

GAZETA DE
física

Para os físicos e amigos da física.
WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA / VOL. 39 - N.º 3 / 2016 / Publicação Trimestral / €5,00



O que é um líquido?

FÍSICA 2016

Olimpíadas da Física

Índice

- artigo geral
- 2 **O que é** um líquido?
P. I. C. Teixeira
- 8 **Sombras** de buracos negros
Pedro V. P. da Cunha, Carlos A. R. Herdeiro
- gazeta ao laboratório
- 11 **Como estimar a incerteza no declive** a partir do coeficiente de Pearson?
Manuela Ramos Silva, Pablo Martín-Ramos, Pedro Sidónio Pereira da Silva
- sala de professores
- 15 **Desenvolver a criatividade** através da Astronomia
Cristina M. Sá, Lucília M. Santos
- vamos experimentar
- 17 **Onde devo colocar** o aquecedor?
Constança Providência
- livros e multimédia
- 19 **Pseudociência** por David Marçal
José Braga
- 21 **Notícias**
FÍSICA 2016 - resumo
Olimpíadas de Física
Notícias da SPF
Aconteceu

Sinto-me particularmente feliz por apresentar esta edição da *Gazeta de Física*. Como se pode depreender da dupla capa, trata-se de um número especial de aniversário – nada menos que setenta anos – e tenho o privilégio de estar ao leme editorial neste momento tão significativo.

Foi no longínquo mês de Outubro de 1946 que J. Xavier de Brito, Rómulo de Carvalho, Armando Gibert e Lídia Salgueiro lançaram o primeiro número da revista. Fizeram-no com as seguintes palavras: “A *Gazeta de Física* tem por primeiro e grande objectivo contribuir activamente para o desenvolvimento e elevação dos estudos de Física em Portugal em todos os graus de ensino, assim como para o esclarecimento dum público mais vasto sobre a posição real da intervenção da Física na vida moderna e sobre a acção do nível científico dos físicos e técnico-físicos no ritmo e na independência do progresso industrial do nosso País.”

Com este propósito, referiam-se à necessidade de dignificar e reconhecer a profissão de físico, bem como de criar uma licenciatura em física, abrangente e moderna, especificamente vocacionada para formar profissionais activos e interventivos nesta área. Se hoje temos licenciaturas e mestrados em física e engenharia física nas principais universidades do país, devemos-lo em parte ao trabalho destes e de outros pioneiros, que *ousaram* sonhar e dedicar-se à ciência em circunstâncias muito desfavoráveis. E, passadas sete décadas, tenho que assinalar o feito extraordinário que foi, pela primeira vez, um curso de mestrado de física ter obtido (*ex-aequo* com um curso de mestrado em engenharia aeroespacial) a mais elevada média de acesso ao Ensino Superior, acima de todos os restantes cursos: mui-

tos dos nossos jovens mais brilhantes escolheram em 2016 a física como opção de vida.

Neste período, a missão original da *Gazeta* diversificou-se e expandiu-se. Publicámos artigos científicos e artigos de divulgação, notas técnicas e históricas, considerações políticas, económicas e sociais sobre a física, problemas e resoluções de exames escolares, guias de experiências e notícias do mundo da física. Encontrámos novos públicos, sendo de destacar os professores do ensino secundário – que são uma das forças mais vivas de promoção da física entre os jovens – e os seus alunos. E encontrámos uma casa permanente na Sociedade Portuguesa de Física, que desde 1974 acolhe a revista.

Apesar de ainda chegar à caixa de correio, em versão papel, a *Gazeta* tem hoje uma existência *virtual* a vários níveis. Na sua página web podemos aceder aos conteúdos dos números históricos (na sequência de um projecto de digitalização em curso), bem como dos números mais recentes. Além do computador, a revista está disponível através de *apps* para leitura imediata no telemóvel ou *tablet*. Os artigos são submetidos e processados numa plataforma electrónica central que junta autores, editores e revisores. Mas para mim, a jóia da coroa tem sido a página de *Facebook* da *Gazeta*: a caminho dos 40 mil seguidores, é um exemplo ímpar de sucesso na divulgação e promoção de ciência em língua portuguesa, abrangendo Portugal mas também o Brasil, os PALOPs e as restantes comunidades lusófonas.

Parabéns à *Gazeta de Física*, aos seus editores passados e presentes, aos autores que a constroem e a todos os seus leitores. Faço votos de que continue a acompanhar-nos por muitos mais anos.

Gonçalo Figueira

Por opção pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Ficha Técnica

Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 45 – 3º Esq.
1050-187 Lisboa
Telefone: 217 993 665

Equipa

Gonçalo Figueira (Director Editorial)
Filipe Moura (Editor)
Olivier Pellegrino (Editor)

Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais,
Constança Providência

Colaboraram também neste número

José Braga, Pedro Cunha, Rita Figueira, Carlos Herdeiro, Pedro Jorge, J. Agostinho Moreira, Pedro Patrício, Teresa Peña, Carlos Portela, Pablo Martín-Ramos, Cristina M. Sá, Lucilla M. Santos, Manuela R. Silva, Pedro Silva, José M. Tavares, Paulo I. Teixeira, Rui Travasso

Comissão editorial

Teresa Peña - Presidente da SPF e anterior director editorial
Carlos Fiolhais - Anterior director editorial
Ana Rita Figueira - Física Médica
Carlos Portela - Educação
Constança Providência e Costa - Física Nuclear
Horácio Fernandes - Física dos Plasmas
Joaquim Norberto Pires - Física Aplicada e Eng^o Física
João Carvalho - Física das Partículas
João Veloso - Física Atómica e Molecular
José Luís Martins - Física da Matéria Condensada
Luís Matias - Meteorologia, Geofísica e Ambiente
Manuel Marques - Óptica
Rui Agostinho - Astronomia e Astrofísica

Correspondentes

Joaquim Moreira - Delegação Norte
Rui Travasso - Delegação Centro
Pedro Abreu - Delegação Sul e Ilhas

Design / Produção Gráfica

Fid'algo - printgraphicdesign

NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.800 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)
Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

O que é um líquido?

P. I. C. Teixeira^{1,2}

¹ ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Rua Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa

² Centro de Física Teórica e Computacional, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Edifício C8, 1749-016 Lisboa

piteixeira@fc.ul.pt

Resumo

Neste artigo, explora-se a singularidade e a raridade da fase líquida enquanto forma de organização da matéria. Começa-se por passar em revista algumas das propriedades dos líquidos, relacionando-os com os sólidos e os gases através de ideias básicas da Termodinâmica e da Física Estatística, as quais permitem compreender a estabilidade destas diferentes fases, bem como as transições entre elas. Seguidamente, discute-se que propriedades devem ter as forças interatómicas ou intermoleculares para que um determinado tipo de matéria apresente uma fase líquida. Finalmente, descreve-se trabalho de modelação que mostra como se pode “desligar” a fase líquida em materiais feitos à medida.

Introdução

A pergunta que constitui o título deste artigo pode parecer trivial ou irrelevante, uma vez que todos sabemos (ou julgamos saber) o que é um líquido. Mas a resposta importa a qualquer passageiro de avião (Figura 1), e a verdade é que os líquidos são estranhos. Aquilo que mais visivelmente os distingue dos sólidos é que, tal como os gases, os líquidos fluem, ou seja, sofrem grandes deformações sob a acção de forças infinitesimalmente pequenas, sem que as suas propriedades macroscópicas se alterem. Diz-se, na linguagem da mecânica dos meios contínuos, que os líquidos (e os gases) têm módulo de tensão de corte¹ nulo. No entanto, tal como os sólidos, e ao contrário dos gases, os líquidos são muito pouco compressíveis²: dito em palavras simples, um líquido não tem uma forma bem definida, mas tem um volume bem definido. Mais: as densidades³ de líquidos e



Fig. 1 - Este mostruário no aeroporto de Stansted (Reino Unido) pretende instruir os viajantes acerca da natureza da fase líquida.

sólidos são comparáveis (por exemplo, as densidades do gelo e da água líquida a 0 °C diferem apenas cerca de 10 %), enquanto as densidades dos gases são cerca de mil vezes menores (compare-se a densidade da água à temperatura ambiente – cerca de 1 g/cm³ – com a do ar à mesma temperatura e pressão de 1 atm – cerca de 1 g/dm³). Tomadas em conjunto, estas propriedades sugerem que a organização microscópica de um líquido seja desordenada, como a de um gás, mas compacta, como a de um sólido. Ou seja, os líquidos são singulares.

Por outro lado, como observam os autores de um famoso (para os especialistas) artigo de revisão sobre o estado líquido, escrito em meados dos anos 1970 [1], os líquidos existem apenas num estreito intervalo das temperaturas e pressões vigentes no Universo. Atente-se na tabela periódica: a maior parte dos elementos, incluindo alguns dos mais abundantes (ferro, carbono...) são sólidos à tem-

¹ O módulo de tensão de corte, ou módulo de cisalhamento (*shear modulus*) é uma medida da resistência oferecida por um material à deformação por uma força aplicada paralelamente à sua superfície.

² Ou seja, é necessário aplicar forças muito intensas a um elemento de líquido para que o seu volume se altere.

³ A densidade, ou massa específica, é definida como a massa por unidade de volume de uma substância.

peratura ambiente⁴; uns quantos são gases (azoto, oxigénio...); pouquíssimos são líquidos (bromo, mercúrio e, em dias um pouco mais quentes, frâncio, cézio e gálio). Que não tenhamos de todo esta impressão ao olharmos para o mundo à nossa volta, que nos parece pejado de líquidos, advém, em parte, da familiaridade que temos (ou julgamos ter) com a água, sobretudo no estado líquido. Se pensarmos um instante, muitos líquidos, como o leite, o sangue, a cerveja, o vinho, certas tintas – não passam de “água suja”, isto é, contendo relativamente pequenas quantidades de outros materiais (“impurezas”). Excepções a esta regra são o álcool, derivados do petróleo como a acetona, ou certas gorduras vegetais, que nada têm de aquoso. Ou seja, os líquidos são raros: não há assim tantos, quer naturais, quer artificiais.

Para compreendermos melhor as estranhas propriedades dos líquidos, precisamos primeiro de aprender mais acerca das fases da matéria, e das transições entre elas. Em que circunstâncias se obtém a fase sólida, a fase líquida ou a fase gasosa? É possível estabelecer as condições de equilíbrio e de estabilidade de um sistema macroscópico de um modo perfeitamente geral, isto é, sem fazer qualquer suposição quanto à natureza microscópica do mesmo, através do formalismo da Termodinâmica. Considere-se, por exemplo, um sistema a volume V e temperatura T constantes. O seu estado de equilíbrio será aquele que minimiza a energia livre (ou função de Helmholtz), dada por

$$F = E - TS \quad (1)$$

onde E é a energia interna, T é a temperatura absoluta e S é a entropia. A baixas temperaturas ($T \rightarrow 0$), o termo TS é desprezável e o mínimo de F é realizado pelo estado que minimiza a energia, E . Por outro lado, a altas temperaturas ($T \rightarrow \infty$), o termo TS domina, e o estado de equilíbrio é aquele que maximiza a entropia, S . Este princípio de mínimo mais não é do que uma das possíveis reformulações da Segunda Lei da Termodinâmica.

Como podemos deduzir destas considerações as regiões de estabilidade das diferentes fases? A matéria é constituída por partículas (átomos ou moléculas) que interagem entre si (Figura 2). A curtas distâncias, esta interacção é repulsiva – deve-se ao Princípio de Exclusão de Pauli – e impede que duas partículas se sobreponham. A longas distâncias, a interacção é atractiva e de origem electrostática – deve-se a forças entre dipolos permanentes e/ou induzidos. Usando a Equação (1), podemos concluir que o sólido é a fase estável a baixas temperaturas

e densidades elevadas: o potencial de interacção tem um mínimo para uma distância bem definida entre duas partículas, logo a energia potencial total (e , portanto, E) será mínima se as partículas estiverem dispostas num arranjo espacial periódico, perfeitamente regular – o sólido ideal. Como esta distância preferencial é da ordem das dimensões das partículas, tem-se que o sólido é uma fase de alta densidade. De modo análogo se conclui que o gás é a fase estável a altas temperaturas e baixas densidades, às quais a energia de interacção entre partículas é desprezável e a entropia é máxima.

E quanto ao líquido? Claramente, trata-se de uma fase intermédia entre o sólido e o gás, na qual a energia interna e a entropia têm pesos comparáveis. Ou seja, o líquido resulta de um equilíbrio delicado entre o “carácter sólido” e o “carácter gasoso”, o que explica as suas singularidade e raridade.

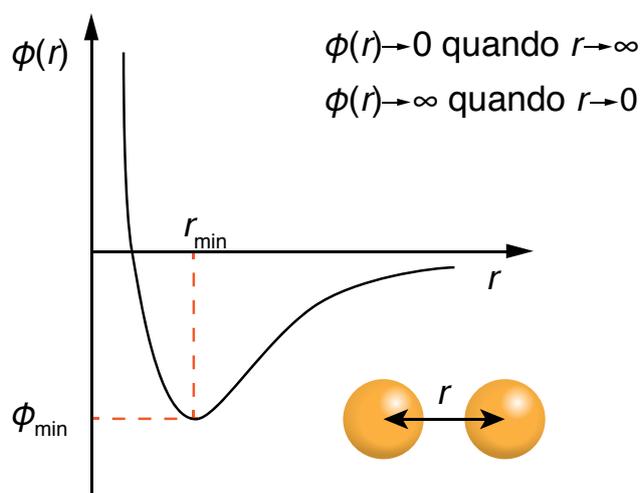


Fig. 2 - Forma genérica do potencial de interacção entre partículas constituintes da matéria. O potencial é repulsivo ($\phi(r) > 0$) a curtas distâncias, atractivo ($\phi(r) < 0$) a longas distâncias, e tem um mínimo, de profundidade ϕ_{\min} , quando a distância entre duas partículas é $r = r_{\min}$.

