogo, os fumos, as nevoas, sobem direitas para as diversas partes do céu, de que a terra está cercada. O que se haja de dizer de taes homens, e de taes entendimentos, não o sei; só digo que depois de terem caído no primeiro erro, perseveram constantemente na sua ignorancia, defendendo umas coisas vãs, com outras tão vãs como ellas; sendo que algumas vezes cuida que não dizem nem escrevem isto de sizo, senão por jogo e zombaria, e que sabendo muito bem que tudo o que dizem são fabulas e mentiras, as defendem comtudo para ostentar habilidade e engenho, empregando tão bons entendimentos em tão más coisas." (*Divinarum Institutionum, cap.23*)

No século VI d.C., Cosmas Indicopleustes de Alexandria insistia, inspirado na Bíblia, que a Terra era um retângulo e que dos seus lados se erguiam enormes muros que seguravam o Firmamento¹¹. Além destes muros existiam arcos muito sólidos que suportavam a abóbada onde se encontrava uma grande cisterna contendo as águas superiores referidas nos textos bíblicos. No Génesis está escrito que Deus separou com o Firmamento as águas superiores das inferiores tendo com estas constituído os oceanos¹². O céu, onde permaneciam os bem-aventurados, tinha janelas que eram abertas ou fechadas por anjos, sempre que o Criador desejava enviar a chuva para a Terra ou interrompê-la. A terra habitada ocupava o centro do retângulo e era cercada pelos mares oceânicos. Para além deles estava o paraíso terreal. Ao Norte, muito mais pequeno do que a Terra, rodava o Sol à volta de uma montanha cônica¹³.

Cosmas foi o autor de um dos mais famosos e antigos mapa mundi. Todas as afirmações deste geógrafo cristão se fundamentavam nos textos bíblicos¹⁴. Porém, a sua



teoria de uma terra rectangular não obteve muitos adeptos e foi rapidamente olvidada. Melhor sorte tiveram as teorias de Sto. Isidoro (560-636), Bispo de Sevilha, que marcou uma época com os seus pontos de vista teológicos e com as suas interpretações bíblicas dos fenómenos naturais. Sto. Isidoro achava que as águas superiores estariam localizadas no céu dos bem-aventurados, numa posição intermédia entre a parte mais alta e a parte mais baixa. Tinha dúvidas sobre a forma como o Firmamento envolvia a Terra, se a envolvia como uma casca de ovo ou, simplesmente, se a tapava como uma cortina.

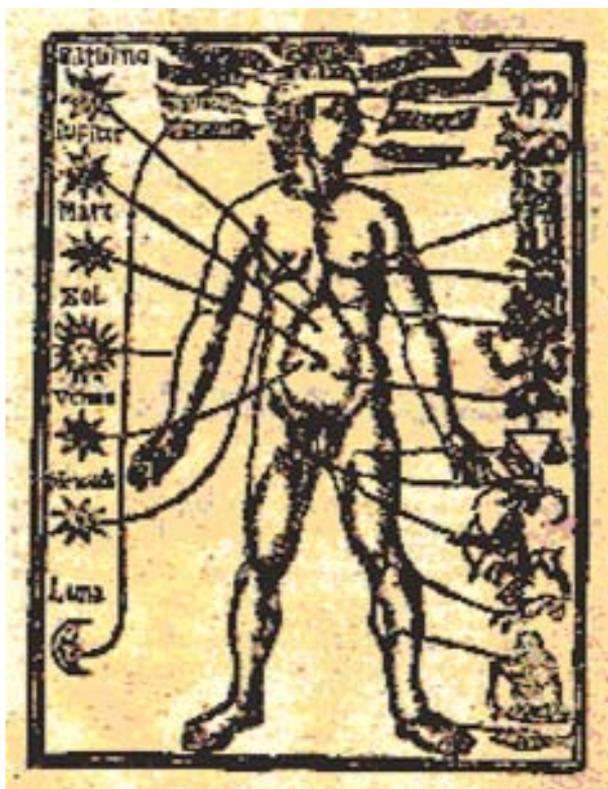
Sto. Isidoro achava que a Terra era esférica mas tinha sobre a terra habitada uma concepção geográfica insular achando que era constituída por três continentes próximos (Ásia, Europa e África) rodeados de mar por todos os lados¹⁵. Esta opinião era oposta à de Ptolomeu, que, no seu modelo de Terra esférica, considerava que os mares eram lagos



enormes, completamente rodeados de terra só parcialmente habitável. Deve notar-se, no entanto, que a Geografia de Ptolomeu só foi suficientemente conhecida no Ocidente cristão nos primeiros anos do século XV, embora a sua concepção do mundo fosse já conhecida através de fontes gregas e árabes.

O Venerável Beda (672/3-735), cuja autoridade foi muito respeitada, defendia a forma esférica da Terra e considerava que o Firmamento, constituído por um fogo de natureza muito subtil, era igualmente esférico. O céu superior, onde se encontrariam os anjos, tinha-o Deus temperado com gelo, receando que inflamasse os elementos mais baixos. Colocava as águas superiores acima do Firmamento mas a um nível inferior ao do céu dos espíritos. O papel destas águas era temperar o fogo das estrelas. Beda não dá muito crédito à opinião de que nessa região teriam estado as águas que caíram durante o Dilúvio¹⁶...

A partir do século IX distinguiram-se outros homens na ciência sagrada: Rabano Mauro, o Abade de Fulda e o Arcebispo de Maiense. Os textos da Bíblia continuavam a ser a verdade revelada por Deus, servindo para formular e fundamentar as teorias da Ciência da Natureza. Com a leitura e o estudo dos autores latinos e árabes, reforçou-se o interesse pela Astrologia, que cresceu durante toda a Idade Média¹⁷. O Macrocosmos, constituído pelos objectos celestes nos seus devidos lugares, estava intimamente ligado ao Microcosmos, o corpo do homem constituído pelos seus vários órgãos¹⁸.



Durante o século XII, começaram a surgir na Europa cristã as primeiras teorias racionais para explicar o mundo natural incluindo a aceitação quase generalizada da esfericidade da Terra. Manteve-se, no entanto, a influência da Teologia sobre a Filosofia. Sta. Hildegarda (1098-1179), além de obscuras descrições de visões e alguns textos místicos, deixou-nos a sua visão do Universo¹⁹: no centro do seu sistema cosmológico encontrava-se a Terra esférica, em torno da qual se desenvolviam camadas concêntricas ou zonas que progressivamente passavam da forma esférica para a forma oval. Por cima da Terra, contendo os quatro elementos, encontrava-se uma camada de ar luminoso e outra de ar aquoso. Seguiu-se uma outra de éter puro, com as estrelas fixas, a Lua e os planetas interiores (Vénus e Mercúrio). Envolvendo esta camada, surgia ainda uma outra, sombria e formada de fogo negro, e finalmente seguia-se uma camada de fogo luminoso onde estavam o Sol e os planetas exteriores (Marte, Júpiter e Saturno). Os eixos maiores das ovais estavam na direcção Este-Oeste. Na forma oval²⁰ revelava-se um universo assimétrico e o "ovo cósmico", uma concepção que vinha da Antiguidade²¹. No interior da Terra havia dois extensos espaços com a forma de troncos de cones, onde era aplicado o castigo aos pecadores e onde ocorriam coisas verdadeiramente diabólicas. A famosa Sta. Hildegarda, que mereceu maior e mais venerando respeito pelos seus sonhos místicos do que pela sua filosofia, teria sido inspirada não só pelos anjos e por várias passagens bíblicas, mas também por escritos de Aristóteles menos bem interpretados. As relações de semelhança e de interacção entre o Macrocosmos e o Microcosmos estão também presentes nos textos cosmológicos de Sta. Hildegarda²².

No contexto das concepções pitagóricas mas num modelo cosmológico geocêntrico, estabeleceu-se uma grande polémica entre os filósofos medievais ao discutirem se "os céos com seu movimento causavam algum som, ou consonância, & harmonia de musica"²³. Para alguns, esse som tinha a sua origem no movimento de escorregamento de umas esferas sobre as outras e era produzido nas exactas condições de "este concertado accidente, que chamamos som". A razão pela qual o som não era audível era atribuída ao facto de nos acompanhar desde o nosso nascimento e, portanto, por habituação, os nossos ouvidos deixavam de o "escutar, assi como os moradores das Cataratas do Rio Nillo ao precipitarse por ellas, não sintem o rumor, nem estrondo grandissimo, que ao cair fazem as agoas"²⁴... Desde Pitágoras havia a ideia que não só os céus produzem som, como também esse som é um "som de consonancia e melodia musical" causada pelo movimento regular das esferas dos planetas e pela proporção das distâncias que as separam. A conjectura da "música das esferas" não fazia parte das crenças dos peripatéticos²⁵, que dominaram a filosofia natural a partir do fim do século XIII. Por outro lado, já se sabia desde o século XVI que a

“Não se pode duvidar, que os Anjos, como Intelligencias separadas, movão os Planetas, por ser doutrina expressa de muitos Padres, insinuada por outros, e finalmente deduzida de hum Texto de Job”.

Cuidadasas investigações e inspiradas revelações... tinham conduzido à descoberta do nome dos sete anjos que comandavam o movimento de cada uma das esferas planetárias³²:

Cassaneo no seu Cathalogo, com autoridade de outros Authores, expoem os nomes dos sete Anjos, que presidem aos Planetas, pela fôrma seguinte. Casiel ou Virtude de Deos, affirma reger a Saturno; Satiel, que se interpreta Justiça de Deos, a Jupiter; Samuel, ou Auxilio de Deos, a Venus; Michael, ou Caza de Deos, a Mercurio; Rafael, que he o mesmo que Medicina de Deos, ao Sol; Gabriel, que se interpreta Fortaleza de Deos, a Lua.

A forma como os anjos empurravam as esferas era motivo de alguma perplexidade³³!... O mesmo historiador bíblico recorre à opinião do astrónomo Pe. Cristóvão Borro :

Em quanto ao modo, parece mais congruente serem movidos como faxos, e não como aves no ar, ou peixes na agoa.

Desviando-se das ideias cosmológicas de inspiração aristotélico-ptolomaica, dominantes no seu tempo, o citado Pe. Borro defendeu, no princípio do século XVII, a opinião de que os céus eram apenas três³⁴ e, além disso, eram líquidos!...

Apesar das alternativas à teoria cosmológica aristotélico-ptolomaica, foi esta que mereceu a confiança da grande maioria dos filósofos europeus da Idade Média, designadamente os astrónomos cristãos do tempo de Afonso X, o Sábio³⁵. A existência das esferas nona e décima, assim como os respectivos movimentos, não eram, porém, consensuais entre os filósofos. Para muitos a Máquina do Mundo continuava a ter apenas oito esferas. Foi, porém, o sistema geocêntrico de dez céus mais o Empíreo que, nos Lusíadas, foi descrito pela Ninfa ao mostrar ao "Grande Gama" a Máquina do Mundo. Depois de descrever o Empíreo, o Primeiro Móvil, o Segundo Móvil ou o Céu Áquo ou Cristalino e finalmente o Firmamento³⁶, a ninfa diz o seguinte³⁷:

Debaixo deste grande Firmamento / Vês o céu de Saturno, Deus antigo; / Júpiter logo faz o movimento, / E Marte abaixo, bélico inimigo; / O claro olho do Céu³⁸ no quarto assento, / E Vénus, que os amores traz consigo; / Mercúrio, de eloquência soberana; / Com três rostos, debaixo, vai Diana.



Sistema cosmológico dos dez céus

O sistema geocêntrico ptolomaico só foi posto seriamente em dúvida após a publicação da obra "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" (1542) de Nicolau Copérnico (1473-1543), que estabeleceu o moderno sistema planetário heliocêntrico³⁹. Relativamente pouca importância foi dada ao sistema de Copérnico durante os 50 anos que se seguiram. Mas, Giordano Bruno (1548-1600), que foi queimado vivo em Roma, por ordem da Inquisição, divulgou-o; Kepler usou-o nos seus estudos das órbitas planetárias; e Galileu defendeu-o não só como hipótese matemática⁴⁰ mas também como teoria física.

É interessante aqui referir que o sistema cosmológico de Copérnico foi inicialmente bem aceite em Espanha. O próprio rei, Filipe II (Filipe I de Portugal), possuía uma cópia de "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*"⁴¹. Em 1561, existia, na Universidade de Salamanca, a permissão⁴² para o ensino da teoria de Copérnico. Diego de Zúñiga, professor de Sagrada Escritura na Universidade de Osuna, depois de analisar o livro de Copérnico concluiu, em 1584, que não havia qualquer contradição entre os escritos bíblicos e a teoria heliocêntrica. Esta sua interpretação foi aparentemente encarada com muita indiferença. Além de Zúñiga não se conhecem outros filósofos importantes seus contemporâneos que defendessem a teoria heliocêntrica na Península Ibérica e até o próprio Zúñiga acabou por se retractar em 1597⁴³. A permissão do ensino da teoria de Copérnico na Universidade de Salamanca manteve-se pelo menos até 1625, nove anos depois do édito papal de 1616 que a proibia. Apesar de ter sido permitido o seu ensino, a teoria de Copérnico nunca foi realmente professada, não se sabe se por falta de interesse dos estudantes se por desmotivação dos lentes.

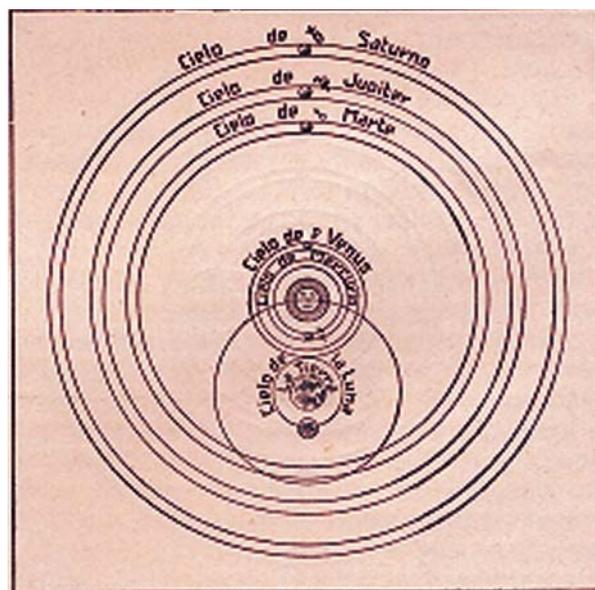


Copérnico

A maioria dos comentários sobre o sistema de Copérnico antes de 1650 era-lhe, efectivamente, desfavorável. No século XVII, não só os filósofos peripatéticos como também os teólogos eram intransigentes defensores do sistema geocêntrico. Os primeiros consideravam o sistema heliocêntrico contrário à harmonia da Natureza e à experiência, como se pode ler no Vocabulário⁴⁴ do Pe. Bluteau:

Se, no espaço de vinte e quatro horas, fizera a Terra sobre o seu centro o seu curso, facilmente cairiam, com a violência e contínua revolução, todos os edifícios; do mesmo modo que uma roda, arrebatada com ímpeto, despede toda a areia ou torrão de terra, que se lhe pegou na circunferência. [...] Nenhuma coisa, lançada ao ar, cairia perpendicularmente sobre o lugar donde fôsse lançada, porque, no intervalo de subir e baixar, já teria a Terra feito muito caminho.

Os teólogos consideravam o sistema heliocêntrico incompatível com os escritos da Bíblia e com as muitas interpretações que deles se tinham feito. A passagem do Livro de Josué em que este profeta ordena ao Sol e à Lua que parem, era para os teólogos prova clara de que tais astros se moviam. O salmo, em que se afirma que Deus pôs a Terra no seu lugar para aí ficar quieta, era uma revelação clara da imobilidade da Terra e, portanto, da validade inquestionável do sistema geocêntrico⁴⁵. Muitos astrónomos não viam razões astronómicas suficientemente fortes para preterir o velho sistema por um novo que, além disso, tanta polémica causava. Outros preferiram um sistema intermédio, proposto por Tycho Brahe, segundo o qual a Terra estava imóvel, com o Sol e a Lua a orbitarem à sua volta, e os outros planetas a girar em



Sistema de Tycho Brahe

torno do Sol⁴⁶. De 1650 a 1670 foi este o sistema favorito de astrónomos e filósofos já que não se opunha às descrições bíblicas nem à doutrina oficial da Igreja. A partir de 1680, o sistema heliocêntrico de Copérnico começou a ganhar adeptos importantes, crescendo o seu número com a publicação, em 1687, da teoria da gravitação de Newton. No século XVIII quase ninguém se opunha ao novo sistema heliocêntrico "excepto os rústicos, os trabalhadores e as mulheres, todos eles iletrados"⁴⁷.

O DESPONTAR DA MODERNA MECÂNICA CELESTE

Depois de ter observado o céu com um telescópio e de ter concluído que o universo ptolomaico, geocêntrico, com esferas mais ou menos excêntricas movendo-se umas sobre as outras e arrastando-se mutuamente, não fazia qualquer sentido, Galileu abraçou a nova hipótese proposta por Copérnico. Por se opor aos dogmas da Igreja, Galileu foi condenado a prisão domiciliária perpétua e foi proibido de escrever ou ensinar a nova teoria cosmológica.

Kepler, depois de ter analisado os registos das observações do grande astrónomo Tycho Brahe descreveu as leis do movimento dos planetas na concepção heliocêntrica que hoje são conhecidas pelo seu nome – leis de Kepler. A 1ª lei diz que "todos os planetas se movem em torno do Sol em órbitas elípticas, ocupando o Sol um dos focos"; a 2ª lei que "o raio vector que une o planeta ao Sol, varre áreas iguais em tempos iguais"; e, finalmente, de acordo com a 3ª lei, "o quadrado do período de revolução de um qualquer

planeta é proporcional ao cubo da sua distância média ao Sol". Não deixa de ser notável como, a partir de simples registos das posições dos planetas, foi possível obter as leis de movimento dos planetas!... Embora sejam estas as únicas leis propostas por Kepler que conseguiram sobreviver ao escrutínio científico, ele nunca lhes atribuiu mais importância do que a qualquer outra das suas descobertas...

No fim do século XVII, Newton, partindo da hipótese de uma lei de atracção gravítica, justificou as leis de Kepler, tendo desde então ficado estabelecida a dinâmica do sistema solar. A máquina do Mundo, que no passado era produto de simples especulação, tornou-se uma máquina perfeitamente compreensível e previsível. Euler, d'Alembert e Laplace propuseram modelos cosmogónicos para explicar a origem e a dinâmica, não só do sistema solar como também das galáxias e de todo o Universo. A Mecânica aplicada aos astros foi aperfeiçoada, no princípio do século XX, com o aparecimento da Teoria da Relatividade de Einstein. As observações têm mostrado a enorme complexidade do Cosmos e tornou-se para todos evidente que quantos mais segredos são desvendados, mais segredos há para desvendar.

