

Horizon

Fronteira para o desconhecido

Revista do Departamento de Física da FCUL | Edição 0 | Verão 2013



Um grande ano para a Física:

Descoberta de um Bosão de Higgs: O que significa?

**Radiação Cósmica de Fundo -
Novos resultados (Planck)**

**Matéria escura e novos resultados
da experiência AMS**

Eventos:

*5th Workshop on Biomedical
Engineering*

*Dia Aberto em Ciências
na FCUL*

Secção Tripla:

Eng. Física
O efeito fotoelétrico

Eng. Biomédica e Biofísica
O cérebro de Einstein

Física
Relatividade Restrita

A Horizon, nova revista do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, tem o prazer de anunciar a abertura dos:

Concursos de criação de Logótipo e Mascote

Para participares nos concursos, cria um logótipo e/ou mascote para a Horizon e envia-o para horizon@fc.ul.pt. Ambos serão avaliados segundo os seguintes critérios:

- **Concordância com os objetivos da revista:** Divulgação das ciências exactas, com foco em Física, Engenharia Física e Engenharia Biomédica e Biofísica.
- **Simplicidade de desenho.**
- **Estética e coerência geral.**

Os trabalhos vencedores passarão a representar a Horizon, e como tal serão parte integrante já a partir da próxima edição.

Os trabalhos devem ser enviados até ao dia 2 de Agosto para horizon@fc.ul.pt

Prémio:

Atelier de Gastronomia Molecular na Cooking Lab

“Surpresa, aventura e emoção, são componentes que podem tornar uma refeição inesquecível... Consegui-lo não é exclusivo de Chefes de renome, também pode estar ao teu alcance.

Com a ajuda deste atelier, será uma tarefa simples e sobretudo divertida!

E no final haverá degustação das receitas realizadas num almoço descontraído.”



Mais informações em horizon.fc.ul.pt/concursos



Apoios



Ficha Técnica

Propriedade: Horizon Magazine - Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Rua Ernesto Vasconcelos, Bloco C8, 2º piso, 1749-016 Lisboa

Telef: 217 500 000

e-mail: horizon@fc.ul.pt

site: <http://horizon.fc.ul.pt>

Direção:

Arthur Vieira / Emiliano Pinto

Equipa editorial:

Ana Afonso, Ana Inácio, Andreia Gaspar, Arthur Vieira, Diogo Pereira, Emiliano Pinto, Filipe Velosa, Inês Almeida, Joana Ribeiro, João Ferreira, João Retrê, Marlise Fernandes, Pedro Mendes, Ricardo Santos, Ricardo Antunes, Rita Baptista, Sara Perestrelo, Sofia Benedito

Colaboradores nesta edição:

Fernando Barão (LIP/IST), Ismael Tereno (CAAUL), Paulo Crawford (CAAUL), Pedro Lind (FCUL), André Monteiro, Filipe Matos

ISSN: 2182-9659

Produção

Impressão: Socingraf, Artes Gráficas

Tiragem: 1000 exemplares

A reprodução total ou parcial de qualquer conteúdo presente na revista é permitida exclusivamente para fins não comerciais. A fonte deverá ser citada



Índice

Secção Tripla:

- 2 O efeito fotoelétrico
- 4 O Cérebro de Einstein: a origem de um génio
- 6 Teoria da Relatividade de A.E.
- 8 Dia Aberto em Ciências “Acho que é super interessante e esclarecedor”
- 9 Entrevista ao Presidente do D.F.
- 10 Biografia de Albert Einstein
- 12 Ressonância Magnética Nuclear

Destaque:

- 14 Planck mostra um Universo um pouco mais velho e mais estranho
- 15 Matéria Escura - Novos Resultados da Experiência AMS
- 16 Afinal o que é o bosão de Higgs E o que o CERN descobriu?
- 19 Como cozinhar um bosão de Higgs
- 22 *5th Workshop on Biomedical Engineering*
- 26 Einstein no mercado financeiro
- 29 A Teoria da Relatividade e a Expansão do Universo
- 32 O Impacto da Física na Economia Europeia
- 33 Determinação do Zero Absoluto
- 34 “Deus não joga aos dados com o Universo”
- 35 Curiosidades
- 36 Jogos
- 37 Oportunidades

Agenda (contra-capas)

EDITORIAL

É em ano de grandes descobertas que decidimos abraçar o desafio de criar uma revista do Departamento de Física da FCUL. A descoberta de um Bosão de Higgs no CERN, a obtenção de um novo mapa mais preciso da radiação cósmica de fundo pela experiência Planck e uma primeira indicação de transformação de matéria escura em matéria bariónica (AMS) foram alguns dos resultados mais interessantes que 2013 já nos trouxe e em todos eles houve contribuição de físicos portugueses.

Motivados a combater algumas das carências que nos são apresentadas enquanto alunos, procuramos com este projeto descobrir o que é feito por trás destas portas, pelas quais passamos todos os dias.

Como alunos do DF, dos cursos de Física, Eng. Física e Eng. Biomédica e Biofísica, precisamos de nos envolver mais com o que é feito e conhecido, tanto na nossa cidade, como mais longe. Estes elementos estiveram sempre acessíveis e os esforços por parte da Faculdade e dos professores são muitos, mas a iniciativa da descoberta deve ser nossa.

Esperamos que esta revista sirva para isso e também para divulgar o trabalho científico, como uma atividade expedita e natural à atividade humana.

Arthur Vieira

Agradecimentos

Desde já agradecemos a todos os que demonstram interesse na nossa iniciativa e nos apoiaram. Só com o contributo de todos foi possível criar este projeto.

Agradecemos à nossa faculdade e à associação de estudantes por todo o seu apoio, fundamental para a publicação da revista.

Aos representantes das revistas *Pulsar* (IST) e *Resistance* (UC) pelos apoios e esclarecimentos dados. E ao nosso futuro público. Esperamos que gostem do nosso trabalho.



O efeito fotoelétrico

Ricardo Antunes, Aluno do 3º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Física, FCUL

O Efeito Fotoelétrico é um fenómeno físico, descoberto por Heinrich Hertz em 1887, que se baseia na emissão de eletrões provenientes de material condutor quando exposto a radiação com frequência suficientemente alta. Devido à descoberta deste fenómeno surgiram as mais variadas aplicações, entre as quais os painéis fotovoltaicos.

Mas comece-se pelo princípio: todos nós somos feitos de átomos. Por sua vez, os átomos são constituídos por prótons, neutrões e eletrões. Os eletrões localizam-se em orbitais, em redor do núcleo, onde estão os prótons e os neutrões. Funciona um pouco como o nosso sistema solar, em que o núcleo do átomo representa o sol, e os eletrões os planetas. Nesta metáfora, as orbitais dos átomos correspondem à órbita do planeta (eletrão), sendo mais energéticas aquelas mais afastadas do sol (núcleo). A natureza atómica é 'um pouco' mais complexa, mas este é o princípio fundamental.

A cada orbital está associada uma dada energia de ligação entre o eletrão e o núcleo, mas ao contrário do sistema solar, em que os planetas permanecem nas suas órbitas, os eletrões estão constantemente a saltar entre orbitais: entre as mais próximas do núcleo – em que a energia de ligação é mais intensa¹ – e as mais afastadas – com a energia mais próxima de zero. Devido ao princípio de conservação de energia, esta troca entre orbitais tem de resultar em absorção – quando passa para uma orbital mais afastada do núcleo, com maior energia – ou emissão – caso contrário – de energia pelo eletrão. Como o eletrão não pode mudar continuamente de órbita – tem de 'saltar' de uma para outra – a transferência de energia também não é contínua, mas sim em 'pacotes': os fotões.

Os fotões são os 'pacotes' de energia que constituem a luz visível e toda a radiação eletromagnética.

Fazendo incidir radiação com energia suficiente sobre um material condutor – é necessário que conduza corrente elétrica para que possa haver movimento de eletrões – o eletrão que absorver salta para fora da ação do átomo: É libertado um eletrão e surge assim uma corrente elétrica. Ao aumentarmos a energia de cada 'pacote' da radiação incidente, a energia cinética do eletrão libertado aumenta, o que se traduz num aumento da corrente. Para aumentar essa energia, basta aumentar a frequência da radiação, porque a energia de cada 'pacote' é diretamente proporcional à frequência (cor) da radiação. Por outras palavras, como a radiação violeta tem quase o dobro da frequência da vermelha, cada fotão da primeira também tem quase o dobro da energia de cada fotão da segunda.

$$E = h \nu - W$$

h - constante de Planck
 ν - frequência do fotão
 W - energia de remoção

O efeito Fotoelétrico foi observado por Heinrich Hertz, em 1887, várias décadas antes de se conhecer a estrutura atómica. Enquanto estudava a natureza eletromagnética da luz, reparou que eléctrodos iluminados pela luz ultravioleta criavam "faíscas" com maior facilidade. Esta observação levou a várias tentativas de explicação do fenómeno, como o trabalho realizado por Wilhelm Hallwachs, em 1888, em que demonstrou que placas de metal irradiadas por luz ultravioleta ficavam carregadas positivamente (perdiam eletrões). Em 1903, Lenard provou que a energia dos eletrões emitidos não dependia da intensidade da luz.

¹- A energia de ligação entre um eletrão e o núcleo é negativa. Por isso, quando o eletrão se afasta da ação do núcleo a sua energia aumenta, até ser nula, quando se rompe a ligação

Em 1905, inspirado por estas descobertas e pela explicação de Planck para a radiação do corpo negro, Einstein teorizou que a luz era formada pelos tais pacotes de energia: os fotões. De facto, isso não era necessário para explicar os resultados, e a existência do fotão só foi universalmente aceite duas décadas depois, com a observação do efeito de Compton. Para o efeito fotoelétrico, era apenas necessário que a radiação trocasse energia daquela forma quantificada. É como dizer que se pode, hipoteticamente, ter qualquer quantidade de dinheiro no banco, mas apenas se pode trocar usando notas ('pacotes' monetários), o não é o mesmo que dizer que o dinheiro é feito de notas, mas das duas formas explica-se igualmente como é que com uma nota se consegue comprar um Ferrari (de brincar!).

Antes da 1905, não se percebia porque é que aumentar a intensidade da radiação – usando uma lâmpada mais potente – não era solução para arrancar eletrões do material, nem porque é que isso se conseguia mudando a cor da lâmpada. Einstein explicou-o: Não interessa quantos pacotes são enviados, mas sim a energia de cada um. Um eletrão ou absorve um fotão ou não, não pode absorver dois de menor energia para 'compensar'; Também não se percebia como é que uma fonte pouco intensa conseguia arrancar eletrões tão rapidamente, julgava-se que era necessário algum tempo para acumular energia suficiente até isso acontecer, mas a explicação do cientista alemão também resolveu esse problema. Einstein ganhou o Prémio Nobel da Física em 1921, não pela sua descoberta da relação entre a massa e a energia nem pela relatividade de medições de tempos e distâncias, mas pelo seu trabalho nesta área.

Atualmente, o efeito fotoelétrico é usado em muitas aplicações da eletrónica. Muito se fala do aquecimento global e da crise energética, o que leva a um aumento da importância das energias renováveis, como a energia solar. Os painéis fotovoltaicos são constituídos por placas geralmente de Silício dopado – para aumentar a sua condutividade elétrica – ou de Arseneto de Gálio, por terem uma energia de remoção relativamente baixa (são retirados eletrões com facilidade). Esses eletrões livres são obrigados a fluir numa certa direção devido a campos elétricos de outros materiais constituintes da placa, e pode-se aumentar o rendimento usando díodos – componente eletrónico que obriga a corrente elétrica a fluir num sentido.



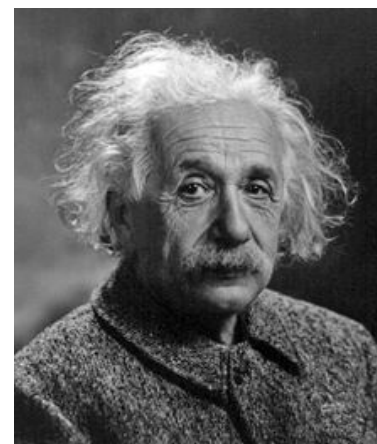
Os LED's são uma das maiores aplicações do efeito fotoelétrico.

As células fotovoltaicas também podem ser usadas como sensor de intensidade luminosa. Usando uma resistência elétrica com material de células fotoelétricas obtém-se uma resistência cujo valor depende da quantidade de luz, podendo assim usá-las como sensores da intensidade luminosa. Isto torna possível outra aplicação deste fenómeno físico: regular o brilho. Se ficar muito escuro acendem-se as luzes (e o ecrã do Smartphone fica mais iluminado); se houver muita luz, esta baixa de forma automática, diminuindo o consumo. Os sensores de intensidade luminosa têm muitas outras aplicações, como portas automáticas, elevadores e dispositivos de segurança (ex. na indústria, para desligar o equipamento se alguma parte do corpo de um operário se encontrar em zona de perigo). Em laboratório, também se usa este tipo de sensores para um maior controlo da intensidade em experiências que dependem deste factor.

Mas, para além de abrir portas, o efeito fotoelétrico é fundamental para coisas tão díspares como a obtenção de energia dos satélites (comunicações), converter radiação em sinais elétricos (fotomultiplicadores, fundamentais em vários ramos de investigação) ou técnicas de imagem em medicina (PET, RMN). Tudo isto só é possível por causa de Hertz e Einstein. ■



O Cérebro de Einstein: a origem de um génio



Ricardo Santos, Aluno do 3º Ano do Mestrado Integrado em Eng. Biomédica e Biofísica, FCUL

Levará a evolução do Homem a um aumento do volume do cérebro? Ou talvez de apenas algumas partes? Será que quanto maior o número de circuitos elétricos, mais eficiente é o cérebro? Ou tornará o encurtamento das redes neuronais o pensamento mais rápido? Estas e outras questões tentam ser resolvidas por neurocientistas em todo o mundo.

Assim começou esta busca entre a relação da inteligência com a anatomia do cérebro. Surgiu um grande interesse no estudo neuroanatómico dos grandes génios como o matemático alemão Carl Friedrich Gauss (1777-1855) e o psicólogo russo Ivan Pavlov (1849-1936), comparando a anatomia entre pessoas dotadas e pessoas comuns, e mesmo entre si, na busca do “padrão da inteligência”.



Figura 1 – Falecimento de Albert Einstein como notícia de primeira página do Jornal New York World – Telegram.

Para muitos, Albert Einstein é o físico mais célebre e dos que mais contribuiu para o desenvolvimento da física como hoje a conhecemos. De facto, as suas teorias foram tão revolucionárias, que ainda hoje são utilizadas e postas à prova nas mais variadas áreas, desde a física e cosmologia, à biologia e medicina.

Einstein nasceu às 11h:30min no dia 14 de Março de 1879 e faleceu às 13h:00min no dia 18 de Abril de 1955, com 76 anos (figura 1), vítima de um aneurisma da aorta abdominal. O relatório da autópsia esteve desaparecido por mais de 18 anos...

Algumas horas após o seu falecimento, o seu filho Hans Albert permitiu a remoção do cérebro, cerebelo, tronco cerebral e artérias cerebrais para serem preservados e estudados.