O cenário de Van der Waals

A distinção entre líquidos e gases é feita habitualmente com base na sua equação de estado, ou seja, no modo como o seu volume varia ao variar a pressão (e a temperatura) a que estão sujeitos: o volume de um líquido varia muito menos do que o de um gás. A primeira equação de estado capaz de descrever a transição gás-líquido, ou condensação, deve-se a Van der Waals [2]:

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT \quad (2)$$

onde P é a pressão, V é o volume, T é a temperatura, n é o número de moles de gás no volume V , R é a constante universal dos gases ideais, e as constantes a e b são características de cada gás: a mede a intensidade das atracções entre as partículas e b o volume por elas ocupado. Se traçarmos as isotérmicas de Van der Waals, ou seja, o gráfico de P em função de V da equação (2) a uma série de temperaturas T (figura 3), verificaremos que, a altas tempe-

⁴ Na Terra!

raturas, estas são semelhantes às da equação do gás ideal, $PV=nRT$. Existe, porém, uma temperatura T_c – dita *temperatura crítica* – abaixo da qual a curva $P(V)$ tem um ponto de inflexão, (V_c, P_c) . A temperaturas inferiores a T_c , a variação de P com V deixa de ser monótona decrescente – passa a existir um intervalo de V em que P aumenta com o aumento de V – ou seja, em que a compressibilidade do gás é negativa, o que não é físico. Esta limitação da equação de Van der Waals pode corrigir-se substituindo parte da curva por um segmento de recta horizontal (a tracejado na Figura 3), interpretado como correspondendo à região de coexistência de uma fase gasosa (com volume V_2) e uma fase líquida (com volume $V_1 < V_2$ logo densidade mais elevada que a da fase gasosa).

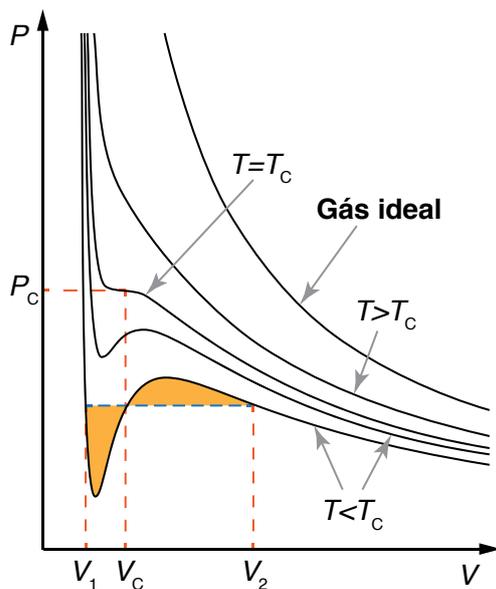


Fig. 3 - Isotérmicas de um gás de Van der Waals. A posição do segmento de recta azul a tracejado é escolhida de modo a que as áreas sombreadas sejam iguais (construção de Maxwell, que garante o equilíbrio relativamente à troca de partículas entre as duas fases). A temperaturas elevadas, as isotérmicas de Van der Waals aproximam-se das do gás ideal.

A equação de estado de Van der Waals pode ser facilmente deduzida pelos métodos da Física Estatística, se admitirmos que as partículas do gás se repelem, a curtas distâncias, como se fossem esferas rígidas (potencial repulsivo isotrópico e infinitamente íngreme), e que cada partícula se comporta como se sujeita a um potencial atractivo presente em todo o espaço e devido a todas as outras partículas (aproximação de campo médio) [3].

O principal mérito da equação de estado de Van der Waals está em esclarecer o mecanismo qualitativo da condensação, ao colocar em evidência os diferentes papéis desempenhados por repulsões e atracções entre partículas. Note-se que, no raciocínio utilizado para a deduzir, está implícita a suposição de que o alcance das atracções é muito maior do que o das repulsões, o que é verdade na maior parte dos sistemas atómicos e moleculares (com a possível excepção do buckminsterfullereno). Ora, nas déca-

das de 1970-1980, começou-se a estudar misturas de colóides⁵ e polímeros, tendo-se concluído que o polímero induz uma interacção efectiva entre os colóides, cujo alcance depende das dimensões da cadeia polimérica. Tornou-se assim possível controlar o alcance da parte atractiva do potencial, deixando inalterado o da parte repulsiva. E verificou-se que, para atracções de alcance suficientemente curto, existiam apenas uma fase sólida e uma fase fluida (líquida ou gasosa), ou seja, deixava de haver condensação. Este comportamento foi esclarecido através de simulações computacionais de um fluido de Yukawa [4]. O fluido de Yukawa é um modelo particularmente conveniente para estes estudos, uma vez que compreende uma repulsão infinita de alcance σ (o diâmetro do cerne rígido de uma partícula) e uma atracção exponencial de intensidade ε e alcance $1/\kappa$:

$$\phi(r) = \begin{cases} \infty, & \text{se } r < \sigma \\ -\varepsilon \frac{e^{-\kappa(r-\sigma)}}{r}, & \text{se } r \geq \sigma \end{cases} \quad (3)$$

Ao diminuir-se o alcance da atracção relativamente à repulsão, o equilíbrio líquido-gás torna-se meta-estável relativamente ao equilíbrio líquido-sólido e a condensação é substituída pela sublimação (Figura 4). Este comportamento pode compreender-se recorrendo, novamente, à equação (1): se o alcance da parte atractiva do potencial é muito curto, a baixas temperaturas a energia interna vai ser minimizada por estados em que as partículas estão muito próximas, logo a densidade é muito alta, o que é mais facilmente realizável num sólido, em que o arranjo das partículas é regular.

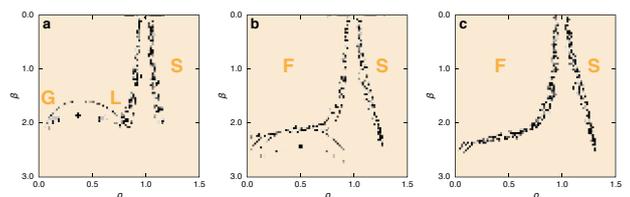


Fig. 4 - Diagramas de fases no plano factor de Boltzmann ($\beta=1/(kBT)$) vs. densidade (ρ) do fluido de Yukawa (Eq. (3)), para alcances decrescentes da parte atractiva do potencial de interacção entre duas partículas. As linhas são previsões teóricas, os símbolos são resultados de simulação computacional. (a) Para $\kappa=3,9$ estão presentes as três fases: gás (G), líquido (L) e sólido (S). (b) Para $\kappa=7$ já só existe uma única fase fluida (F): a curva de coexistência gás-líquido está dentro da curva de coexistência gás-sólido, ou seja, a condensação é meta-estável relativamente à sublimação. (c) Para $\kappa=9$ já só existe a curva de sublimação. (Adaptado de [4].)

Para além de Van der Waals: o fluido dipolar

Para que exista condensação, é claramente necessária a existência de forças atractivas entre as partículas. Mas, como vimos, não servem *quaisquer* forças atractivas: o seu alcance tem de ser suficientemente longo. Ora muitas das forças que se exercem entre átomos e moléculas são de natureza

⁵ Partículas com dimensões da ordem do micrómetro, suspensas num solvente.

electrostática, especificamente, potenciais do tipo dipolo-dipolo:

$$\phi_{dd}(r) = -\frac{1}{r^3} [3(\vec{\mu}_1 \cdot \hat{r})(\vec{\mu}_2 \cdot \hat{r}) - \vec{\mu}_1 \cdot \vec{\mu}_2] \quad (4)$$

onde $\vec{\mu}_i$ é o momento dipolar da partícula i e \hat{r} é o vector unitário que une os centros das duas partículas. Claramente, trata-se de uma força de longo alcance, ainda que fortemente anisotrópica. Será a interacção dipolo-dipolo, por si só, capaz de induzir condensação num sistema no qual, de outro modo, ela não se daria? Pensando no caso mais simples possível: será que um fluido de esferas rígidas dipolares condensa?

Foi isto que se interrogaram De Gennes e Pincus [5]. O potencial (4) é difícil de tratar teoricamente, pelo que se serviram de uma simplificação: consideraram antes o potencial *isotrópico efectivo* entre dois dipolos, que é atractivo e proporcional a $1/r^6$ – ou seja, tem alcance suficientemente longo. Logo, o fluido de esferas rígidas dipolares deveria ter um comportamento semelhante ao de um gás de Van der Waals, com fases líquida e gasosa (e sólida). E neste sentido pareciam também apontar as primeiras simulações em computador deste sistema, feitas ainda na década de 1970.

Mas as simulações são muito traiçoeiras. O número de partículas de um sistema simulado é sempre muito inferior ao de um sistema real e o potencial de interacção entre as partículas exige especial cuidado sempre que for de longo alcance. Quando, no início da década de 1990, se tornou possível simular sistemas de maiores dimensões e fazer um tratamento mais rigoroso das interacções de longo alcance, o cenário mudou completamente: a baixas temperaturas, um gás de esferas rígidas dipolares não condensava: em vez disso, as partículas agregavam-se em longas cadeias ramificadas, anéis e algumas outras estruturas mais complexas, nas

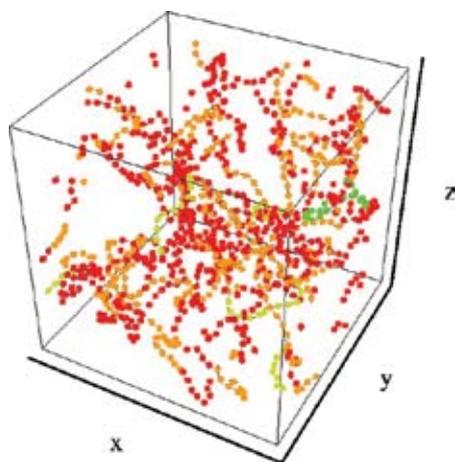


Fig. 5 - Instantâneo de uma configuração de 1024 esferas rígidas dipolares a baixa densidade e baixa temperatura [7]. As cores indicam o número de partículas constituintes das cadeias - vermelho: 1-5; laranja: 10-15; verde: 15-20.

quais dipolos consecutivos assumiam, aproximadamente, a orientação cabeça-com-cauda, que corresponde ao mínimo do potencial (4) [6] (Figura 5).

No final do século XX, a descrição teórica do fluido dipolar tinha chegado a um impasse. Surgiu então uma abordagem inovadora: o estado fundamental ($T=0$ K) do fluido de esferas rígidas dipolares é uma única cadeia linear, infinitamente longa. Tlusty e Safran [8] resolveram tratar o fluido dipolar a temperaturas baixas (mas não nulas) e baixas densidades como uma perturbação deste estado fundamental. Para tal, consideraram que as “excitações elementares” são de dois tipos: extremidades de cadeias (quando a cadeia infinita quebra para dar origem a cadeias mais curtas, com custo energético ε_e por quebra) e pontos de ramificação (onde três cadeias lineares se encontram, com custo energético ε_j). Estas excitações são de origem entrópica: a entropia está associada ao número de maneiras possíveis de quebrar uma cadeia ou de formar um ponto de ramificação. Se $\varepsilon_j < \varepsilon_e/3$ (ou seja, para pontos de ramificação suficientemente “baratos”), o ganho de entropia vence o custo energético (ver, novamente, Equação (1)) e podem ocorrer excitações em número suficiente para se formarem duas fases distintas: um gás, rico em extremidades de cadeias (ou seja, constituído por um grande número de cadeias curtas) e um líquido, rico em pontos de ramificação (ou seja, constituído por cadeias mais longas e mais ramificadas). As fases diferem não tanto nas suas densidades, como nas suas topologias. Abriu-se, assim, uma nova perspectiva acerca do comportamento de fases do fluido dipolar, o qual passou a ser visto como resultando da competição entre dois tipos de agregados: cadeias lineares e cadeias ramificadas. Simulações mais recentes [9,10], porém, sugerem que seja essencial generalizar a teoria de modo a incluir não apenas cadeias abertas, mas também anéis, bem como novos tipos de defeitos susceptíveis de induzir interacções entre agregados.

Ainda mais para além de Van der Waals: patchy colloids

Não é fácil relacionar as escalas de energia ε_e e ε_j da teoria de Tlusty e Safran com os momentos dipolares. Por volta de 2008, descobriu-se que esta teoria era o limite de baixas densidades e baixas temperaturas de uma outra, aparentemente completamente diferente: a teoria de perturbações termodinâmica de colóides com interacções anisotrópicas (*patchy colloids*) [11]. *Patchy colloids* são partículas coloidais que se atraem umas às outras apenas quando certas

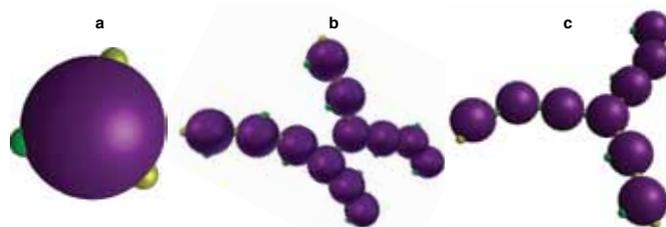


Fig. 6 - (a) Partícula coloidal com cerne de esfera rígida (violeta), dois patches do tipo A (pequenos hemisférios amarelos) e um patch do tipo B (pequeno hemisfério verde). Os patches de diferentes partículas só interagem quando se sobrepõem. (b) Ponto de ramificação do tipo X. (c) Ponto de ramificação do tipo Y. (Figuras da autoria de D. de las Heras)

regiões (*patches*) da superfície de uma partícula estão muito próximas das regiões correspondentes na superfície de outra partícula. Um modelo frequentemente utilizado consiste em tomar os *patchy colloids* como esferas rígidas cujas superfícies estão decoradas com um ou mais poços de potencial atractivos, de pequena largura angular, curto alcance e profundidade uniforme (Figura 6.a).