CONCLUSÃO

A visão diária dos astros com os seus movimentos mais ou menos regulares despertou a inteligência dos homens para as primeiras hipóteses sobre a origem e o funcionamento do mundo exterior, o Macrocosmos. Às primeiras tentativas de explicação muitas outras se lhe seguiram: algumas enquadradas na cultura vigente, outras bastante marginais e ainda outras frontalmente opostas. Muitas destas hipóteses foram revolucionárias e constituíram um núcleo de um novo paradigma cultural. Nelas se incluem o sistema de Copérnico, a teoria gravitacional de Newton, a teoria da relatividade de Einstein, bem como as mais recentes teorias cosmológicas baseadas no *big bang*, nos buracos negros e nos universos paralelos.

Seria precipitado supor que, ao fim de 2500 anos de busca da mais correcta teoria cosmológica, a tivéssemos encontrado definitivamente. Tal como os seus predecesores, o presente paradigma cosmológico continua a ser condicionado pelo desenvolvimento cultural dos homens que o propuseram e será, provavelmente, substituído por outro nas próximas décadas ou séculos⁴⁸...

NOTAS E REFERÊNCIAS

¹ Chamavam-se Órficos os seguidores do orfismo, uma forma de filosofia adaptável a toda a religião, que se julga ter sido introduzida por Orfeu, um herói da mitologia grega dotado de extraordinária habilidade musical. O orfismo foi bastante popular no século V a.C.

² *História da filosofia grega*, Gouveia Neves, Porto, Edições Marânus 1957.

³ Diz a lenda que, para demonstrar a sua imortalidade, Empédocles ter-se-ia lançado na cratera do vulcão Etna, e desta forma pereceu.

⁴ *Pequena História do Pensamento Científico*, F. Enriques e G. de Santillana, trad. Elias Davidovich, Casa Editora Vecchi Lda, Rio de Janeiro, 1940, p. 25.

⁵ *Ibidem*, p. 31.

⁶ Eudócio de Cnido, discípulo de Arquitas e Platão imaginou uma máquina ou modelo mecânico com esferas cristalinas para simular os movimentos dos planetas.

⁷ *Les Mythes d'Homère et La Pensée Grecque*, Félix Buffiere, Paris, Société d'Édition "Les Belles Lettres", 1956, p. 212-213.

⁸ A escola estoica foi criada por Zenão de Citio cerca de 300 AC.

⁹ O sistema astronómico proposto por Ptolomeu, com todos os seus ciclos e epiciclos, tornou-se tão complicado que Afonso X, o Sábio, terá dito: "Se Deus me tivesse chamado para O aconselhar, em melhor ordem estariam as coisas". Esta frase do rei foi, obviamente, considerada ímpia pela maioria dos cristãos.

¹⁰ *The Portuguese Discoveries and the Rise of Modern Science, Selected Studies in History of Science*, Reyer Hooykaas, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1983, p. 584.

¹¹ A única obra que dele nos chegou, além de fragmentos de comentários aos Salmos e aos Evangelhos, foi a "Topografia Cristã do Universo", um manuscrito existente na Biblioteca de Florença que foi traduzido para francês e publicado pelo Pe. Montfaucon em 1706. Mais tarde, em 1897, surgiu uma tradução inglesa de McGrindle.

¹² Esta concepção faz parte das ideias cosmogónicas do Antigo Egipto, segundo as quais o Sol separava a massa líquida primordial do Nou em duas partes: uma que dava origem aos rios e oceanos e a outra, suspensa no ar, que formava a abóbada celeste em que navegavam os astros e se deslocavam os deuses. Ver: *Pequena História do Pensamento Científico*, F. Enriques e G. de Santillana, Casa Editora Vecchi Lda., Rio de Janeiro, 1940, p. 25.

¹³ *El Cielo*, José Comas Solá, Casa Editorial Seguí, Barcelona, p.14.

¹⁴ *A History of Warfare of Science with Theology in Christendom*, Andrew White, George Braziller, New York, 1955, vol. I, p.94, Vol. II, p. 325.

¹⁵ A Sto. Isidoro se devem os mapa mundi do tipo T-O, assim chamados pelos historiadores modernos pela forma em T que dava ao Mediterrâneo.

¹⁶ *A History of Warfare of Science with Theology in Christendom*, Andrew White, George Braziller, New York 1955, Vol. I, p. 97 3 p. 327.

¹⁷ Na Europa, a Astrologia teve o seu apogeu nos séculos XV e XVI; a sua franca decadência apenas se iniciou no séc. XVIII.

¹⁸ *Thesouro dos Prudentes*, Gaspar Cardoso Serqueyra, Évora, Impressão da Universidade, 1675, p.125.

¹⁹ *From Magic to Science*, Charles Singer, Dover Publications, New York 1958, p. 205-213.

²⁰ *Ibidem*, p. 206.

²¹ A ideia de que o mundo é um ovo gigante encontra-se nas tradições egípcia e grega, tendo sobrevivido na tradição alquímica.

²² *Ibidem*, ps. 215-223.

²³ *Chronographia ou Reportorio dos Tempos*, Andre de Avelar, Impr. Jorge Rodriguez, Lisboa 1602, p. 114.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ Assim se denominavam os seguidores de Aristóteles. Este nome, de etimologia grega, tem origem no facto de Aristóteles se passear com os seus discípulos enquanto ensinava!...

²⁶ *Chronographia ou Reportorio dos Tempos*, Andre de Avelar, Impr. Jorge Rodriguez, Lisboa 1602, p. 114.

²⁷ Acreditava-se que havia no Firmamento apenas as 1022 estrelas que Ptolomeu tinha identificado num catálogo que elaborou após cuidadosas observações astronómicas realizadas em Alexandria, à latitude Norte de 31°.

²⁸ Designam-se por coevos as primeiras criações de Deus.

²⁹ *Astronomia nos Lusíadas*, Luciano Pereira da Silva, Rev. Univ. Coimbra, vol. IV, 1915, p. 76; Luciano Pereira da Silva, A Concepção Cosmológica nos "Lusíadas", Lusitânia, Revista de Estudos Portugueses, Fasc. V e VI, 1925, p. 236-289.

³⁰ *Astronomia nos Lusíadas*, Luciano Pereira da Silva, Rev. Univ. de Coimbra, Vol IV, 1915, p. 53.

³¹ *Historia Ecclesiastica*, João Rodrigues Chaves, Tomo I, Lisboa, na Regia Officina Sylyiana e da Academia Real, 1744, p. 115.

³² *Ibidem*.

³³ Temos que reconhecer que, mesmo para o homem setecentista, a teoria angélica do movimento das esferas celestes era muito mais apelativa do que a fria teoria de uma atracção gravítica ou magnética que filósofos, com laivos de ateísmo, propunham com alguma insistência já no século XVII.

³⁴ Na 2ª Epístola de S. Paulo aos Coríntios, o apóstolo afirma que um homem foi arrastado ao terceiro céu. Será que S. Paulo supunha que este era o último céu e que esta ideia terá inspirado o Pe. Borro? A mais provável fonte de inspiração de Borro talvez tenha sido, porém, o astrónomo Tycho Brahe que, perante o facto astronómico de os cometas atravessarem as esferas celestes, admitia a hipótese de haver apenas três céus fluidos: o Aéreo, o Sidéreo e o Empíreo.

³⁵ Afonso X (1221-1284), rei de Castela e de Leão, foi o grande impulsionador do movimento científico e cultural cristão-árabe da escola de Toledo. Aqui foram produzidas as Tábuas Afonsinas,

de importância fundamental para a ciência astronómica e náutica. O rei português D. Dinis, que também se distinguiu pela sua cultura, era neto de Afonso X. Sobre a importância de Toledo para a cultura filosófica europeia, ver: Charles Burnett, *Tolède, le réveil des Latins, 1000 ans de Sciences: I Le Moyen Âge, Comment les sciences s'installent en Europe*, Les Cahiers de Science & Vie, Fev. 1998, p. 24-29.

³⁶ *A Astronomia de "Os Lusíadas"*, Luciano Pereira da Silva, nova ed., Junta de Investigação do Ultramar, Lisboa 1972.

³⁷ *Os Lusíadas*, Canto X, Estância 89.

³⁸ Para Camões, o Sol era o "olho do céu"; na tradição egípcia, o Sol era o olho de Rá!...

³⁹ Numa famosa disputa académica, na Universidade de Paris, entre Jean Buridan (1300-?) e Nicole Oresme (1322-1382) no século XIV, este ilustre filósofo e bispo defendeu que era a Terra que se movia e não os céus. Ver: Bernard Ribémont, *Et si la Terre torunait (déjà) au Moyene Âge?*, Les Cahiers de Science & Vie, Aout-Sept. 2000, p. 24-33.

⁴⁰ Na introdução do livro de Copérnico "*De revolutionibus Orbium Coelestium*" (1543), escrita pelo seu amigo Rheticus, o sistema heliocêntrico é apresentado como hipótese matemática. Supõem alguns historiadoras da ciência que esta alteração ao pensamento de Copérnico foi feita para o proteger de acusações de heresia. Copérnico ainda viu as provas tipográficas do seu livro antes de morrer, em 1543.

⁴¹ A tolerância inicial de Filipe II para com a teoria heliocêntrica talvez se deva ao facto de Copérnico ter sido um bom frade católico. Se tivesse sido protestante, a atitude do Rei teria sido bem diferente.

⁴² A Universidade de Salamanca foi a única universidade europeia a permitir o ensino da teoria de Copérnico.

⁴³ *Power and Penury, government, technology and science in Philip II's Spain*, David C. Goodman, Cambridge University Press, 1988, p. 52-53.

⁴⁴ António Alberto (Banha) de Andrade, D. Rafael Bluteau, Brotéria, vol.41, 1945, p. 551-552.

⁴⁵ *Galileo's Daughter*, Dava Sobel, Walker & Company, New York, 1999, p. 62-64.

⁴⁶ Faltavam as experiências cruciais que permitissem demonstrar, sem margem para dúvidas, o movimento da Terra e, consequentemente, acabar com a polémica entre os defensores dos vários sistemas cosmológicos. A demonstração do movimento de translação da Terra esteve ligada à questão da velocidade da luz. Primeiro, com a experiência de Roemer que permitiu avaliar, em 1676, a velocidade da luz admitindo que a Terra se encontrava a diferentes distâncias de Júpiter no seu trajecto ao longo da órbita; segundo, com a descoberta da aberração estelar por Bradley, em 1728, um fenómeno só explicável pela velocidade do movimento de translação da Terra, sendo por isso considerada a primeira demonstração experimental da revolução da Terra. O movimento de rotação da Terra foi experimentalmente demonstrado por Foucault apenas em 1850, usando um pêndulo, e, em 1851, usando um giroscópio.

⁴⁷ *Specimen Cometologiae Sacrae*, Heyn, Leipzig, 1742, p. 10.

⁴⁸ O conteúdo deste artigo foi compilado do livro do mesmo autor "*Histórias da Luz e das Cores*" a publicar brevemente pela Universidade do Porto.

Descobertas galáxias no limiar da "Idade das Trevas"

Anunciada nova forma de matéria

Comissão Europeia preocupada com fuga de cérebros

Cientistas franceses manifestam-se contra asfixia financeira

Tsallis agraciado com Prémio México de Ciência e Tecnologia

A "Gazeta" agradece aos seus leitores sugestões de notícias do mundo da Física. gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA NO MUNDO

DESCOBERTAS GALÁXIAS NO LIMIAR DA "IDADE DAS TREVAS"

Usando o efeito ampliador de uma lente gravitacional, uma equipa de astrónomos franceses e suíços encontrou várias galáxias ténues que se acredita serem as mais remotas alguma vez detectadas. Esta descoberta foi feita através do instrumento ISAAC, um detector de raios infravermelhos instalado no *Very Large Telescope* (VLT) do *European Southern Observatory* (ESO). Estudos espectroscópicos subsequentes de uma destas candidatas proporcionaram evidências fortes de que esta é uma das detentoras do recorde da mais distante galáxia conhecida de todo o Universo. Denominada Abell 1835 IR1916, a galáxia recém-descoberta tem um *red-shift* de 10 (desvio para o vermelho das linhas que constituem o seu espectro, a luz que recebemos em todos os comprimentos de onda) e está localizada a cerca de 13 230 milhões de anos-luz. É assim avistada com o tempo que corresponde ao Universo ter só 480 milhões de anos de idade, apenas cerca de 3 por cento da sua idade actual.

Esta galáxia primordial parece ser 10 mil vezes menos maciça do que a nossa. Pode estar provavelmente entre o primeiro grupo de objectos que pôs fim à "Idade das Trevas". Pouco tempo depois do Big Bang, que se crê ter ocorrido há cerca de 13 700 milhões de anos, o Universo mergulhou na escuridão. A radiação remanescente da "bola de fogo primordial" foi então "esticada" pela expansão cósmica. Como não se tinham ainda formado nem estrelas nem quasares que pudessem iluminar o vasto espaço, o Universo era um local frio e opaco, justificando-se assim o nome de "Idade das Trevas". Um quantas centenas de



milhões de anos mais tarde, a primeira geração de estrelas e, mais tarde ainda, as primeiras galáxias e quasares, produziram intensa radiação ultravioleta, dissipando gradualmente o nevoeiro sobre o Universo. Este foi o final da "Idade das Trevas" e tomou um nome mais uma vez retirado da história humana: "Renascimento Cósmico". Os astrónomos tentam apurar quando - e como - terminou a "Idade das Trevas". Para tal, é necessário olhar para os objectos mais longínquos, uma tarefa que apenas os maiores telescópios, combinados com uma estratégia de observação bastante cuidada, conseguem cumprir. Com o aparecimento da classe de telescópios de 8-10 m na última década foram realizados progressos espectaculares. Tem sido possível observar com algum pormenor vários milhares de galáxias e quasares até distâncias da ordem dos 10 mil milhões de anos-luz (ou seja, com um *redshift* de 3). Por outras palavras, os astrónomos podem agora estudar galáxias individualmente, a sua formação, evolução e propriedades ao longo de 85 por cento da idade do Universo. Em galáxias mais antigas, as observações são raras. Actualmente apenas uma mão-cheia de galáxias são avistadas aproximadamente 1200 a 750 milhões de anos depois do *Big Bang* (*redshift* 5-7). Para além disso as fontes são bastante ténues e o facto de a luz ser desviada do visível para o infravermelho próximo tem limitado seriamente os estudos.

No entanto, foi agora realizado um importantíssimo progresso na procura de galáxias bastante antigas (e, consequentemente, bastante distantes) através do uso do VLT equipado com o ISAAC para estudo do infravermelho próximo. Antes de mais, foram obtidas imagens de um aglomerado de galáxias chamado Abell 1835. Aglomerados tão maciços como este e relativamente próximos de nós são capazes de deflectir e ampliar a luz de fontes distantes que passa próxima deles – um fenómeno chamado ampliação gravítica e previsto pela Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

Com esta ampliação natural, os astrónomos podem observar galáxias que de outro modo não seriam suficientemente brilhantes para serem observadas. No caso da galáxia recém-descoberta, a luz é ampliada entre 25 a 100 vezes. Combinando esta ampliação natural com a capacidade do VLT, foi possível obter uma imagem e até um espectro da galáxia em questão. Na realidade, a ampliação gravítica aumentou a abertura do VLT de 8,2 m para um diâmetro equivalente a 40-80 m. As imagens retiradas em diversos comprimentos de onda permitiram aos astrónomos caracterizar as propriedades de algumas galáxias e seleccionar entre essas potenciais galáxias distantes. Usando imagens previamente obtidas por outros telescópios verificou-se que as galáxias em questão não são vistas no visível. Deste

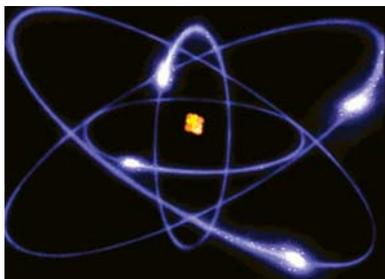
modo seis galáxias foram reconhecidas como candidatas a serem vistas quando o Universo tinha menos de 700 milhões de anos de idade.

Para obter uma determinação mais precisa da distância de uma destas galáxias foi realizado um estudo do espectro emitido pela mesma. Após vários meses de análise cuidada da informação obtida, os astrónomos estão convencidos que detectaram uma fraca mas distinta linha espectral no domínio do infravermelho próximo. Esta linha, que ocorre no laboratório a um comprimento de 0,1216 micrón, ou seja, no ultravioleta, foi desviada para o comprimento de 1,34 micrón. Abell 1835 IR1916 é a primeira galáxia conhecida a ter um *redshift* de 10. Se compararmos a idade do Universo hoje com a de uma pessoa de 80 anos, estamos a olhar como que para a foto de uma criança com dois anos e meio de idade ao olharmos para esta galáxia.

Das imagens obtidas nas várias bandas, os astrónomos deduziram que a galáxia está a passar por um período de intensa formação estelar. Mas a quantidade de estrelas formadas é estimada como sendo 10 milhões de vezes a massa do Sol, aproximadamente dez mil vezes menor que a massa da nossa Galáxia. Ou seja, o que os astrónomos estão a observar é o primeiro bloco de construção das actuais grandes galáxias. Esta descoberta está de acordo com a ideia vigente de que a formação de galáxias é feita através da coalescência de numerosos blocos de construção, galáxias mais pequenas e jovens formadas no passado. Foram estas galáxias as primeiras fontes de luz que dissiparam o nevoeiro no Universo e puseram um fim à "Idade das Trevas"...

(Astronovas, lista de distribuição de notícias de Astronomia em português, do Observatório Astronómico de Lisboa e Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa. Para subscrever a lista, envie uma mensagem vazia para astronovas-subscribe@oal.ul.pt)

ANUNCIADA NOVA FORMA DE MATÉRIA



Os cientistas Deborah Jin, Markus Greiner e Cindy Regal (da Universidade do Colorado, EUA), anunciaram em conferência de imprensa, no final do passado mês de Janeiro, a criação de uma nova forma de matéria – o condensado de férmions.

Esta nova forma de matéria complementa uma outra – a condensação de Bose-Einstein (prevista pela primeira vez por Albert Einstein em 1925, com base nos cálculos do físico indiano Bose), criada em laboratório pela primeira vez em 1995 por Eric Cornell, Carl Wieman e Wolfgang Ketterle, o que lhes valeu o Nobel da Física em 2001.

O condensado de férmions é um gás arrefecido a temperaturas próximas do zero absoluto. Os cientistas arrefeceram 500 mil átomos de potássio 40 a 50 milionésimos de milionésimo de um grau acima do zero absoluto – uma temperatura a que os corpúsculos de matéria praticamente deixam de se mover –, aprisionados numa câmara magnética. Esse campo magnético levou os átomos a juntarem-se aos pares, de forma semelhante à que ocorre com os electrões que originam a supercondutividade (formando o que se designa por "pares de Cooper"), ou seja, o fenómeno físico caracterizado por a electricidade fluir sem resistência.