Antes do seccionamento em peças histológicas (figura 2), o cérebro de Einstein foi pesado (1230 g), fotografado e dividido anatomicamente em 240 blocos, 180 dos quais se encontram no Centro Médico Universitário de Princeton, mas o maior agregado de lâminas microscópicas estão no Museu Nacional de Saúde e Medicina, Estados Unidos. Existem ainda alguns blocos de tecido em Ontário, Califórnia, Alabama, Argentina, Japão, Havai e Filadélfia, estando as restantes porções do cérebro de Einstein em paradeiro desconhecido. O corpo foi cremado, com exceção do cérebro e dos olhos. O tecido cerebral e fotografias foram analisadas por mais de 18 investigadores resultando na publicação de 6 artigos científicos.

O cérebro humano é dos órgãos mais complexos e a sua total compreensão ainda está longe de ser alcançada. É constituído por 2 hemisférios, o direito e o esquerdo, ambos com 4 lóbulos: frontal, parietal, occipital e temporal (figura 3). Vários estudos descrevem as superfícies externas dos lobos e as possíveis relações que possam existir com o comportamento e a inteligência do ser humano.

O cérebro de Einstein possuía características raras, e



Figura 2 - Fatia histológica 42 do córtex cerebral de Albert Einstein.

talvez únicas, que podem estar relacionadas com a inteligência.

Começando pelo lóbo frontal: o hemisfério direito, responsável pela atividade motora esquerda, está bastante pronunciado. Esta característica incomum foi vista em violinistas destros, tal como Einstein (figura 3). O córtex pré-frontal, incrivelmente bem desenvolvido, pode estar na origem das extraordinárias capacidades cognitivas, inclusive a sua produtividade em teorias, o que explica a grande imaginação de Einstein, como colocar-se a si próprio a viajar lado a lado com um fotão, ou estar fechado num elevador a acelerar em direção ao espaço. Esta imaginação pode também estar associada ao córtex parietal e occipital. Einstein escreveu uma vez que o pensamento implica uma associação de imagens e “sensações”, e por isso, na sua visão, os elementos do pensamento, eram não só visuais mas também “musculares”. Esta associação pode estar relacionada com a considerável expansão do córtex motor primário esquerdo e somatosensorial primário esquerdo. Por outro lado, a visão espacial e o pensamento matemático de Einstein podem estar relacionados com os seus lóbos parietais.



Figura 3 - Nomenclatura dos lóbulos cerebrais (hemisfério direito): lóbo frontal (amarelo), lóbo parietal (rosa), lóbo occipital (azul) e lóbo temporal (verde). Na imagem também é possível distinguir o cerebelo e o tronco cerebral.

É interessante notar que, apesar da aparência macroscópica, o cérebro não apresenta simetria nos dois hemisférios, podendo mesmo ter funções diferentes em diferentes áreas, responsáveis pelo controlo de diferentes partes do corpo. Por exemplo, o lóbo parietal inferior do hemisfério esquerdo está relacionado com a linguagem, imagem corporal e matemática, enquanto que o lóbo parietal do hemisfério direito ocupa-se com o processamento espaço-visual não-verbal. O lóbo parietal superior esquerdo está envolvido na atenção e orientação espacial, estando o lóbo parietal superior direito associado a imagens espaço-visuais. Uma característica do cérebro de Einstein é que o lóbo parietal superior direito é mais largo que o esquerdo. De facto, os lóbos parietais superiores, especialmente os posteriores, estão funcionais durante a aritmética mental.

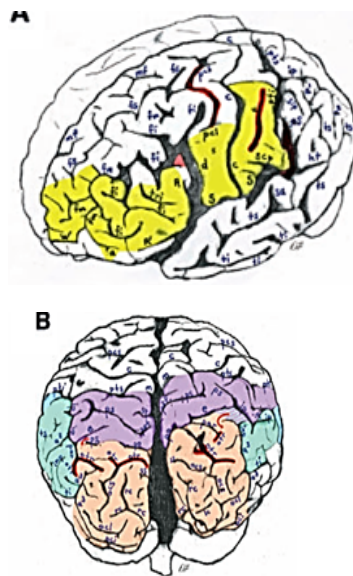
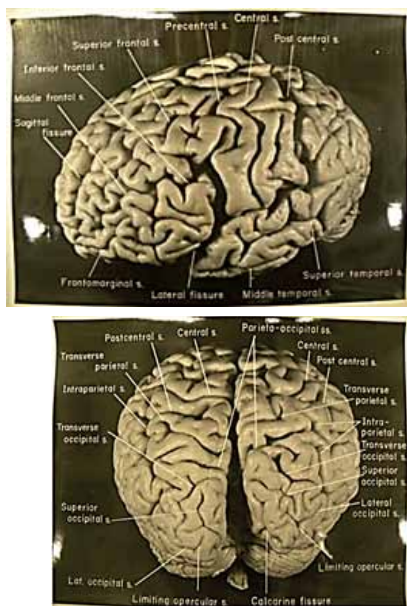


Figura 4 – À esquerda o cérebro de Albert Einstein fotografado por Thomas Harvey em 1955, com a nomenclatura dos sulcos, com visão lateral esquerda (em cima) e visão occipital (em baixo). À direita os esquemáticos do cérebro de Einstein com destaques coloridos: a amarelo os córtices motor primário e somatosensorial primário, a roxo o lóbulo parietal superior, a azul o lóbulo parietal inferior, a rosa os lóbulos occipitais.

Nestes estudos deve ter-se em consideração que Einstein já tinha 76 anos quando faleceu, e o seu cérebro já manifestava sinais de envelhecimento, levando à diminuição do tamanho. De facto, o peso do cérebro de um idoso em comparação com um adolescente tem uma diferença cerca de 9%, pelo que o peso estimado para a sua juventude seria 1350g.

Numa última nota, propõem-se uma reflexão sobre a doação do corpo à ciência, por este e muitos outros seres humanos, fundamental para o estudo da evolução e do desenvolvimento do cérebro humano. Mais estudos far-se-ão deste e de outros génios que marcaram a história, na tentativa de conhecer e compreender este tema tão complexo: a origem de um génio... ■



Teoria da Relatividade de A. E.

Emiliano Pinto, Aluno do 2º Ano do Mestrado em Física Nuclear e Partículas, FCUL

Quando a minha sobrinha fez 4 anos pediu-me para adivinhar a idade dela. Como não me tinha deixado brincar com as prendas novas, decidi aborrecê-la com a história do tempo...

A vida em sociedade tal como a conhecemos só é possível se todas as pessoas concordarem na medição do tempo. De facto, no séc. XIX, com a revolução industrial e o aparecimento da máquina a vapor, a Humanidade foi subitamente confrontada com esta realidade. Sempre foi necessário que os habitantes de determinada região concordassem no tempo medido para que começar o trabalho às horas certas ou ir à missa fosse possível mas, com a globalização, passou a ser também necessário coordenar o tempo entre todas as regiões. Sem isto, algo tão simples como ter um horário para os comboios era impossível.

$$\begin{array}{l} \xrightarrow{\text{blue}} \xrightarrow{\text{yellow}} \xrightarrow{\text{green}} \\ \frac{x_{1/2}}{t} + \frac{x_{2/3}}{t} = \frac{x_{1/3}}{t} \\ \frac{x_{1/2}}{t} + \frac{x_{2/3}}{t} = \frac{x_{1/3}}{t} \\ \frac{v_{1/2}}{t} + \frac{v_{2/3}}{t} = \frac{v_{1/3}}{t} \end{array}$$

Assim, é evidente que todos têm de medir os mesmos intervalos de tempo. Isto nunca esteve em discussão (até ao séc. XX) e Galileu usou este princípio para obter equações que relacionam medições de velocidades realizadas por observadores diferentes (Relatividade de Galileu).

Partindo do princípio que todos os observadores concordam nas medições de tempos (e distâncias!), Galileu concluiu que as velocidades eram aditivas. Dito de outra forma, se um barco se afastar do porto a 50 km/h e o comandante ordenar que um segundo, mais rápido, vá a 40 km/h em relação ao seu navio e na mesma direção, alguém no porto irá ver o segundo barco a deslocar-se a 90 km/h. Se o comandante mandar outro barco atrasar-se em relação ao seu, à mesma velocidade (40 km/h), as pessoas no porto irão vê-lo a afastar-se a 10 km/h.

Este resultado é muito cativante, muitos dirão mesmo que é evidente: corresponde precisamente àquilo que nós vemos no dia-a-dia, mas... tem um problema. Se for verdade, em teoria é possível atingir qualquer velocidade usando um esquema semelhante a uma boneca russa: "basta" ter um objecto que lança um segundo para a frente, depois esse lança outro, que lança outro, que l... Ora, sabe-se que é impossível ultrapassar a velocidade da luz. Por isso esta teoria, tão intuitiva, tão "evidente", tem forçosamente de estar errada! O tempo que os diferentes observadores medem **não pode** ser necessariamente igual! Para e tenta absorver todas as implicações desta afirmação: afinal, a minha sobrinha não tinha 4 anos, porque os seus pais podiam discordar quanto à sua idade, já que os seus relógios não têm de medir o mesmo tempo. A idade dela não está bem definida, pois depende de quem a mede.

Se ainda tens dúvidas pensa no que significaria andar mais rápido que a luz: se o Usain Bolt corresse mais rápido que a luz, os fotões que ele refletiria ao partir iriam cortar a meta depois dele (e dos que ele emitiria nesse momento). Quem estivesse na meta vê-lo-ia a ganhar a corrida antes de o ver partir. Toda a gente sabe logo no início que ele vai ganhar, mas isto não pode acontecer pois viola o princípio de causalidade (o efeito é observado antes da causa), a fundação de **toda** a ciência.

Diferentes observadores a medirem intervalos de tempos diferentes são até fáceis de imaginar: basta que a informação não seja transmitida instantaneamente entre o acontecimento e o observador. Imagine-se que o Ezequiel Valadas e o Aniceto Barbosa, que são muito amigos, gostam tanto um do outro que o 1º envia uma carta ao 2º (que vai a cavalo em direção a Fiães) a cada hora que passa, por pombo-correio.





Na primeira carta, o Ezequiel escreve 0h, na segunda 1h, e assim sucessivamente. Ele “vê” o seu tempo a passar de forma normal, isto é, envia uma carta com 1h a mais a cada hora que passa. Já o Aniceto irá ver as cartas a chegarem atrasadas mas, mais importante que isso, recebe-as com mais de uma hora de intervalo, porque entre a receção de cada carta ele já se afastou mais um pouco. Como a mensagem viaja a uma velocidade finita, leva mais tempo a chegar até ele, e assim a 1ª chega às 14h, a 2ª às 15h30, a 3ª às 17h, ... Por isso, enquanto o Aniceto Barbosa “vê” o seu tempo a passar normalmente, para ele o do outro está a passar mais devagar: olhando para as cartas, ele descobre que passou apenas 1h para

o Ezequiel, mas para si já passou 1h30: os dois discordam quanto ao intervalo de tempo entre as duas cartas escritas pelo Ezequiel Valadas. Para além disso, se o Aniceto também escrever cartas e as enviar ao Ezequiel, acontece o oposto: O Aniceto “verá” o seu tempo a passar normalmente, escrevendo uma carta por hora, e é o outro quem vai ver o tempo entre as cartas ser superior a uma hora.

Simplificando, quando cada um vê um acontecimento no seu referencial (escreve as cartas) acha que o seu tempo - vamos chamar-lhe tempo próprio, Δt_0 - passa normalmente, mas quando o vê no referencial do outro (recebe as cartas) vai achar que está a acontecer em câmara lenta¹.

Como os tempos medidos por observadores diferentes não são iguais, as velocidades deixam de ser aditivas. Na relatividade restrita o caso mais evidente é o da luz (o mensageiro) que tem a mesma velocidade para todos os referenciais inerciais (parados ou em movimento rectilíneo uniforme): Uma bicicleta e um foguetão “veem” a luz a passar por eles com exactamente a mesma velocidade. E se a velocidade da luz ($c = \Delta x / \Delta t$) é a mesma para o Ezequiel e o Aniceto mas os intervalos de tempo não, então as distâncias também não são!

Se o Ezequiel, que está parado, medir o comprimento da estrada - chamemos-lhe comprimento próprio, Δx_0 - não vai obter o mesmo valor que o Aniceto, que passa por ela muito rápido, com velocidade v . Se ele mandar um pombo-correio quando passa pelo início da estrada e outro no final, o Ezequiel vai registar o tempo entre as recepções e, como mede um tempo maior que o Aniceto, também mede um comprimento maior (com o mesmo factor de proporcionalidade). Por outras palavras, se alguém vir o galo Inácio a correr irá achá-lo muito formoso e atlético, mas se estiver parado notará que o tamanho da barriga dele afinal é maior.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad \Delta x_0 = \gamma \Delta x$$

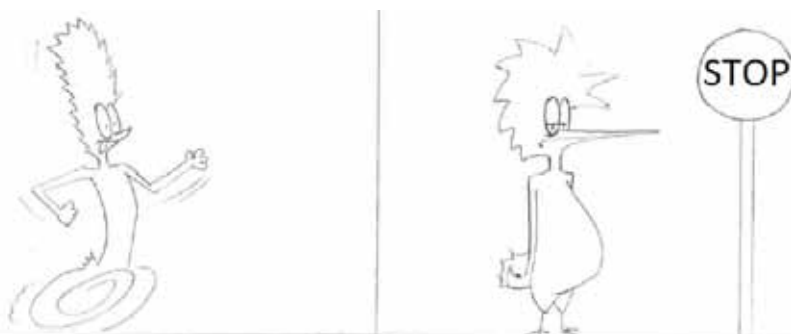
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Se um objecto se estiver a movimentar será mais pequeno do que se estiver parado... mas atenção, só na direcção do movimento, repara que a altura dele é a mesma!

Conclusão: se passares a vida a correr à velocidade do Usain Bolt, eu, que sou preguiçoso e fico parado, irei ver-te com menos 1 fm (10^{-15} m) de barriga e, se chegares aos 80 anos, ver-te-ei a viver mais 2 microssegundos. Ou seja, isto não serve para nada?!!

Na verdade serve. Este efeito é negligenciável para ti, mas se não fosse tido em conta no GPS

(os satélites andam bem mais rápido que o Usain Bolt e funcionam com precisões muito superiores às que precisamos no nosso dia-a-dia), o relógio de cada satélite atrasar-se-ia 7 microssegundos por dia em relação ao teu, o que significa um aumento do erro na posição de... 2 km por dia! Para além disso, estas conclusões motivaram Einstein a chegar à equação mais conhecida da física ($E=mc^2$) e a desenvolver a teoria da relatividade geral... mas isso são outras histórias. ■



¹ Na relatividade do Aniceto e do Ezequiel o efeito muda se estes se estiverem a aproximar. Na relatividade restrita de Albert Einstein o efeito é sempre o mesmo, independentemente do sentido do movimento.



Dia Aberto em Ciências

“Acho que é super interessante e esclarecedor”

Visitantes e colaboradores do Dia Aberto em Ciências comentam a iniciativa que em 2013 reuniu cerca de 1400 pessoas, entre alunos do básico e secundário e seus professores.



Nos últimos quatro anos a FCUL recebeu durante o Dia Aberto mais de 3400 visitantes. A última edição juntou cerca de 1400 pessoas. Em 2013 o número de escolas a participar nesta iniciativa aumentou.