Aplicando a teoria de perturbações termodinâmica, verificou-se a existência de condensação induzida por pontos de ramificação em colóides com dois *patches* do tipo A e um número arbitrário de *patches* do tipo B (em que os *patches* A e B diferem na sua largura angular, e nos alcances e intensidades das suas interações). Neste modelo, os pontos de ramificação são de dois tipos: X (devidos a ligações BB com energia ϵ_{BB} , Figura 6.b) e Y (devidos a ligações AB com energia ϵ_{AB} , Figura 6.c). As ligações AA (com energia ϵ_{AA}) são responsáveis pela formação de cadeias lineares. Se desligarmos a interacção entre *patches* do tipo B e enfraquecermos a interacção entre *patches* dos tipos A e B relativamente àquela entre *patches* do tipo A, obtemos que (se $1/3 < \epsilon_{AB}/\epsilon_{AA} < 1/2$) a região de coexistência líquido-gás do diagrama de fases se torna reentrante – as densidades de coexistência do líquido e do gás aproximam-se, em vez de se afastarem, como seria de esperar, quando $T \rightarrow 0$ K – até desaparecer por completo (se $\epsilon_{AB}/\epsilon_{AA} < 1/3$). Ou seja, as fases líquida e gasosa tornam-se mais semelhantes a baixas temperaturas – são ambas compostas principalmente por longas cadeias lineares – em perfeita analogia com as previsões de Tlusty e Safran para o fluido dipolar [12] (Figura 7). O líquido torna-se um “líquido vazio”, que apenas difere do gás por ser ligeiramente mais ramificado. *Patchy colloids* e fluido dipolar parecem, portanto, ter alguma física em comum. Infelizmente, não foi possível, até agora, estabelecer uma correspondência isenta de ambiguidades entre os respectivos parâmetros de interacção [13]. Uma outra questão em aberto diz respeito ao papel dos agregados fechados (contendo anéis), que foi desprezado nos tratamentos teóricos mais simples, mas parece poder conduzir a um segundo ponto crítico a baixas temperaturas [14].

Conclusão

Embora a descrição clássica da transição gás-líquido, introduzida por Van der Waals no século XIX, se tenha revelado extremamente útil, sabemos hoje que há mais líquidos na Terra (e, porventura, no céu) do que sonha a sua filosofia. Apresentaram-se aqui alguns exemplos, e descreveram-se os esforços, ainda muito incompletos, para os compreender. É particularmente emocionante que se disponha hoje da capacidade de sintetizar no laboratório partículas coloidais com potenciais “feitos à medida” [15], cuja manipulação permitirá a observação de comportamentos de fases como os atrás discutidos, os quais, tanto quanto se sabe, não ocorrem na natureza.

Por opção pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

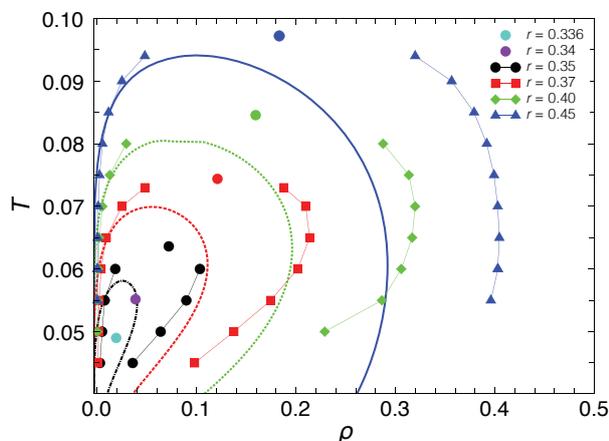


Fig. 7 - Diagrama de fases no plano temperatura T vs. densidade ρ : as linhas são previsões teóricas, os símbolos são resultados de simulação computacional. $r = \epsilon_{AB}/\epsilon_{AA}$ é a razão das intensidades das interações entre pares de *patches* AB e AA. As fases líquida e gasosa correspondem às regiões à direita e à esquerda das curvas, respectivamente. (Adaptado de [12])

Referências

1. J. A. Barker e D. Henderson, "What is "Liquid"? Understanding the states of matter", *Rev. Mod. Phys.* 48, 587 (1976).
2. J. D. van der Waals, *Over de Continuïteit van de Gasen Vloeistofoestand* (Leiden, 1873).
3. F. Reif, *Statistical and Thermal Physics* McGraw-Hill, 1965).
4. M. H. J. Hagen e D. Frenkel, "Determination of phase diagrams for the hard-core attractive Yukawa system", *J. Chem. Phys.* 101, 4093 (1994).
5. P. G. de Gennes e P. Pincus, "Pair correlations in a ferromagnetic colloid", *Phys. Kon-dens. Mater.* 11, 189 (1970).
6. J. J. Weis e D. Levesque, "Chain formation in low-density dipolar hard spheres: A Monte Carlo study", *Phys. Rev. Lett.* 71, 2729 (1993).
7. J. M. Tavares, J. J. Weis e M. M. Telo da Gama, "Strongly dipolar fluids at low densities compared to living polymers", *Phys. Rev. E* 59, 4388 (1999).
8. T. Tlusty e S. A. Safran, "Defect-induced phase separation in dipolar fluids", *Science* 290, 1328 (2000).
9. L. Rovigatti, J. Russo e F. Sciortino, "No evidence of gas-liquid coexistence in dipolar hard spheres", *Phys. Rev. Lett.* 107, 237801 (2011).
10. L. Rovigatti, S. Kantorovich, A. O. Ivanov, J. M. Tavares e F. Sciortino, *J. Chem. Phys.* 139, 134901 (2013).
11. J. M. Tavares, P. I. C. Teixeira e M. M. Telo da Gama, "Criticality of colloids with distinct interaction patches: The limits of chains, hyperbranched polymers, and dimers", *Phys. Rev. E* 80, 021506 (2009).
12. J. Russo, J. M. Tavares, P. I. C. Teixeira, M. M. Telo da Gama e F. Sciortino, "Reentrant phase behavior of network fluids: A patchy particle model with temperature-dependent valence", *J. Chem. Phys.* 135, 034501 (2011).
13. J. M. Tavares e P. I. C. Teixeira, "Patching up dipoles: can dipolar particles be viewed as patchy colloids?", *Molec. Phys.* 109, 1077 (2011).
14. L. Rovigatti, J. M. Tavares e F. Sciortino, "Self-assembly in chains, rings and branches: A single-component system with two critical points", *Phys. Rev. Lett.* 111, 168302 (2013).
15. Y. Wang, Y. Wang, D. R. Breed, V. N. Manoharan, L. Feng, A. P. Hollingsworth, M. Weck e D. J. Pine, "Colloids with valence and specific directional bonding", *Nature* 491, 51 (2012).



Paulo Teixeira faz teoria e modelização de vários sistemas do âmbito da matéria condensada mole (cristais líquidos, espumas, polímeros, elastómeros e colóides). Licenciado e Mestre em Física pela Universidade de Lisboa, doutorou-se na Universidade de Southampton (Reino Unido) e foi investigador pós-doutorado em Amesterdão, Cambridge, Leeds e no Instituto Superior Técnico. Foi Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa e é presentemente Professor Adjunto com Agregação do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e investigador do Centro de Física Teórica e Computacional da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. É um dos primeiros Outstanding Referees da Sociedade Americana de Física (2008) e co-autor (com João Paulo Casquilho) do livro *Introdução à Física Estatística*, publicado em Portugal (IST Press, 2011), Brasil (Livraria da Física, 2013) e no resto do mundo (Cambridge University Press, 2015).

Sombras de buracos negros

Pedro V. P. da Cunha^{1,2}, Carlos A. R. Herdeiro¹

¹ Departamento de Física da Universidade de Aveiro e CIDMA, Campus de Santiago, 3810-183 Aveiro

² CENTRA, Departamento de Física, IST, Universidade de Lisboa, Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa

cunhapcc@gmail.com; herdeiro@ua.pt

Resumo

Os buracos negros são provavelmente dos objectos mais misteriosos no Cosmos, levando as leis da física ao limite. Actualmente existe um número crescente de evidências experimentais de que o Universo está povoado por estas entidades. No centro da nossa galáxia, a Via Láctea, reside um buraco negro supermassivo denominado Sagitário A*. O que veria alguém que olhasse para um? E o que é a “sombra” de um buraco negro? Este artigo procura responder a estas questões.

Introdução

A teoria da Relatividade Geral de Einstein fez recentemente 100 anos. Uma das suas previsões mais intrigantes, e que gerou inicialmente um grande debate científico sobre o seu significado físico, são os buracos negros. Estes correspondem a regiões no espaço-tempo onde o campo gravitacional é incrivelmente forte, havendo um ponto de não retorno chamado horizonte de eventos a partir do qual nada consegue escapar (pelo menos classicamente), nem mesmo a luz, razão que inspirou John Wheeler a apelidá-los de “buracos negros” no final da década de 60 [1,2].

Existe actualmente um consenso na comunidade científica de que estes objectos deverão ser relativamente comuns no Universo, devendo formar-se no final da vida de estrelas muito massivas. De facto, após as suas reservas de combustível nuclear se terem esgotado, uma estrela massiva entra em colapso gravitacional, podendo dar origem a uma estrela de neutrões. Contudo, há um valor máximo permitido para a massa de uma estrela de neutrões, designado na literatura pelo limite de Tolman–Oppenheimer–Volkoff, e cujo valor é da ordem de três massas solares. Acima deste limite, nenhuma força conhecida consegue sustentar o colapso e o produto final é um buraco negro [1].

Já foram detectados vários objectos com emissão nos raios x que são fortes candidatos a buracos negros, com massas entre 5 a 30 massas solares [3]. Inclusivamente, no

dia 14 de Setembro de 2015, foram detectadas pela primeira vez ondas gravitacionais, sendo a forma do sinal a esperada pela Relatividade Geral para a coalescência de dois buracos negros com respectivamente 36 e 29 massas solares [4]. Esta foi também a primeira observação indirecta de uma colisão de buracos negros.

Contudo, existem buracos negros muito maiores do que os já mencionados, chegando a ser milhões de vezes mais massivos. Na verdade, no centro de muitas galáxias, habita um destes buracos negros supermassivos, e a nossa galáxia não é excepção. De facto, no centro da Via Láctea foram observadas estrelas a orbitar um corpo denominado Sagitário A* e, a partir das características das órbitas, foi possível inferir que este objecto compacto tem 4 milhões de massas solares, e que deverá ser um buraco negro supermassivo [5].

Ao longo dos últimos anos, tem-se descoberto que existe uma correlação entre certas propriedades das galáxias e a massa do buraco negro supermassivo nos respectivos centros. Tal descoberta é intrigante, pois significa que apesar de estes buracos negros serem tipicamente 100 milhões de vezes mais pequenos do que toda a galáxia, influenciam propriedades globais da galáxia-mãe [3].

Sombras

Contudo, já alguma vez alguém “viu” um buraco negro? E se estes são “negro”, seria possível ver alguma coisa?

Até hoje, os telescópios ainda não têm a resolução necessária para observar buracos negros à escala do horizonte de eventos. No entanto, devido à sua proximidade e tamanho, Sagitário A* encontra-se no limiar da resolução necessária, existindo neste momento um projecto internacional chamado *Event*



Fig. 1 - Simulação numérica da sombra de um buraco negro com a luz de fundo de estrelas. Esta imagem não é uma fotografia astronómica.

Horizon Telescope cujo objectivo é fazer precisamente essa observação. Para o efeito, será utilizada uma rede de telescópios espalhados pelo planeta, permitindo assim obter uma resolução sem precedentes [5].

Não obstante, recorrendo à Relatividade Geral é possível prever o que poderia ser o aspecto de um buraco negro caso alguém lhe tirasse uma fotografia. O que se espera observar é uma mancha negra na imagem, contrastando com a luz de fundo (Figura 1). O facto de haver luz nas proximidades do buraco negro é, portanto, importante. A esta região negra na imagem é dada o nome de sombra e, devido ao efeito de lente gravitacional, a sua forma não é necessariamente simples [6]. De facto, a sombra apenas depende da geometria do espaço-tempo na vizinhança do horizonte de eventos, e como tal, poderia ser usada para distinguir diferentes tipos de buracos negros.

Apesar de em alguns casos particulares se poder obter a forma da sombra analiticamente, geralmente tal não é possível, sendo necessário recorrer a métodos numéricos.

Ray-tracing

Na Relatividade Geral, os raios de luz seguem trajetórias especiais chamadas geodésicas. Resolvendo a equação que descreve as geodésicas, é possível prever o trajecto dos raios de luz. Uma maneira engenhosa de simular uma fotografia seria então propagar estes raios desde as fontes de luz e analisar os que chegassem à máquina fotográfica.

Contudo, este procedimento é muito ineficiente, uma vez que a maioria dos raios de luz nunca chegariam à máquina e seria portanto um desperdício de poder de cálculo.

Na verdade, a maneira mais eficiente de simular uma fotografia numericamente é propagar os raios de luz a partir da câmara e *para trás no tempo*, ou seja partindo da posição final e detectando o ponto de partida (Figura 2) [7]. Este procedimento, denominado de *backwards ray-tracing*, é também implementado em alguns jogos de computador, apesar de nesse caso os raios de luz seguirem trajetórias rectas e simples. Se alguns raios de luz atravessarem o horizonte de eventos do buraco negro, então tal implica que não houve luz que veio daquela direcção, e o pixel correspondente na imagem será preto.

Tal como já foi referido, um aspecto crucial para conseguir discernir a sombra é haver luz de fundo para ter contraste.

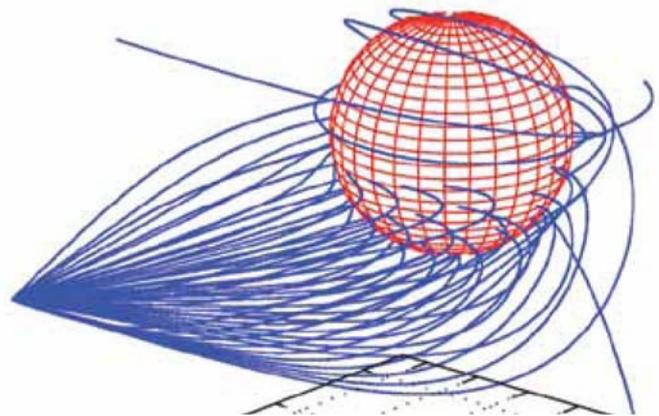


Fig. 2 - Propagação de raios de luz (azul) a partir da posição da máquina fotográfica (ponto de bifurcação). A esfera vermelha representa um buraco negro com rotação (Kerr) [9].