A observação de Jin, Greiner e Regal foi feita pela primeira vez em 16 de Dezembro de 2003: a primeira dos cientistas declarou, na apresentação pública dos resultados obtidos, que esta nova forma de matéria não é o condensado de Bose-Einstein nem um supercondutor, "mas algo novo que poderá ligar estes dois comportamentos". Ficou assim aberto um campo de investigação que poderá levar à concepção de "materiais supercondutores mais práticos" que possam "transferir electricidade sem perdas", concluiu Deborah Jin.

COMISSÃO EUROPEIA PREOCUPADA COM FUGA DE CÉREBROS

Só um quarto dos investigadores europeus que se deslocaram para os Estados Unidos entre 1991 e 2000, para fazerem o seu doutoramento, tenciona regressar aos seus países de origem, revelou um estudo da Comissão Europeia.

Estima-se que haja actualmente 400 mil cientistas europeus a trabalhar nos Estados Unidos, enquanto o défice de investigadores na União Europeia (UE) é da ordem dos 700 mil.

A fuga de cérebros e a manutenção da diferença nos investimentos em investigação e desenvolvimento entre a Europa e os Estados Unidos e o Japão constituem preocupações maiores das autoridades comunitárias. Nesse sentido, a UE está empenhada em reforçar o investimento em investigação, que em 2003 foi de apenas 2 por cento dos seus recursos (apenas 1,9 por cento se forem considerados também os novos Estados membros), contra os 2,8 por cento dos EUA e os 3,1 por cento do Japão com o mesmo fim e no mesmo período. O Comissário Europeu para a Investigação, o físico belga Philippe Busquin, defende ainda que a UE adote por objectivo a existência de oito investigadores por cada mil cidadãos activos no mercado de trabalho, até 2010, valor que actualmente é de apenas cinco.

CIENTISTAS FRANCESES MANIFESTAM-SE CONTRA ASFIXIA FINANCEIRA

Milhares de cientistas, professores e estudantes manifestaram-se no final do passado mês de Janeiro em Paris contra um programa governamental que consideram empobrecer a investigação científica em França e acelerar a fuga de cérebros para os Estados Unidos. Desde há alguns meses que os mais de 104 mil cientistas, professores e engenheiros franceses ligados à investigação fundamental vinham manifestando o seu mal-estar com o programa de restrições e cortes orçamentais preconizado pelo governo francês. Uma petição lançada pelo colectivo "Salvar a Ciência" já foi assinada por mais de 31 mil cidadãos do mundo científico. Entre estes incluem-se muitos directores das

unidades de investigação e de laboratórios, metade dos quais já ameaçaram demitir-se se não houvesse uma revisão das medidas anunciadas. Os cientistas querem que seja desbloqueado um pacote orçamental de crédito ao funcionamento das instituições, que salguarde os empregos e comece a pagar de imediato os financiamentos de 2002, que ainda estão por pagar.

Os cortes de financiamento chegam em alguns casos aos 80 por cento dos orçamentos de financiamento. Ao todo, prevê-se que a investigação científica pública sofra uma redução de 12 por cento dos postos de trabalho.

TSALLIS AGRACIADO COM PRÉMIO MÉXICO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA



Constantino Tsallis, professor e investigador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, foi agraciado com o Prémio México de Ciência e Tecnologia 2003 (ver entrevista na Gazeta de Física, fasc. 3, Julho de 2002). Este galardão, constituído por um diploma, uma medalha e uma elevada importância pecuniária, é concedido anualmente "a uma personalidade de reconhecido prestígio profissional que tenha contribuído de maneira significativa para o desenvolvimento científico universal, para o avanço tecnológico ou para o desenvolvimento das ciências sociais".

O prémio é atribuído a cidadãos e residentes de qualquer dos países da América Central e do Sul, do Caribe, de Portugal e de Espanha, sendo o mais importante reconhecimento científico na Península Ibérica e América Latina. Desde que foi instituído, tal prémio já foi atribuído 12 vezes, tendo contemplado físicos por três vezes. Tsallis é um especialista em Física Estatística, tendo proposto uma nova forma de entropia, conhecido por "entropia de Tsallis".

Motivar os jovens para a Ciência e a Tecnologia

Oficina sobre campos escalares

Encontro de estudantes de Física em Aveiro

4^{as} Jornadas sobre o Ensino das Ciências

Semana Cultural da Universidade de Coimbra

Dia Aberto do Departamento de Física de Coimbra

Jornal "Megavolt"

Inaugurado Centro Ciência Viva em Constância

Ciência na Almedina

Exploração de Marte em debate

João Magueijo em Portugal

Coincidências cósmicas do OAL

Despertar para a Ciência 2004

Alterações climáticas em debate

Seminários de Física da Universidade do Algarve

Portugal com défice de licenciados de ciências

A "Gazeta" agradece o envio de notícias para esta secção

gazeta@teor.fis.uc.pt

FÍSICA EM PORTUGAL

MOTIVAR OS JOVENS PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

Promovido pela Universidade do Porto, decorreu no passado mês de Fevereiro no auditório da Reitoria daquela Universidade um seminário intitulado "Motivar os jovens para a Ciência e a Tecnologia", destinado a docentes, investigadores e alunos interessados na partilha de experiências de comunicação com os jovens em idade escolar. O objectivo primordial desta iniciativa era analisar os factores que ajudem a inverter a actual tendência para a diminuição da procura dos cursos nas áreas de ciência.

Além de uma reflexão sobre a experiência de participação na Mostra de Ciência, Ensino e Inovação da Universidade do Porto de 2003 (a cargo de Luís Filipe Ferreira, Rui Mota Cardoso e Luíza Kent-Smith), participaram com comunicações os seguintes oradores: João Lopes dos Santos ("Projecto Faraday: uma experiência de colaboração Superior/Secundário"); Aníbal Ferreira ("Dinâmica e entusiasmo num projecto Ciência Viva: relato de uma vivência"); Pedro Portela ("Experiência na motivação de alunos através de projectos"); José Azevedo ("Comunicação científica: algumas regras, alguns casos"); Helena Lopes ("Como nos vêem os mais jovens?"); Alexandre Quintanilha ("As ciências e o risco"); Carlos Fiolhais ("Divulgação científica"); José Manuel Mendonça ("O marketing das ciências e o despertar das vocações tecnológicas - o papel da sociedade civil"); Joaquim Coimbra ("Orientação dos jovens nas áreas científicas e tecnológicas"); e Vasco Ribeiro ("Investigadores e jornalistas: uma relação possível?").

OFICINA SOBRE CAMPOS ESCALARES



Os papéis possíveis dos campos escalares em Cosmologia e Astrofísica é o tema central de um *workshop* de três dias que o Centro de Física do Porto vai organizar de 8 a 10 de Julho próximo no Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Limitada a 70 participantes, esta reunião científica conta com a presença de oradores convidados e outras intervenções mais curtas, além de um amplo espaço para debate e discussão informal. Mais informações em <http://www.fc.up.pt/pessoas/luis.becas>.

ENCONTRO DE ESTUDANTES DE FÍSICA EM AVEIRO



De 12 a 14 de Março realizou-se no Departamento de Física da Universidade de Aveiro o VI Encontro Nacional de Estudantes de Física. A organização esteve a cargo da FISUA (Associação de Física da Universidade de Aveiro), do NUFIQUI (Núcleo de Física e Química da Universidade de Aveiro) e da Physis (Associação Portuguesa de Estudantes de Física). Foram palestrantes convidados os Drs. José Afonso, António Manuel Baptista e José Fernando Mendes.

4ªS JORNADAS SOBRE O ENSINO DAS CIÊNCIAS

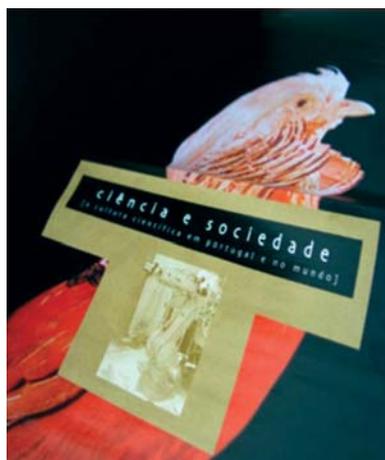
A quarta edição das Jornadas sobre o Ensino das Ciências decorreram nos passados dias 26 e 27 de Fevereiro em Tondela. Inicialmente no âmbito da Física e Química, e depois alargadas a outras áreas, como a Biologia, Geologia e Matemática, as Jornadas destinam-se especialmente a professores do ensino secundário, mas também de outros níveis, tendo como ideia central que "o ensino das ciências só pode ser entendido como um ensino transdisciplinar, integrador dos diversos saberes". Por outro lado, como sublinham os organizadores, pretende-se que estas jornadas "constituam um espaço de reflexão e possam dar um contributo importante na construção de novas e consistentes ideias, por parte dos professores, sobre a natureza, o papel e o lugar da ciência e do trabalho em ciência".

Este ano são de destacar as oito sessões plenárias, animadas pelos seguintes professores: Eef Van Beveren (Departamento de Física da Universidade de Coimbra), sobre "O mesão DS(2317)"; Eduardo Ducla Soares (Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), sobre "A biofísica da actividade cerebral"; João Pedro da Ponte (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), que falou sobre "O professor de Matemática e a gestão do currículo"; elementos da equipa educativa da Escola da Ponte (Vila das Aves), sobre "A Escola da Ponte"; Eugénia Cunha (Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra), sobre "Reconstrução da vida a partir do esqueleto"; Dinis Pestana (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), sobre "Exploração de dados e inferência na construção do conhecimento"; António Coutinho (Instituto Gulbenkian de Ciência), sobre "Ora então, vamos à vida!"; e Fernando Barriga (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), sobre "Novas pistas para as geociências".

As Jornadas incluíram ainda períodos de comunicações livres, debates e visitas a

empresas da região, além de sessões disciplinares a cargo de Alex Blin (Departamento de Física da Universidade de Coimbra), Isabel Chagas (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) e António Bernardes (Escola Secundária Gil Vicente, Lisboa). Estiveram ainda patentes ao público durante o tempo de realização do encontro exposições sobre "Desporto e Ciência", "Jogos Matemáticos" e "Fotografia Submarina".

SEMANA CULTURAL DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA



A VI Semana Cultural da Universidade de Coimbra decorreu entre 1 e 6 de Março passado com um vasto e intenso programa de actividades e iniciativas em todas as áreas do conhecimento. Conferências, colóquios, debates, apresentações de projectos, visitas, percursos, exposições e exhibições de filmes científicos preencheram a semana, envolvendo todas as faculdades. No campo específico da Física, são de realçar as actividades realizadas no Museu de Física ("ateliers", acesso gratuito às exposições, visitas de escolas, observação da torre da Universidade com um câmara escura, etc.). Pontos altos foram também o ciclo de cinema científico, que decorreu no Museu Nacional da Ciência e da Técnica Doutor Mário Silva, e o ciclo de palestras sobre "Novos Talentos da Astronomia em Portugal", no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Integrada na Semana Cultural decorreu nos dias 4 e 5 de Março decorreu o

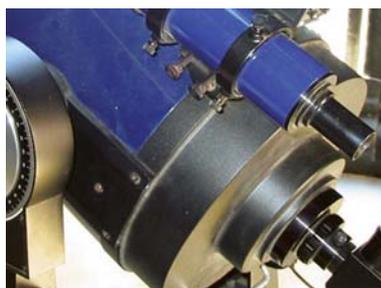
colóquio "Ciência e Sociedade". A conferência de abertura foi proferida por Juan Masiá Clavel, da Universidade Sophia (Tóquio, Japão) e da Universidade de Comillas (Madrid, Espanha), que abordou o tema "Religião, Ciência e Ideologias". O programa incluiu ainda três mesas-redondas. A primeira foi moderada por Paulo Gama Mota, da FCTUC, e teve como tema "O que é a ciência e qual a importância da cultura científica na nossa sociedade?", com intervenções de Jorge Dias de Deus (Instituto Superior Técnico), João Arriscado Nunes (FEUC), João Rui Pita (FFUC) e Ana Leonor Pereira (FLUC). A segunda mesa-redonda, moderada por João Maria André (FLUC), abordou o tema "Ética e restrições sociais à investigação científica", com intervenções de João Caraça (Fundação Gulbenkian), Faria Costa (FDUC), Fernando Regateiro (FMUC) e Humberto Rosa (FCUL). A terceira mesa-redonda ocupou-se de "A divulgação científica e os públicos da ciência", foi moderada por Carlos Fiolhais, e teve intervenções de Nuno Crato (ISEG), Guilherme Valente (Publicações Gradiva), António Granado (Universidade de Leeds), Ana Moutinho (ISEG) e Maria Eduarda Gonçalves (ISCTE). A conferência de encerramento esteve a cargo de Pedro Echenique, da Universidade do País Basco (San Sebastian), que falou sobre "Ciência e Sociedade: a investigação fundamental e o futuro".

DIA ABERTO DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE COIMBRA

O Departamento de Física promoveu no passado dia 18 de Fevereiro o seu "Dia Aberto" anual. Além da recepção de boas vindas e da apresentação do Departamento, a cargo do professor José Dias Urbano e da aluna Maria João Benquerença, realizou-se um ciclo de palestras subordinado ao tema geral do dia aberto "Universo e Partículas", com os seguintes oradores e temas: José Pinto da Cunha ("De que são feitos 9/10 do Universo"), Alex Blin ("Últimas notícias do Big-Bang"), José Matias ("Raios-X no espaço"), Ivo Alves ("Explorando o sis-

tema solar"), Manuel Fiolhais ("Das entranhas do próton às pequenas estrelas estranhas"), Isabel Lopes ("Detecção de radiação cósmica e matéria escura"), João Fernandes ("Vida e morte das estrelas") e Alexandra Pais ("Magnetismo terrestre"). Durante todo o dia foram projectados filmes sobre a aventura espacial. Também foram feitas visitas guiadas a laboratórios dos seguintes Centros de Investigação do Departamento de Física: Laboratório de Instrumentação e Partículas, Centro de Instrumentação, Centro de Física Teórica e Centro de Física Computacional. O programa completou-se com numerosas demonstrações experimentais para alunos, nomeadamente de Física Moderna, e visitas ao Museu do Departamento por parte de algumas turmas de escolas secundárias. No total estiveram presentes mais de 1000 estudantes do 11º e 12º anos.

INAUGURADO CENTRO CIÊNCIA VIVA EM CONSTÂNCIA



Um novo espaço para a divulgação da ciência e da tecnologia abriu as suas portas em Constância no mês de Março. O Centro Ciência Viva de Constância - Parque de Astronomia resulta de uma iniciativa conjunta da Ciência Viva e da Câmara Municipal de Constância, com o apoio do Ministério da Ciência e do Ensino Superior. Observar as estrelas comandando um telescópio a partir de um confortável auditório ou conhecer os céus de outras paragens num pequeno planetário são algumas das actividades propostas ao público. No exterior, os módulos científicos convidam a ver as horas através da nossa própria sombra, a vaguear pelo sistema solar ou a sentir a rotação da Terra. O Centro Ciência Viva

de Constância é o oitavo a integrar a Rede de Centros Ciência Viva, constituindo-se como um espaço de divulgação científica para as escolas e para o público em geral. Mais informações em <http://constancia.cienciaviva.pt>.

CIÊNCIA NA ALMEDINA

Um novo ciclo de debates sobre ciência e livros científicos, organizado pela Livraria Almedina e pelo professor e divulgador científico Nuno Crato, está a decorrer desde o passado mês de Março, no Centro Comercial Atrium Saldanha, em Lisboa. O primeiro debate, a 12 de Março, foi animado pelos historiadores Ana Simões, Henrique Leitão e Francisco Contente Domingues, que falaram sobre o tema "Para que serve a História da Ciência?", a partir do livro "Introdução à Historiografia da Ciência" de Helge Kragh. Os próximos debates-tertúlias, sempre às 19 horas, são os seguintes:

16 de Abril - António Coutinho, director do Instituto Gulbenkian de Ciência, e Leonor Parreira, professora da Faculdade de Medicina de Lisboa, falam do "Admirável mundo novo da Biologia", com pretexto no livro "Y: A Descendência do Homem", de Steve Jones, e "O Demónio de Mendel", de Mark Ridley.

30 de Abril - Nuno Crato, Fernando Reis e Luís Tirapicos apresentam o seu livro "Trânsito de Vénus", a sair nesse mesmo mês antecedendo a passagem do planeta em frente ao Sol, um acontecimento que não se regista há 112 anos e que tem um grande interesse científico-histórico.

28 de Maio - Os professores Olga Pombo e Rui Moreira discutem se "Há Verdade em Ciência?", e explicam as posições de Popper, Kuhn, Feyerabend e outros filósofos da ciência, a propósito das recentes edições portuguesas dos livros "Conjecturas e Refutações" (Karl Popper) e "O Atiçador de Wittgenstein", de D. Edmonds e J. Eidinow, respectivamente da Almedina e da Temas e Debates.

EXPLORAÇÃO DE MARTE EM DEBATE



Escolas do ensino básico e secundário participaram, no dia 24 de Janeiro passado, num debate sobre a exploração de Marte que decorreu no Pavilhão do Conhecimento/ Centro Ciência Vida, no Parque das Nações, em Lisboa, com a participação de cientistas e engenheiros. Entre os especialistas que estiveram presentes destaca-se Manuel Paiva, físico e investigador da Universidade Livre de Bruxelas e membro do Fundo Educativo da Estação Espacial Internacional, além de investigadores do Instituto Superior Técnico e engenheiros da empresa Deimos Engenharia, que colaborou com a Agência Espacial Europeia no âmbito da missão "Mars Express". Os investigadores responderam a perguntas de alunos do 11º ano da Escola Secundária Alves Martins (Viseu) e do 7º ano da Escola Básica 2-3 de Alverca, vencedores das duas primeiras edições da iniciativa "Desafios", que consiste em propostas de actividades sobre vários temas do espaço (um por mês) em formato de concurso.

JOÃO MAGUEIJO EM PORTUGAL



João Magueijo, o físico português e autor do livro "Mais rápido que a luz" (Gradiva, 2003) esteve no passado mês de Janeiro em Portugal para apresentar

essa sua obra. Participou num debate sobre "Cosmologia no século XXI" no auditório da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa, que contou com a presença dos professores Paulo Crawford (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa), Orfeu Bertolami (Instituto Superior Técnico), Ricardo Schiappa e Paulo Ivo Teixeira (ambos da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica de Lisboa). João Magueijo esteve igualmente presente numa sessão de apresentação e autógrafos do seu livro no El Corte Inglés (Lisboa), cuja introdução esteve a cargo de Carlos Fiolhais.