As atividades de divulgação da oferta pedagógica e científica da FCUL contam com a colaboração de todos, incluindo alunos, professores e investigadores. A par do Dia Aberto, a Faculdade também recebe visitas de escolas básicas e secundárias noutras datas; mantém um portal na Internet, com toda a informação útil ao candidato ao ensino superior; produz brochuras; participa na Futurália e realiza visitas a estabelecimentos de ensino básico e secundário.

Este ano os departamentos, centros de investigação e Tec Labs prepararam uma série de atividades para despertar o interesse dos jovens pelas ciências: Palestras, visitas, exposições e experiências, foram algumas das ações promovidas pela UL no passado dia 11 de Abril.

A FCUL abriu as portas aos alunos mais novos pela primeira vez em 1998. Nos três dias da primeira edição, quase 2400 pessoas visitaram o campus da Faculdade. Durante os primeiros oito anos mais de 19 mil jovens acompanhados pelos seus professores conheceram as instalações e algumas das pessoas que aqui trabalham e estudam.

De acordo com os resultados do inquérito realizado aos alunos que entraram na 1.ª fase do último Concurso Nacional de Acesso, a competência científica da FCUL representa um dos fatores decisivos no processo de escolha da instituição de ensino superior, tal como a nota de candidatura. Esse inquérito revela ainda que os candidatos “depois de terem conhecimento da existência da FCUL, consideram que o site, o Dia Aberto e o facebook são as melhores formas para obter informações sobre a Faculdade”. ■

O que eles disseram sobre o Dia Aberto

“Foi bastante esclarecedor, os sítios onde fui e as dúvidas que tirei. O que mais gostei foi das experiências e gostei de ver como é o ambiente aqui, que é muito diferente da nossa escola.”

Joana Matos, aluna da Escola Secundário Alfredo dos Reis Silveira

“Tive a fazer atividades em laboratório, fiz uma visita guiada pela Faculdade, conheci os diferentes departamentos. Acho que é super interessante e esclarecedor, especialmente para os jovens que como eu querem ingressar num curso superior.”

Constança Correia, aluna da Escola Internacional de Torres Vedras



Mais em: <http://www.fc.ul.pt/pt/pagina/1932/dia-aberto>



Entrevista ao Presidente do D. F.

António Amorim tomou posse como Presidente do Departamento de Física da FCUL no início deste ano lectivo. Fomos conversar com ele sobre alguns assuntos de interesse para atuais e futuros alunos.

H: Quais foram os principais desafios que enfrentou neste 1º ano no cargo?

AA: Todos os dias encontro desafios diferentes e inesperados. Essa é uma faceta cativante deste cargo. Um exemplo é esta moda de avaliar tudo. Isto acontece por fases, há épocas em que não se avalia nada e agora caímos no extremo oposto. É preciso atingir um compromisso no futuro, se não passamos a vida só a fazer avaliações.

H: A fusão entre a UL e a UTL deve ser outra fonte de trabalho. O que vai acontecer aos cursos do DF, em particular a Eng. Física, que sofreu alterações há apenas 2 anos?

AA: Em primeiro lugar o caso de Eng. Física não é especial. Há 3 anos havia Física e um dos ramos era engenharia, agora Eng. Física é um mestrado integrado e assim vai continuar. A fusão não afectará os cursos do DF porque têm um perfil diferente dos do IST e por isso são compatíveis. Em relação aos departamentos, continuarão a funcionar separadamente, a fusão representa sobretudo uma oportunidade para o futuro.

H: O que deve esperar um aluno formado em Física, Eng. Física ou Eng. Biomédica?

AA: Os cursos são diferentes, claro. Física é mais vocacionado para a investigação, mas há muita gente que segue para a banca ou para a indústria. Eng. Física também é voltada para a indústria, mas há muitas pessoas a irem trabalhar na ESA ou no CERN, que independentemente das crises mantêm o financiamento. Biomédica é um mestrado integrado recente na FCUL, que abriu há 6 anos, mas a 1ª geração seguiu com sucesso para várias instituições de investigação internacionais. Cá acha-se que é preciso ser um génio para seguir física ou ter sucesso nas ciências exactas, mas não é assim. Pode-se fazer uma carreira em física ou numa das engenharias com trabalho honesto sem ser um génio, como noutra profissão técnica. É preciso mostrar isso aos jovens, que identificam medicina e enfermagem como trabalhos interessantes, em parte porque são aquelas com que contactam mais facilmente. Temos de mudar essa percepção e mostrar mais à sociedade o que fazemos também nos outros domínios.

H: Para terminar, qual é a importância do trabalho nas áreas relacionadas com a física para a sociedade?

AA: Essa é uma questão sobre a qual o país tem de falar, e para toda a ciência. O que é que queremos da investigação? No passado a ciência em Portugal era muito fechada. Com a entrada para a UE internacionalizou-se e chegou-se ao outro extremo, com muito trabalho de investigadores portugueses mas sem resultar no máximo benefício para o país. A investigação está muito desconectada com as necessidades das empresas e a cadeia de valor tem de ser mais bem aproveitada. Pode-se ter trabalho e resultados, mas se o país não aproveitar a cadeia de valor não há dinheiro para pagar reformas. Agora isto está outra vez a mudar, e é necessário arranjar um equilíbrio entre a aposta na investigação local e global. ■





Biografia de Albert Einstein

Filipe Velosa, Aluno do 3º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Física, FCUL

O grande desenvolvimento da ciência do séc. XX deve-se muito ao trabalho deste físico, que abalou as fundações da mecânica clássica, com ideias revolucionárias e ousadas.



O jovem Albert Einstein

Nascido na cidade de Ulm, Alemanha, em 1879, foi uma criança apática e pouco sociável. Preferia ficar em casa a resolver pequenos problemas, o que alguém da sua idade normalmente acharia desinteressante. A actividade física não o atraía de forma alguma. A mãe ensinou-o a tocar violino, apesar de ele gostar mais de piano. Na idade adulta, contudo, preferia o violino, que tocava magistralmente.

Durante a infância e adolescência, o seu tio Jakob, um engenheiro elétrico, dava-lhe pequenos enigmas e tarefas para resolver, estimulando assim a criatividade e inteligência do jovem Albert. Durante um curto período na sua juventude foi um religioso fervoroso, terminando abruptamente aos 12 anos quando se deparou com o conflito entre as histórias narradas na Bíblia e o conhecimento científico.

O pai de Einstein, em conjunto com o tio, abriu uma companhia de instalações elétricas que teve algum sucesso. Anos depois a empresa faliu e os Einstein, com a exceção de Albert – na altura com 16 anos – mudaram-se para Itália. Foram tempos difíceis para o jovem, que

acabou por desistir do liceu e ir morar com os pais. Mais tarde escreveu que a aprendizagem e o pensamento crítico estavam esquecidos no ensino e que a memorização era a única meta pretendida – muitos dirão que, em mais de 100 anos, nada mudou.

Em Itália, estudou para os exames de admissão no EHT (Instituto Federal de Tecnologia, em Zurique) e candidatou-se ao curso de Engenharia Eletrotécnica. Apesar de fracassar em várias disciplinas, obteve classificações excepcionais em Física e Matemática.

Decidiu entrar numa escola Suíça, em Aarau, para conseguir ingressar no EHT sem os exames. Aqui, pela primeira vez, sentiu prazer em frequentar as aulas. Os professores não eram autoritários e estavam mais acessíveis para os alunos. Conseguiu obter um diploma, com excelentes notas em várias disciplinas, e assim entrar no EHT. Aí passou os próximos 4 anos e conheceu Marcel Grossmann e Mileva Marić, que o acompanharam ao longo da sua vida científica e pessoal.

Após terminar os estudos, andou desempregado durante algum tempo, até que, aconselhado pelo seu pai e pelo colega Grossmann, se candidatou a um posto na repartição de patentes em Berna. Embora a situação não lhe agradasse muito, acabou por se adaptar. O estímulo proporcionado pelo estudo de máquinas complexas e o tempo livre que o seu trabalho lhe proporcionava eram condições perfeitas para se poder dedicar à física.

Em 1905, o *Annus Mirabilis*, escreveu 4 artigos que abalaram as fundações da Física Contemporânea e semearam as diferentes áreas da Física Moderna. Cada um deles abordava um tema diferente: movimento browniano, efeito fotoelétrico, relatividade restrita e equivalência massa-energia.

Na altura da publicação estes artigos não receberam muita atenção pois os resultados eram muito radicais e houve uma grande inércia por parte da comunidade científica a aceitar as novas ideias.

No entanto, Planck, conceituado físico da altura, interessou-se pelos seus trabalhos – Einstein aplicou a sua ideia da radiação do corpo negro para explicar o efeito fotoelétrico – e graças a ele os resultados de Einstein tornaram-se mais conhecidos.

Após a publicação destes artigos, a fama de Einstein foi aumentando, e seguiram-se trabalhos sobre o calor específico, relatividade geral, a estatística de bósons, lasers e muitos outros. No total, conta com cerca de 300 trabalhos científicos e inúmeras palestras e conferências.



Einstein desfila em Nova Iorque onde é aclamado pela multidão que observa

Após o sucesso em determinar a validade da relatividade geral, por Eddington, em 1919, ficou internacionalmente reconhecido e até mesmo o cidadão comum o admirava.

Havia quem debatesse as novas ideias; as conversas de café passaram a ser sobre a nova visão do mundo introduzida por Einstein e havia artigos a explicar e a descrever o que ele publicava. Era tão adorado quanto uma estrela de cinema ou um cantor famoso.

A sua vida pessoal foi atribulada. Casou com Mileva, colega do EHT, em 1903 e a relação entre eles nunca foi saudável. Tiveram 2 filhos, Hans e Eduard Einstein.

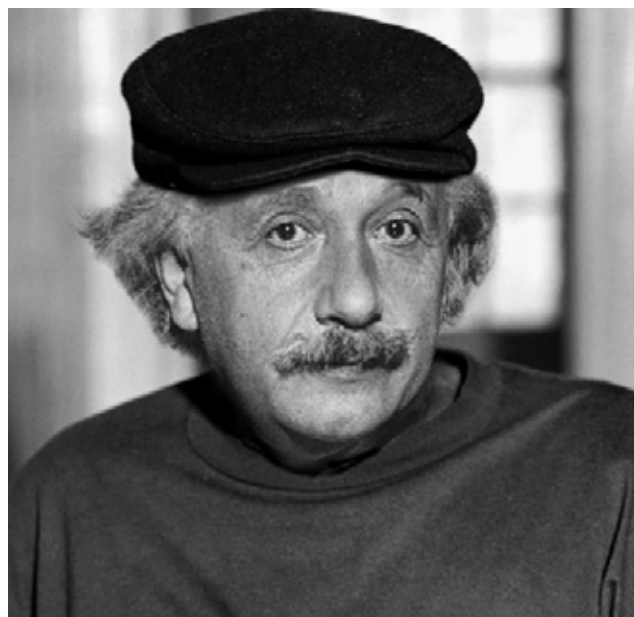
Em 1914, Einstein mudou-se sozinho para Berlim, onde reencontrou a sua prima e grande amiga de infância, Elsa Einstein. Casaram-se em 1919, 4 meses após o divórcio com Mileva. No acordo de divórcio Einstein prometeu-lhe que

quando ganhasse o Nobel o dinheiro seria para ela e para os filhos. Em 1921, Einstein seria galardoado pela sua explicação do efeito fotoelétrico, cumprindo a sua promessa.

Um pacifista, Einstein deu o seu nome para defender várias causas humanitárias. Contudo, é mais conhecido pelo seu envolvimento na invenção da bomba atômica, apesar das suas intervenções se resumirem à descoberta científica da equivalência entre massa e energia, 3 décadas antes, e de ser co-autor de uma carta, dirigida ao presidente Roosevelt, para alertar os EUA da corrida pelo desenvolvimento da bomba atômica por cientistas alemães. Posteriormente confessou que se soubesse que a Alemanha ia tão atrasada no seu armamento nuclear nunca teria assinado essa carta.

Após a ascensão nazi na Alemanha, Elsa e Albert mudaram-se para a América. Trabalhou durante algum tempo em Princeton, em busca de uma teoria de campo generalizada que lhe permitisse explicar efeitos quânticos sem os paradoxos aparentes da mecânica quântica, que nunca aceitou. Não o conseguiu, e muitos físicos têm perseguido esse objetivo, até hoje sem sucesso.

Morreu no dia 18 de Abril de 1955, no hospital de Princeton, e mudou a ciência mais do que todos os outros após Newton. É considerado por muitos como o maior cientista de todos os tempos. ■





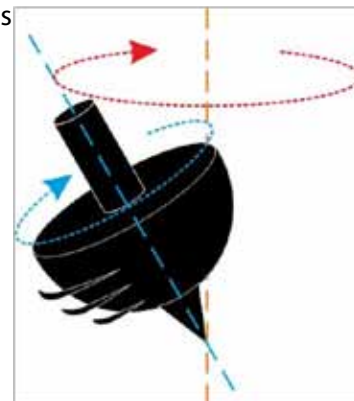
Ressonância Magnética Nuclear

Andreia Gaspar, Aluna do 3º Ano do Mestrado Integrado em Eng. Biomédica e Biofísica, FCUL

A ressonância magnética nuclear é um fenómeno físico que foi inicialmente descrito por Isidor Rabi e lhe valeu o Prémio Nobel da Física em 1944. As três palavras que descrevem o fenómeno permitem compreender o seu funcionamento:

É **nuclear** e **magnética** porque os núcleos de grande parte dos átomos se comportam como pequenos ímans. O núcleo do átomo que existe em maior quantidade no corpo humano (hidrogénio), composto apenas por um protão, tem spin (tal como os eletrões). O spin é um momento angular, ou seja, o núcleo, que tem carga elétrica, comporta-se como um pequeno *loop* de corrente, e assim gera um campo magnético. A direção deste campo magnético precisa com uma determinada frequência, como um pião quando está a abrandar. Em situações normais estes ímans estão orientados aleatoriamente e assim os seus campos magnéticos tendem a anular-se.

Por outro lado, cada sistema em oscilação tem uma determinada frequência natural. Se ele é forçado a oscilar por um estímulo externo periódico (com uma dada frequência de oscilação), a resposta será mais acentuada quanto mais próximas estiverem as duas frequências. Este é o fenómeno de ressonância. Por exemplo, quando se empurra alguém num balanço, se a frequência do forçamento – correspondente à altura em que se empurra o balanço – for diferente da natural – associada ao tempo em que o balanço atinge o ponto mais alto – então o movimento será muito irregular e as oscilações pequenas. Contudo, se as duas frequências estiverem alinhadas – o forçamento é feito exatamente quando o balanço atinge o ponto mais alto – consegue-se atingir oscilações muito maiores.



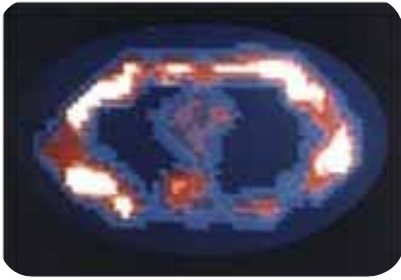
Movimento de precessão

Quando os núcleos estão sob a ação de um campo magnético constante, estes pequenos ímans alinham-se com a direção do campo externo. Aplicando também um segundo campo, menor e a oscilar com a frequência natural dos núcleos¹, coloca-se o sistema em ressonância.