Fig. 3 - Simulação numérica da sombra de um buraco negro com um padrão de fundo diferente, nomeadamente o logótipo da *Gazeta de Física*.

Em termos astrofísicos, esta luz poderá vir do disco de acreção que circunda o buraco negro na sua proximidade. Esta situação é representada no recente filme de ficção científica *Interstellar* [7,8]. Contudo, para efeitos didácticos, pode-se considerar a situação idealizada de ter como fonte de luz as estrelas longínquas. Este caso está representado na Figura 1. O chamado anel de Einstein sobressai com facilidade nessa imagem. Dentro deste anel encontra-se representado todo o céu, havendo uma estrutura de repetição à medida que nos aproximamos do contorno da sombra. Por curiosidade, o padrão de fundo pode ser mudado (Figura 3) [9].

Conclusões

Resolvendo as equações de propagação dos raios de luz na Relatividade Geral, é possível prever teoricamente o que alguém veria se tirasse uma fotografia a um buraco negro. Nomeadamente, se houver luz de fundo que permita ter contraste, é possível discernir a sombra do buraco negro. Apesar de nenhuma sombra ter ainda sido detectada, há um projecto internacional chamado *Event Horizon Telescope* que pretende observar a sombra do buraco supermassivo Sagitário A* no centro da nossa galáxia.

Agradecimentos

Pedro Cunha é suportado pela bolsa de doutoramento N° PD/BD/114071/2015 FCT-IDPASC e pela fundação Calouste Gulbenkian através do Prémio de Estímulo à Investigação 2015.

Por opção pessoal, os autores do texto não escrevem segundo o novo Acordo Ortográfico.

Referências

1. V. P. Frolov e I. D. Novikov, *Black Hole Physics: Basic concepts and new developments*. Kluwer Academic Publishers (1998).
2. K. Thorne, *The Science of Interstellar*. WW Norton & Company (2014).
3. R. Narayan e J. E. McClintock, "Observational evidence for black holes," arXiv preprint:1312.6698 (2013).
4. B.P.Abbott *et al.* (Ligo Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) "Observation of gravitational waves from a binary black hole merger", *Phys. Rev. Lett.* 116, 061102 (2016).

Referências (cont.)

5. R.-S. Lu, A. E. Broderick, F. Baron, J. D. Monnier, V. L. Fish, S. S. Doeleman, e V. Pankratius, "Imaging the supermassive black hole shadow and jet base of M87 with the event horizon telescope," *The Astrophysical Journal* 788(2), 120 (2014).
6. J. M. Bardeen, "Timelike and null geodesics in the Kerr metric", C. Witt e B. Witt, editors, *Black Holes*, pp. 215 (1973).
7. O. James, E. von Tunzelmann, P. Franklin, e K. S. Thorne, "Gravitational lensing by spinning black holes in astrophysics, and in the movie *Interstellar*" arXiv preprint: 1502.03808 (2015).
8. P. Cunha "Física do filme *Interstellar*", *Gazeta de Física* 38 (1), 18 (2015).
9. P. Cunha *Black Hole Shadows*, Tese Mestrado, Universidade de Coimbra (2015).



Pedro Cunha licenciou-se em física na Universidade de Coimbra, tendo terminado o mestrado em Astrofísica e Instrumentação para o Espaço na mesma universidade. É estudante de doutoramento em Física no Instituto Superior Técnico (IST), tendo também como instituição de acolhimento a Universidade de Aveiro. Recebeu em 2015 um prémio de Estímulo à Investigação da Fundação Calouste Gulbenkian pelo seu trabalho em sombras de buracos negros com cabelo escalar.



Carlos Herdeiro é Professor Auxiliar com Agregação do Departamento de Física da Universidade de Aveiro e também investigador do Centro de Investigação e Desenvolvimento em Matemática e Aplicações (CIDMA), nas áreas de Gravitação, Cosmologia e Física das Altas Energias. A sua pesquisa actual incide sobretudo na física de buracos negros. Doutorou-se em 2001 na Universidade de Cambridge (Reino Unido), e foi *post-doc* na Universidade de Stanford (EUA) e na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Fundou o grupo de Gravitação Gr@v na Universidade de Aveiro em 2010, grupo do qual é actualmente o coordenador científico. É autor de mais de uma centena de artigos em jornais de circulação internacional nesta área científica.

Como estimar a incerteza no declive a partir do coeficiente de Pearson?

Manuela Ramos Silva¹, Pablo Martín-Ramos², Pedro Sidónio Pereira da Silva¹

¹ CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra, Portugal

² ESPH, Universidad de Zaragoza, Carretera de Cuarte s/n, 22071 Huesca, Espanha

psidonio@pollux.fis.uc.pt

Introdução

A Física é uma ciência experimental: todos os conceitos físicos têm de ser verificados experimentalmente antes de os aceitarmos como leis da natureza. No estudo dessas leis, das mais simples às mais complexas, queremos muitas vezes determinar como uma quantidade que estamos a medir depende de outra. Muitas vezes essa dependência é linear ou pode ser linearizada, como por exemplo, a variação do período de um pêndulo com o comprimento de um fio, da diferença de potencial aos terminais de uma resistência com a corrente elétrica que a percorre, da temperatura crítica de um supercondutor com o campo magnético aplicado, do número de partículas alfa que volta para trás ao atingir uma folha de ouro em função da espessura dessa folha, da energia cinética máxima de fotoelétrons em função da frequência de luz incidente em superfícies metálicas, etc. O ajuste de uma reta aos pontos experimentais permite-nos extrair o declive da reta e a partir dele determinar uma grandeza física que se mantenha constante na experiência. Nos exemplos anteriores: a aceleração da gravidade, a resistência elétrica, o intervalo de energias proibidas entre estado supercondutor e estado normal, a carga do eletrão, a constante de Planck.

Embora nos laboratórios científicos exista muitas vezes *software* especificamente criado para permitir a análise dos resultados de cada experiência, nos laboratórios didáticos recorre-se muitas vezes à calculadora científica ou a folhas de cálculo simplificadas para fazer o ajuste de uma reta aos dados experimentais. Estas ferramentas permitem-nos de forma fácil obter os parâmetros da melhor reta, nomeadamente o declive, e também o coeficiente de Pearson (R), cujo quadrado nos permite ajustar do ajustamento do modelo linear. Mais difícil é obter a incerteza associada ao valor do declive,

para, a partir desta, obter a incerteza na grandeza física que pretendemos determinar. É no entanto possível determinar a incerteza no declive a partir dos valores do próprio declive e do coeficiente de Pearson, como se demonstrará em seguida. Essa expressão é aplicada aos dados obtidos numa montagem simples para ilustração da lei de Ohm.

Definições e cálculos

Consideremos o nosso conjunto de dados experimentais: N pares de valores (x, y) em que \bar{y} é a média do conjunto dos valores y_i , $\bar{y} = (\sum_{i=1}^N y_i)/N$ e \bar{x} a média para o conjunto de valores x_i , $\bar{x} = (\sum_{i=1}^N x_i)/N$.

Chamaremos \hat{y}_i ao valor de y_i obtido através da reta que faz o melhor ajuste, ou seja $\hat{y}_i(x_i) = m \cdot x_i + b$. Vamos também definir as seguintes somas de quadrados:

$$\begin{aligned} SQ_T &= SQ_{yy} = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \\ SQ_E &= \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \\ SQ_{xx} &= \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \\ SQ_{xy} &= \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \end{aligned} \quad (1)$$

O declive da reta que faz o melhor ajuste é

$$m = \frac{SQ_{xy}}{SQ_{xx}} \quad (2)$$

e a ordenada na origem $b = \bar{y} - m\bar{x}$.

O desvio padrão do declive, que se calcula através da fórmula habitual de propagação de erros,

$$\sigma^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial w}\right)^2 \Delta w^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial v}\right)^2 \Delta v^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial u}\right)^2 \Delta u^2 + \dots \quad (3)$$

é dado por

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-2} \cdot \frac{SQ_E}{SQ_{xx}} \quad (4)$$

e R^2 , que nos permite avaliar da qualidade do ajuste, é igual a

$$\frac{SQ_T - SQ_E}{SQ_T} \quad (5)$$

As somas de quadrados acima definidos podem escrever-se em função umas das outras, por exemplo,

$$\begin{aligned} SQ_T - SQ_E &= \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N (y_i - mx_i - \bar{y} + m\bar{x})^2 \\ &= \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N ((y_i - \bar{y}) - m(x_i - \bar{x}))^2 \\ &= \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^N ((y_i - \bar{y})^2 - 2m(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) + m^2(x_i - \bar{x})^2) \\ &= +2m \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) - m^2 \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{SQ_{xy}}{SQ_{xx}} \cdot SQ_{xy} - \frac{SQ_{xy}^2}{SQ_{xx}^2} SQ_{xx} = \frac{SQ_{xy}^2}{SQ_{xx}} \end{aligned}$$

Usando esta igualdade é possível calcular σ usando m e R^2 ,

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{N-2} \cdot \frac{SQ_E}{SQ_{xx}} = \frac{1}{N-2} \cdot \frac{1}{SQ_{xx}} \cdot SQ_E \cdot \frac{SQ_{xy}^2}{SQ_{xy}^2} \cdot \frac{SQ_{xx}}{SQ_{xx}} = \frac{1}{N-2} \cdot \frac{SQ_{xy}^2}{SQ_{xx}^2} \cdot SQ_E \cdot \frac{SQ_{xx}}{SQ_{xy}^2} \\ &= \frac{1}{N-2} \cdot m^2 \cdot \frac{SQ_E}{\frac{SQ_T - SQ_E}{SQ_T}} = \frac{1}{N-2} \cdot m^2 \cdot \frac{SQ_T - SQ_T + SQ_E}{R^2} \\ &= \frac{1}{N-2} \cdot m^2 \cdot \frac{1 - R^2}{R^2} \\ \Rightarrow \sigma &= m \sqrt{\frac{1}{N-2} \cdot \frac{1 - R^2}{R^2}} \quad (6) \end{aligned}$$

$(N-2)$ é o número de graus de liberdade, ou seja, o número de pontos experimentais independentes menos o número de parâmetros a estimar no ajuste.

Aplicação

Como aplicação para a fórmula acima deduzida, vamos utilizar dois conjuntos de dados experimentais onde se verifica uma relação linear entre a diferença de potencial aplicada aos terminais de uma resistência e a intensidade da corrente eléctrica que a percorre. No primeiro ensaio usou-se uma fonte de tensão TTi (*Thurlby Thandar Instruments*)[®] PL330DP, um multímetro digital *digimess*[®] DM100 e uma resistência de 1 kΩ. No segundo ensaio, manteve-se o multímetro e usou-se a mesma resistência, mudando a fonte de tensão para o modelo *digimess*[®] HY3003-3 DC (Figura 1).

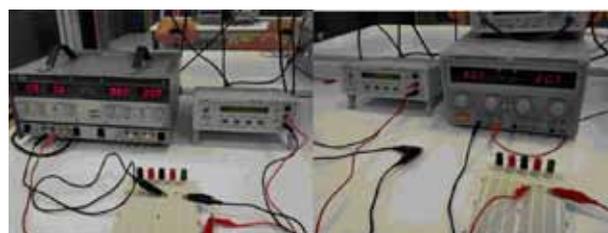


Fig. 1 - (esq.) Montagem experimental usando uma fonte de tensão TTi PL330DP e um multímetro DM100; (dir.) montagem experimental usando uma fonte de tensão HY3003-3 DC e um multímetro DM100.

Tabela 1 - Resultados Experimentais.

Ensaio 1		Ensaio 2	
Diferença de potencial (V)	Intensidade de corrente (mA)	Diferença de potencial (V)	Intensidade de corrente (mA)
0	-32,9x10 ⁻³	0	5,92x10 ⁻³
0,5	0,457	1,0	0,91
1,0	0,913	2,0	1,85
1,5	1,373	3,0	2,97
2,0	1,826	4,0	3,96
2,5	2,496	5,0	4,95
3,0	2,991	6,0	5,99
3,5	3,289	7,0	6,93
4,0	3,996	8,0	7,99
4,5	4,493	9,0	8,91
5,0	4,997	10,0	9,94

Os dados obtidos (Tabela 1) foram depois representados em dois gráficos distintos, quer usando a folha de cálculo Excel (Fig. 2), quer usando a calculadora científica TI-84 Plus (Fig. 3).

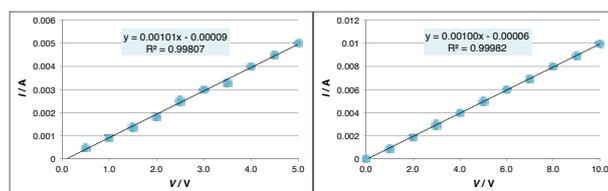


Fig. 2 - Gráficos obtidos usando a folha de cálculo Excel.



Fig. 3 - Gráfico e respectivo ajuste obtidos usando a calculadora gráfica.

Usando as opções destes dois programas, traçou-se a reta que corresponde ao melhor ajuste e obteve-se a equação da reta e o coeficiente de Pearson.

A partir dos valores do declive e do coeficiente de Pearson é possível, então, calcular a incerteza asso-

ciada ao declive para cada ensaio:

$$\text{Ensaio 1: } \sigma = 0,00101 \sqrt{\frac{1}{11-2} \times \frac{1-0,99802}{0,99802}} = 1,5 \times 10^{-5}$$

$$\text{Ensaio 2: } \sigma = 0,001 \sqrt{\frac{1}{11-2} \times \frac{1-0,99982}{0,99982}} = 5 \times 10^{-6}$$

Os resultados obtidos nos dois ensaios para o valor da resistência, são, respectivamente, $R_{e1}=990 \Omega$ e $R_{e2}=1000 \Omega$ e as incertezas associadas obtém-se a partir do desvio padrão de m , usando a fórmula de propagação de erros (3),

$$(\Delta R_e)^2 = \left(\frac{\partial}{\partial m} \left(\frac{1}{m} \right) \right)^2 (\Delta m)^2 = \frac{1}{m^4} (\Delta m)^2 \Rightarrow \Delta R_e = \frac{\Delta m}{m^2}$$

ou seja, $\Delta R_{e1}=15 \Omega$ e $\Delta R_{e2}=5 \Omega$. Assim os resultados dos dois ensaios da medida da resistência eléctrica por utilização da lei de Ohm são $R_{e1}=990 \pm 15 \Omega$ e $R_{e2}=1000 \pm 5 \Omega$, respectivamente.