COINCIDÊNCIAS CÓSMICAS

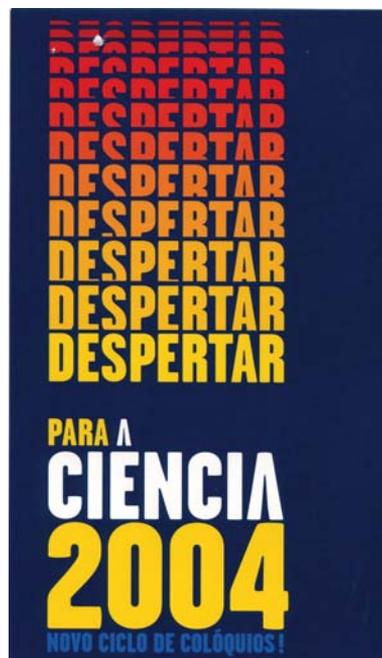


"Coincidências cósmicas" foi o tema da palestra de Fevereiro do Observatório Astronómico de Lisboa (OAL) que o Dr. João Lin Yun deu no dia 27 do mês de Fevereiro naquele observatório, onde se situa o Centro de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Lisboa. Partindo da constatação do óbvio – a vida existe no Universo – o conferencista salientou que as leis da Física do Universo em que vivemos permitem a existência de vida à justa. Considerando que os valores das constantes que determinam as forças entre os corpos parecem ter sido ajustados com enorme precisão para que a vida seja possível, realçou que só a combinação certa dos valores das massas do electrão e do protão, da intensidade da gravidade, das forças nucleares e do electromagnetismo permite que existam estrelas, planetas, vida e seres humanos. Apresentou depois vários exemplos de "coincidências" cósmicas que permitem que a vida se tenha podido desenvolver no Universo, bem como a interpretação

que os cientistas fazem delas, e as consequências (científicas e filosóficas) para a nossa visão do Universo.

O ciclo da palestras da OAL ocorre na noite da última sexta-feira de cada mês: no mês de Fevereiro foi a vez do geólogo e divulgador científico José Fernandes Monteiro falar sobre "Bóides e Meteoritos", tendo abordado o bólido que há pouco tempo foi visto nos céus de Portugal e Espanha.

DESPERTAR PARA A CIÊNCIA 2004



Por iniciativa da Fundação Calouste Gulbenkian, com o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, volta a realizar-se este ano um novo ciclo de colóquios intitulado "Despertar para a Ciência". Além dos colóquios já animados por Alexandre Castro Caldas ("Como se adapta o cérebro ao conhecimento da ortografia", 21 de Janeiro), Rui Agostinho ("Tempo: do *Big-Bang* às descobertas, do fuso horário à Internet", 18 de Fevereiro) e Mário Barbosa ("Da reparação à regeneração de tecidos: o lagarto e a engenharia", 24 de Março), o programa previsto é o seguinte:

-28 de Abril: "Cartografar, imaginar: o papel dos mapas na construção de uma nova geografia para a Europa", por João Ferrão;

-26 de Maio: "Vénus em trânsito", por Nuno Crato;

-16 de Junho: "Porque é que as ciências 'moles' são 'moles'", por António Hespanha;

-12 de Julho: "A biologia das emoções", por António Damásio;

-22 de Setembro: "Uma viagem ao mundo dos robôs", por Isabel Ribeiro;

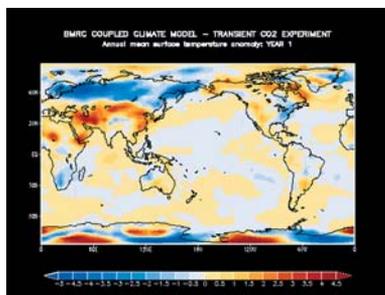
-27 de Outubro: "Ah! Ah? Ah...!!", por Paulo Almeida;

-17 de Novembro: "O mundo à escala do átomo", por Augusto Barroso;

-15 de Dezembro: "A ciência e o futuro", por Filipe Duarte Santos.

Todas as sessões decorrem no auditório 2 da Fundação, a partir das 18 horas.

ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM DEBATE



O físico Filipe Duarte Santos, professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, foi o animador do segundo colóquio do Forum Actual, realizado no passado dia 20 de Novembro de 2003 na Sala de Actos daquela Faculdade. Representante português do IPCC ("Intergovernmental Panel on Climate Change") e coordenador do projecto SIAM ("Scenarios,

Impacts and Adaptation Measures"), Duarte Santos falou sobre "Alterações climáticas, mitigação e adaptação".

SEMINÁRIOS DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DO ALGARVE



A Faculdade de Ciências da Universidade do Algarve tem disponível para apresentação nas escolas secundárias do Baixo Alentejo e Algarve vários seminários na área de Física. Esta iniciativa, intitulada "Equipa UALG", abrange as seguintes áreas e públicos-alvo:

"Sentir o pulsar das células: novos caminhos para a Medicina", por Henrique Gomes, 7º-12º ano;

"As descobertas que mudaram o mundo", por José Figueiredo, 9º-12º ano;
"A Física e o cérebro", por Carla Silva, 9º-12º ano;

"O futuro brilhante da luz", por José Figueiredo, 9º-12º ano;

"Lasers e suas aplicações", por Rui Guerra, 9º-12º ano;

"Qual a Física de um exame médico de RX, TAC, SPECT ou PET, por Conceição Abreu, 9º-12º ano;

"Qual a importância da Física na Medicina moderna", por Carla Silva, 9º-12º ano;

"Buracos Negros - os mais misteriosos objectos do universo", por Paulo Sá, 10º-12º ano;

"As interações fundamentais da natureza - o empenho dos físicos na procura de uma teoria unificadora", por Paulo Sá, 10º-12º ano;

"Astronomia das ondas gravitacionais - uma nova janela sobre o universo", por Paulo Sá, 11º-12º ano;

"O oceano: um sistema termodinâmico - oceanografia regional de Portugal Continental", por Paulo Relvas, 11º-12º ano;

"Porque existimos? Uma perspectiva cosmológica", por Paulo Sá, 12º ano.

PORTUGAL COM DÉFICE DE LICENCIADOS DE CIÊNCIAS

Das 61 mil pessoas que se licenciaram em Portugal no ano de 2001, apenas 5,1 por cento completaram cursos de ciências, o que representa a mais baixa percentagem de toda a União Europeia (UE), revela um estudo do Eurostat. O primeiro lugar dos licenciados em ciência é ocupado pela Irlanda, seguida pela França. Como os novos 10 estados membros da UE são também contemplados, verifica-se que Portugal está mais próximo da realidade desses novos países do que dos restantes parceiros comunitários. Com efeito, as percentagens variam entre os 2,4 por cento de licenciados da Hungria e os 11 por cento da República Checa, sendo que a média destes 10 países é de 4,2 por cento. A média dos Quinze é de 11,1 por cento.

FÓRUM DOS INVESTIGADORES PORTUGUESES



Realiza-se de 12 a 14 de Julho na Universidade de Coimbra o 4º Encontro do Fórum Internacional de Investigadores Portugueses. Subintitulado "Ciências Básicas e Engenharias: Investigação, Ensino e Impacto na Sociedade", o Encontro reunirá físicos, químicos, matemáticos e engenheiros, numa tentativa não apenas de aproximar os cientistas portugueses que trabalham no estrangeiro ou em Portugal, mas também os vários saberes disciplinares.

Dentro da área da Física estão previstas as seguintes contribuições convidadas: José Teixeira (Laboratório Leon Brillouin, Saclay, Paris), "Física molecular da água"; José António Paixão (Departamento de Física da Universidade de Coimbra), "Radiação de sincrotrão no estudo do magnetismo de compostos de terras raras e actínídeos"; Luís Nunes Amaral (Universidade Northwestern, Chicago, EUA), "Coordenação global em ambientes estocásticos"; Pedro Teixeira-Dias (Universidade de Londres, Holloway College), "A partícula de Higgs"; Miguel Marques (Universidade Livre de Berlim), "A proteína verde fluorescente vista por um físico teórico"; e Ivo Souza (Universidade de Berkeley, EUA), "Polarização eléctrica de materiais dieléctricos em termos de fases de Berry".

Para mais informações consultar <http://www.fiip.org>.

A PREVISÃO DO MESÃO $D_{s1}(2317)$



Os físicos Eef van Beveren e George Rupp, que trabalham respectivamente no Departamento de Física da Universidade de Coimbra e no Departamento de Física do Instituto Superior Técnico publicaram em 2003 um artigo na "Physical Review Letters" onde explicavam com base num modelo seu o mesão $D_{s1}(2317)$ detectado experimentalmente há pouco tempo. O boletim electrónico de notícias da Sociedade Americana de Física distinguiu esse trabalho como um dos mais importantes publicados no último ano. A "Gazeta"

ouviu, numa mini-entrevista, Eef van Beveren a propósito daquele mesão.

P.- O que é o mesão $D_{s1}(2317)$ e por que é tão importante?

R.- A partícula $D_{s1}(2317)$ representa uma das muitas combinações possíveis de quarks, isto é, um quark do tipo charm ligado, numa das também várias configurações possíveis, a um antiquark do tipo strange. Prever a existência da partícula $D_{s1}(2317)$ não foi difícil.

Porém, esta partícula é, surpreendentemente, bastante mais leve do que o previsto. Ou seja, no contexto dos habituais modelos que descrevem os quarks, algo parece não bater certo. A importância desta descoberta é evidente uma vez que ela mostra que as interações entre os quarks ainda não são inteiramente compreendidas.

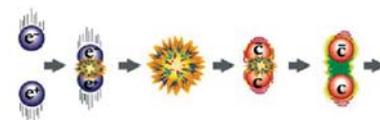


Modelos unitarizados, isto é, modelos que incluem o aspecto da permanente criação e aniquilação de pares quark-antiquark, prevêem a duplicação de mesões. Ao incluir este segundo aspecto das interações fortes num modelo para descrever o espectro e as propriedades dos mesões demonstrámos, pela primeira vez, para a

classe dos mesões escalares leves, que eles são compostos por quarks e antiquarks dos sabores up, down e/ou strange.

Para este tipo de mesões o modelo unitarizado previu já, há duas décadas, nove mesões adicionais. Nove, porque existem nove possibilidades de combinar os três sabores envolvidos. Estes nove mesões agrupam-se pela sua massa em quatro conjuntos distintos. Em concreto, há um mesão sigma com uma massa à volta de 450 MeV, quatro mesões kappa com massas à volta de 800 MeV, três mesões $a_0(980)$ com massas de 985 MeV e um mesão $f_0(980)$ com uma massa de 980 MeV.

Os mesões $a_0(980)$ e $f_0(980)$ já tinham sido descobertos há mais de três décadas. No entanto, ainda hoje em dia não é consensual a questão da sua classificação dentro da família dos mesões escalares, embora no modelo unitarizado não haja qualquer dúvida a esse respeito.

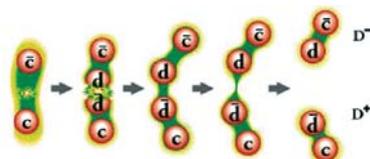


A pertinente explicação teórica do modelo unitarizado da existência de uma ressonância correspondente ao mesão sigma, que tem exactamente as propriedades verificadas experimentalmente, contribuiu bastante para a aceitação, pela comunidade científica, deste mesão, que finalmente, após mais de trinta anos de controvérsia, tem um lugar firme nas tabelas de mesões. No entanto, ainda não há nenhum consenso quanto à sua classificação no seio da família dos mesões escalares.

A descoberta do mesão kappa, há dois anos, pela colaboração E791 do Fermilab (Batavia, EUA), resolveu também a questão da aceitação desta partícula pela comunidade científica, mas esse mesão já tinha sido previsto pelo nosso modelo unitarizado há duas

décadas. Mesmo assim, apenas neste ano se prevê, graças à grande pressão dos presentes autores, a inclusão do mesão kappa na tabela dos mesões escalares.

A muito recente descoberta do mesão $D^*s(2317)^+$, que dentro do modelo unitarizado tem exactamente a mesma explicação que os nove mesões escalares leves, acelerou o processo de credibilização do modelo.



P.- O mesmo modelo permite prever outras partículas?

R.- Já foram publicadas as nossas previsões para mesões escalares que consistam de um quark do tipo beauty

ligado a um antiquark do tipo up, ou do tipo strange ou do tipo charm ainda não descobertas.

Os interessados em saber mais podem consultar os seguintes sítios na Internet:
<http://cft.fis.uc.pt/eef/mesao.htm>
http://cft.fis.uc.pt/eef/Ds2317_news.htm

ESCOLA DE EDUCAÇÃO EM FÍSICA 2004

XIV ENCONTRO IBÉRICO PARA O ENSINO DA FÍSICA



A Sociedade Portuguesa de Física organiza nos dias 9 e 10 de Setembro do corrente ano, no Porto (Instituto Superior de Engenharia do Porto) uma Escola de Educação em Física que se integra no XIV ENCONTRO IBÉRICO PARA O ENSINO DA FÍSICA, sendo este organizado em conjunto com a Real Sociedade Espanhola de Física.

O objectivo deste encontro é promover a divulgação de iniciativas inovadoras no Ensino da Física e o debate dos programas lectivos dos ensinos básico, secundário e superior.

PROGRAMA

- Palestras/Exposições temáticas.
- Comunicações orais/posters
- Mesas Redondas/debates

Os resumos das comunicações orais/posters devem ser enviados até 30 de Junho para o secretariado da Escola. O primeiro autor será contactado até 20 de Julho. As normas para elaboração dos resumos encontram-se em www.fc.up.pt/fis/spf-norte.

INSCRIÇÃO

Até 30 de Junho, 2004

Sócios da SPF - 40 Euros | Não sócios - 75 Euros
Redução de 50% para estudantes não licenciados
Isenção para os docentes do 1º ciclo do Ensino Básico

Depois de 30 de Junho, 2004

Acréscimo de 50%

O pagamento deve ser efectuado através de cheque endossado à Sociedade Portuguesa de Física - (Delegação Regional do Norte) e enviado ao secretariado da Escola, juntamente com a ficha de inscrição - disponível em www.fc.up.pt/fis/spf-norte ou em qualquer delegação da SPF.

Secretariado | mfara@fc.up.pt | Tel. +351- 22 6082 709

Sociedade Portuguesa de Física - Delegação Regional do Norte | Rua do Campo Alegre, 687 | 4169-007 Porto

Colóquio em Coimbra sobre "Física, Cultura e Desenvolvimento"

Novos corpos sociais da SPF

4ª edição dos Prémios Público-Gradiva

Olimpíadas Regionais e Nacionais

I Encontro Nacional de Física Atómica, Molecular e Aplicada

Delegação Regional do Centro

NOTÍCIAS DA SPF

COLÓQUIO EM COIMBRA SOBRE "FÍSICA, CULTURA E DESENVOLVIMENTO"

Só os povos cultos investem na ciência. Sem cultura científica não há desenvolvimento. Ao fim de 30 anos de democracia, Portugal continua a ter um sistema educativo que permanece afastado da ciência.

O investimento em ciência é uma condição necessária ao desenvolvimento, mas não evita por si só a má aplicação das técnicas de base científica nem previne as assimetrias sociais criadas pela sua apropriação indevida, afirmou José Dias Urbano, presidente da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) e do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, no encerramento do colóquio "Física, Cultura e Desenvolvimento", promovido pela SPF em Coimbra no passado mês de Novembro.

Na sua palestra, subordinada ao tema "Cultura científica e desenvolvimento", José Urbano sublinhou que "só um povo cientificamente culto investe o bastante em ciência, permitindo criar e manter as infraestruturas científicas e tecnológicas necessárias para sustentar a permanente renovação de métodos e dos processos de criar riqueza". Mas tal não basta, pois os enormes benefícios que as técnicas de base científica têm trazido para a humanidade "podem revelar-se também altamente nocivas, prejudicando a saúde, destruindo o ambiente e ameaçando até a própria sobrevivência da espécie". Isto levou o presidente da SPF a concluir que "só um povo cientificamente culto sabe reconhecer esses riscos e, simultaneamente, usar o direito de escolher quem o governa para tentar evitá-los". No seu diagnóstico, José Urbano

recordou que "o triunfo da ciência e das técnicas nela baseadas" levaram à concentração do "poder económico num número reduzido de conglomerados de empresas transnacionais". E que estes, além de disporem de enormes departamentos de investigação, possuem também recursos financeiros "para encomendar estudos às universidades" e capacidade de "manter em permanente renovação as técnicas de produzir e de entreter", criando "nos consumidores o sentimento de que precisam de as adquirir".

Esta relação entre os que produzem e os que consomem, referiu ainda José Urbano, está a criar "enormes disfunções sociais, subtraindo as decisões que mais afectam as nossas vidas ao escrutínio democrático e aumentando gradualmente o fosso entre os poucos que possuem muito e os muitos que pouco têm". A consequência é, portanto, a acentuação das assimetrias sociais, "não só entre os chamados países desenvolvidos e os países em desenvolvimento, mas também entre estratos sociais diferentes dos países desenvolvidos".

Para José Urbano, este "gravíssimo problema" foi criado pelo "domínio de técnicas de base científica", pelo que "só os povos cientificamente cultos o podem caracterizar correctamente, o que é uma condição prévia para haver alguma hipótese de o resolver". Ou seja, "na idade do conhecimento, a soberania popular só pode ser cabalmente exercida por quem conhece".

A concluir, o orador referiu-se ao caso concreto de Portugal, realçando o facto de o nosso país se ter mantido historicamente "de costas voltadas para a ciência, sendo o nosso povo o mais inculto da Europa". Como a "integração na União Europeia permite manter o regime democrático sem termos de lutar para isso com instrumentos científicos", "conseguimos manter, ao fim de um quarto de século de democracia, um sistema educativo avesso à ciência".

Pluralidade de olhares

Outras intervenções durante o colóquio permitiram analisar a situação das ciências físicas e promover o debate entre a numerosa assistência, abordando vários aspectos do tema proposto. Assim, José Mariano Gago, professor de Física do IST e ex-ministro da Ciência e Tecnologia, sustentou que "o ensino experimental tem de ser inscrito na matriz do normativo da educação, sob pena de não irmos a lado nenhum", acrescentando que "a mostra de alguma experiência laboratorial pelo professor não é a mesma coisa que a realização da experiência pelos alunos, embora seja melhor do que nada". Fazendo um breve balanço do programa "Ciência Viva", Mariano Gago realçaria que ele constituía "o factor de esperança mais importante de que o progresso do conhecimento científico pode atravessar a sociedade", não havendo o risco de se "perpetuar o atraso científico sistémico de Portugal".

No painel sobre "Física e Cultura" a escritora Adília Lopes revelou à assistência por que decidiu estudar Física (ler publicação integral da sua comunicação nesta edição da "Gazeta"). Alexandre Ramires, professor de Física do ensino secundário, falou da sua experiência de estudo da fotografia a partir de imagens antigas, incluindo algumas de eventos científicos. Conceição Abreu, professora de Física da Universidade do Algarve e directora do Centro Ciência Viva de Faro, divulgou os resultados de um estudo que fez sobre a presença da Física e de experiências de Física nos centros Ciência Viva de todo o país, para concluir que existe uma assimetria entre o litoral e o interior e que os físicos estão pouco presentes nos centros.