Quando os átomos de um dado material (como o corpo humano) sentem a ação do campo oscilante, parte dos núcleos que tenham essa frequência natural absorvem energia – tomando assim o sentido do campo constante – e os seus movimentos de precessão entram em fase. Ao retirar o campo magnético oscilante, os núcleos reemitem essa energia, criando um sinal eletromagnético que pode ser medido pelos detetores.

Apesar do princípio físico descrito ser conhecido há mais de meio século e a primeira imagem em 1D ter sido obtida em 1952, só em 1977 é que a primeira ressonância magnética de corpo inteiro foi feita, publicada no início de 1980.

A aplicabilidade dos princípios descritos para a obtenção de informação anatómica enfrentou vários desafios técnicos. Em primeiro lugar, a seleção da zona a estimular implica a criação de um gradiente de campo² numa das direções, de forma a seleccionar um intervalo para a frequência natural, e assim se delimitar um corte. Contudo, permanecem duas direções por definir, pelo que se realiza um gradiente em fase e outro em frequência em direções perpendiculares de modo a que se possa determinar posteriormente a localização do sinal recebido/emitted. Estes desenvolvimentos foram premiados em 2003, com a atribuição do prémio Nobel



Primeira imagem de ressonância magnética nuclear do tórax obtida em 1977. Fonte: <http://www.fonar.com>

da medicina ao químico Paul Lauterbur e ao físico Peter Mansfield pelo seu crucial contributo para o desenvolvimento da técnica médica.

A distinção entre tecidos é conseguida pois a intensidade do sinal depende da densidade dos átomos de hidrogénio na zona em análise, o tipo de tecido e a sequência de radiofrequência utilizada (não se usa uma só frequência, mas sim uma série delas, de modo a conseguir observar determinadas estruturas em detrimento de outras).

Os custos elevados associados à manutenção do equipamento, bem como a possibilidade de claustrofobia por parte do doente, surgem como os principais fatores contra a sua aplicação. No entanto, a não utilização de radiação ionizante é a maior vantagem, e em mais de 30

anos não existe qualquer registo de efeitos biológicos adversos. É claro que, como durante todo o exame o paciente está sujeito a um campo magnético intenso, não poderá ter piercings paramagnéticos nem tatuagens com determinadas tintas. Do mesmo modo, alguns implantes, como pacemakers, poderão impedir a realização do exame.

Os avanços mais recentes nesta técnica têm fomentado o desenvolvimento da ressonância magnética funcional. Esta modalidade implica a obtenção de imagens associadas ao metabolismo local. Usando como marcador a hemoglobina com oxigénio, é possível observar o local do cérebro mais irrigado, ou seja, o mais activo. Esta técnica tem sido utilizada para avaliar a resposta do cérebro a vários estímulos em doentes com Doença de Parkinson ou Alzheimer.

O desenvolvimento mais recente nesta área corresponde à obtenção de medidas de difusão, que permitem conhecer as características de mobilidade das moléculas. Esta modalidade tem aplicações na tractografia, que estuda as vias nervosas presentes no cérebro.

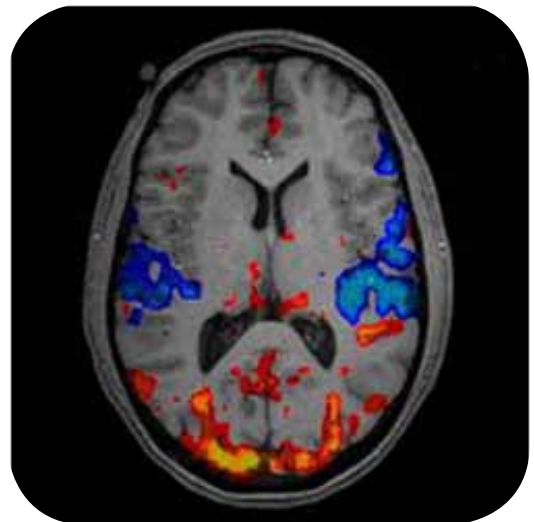


Imagem de ressonância magnética funcional com zonas de activação. Fonte: <http://projectodeimagiologia.blogspot.pt>

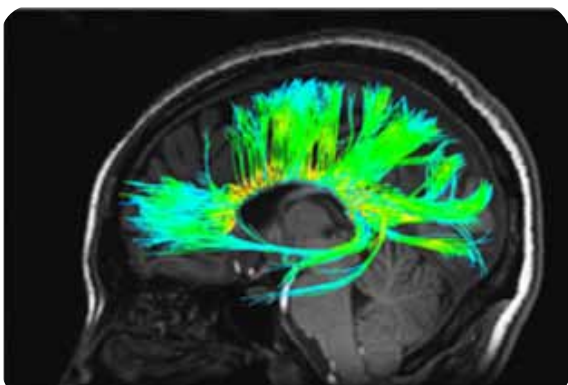


Imagem de tractografia. Fonte: <http://csci.ucsd.edu/>

Apesar da técnica de ressonância magnética ter a sua origem num princípio descoberto há várias décadas, as suas potencialidades superaram muito a aplicação inicial.

A capacidade de obter informação sobre as funções cerebrais, por exemplo, é muito importante como método de investigação, mas a técnica é também alvo de muita investigação científica, pelo que se pode esperar uma expansão das suas áreas de aplicação nos próximos anos. ■



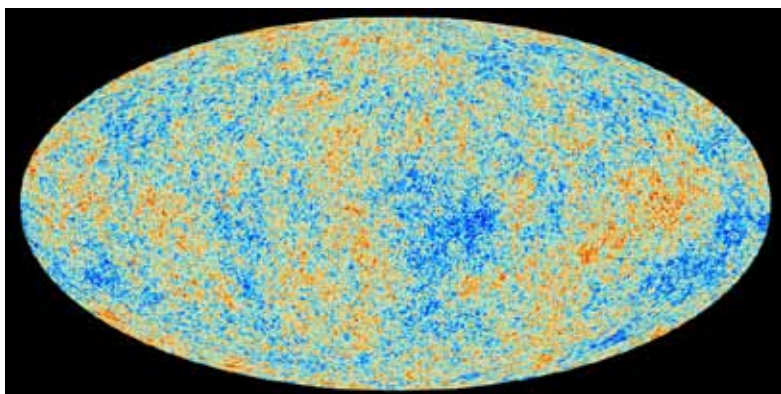
Planck mostra um Universo um pouco mais velho e mais estranho

Ana Afonso, Aluna do 1º Ano do Mestrado em Astrofísica e Cosmologia, FCUL

Planck é uma missão da Agência Espacial Europeia (ESA) desenhada para analisar, com a maior precisão já alcançada, o remanescente da radiação que preencheu o Universo imediatamente após o Big Bang.

Lançado em Maio de 2009, Planck tem vindo a recolher luz da radiação cósmica de fundo (Cosmic Microwave Background CMB), emitida quando o Universo era muito jovem, com apenas 380.000 anos (se o Universo tivesse 100 anos, esta radiação teria sido emitida antes de ele completar um dia) quando a temperatura do Universo diminuiu o suficiente para que os primeiros átomos se formassem. O Universo tornou-se, assim, transparente. No sentido de melhorar os resultados obtidos pelo WMAP (observatório espacial da NASA), o Planck observou as anisotropias nesta radiação, isto é, as pequenas manchas mais ou menos brilhantes existentes no mapa do CMB que revelam variações de temperatura numa escala de 1/100.000 ao longo de todo o céu, com maior sensibilidade e resolução angular para nove frequências situadas entre as microondas e o infravermelho longínquo.

O novo mapa, que nos permite testar as teorias atuais para formação e evolução do Universo e das suas estruturas cósmicas, foi divulgado no passado dia 21 de Março. Os primeiros resultados mostram que o Universo é um pouco mais velho do que pensávamos e que os ingredientes que o constituem não existem exatamente nas quantidades já estimadas.



O atual mapa da radiação cósmica de fundo.

Os astrónomos podem a partir deste ano ser mais exactos nos seus cálculos e entender, entre outras coisas, porque é que o Planck nos mostra que o Universo afinal se está a expandir de uma forma um pouco mais lenta do que o anteriormente estimado, isto é, se considerarmos um objecto astronómico (ex. uma galáxia) a 1 Mpc¹ de distância, este parece estar a afastar-se com uma velocidade de 67,8 km/s, ao invés dos 69,3 km/s anteriormente apurados.

Também diferente do anteriormente estimado é a constituição do Universo: 4,8% de matéria normal (prótons, neutrões e eletrões), 25,8% de matéria escura (invisível mas perceptível pelos efeitos gravitacionais provados em galáxias e seus aglomerados) e 69,2% de energia escura (energia que age sob a forma de pressão e aumenta, desta forma, a taxa de expansão do Universo). Mas será o Universo menos estranho do que pensávamos?

O facto de haver menos energia escura do que se pensava (72,1%) indica-nos que sim. Porém, uma das sugestões fornecidas pelos dados do Planck é que o Universo é “inclinado”. Esta “inclinação” provém do facto do padrão das flutuações iniciais não ser efetivamente aleatório como um modelo simples do Universo sugere.

Apesar de imprimirem um efeito incrivelmente pequeno, estas flutuações iniciais guardam algumas das respostas para entendermos o que hoje observamos, já que se encontram incutidas na própria expansão do Universo. Certamente que ainda estamos longe de obter respostas definitivas para como surgiu e evoluiu o Universo, no entanto damos largos passos para entender estas grandes questões da ciência moderna. ■

¹-1 Mpc = 1 000 000 pc = 1 000 000 x 3,26 anos-luz

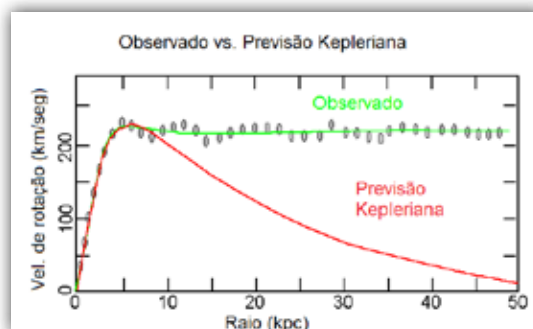
Matéria Escura

A matéria escura é composta por material desconhecido não observável diretamente – não emite luz – mas cuja presença se consegue inferir pelo seu efeito gravítico.

Inicialmente proposta há 80 anos, para conciliar as observações astronómicas no enxame de galáxias Coma com a dinâmica Newtoniana, a hipótese da matéria escura é suportada por várias outras observações no domínio da astronomia e cosmologia, como as curvas de rotação de galáxias. Tendo em conta a massa da galáxia contida nas suas estrelas e gás, esperar-se-ia que a velocidade de translação das estrelas em torno do centro da galáxia seguisse o perfil indicado a vermelho na figura. Contudo, os dados mostram que não é assim. A solução para esta discrepância passa por se considerar que existe matéria não observada – matéria escura – e determinando as velocidades consegue-se inferir a sua distribuição na galáxia.

Quanto à sua composição, os objectos astrofísicos de pequena luminosidade que são conhecidos (estrelas de pequena massa não detetáveis, anãs brancas, estrelas de neutrões) não chegam para explicar toda a matéria escura que existe, cuja quantidade é 5 vezes maior que a da matéria 'normal', de que nós somos feitos. Assim, experiências de física de partículas e astropartículas têm procurado indícios desta matéria e uma delas, o AMS, acaba de publicar resultados.

Para saberes mais sobre a matéria escura consulta no nosso site o artigo completo, da autoria de *Ismael Tereno* (investigador do CAAUL)



Fernando Barão, Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas/Instituto Superior Técnico

O prémio Nobel da Física e líder da colaboração, Samuel Ting, anunciou no passado dia 3 de Abril os primeiros resultados obtidos pelo detetor AMS.

Instalado na Estação Espacial Internacional em Maio de 2011, AMS resultou do esforço de uma grande colaboração internacional que inclui cientistas portugueses do LIP/IST e outras instituições científicas da Europa, Ásia e EUA. O detetor recolhe dados incessantemente, orbitando a 400 Km de altura e dando 16 voltas à Terra por dia. A sala de controlo fica situada no CERN, a partir da qual a experiência é constantemente monitorizada.



AMS é composto por vários sub-detetores, com o objetivo de identificar de forma muito precisa a composição da radiação cósmica e assim permitir uma melhor compreensão do Universo. Possui um sistema de tempo-de-voo (TOF) para medição da velocidade e definição do trigger da experiência, um magnetómetro com um campo magnético permanente e nove planos de silício (TRK) para medição da rigidez magnética das partículas. Incorpora ainda um detetor RICH para medição de velocidade e carga elétrica, um calorímetro eletromagnético (ECAL) para medição da energia e um detetor de radiação de transição (TRD).

Os resultados agora divulgados na *Physics Review Letters*¹ resultam de dois anos de estudo sobre os detetores que compõem AMS e das condições espaciais nas quais se encontram – temperatura e campo magnético variáveis – e apresentam medições muito precisas das componente de eletrões e positrões² presentes nos raios cósmicos, até uma energia de 350 GeV³.

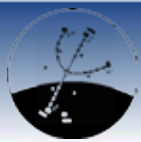
Com mais de 400,000 positrões detectados, os resultados mostram claramente que uma fração destes tem origem em fontes primárias, sejam clássicas (p.e. pulsares) ou outras (como a matéria escura). Estes resultados confirmam de forma muito mais precisa o que tinha sido observado pela experiência PAMELA.

AMS continuará a colecionar dados pelo menos até 2020, esperando-se assim que a extensão das medidas a mais alta energia e maior estatística permita determinar quais as fontes primárias de positrões. Com estes resultados, a hipótese da matéria escura estar na origem do que se observa não é de todo descartável. ■

¹ – *Phys Rev Letters* 110, 141102

² – Positrão é a antipartícula do eletrão. Para saberes mais, vai a www.particleadventure.org

³ – Milhares de milhões de vezes superior à energia de ligação dos eletrões nos átomos



Afinal, o que é o bosão de Higgs

E o que é que o CERN descobriu?

Emiliano Pinto, Aluno do 2º Ano do Mestrado em Física Nuclear e Partículas, FCUL

O bosão¹ de Higgs é a peça que falta(va) para se perceber a origem da massa das partículas elementares, como o eletrão. Mas será que saber porque é que elas pesam justifica os 13 mil milhões de euros gastos no LHC ao longo dos últimos 20 anos? E, afinal, o que é que se descobriu?

Para responder a isso, primeiro é necessário espreitar pela janela dos físicos de partículas e ver como eles imaginam o Universo: umas partículas – os fermiões, de spin semi-inteiro (como o eletrão, com $s=1/2$) – a trocaram mensagens entre si, usando outras partículas – os bosões, de spin inteiro (como o fóton, com $s=1$) – mediadoras das forças, na teoria conhecida por Modelo Padrão (MP): por exemplo, num átomo um eletrão e um protão interagem eletromagneticamente por estarem constantemente a trocar fótons.

Os protões e os neutrões não são partículas elementares, mas antes constituídos por outras mais pequenas, chamadas quarks (da mesma forma que um átomo é feito de um núcleo e uma nuvem eletrónica). Para além destes, há ainda o eletrão e os seus primos, os leptões. Já os mensageiros dividem-se em 3 tipos: os da força forte, chamados glúons – ou supercolatrêsões para os amigos, porque mantêm os quarks ligados nos núcleos atómicos –, o fóton, responsável pela interação eletromagnética – que mantém os eletrões ligados aos núcleos atómicos, formando átomos – e os bosões W^+ , W^- e Z^0 , da interação fraca, importante no decaimento radioativo – e a razão pela qual existe matéria no Universo². Onde é que aparece o bosão de Higgs nesta história? Para perceber isso é necessário seguir Alice e entrar no reino dos espelhos: a física das simetrias.