Como nos dois ensaios foi usada exactamente a mesma resistência, é conveniente apresentar um único valor para R_e . Se se puder considerar que as incertezas associadas aos vários pares (V, I) , são iguais, independentemente do ensaio, então podem-se reunir todos os valores num único gráfico e ajustar-lhes uma reta, como mostra a Figura 4.

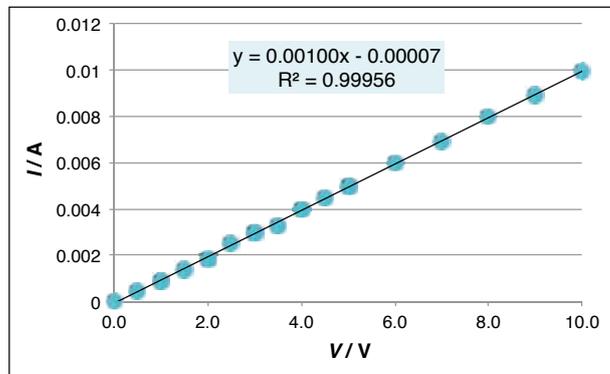


Fig. 4 - Gráfico obtido usando a folha de cálculo Excel.

Assim, obtemos o valor $R_e=1000 \pm 7 \Omega$.

Se nos dois ensaios fossem usados equipamentos muito diferentes, de tal forma que a incerteza experimental associada a cada medida fosse muito diferente, perderíamos as condições que nos permitiram deduzir a fórmula (1) mas podemos sempre obter o valor para R calculando a média ponderada dos valores R_{e1} e R_{e2} :

$R_e = 999 \Omega$, com maior desvio para a média de 9Ω , logo $R_e = 999 \pm 9 \Omega$ (ver Tabela 2).

Tabela 2 - Cálculo da Resistência Elétrica.

	Ensaio 1	Ensaio 2
Valor do declive	0,00101	0,00100
Incerteza do declive	$1,5 \times 10^{-5}$	5×10^{-5}
Resistência (Ω)	990	1000
Incerteza associada	15	5
Média ponderada	999 \pm 9	
Resistência a partir do declive (todos os dados)	1000 \pm 7	

Um último comentário para a importância do traçado de um gráfico retratando as medidas experimentais: qualquer desvio da dependência linear é imediatamente aparente (esse desvio podia acontecer se danificássemos a resistência fazendo-lhe passar correntes muito elevadas). Além disso, o declive da melhor reta, ou seja o valor da resistência, é imune a erros sistemáticos, quer na fonte de tensão quer no amperímetro. Esses erros são aparentes na ordenada na origem, que surge diferente de zero (sendo zero o valor teoricamente previsto pela lei de Ohm).

Bibliografia

1. N. C. Barford, *Experimental Measurements: Precision, Error and Truth*, John Wiley, New York (1985)
2. I. F. Hughes, T. P. A. Hase, *Measurements and their Uncertainties, A Practical Guide to Modern Error Analysis*, Oxford University Press, Oxford (2010)
3. R. H. McCuen, *Statistical Methods for Engineers*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1985)
4. D. C. Montgomery, G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, Wiley, New York (2011)
5. J. R. Taylor, *An Introduction to Error Analysis*, University Science Books, California (1997)



Manuela Ramos Silva licenciou-se (1993) em Física e doutorou-se (2002) em Física Experimental na Universidade de Coimbra, onde é professora auxiliar com agregação. Trabalha na área da Física dos Materiais, com particular interesse em magnetismo molecular, tendo mais de 250 artigos publicados em revistas internacionais e mais de 3000 horas de aulas leccionadas.



Pablo Martín-Ramos é professor na Universidade de Saragoça. Concluiu o seu Mestrado em Engenharia Eletrotécnica em 2011 na Universidade de Columbia, Nova Iorque e o seu doutoramento em Engenharia de Telecomunicações em 2013 na Universidade de Valladolid. Atualmente, o seu trabalho é centrado em

materiais multifuncionais contendo lantanídeos e catalisadores heterogêneos para fotossíntese artificial. Tem mais de 60 trabalhos publicados em revistas internacionais.



Pedro Sidónio Pereira da Silva licenciou-se (1995) em Engenharia Física e finalizou o seu mestrado em Física Tecnológica em 2000 na Universidade de Coimbra. Concluiu o doutoramento (2012) em Física Experimental na mesma Universidade, onde trabalha atualmente como técnico superior (laboratório TAIL-

-UC). Entre 2000 e 2008 foi assistente no Instituto Politécnico de Castelo Branco. Trabalha na área da Física dos Materiais, com particular interesse em óptica não-linear, tendo mais de 70 artigos publicados em revistas internacionais.

Desenvolver a criatividade através da Astronomia

Cristina M. Sá¹, Lucília M. Santos²

¹ Agrupamento de Escolas do Castelo da Maia, Rua Prof. Idalina Santos Quelhas, 4475-640 Castelo da Maia

² Dep. Física e CIDTFF, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3010-193 Aveiro

fsa.cristina@gmail.com; lucilia.santos@ua.pt

Resumo

Este estudo pretendeu verificar se as conceções dos professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico estão de acordo com as descritas na literatura e se a realização de uma formação em atividades práticas de Astronomia, planificadas de forma interdisciplinar, com materiais acessíveis e passíveis de transposição para a turma, constitui uma resposta para o problema identificado. Os vários registos elaborados permitiram concluir que a implementação de atividades práticas de cariz investigativo despertou a curiosidade, contribuiu para o desenvolvimento de pensamento criativo e possibilitou a construção de ideias cientificamente aceites. Assim, pode dizer-se que os professores superaram algumas das dificuldades sentidas, quer ao nível conceptual, quer ao nível do ensino experimental de ciências.

Introdução

A Astronomia desperta interesse, curiosidade e motiva alunos e professores. No entanto, esta área do conhecimento é abstrata e difícil de compreender, dado que os fenómenos envolvidos possuem uma explicação científica contrária à que a simples observação sugere. Esta situação origina conceções alternativas na infância, que se prolongam pela vida adulta, cabendo à escola o papel de dotar os cidadãos de capacidades científicas que alterem esta visão. Assim, através da Astronomia a escola pode educar para a ciência, que se entende como promotora de pensamento criativo. Este estudo insere-se neste contexto, com o qual se pretende, através da implementação de uma ação de formação com professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico, baseada em atividades práticas de cariz investigativo, contribuir para dotar os professores de meios que lhes permi-

tam ultrapassar as dificuldades sentidas e possuir um maior à vontade para trabalhar esta área do conhecimento.

Revisão de literatura

O aumento significativo de estudos, a partir da década de 90, demonstra a relevância da Astronomia para a educação e formação científica dos cidadãos. A análise de 103 artigos de investigação sobre Astronomia na educação, publicados entre 1974 e 2008, mostra que a maioria das investigações recai sobre os alunos nas escolas, 21 focam os professores e 7 baseiam-se em museus e centros de ciência. Segundo este estudo, os tópicos relacionados com as estações do ano e as fases da Lua são os que apresentam mais dificuldades a nível conceptual e, embora tenham sido muito estudados, o conhecimento não chega até aos professores, pelo que se torna necessário encontrar formas de disseminar a investigação realizada [1]. Neste sentido, uma das vias para o desenvolvimento da compreensão dos fenómenos de Astronomia parece ser a formação baseada em atividades práticas, não tradicionais, o conhecimento de pré-requisitos e a inclusão no programa de instruções que apontem para as conceções mais comuns sobre cada conceito [2]. Por outro lado, a implementação destas atividades permite que os alunos procurem soluções e tentem encontrar respostas, apelando ao pensamento criativo, para as questões-problema colocadas, ou seja, que pensem e atuem de forma científica.

Metodologia

Neste estudo [3] optou-se por um desenho *quasi-experimental*, para o qual se selecionaram dois grupos participantes de professores em exercício num agrupamento de escolas. O grupo experimental ($N=21$) foi selecionado através da inscrição na ação de formação e o grupo de controlo ($N=21$) foi constituído pelos restantes professores. Os dois grupos apresentaram características equivalentes em relação à faixa etária, que varia entre 30 e 57 anos de idade, e ao tempo de exercício em funções letivas, situado entre 5 e 35 anos.

Para a recolha de dados, recorreu-se à aplicação de questionários, a um diário do investigador e a portefólios reflexivos. O grupo experimental realizou a formação de 25 horas. A primeira parte constou de uma apresentação teórica que suscitou o diálogo e preparou para uma segunda parte prática, na qual os formandos vivenciaram, em trabalho de grupo, as atividades propostas. Estas foram selecionadas de um grupo disponibilizado pelo Ano Internacional da Astronomia e adaptadas para serem utilizadas com alunos dos 3.º e 4.º anos de escolaridade.

Desenvolvimento das atividades

Através da leitura de poesias e do diálogo estabelecido, surgiram questões que despoletaram a realização de atividades práticas, de forma a serem procuradas respostas para explicar cientificamente os fenómenos astronómicos. A partir da questão – Vamos descobrir o movimento do Sol? – os professores, organizados em grupos, pensaram qual seria a melhor forma de encontrar a resposta para a questão. Após debate, pareceu ser uma boa opção construir uma maquete para registar o movimento do Sol. Os professores puderam confrontar as suas ideias iniciais com o resultado da observação (Figura 1).

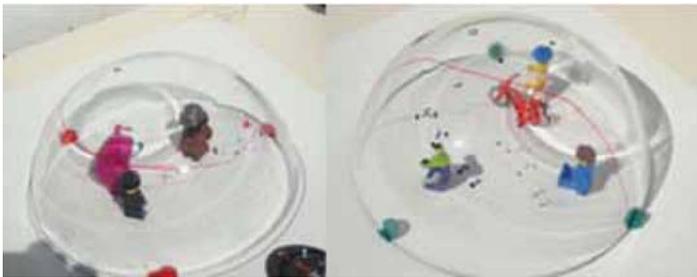


Fig. 1 - Registo das ideias prévias e da observação do percurso do Sol.

O desenvolvimento da atividade permitiu responder às questões: *O que acontece ao Sol no fim do dia?*; *Porque há dia e noite?* Esta atividade foi acompanhada do registo da sombra do palito e da sombra do colega com a qual se pretendeu responder à questão: *Porque é que a sombra varia a diferentes horas do dia?*

Decorrente do diálogo sobre o Sol colocou-se a questão: *A temperatura ambiente será sempre a mesma ao longo do dia?* Os professores foram convidados a pensar numa forma de encontrar as respostas para esta questão. Após a discussão, em grupo, realizaram uma experiência investigativa que consistiu em colocar caixas com termómetros ao Sol e à sombra, permitindo verificar as oscilações nos valores da temperatura ambiente ao longo do dia, relacioná-los com o comprimento da sombra da estaca e concluir que a temperatura mais elevada registada corresponde a uma sombra de comprimento menor. Para entender a razão deste fenómeno, questionaram-se os professores sobre a realização de outra experiência para corroborar os resultados anteriores e que pudesse ajudar a explicar o fenómeno. Após debate, os professores relacionaram a temperatura com a inclinação dos raios luminosos, constatando a diferença da área abrangida pelos raios do Sol quando o ângulo de incidência dos raios de luz é modificado. O conheci-

mento construído com esta atividade permitiu a transposição para as normas de segurança sobre a exposição ao Sol.

Conclusão

Os professores demonstraram possuir concepções alternativas sobre conceitos básicos de Astronomia, que estão de acordo com as descritas na literatura. A formação em atividades práticas permitiu trabalhar de forma concreta conceitos abstratos que, de outra forma, se tornam mais difíceis de compreender. Ficou evidente que a formação contribuiu para que os professores se sentissem mais seguros na aplicação das mesmas atividades aos alunos e que estas são geradoras de pensamento criativo, motivam para a ciência, despertam a curiosidade e parecem ser adequadas para a construção de conhecimento científico nesta área.

Referências

1. A. Lelliot, M. Rollnick, "Big Ideas: A Review of Astronomy Education Research 1974-2008", *International Journal of Science Education* 32 (13), 1771-1799 (2010).
2. C. Sneider, V. Bar, C. Kavanagh, "Learning about seasons: A Guide for Teachers and Curriculum Developers", *Astronomy Education Review* 10 (1) (2011).
3. C. Sá, "Formação de Professores e Atividades Práticas de Astronomia no 1º CEB", Universidade de Aveiro, Aveiro (2014).
4. R. Trumper, "Teaching Future Teachers Basic Astronomy Concepts - at a Time of Reform in Science Education", *Journal of Research in Science Teaching* 43 (9), 879-906 (2006).



Cristina Maria Sá, mestre em Educação em Ciência e doutora em Formação e Didática, ramo de Desenvolvimento Curricular, da Universidade de Aveiro é professora do 1.º Ciclo do Ensino Básico. Atualmente exerce funções de assessora do Diretor do Agrupamento de Escola do Castelo da Maia. Tem publicado alguns artigos e participado em vários congressos e conferências nacionais e internacionais.



Lucília Tavares dos Santos, doutorada em Física da Matéria Condensada pela Universidade de Aveiro, é Professora Associada do Departamento de Física da mesma universidade e desempenha funções executivas na Uinfoc e na UNAVE. É membro doutorado do Centro de Investigação "Didática e Tecnologia na Formação de Formadores", CIDTFF, e integra o *Steering Committee* da European Universities for Continuing Education Network, EUCEN.