Manuel Paiva, professor de Física da Universidade Livre de Bruxelas, referiu na sua intervenção o que considerou ser "um dos problemas mais dramáticos" do tempo presente – a falta de vocações científicas: "O meu problema na Bélgica é encontrar físicos para trabalhar; nunca me debati com problemas de falta de fundos, pois sempre tive o que pedi para os meus trabalhos".

Filipe Duarte Santos, professor de Física da Universidade de Lisboa, referiu-se a uma área onde a Física tem um papel importante a desempenhar, nomeadamente o estudo das alterações climáticas: "O desafio da descarbonização da economia no século XXI é gigantesco e vai exigir uma enorme investigação e inovação tecnológica, além de criar áreas de oportunidade que os físicos certamente não deixarão escapar".

No painel sobre "Física e Desenvolvimento", moderado pelo professor do Instituto Superior de Economia e Gestão de Lisboa Manuel Mira Godinho, Eduardo Ducla Soares, professor de Física da Universidade de Lisboa, falou sobre algumas oportunidades no futuro imediato: "Para quem tiver formação de base em Física ou Engenharia Física, as áreas privilegiadas são, nos próximos 10 ou 20 anos, aquelas em que se desenvolverão tecnologias oriundas da Física moderna, que ainda não são conhecidas dos engenheiros, e também as tecnologias de interface da Física com as ciências da saúde". No primeiro campo, citou, em concreto, as áreas dos novos materiais (incluindo supercondutores e nanomateriais). No segundo caso, deu três exemplos: o *design* farmacológico de novas drogas; os métodos da Física moderna nas ressonâncias magnéticas e a utilização destas para estudar a cognição; e a magnetoencefalografia, técnica que mede o campo magnético criado pelas excitações de memórias no cérebro humano. Por fim, entrevistou Teresa Vieira, professora de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, que abordou o papel da Física na Engenharia de Materiais a partir da sua experiência de contactos com o mundo empresarial.

Carlos Pessoa
gazeta@teor.fis.uc.pt

NOVOS CORPOS SOCIAIS DA SPF



Decorreram no passado dia 30 de Março as eleições para os corpos sociais da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), que passaram a ter a seguinte composição:

- Conselho Directivo - José Urbano (presidente); Augusto Barroso (vice-presidente); Vítor Amaral (vice-presidente); Adelaide de Jesus (tesoureira).
- Mesa da Assembleia-Geral - Ana Eiró (presidente); António Silvestre (primeiro secretário); Anabela Martins (segunda secretária).
- Conselho Fiscal - Fernando Parente (presidente); Teresa Peña (secretária); Rui dos Santos (relator).

Entretanto, foi aprovado e divulgado o relatório de actividades e contas da SPF, referente ao exercício de 2003, que pode ser consultado em <http://spf.pt>. Para além da enumeração exaustiva das actividades e projectos desenvolvidos (actividade editorial, organização de conferências, Olimpíadas de Física, Prémio Mário Silva, projectos de apoio ao Ensino Básico e Secundário, 2005 Ano Mundial da Física, etc.), é dada atenção particular à situação financeira da SPF. O saldo da "actividade normal" em 2003 foi negativo em mais de nove mil euros, situação agravada se forem contabilizados os custos e proveitos da "Gazeta de Física". É de referir ainda que um número importante de sócios, embora minoritário, tem por regularizar as suas quotizações para a SPF. Realizaram-se também eleições, para os órgãos directivos das Delegações Regionais, tendo sido eleitos, os Drs. João Pedro Esteves Araújo (Delegação Norte), Joaquim Santos (Delegação Centro) e Paulo Crawford (Delegação Sul e Ilhas).

4ª EDIÇÃO DOS PRÉMIOS PÚBLICO-GRADIVA



Pelo quarto ano consecutivo, a editora Gradiva e o jornal Público promovem os Prémios para os melhores alunos de Física e Matemática do Ensino Secundário, respectivamente com a designação de Prémio Mário Silva e Prémio Bento de Jesus Caraça.

Destinados a promover, em Portugal, o ensino e aprendizagem de duas importantes ciências básicas e desenvolver nos jovens o gosto pela prática, cultura e espírito científicos, dirigem-se a todos os alunos que nos exames nacionais do 12º ano de Física e Matemática obtenham classificação igual ou superior a 18 valores. Este ano, o prémio é de 3000 euros em cada uma das categorias, havendo também prémios para as escolas dos alunos vencedores. A Sociedade Portuguesa de Física e a Sociedade Portuguesa de Matemática colaboram na iniciativa, que tem ainda o apoio da BP e da Texas Instruments. Para mais informações, incluindo o regulamento completo do concurso, consultar www.publico.pt ou www.gradiva.pt.

OLIMPIADAS REGIONAIS E NACIONAIS

As provas regionais e nacionais das Olimpíadas de Física já têm datas marcadas. Assim, a fase regional terá lugar no próximo dia 15 de Maio nas cidades de Lisboa, Porto e Coimbra. Quanto à fase nacional, realizar-se-á nos próximos dias 25 e 26 de Junho, em Coimbra.

É de referir, por outro lado, que a página na Internet das Olimpíadas de Física

(<http://olimpiadas.fis.uc.pt>) foi recentemente renovada e melhorada, pelo que os interessados terão toda a conveniência em consultá-la.

I ENCONTRO NACIONAL DE FÍSICA ATÓMICA E MOLECULAR



A Divisão de Física Atómica e Molecular (DFAM) da Sociedade Portuguesa de Física (SPF) promove de 12 a 14 de Abril do corrente ano o I Encontro Nacional de Física Atómica e Molecular (FAMA 2004). A iniciativa, que conta com a colaboração do Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa e do Centro de Física e Investigação Tecnológica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, terá lugar no anfiteatro do Complexo Interdisciplinar da Universidade de Lisboa.

As áreas científicas abordadas são as seguintes:

- Estrutura Atómica e Molecular,
- Agregados Moleculares,
- Nano-Estruturas e Superfícies,
- Dinâmica Molecular,
- Espectroscopias,
- Microscopias e Instrumentação.

Para mais informações, consultar <http://fama2004.cii.fc.ul.pt>.

DELEGAÇÃO REGIONAL DO CENTRO

RELATÓRIO DE ACTIVIDADES DE 2003

Acções de divulgação para alunos e professores, acções de formação e palestras são as principais realizações referenciadas no relatório de actividades de 2003 da Delegação Regional do Centro da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), há pouco tornado público.

O destaque maior vai para a realização do Colóquio "Física, Cultura e Desenvolvimento", promovido em Coimbra no dia 15 de Novembro do ano passado, com o objectivo de ilustrar e debater as relações das Ciências Físicas com as outras áreas do conhecimento humano e com o progresso da sociedade (ver notícia nesta edição da Gazeta). O encontro registou a inscrição de 250 participantes, dos quais 154 eram professores do ensino básico e secundário e 54 estudantes ou professores estagiários.

Durante o ano transacto, a delegação do Centro da SPF promoveu acções regulares com crianças dos 5-10 anos destinadas a despertar nelas o gosto pelas ciências. Colaborou também na continuação do estudo iniciado com o "Livro Branco da Física e da Química"; organizou as provas regionais das Olimpíadas da Física e apoiou a preparação das duas equipas nacionais que participaram nas Olimpíadas Internacionais e nas Olimpíadas Ibero-Americanas. No relatório é igualmente referenciado o apoio à acção do "SoftCiências - Centro de Competência Nónio" e a manutenção actualizada da página da Delegação no "site" da SPF.

Assembleia Geral Regional

No dia 19 de Fevereiro decorreu uma Assembleia Geral Regional, durante a qual foi aprovado o relatório de actividades relativo a 2003 e foram eleitos os novos órgãos regionais da Delegação Regional do Centro da SPF. Os elementos da nova Direcção Regional são Joaquim Marques Ferreira dos Santos (Presidente), Paulo Jorge Baeta Mendes (Vogal) e António Adriano Castanhola Baptista (Vogal), todos docentes no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. A Mesa eleita da Assembleia Geral Regional é constituída por Maria Margarida Ramalho da Costa (Presidente), Manuela Ramos Marques da Silva (1ª Secretária) e António Miguel Santos Morgado (2º Secretário), docentes do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Palestras

Como vem sendo hábito nos últimos anos, a Delegação do Centro da SPF organizou, em colaboração com o Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, um ciclo de palestras destinadas aos alunos da FCTUC e professores do ensino básico e secundário:

- "Fluorescência de raios-X para controlo do ambiente e do património cultural", pelo Doutor Joaquim Marques Ferreira Santos (Departamento de Física da Universidade de Coimbra), no dia 27 de Fevereiro, na Sala de Conferências do Departamento de Física;

- "O mesão $D_s(2317)$ ", pelo Doutor Eef Van Beveren (Departamento de Física da Universidade de Coimbra), no dia 26 de Março, na Sala de Conferências do Departamento de Física.

Ciência a Brincar



Continuam a decorrer as acções com alunos do 1º ciclo da Escola EB1 da Solum, Coimbra, no âmbito do projecto "Ciência a Brincar", coordenado por Constança Providência.

PARTILHA DE OPINIÕES SOBRE OS NOVOS PROGRAMAS DE FÍSICA E QUÍMICA

Neste número da Gazeta divulgamos o testemunho de uma professora de Física e Química que se encontra a leccionar o novo programa de 10º ano. Gostaríamos de poder contar também com a sua opinião. Contacte-nos: diga-nos como está a decorrer a sua experiência, quais são as suas dúvidas e sugestões para melhor gerir o programa.

Graça Santos
Divisão da Educação da SPF
densino@spf.pt

ENSINO DA FÍSICA

É DIFÍCIL CUMPRIR OS PRINCÍPIOS ORIENTADORES DO PROGRAMA

O que sentem os professores que estão a leccionar o programa de 10º ano - Física e Química A?

Encontro-me a leccionar o novo programa de Física e Química A de 10º ano e gostaria de partilhar neste espaço algumas das minhas dúvidas e reflexões.

Tenho sentido uma grande dificuldade sobre o nível de aprofundamento dos conteúdos. Nas sugestões metodológicas do programa de Física e Química A escreve-se o seguinte: "Não se pretende um nível de especialização muito aprofundado, mas procura-se que os alunos alcancem um desenvolvimento intelectual e bases de conhecimento (importantes para uma cultura científica a construir ao longo da vida) que permitam aceder, com a formação adequada, às disciplinas de Física e de Química de carácter opcional, no 12º ano". Contudo, não existem ainda programas homologados de Física e Química de 12º ano. O que se deve considerar essencial?

No que se refere à articulação entre a disciplina de Técnicas Laboratoriais de Química (TLQ), Bloco I, e a disciplina de Ciências Físico-Químicas penso que tal só será possível quando for o mesmo professor a leccionar ambas as disciplinas. A minha escola optou por ser o mesmo professor a leccionar as duas disciplinas e, apesar da articulação, só agora (em finais de Fevereiro), finalizámos a componente de Química. Estamos a sentir dificuldade em cumprir os princípios orientadores do programa, no sentido de uma igual distribuição de tempos lectivos para a componente de Física e de Química.

Estou a preparar a componente de Física do 10º ano e a mesma dúvida persiste – qual é o nível de aprofundamento?

Assim, vejamos uma situação concreta. Na unidade um, "Energia do Sol para a Terra," aborda-se a lei do deslocamento de Wien. Segundo os objectivos de aprendizagem, pretende-se "identificar a zona do espectro electromagnético em que é máxima a potência irradiada por um corpo". Em nenhuma parte do programa se faz referência ao comprimento de onda e à frequência da radiação. Aliás, no programa de Química refere-se o espectro electromagnético associando a cada radiação um determinado valor de energia. Desta forma, sugere-se que o

deslocamento de Wien seja estudado através da análise de gráficos de emissão em função do comprimento de onda/frequência. Contudo, a noção de comprimento de onda aparece somente no programa de 11º ano, na unidade dois, "Comunicação de informação a curtas distâncias".

Estarão os professores a mudar efectivamente as suas práticas de acordo com os objetivos dos novos programas?

O programa de 11º ano, componente de Física está, a meu ver, estruturado de uma forma interessante, mas parece-me bastante extenso, o que dificulta a sua concretização. Além disto, a minha preocupação centra-se na atitude revelada por alguns professores ao pretenderem leccionar o novo programa efectuando uma leitura idêntica à do programa actual. Infelizmente é uma tentação procurar o que parece ser comum aos dois programas e "adaptar a nova versão" às "estratégias antigas".

Da interpretação que fiz da componente de Física dos novos programas, 10º e 11º anos, pretende-se que o professor explore com os seus alunos o significado físico dos conceitos, não se centrando nas expressões matemáticas, preconiza-se o uso de calculadoras gráficas no traçado e leitura de gráficos, a discussão crítica dos resultados obtidos e a estimativa da ordem de grandeza de soluções. Ou seja, pretende-se valorizar o ensino de noções físicas e não apenas a maior ou menor destreza na resolução de exercícios numéricos. É igualmente preocupante a inexistência em muitas escolas de materiais/equipamentos necessários para concretizar as actividades laboratoriais que são propostas. Terão as escolas verbas suficientes para adquirir novos equipamentos, nomeadamente, sensores de movimento, de pressão, de força, acelerómetros e osciloscópios, entre outros?

Serão estas preocupações comuns aos professores que vão no próximo ano continuar estas tarefas de experimentação? Continuará a haver articulação entre as disciplinas de CFQ e TLQ - bloco II?

Levanto estas dúvidas e problemas, consciente que a sua resolução não é uma tarefa fácil, deixando apenas algumas ideias para a reflexão de todos:

- Será necessário reformular os exames nacionais de acordo com os objectivos preconizados nos novos programas – como e o quê avaliar?
- Como fomentar uma maior responsabilização dos professores relativamente às suas práticas e em relação ao cumprimento do programa? Dever-se-á recorrer a uma aferição cuidada dos resultados dos exames a nível nacional?
- Como proceder à avaliação sistemática dos resultados da aplicação dos novos programas? Em Portugal não parece haver a tradição de avaliar as alterações a diferentes níveis. A meu ver, dispomos de uma ótima oportunidade para avaliar esta mudança,

analisando os respectivos pontos fortes e fracos, o que possibilitará a melhoria de todo o processo, nomeadamente, através da formação de professores sobre conteúdos e/ou metodologias específicas.

Isabel Lima Fernandes
(Escola Secundária de D. Dinis - Santo Tirso)
isabelmfernandes@mail.pt

UMA DEMONSTRAÇÃO SIMPLES DE CORRENTES INDUZIDAS EM MASSAS METÁLICAS

As correntes induzidas em massas metálicas têm importantes aplicações tecnológicas mas também alguns inconvenientes. Referem-se aqui duas demonstrações comuns, geralmente usadas para o estudo das correntes induzidas e propõe-se uma terceira demonstração, que tem a vantagem de ser mais simples e económica. Tal demonstração pode ser utilizada ao nível do 11º ano de escolaridade (novo programa de Física) ou do 12.º ano, em Física, quando se lecciona a indução electromagnética.

As correntes induzidas em massas metálicas são geralmente designadas por correntes de Foucault, correntes parasitas ou correntes de remoinho (*eddy currents*). Elas surgem sempre que há movimento de uma peça metálica num campo magnético ou quando há variação do campo magnético, isto é, sempre que varia o fluxo magnético a que uma peça metálica está sujeita. Estas correntes obedecem à lei de Faraday, de acordo com a qual a variação do fluxo magnético, θ , num circuito fechado produz uma força electromotriz induzida, ε , e à lei de Lenz, segundo a qual o sentido da força electromotriz induzida é tal que se opõe à causa que lhe deu origem. Tais leis expressam-se através da fórmula:

$$\varepsilon = - \frac{d\theta}{dt} .$$

Esta força electromotriz é responsável pelo aparecimento de correntes induzidas: por exemplo, o aumento de fluxo que atravessa uma superfície cria correntes induzidas cujo sentido se opõe a esse aumento.

As correntes de Foucault têm importantes aplicações tecnológicas, entre outras, nas máquinas de venda para identificar moedas, nos contadores de energia eléctrica para regularizar o movimento do disco de alumínio, em detectores de metais, em velocímetros, em motores de indução, nos travões electromagnéticos usados em camiões, e também no amortecimento de órgãos móveis de aparelhos de medida.

Mas também há inconvenientes resultantes deste fenómeno. O aparecimento de correntes induzidas em massas metálicas resulta na transformação de energia eléctrica em térmica (efeito Joule). No caso dos fornos de indução usados na indústria, aproveita-se este efeito térmico das correntes de Foucault. É criado um

campo magnético variável, com frequência elevada, que induz uma corrente no recipiente metálico a aquecer. Nos modernos fogões domésticos de indução também se usa este efeito. Por isso a placa de vitrocerâmica não aquece, o que minimiza o risco de queimaduras e aumenta o rendimento do aquecimento.

Demonstrações mais comuns

Uma demonstração comum consiste na oscilação de um pêndulo (geralmente cobre ou alumínio) entre os pólos de um electroímã (Fig. 1). Quando o campo magnético é nulo, o pêndulo oscila sem aparente atenuação. Ligando o electroímã, são induzidas correntes no pêndulo que (de acordo com a lei de Lenz) o fazem travar.

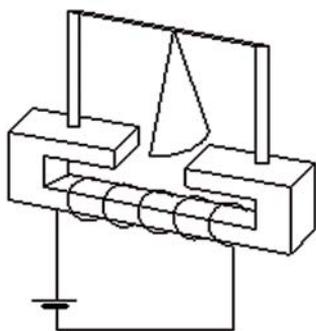


Fig. 1 - Equipamento usado para demonstrar correntes induzidas em massas metálicas.

Noutra demonstração¹, também muito conhecida, deixa-se cair um corpo que não tem propriedades magnéticas, através de um tubo de cobre ou alumínio, e regista-se o tempo da queda. Depois, deixa-se cair um ímã com a mesma massa e verifica-se que demora um tempo muito superior a chegar ao fundo do tubo (Fig. 2). Ao cair, o ímã gera correntes induzidas no tubo, que se opõem ao movimento do ímã. Para se realizar esta demonstração, o ímã deve criar um campo magnético bastante intenso (o que não se verifica com ímanes comuns) e o tubo deve ter um comprimento considerável².

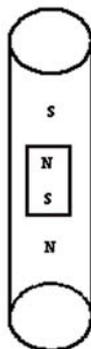


Fig. 2 - Demonstração utilizando a queda de um ímã dentro de um tubo metálico.

Demonstração proposta

A demonstração proposta utiliza apenas um contador de energia eléctrica e um ímã. O contador pode ser obtido junto de uma empresa fornecedora de energia eléctrica. O ímã³, idêntico aos usados nos suportes para telemóveis, pode ser facilmente adquirido em lojas ou postos de vendas das operadoras de telecomunicações. Estes ímanes são constituídos por neodímio (Nd), ferro (Fe) e boro (B)⁴, e criam um campo magnético muito mais intenso que os vulgares ímanes de aço magnetizado. É necessário proceder do seguinte modo:

- Desmontar o contador de forma a ficar apenas o disco de alumínio com o eixo vertical no centro. Este roda com atrito reduzido em torno da estrutura metálica.
- Imprimir um movimento de rotação ao disco de alumínio. Observar que não há praticamente diminuição da sua velocidade.
- Aproximar o ímã, colocando-o junto da superfície horizontal do disco que está em rotação (Fig. 3). O disco pára rapidamente.