A física teórica Emmy Noether provou, há quase 100 anos, que a cada simetria de um sistema está associada uma lei de conservação: a energia conserva-se se houver simetria para as translações no tempo e o momento linear se houver simetria para as translações no espaço. Imagine-se um cilindro de comprimento infinito: como todos os pontos no eixo do cilindro são equivalentes (veem o sistema da mesma forma) o momento linear conserva-se nessa direção. Como estes pontos não são equivalentes aos que estão na superfície do cilindro, o momento não se conserva na direção perpendicular ao eixo. A carga elétrica, também ela, conserva-se devido a uma simetria (de Gauge³).

Outras simetrias correspondem a diferentes quantidades conservadas, e todas as **simetrias de Gauge** têm **campos associados**, quantificados em **pacotes (quantum) de energia**, da mesma forma que os EUA têm o **dólar associado**, quantificado em **pacotes de dinheiro (moedas)**. A **simetria que conserva a carga** tem o **campo eletromagnético associado**, quantificado em **fótons** (o mediador da força eletromagnética). Associada à interação fraca existem três quantificadores, W^+ , W^- e Z^0 . Estas partículas, chamadas bosões de Gauge (sim, são bosões, têm spin inteiro) têm $s=1$, mas apenas 2 graus de liberdade (ou polarizações⁴). **Se só tiverem 2 polarizações, os bosões de Gauge podem viajar à velocidade da luz** (pelo que, segundo a relatividade restrita, **não têm massa**). **Mas, se tiverem uma 3ª** – na direção do seu deslocamento – como, em parte, andarão a uma velocidade superior à velocidade média, esta tem de ser inferior à da luz (e, diz a relatividade, **então terão massa**). Conclusão: estes bosões de Gauge, tendo apenas duas polarizações, não deveriam ter massa. Como não se observam partículas com estas características, ou se deita a teoria fora a e começa-se de novo, ou se procura algo que resolva o problema. E, mais uma vez, voltamos à física dos espelhos, mas agora espelhos

Partículas Elementares

leptões	quarks	spin			carga		
		2/3	1/2	2/3	1/2	2/3	1/2
		u up	c charm	t top	g glúão	H^0 Higgs	
		-1/3	1/2	-1/3	1/2	-1/3	1/2
		d down	s strange	b bottom	γ fóton		
		-1	1/2	-1	1/2	-1	1/2
		e elétron	μ muão	τ tau	Z^0 1 bóson Z		
		0	1/2	0	1/2	0	1/2
		ν_e neutrino e	ν_μ neutrino μ	ν_τ neutrino τ	$W^\pm$ 1 bóson W		
fermiões					spin		
					bosões		

Fig. 1: Tabela periódica da Física de Partículas

¹ Lê-se 'bósão', não 'busão'

² Ver simetria matéria/antimatéria e violação CP

³ Para saber mais sobre simetrias de Gauge aconselha-se a consulta de um manual de eletromagnetismo.

⁴ A polarização indica a direção de vibração do campo quando a partícula mediadora se propaga. Alguns óculos 3D funcionam permitindo a passagem por uma lente de uma só polarização e pela segunda da outra, de modo a que a cada olho só chegam fótons com determinada polarização.

partidos.

Há mais de 50 anos, Jeffrey Goldstone provou que para haver uma quebra espontânea de simetria num sistema tem de existir uma nova partícula: um bosão de Goldstone, com $s=0$ (1 só grau de liberdade). Vamos por partes: Diz-se que ocorre uma quebra espontânea de simetria quando um sistema, inicialmente simétrico, deixa de o ser *apesar* de as leis continuarem simétricas. Imagine-se um palito cilíndrico que é apertado nos seus extremos até dobrar: as leis são sempre simétricas, mas o palito, ao dobrar para um dos lados, deixa de o ser. Noutro exemplo, os spins das partículas numa esfera ferromagnética distribuem-se aleatoriamente, e por isso o material é simétrico para todas as direções. Ao diminuir a temperatura os spins vão tomar alguma direção preferencial e alinhar-se ao longo dela. Essa direção pode ser uma qualquer, pois as leis são simétricas, mas quando o sistema “cai” para uma em particular, deixa de ser simétrico e adquire uma magnetização.

E, FINALMENTE, o Higgs! Se assumirmos que, à semelhança do campo eletromagnético, há outro campo – vamos chamar-lhe campo de Higgs – distribuído em todo o espaço e com valor médio diferente de zero – a principal diferença em relação aos outros campos – a simetria de Gauge da interação fraca é quebrada para o sistema (apesar de ser preservada nas leis físicas, o que é crucial para a teoria) e devem então existir 4 bosões de Goldstone* associados (devido à quantidade de simetrias quebradas).

O Modelo Padrão junta a mecânica quântica e a relatividade restrita, e funde as interações eletromagnética e nuclear fraca. Ao longo da história ocorreram poucas fusões de fenómenos aparentemente distintos, mas todas tiveram implicações enormes: a junção dos fenómenos terrestres e celestes, por Newton (séc. XVII) permitiu, 3 séculos depois, colocar satélites em órbita da Terra. A união da eletricidade e do magnetismo, por Maxwell (séc. XIX), abriu caminho para a sociedade atual, baseada na energia elétrica.

Três deles juntam-se aos bosões W^+ , W^- e Z^0 – mediadores da interação fraca – constituindo a terceira polarização que faltava a cada uma destas partículas e, assim, cada bosão continua com $s=1$, mas agora já terá 3 graus de liberdade, ou seja,

já terá massa! Note-se que nem os bosões de Goldstone nem os de Gauge têm massa, mas o conjunto sim. Isto é tão estranho como o Oxigénio (O) ser um comburente, o Hidrogénio (H) um combustível, e, juntos, formarem água (H_2O), que permite apagar o fogo. Quando as partículas se juntam ganham propriedades novas, algumas que nenhuma das partes tinha anteriormente.

A teoria permite relacionar as massas dos bosões $W^\pm$ e Z^0 , e explica porque é que a força fraca – ao contrário da eletromagnética – é de curto alcance: os mediadores são partículas com massa. Glashow, Weinberg e Salam receberam o prémio Nobel pela sua explicação da teoria eletrofraca em 1979 e, em 1984, um ano após a sua descoberta no CERN, foram os líderes das experiências, Rubbia e van der Meer, a receber a distinção.

Brout e Englert⁵; Higgs^{6,7}; Guralnik e Hagen e ainda Kibble, propuseram o que hoje é conhecido como campo de Higgs em 1964, inspirando-se na teoria BCS⁸ para supercondutores (materiais sem resistência elétrica). Este campo estará em todo o lado e é impossível “desligá-lo”. Segundo esta teoria, o espaço vazio é apenas desprovido de partículas, mas contém sempre o campo de Higgs. Imagine-se um espaço cheio de nevoeiro: ainda que não esteja lá ninguém (partículas) o nevoeiro (campo de Higgs) mantém-se lá. E o nevoeiro “atrapalha” a vida dos seres vivos: se não houvesse nevoeiro, as pessoas deslocar-se-iam à velocidade máxima possível (pois não teriam massa). Com nevoeiro, sendo ele relativamente opaco à luz visível, o ser humano terá um campo de visão limitado, e por isso andarà mais lentamente: o nevoeiro aumentou a *inércia* da pessoa. Se outro animal vir mais na gama dos ultravioleta e o nevoeiro for menos opaco para eles, então o animal verá mais do que o ser humano e, por isso, não será tão atrasado: ganha menos inércia. Se um terceiro usar infravermelhos para ver e o nevoeiro for muito opaco a estes, a sua inércia aumentará ainda mais. A única forma de a inércia não aumentar é se o nevoeiro for transparente para o tipo de luz que for usado para ver.

A conclusão é que o campo de Higgs (nevoeiro) dá massa (inércia) às partículas elementares, dando mais (quark top) ou menos (eletrão) dependendo da interação da partícula com o campo (opacidade do nevoeiro ao tipo de luz vista pelo ser vivo). É assim que se pensa que as partículas elementares adquirem massa, e

O campo de Higgs gera a massa das partículas elementares, o que é crucial para a matéria se poder agrupar nas estruturas conhecidas. MAS ATENÇÃO: a massa das partículas compostas (como o próton e o neutrão) surge como resultado de outros fenómenos já conhecidos. Se juntarmos a massa dos quarks (que constituem os prótons e neutrões) e a dos eletrões, teremos apenas 2% da massa total do nosso corpo! E lembra-te que a matéria bariónica, de que somos feitos, corresponde apenas a 1/6 da massa total do Universo...

⁵ http://prl.aps.org/pdf/PRL/v13/i9/p321_1

⁶ http://prl.aps.org/pdf/PRL/v13/i16/p508_1

⁷ O artigo em que Peter Higgs introduziu o mecanismo com o seu nome foi recusado pela Physics Letters por “não ter qualquer relevância evidente para a Física”. Após adicionar outro parágrafo, prevendo o novo bosão, enviou-o para outra revista, a Physical Review Letters, onde foi finalmente publicado.

⁸ Proposta em 57, a teoria BCS valeria o prémio Nobel aos seus autores, Bardeen, Cooper e Schrieffer, em 1972

sem o campo de Higgs (ou algo parecido) a teoria diz que não teriam. Sem massa, os elétrons deslocar-se-iam à velocidade da luz e não seriam capturados, formando átomos. Sem átomos... bem, sem átomos não estaria a ler este artigo. É por isso que o campo de Higgs é tão importante, ele dá massa às partículas elementares com as quais interage.

Se estiveste com atenção, talvez estejas um pouco irritado. Ainda não se falou do bóson de Higgs e um dos 4 bósons de Goldstone* gerados pela quebra espontânea da simetria de Gauge da interação fraca causada pelo campo de Higgs ficou de lado... já deves estar a fazer a ligação: o 4º bóson de Gauge (de massa e spin nulos) é o bóson de Higgs... mas como o bóson de Higgs também interage com o campo, tal como outras partículas elementares, ele ganha massa dessa forma. Infelizmente o MP não permite prever a sua massa (nem a das outras partículas), é um parâmetro que terá de ser descoberto pela experiência.

O bóson de Higgs é o pacote de energia do campo de Higgs. Ao abrir uma janela, a energia transferida vai fazer com que alguma zona fique com maior concentração de nevoeiro do que a média. Essa concentração excessiva é o bóson de Higgs. Nesta analogia, o fóton é a mesma coisa se o nevoeiro for semelhante ao campo eletromagnético – mas para este a concentração do nevoeiro é em média 0, ao contrário do de Higgs

Portanto, para os bósons $W^\pm$ e Z^0 terem massa no Modelo Padrão (e se unificar o eletromagnetismo e a interação fraca) tem de existir um campo de Higgs (o mesmo que explica porque é que as partículas elementares têm massa). Se este campo existir, prevê-se uma nova partícula, o bóson de Higgs. Vamos então procurá-lo.

Entretanto, no mundo das experiências

Nos primeiros anos a procura pelo bóson de Higgs foi limitada, ainda não se sabia bem como o ver, e, em 1976, quando Ellis, Nanopoulos e Gaillard propuseram uma forma de o criar, escreveram “Pedimos desculpa aos experimentalistas por não sabermos qual a massa do bóson de Higgs... e por não ter a certeza dos seus acoplamentos⁹ com outras partículas, exceto que serão provavelmente muito pequenos. Por estas razões, não queremos encorajar grandes pesquisas experimentais pelo bóson de Higgs.”

Sendo muito massivo, o bóson de Higgs é bastante instável e muito radioativo. É tão instável que decai antes de percorrer qualquer distância mensurável no detetor: apenas se conseguem observar os produtos do seu decaimento. A teoria desenvolveu-se e hoje já se conhecem bem os seus modos de decaimento (fig 2), mas como o MP não prevê qual a massa do bóson de Higgs e a probabilidade de cada decaimento depende dela, a observação experimental torna-se mais difícil.

Durante a década de 1990 o acelerador LEP, no CERN, fez procuras extensivas pelo Higgs – e medidas de grande precisão do Modelo Padrão, especialmente a massa dos bósons Z^0 e $W^\pm$ – e restringiu a massa do bóson de Higgs a um mínimo de $114 \text{ (GeV/c}^2\text{)}$ ¹⁰, com 95% de confiança. Desde os anos 80 até meados de 2011, o acelerador americano Tevatron¹¹, em Chicago, também procurou o Higgs e confirmou os resultados do LEP, excluindo ainda a região de 147 a $180 \text{ (GeV/c}^2\text{)}$. Na década de 1990, quando o LEP ainda estava em funcionamento, o CERN aprovou a construção de um novo acelerador de prótons – LHC, desenvolvido para atingir uma energia no centro de massa da colisão de 14 TeV ¹² – e 4 detetores – ATLAS, CMS, LHCb e ALICE – que foram instalados no túnel do LEP.

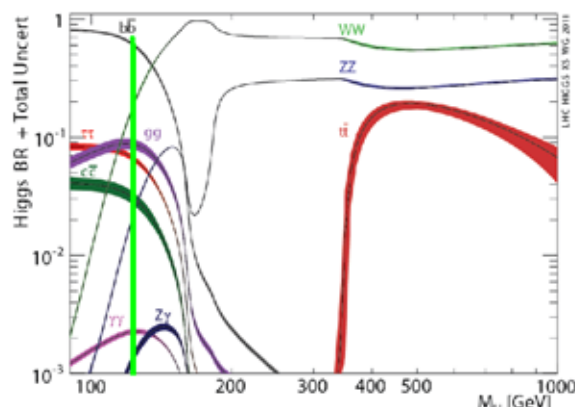


Fig. 2: Probabilidade de cada decaimento do bóson de Higgs. Marcada a verde a massa do novo bóson descoberto no CERN

Qual é a semelhança entre um físico experimental de partículas e uma criança de 2 anos?

Ambos tentam descobrir como é que os brinquedos funcionam atirando-os contra tudo o que podem.

⁹ Probabilidade de serem criados numa dada interação e probabilidade de decaírem de determinada forma.

¹⁰ GeV/c^2 é uma unidade de massa usada frequentemente por físicos. Corresponde aproximadamente à massa de 1 próton ($E=mc^2$)

¹¹ O seu grande resultado foi a descoberta do quark top, confirmando a previsão do MP feita por Kobayashi e Maskawa, que lhes valeu o Nobel em 2008

¹² $1 \text{ TeV} = 1000 \text{ GeV}$. 14 TeV/c^2 corresponde aproximadamente à energia cinética média de um mosquito ($1 \mu\text{J}$), mas concentrado em 2 prótons significa que eles se deslocam a 99,999999% da velocidade da luz

Como cozinhar um bosão de Higgs



Ingredientes:

- 1 Acelerador de partículas
- 2 Detetores (para atingirem os resultados independentemente)
- Computadores q.b.
- Alguns milhares de toneladas de físicos e engenheiros
- $\frac{1}{4}$ da energia elétrica consumida na cidade de Lisboa
- 1 Chávena de água

Modo de preparação

1. Usa os engenheiros e $\frac{1}{5}$ dos físicos para montar o acelerador e os detetores;
2. Põe os físicos que sobram a fazer simulações computacionais para prever o comportamento dos detetores e os resultados esperados. Acompanha a preparação com cuidado, ou começarão a jogar Pacman;
3. Retira uma gota muito pequena da chávena e, com uma pitada de energia elétrica, parte cada molécula em 3 partes. Usa o resto da água para regar as plantas;
4. Pega nas partes mais pequenas de cada molécula, descasca-as e coloca-as no acelerador a um ritmo constante;
5. Usa a energia elétrica para aquecer até $10^{16} \text{ }^{\circ}\text{C}$ (mil milhões de vezes mais quente que o centro do sol) e deixa cozer durante 2 anos. Não te esqueças de continuar a adicionar partículas;
6. Usa os físicos e computadores do passo 2 para analisar os resultados obtidos;

Se tudo correr bem (e a Natureza deixar), encontraste o bosão de Higgs.