Onde devo colocar o aquecedor?

Constança Providência

Material

- taça grande de vidro
- dois frascos de vidro pequenos
- corante alimentar vermelho e azul
- gelo e água quente

Movimentos de convecção da água

Talvez já tenhas reparado que os aparelhos de ar condicionado estão geralmente instalados perto do teto, e os de aquecimento central próximo do chão. Se nunca pensaste neste problema, faz um levantamento em tua casa, na escola e noutros edifícios que visites. Anota onde estão montados os aparelhos de ar condicionado e os aquecedores. Chegas a alguma regra geral? Afinal de contas, os aparelhos de ar condicionado são frequentemente utilizados tanto para baixar a temperatura duma sala no verão, como para a aquecer no inverno. Será que esta solução é eficiente? Sabes como podemos decidir qual é o local ideal para instalar qualquer um destes aparelhos?

Faz a seguinte experiência. Primeiro, prepara o seguinte material: uma vasilha grande e alta de vidro, dois frascos pequenos de vidro transparente, corante azul e vermelho (ou outras duas cores que se vejam facilmente), água gelada preparada com água da torneira e gelo, e água muito quente (cuidado, não te queimes).

Enche a vasilha grande com água da torneira. Num dos frascos pequenos, deita gotas de corante azul e enche-o com a água gelada. No outro frasco, deita gotas de corante vermelho e enche-o com a água quente. Com cuidado, coloca primeiro o frasco com



Fig. 1

o corante azul dentro da vasilha de água (Figura 1). Tenta manter a abertura do frasco pequeno tapada com o dedo, enquanto entra na água. Se preferires ata um fio fino à volta do gargalo e, segurando pelo fio, deixa o frasco entrar lentamente na água. Verifica o que acontece. A água azul sai do frasco?

Agora repete o mesmo procedimento e introduz na vasilha o frasco com água vermelha (Figura 2). Observa o que acontece logo que retiras o dedo da boca do frasco pequeno. Forma-se um pequeno vulcão submarino que expelle “lava” pela boca do frasco! A água vermelha vai-se acumular à superfície. Depois, à medida que arrefece por estar em contacto com a água da vasilha, espalha-se lentamente.

Consegues explicar o que se passa? Na verdade, uma das propriedades da água, designada por *densidade*, varia com a temperatura: a densidade da água é menor quanto maior for a temperatura, e é máxima quando a sua temperatura



Fig. 2

estiver perto dos $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. O que significa dizer que a água quente é menos densa que a água à temperatura ambiente? Basta tomar iguais volumes de cada tipo de água e pesá-los: a água quente vai pesar menos que a água à temperatura ambiente. Por ser menos densa, a água quente tem tendência a subir. Por outro lado, a água fria, com uma temperatura próxima de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, é mais densa que a água à temperatura ambiente, e, por isso, não sobe, não saindo do frasco.

Será que agora sabes dizer o que se passaria se, com cuidado, deitasses água vermelha quente (Figura 3) dentro de uma vasilha de água à temperatura ambiente? Onde é que ela vai ficar? E se deitares na mesma vasilha, igualmente com cuidado, água muito fria azul (Figura 4), o que lhe vai acontecer? Experimenta, usando novamente a tua vasilha grande de vidro, enchendo-a com água limpa.



Fig. 3



Fig. 4

Pois é, a água quente vermelha acumula-se à superfície da água, e a água fria azul desce para o fundo da vasilha, e assim se mantêm, até a temperatura da água começar a ficar uniforme. Consegues explicar porquê? Ora, numa sala, em vez de água, tens ar, que se comporta de um modo semelhante. Será que agora já sabes dizer onde deves colocar o teu aquecedor, para aqueceres a sala de um modo eficiente?

Precisamente, ao nível do chão, onde geralmente são montados os aquecedores. E o que achas da utilização de um

aparelho ao nível do teto para aquecer uma sala? Será que funciona?

Aos movimentos da água quente a subir e da água fria a descer chamamos *movimentos de convecção*, e podem ser observados enquanto a água não ficar a uma temperatura uniforme. O mesmo se passa com o ar. O que geralmente se faz para tornar a temperatura de uma sala uniforme mais rapidamente é associar ao aquecedor, ou ar condicionado, um ventilador que origina movimentos mais rápidos.

Por opção pessoal, a autora do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Referências

François Cherrier, *Física recreativa*, Editorial Verbo, 1977.

Constança Providência, Benilde Costa e Carlos Fiolhais, *Ciência a Brincar 3: descobre a água*, Editorial Bizâncio, 2003.

Constança Providência, *Gazeta de Física* 30, nº 3/4, 44 (2007).

Pseudociência por David Marçal

José Braga

josebcosta@portugalmail.com

Em memória de Natividade da Assunção Janela

A Fundação Francisco Manuel dos Santos tem feito um excelente trabalho com a coleção *Ensaios*, uma grande coleção de pequenos livros. O ensaio 48, *Pseudociência* por David Marçal, bioquímico, ex-jornalista de ciência, é a primeira obra nacional sobre o assunto e visa promover a literacia científica. Este objetivo é importante quando notamos que o sarampo se propagou por toda a Europa e os EUA devido à vacinação decrescente (inverno/primavera de 2015), ou a crescente difusão da homeopatia.

Este ensaio tem apenas três capítulos, o que o torna fácil de ler, especialmente para aqueles que não são cientistas, mas desejam ficar esclarecidos sobre este assunto. Favorece exemplos práticos, dá casos curiosos e usa uma linguagem popular e sugestiva, tornando-o um livro agradável e divertido para o público em geral. O autor vai definir o que é pseudociência, perguntando no título do primeiro capítulo «O que estamos a falar?». A partir de um exemplo real, extremo e significativo (mamografia por satélite), David Marçal capta a nossa atenção e dá um exemplo de como é importante o conhecimento científico, avançando para uma definição prática de pseudociência: a autointitulada atividade ou informação científica que não deriva de conhecimento científico válido mas de um argumento de autoridade. Depois, o autor explica resumidamente o que é a Ciência, o seu método, as suas principais características e como corrige os seus erros, salientando a importância que a pseudociência possui hoje em dia.

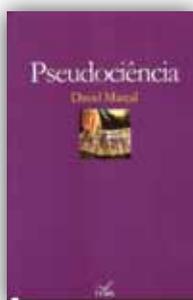
O segundo capítulo é sobre as práticas pseudocientíficas. Depois de salientar quão importantes os argumentos de autoridade são em pseudociência, o autor descreve algumas pseudociências presentes nas sociedades ocidentais: homeopatia, acupuntura, medicina quântica, movimentos antivacinas são dissecados, criticados e refutados de maneira que todos possam entender: David Marçal explica sempre como a Ciência real agiria para envolver o problema. O papel dos ensaios clínicos, grupos de controlo, o efeito placebo e sua ação são desta-

cados como fatores importantes em medicina. Também explica como essas práticas pseudocientíficas ganharam importância. Algumas das razões são o uso de uma linguagem aparentemente científica, a lei que regulamenta este tipo de atividades (aprovada pelo Parlamento Português em 2003), que fornece um reconhecimento oficial, as teorias da conspiração ou a tradição. O papel da publicidade e interesses financeiros (também de empresas farmacêuticas) não é esquecido.

Finalmente, no último capítulo, o livro fornece um manual de sobrevivência para o público em geral. A importância da cultura científica, escolas e museus é sublinhado, mas, mais importante, é apresentada ao leitor uma lista de livros sobre o assunto. Alguns são clássicos na explicação de pseudociência, como *O Mundo Infestado de Demónios* de Carl Sagan (Edição em Português, 2012) fácil de aceder e ler.

Os pontos fracos de *Pseudociência* relacionam-se com as características da coleção: um ensaio leve, visando um público geral e vasto, não dá qualquer visão sobre abordagens filosóficas. O livro também beneficiaria de uma conclusão explícita e sintética, destacando as suas principais contribuições e a importância do pensamento crítico. Algumas fotos ou esquemas sobre, por exemplo, a diferença entre Ciência e pseudociência poderiam facilitar a transmissão da mensagem. O estilo de escrita, que por vezes pode ser considerado demasiado informal, vai agradar a leitores jovens.

Este trabalho é o primeiro sobre o assunto no nosso país, revela os perigos da pseudociência para a nossa saúde e como pode ser combatida. Deve ser lido pelo público em geral interessado em questões científicas.



Pseudociência

David Marçal

Fundação Francisco Manuel dos Santos,
2014

ISBN: 978-989-866-278-1



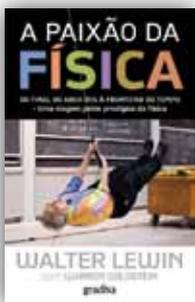
Ciência Cosmológica. De onde vimos? Onde estamos? Para onde vamos?

Jorge Dias de Deus
Editorial Gradiva, 2016
ISBN: 978-989-616-716-5



90% do Caro Leitor Foi Feito nas Estrelas

Alexandre Aibéo
Editorial Gradiva, 2016
ISBN: 978-989-616-736-3



A Paixão da Física

Walter Lewin e Warren Goldstein
Editorial Gradiva, 2016
ISBN: 978-989-616-694-6



Serviços de apoio à

Organização de Conferências

Página web da conferência

Criação e manutenção
Alojamento em servidor
Conta e gestão de emails



Software de gestão online

Inscrições de participantes
Submissão e revisão de abstracts
Gestão de pagamentos



Secretariado

Facturação e contabilidade
Apoio logístico no evento
Interface com fornecedores



Divulgação e imagem

Posters, faixas, banners
Material de apoio
Divulgação por email / revista



Liberte-se da papelada. Desfrute da ciência.

Para mais informação contacte-nos:
www.spf.pt



notícias

FÍSICA 2016 – resumo

J. Agostinho Moreira

Delegação Norte da Sociedade Portuguesa de Física

A FÍSICA 2016 – conferência que junta a 20.^a Conferência Nacional de Física e o 26.^o Encontro Ibérico para o Ensino da Física – decorreu entre os dias 8 e 10 de Setembro deste ano na Universidade do Minho. A organização ficou a cargo da Delegação Norte da Sociedade Portuguesa de Física, e contou com a colaboração ativa dos Colegas do Departamento de Física da Universidade do Minho na organização.

O evento contou com 247 participantes, 16 lições plenárias, 56 comunicações orais, 101 pósteres, uma sessão pública e 9 oficinas de formação para professores do 3.^o Ciclo do Ensino Básico e do Secundário. Estiveram ainda presentes os estudantes vencedores da 6.^a e 7.^a edição do Projeto MEDEA.

A abertura da Física 2016 contou com um painel constituído pelo Prof. Doutor Alexandre Quintanilha, Presidente da Comissão Parlamentar de Educação e Ciência, pelo Prof. Doutor António Cunha, Reitor da Universidade do Minho, pelo Dr. Hélder Pais, Diretor do Serviço de Inovação Curricular do Ministério da Educação, entre outras individualidades.

O 26.^o Encontro Ibérico contou com a participação ativa de vários colegas espanhóis e esteve entre nós a Doutora Verónica Tricio Gómez, presidente do grupo Especializado de Ensino da Física da Real Sociedade Espanhola de Física.

A Física 2016 abriu com a lição plenária do Prof. Arthur McDonald, Prémio Nobel da Física em 2015, que falou sobre o observatório de neutrinos de Sudbury e dos desafios atuais no estudo destas partículas. A Física 2016 contou ainda com a palestra do Prof. Lars Montelius, Presidente do Instituto Ibérico de Nanotecnologia, na Sessão Pública, que teve lugar no Conservatório Bomfim, e que terminou com um concerto dado pelos estudantes do Conservatório.

Esta edição da Física 2016 ficou marcada pela participação ativa de núcleos de estudantes de Física, que organizaram uma sessão debate sobre o tema de empregabilidade: “Sou Físico! e agora?”

A integração no mercado de trabalho”, na qual participou um painel de físicos que atualmente desenvolvem as suas carreiras profissionais em empresas e *startups*. Esta sessão foi um momento de partilha e de troca de informação muito apreciado pelos participantes mais jovens.

A Física 2016 destacou-se ainda pela participação de um elevado número de jovens estudantes (mestrado e doutoramento) e de investigadores de pós-doutoramento, quer nas apresentações orais, quer em pósteres. Este ano foi introduzido um prémio para o melhor póster, um para um participante da 20.^a Conferência Nacional de Física, atribuído a José Jorge Silva Teixeira do Agrupamento de Escolas Fernão Magalhães com o póster “Aprender e ensinar física com instrumentos antigos”, e outro para um participante do 26.^o Encontro Ibérico para o Ensino da Física, atribuído a Francisco Brasil do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa com o póster “Surface Plasmonic applied to optical bio-nanosensors”.

A Física 2016 foi um espaço de encontro e de estabelecimento/reforço de colaborações, troca de ideias e discussão de temas importantes, quer a nível científico, quer pedagógico.

A Delegação Norte da SPF agradece aos colegas do Departamento de Física da Universidade do Minho, em particular ao colega Bernardo Almeida, Presidente da Comissão Organizadora local, o empenho e dedicação na realização deste evento, assim como à D.^a Maria José Couceiro e à D.^a Isabel Alves, pelo excelente apoio na organização administrativa.