O ímã induz uma força electromotriz no disco em movimento (lei de Faraday) que tende a opor-se à causa que a produziu (lei de Lenz), surgindo assim correntes induzidas que fazem parar o disco. Também se pode usar um ímã retirado de um altifalante avariado, mas a travagem não é tão rápida.



Fig. 3 - Travagem do disco, devido às correntes induzidas pelo ímã

Esta demonstração permite visualizar um efeito de ampla utilização tecnológica, mas tão mal conhecido do público, em geral, e dos alunos de Física em particular.

Referiu-se já o uso deste efeito em sistemas de travagem (Fig. 4). No caso dos camiões, o electroímã alimentado pela bateria vai travar o disco que gira solidário com as rodas. Neste tipo de travagem não há contacto e por isso os materiais não estão sujeitos a um desgaste por atrito, como acontece em travões convencionais.

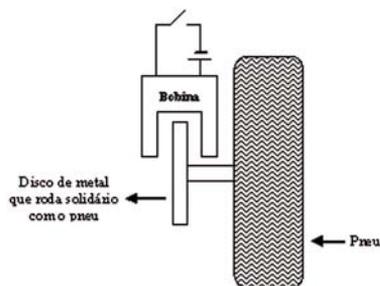


Fig. 4 - Travão electromagnético

Conclusão

A demonstração apresentada pode ser feita numa sala de aula (não é necessário laboratório), usa material simples e de fácil aquisição, é segura e o custo é praticamente insignificante em relação aos equipamentos didácticos existentes no mercado. Pode ser usada como demonstração do efeito de travagem numa peça metálica ou para a verificação experimental da lei de Lenz, que são actividades sugeridas nos programas do 11º ano (programa novo) e 12.º ano⁵. Com esta demonstração o aluno pode aperceber-se melhor da ligação existente entre a ciência estudada na escola e algumas das suas aplicações tecnológicas.

Agradecimento: Ao colega António José Ferreira pela leitura crítica que permitiu clarificar o texto.

REFERÊNCIAS

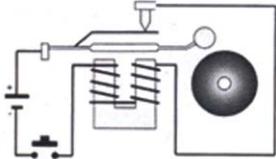
- ¹ http://store.pasco.com/pascostore/showdetl.cfm?&DID=9&Product_ID=51814&CATID=35&Detail=1.
- ² Nicklin, R. C., Graham, Andrew e Miller, Robert, *Lenz's Law demonstration for a large class*, The Physics Teacher, Vol.35, pp. 46-47, 1997.
- ³ <http://www.krussell.se/qm.html>
- ⁴ <http://www.grouparnold.com/products/neodymium/>
- ⁵ DES, Programa de Física de 12.º ano e programa de Física e Química A 11ºano.

Carlos Alberto Saraiva
Escola EB 2, 3 de Vila Franca das Naves, Rua do Colégio,
6420-707, Vila Franca das Naves
carlos.saraiva@megamail.pt




Telefs.: 21 9588450/1/2/3/4 Telefax 351 21 9588455
Rua Soeiro Pereira Gomes; 13 - R/C | <http://www.videq.pt>
BOM SUCESSO - 2615 ALVERCA
PORTUGAL

MATERIAL DIDÁCTICO



FÍSICA

LIVROS NOVOS

Registam-se os seguintes títulos novos sobre temas de Física, de ciência em geral ou de educação, publicados nos últimos meses:

Luís Miguel Carolino, "Ciência, Astrologia e Sociedade. A teoria da influência celeste em Portugal (1593-1755)", Fundação C. Gulbenkian e Ministério da Ciência e do Ensino Superior, 2003.

Conselho Nacional de Educação, "Formas de Governo do Ensino Superior", 2004.

Nuno Crato, Fernando Reis e Luis Tirapicos, "Trânsitos de Vénus", Gradiva, 2004.

Daniel Hillis, "A Inscrição na Pedra. As ideias simples que fazem funcionar os computadores", Rocco e Temas e Debates, 2004.

Jorge Massada (org.), "Vale a Pena ser Cientista - 2", Campo das Letras, 2004.

Pierre Papon, "A Matéria em Todos os seus Estados", Instituto Piaget, 2003.

Michael Rowan-Robinson, "Os Nove Números Cósmicos", Temas e Debates, 2003.

Agradecemos aos editores o envio de novos livros de ciência e/ou educação, aos quais faremos a devida referência.

DISCUTIR HAWKING EM OEIRAS



A Câmara Municipal de Oeiras tem fama de ser uma autarquia modelo. E essa fama é merecida. Com efeito, a atenção dada à ciência e à cultura dificilmente encontra paralelo noutras autarquias do país.

No que diz respeito à ciência basta lembrar o empreendimento do *Taguspark*, um parque de ciência e tecnologia, que é uma ideia ousada que parece ter vingado. E, no que respeita à cultura, basta referir a excelente (exemplar, mesmo) Biblioteca Municipal de Oeiras, mas pode acrescentar-se o recente "Parque dos Poetas".

Oeiras sabe "casar" a cultura com a ciência (outras câmaras bem poderiam aprender com a sua congénere!). A este propósito refira-se o interessante sítio de arqueologia industrial que é a Fábrica da Pólvora em Barcarena, com o Museu da Pólvora Negra, onde esteve uma interessante exposição de relógios de sol - "As Sombras do Tempo". E refira-se também o projecto organizado pela Biblioteca Municipal, e apoiado pela Fundação Gulbenkian, com o fito de promover a leitura, ao qual foi dado o sugestivo título "Dez livros que mudaram o mundo".

É sempre arbitrário escolher dez livros que tenham tido um impacto grande na história da humanidade, mas a comissão a quem a Biblioteca encarregou da selecção de títulos achou que, dos dez livros a figurar no top ten, três deviam ser de ciência. Atendendo à pouca atenção que a ciência costuma merecer nos círculos literários, é caso para dizer que Oeiras está de parabéns. Os livros escolhidos foram "A Evolução das Espécies", do inglês Charles Darwin, "O Erro de Descartes", do português António

Damáσιο, e "Breve História do Tempo", do inglês Stephen Hawking. Há ainda na lista "A Interpretação dos Sonhos", de Sigmund Freud, mas pode discutir-se se a psicanálise é ou não ciência. Darwin é indiscutível, porque mudou de facto o mundo, ou melhor a nossa visão do mundo! O livro de Damásio é sem dúvida notável, mas a sua inclusão no top só poderá ser compreendida por algum, aliás compreensível, português uma vez que não há ainda distância suficiente para se aquilatar do real impacto. Finalmente, quanto a Hawking, não é também líquido que seja um must: para representar a Física, poder-se-ia pensar, decerto com mais propriedade, numa obra de Galileu, de Newton ou de Einstein.

Mas Hawking tem a seu favor, para inclusão na lista dos livros mais notáveis de sempre, os números das vendas. "Breve História do Tempo" já vendeu, desde a sua primeira edição em 1988, cerca de dez milhões de exemplares em todo o mundo, não só no original em inglês, mas em mais de quarenta outras línguas, incluindo o português (a edição portuguesa da Gradiva saiu no mesmo ano da publicação em Inglaterra). Dez milhões de livros são muitos livros! Deixam Saramago ou mesmo o autor do "Homem que Mordeu o Cão" a grande distância. Significa um livro por cada português, criança, adulto ou ancião. Como a Terra tem cerca de seis mil milhões de habitantes, significa que um em cada seiscentos habitantes da Terra compraram o livro!

E leram-no? Talvez não, com toda a probabilidade não. Trata-se de um livro com um título apelativo – para já não falar do subtítulo "Do Big Bang aos Buracos Negros" –, mas não se trata de uma obra fácil de ler. É por isso altamente meritório que o programa "Oeiras a Ler", relacionado com os "dez livros que mudaram o mundo", tenha tentado promover a sua leitura.

Oeiras está a organizar um ciclo de palestras sobre os "Dez livros que mudaram o mundo". A abrir esse espaço-tempo de debate, qual *Big Bang*, foi escolhida precisamente a obra de Hawking. Foi reconfortante ver o Auditório Municipal de Oeiras praticamente cheio, a uma hora noturna, para uma conversa à volta do

livro e do seu autor. Na organização de eventos culturais não há milagres, mas sim trabalho e organização. A preparação tinha, de facto, sido exemplar: para além do anúncio numa atraente "agenda cultural" do município, havia cartazes que destacavam algumas das mais importantes equações da Física e *dossiers*, distribuídos aos participantes, que continham informação biográfica e bibliográfica bem seleccionada e trabalhada.

A pergunta é legítima: por que é que o livro de Hawking vende tanto? De facto, a larga maioria das pessoas na audiência da Biblioteca Municipal de Oeiras tinha adquirido uma das edições da Gradiva, fosse ela a primeira ou outra, incluindo a espectacular edição ilustrada saída em 2001. A resposta é fácil: simplesmente porque o autor é uma pessoa cuja tragédia pessoal é bem conhecida. O seu corpo encontra-se paralisado por uma doença do sistema nervoso e, por isso, preso a uma cadeira de rodas computadorizada. Neste livro de Hawking e em praticamente todos, a capa mostra o retrato do autor, de sorriso aberto, mas com o corpo manifestamente frágil. Em "Breve História do Tempo", Hawking faz uma única e curta referência à sua doença. Conta como ela lhe foi diagnosticada quando ainda era estudante em Oxford, tendo-lhe sido dados apenas dois ou três anos de vida (já lá vão quase 40 anos, Hawking fez há pouco 62 anos!). Conta como conseguiu resistir-lhe com a ajuda da mulher e de uma mão cheia de amigos, terminando o doutoramento, arrançando emprego como professor na Universidade de Cambridge, casando e tendo três filhos.

Uma das motivações de Hawking para escrever o seu livro maior foi, segundo ele próprio revelou, o pagamento das propinas da filha. De facto, escrever livros que se vendam bem é uma maneira honesta de ganhar dinheiro, no caso muito dinheiro. Supondo que Hawking ganhou dois euros por cada um dos seus livros (tomando um preço médio de 20 euros e um contrato de direitos de autor de dez por cento), dez milhões de livros significam 20 milhões de euros, uma quantia astronómica, isto é, difícil de conceber. Para quem ainda pense melhor na antiga moeda, 20 milhões de euros são quatro milhões de contos. Hawking, se não houvesse pirataria, bem poderia deixar a

astrofísica e viver apenas dos rendimentos... Mas Hawking prefere a astrofísica. Em "Breve História do Tempo" trata as questões do *Big Bang*, a grande explosão com que o Universo se iniciou há cerca de 15 mil milhões de anos, e dos buracos negros, o coração remanescente e altamente maciço de uma estrela grande que explodiu. Do *Big Bang* tudo sai, devido à força da explosão. Para um buraco negro tudo entra, devido à poderosa atracção gravitacional. Hawking, um dos grandes especialistas em buracos negros, teve a ideia, quando estava a terminar o seu doutoramento, que o *Big Bang* era afinal um buraco negro ao contrário, aquilo a que poderíamos chamar um "buraco branco". E teve também a ideia de que o Universo, que com toda a evidência começou com o *Big Bang*, poderá um dia acabar como um buraco negro. Nesse caso, estaríamos já dentro de um buraco negro, portanto perdidos. Mas descanse o estimado leitor que os dados mais recentes indicam não apenas que o Universo está em expansão mas que está em expansão acelerada devido a uma misteriosa força de anti-gravidade.

Hawking, apesar de agnóstico, fala muito de Deus em todo o livro. Talvez essas repetidas referências teológicas ajudem, para além da condição física do autor, a explicar o êxito do livro. A última palavra do livro é precisamente Deus, quando Hawking refere a possibilidade de irmos a conhecer o "plano de Deus". Já Einstein, que recusava a ideia de um Deus que se preocupasse com as acções humanas, gostava de usar a metáfora de Deus. A frase de Einstein "Deus não joga aos dados com o Universo" significa que as leis da Física não podem ter um carácter probabilístico. É conhecida a resposta de Bohr a Einstein: não cabia a Einstein dizer a Deus o que Ele tinha que fazer.

Hawking esteve em Oeiras através do seu livro. Com ele estiveram magnas e eternas questões: onde vimos e para onde vamos. Questões como estas estão no centro da cultura. E a ciência, ao procurar responder-lhes, tem aí um lugar.

Carlos Fiolhais
tcarlos@teor.fis.uc.pt

BLAKE E MORTIMER FACE AOS "DEMÓNIOS DA CIÊNCIA"



Depois de Tintin, é a vez de Blake e Mortimer – este personagem é, recorde-se, um físico –, os heróis de banda desenhada criados por Edgar Pierre Jacobs, terem honra de uma edição especial da revista francesa de divulgação científica "Science et Vie". Publicada originalmente no final do ano passado (antecipou um vasto programa de iniciativas previstas para o corrente ano, em que se assinala o primeiro centenário do nascimento do artista belga, em 1904), esta excelente revista só foi distribuída em Portugal em meados de Fevereiro passado, podendo ainda ser adquirida nos quiosques.

"Blake e Mortimer face aos demónios da ciência" é o título genérico da edição, que percorre através de um diversificado leque de colaboradores os diversos temas científicos que são tratados nas aventuras aos quadrinhos – das viagens no tempo-espaço aos dinossaúros, dos ovnis à clonagem, da manipulação das condições climáticas aos segredos do Antigo Egipto. Profusamente ilustrada, esta edição especial inclui um "poster" com as máquinas fantásticas criadas por Jacobs, custando apenas 4,70 euros.

C. P.

HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Depois de ter iniciado a interessante colecção "Ciência e Iluminismo" (da qual já foram publicados três volumes, dois sobre obras de José Correia da Serra e outro sobre Domingos Vandelli), a Porto Editora iniciou uma outra colecção não menos interessante intitulada "História e Filosofia da Ciência". São seus coordenadores dois físicos, professores na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa: Ana Simões e Henrique

Leitão. Os três primeiros volumes desta última colecção já se encontram nas livrarias: são eles "Introdução à Historiografia da Ciência" de Helge Kragh (historiador de ciência dinamarquês, que esteve em Portugal no último congresso nacional da SPF), "A Construção da Ciência Moderna: Mecanismos e Mecânica", de Richard Westfall (um especialista na obra de Newton), e "A Evolução da Tecnologia", de George Basalla. Tratam-se todas elas de edições cuidadas que são obrigatórias para quem entre nós estude história da ciência. Às duas colecções deseja-se um futuro auspicioso!

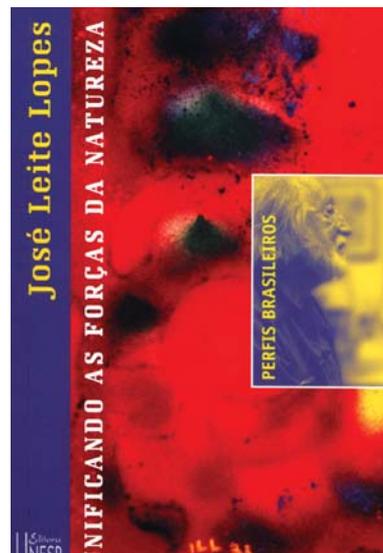
C. F.

JORNAL "MEGAVOLT"



Foi distribuído o número 14 do jornal "Megavolt", da Escola Secundária do Fundão, referente ao mês de Dezembro de 2003. Sem receber qualquer subsídio do programa "Ciência Viva" ou de outro, mas custeado pela própria escola, este jornal reafirma o seu interesse em falar de "tudo o que, de longe ou de perto, se relaciona com a Ciência e a Tecnologia, a Electricidade e a Electrónica, a Energia e os Computadores", sempre tratado a "um nível de divulgação, de forma a ser acessível ao maior número de pessoas". Nas 12 páginas de "Megavolt" encontram-se artigos sobre "Medir o mundo com a imaginação", "O berço da invenção", "Nanotecnologia - a ciência do futuro", "História da Electricidade", além da evocação do poeta e escritor David Mourão-Ferreira e páginas de humor e curiosidades.

A FÍSICA NA ESCOLA



Acaba de sair o número 2 do volume 4 da excelente revista brasileira "A Física na Escola". Trata-se de um suplemento da Revista Brasileira de Ensino da Física (RBES), da responsabilidade da Sociedade Brasileira de Física, que é especialmente destinada a professores de Física do ensino médio e fundamental. O editor é o físico Nelson Studard, da Universidade Federal de São Carlos, no estado de São Paulo (contactar studard@df.ufscar.br). Com o número mais recente, passa a existir um Conselho Editorial, do qual faz parte o director da "Gazeta de Física". A revista é grátis para assinantes da RBEF e a sua assinatura custa anualmente (2 números) 15 reais para professores do ensino médio e 20 reais noutros casos.

No referido número encontram-se artigos como "Força magnética sobre corrente eléctrica: um motir linear", "A Física e os adágios populares", "O Problema do ensino da órbita da Terra", "Olimpíadas de Física", "Como trabalhar com 'tirinhas' nas aulas de Física", etc. A revista encontra-se disponível *on line* em www.sbfisica.org.br.

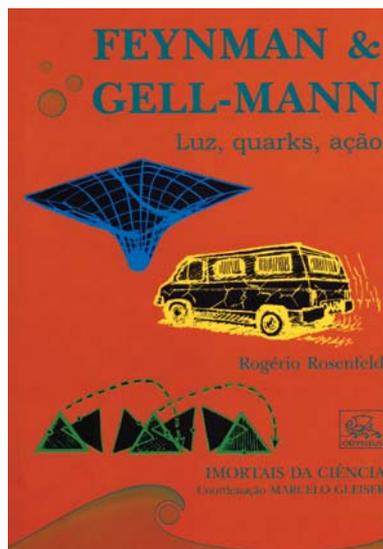
C. F.

NOVOS LIVROS BRASILEIROS

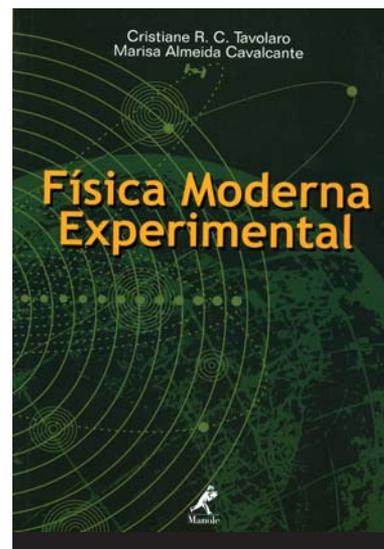
Tem sido possível encontrar em Portugal alguns recentes livros brasileiros sobre temas de Física. Entre eles, destacam-se os seguintes:



- José Leite Lopes, "Unificando as Forças da Natureza", Editora UNESP, 2001 (uma entrevista com o famoso físico brasileiro).