Se existir, o bosão de Higgs pode ser criado no CERN em vários processos, mas em média só é produzido 1 em cada 10 mil milhões (10^{10}) de colisões. É muito mais provável produzir outras partículas já bem conhecidas, que criam um fundo contínuo que esconde o sinal. Em 2011 e 2012, registaram-se nos detetores ATLAS e CMS 2×10^{15} colisões (25 fb^{-1}) em cada, ou seja, terão sido produzidos cerca de 200 mil milhões de bosões de Higgs. Se cada colisão de prótons fosse um grão de areia de 1mm, o nº total de colisões dava para encher completamente o Estádio da Luz, e destes apenas uma mão cheia corresponderia à criação de bosões de Higgs.

Atendendo também às diferentes formas como o bosão de Higgs pode decair, haverá várias *assinaturas experimentais* da sua criação e decaimento. As melhores não são aquelas que produzem mais eventos, mas as que o fazem em proporção ao fundo contínuo de outros processos conhecidos. É mais fácil encontrar uma camisola azul se forem usadas por dez pessoas num grupo de cem do que por mil num milhão.

Uma assinatura clara é a da fig. 3. Quando 2 prótons colidem, um quark de cada um emite um bosão W^+/W^- (lembra-te que o próton não é elementar) transformando-se noutros quarks. Os W^+/W^- "fundem-se" num bosão de Higgs, e este decai rapidamente para 2 fotões. No final da colisão, podem-se ver sinais de 2 fotões e 2 quarks.

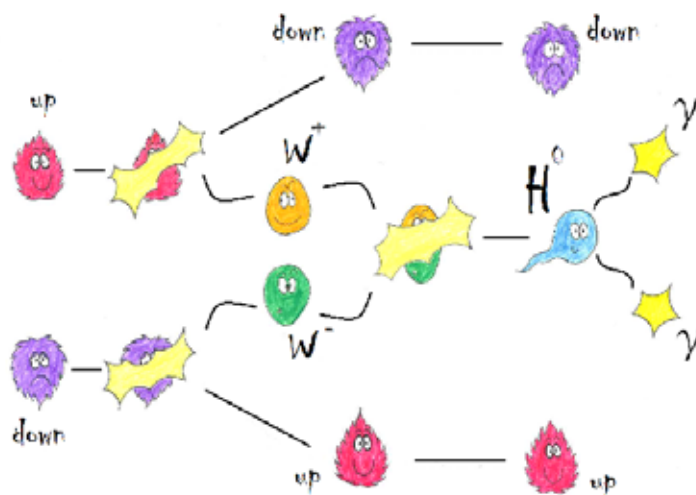


Fig. 3: Diagrama de Feynman de um processo de criação e decaimento do bosão de Higgs

Repara que cada vez que se encontra um evento com esta assinatura experimental não se pode dizer que foi detetado um bóson de Higgs! Há muitos outros processos já conhecidos que criam um fundo contínuo com o mesmo aspeto. Apenas tendo uma estatística elevada se pode concluir que se encontrou uma partícula nova, mesmo não sabendo nunca se uma deteção em particular corresponde ao decaimento de um bóson de Higgs. É como ter um dado ligeiramente viciado, que cai no seis 1% mais frequentemente que nos outros, e tentar provar isso. Se num lançamento sair seis, não sabemos se ele está ou não viciado. Nem se sair 3 vezes seguidas, apesar de ser improvável. Para isso temos de repetir muitas vezes a experiência de lançar o dado e se no gráfico das frequências se vir uma variação significativa em relação ao esperado pode-se então afirmar que o dado está viciado. Para que o resultado seja convincente, deve-se indicar a probabilidade de flutuações estatísticas¹³ serem suficientes para explicar o desvio. Se essa probabilidade for muito pequena (p.e. 1 em mil), pode-se afirmar com confiança que o dado está viciado.

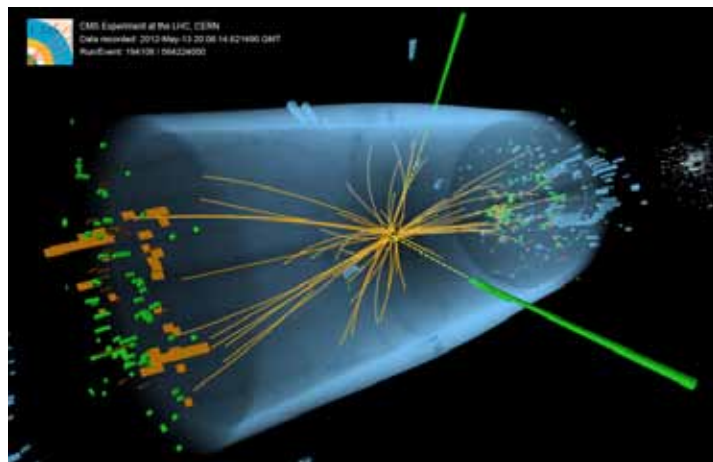


Fig. 4: Evento detetado na experiência CMS com uma energia no centro de massa de 8 TeV. O evento mostra características esperadas do decaimento de um bóson de Higgs em 2 fótons (tracejado amarelo + colunas verdes). O evento também pode ser proveniente de outros processos conhecidos do Modelo Padrão

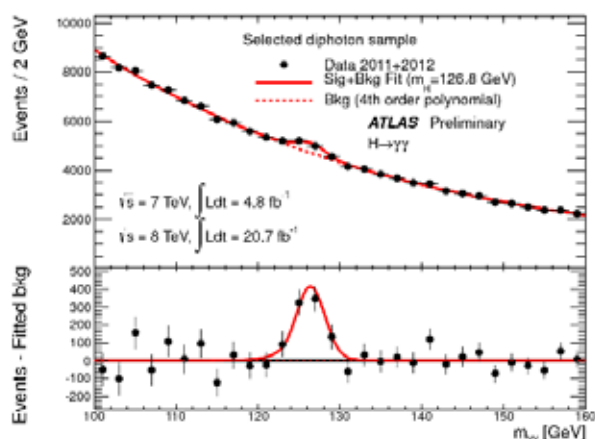


Fig. 5: Distribuição da massa invariante de candidatos a $H \rightarrow \gamma\gamma$

A 4 de julho de 2012, as experiências CMS e ATLAS anunciaram a descoberta de uma nova partícula, um bóson, compatível com o bóson de Higgs¹⁴. Para isso foram medidas, para cada assinatura experimental, as frequências com que determinadas características foram observadas. Na fig. 5 veem-se os resultados na amostra com 2 fótons (pontos a preto) em função da massa da partícula que, ao decair, os terá originado. Ajustando uma curva aos dados, observa-se claramente um excesso de eventos próximo dos 127 GeV/c². Para se poder afirmar que foi descoberta uma nova partícula é necessário saber qual a probabilidade de obter este desvio devido somente a flutuações estatísticas.

Na fig. 6 encontra-se o resultado da combinação das várias assinaturas experimentais usadas ($H \rightarrow \gamma\gamma$ e $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ ¹⁵) e verifica-se que essa probabilidade (P_0) é da ordem de 10^{-23} (10σ ¹⁶): menor do que a probabilidade de atirar uma moeda ao

ar 70 vezes e sair sempre cara! Claramente foi descoberta uma nova partícula, com aproximadamente 126 GeV/c² de massa (tanto como 7 moléculas de água) e que, por decair em 2 fótons, poderá apenas ter spin 0 (como se prevê para o bóson de Higgs do Modelo Padrão) ou 2.

É também interessante notar a diferença entre o valor observado e o que seria de esperar para o bóson de Higgs do MP ($2.5\sigma=1\%$). Isto indica que é pouco provável que os picos observados nas várias assinaturas provenham de uma só partícula, o que indicia para mais do que uma nova partícula descoberta. Contudo, o valor ainda é muito alto, os físicos de partículas só ficam satisfeitos quando a probabilidade de ser flutuação for menor a uma num milhão (5σ).

A fig. 7 mostra as forças do sinal observado em cada assinatura em relação ao valor esperado pelo bóson de Higgs do Modelo Padrão, 1. Também aqui se observam algumas discrepâncias em relação ao previsto (mais uma vez não muito fortes). São necessários mais dados para resolver estes mistérios, que se poderão obter quando o LHC reabrir em 2015 (parou no início de 2013 para sofrer upgrades).

Outra medida fundamental é o spin/paridade (S^P) da nova partícula. O spin mede a quantidade de rotação intrínseca da partícula e a paridade indica como se comporta vista ao espelho, pelo que as distribuições espaciais permitem distinguir entre os diferentes valores possíveis. O bóson de Higgs do MP deve ter 0^+ . Na última coluna da

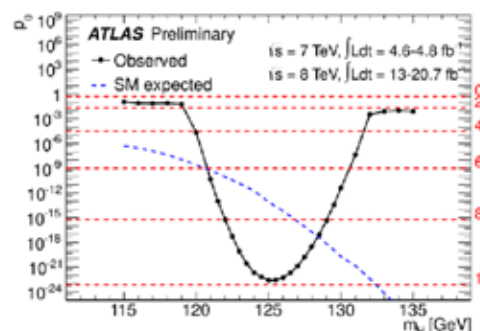


Fig. 6: Probabilidade do sinal ser causado por flutuações estatísticas do MP (sem Higgs)

¹³ Ao lançar várias vezes o dado, a frequência de cada resultado não vai ser sempre constante, vai flutuar em torno do valor esperado, sendo a diferença cada vez menor quanto maior o nº de repetições.

¹⁴ Os resultados apresentados são os últimos publicados, em Março e Abril de 2013, não os originais.

¹⁵ l representa um lépton, isto é, um eletrão ou um dos seus primos.

¹⁶ Forma de medir a probabilidade. $1\sigma=32\%$, $2\sigma=4.5\%$, $3\sigma=0.27\%$

tabela podem-se ver as probabilidades de cada hipótese possível explicar melhor os dados para a assinatura experimental $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ que a 0^+ . Novamente os resultados não são ainda suficientemente conclusivos, mas suportam favoravelmente a hipótese 0^+ .

Concluindo, o CERN descobriu claramente (pelo menos) uma nova partícula, que tem características próximas do bosão de Higgs do MP, mas são necessários mais dados para poder afirmar se é realmente ele (o bosão de Higgs) ou outra partícula muito parecida (um bosão de Higgs de outra teoria). A descoberta deste bosão de Higgs¹⁷, com as características observadas, poderá ajudar a discriminar entre o Modelo Padrão e outras teorias que o tentam complementar (ex: supersimetria, teorias com dimensões extra). Na verdade, sabe-se que o Modelo Padrão não pode ser a teoria final, pois deixa várias questões por esclarecer: não inclui a força mais evidente no dia a dia, a gravidade, nem explica porque é que ela é tão mais fraca do que as outras três, e também não explica a origem da matéria e da energia escura, que compõem 95% do Universo.

O LHC irá explorar estas e outras questões em aberto, colocando o MP e teorias alternativas à prova¹⁸ (ex: partículas supersimétricas); procurar indícios de produção de matéria escura; investigar os mecanismos da quebra de simetria matéria/antimatéria¹⁸ (a razão pela qual existe mais matéria no Universo); estudar o plasma de quarks e glúons¹⁸, que deverá apresentar indícios que ajudem a explicar a estrutura do Universo; aumentar a precisão dos parâmetros do Modelo Padrão¹⁸, fundamental para diminuir a incerteza das previsões e testar a teoria a níveis sem precedentes; estudar a hipótese de as partículas hoje consideradas fundamentais terem, na verdade, uma estrutura interna¹⁸, em particular o quark top, quase 100 mil vezes mais pesado que o quark up; criar e estudar quantidades maiores de antimatéria¹⁸ do que em qualquer outra experiência até hoje.

Neste processo, são formados profissionais altamente qualificados, – muitos levando essa mais-valia para a indústria –, são desenvolvidas tecnologias inovadoras e com várias aplicações (detetores, supercondutores, processamento informático) e valorizam-se as empresas que colaboram com a experiência pelo conhecimento de ponta adquirido e pela valorização económica. Por cada € investido ao longo destes 20 anos no projeto do LHC, as empresas receberam em média um retorno de 3.5€: uma valorização de 6.5% ao ano, mais do que os juros que Portugal paga atualmente em qualquer maturidade (2, 5 ou 10 anos). Por todas estas razões, os 13 mil milhões de € gastos pela comunidade internacional ao longo de 20 anos no LHC, sensivelmente o mesmo custo do TGV Lisboa-Madrid e do novo Aeroporto de Lisboa combinados (e menos que o orçamento anual da NASA), são extremamente bem investidos. De facto, Portugal ganharia dinheiro ao endividar-se para investir no LHC! Considere-se assim todo o avanço científico proporcionado, que levou a Humanidade a ver mais longe do que alguma vez o fez, um “bónus”, e seja o argumento económico a justificar o investimento nesta experiência, que contou com a colaboração de cerca de 150 físicos, engenheiros e estudantes Portugueses, dos quais se devem destacar Gaspar Barreira (diretor do LIP¹⁹), Amélia Maio e João Varela (coordenadores das equipas portuguesas de ATLAS e CMS).

Resumindo, o Modelo Padrão é a teoria atualmente aceite pela comunidade científica para explicar o comportamento do Universo à escala das partículas (e com consequências muito importantes noutras, incluindo à escala do Universo) e teve sucesso fazendo várias previsões confirmadas experimentalmente (nalguns casos décadas depois). Este modelo inclui o campo de Higgs, fundamental para explicar a origem da massa das partículas elementares. Se este campo existir, deve haver uma nova partícula, O bosão de Higgs, com massa, e spin/paridade 0^+ . O CERN descobriu uma nova partícula com características muito semelhantes às previstas. Este bosão de Higgs descoberto pode não ser exatamente o do Modelo Padrão e, para o saber, é necessário ligar o “forno” durante mais alguns anos, para obter mais dados. Se a corrida pelas leis fundamentais que governam o Universo for um peddy-paper, encontrámos a nova pista e, agora, é necessário estudá-la com cuidado...