Para mais informações:

<https://eventos.spf.pt/FISICA2016>



Física 2016 - fotografia de grupo



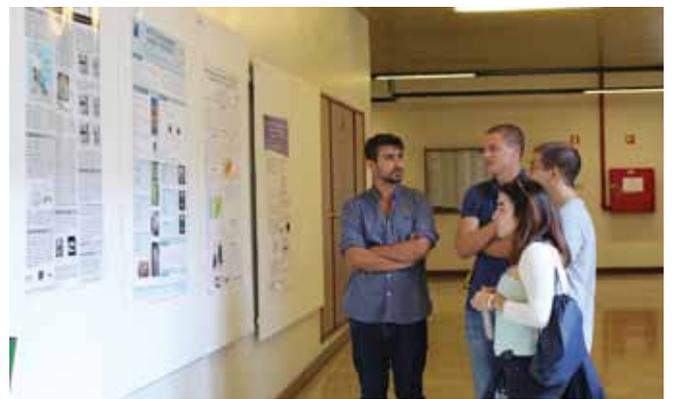
O Prémio Nobel sentado entre os estudantes vencedores da 6.^a e 7.^a edições do *Projeto Medea*



Palestra do Prémio Nobel da Física 2015, Prof. Arthur McDonald



Participantes em diálogo



Sessão de pôsteres



Sessão de debate *Sou físico, e agora?*



Sessão debate sobre empregabilidade

Olimpíadas de Física

Três Menções Honrosas para a equipa Portuguesa nas Olimpíadas Internacionais de Física

Rui Travasso

As Olimpíadas Internacionais de Física decorreram em Zurique de 11 a 17 de julho. Participaram nesta competição 398 estudantes finalistas do ensino secundário de 90 países. Esta Olimpíada, que vai já na 47.^a edição, é uma competição anual onde jovens estudantes pré-universitários são convidados a demonstrar a sua preparação em Física em dois longos e difíceis exames (um teórico e um experimental). O nível de conhecimentos requeridos para realizar estas provas vai muito além do programa do secundário de Física, envolvendo por parte dos estudantes imenso esforço e dedicação durante a fase de preparação.

O vencedor absoluto desta olimpíada, que obteve a melhor classificação no conjunto dos dois testes, foi um estudante da República Popular da China, Chenkai Mao. Os estudantes responderam a complexas questões sobre dinâmica em referenciais não inerciais, sobre a aceleração de partículas no CERN e sobre complexos circuitos elétricos com componentes não-lineares.

Os *team-leaders* que acompanharam a delegação a Zurique, Fernando Nogueira e Rui Travasso, salientam que “os temas das questões da prova teórica exigiram muito à-vontade com tópicos de Física a que os estudantes só foram expostos no processo, curto, de preparação para estas Olimpíadas. Foi o árduo trabalho de preparação dos alunos ao longo do ano, individualmente, nas suas escolas, e nas sessões que decorreram na Universidade de Coimbra, que foi aqui posto em evidência”.

A lista dos estudantes portugueses é a seguinte:

- Francisco Tomás Pires dos Santos (E.S. Filipa de Vilhena, Porto), menção honrosa
- Francisco Vicente Vazão (E.S. Domingos Sequeira, Leiria), menção honrosa
- Vasco Joaquim de Sousa Esteves (E.S. Damião de Goes, Alenquer), menção honrosa
- Matilde Machado da Costa Cancela da Fonseca (E.S. S. João do Estoril, Estoril)
- Rodrigo Pacheco Câmara (E.S. Domingos Rebelo, Ponta Delgada).

As Olimpíadas de Física são uma atividade promovida pela Sociedade Portuguesa de Física com o patrocínio do Ministério da Educação e da Ciência, da Agência Ciência Viva, da Fundação EDP e da Fundação Calouste Gulbenkian. O treino da equipa decorreu no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, integrado nas atividades da escola *Quark!* de Física para jovens.



Da esquerda para a direita: Vasco Esteves, Francisco Santos, Rui Travasso (*team-leader*), Francisco Vazão, Matilde Fonseca, Rodrigo Pereira e Maria José Couceiro e Pedro Abreu (observadores).

Uma brilhante participação de Portugal na XXI Olimpíada Ibero-americana de Física

Rui Travasso

A equipa portuguesa constituída por quatro estudantes que se apresentou em Carmelo, no Uruguai, para competir na XXI Olimpíada Ibero-americana de Física, foi premiada com uma medalha de prata, uma medalha de bronze e duas menções honrosas.

A XXI Olimpíada Ibero-americana de Física decorreu de 26 a 30 de setembro, colocando em competição 69 estudantes finalistas do ensino secundário de 19 países. No final de duas longas e difíceis provas de Física (uma prova teórica e uma prova experimental) o vencedor foi um estudante do Brasil.

Os *team-leaders* que acompanharam a delegação ao Uruguai, Orlando Oliveira e Rui Travasso, fazem um balanço extremamente positivo da prestação portuguesa: “É um ótimo resultado. Todos os estudantes foram premiados e mantivemos o alto nível de prestação a que a equipa portuguesa nos tem habituado nos últimos anos.”

Os docentes da Universidade de Coimbra destacam que “as provas deste ano eram bastante interessantes e desafiantes, focando tópicos de eletromagnetismo e de mecânica. Salientamos em particular o bom desempenho na prova experimental, que os próprios alunos atribuíram ao trabalho de preparação realizado ao longo do ano no Departamento de Física da Universidade de Coimbra”.

A lista dos estudantes portugueses premiados é a seguinte:

- Carlos Miguel Alexandre Carteiro (E.S. Damião de Goes, Alenquer), Medalha de Prata
- Francisco Salema Oom de Sacadura (E.S. Quinta do Marquês, Oeiras), Medalha de Bronze
- Tiago Cunha de Araújo (Externato Delfim Ferreira, Riba de Ave), Menção Honrosa
- José Miguel de Oliveira Mendes (E.S. Martinho Árias, Soure), Menção Honrosa

As Olimpíadas de Física são uma atividade promovida

pela Sociedade Portuguesa de Física com o patrocínio do Ministério da Educação e Ciência, da Agência Ciência Viva, da Fundação EDP e da Fundação Calouste Gulbenkian. O treino da equipa decorreu no Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, integrado nas atividades da escola *Quark!* de Física que neste ano foi suportado inteiramente pelo Departamento de Física da Universidade de Coimbra.



Da esquerda para a direita: Orlando Oliveira (*team leader*), Francisco Sacadura, José Mendes, Tiago Araújo, Carlos Carteiro, Rui Travasso (*team leader*).



Da esquerda para a direita: Tiago Araújo, Carlos Carteiro, José Mendes, Francisco Sacadura.

Notícias da SPF

Novos órgãos nacionais da Sociedade Portuguesa de Física

Por ocasião da Assembleia Geral da SPF realizada em 29 de março de 2016, foram eleitos os seus novos Órgãos Nacionais para o triénio 2016-2018, com a seguinte composição:

Mesa da Assembleia Geral

- *Presidente* Constança Providência, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- *1.º Secretário* Adelaide Amaro, Colégio Pedro Arrupe, Lisboa
- *2.º Secretário* António Jorge Silvestre, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

Conselho Fiscal

- *Presidente* Carla Carmelo Rosa, Faculdade de

Ciências da Universidade do Porto
 - *Secretário* Carlos Alberto Azevedo, Colégio Luso-Francês, Porto
 - *Relator* Augusto José David Moisés, Agrupamento de Escolas n.º 2 de Beja

Conselho Diretivo

- *Presidente* Maria da Conceição Abreu e Silva, Universidade do Algarve & LIP
- *Vice-Presidente* José António Paixão, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- *Vice-Presidente* José Marques, CTN/IST Universidade Técnica de Lisboa
- *Tesoureiro* Pedro Rodrigues Jorge, Colégio Valsassina, Lisboa

Divisão de Educação

Carlos Portela

No ano de 2016 as equipas científico-pedagógicas da Sociedade Portuguesa de Física procederam à avaliação e certificação de dois manuais escolares para a disciplina de Física e Química A do 11.º ano, componente de Física: *Eu e a Física 11*, editado pela Porto Editora, e *Novo 11F*, editado pela Texto Editores. Os documentos, contendo os comentários e as sugestões das equipas científico-pedagógicas, tiveram o melhor acolhimento por parte dos autores e dos editores. Da troca de pontos de vista daí resultante, procurou-se consensualmente adotar as propostas que melhor contribuíssem para manuais de qualidade excelente em todos os aspetos relevantes. As equipas de autores aceitaram praticamente todas as alterações e recomendações apresentadas, tendo aceitado todas as que diziam respeito a problemas de correção científica, pelo que as equipas científico-pedagógicas deram o seu parecer favorável à certificação destes manuais.

A Sociedade Portuguesa de Física, através da Divisão de Educação, candidatou-se à renovação da sua acreditação como entidade avaliadora e certificadora de manuais escolares para a disciplina de Físico-Química do 7.º, 8.º e 9.º anos de escolaridade, tendo para o efeito constituído duas equipas científico-pedagógicas, tendo sido renovada a sua acreditação para a disciplina e anos de escolaridade referidos por um período de três anos.

Foi realizada a auditoria externa das provas de exame nacional de Física e Química A (resolução das provas, 1.ª e 2.ª fases, e análise da sua adequação aos documentos curriculares): a participação da SPF constituiu uma mais-valia no processo de vali-

dação científica e pedagógica das provas; o parecer dos auditores foi bem acolhido pela equipa autoral, que integrou nas provas a maioria das sugestões apresentadas, nomeadamente as que decorriam de incorreções detetadas ou que visavam uma maior clareza dos enunciados dos itens ou dos critérios de classificação.

Foram elaboradas Propostas de Resolução dos Exames Nacionais de Física e Química A, 1.^a e 2.^a fases, disponíveis *online* na página da Divisão de Educação (<http://de.spf.pt>). Nesta resolução são apresentadas justificações dos itens de seleção de escolha múltipla e dos itens de resposta curta por forma a serem melhor compreendidas pelos alunos e, ao mesmo tempo, servirem de suporte para uma reflexão mais aprofundada sobre os conteúdos programáticos. Adotou-se uma estrutura em que as diversas etapas de resolução são devidamente concatenadas, procurando obedecer às seguintes características: respostas resumidas, de acordo com o programa da disciplina, e tendo em conta a faixa etária dos alunos, dando informação adicional quando tal potencia uma compreensão mais profunda dos conceitos envolvidos; nas questões de escolha múltipla apresenta-se uma explicação em que se justifica a opção correta, e se dá, sempre que necessário, informação complementar para compreender a incorreção das restantes opções (as alternativas erradas estão dirigidas para erros frequentes dos alunos e a sua discussão é uma oportunidade importante de aprendizagem); nas questões de construção de resposta curta apresenta-se, sempre que relevante, uma fundamentação da resposta dada; nas questões de construção de cálculo, e naquelas que envolvem a produção de um texto, é explicitado o raciocínio, indicando-se as várias etapas de resolução e apresentando-se, quando pertinente, outra possibilidade de resolução.

Os pareceres sobre os exames nacionais de Física e Química A da Divisão de Educação da SPF podem igualmente ser consultados na página *web* da Divisão.

No ano letivo de 2016/2017, teremos a colaborar com a Divisão de Educação, em especial nas Ações de Formação para os professores dos Ensinos Básico e Secundário, o João Antunes da Escola Secundária Sebastião e Silva de Oeiras.

Divisão de Física Médica

Rita Figueira

A Divisão de Física Médica (DFM) tem nova Comissão Coordenadora para o triénio 2015-2018. Os elementos que integram a Coordenação foram escolhidos em Reunião Geral da DFM, que decorreu em Coimbra no dia 14 de março de 2015:

- Coordenadora: Ana Rita Figueira (Centro Hospi-

talar de São João, Porto)

- Vice-Coordenador: Jorge Isidoro (Centro Hospitalar Universitário de Coimbra, Coimbra)
- Secretária: Esmeralda Poli (Centro Hospitalar Lisboa Norte – Hospital Santa Maria, Lisboa)

A DFM tem mantido um papel ativo na ligação entre as várias áreas da Física Médica, académica/formação, médico/hospitalar e de investigação/desenvolvimento, e também na divulgação desta área da Física. Tem ainda continuado o esforço de repetir junto das autoridades a necessidade do reconhecimento e regulamentação da profissão e da existência de um sistema de registo e certificação dos profissionais de Física Médica, aproximando Portugal do padrão europeu.

A DFM é membro e representante nacional nas organizações internacionais da área da Física Médica, como a IOMP e a EFOMP (European Federation of Organisations for Medical Physics), o que tem permitido aos seus membros a participação ativa nas atividades destas organizações. Destacam-se os seguintes acontecimentos recentes:

- A eleição da Maria do Carmo Lopes, do IPO de Coimbra, para o primeiro Conselho da EBAMP – European Board for the Accreditation of Medical Physics. O EBAMP resulta de uma iniciativa da EFOMP com o objetivo de criar uma organização independente de acreditação de eventos de formação em Física Médica.
- A presença no Conselho da EFOMP da Rita Figueira, do CHSJ, que desde janeiro de 2016 assumiu por dois anos o lugar de *chair* do *Professional Matters Committee* desta organização.
- A presença, em representação da DFM, no *1st European Congress of Medical Physics ECMP2016* (<http://www.ecmp2016.org>), que decorreu em Atenas de 1 a 4 de setembro, com a apresentação de um poster (“SWOT Analysis of the current situation of Medical Physicists in Portugal”) e de uma comunicação oral (“New European recommendations for MP Staffing Levels – Application to Portugal”). Portugal marcou também presença com a apresentação de vários trabalhos por colegas de hospitais, universidades e centros de investigação nacionais. O trabalho “Fetal Dose Estimation in a Case of Unintended Pregnancy During Brain Radiotherapy”, apresentado pela equipa de Física do Centro Hospitalar São João, recebeu o prémio de melhor e-poster do congresso.

Grupo da História de Física

Entrou em funcionamento o novo grupo da SPF dedicado à História da Física, com a coordenação de Augusto Fitas, da Universidade de Évora. A criação deste grupo foi proposta na Assembleia Geral da SPF de 2015, por iniciativa dos sócios Teresa Peña, Ana Simões, Carlos Fiolhais, Júlia Gaspar e Marta Lourenço, tendo entrado em funcionamento em julho de 2016. Os sócios interessados em participar neste Grupo poderão fazê-lo através da atualização da sua ficha de sócio.

Aconteceu

Cerimónia de nomeação como Sítio Histórico da EPS do Antigo Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra

Teresa Peña

No dia 11 de março de 2016, a Sociedade Europeia de Física (EPS) e a Sociedade Portuguesa de Física (SPF) homenagearam o Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, por ocasião da sua eleição como *EPS Historic Site*.