- Rogério Rosenfeld, "Feynman Gell-Mann. Luz, quarks, ação", Odysseus Editora, 2003 (de uma colecção de breves biografias de grandes cientistas, "Imortais da Ciência", que é dirigida pelo físico Marcelo Gleiser).



- Cristiane Tavoraro e Marisa Cavalcante, "Física Moderna e Experimental", Editora Manole, 2003 (um guia prático sobre experiências de ondas e de física quântica).

CIENCIAPT.NET



Assumindo para si mesmo o papel de constituir uma "referência nacional para todos aqueles que se interessam por tudo o que se passa no mundo da ciência, tecnologia e inovação", Cienciapt.net (<http://www.cienciapt.net>) é um portal especializado onde a informação vai a par de um conjunto de serviços que não é fácil encontrar em outros portais nacionais. São mais de 100 milhões de registos nacionais e internacionais sobre ciência, tecnologia, inovação, empresas, instituições, museus, arquivos científicos, bibliotecas, parques de ciência e tecnologia, publicações, projectos, centros, etc., a que os interessados podem aceder através de três níveis específicos de utilizadores - "user cienciapt.net" (utilizador anónimo com acesso aos conteúdos disponíveis na área pública do portal); "subscritor cienciapt.net" (individual ou colectivo, com acesso a área reservada e possibilidade de utilizar todos os serviços disponíveis); e "parceiro cienciapt.net" (entidades associadas ao projecto, com acordos de parceria tecnológica e *marketing*). Existem ainda fóruns de discussão e a possibilidade de receber *newsletters* temáticas e contribuir com notícias para o portal.

C. P.



CARTA DOS LEITORES

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS - I

Foi com agrado que reparei no artigo intitulado "Erros e Algarismos Significativos". Como terceiro autor do livro "Física Experimental: uma Introdução", com Conceição Abreu e Luís Peralta (1994), a primeira coisa que reparei foi a ausência de referência bibliográfica a qualquer livro dedicado ao assunto em língua portuguesa, do qual o nosso é apenas um exemplo.

Seguidamente, ao explorar o artigo, verifiquei que se perdeu uma oportunidade para escrever um artigo sobre erros, sem erros... Mesmo o livro "Física Experimental" não esteve isento deles (podemos enviar uma errata).

Começarei pelo que considero a maior incorrecção de todas. Na p. 6 o autor afirma que, no caso de haver um número suficiente de medições, então a expressão do resultado deve ser dada por média+desvio padrão ou +- duas vezes o desvio padrão da amostra, conforme o grau de confiança desejado. Ora, a média que calcula na mesma página não é a média da distribuição, mas sim um estimador dessa média. Como tal, ela é também uma variável aleatória e o desvio padrão da média obtém-se dividindo o desvio padrão (que já agora também é uma estimativa e não o verdadeiro valor) pela raiz do número de medições. Só assim se compreende, de facto, a utilidade da repetição estatística das medições. A variância da amostra será sempre a mesma independentemente do número de medições, enquanto o desvio-padrão da média diminuirá com a raiz quadrada da amostra (ver, por exemplo, ps. 96-98 de Abreu *et al.*, 1994).

Segue-se um enunciado de incorrecções que reputo de menores. Para começar, a confusão já mencionada entre as grandezas estatísticas, média e desvio-padrão, e os seus estimadores estatísticos. Na p. 7, apesar de achar aceitável a apresentação do valor e erro na massa volúmica com mais um algarismo que os significativos estritamente necessários, impunha-se uma frase de esclarecimento pois esta

opção está em contradição com o resto do artigo. Na p. 8 o autor valoriza o coeficiente de correlação para estimar a precisão de uma relação linear, quando na minha opinião o que interessa de facto são as incertezas no declive e intersecção na origem que o autor afirma "serem dados por qualquer calculadora científica". Ver comentário na p. 116 de Abreu *et al.*, 1994.

O autor usa no texto muitas vezes a expressão "rigoroso" sem, no entanto, se esclarecer o que entende sobre este conceito. Uma vez que se define precisão e exactidão, com qual destas noções se deve equivaler a noção de rigor? Em Abreu *et al.* (1994) são definidos os conceitos de exactidão (ou fidelidade) e precisão (ou rigor), tendo no entanto os autores sido vivamente criticados por alguns colegas por usarem termos desactualizados.

Termino agradecendo ao autor o trabalho realizado e à "Gazeta" pela publicação deste trabalho, que não é diminuído pelas incorrecções apontadas e que podem ser facilmente corrigidas.

Luís Matias
lmatias@fc.ul.pt

ERROS E ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS - 2

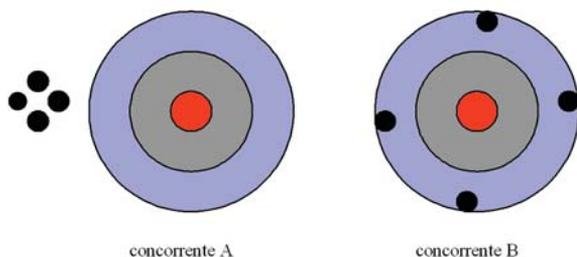
Há dias, chegou às minhas mãos um exemplar da "Gazeta de Física", de que confesso não ser um leitor assíduo, por omissão da minha parte, mas que doravante me passará a interessar mais. Um dos artigos chamou imediatamente a minha atenção, porque era sobre um tema que me é particularmente caro. Desde já felicito o autor pelo tratamento da matéria que, sendo tão essencial a todas as áreas do conhecimento, que não apenas a da Física, tão mal tratada é também entre os que aplicam a Física. Porque a "Gazeta" pretende estimular o "intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam

ou aplicam a Física", não quis deixar de lhe enviar alguns comentários que o artigo me suscitou.

O tratamento do tema tem todo o mérito, pela sua actualidade e necessidade e é de louvar a intenção do autor ao trazê-lo à luz na "Gazeta", com o propósito de ser melhor considerado nos programas do ensino secundário. Nos graus de ensino superiores faria também todo o sentido...

Porém, faço um reparo de ordem geral. A linguagem técnica utilizada, apesar do propósito do autor ter sido, certamente, o de a tornar mais inteligível, não obedece aos conceitos básicos consagrados internacionalmente e que o trabalho de décadas de normalizadores e regulamentadores internacionais permitiu estabelecer. Sem prejuízo desse objectivo e com rigor equivalente deveriam ter sido utilizados os conceitos adequados e consagrados. É tempo de acertarmos o passo pelas regras e convenções internacionais.

Existe, hoje, um léxico que consagra uma linguagem universal, no mundo das ciências, na matéria tratada no artigo em questão: o chamado VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia, que foi adoptado e publicado, em 1994, pelas mais importantes uniões científicas, a União Internacional da Física Pura e Aplicada (IUPAP), a União Internacional da Química Pura e Aplicada (IUPAC), a Federação Internacional da Química Clínica (FICC) e pelas organizações internacionais reguladoras e normalizadoras da metrologia, o Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), a Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), a Organização Internacional de Normalização (ISO) e a Comissão Electrotécnica Internacional (IEC).



Finalmente, ao fazer referência ao IPQ e à ISO, como duas das fontes de informação para o artigo, pode dar a entender que o seu conteúdo está conforme as publicações destas organizações, o que não é o caso. São particularmente relevantes, para a matéria em causa, os documentos, publicados pelo IPQ, "Guia para a expressão da Incerteza

nos Laboratórios de Calibração" e a Norma ISO 31. Nos comentários específicos, comento apenas os aspectos que me pareceram merecer reparo mais relevante.

P. 5, § 1: Afirma-se que a "incerteza" está "relacionada com escala do aparelho". Só se a escala estiver mal construída ou deficientemente graduada, essa afirmação é verdadeira. A incerteza de medição é proveniente de outros factores a saber: o objecto da medição, o equipamento de medição, o processo da medição, o(s) operador(es) e as condições ambientais.

P. 5, § 2: Afirma-se que "o último algarismo, que é estimado, está sujeito a um erro". Aqui onde está "erro" deveria estar mais correctamente "incerteza". O "erro" é por definição a diferença entre o resultado da medição e o valor verdadeiro. Ora, se o último algarismo se trata de uma estimativa, neste caso, certamente, obtida por uma interpolação efectuada pela visão do operador, não terá necessariamente erro mas terá com certeza "incerteza". Quanto à regra de adoptar metade da divisão é aceitável, muito embora se admita que operadores mais experimentados possam ter uma resolução óptica de quarto de divisão.

P. 5, § 3: Os conceitos referentes às escalas não são os correctos. O "menor valor da escala" numa escala de zero a dez é zero. O que se pretendia dizer, certamente, era a menor "divisão", o que é a menor diferença entre duas referências consecutivas numa escala. Refira-se ainda que na medição não há "certezas absolutas". Nem nos padrões internacionais!

P. 5, 2ª coluna, § 2: Afirma-se que "Os erros são de dois tipos: sistemáticos e acidentais". Ora os termos consagrados, há muitos anos, são: "sistemáticos" e "aleatórios". Quanto à sua origem não podem associar-se como é referido no texto às causas em questão. Também o operador pode cometer um erro sistemático e podem os erros aleatórios provir de todas as causas já referidas atrás, que contribuem para a incerteza. Por outro lado ainda, numa calibração não se eliminam os erros sistemáticos. Determina-se o respectivo valor e, caso o instrumento possua dispositivo de "ajuste", pode ser efectuada a respectiva correcção introduzida; em caso contrário, é fornecido em Certificado de Calibração, onde o seu valor deve constar.

P. 5, 2ª coluna, § 3: Associa-se as duas categorias dos erros à "precisão" e à "exactidão". Nada mais errado. Não há qualquer correspondência entre uns e outros. Quanto ao exemplo do parágrafo seguinte: qualquer das situações pode ser devida ao atirador ou à arma, ou ainda a outras circunstâncias exteriores: as balas, as condições ambientais,

o alvo, etc. O exemplo pode, no entanto, servir para uma boa exemplificação dos conceitos correctos, quer dos tipos de erros, quer dos conceitos de repetibilidade, quer de incerteza de medição.

P. 6, "Medições Directas", § 1, linha 1: Afirma-se: "Numa medição directa, o valor mais provável de uma grandeza é a média aritmética das várias medições efectuadas". Esta afirmação, na forma simplificada como é escrita, é discutível. De facto, ela só é verdadeira se o instrumento de medição utilizado estiver isento de erro sistemático. Só nesse caso, é que o valor médio obtido de um número elevado de medições corresponderá ao valor que se pretende medir.

P. 6, "Medições Directas", § 1, linha 6: Introduce-se um conceito de "desvio absoluto" de significado impreciso e ausente no VIM, atrás referido. Neste Vocabulário existe o conceito de "desvio", definido como sendo "valor subtraído do seu valor de referência". Porém, neste caso, o autor simplesmente toma a "média" pelo "valor de referência". Ora, isso não é correcto.

P. 6, "Medições Directas", § 2, linha 1: Utiliza o conceito de "incerteza" de forma totalmente descontextualizada da sua exacta definição, considerando que pode ser considerada seja na forma do desvio máximo da série de medidas, seja na forma do desvio médio. E, logo a seguir, salta para a utilização do conceito de "erro", afirmando incorrectamente que "se o erro associado ao instrumento de medição for superior aos desvios, a incerteza absoluta deverá ser esse valor". Há, portanto, nestes dois parágrafos a confusão geral dos conceitos de incerteza, erro e desvio que importa clarificar.

P. 6, "Medições Directas", § 4, linha 6: Aplica o termo "precisão" pela primeira vez (apesar de logo na introdução, na p. 4 - § 2, se servir dele de uma forma genérica), reutilizando-o mais adiante na última linha do mesmo parágrafo e amiúde adiante em outros parágrafos, com um significado confundido com o inverso de incerteza. Ora, este termo foi abolido do léxico da especialidade dos físicos (IUPAP) há 20 anos e dos químicos gerais e clínicos (IUPAC e FICC) há mais de dez, por uma razão: a sua definição era "imprecisa", confundia-se com outros conceitos e, pura e simplesmente, não fazia falta para caracterizar as medições. E de forma alguma pode ser associado com o de incerteza. Em nome da "precisão" da linguagem técnica, é necessário cada vez mais ser rigoroso na aplicação dos conceitos e evitar utilizar termos equívocos e caídos em desuso por força de convenções internacionais.

P. 6, "Medições Directas", 2ª coluna: Utiliza-se o símbolo

" σ ", que corresponde ao desvio-padrão de uma população de valor médio μ . No caso de amostras de uma população (como de seguida é referido) o símbolo a utilizar deverá ser " s " a sua designação será de "desvio-padrão experimental" e o denominador é $(n - 1)$. (VIM § 3.8)

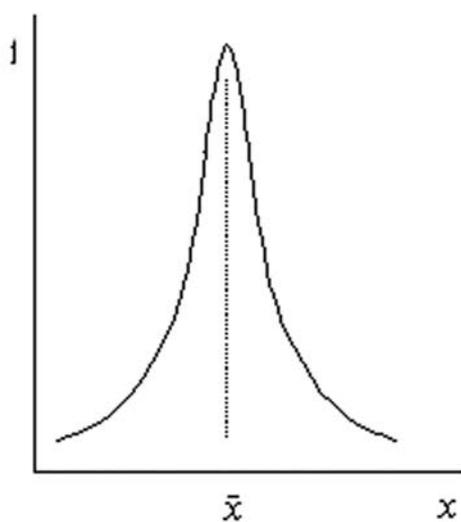
P. 8, "Arredondamentos". Por convenção, os resultados e os erros seguem as regras de arredondamento gerais, mas as incertezas são sempre arredondadas para cima. Acresce referir que as incertezas nunca devem ser apresentadas com mais do que dois algarismos significativos e, destes dois, o menos significativo deve corresponder ao menor do resultado.

António Cruz
(Director do Instituto Português da Qualidade)

RESPOSTA

Começo por lamentar que, durante a pesquisa que efectuei para a elaboração do artigo, não tenha deparado com a obra de Luís Matias que, sem dúvida, teria sido uma mais valia na elaboração deste trabalho. De igual modo, o preço elevado das normas torna difícil o seu acesso. As mesmas deveriam ser amplamente divulgadas de forma gratuita.

No primeiro parágrafo do artigo refiro os seus objectivos e público-alvo: professores e alunos do secundário e alunos a iniciar o ensino superior. Ao contrário de um livro, um artigo tem fortes condicionamentos de tamanho. Durante a sua revisão sofreu sem dúvida a perda de diversos esclarecimentos e redundâncias, importantes quando se lida com alunos de menor idade. No entanto, embora tenha referido que evitava entrar em formalismos aprofundados, talvez uma nota de esclarecimento à questão principal apresentada pelos leitores tivesse sido adequada. De facto, no artigo, não distingo a média aritmética simples da média objectiva (que é obtida com um número infinito de determinações) e que é o verdadeiro valor em torno do qual se desenha a curva de Gauss (o mesmo se passa com o desvio padrão, onde não distingo entre s e σ , como refere António Cruz). Refiro, no entanto, que este tratamento se aplica para um número de medições elevado ($n > 5$ é normalmente suficiente, dado que o aumento de precisão obtido decresce rapidamente com n) (veja-se, por exemplo, Pombeiro, A. J., *Técnicas e Operações Unitárias em Química Laboratorial*, Gulbenkian, 1998). No entanto, as observações dos leitores são pertinentes e ficam como chamada de atenção para todos os que desejem aprofundar o assunto.



Quanto ao cálculo da incerteza na massa volúmica, ele representa apenas um exemplo desse mesmo cálculo, sendo as considerações sobre algarismos significativos feitas posteriormente no artigo. Alterar algarismos nesta fase, na minha opinião, apenas complicaria a compreensão do mesmo.

Quanto à questão dos gráficos, mais uma vez a extensão do artigo me obrigou a resumir bastante o assunto. Note-se, no entanto, que no último parágrafo desse ponto refiro a possibilidade de se obterem os valores médios e respectivas incertezas do declive e ordenada na origem. Em mais de 3700 palavras que compõem o artigo, utilizei três vezes o termo rigoroso. Embora tenha utilizado o termo de uma forma corriqueira (poderia certamente ter feito outra escolha de palavras), posso explicitar melhor o seu significado. Enquanto o primeiro se refere ao formalismo matemático, explicando que desenvolvo o artigo sem entrar, tanto quanto possível, nos meandros complexos da análise estatística, os outros já entram em conflito com o assunto do texto. Assim, independentemente de qualquer definição oficial que possa existir, passo a definir a palavra "rigor", do ponto de vista pessoal, dentro do espírito com que foi utilizada no artigo. Defino como "atitude rigorosa" aquela que tenta minimizar as incertezas e erros nas medições sem, no entanto, os esquecer, assumindo-os como uma parte fundamental de qualquer resultado experimental.

Na realidade, como refere António Cruz, existem outras incorrecções de linguagem, que acabam sempre por nos escapar. Algumas são óbvias (por exemplo, referir o menor valor da escala em vez da menor "divisão", ou, apesar de todos os cuidados, utilizar a palavra erro onde deveria estar incerteza) mas outras são mais graves, tratando-se de

termos que estão devidamente normalizados (veja-se, seguindo a sugestão do leitor, VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia, IPQ, 1994 - aconselho a sua compra, pelo menos por instituições, como escolas, etc.). Algumas destas incorrecções foram realmente por desconhecimento, outras foram propositadas para facilitar a leitura do artigo aos alunos. O uso do desvio máximo, ou da média dos desvios é precisamente o que é exigido aos alunos numa prova de Física do 12º ano! Ora, se o próprio Ministério não tem o devido cuidado com este assunto, como poderão os professores e alunos esclarecer as suas dúvidas?

Finalmente, junto a minha voz à do leitor quando apela à importância da utilização de uma linguagem normalizada, devendo o seu uso ser divulgado (e exigido) desde os níveis de ensino mais baixos.

André Costa
j.andre.costa@netcabo.pt

Por iniciativa de alguns países, entre os quais Portugal, 2005 vai ser proclamado pela Organização das Nações Unidas (ONU) Ano Internacional da Física. A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) está apostada em desempenhar um papel fulcral nas iniciativas e realizações a desenvolver. O documento que se publica, da responsabilidade do Presidente da SPF, é um primeiro contributo nesse sentido.

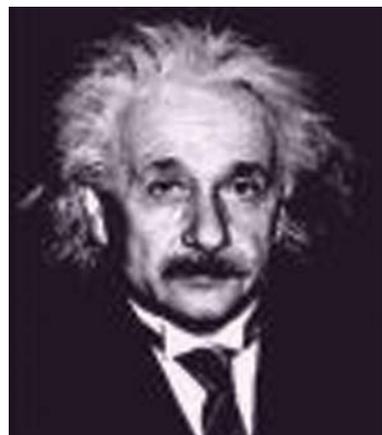
JOSÉ DIAS URBANO

Presidente da SPF

Departamento de Física, Universidade de Coimbra

urbano@teor.fis.uc.pt

2005, ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA - ENQUADRAMENTO OBJECTIVOS, INTENÇÕES



Perante o crescente desinteresse dos jovens pela Física, que se acentuou durante a década de 90, o 3.º Congresso Mundial das Sociedades de Física, realizado em Berlim em 15 e 16 de Dezembro de 2000 por ocasião das Comemorações do Centenário da Teoria Quântica, aprovou resoluções destinadas a "aumentar a compreensão pública da Física, a elevar o perfil da Física nas escolas e a fortalecer as sociedades de Física. Aprovou também a proposta da Sociedade Europeia de Física (EPS) no sentido de iniciar diligências para que o ano de 2005, centenário do annus mirabilis da produção científica de Albert Einstein, fosse declarado Ano Mundial da Física.