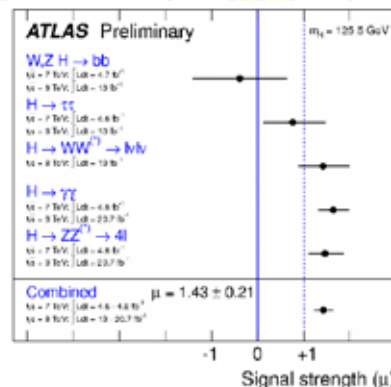


Fig. 7: Força do sinal observado para cada assinatura experimental

S^{π}	Teor.	Obs. 0^+	Obs. S^{π}	CL_s
0^-	2.6σ	0.5σ	3.3σ	0.16%
$2^+(gg \rightarrow H)$	1.8σ	0.8σ	2.7σ	1.5%
$2^+(qq \rightarrow H)$	1.7σ	1.8σ	4.0σ	<0.1%
1^-	2.8σ	1.4σ	$>4.0\sigma$	<0.1%
1^+	2.3σ	1.7σ	$>4.0\sigma$	<0.1%

Tab. 1: Teste de spin/paridade

¹⁷ Esta descoberta já mereceu a distinção atribuída a 7 líderes das experiências ATLAS e CMS pela Fundamental Physics Prize Foundation, no valor de 3 milhões de Dólares, o equivalente a 3 prémios Nobel

¹⁸ Desde a entrada em funcionamento do LHC, o CERN já publicou vários resultados em todas estas áreas

¹⁹ Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas



5th Workshop on Biomedical Engineering

Andreia Gaspar, Aluna do 3º Ano do Mestrado Integrado em Eng. Biomédica e Biofísica, FCUL

O *5th Workshop on Biomedical Engineering* teve lugar na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) no dia 20 de Abril. Este evento tem-se tornado importante entre os estudantes do curso de Engenharia Biomédica e Biofísica, não só pela sua participação na organização do evento, mas também pelo contato com investigadores conceituados que apresentam o seu trabalho.

5th WORKSHOP
ON BIOMEDICAL
ENGINEERING

Este ano o evento contou com a participação de conceituados oradores em áreas como interfaces Homem-máquina, imagem multimodal de tomografia de emissão de positrões (PET) e imagiologia de ressonância magnética (MRI), dispositivos médicos implantáveis, biomecânica, processamento de imagem médica, neuroimagem funcional engenharia de tecidos. Além disso, atribuiu-se pela primeira vez um prémio para os autores dos dois melhores *abstracts* sendo os seus trabalhos apresentados à platéia e, como habitual, foram entregues prémios para os 3 melhores posters.

As primeiras palavras da manhã foram proferidas pelo Professor António Amorim, presidente do Departamento de Física da FCUL, que de uma forma descontraída catalogou esta área da física como sendo uma área onde a criatividade permite construir projetos diferentes e inovadores.



O primeiro orador Nuno André Silva, um ex-aluno da nossa faculdade da área da Engenharia Biomédica e Biofísica, apresentou o seu trabalho na área da quantificação multimodal PET/MRI. O jovem investigador revelou as alternativas possíveis para conseguir utilizar em simultâneo a informação proveniente das duas técnicas, bem como quais os desafios inerentes à combinação destas. Dois dos problemas mais pertinentes neste âmbito são o baixo sinal do osso na MRI que introduz problemas na correção da atenuação do PET, e as bobines de radiofrequência da MRI, que provocam incertezas nas medições de PET.

A Doutora Helena Caria do Centro de Biodiversidade, Genómica Funcional e Integrativa mostrou-nos a importância dos implantes cocleares na reabilitação precoce de crianças surdas, bem como a história da evolução destes dispositivos iniciada em 1967. Esta evolução possibilitou a diminuição do tamanho dos dispositivos, bem como a disseminação da sua aplicação e dos rastreios precoces, sendo que em Portugal a taxa de avaliação é de cerca de 90% das crianças.



Após esta apresentação, o Doutor Roman Trukenmüller do Departamento de Regeneração de Tecidos da Universidade de Twente, Holanda, presenteou o auditório com o tema "*Tools for engineering artificial celular microenvironments*" apresentando algumas ferramentas, como a curvatura de substratos para células monocamada, micropoços adaptados para agregados celulares tridimensionais e gaiolas nanofios para única célula. A aplicabilidade destas ferramentas a nível farmacológico, órgão bioartificiais bem como medicina regenerativa foram também mencionados. Foi referida a possibilidade de aplicar algumas das técnicas num laboratório pouco equipado com um gasto de 10.000€.

O Doutor Hugo Ferreira do Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica (IBEB) da FCUL apresentou os *spintronics biochips*, a combinação entre eletrónica e os materiais magnéticos. Convencionalmente, os dispositivos eletrónicos baseiam-se no transporte de cargas elétricas, no entanto dispositivos que exploram o spin do eletrão têm sido alvo de investigação. Desta forma, foram apresentados os Spintronic Biosensors que permitem medir campos magnéticos de forma bastante precisa, podendo ser utilizados como interruptores e guardar informação em binários '0' e '1'. Desta forma, utilizando marcadores magnéticos ligados a biomoléculas, é possível obter informação biologicamente importante.





O primeiro orador da tarde foi o Doutor Stefan Klein do Grupo de Imagem Biomédica de Rotterdam, Holanda, responsável pela criação do software elastix® (<http://elastix.isi.uu.nl/>), utilizado no alinhamento de imagens. O alinhamento de imagens é um processo fundamental em muitos projetos de investigação na área biomédica. Desta forma, o orador mostrou algumas das técnicas utilizadas, desde as mais simples, como o alinhamento com transformação de corpo rígido, isto é, que envolvem apenas rotação e translação, até algumas mais complexas como as de deformação não rígida, na qual ocorre uma deformação elástica. As aplicações destas ferramentas não foram esquecidas, com referência à estimação do movimento em imagens dinâmicas cardíacas, segmentação automática ao nível do cérebro e também correção de artefactos em MRI.

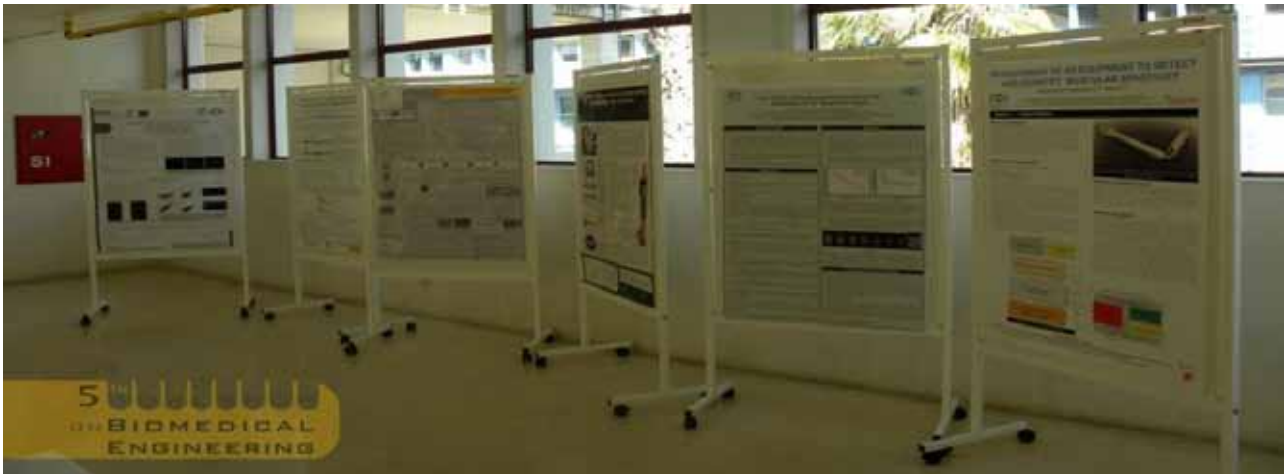
A apresentação da Doutora Patrícia Figueiredo, professora assistente do Departamento de Bioengenharia do Instituto Superior Técnico, centrou-se na divulgação do seu trabalho com imagem de ressonância magnética funcional (fMRI). Esta investigadora mostrou algumas relações entre o eletroencefalograma e a fMRI, bem como algumas características presentes em doenças cerebrais como a epilepsia.

O Doutor Gert Pfurtscheller, professor emérito na Universidade de Tecnologia de Graz, Áustria, especialista em interfaces cérebro-computador, falou da interação entre o coração e o cérebro, nomeadamente da resposta do sistema nervoso autónomo. Este sistema é o responsável pelo controlo de algumas funções como a respiração, o sistema circulatório ou a temperatura, mantendo a homeostasia do organismo. O professor, membro da Academia da Ciência Austríaca, mostrou alguns resultados no que respeita à observação de um acoplamento entre a resposta da encefalografia a determinado movimento e a sua repercussão ao nível da variação da desoxihemoglobina, bem como, na resposta medida por eletrocardiografia, pela avaliação das oscilações com frequência de 0,1Hz.



Por último, o Doutor António Veloso, professor na Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa, falou-nos de modelação neuromuscular no contexto da biomecânica desportiva. Neste sentido, foram mostradas aos participantes várias abordagens do problema de simulação com vídeos bastante elucidativos dos possíveis resultados para determinado comportamento do sistema musculo-esquelético. O processo de fadiga e o modo como se instala em determinado movimento desportivo foi também testado e apresentado.

Os dois autores vencedores dos melhores *abstracts* foram os estudantes Ricardo Santos e Andreia Gaspar do curso de Engenharia Biomédica e Biofísica da FCUL. O primeiro apresentou o trabalho "*Design and Construction of a Muscle-Computer Interface for Patients with Motor Impairments*" no âmbito do seu projeto da Fundação Amadeu Dias, e a segunda apresentou o trabalho "*Software for the semi-automatic analysis of delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance images*", ambos desenvolvidos no IBEB.



A sessão de posters apresentou participantes das várias faculdades dos países, desde estudantes da Universidade de Aveiro até a participantes da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Este evento contou com a ajuda de alguns parceiros de outras edições, como a Zurich e a Delta, mas também de outros como a empresa Bairros e Romão Limitada e alguns parceiros dos media, como a Antena 2 e a TSF participaram pela primeira vez, ajudando assim na divulgação do evento.

Em suma, este evento foi um local de partilha de trabalhos de investigação e conhecimentos, permitindo fomentar a criatividade científica, conseguida pela concentração de diferentes temas apresentados por vários especialistas. ■

Prémios para melhores pósteres:

1º prémio:

EFFECT OF THE SINTERING CYCLE UPON THE PROPERTIES OF AN ALUMINA/LAS DENTAL CERAMIC

Autores: M. Guedes, D. Arteiro, M. I. Delgado and A. C. Ferro

2º prémio

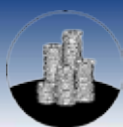
Software for the semi-automatic analysis of delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance images

Autores: Andreia Gaspar, Sandra R. Tecelão, António M. Ferreira, Rita G. Nunes

3º prémio

Stochastic Model of Transcription Initiation of Closely Spaced Promoters in Escherichia Coli

Autores: Leonardo Martins, José Fonseca, André Ribeiro

Economia e
Finanças

Einstein no mercado financeiro

Pedro Lind (CFTC). e-mail: pedro.g.lind@gmail.com.Artigo original: <http://arxiv.org/abs/1103.0717>

Algures no final do secundário, decidi que iria para a Universidade estudar Física. Nessa altura tinha um amigo, de olho nos cursos de Economia, que achava estudar Física um desperdício de tempo. “Até te posso contar porquê”, gabava-se. E punha-se a contar uma anedota, antes de tocar para a aula seguinte. A anedota era sobre um físico que visitava amigos no meio rural, onde o negócio era criação de galinhas e produção de ovos. Sabendo das capacidades do amigo físico em resolver problemas difíceis, os camponeses acharam que ele poderia ter a solução para o seu problema. “Queremos saber qual a forma de pôr as nossas galinhas a produzirem o máximo de ovos”. De certeza que era um problema mais simples do que os de viagens no tempo ou da evolução das estrelas. O físico pediu alguns dias e quando, de novo em casa, pôs-se a fazer contas no seu computador. Não precisou de muito para, radiante, telefonar aos seus amigos do campo: “tenho uma solução fantástica!”. “Conta-nos!”. “É simples”, disse o físico, “precisam só de assumir um pressuposto importante”. “Qual?”. “Que as vossas galinhas são... esféricas!”. Obviamente que as galinhas não são esféricas e, dessa forma, o meu amigo pré-economista conseguia pôr o grupo a zombar da forma como os físicos abordam um problema.

Continuei contudo teimosamente a querer estudar Física e foi o que fiz. No meu primeiro ano da Universidade aprendi algumas coisas sobre viagens no tempo, outras sobre a evolução das estrelas e, além disso, percebi que, de facto, a anedota do meu amigo ilustra na perfeição a forma de nós, físicos, abordarmos um problema: assumimos muitas vezes pressupostos completamente irrealistas. Mas isso não é, de forma nenhuma, razão para zombaria. Antes pelo contrário! Tal como as galinhas, a Terra e todos os astros não são esféricos. Todavia, a teoria da gravitação de Newton assume que a forma dos astros é esférica. Assumindo esse pressuposto – completamente falso – é possível explicar o movimento dos planetas em torno do Sol e colocar satélites de telecomunicações em órbita. Exacto: sem este tipo de pressupostos, o meu ex-colega teria hoje dificuldade em telefonar aos seus clientes em Nova Iorque!

Há pressupostos errados, mas que, se tratados de uma forma consistente, são muito apropriados para explicar fenómenos à nossa volta. De tal forma é assim, que por vezes os usamos para explicar fenómenos completamente distintos. É o caso de uma teoria em física e o mercado financeiro, uma história que atravessa mais de 150 anos de ciência e começa com um botânico escocês em 1827, chamado Robert Brown. Brown estudava flores silvestres ao microscópio. Examinando grãos de pólen em suspensão num meio aquoso, observou partículas minúsculas destes grãos que descreviam movimentos pequenos e irregulares. Pensando que podia ser devido ao facto de se tratar de matéria orgânica com alguma desconhecida forma de movimento próprio, Brown repetiu as suas observações com matéria inorgânica e obteve os mesmos resultados. Tudo indicava que as leis da mecânica então conhecidas para um objecto macroscópico num fluido não eram válidas para tamanhos muito pequenos. Como explicar isto?

É aqui que aparece Einstein, no fantástico ano de 1905, conhecido como o ano *mirabilis*, quando Einstein publica quatro artigos, todos eles tratados nesta primeira edição da Revista Horizon. O artigo desse quarteto de que vamos falar é aquele onde Einstein mostra não só como as propriedades termodinâmicas de um sistema de muitas partículas resultam das leis mecânicas que governam cada uma delas, como também, usando esse resultado, mostra evidências de que as moléculas efetivamente existem e propõe uma forma de medir o seu tamanho. Para isso, recorre a uma formulação matemática do movimento descrito por Brown, onde assume que a água é composta por uma coleção enorme de “partículas” que colidem com a partícula de pólen. Espreitando ao microscópico durante uma fração de segundo, o que se observa é na realidade um número enorme de colisões das partículas de água com a partícula de pólen cujo resultado global é “chutar” a partícula de pólen numa determinada direção. Uma vez que as colisões ocorrem com partículas vindas de todas as direções possíveis, na fração de segundo seguinte o chute pode acontecer numa outra direção qualquer. E assim, ao longo

do tempo, observamos um zigue-zague aleatório. Por isso, quando observamos algo de maiores dimensões, como uma bola, não conseguimos distinguir o zigue-zague provocado pelas moléculas da trajetória média que a bola desenha à superfície da água. Einstein mostrou que os desvios a esta trajetória média, juntamente com a temperatura e a viscosidade do fluido, estão diretamente relacionados com o tamanho das moléculas de água. Reduzindo quase tudo a pequenas esferas, Einstein explica o movimento dos grãos de pólen que Brown observou.