O Gabinete situa-se no edifício do mais antigo colégio jesuíta do mundo (fundado em 1542), convertido pelo Marquês de Pombal na Universidade de Coimbra. Este colégio é altamente significativo para a história da física uma vez que, na sequência da reforma da Universidade implementada no Iluminismo pelo então primeiro-ministro Marquês de Pombal (1699-1782), foram criadas as Faculdades de Filosofia e de Matemática a deu-se a expulsão dos jesuítas, tendo o colégio sido adaptado para o desenvolvimento da emergente ciência newtoniana.

A notoriedade do Antigo Gabinete deve-se também à fabulosa e singular coleção de instrumentos didáticos e científicos dos séculos XVIII e XIX, em magnífico estado de conservação, refletindo de forma notável a evolução de física nesses dois séculos. Os instrumentos foram concebidos e criados nas melhores oficinas britânicas e alemãs da época, e combinam de forma invulgar a exploração científica e a expressão artística.

A cerimónia de atribuição da distinção, organizada por Carlota Simões, diretora do Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, teve lugar no minuciosamente renovado anfiteatro, onde as prateleiras, mesas e cadeiras originais evocam as aulas do professor de física italiano Giovanni Dalla Bella (1730 -1823), contratado pelo Marquês de Pombal. A placa comemorativa atribuída pela EPS foi descerrada simultaneamente por Luisa Cifarelli, representante da EPS, e pelo Reitor da Universidade de Coimbra, João Gabriel Silva.

Os discursos de boas-vindas incluíram uma introdução à história do local pelo consultor científico da coleção, Décio Martins Ruivo (o qual, em conjunto com Carlos Fiolhais, elaborou a proposta submetida à EPS), e uma nota sobre o Departamento de Física da Universidade de Coimbra pelo seu diretor, José António Paixão.

Como presidente da SPF na altura da cerimónia, eu destaquei que a organização em 2014 da proposta que levou a esta distinção teve a intenção de marcar o lançamento do Grupo de História da Física na SPF, bem como evidenciar internacionalmente a ciência portuguesa, num período histórico como o atual, de crise e austeridade.

Finalmente, a representante da EPS, Luisa Cifarelli, sublinhou o precioso valor cultural e de património científico do local. O reitor da Universidade de Coimbra encerrou os discursos ao mencionar a relevância de tal herança para a universidade, em paralelo com a ciência e a investigação

modernas que são levadas a cabo nos seus departamentos científicos.



Luisa Cifarelli, representante da EPS, e João Gabriel Silva, Reitor da Universidade de Coimbra

SÍTIO HISTÓRICO EPS - SOCIEDADE EUROPEIA DE FÍSICA
GABINETE DE FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

O GABINETE DE FÍSICA FOI CRIADO EM 1772 DURANTE A REFORMA POMBALINA. PERMANECE NO SEU ESPAÇO DE ORIGEM MANTENDO AS SUAS CARACTERÍSTICAS. A SUA VALIOSA COLEÇÃO DE INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS REFLETE DE MODO NOTÁVEL A EVOLUÇÃO DA FÍSICA DURANTE OS SÉC. XVIII E XIX.

COIMBRA, 11 DE MARÇO DE 2016

EUROPEAN PHYSICAL SOCIETY • EPS HISTORIC SITE
CABINET OF PHYSICS OF THE UNIVERSITY OF COIMBRA

THE CABINET OF PHYSICS WAS ESTABLISHED IN 1772 DURING THE REFORM OF THE MARQUÊS OF POMBAL. IT REMAINS IN ITS ORIGINAL PLACE AND STATE. ITS RICH COLLECTION OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS REFLECTS IN A REMARKABLE WAY THE EVOLUTION OF PHYSICS DURING THE 18TH AND 19TH CENTURIES.

COIMBRA, MARCH 11, 2016



Placa comemorativa

Ação de formação da SPF – Tópicos do novo programas de Física do 11.º Ano

Pedro Jorge

A formação é um elemento fundamental para a atualização e evolução de um professor. Com este fator presente, a Sociedade Portuguesa de Física realizou nos passados dias 4 e 5 de julho a primeira edição da ação de formação “Tópicos do novo programas de Física do 11.º Ano”, onde se pretendeu não só analisar os novos conteúdos introduzidos pelo novo programa de 11.º ano que está a ser implementado no corrente ano letivo, mas também explorar alguns conteúdos e experiências que são atualmente abordados nesse ano numa perspetiva aprofundada, indo além da análise realizada no ensino secundário.

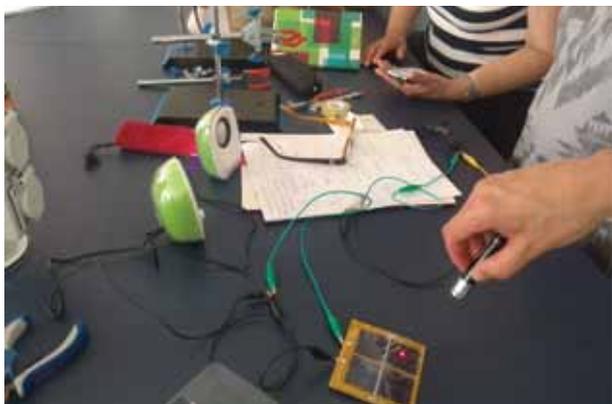
A ação de formação deu ênfase a duas áreas da física que se complementam, o eletromagnetismo e os fenómenos ondulatórios. Para analisar os conteúdos relacionados com os fenómenos ondulatórios foi possível contar com o Professor José Rebordão, catedrático da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e especialista em óptica, sendo acompanhado na componente prática pelo Dr. Paulo Silva, da mesma instituição, que realizou e analisou a experiência da difração da luz prevista no programa.

A área do eletromagnetismo foi analisada pelo Professor Pedro Abreu, professor da Física no

Instituto Superior Técnico e presidente da Delegação Regional do Sul e Ilhas da SPF. Mais uma vez, o Dr. Paulo Silva realizou a componente prática, efetuando a experiência da determinação da velocidade do som. Foi dado especial destaque ao trabalho com o osciloscópio para que os professores pudessem conhecer com maior pormenor este aparelho incontornável na física experimental.

Existiu ainda a preocupação de apontar algumas sugestões metodológicas para que os professores pudessem utilizar abordagens diferentes nas suas aulas, nomeadamente a utilização do iPad enquanto instrumento para o desenvolvimento de experiências de física e a utilização de um laser para a transmissão de som.

A importância da ação de formação foi reconhecida pelos presentes pela análise de alguns aspetos importantes do programa de Física do 11.º ano, estando já agendadas novas edições desta formação.



Imagens da ação de formação

MTGfest – Conferência em homenagem a Margarida Telo da Gama

Pedro Patrício, José Maria Tavares e Paulo Teixeira

Durante os dias 27 e 28 de junho de 2016, decorreu na Universidade de Lisboa uma conferência em homenagem à Prof. Margarida Telo da Gama, celebrando o seu aniversário e as suas muitas contribuições para a Física, para a Educação e para a Divulgação da Ciência.

Depois de se ter licenciado e doutorado em Bris-

tol (Reino Unido), e de ter feito um pós-doutoramento em Cornell (Estados Unidos), a Prof. Margarida Telo da Gama iniciou, na década de 80, a sua atividade de docência na Universidade de Lisboa, impulsionando notavelmente a investigação em *soft matter* (fluidos complexos, matéria deformável) em Portugal. Foi fundadora do Centro de Física Teórica e Computacional (CFTC) e é atualmente Presidente do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

A conferência juntou muitos dos seus colaboradores científicos, antigos professores e numerosos alunos, provenientes de Espanha, França, Itália, Alemanha, Polónia, Reino Unido e dos Estados Unidos, que se destacaram na área da física estatística, dos fluidos complexos, na indústria e ainda noutras áreas diversas, como a economia ou a história da ciência.

Mais informação sobre a conferência pode ser consultada na página web:

<http://cftc.cii.fc.ul.pt/Workshops/MTGfest/>



Margarida Telo da Gama



Atividades

Olimpíadas de Física

Competição destinada aos estudantes dos Ensinos Básicos e Secundários com o objetivo de incentivar e desenvolver o gosto pela Física. A SPF organiza anualmente as Olimpíadas regionais e nacionais e participa nas Olimpíadas Internacionais, Ibero-Americanas e nas EUSO.

Em 2018 as Olimpíadas internacionais de Física vão realizar-se em Lisboa.

Gazeta de Física

A Gazeta de Física é a publicação periódica da SPF. Contém artigos temáticos e atuais sobre Física, escritos por especialistas. É gratuita para os sócios e está disponível para compra em spf@spf.pt. Siga em:

- gazetadefisica.spf.pt/
- facebook.com/Gazeta.de.Fisica

Projeto Medea

Projeto para as escolas. Está na 7ª edição e destina-se à compreensão dos campos elétricos e magnéticos que nos rodeiam e o seu impacto nos sistemas biológicos.

Junte-se a nós

O trabalho desenvolvido pela SPF é fruto da colaboração voluntária de muitos sócios e simpatizantes.

Quer colaborar connosco?
spf@spf.pt



Educação

Ações de formação

Com creditação para a formação, organizamos ações de formação em parceria com outras entidades, destinadas aos Professores dos Ensinos Básicos e Secundários, e público em geral.

- Encontro de Professores de Física e Química (bienal)
- Física experimental Olímpica
- Formação em "Tópicos do novo programa de Física do 11º ano"

Certificação de manuais

A divisão de educação da SPF faz a avaliação e certificação de manuais escolares. Em 2016 saiu o livro de Exames resolvidos de Física e Química A (10.º e 11.º anos) pela Editorial do Ministério da Educação e Ciência.

vantagens para MEMBROS



Conferências

CNF/EIEF

Organizamos a Conferência Bial Nacional de Física e anualmente o Encontro Ibérico para o Ensino da Física CNF/EIEF.

Conferências externas

Apoiamos a realização de conferências e encontros de física, inclusivamente, disponibilizamos uma plataforma informática, simples e prática, para a gestão e organização de eventos.

Promovemos a excelência com a atribuição de prémios a estudantes participantes em conferências.

- Acesso aos artigos da Gazeta de Física
- Acesso aos artigos da EuroPhysics News
- Membros das seguintes sociedades internacionais: EPS, IUPAP, EFOM e IOMP.
- Receber notícias de congresso e eventos relacionados com a Física
- Participação nas Divisões temáticas
- Fórum de discussão em tópicos de ensino
- Desconto nos congressos e ações de formação organizados pela SPF



Eventos

Organização e promoção de eventos

Participamos na organização e promoção de eventos vários:

- Palestras/Exposições
- Concursos
- Artes
- Livros
- Efemérides

Memória

Reconhecendo a importância que a história das Ciências tem no trabalho atual dos físicos, a SPF criou o "Grupo de História da Física" e publicou o livro *Histórias da Física em Portugal no séc. XX*.



TABELA DE PUBLICIDADE 2017



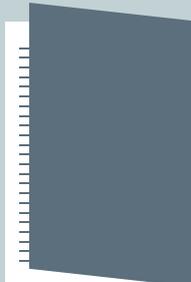
A) verso da capa



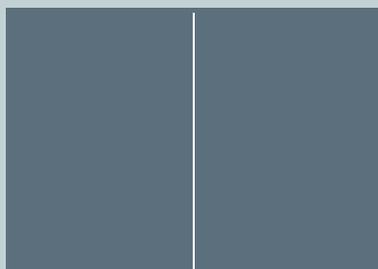
B) destacável/folha



C) verso da contracapa



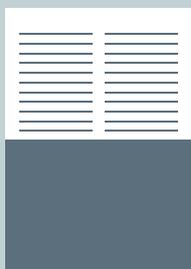
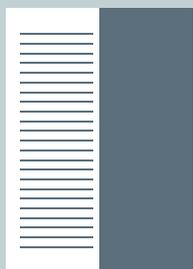
D) contracapa



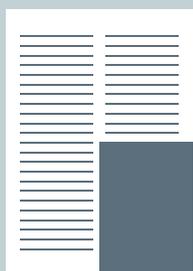
E) página dupla



F) página inteira



G)
coluna ou
1/2 página

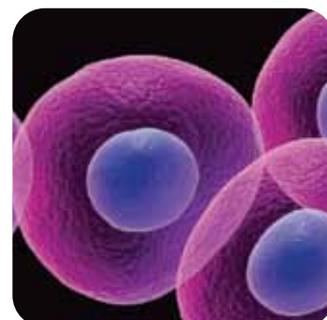
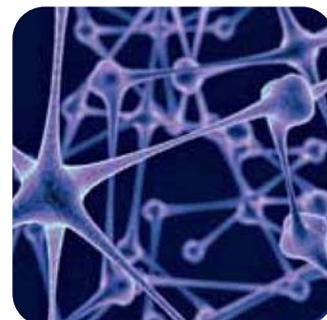
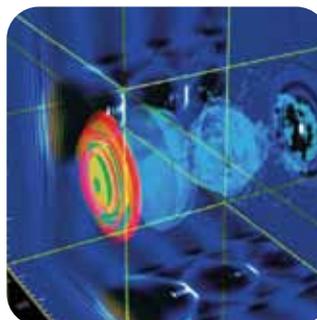
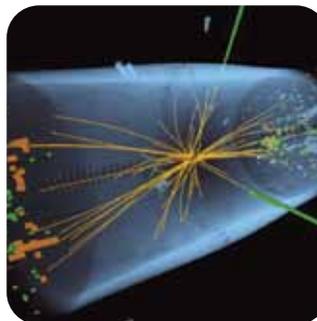


H)
1/4 página
ou faixa

Posição	Preço (Euros)	
	Ímpar	Par
A	900	
B	900	
C	900	
D	1200	
E	1000	
F	600	550
G	400	350
H	250	200
banner website	100/mês	



Para os físicos e amigos da física.
WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT



Aos preços da tabela acresce o IVA à taxa em vigor

Descontos de quantidade:

2X: -20% 3X: -25% 4X: -30%

Tiragem anual 2016:

5400 exemplares

Contactos:

Sociedade Portuguesa de Física

Av. República 45, 3º eq. 1050-187 Lisboa

Tel: 351 21 799 36 65 · spf@spf.pt