No seguimento dessas deliberações e por sugestão da EPS, em 12 de Outubro de 2002 a União Internacional da Física Pura e Aplicada (IUPAP) resolveu declarar o ano de 2005 Ano Mundial da Física e procurar o apoio das organizações nacionais e internacionais apropriadas.

INTERNACIONAL ENQUADRAMENTO, INTERVENIENTES



Sob proposta do Brasil, da França e de Portugal, em 16 de Outubro de 2003 a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) acolheu "a resolução da IUPAP, apoiou a ideia do Ano Internacional da Física 2005 e da realização, nesse enquadramento, de "actividades para promover a Física a todos os níveis, no mundo inteiro", e convidou o seu director-geral a solicitar à Assembleia Geral da ONU que declare 2005 Ano Internacional da Física.

A estas deliberações da UNESCO não terá sido alheio o facto de o desinteresse dos alunos pela Física estar a alastrar às áreas com ela relacionadas, tornando insuficiente a formação de cientistas, engenheiros e docentes, em número e com a qualidade necessária para promover o desenvolvimento das sociedades modernas.

Este fenómeno preocupa os governos e as sociedades científicas de todos os países. Mas preocupa sobretudo os governos dos países mais industrializados, alguns dos quais já delinearão estratégias para atacar as suas causas.

OBJECTIVOS

Em sintonia com as sociedades e associações de Física e com a UNESCO, a Sociedade Portuguesa de Física (SPF) pretende celebrar Albert Einstein como modelo de cientista e cidadão, promovendo a Física a todos os níveis, no nosso país.

Em particular, a SPF pretende:

- 1.º - Aumentar o apreço público pela Física;
- 2.º - Melhorar o ensino da Física nas escolas;
- 3.º - Reforçar o papel da Física na formação dos cientistas

e dos engenheiros;

- 4.º - Reforçar a aliança da Física com outros ramos do saber;
- 5.º - Reforçar o papel dos físicos na sociedade;
- 6.º - Cativar os jovens para o estudo da Física;
- 7.º - Aumentar a cooperação internacional no domínio da Física, em particular com os países de língua oficial portuguesa.

Nota importante: dado o papel fulcral da Física nas Ciências Exactas e Naturais, e na criação e desenvolvimento das aplicações nelas baseadas, as melhorias que se pretendem alcançar com os objectivos atrás enunciados beneficiarão, dum modo geral, toda a ciência, engenharia e a tecnologia no nosso país, o que confere uma amplitude muito maior à celebração da Física, no Ano Centenário de Albert Einstein.

I. Aumentar o apreço público pela Física

Pretende-se, fundamentalmente, aumentar a compreensão pública pela Física, isto é, contribuir para que os portugueses compreendam melhor esta ciência e se apercebam da sua importância social. Pretende-se, nomeadamente, que eles reconheçam que a Física:

Fornecer uma base indispensável para o desenvolvimento do nosso conhecimento da Natureza;

- Tem sido e continua a ser uma poderosa mola propulsora do desenvolvimento científico e tecnológico, estando na origem da invenção de muitas técnicas que são úteis no nosso quotidiano;

- Promove o bem estar da humanidade, constituindo uma esperança para a resolução de alguns dos maiores problemas com que actualmente nos defrontamos e para evitar os riscos inerentes à aplicação ilimitada das técnicas de base científica;

- Permite aceder a uma visão mais global do comportamento da Natureza, dos humanos e das sociedades, podendo as competências adquiridas com o estudo e com a aplicação da Física e das Ciências Físicas ser aplicadas a muitos outros domínios de actividade;

- É uma pedra angular da cultura do nosso tempo, que não pode ser arredada nem substituída. Para aumentar a percepção pública da Física, bem como o reconhecimento da sua importância, sugerem-se as seguintes acções:

- Publicação de livros e artigos, e realização de conferências, palestras, debates, exposições e exibição de filmes, sobre temas actuais e aliciantes das Ciências Físicas e das suas aplicações. Numa dessas conferências, a que se confere uma importância especial, a SPF pretende congrega todos os físicos e docentes de Física portugueses em torno da comemoração do centenário de Einstein e da definição das novas tendências da Física e das melhores formas de as concretizar;

- Inserção nos órgãos de comunicação social de notícias, imagens, reportagens, entrevistas e debates sobre a Física, o trabalho dos físicos e o seu impacto no nosso quotidiano;

- Difusão de cartazes e outras formas de publicidade, alusivos à Física;

- Abertura de laboratórios ao público, com demonstração de fenómenos físicos relevantes;

- Emissão de selos comemorativos de Einstein e do Ano Internacional da Física;

- Realização de espectáculos e exposições onde a Física apareça aliada às artes;

- Publicação de estudos sobre a história da Física em Portugal e sobre o impacto da obra de Albert Einstein e de outros físicos ilustres, no nosso país; e

- Criar, na Internet, um fórum de discussão sobre temas de Física, onde estudantes, docentes e cidadãos em geral possam trocar ideias entre si e com reputados especialistas.

2. Melhorar o ensino da Física nas escolas

Pretende-se assegurar que os jovens que desejem frequentar cursos superiores de ciências e engenharia ingressem neles com formação científica adequada. Mas pretende-se, sobretudo, aumentar a cultura científica dos portugueses, passando a Física a ser vista como um dos seus elementos estruturais.

Estas duas condições são essenciais para o esclarecido exercício dos direitos e deveres de cidadania, e para o desenvolvimento harmonioso e sustentável das sociedades modernas fundadas no conhecimento.



Para alcançar este objectivo preconizamos as seguintes medidas:

- Correção da estrutura curricular e programática dos cursos do ensino básico e secundário, com um importante reforço do ensino da Física e das Ciências Físicas;

- Aumento da componente experimental do ensino da Física e das ciências em geral, introduzindo-o a mais cedo possível;

- Melhoria das condições nos laboratórios e salas de aula, nomeadamente através do incremento do número de equipamentos experimentais, informáticos e audiovisuais;

- Disponibilização de materiais pedagógicos adequados aos vários níveis escolares, nomeadamente através da Internet;

- Introdução de um sistema de avaliação dos manuais adoptados pelas escolas, de modo a evitar a disseminação de conceitos errados. A SPF prontifica-se a colaborar nessa tarefa, podendo começar por incentivar a melhoria da qualidade através da atribuição de prémios;

- Alteração dos actuais critérios de formação e de contratação dos docentes do ensino básico e secundário, por forma a assegurar que todos os que vão ensinar Física estejam preparados para o fazer com suficiente qualidade;

- Introdução de um Sistema de Desenvolvimento Profissional Contínuo que faça depender a progressão na carreira docente da actualização dos conhecimentos científicos e do aperfeiçoamento das competências pedagógicas.

3. Reforçar o papel da Física na formação dos cientistas e engenheiros

Constituindo uma base das ciências experimentais e das suas aplicações técnicas, a Física é indispensável para a formação dos cientistas e dos engenheiros, devendo contrariar-se as tendências que, em Portugal, devido ao nosso peculiar sistema de governo das instituições do ensino superior, têm apontado em sentido contrário.

Dada a autonomia científica das instituições do ensino superior, que se deve respeitar e incentivar até como garante

da liberdade académica, o reforço do papel da Física na formação dos cientistas e engenheiros passa por convencer os respectivos órgãos científicos da necessidade desse objectivo. A acção concertada dos Departamentos de Física de todo o País é, a esse propósito, indispensável.

Dispondo duma mais sólida formação básica, os nossos cientistas e engenheiros ficarão mais aptos a:

- Contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade;
- Resistir à rápida obsolescência da sua formação inicial especializada;
- Dominar as novas tecnologias e a sua imediata aplicação, transformando-se em agentes privilegiados da inovação;
- Enfrentar a competição com os seus congéneres europeus, a qual adquirirá uma nova dimensão devido ao acordo de Bolonha, à crescente abertura dos mercados e à internacionalização das empresas e dos serviços.

Neste contexto, a SPF:

- Dinamizará, junto dos dirigentes e professores das instituições do ensino superior, um processo que permita formular modelos de currículos essenciais de formação científica básica, em sintonia com os das escolas de referência em ciências e engenharia no estrangeiro.

4. Reforçar a aliança da Física com outros ramos do saber

A Física desempenha hoje um papel cada vez mais importante na investigação multidisciplinar que, por sua vez, se revela uma necessidade absoluta para a compreensão de certas classes de fenómenos.

O reforço do papel da Física e das Ciências Físicas em grupos multidisciplinares passa por convencer os respectivos órgãos científicos e os organismos de financiamento das virtudes deste objectivo.

A este propósito, e a título de exemplo, referimos a recente alteração da política federal de financiamento da investigação médica nos Estados Unidos da América: os responsáveis pelos *National Institutes of Health* (NIH) passaram a estimular novas maneiras de combinar os conhecimentos das Ciências Físicas e das Ciências Biológicas, com a finalidade de combater doenças que têm resistido aos métodos de pesquisa tradicionais.

Noutras áreas, tem-se revelado essencial o papel da Física nos desenvolvimentos em curso nos Estados Unidos, no Japão e na Europa, na nanotecnologia, em novos materiais e nas tecnologias da informação.

Neste enquadramento, a SPF pretende:

- Sensibilizar os físicos portugueses para as virtudes da colaboração com investigadores de outras áreas do saber, integrando grupos de investigação multidisciplinares;

- Alertar as agências financiadoras da investigação científica para a necessidade de se usarem aproximações multidisciplinares na resolução de problemas que tradicionalmente podiam ser incluídos numa única área do saber; e
- Sensibilizar as autoridades académicas e o governo para a necessidade de se renovar e reforçar a nossa base de ciência e tecnologia, proporcionando o acesso de mais jovens de grande talento a carreiras de ensino e de investigação.

5. Cativar os jovens para o estudo da Física

O desencanto dos jovens com a Física repercute-se na sua fraca atracção pelas Ciências e pelas Engenharias, o que se reflecte negativamente nos indicadores portugueses de licenciados nessas áreas e, conseqüentemente, nos índices de inovação e desenvolvimento do nosso país.

A SPF pretende aproveitar o Ano Internacional da Física para cativar mais jovens para o estudo da Física, mudando a opinião desfavorável que têm sobre esta ciência através do esclarecimento sobre o âmbito e variedade das Ciências Físicas e suas aplicações, sobre o estímulo e gratificação intelectual que elas proporcionam, e sobre as oportunidades de carreira e cooperação internacional que elas oferecem.

Podem dar-se vários exemplos de acções concertadas que conseguiram atingir este objectivo. Um caso paradigmático é o da Alemanha, onde o número de alunos que se matriculavam em cursos de Física decresceu regular e fortemente durante a década de 90, para aumentar rapidamente em consequência das acções organizadas pela Sociedade Alemã de Física durante o ano de 2000, que foi declarado pelo Governo Federal como Ano Nacional da Física.

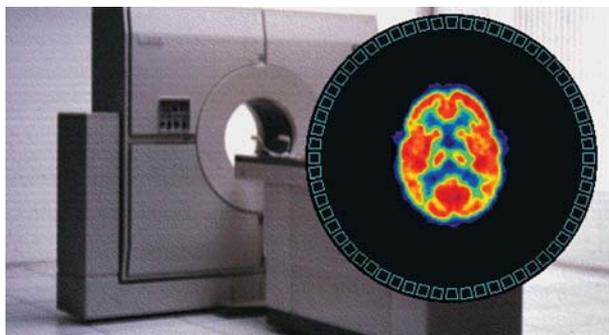
A SPF está certa de que as acções destinadas a aumentar o apreço público pela Física, entre as quais palestras, exposições e publicações sobre temas actuais e aliantes, conjugadas com a melhoria do ensino da Física nas escolas, irão, a médio prazo, despertar em muitos jovens o interesse por esta ciência.

Visando resultados a mais curto prazo, a SPF vai procurar envolver os estudantes do ensino básico e secundário em actividades que despertem o seu interesse pela Física e estimulem a respectiva aprendizagem. A título de exemplo, a SPF vai:

- Promover o reforço do papel da Física e da Ciência nas actividades pré escolares;
- Lançar concursos entre as escolas do Ensino Secundário, nomeadamente de calendários com efemérides alusivas à Física, de fotografias de fenómenos físicos, e outros;
- Lançar, entre as escolas do Ensino Secundário, um concurso de experiências de Física, concebidas e apresentadas por estudantes;
- Incentivar os estudantes do ensino básico e secundário a criarem Clubes de Ciência nas suas escolas;
- Procurar que as Associações de Estudantes de Física colaborem activamente na sensibilização dos estudantes

dos ensinos básico e secundário;

- Continuar a realizar as Olimpíadas Nacionais de Física e a promover a participação dos alunos vencedores nas Olimpíadas Internacionais e Ibero-americanas de Física; e
- Continuar a apoiar a realização do prémio "Professor Mário Silva" promovido pelo jornal Público, pela Gradiva e pela BP.



6. Reforçar o papel dos físicos na sociedade

Tomando como referência as sociedades mais desenvolvidas, Portugal tem muito a ganhar com o emprego de um maior número de físicos na indústria e nos serviços, e também com a atribuição das tarefas do ensino da Física apenas a quem possui as habilitações científicas adequadas.

A segurança dos cidadãos quando viajam ou se submetem a tratamentos radiológicos, e a utilização de todas as potencialidades dos novos equipamentos de diagnóstico, são apenas alguns dos muitos exemplos em que a colaboração dos físicos proporcionaria melhorias acentuadas.

De um modo geral, a colaboração dos físicos é indispensável na concepção, inovação e utilização de produtos e serviços que dependem da física moderna.

Assim, a SPF pretende:

- Sensibilizar a opinião pública, os empresários e todos os que têm poder de decisão para as vantagens de se assegurar o financiamento suficiente das actividades de ensino e investigação das Ciências Físicas, e de passar a haver uma mais intensa colaboração de físicos em actividades particularmente relevantes para o desenvolvimento económico do país e para a segurança, saúde e bem estar dos portugueses.

A este propósito, e a título de exemplo, torna-se indispensável e urgente a criação de uma carreira de físicos médicos hospitalares, à semelhança da que existe em sociedades mais desenvolvidas.

7. Aumentar a cooperação internacional, em particular com os países de língua oficial portuguesa

A cooperação internacional que já verifica na actividade científica terá de ser reforçada, bem como a cooperação

que começa a despontar no domínio do ensino superior, se Portugal quiser atingir, nos prazos previstos, os objectivos traçados pela União Europeia sobre as qualificações dos europeus.

Nesse sentido:

- A apetência de alguns estudantes portugueses para realizarem parte dos seus estudos em universidades estrangeiras precisa de ser complementada com a atracção de estudantes estrangeiros por universidades portuguesas, o que poderá requerer um programa especial.

Além disso, a SPF:

- Preconiza que o governo português tome a iniciativa de estabelecer um programa de cooperação destinado ao ensino e investigação das Ciências e das Engenharias, no âmbito da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa.

INTERVENIENTES

O objectivos atrás referidos só poderão ser atingidos com o envolvimento empenhado de todas as pessoas e instituições que se dedicam ao estudo, ensino, investigação, aplicação, divulgação e financiamento da Física em Portugal.

Será também necessário obter a colaboração de outras sociedades científicas e de ordens e associações profissionais, mormente as mais relacionadas com as Ciências Físicas e suas aplicações.

Será ainda necessário interessar e obter o apoio dos órgãos de soberania e, de um modo geral, das instituições e organizações preocupadas em melhorar a cultura científica dos portugueses.

Finalmente, é indispensável poder contar com a colaboração dos órgãos de comunicação social, em particular dos que têm vindo a desenvolver um esforço muito meritório de difusão da ciência e da cultura científica.

Entre as instituições que devem estar empenhadas no Ano Internacional da Física destacamos os Departamentos de Física e as Escolas e Universidades onde se encontram inseridos; as Unidades de Investigação em Física; os Museus e Centros de Ciência; as Escolas Básicas e Secundárias; as associações dos estudantes de Física; o Ministério da Ciência e do Ensino Superior e os seus organismos; o Ministério da Educação; a Fundação Calouste Gulbenkian e outras fundações; e a Comissão Nacional da UNESCO.

Mas a SPF conta também com a colaboração de outras instituições e pessoas que não se mencionam agora, mas cuja contribuição será preciosa para que o Ano Internacional da Física 2005 seja um ponto de viragem na cultura científica dos portugueses.

World Year of Physics 2005

Einstein in the 21st Century

[About WYP 2005](#) [Scheduled Events](#) [Event Ideas](#) [Plan an Event](#) [Submit an Event](#) [Media Contact](#) [About Einstein](#) [Sponsors](#)

Get involved in WYP 2005!

[Click here for Event Ideas](#)

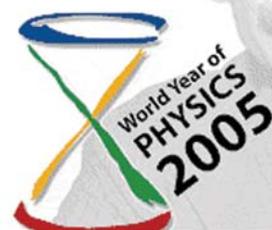
Speakers
List

Teachers
Classroom
Projects

Sign-up
for our
Online
Newsletter

Event Finder: Coming in 2004! Search and Browse for events happening near you!

The World Year of Physics 2005 plans to bring the excitement of physics to the public and inspire a new generation of scientists. Timed to coincide with the centennial celebration of Albert Einstein's "miraculous year," the World Year of Physics will be coming to YOU before you know it.

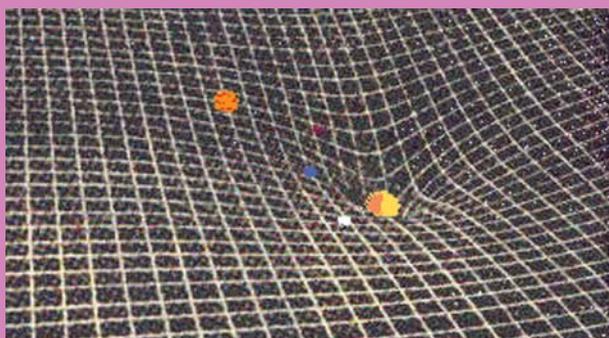


Visite o nosso "site"

<http://spf.pt>

e faça-se sócio da Sociedade Portuguesa de Física

NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



TEORIA DA RELATIVIDADE EM PORTUGAL NO PERÍODO ENTRE GUERRAS

Augusto Fitas

ENTREVISTA A ARTUR MARQUES DA COSTA

Carlos Pessoa

UMA NOVA “PILHA DE COMBUSTÍVEL”

Humberto Pereira