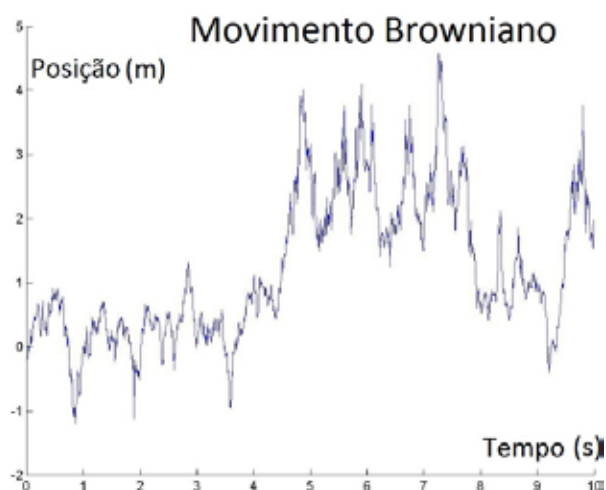
De uma forma mais geral, podemos descrever o movimento dos grãos de pólen como resultado de duas contribuições distintas, duas parcelas diferentes na nossa equação do movimento. Uma delas é determinística e define a trajetória média da partícula. A outra é aleatória e descreve a forma como a partícula de pólen flutua em torno da sua trajetória média, devido aos chutos das moléculas de água.

A história ainda não acabou. Além de um botânico e de um físico, entra também o mercado financeiro. Em vez de pensar na trajetória errática de um grão de pólen em suspensão na água, podíamos pensar na evolução errática dos preços de uma ação ou opção na bolsa de valores. Não há água na bolsa de valores (pelo menos, por enquanto) mas há um mar de investidores e de compras e vendas que contribuem para que um preço ora suba, ora desça. Será que podíamos aplicar o movimento que Brown descreve à evolução dos preços nos mercados? “Ridículo” diria o meu ex-colega. O facto é que não é uma ideia original. Nem sequer é recente. É mais antiga do que os célebres artigos de Einstein! Data de 1900 e foi formulada por Bachelier na sua tese de doutoramento, orientada por Poincaré.

Bachelier não conseguiu, contudo, fazer vingar a sua ideia e, depois de Einstein, o movimento Browniano no salta para a ordem do dia só em 1973 quando três economistas, Black, Scholes e Merton, adaptam a equação de Einstein para descrever a evolução do preço de opções. Com isso medem a “difusão” dos preços – algo que os engenheiros de finanças chamam de volatilidade – a partir da qual podem estimar o lucro de determinada compra ou venda. Os três economistas – dois deles mais tarde laureados como Nobel da economia – usaram o seu modelo para enriquecer. E enriqueceram! Em 1994, Scholes, Merton e outros fundaram uma companhia de investimentos onde conseguiram nos três anos seguintes aumentar anualmente os lucros de investimentos em 40%. Tudo parecia indicar que os pressupostos usados para explicar o movimento que Brown observou ao microscópico podem ser aplicados também ao mundo das finanças. Todavia, em 1997 os retornos baixaram repentinamente e em 1998 a companhia faliu.

O que aconteceu que provocou esta mudança repentina? A resposta é simples e está na ordem do dia: ocorreu uma crise nos mercados, e uma crise é algo que viola um pressuposto básico no modelo de Einstein. Qual?

Retornemos aos grãos de pólen. As suas trajetórias são compostas por muitos saltos aleatórios, pequenos. Saltos muito grandes ocorrem com um probabilidade tão pequena, que para ocorrerem teríamos de esperar



períodos de tempo comparáveis à idade do Universo. Ora, as flutuações dos preços são, a maior parte das vezes, pequenas, mas, infelizmente, não precisamos esperar a idade do Universo para observarmos as flutuações anormais das crises financeiras. Assim, ao contrário do que nos diz o modelo de Einstein, os preços do mercado financeiro apresentam desvios extremos com uma probabilidade não desprezável. O pressuposto das galinhas esféricas não é o mais adequado. O que fazer então, para não deixar o meu ex-colega a rir-se de novo dos físicos?

Uma possível solução é recorrer aos computadores e "recriar" a forma como pessoas e empresas compram e vendem coisas entre si. Fazendo isso, poderíamos estudar quais os cenários que menos favorecem a ocorrência de crises abruptas. Este tipo de abordagem – chamada de modelação por agentes – vulgarizou-se entre físicos, matemáticos e informáticos com o melhoramento dos computadores no final do século passado. Um modelo de agentes tem por base a construção de um algoritmo onde as entidades do sistema que pretendemos modelar são representadas por agentes abstractos e as leis que governam a forma como os agentes interagem entre si são introduzidas ad-hoc. Depois, deixa-se o computador fazer as contas, i.e. deixamos o sistema evoluir e observamos o resultado.

Recentemente procurámos aplicar este tipo de abordagem ao sistema bancário, onde cada banco é representado como um agente e os depósitos e empréstimos são as suas conexões a bancos vizinhos. O fluxo de dinheiro através de um banco compreende a entrada de dinheiro através dos depositantes e juros dos devedores, assim como de saída de dinheiro através dos empréstimos e dos juros. Como isto ocorre entre um número grande de bancos e clientes, estamos perante uma rede intrincada de trocas financeiras.

O sistema bancário no seu todo é regulado por um organismo internacional chamado Comité de Basileia para a Estabilidade Bancária. Em 1998, este organismo impôs que os bancos, quando emprestassem dinheiro, o fizessem com uma fração do seu próprio dinheiro – o capital – e estabeleceu que essa fração fosse 8% – porquê esta percentagem? Ninguém sabe. O objetivo do comité era garantir que o total dos empréstimos fosse "seguro" por esta quantidade de dinheiro próprio e, na ocorrência de uma falência, o sistema como um todo fosse capaz de suportar o impacto dessa falência, defendendo assim os depositantes. Depois da crise de 2008, o Comité aumentou essa percentagem para 10%.

Esta medida de aumento de capital pode facilmente ser introduzida no modelo a fim de observar como variará a frequência de falências bancárias. O nosso modelo parece mostrar que as intenções e previsões do comité de Basel se confirmam... mas somente sob um pressuposto: que os bancos aceitam a consequente redução do nível dos empréstimos, i.e. do seu nível de negócio, algo que um banco tentará contrariar. Assumindo no nosso modelo algo mais realista, isto é, que perante o aumento do capital, o banco deverá alterar a vizinhança de bancos com quem opera, por forma a atingir de novo o nível de negócios que tinha, observámos um resultado inesperado: a probabilidade de ocorrer uma reação em cadeia de falências bancárias pode inclusivamente aumentar, o que contraria as intenções da norma reguladora!

Com um estudo assim, não apresentámos nenhuma receita para enriquecer, mas obtivemos algumas evidências de que num sistema tão complexo como o sistema bancário, normas locais como o aumento do capital mínimo podem conduzir por vezes a resultados inesperados. Por isso, se alguma vez um pré-economista vos contar a anedota do físico e das galinhas esféricas, podem sempre rematar com a história da aplicação das ideias de Einstein aos mercados financeiros. ■

A Teoria da Relatividade e a Expansão do Universo

Astronomia e
Astrofísica



Paulo Crawford, Centro de Astronomia e Astrofísica (Universidade de Lisboa)

O reconhecimento da expansão do Universo é uma das descobertas mais relevantes do século XX. É talvez o facto mais importante que o homem descobriu acerca das suas origens. Até à identificação da radiação cósmica de fundo no domínio das micro-ondas, por Arno Penzias e Robert Wilson em 1965, a expansão do Universo foi a observação que mais estimulou o nascimento da Cosmologia.

Edwin Hubble é frequentemente identificado como o astrónomo que descobriu a expansão do Universo (Hubble 1929), pois as suas observações astronómicas do deslocamento para o vermelho da luz das galáxias distantes foram atribuídas à recessão dessas galáxias. Porém, Hubble recuou na sua adopção explícita e chegou mesmo a sugerir que se tratava de uma falsa afirmação acerca do Universo.

A verdadeira história da expansão do Universo não se resume às observações astronómicas para explicar as observações realizadas por uma plêiade de astrónomos, onde se destacam os nomes de Vesto Slipher, Gustaf Strömberg, Edwin Hubble e Milton Humason, foi necessário encontrar um enquadramento teórico adequado. Só depois do aparecimento da teoria da Relatividade Geral em 1915 se colocou a questão de descrever cientificamente o cosmos. Após uma década de profunda reflexão sobre a generalização do princípio da relatividade aos observadores não inerciais, e depois de reconhecer que a igualdade entre a massa inercial e a massa gravitacional só poderia ser uma indicação de uma conexão íntima entre a inércia e a gravidade, A. Einstein completa a sua teoria da Relatividade Geral. Ultrapassando as noções habituais de espaço e de tempo, obtém uma nova compreensão da gravidade que engloba os resultados da teoria de Newton.

Mas a Cosmologia necessita realmente da Relatividade Geral?

Quando em 1931, Hubble e Humason confirmam a correlação aproximadamente linear entre os deslocamentos para o vermelho (*redshifts*) e as distâncias às galáxias exteriores, já a cosmologia relativista tinha produzido várias soluções teóricas capazes de explicar as observações astronómicas, mas é compreensível que as primeiras tentativas de explicação dos astrónomos se tenham circunscrito à física mais convencional.

Em 1917, numa altura em que não estava ainda provada a existência de outras galáxias além da Via Láctea, Slipher, que apoiava a ideia de outros 'universos-ilha', publica um artigo com o título "Nebulae". Na introdução era clara a incerteza em relação à natureza das nebulosas. Slipher assinala que 'a fraca intensidade dos respetivos espectros desencorajou até agora a sua investigação'. Tendo, entretanto, obtido 25 espectrogramas de nebulosas espirais, foi possível determinar os deslocamentos de Doppler respetivos, $\Delta\lambda/\lambda = v/c$, e daí as suas velocidades radiais; Slipher determinou que 4 se estavam a aproximar e 21 a afastar-se. Surpreendeu-o que as velocidades envolvidas fossem muito superiores às velocidades médias das estrelas na nossa vizinhança. Quando Hubble e Humason publicaram as suas observações das nebulosas espirais em 1929, evitaram qualquer interpretação, sugerindo que isso seria trabalho para os teóricos.

O primeiro a responder ao desafio foi Fritz Zwicky do Instituto de Tecnologia da Califórnia. Zwicky, que aceitava a Relatividade Geral, tentou encontrar uma explicação para os *redshifts* no "arrastamento" gravitacional da luz. Para Zwicky, a teoria da relatividade permite atribuir a um *quantum* de luz de energia hf uma massa inercial e uma massa gravitacional hf/c^2 . Ao passar junto de uma grande massa, além de ser defletido, transfere momento e energia para essa massa. Nesse processo, o *quantum* de luz muda a sua energia e a sua frequência. Porém, ao confrontar os seus cálculos com os dados de Hubble, Zwicky não ficou convencido com a sua explicação e voltou ao tema em 1933, admitindo agora duas possíveis explicações para os *redshift* observados: a expansão geral do Universo, tal como era sugerida pelo modelo de Einstein-De Sitter, publicado pouco antes, e a sua própria explicação baseada na interação entre a radiação das galáxias distantes e a matéria intergaláctica, mas conclui que nenhuma destas explicações é satisfatória. Nesse artigo de 1933, Zwicky refere-se pela primeira vez à probabilidade de existência de matéria escura. O universo de Einstein-De Sitter, foi publicado em 1932, e pode ser considerado como uma solução de referência na cosmologia de Big Bang durante grande parte do século XX.

Os primeiros universos: soluções cosmológicas das equações de Einstein

Alexander Friedmann (1922) foi o primeiro a publicar soluções não estáticas das equações da relatividade geral. Contudo, não relacionou estes resultados teóricos com observações astronómicas. Cinco anos depois, um trabalho fundamental de Georges Lemaître (1927) é publicado num jornal belga, mas permaneceu

desconhecido do público científico em geral, até que o seu antigo supervisor, Sir Arthur Eddington, que nessa época trabalhava no problema da instabilidade do modelo estático de Einstein, toma conhecimento desse artigo e nele encontra a solução para o seu próprio problema. Nessa publicação, Lemaître obtém uma solução dinâmica das equações de Einstein com aplicação ao Universo, e extrai também, pela primeira vez, uma relação linear entre as velocidades de recessão das galáxias e as respectivas distâncias: a lei de Hubble, $v=Hd$. Combinando as velocidades radiais de 42 nebulosas extragalácticas publicadas por Strömberg (1925) – que as obteve na sua maioria das observações dos *redshifts* de V. Slipher (1917) – e as distâncias obtidas por Hubble (1926), Lemaître calcula a taxa de expansão do Universo, H , e obtém 575 ou 625 (km/s)/Mpc, dependendo da forma como agrupava os dados (recorde-se que Hubble em 1929 obteve 500 (km/s) e o valor atual é 69.32 ± 0.80 (km/s)/Mpc. Resumindo, ao contrário do que fizeram Friedmann (1922) e Hubble (1929), Lemaître (1927) relaciona a sua solução dinâmica das equações de Einstein com as observações astronómicas conhecidas na altura, sendo o primeiro a sugerir sem qualquer equívoco um Universo em expansão.

Antes dos trabalhos pioneiros de Friedmann e Lemaître, eram conhecidos dois modelos cosmológicos: (1) o modelo estático de Einstein (1917), contendo matéria distribuída homogeneamente tipo-poeira, caracterizada por uma densidade da matéria apenas dependente do tempo, $\rho(t)$ e pressão nula, e ainda uma constante cosmológica $\Lambda > 0$, com um efeito repulsivo, e (2) o modelo de De Sitter (1917) que não continha matéria mas apenas $\Lambda > 0$. Na altura, ambos os modelos eram considerados estáticos, no entanto foram estas as grandes referências dos astrónomos até ao final dos anos 20. Não admira que as primeiras tentativas para descrever o universo e interpretar os *redshifts* das nebulosas extragalácticas tenham sido feitas em função destes, sendo o universo de De Sitter o que reunia um maior consenso entre os astrónomos. Porquê este, se eram ambos estáticos?

As equações de Einstein para esta família de soluções, espacialmente homogéneas, conhecidas hoje por métricas de FLRW¹, são duas equações diferenciais totais dependentes das seguintes funções: $R(t)$, o ‘factor de escala’, que representa o raio de curvatura do espaço 3-dimensional, $\rho(t)$ e $p(t)$ representando a densidade de massa-energia e a pressão, e $\Lambda > 0$, a misteriosa constante cosmológica, responsável por uma força repulsiva que se opõe à atração gravítica, introduzida por Einstein para garantir um modelo estático. Neste modelo, R é constante e $p=0$. Mais tarde, em Abril de 1931, ao aceitar a recessão das galáxias como uma prova da expansão do Universo, Einstein viria a abdicar da constante cosmológica, admitindo que a sua introdução tinha sido um dos seus maiores erros.

Como o universo de De Sitter é um espaço-tempo de curvatura constante não existe uma escolha única para as linhas do universo fundamentais; assim, pode ser escrito de muitas formas como modelo cosmológico, nomeadamente como um modelo estático – forma inicialmente obtida por De Sitter – ou como qualquer dos universos FLRW. No modelo estático, as linhas do universo fundamentais são não-geodésicas, isto é, a aceleração dos observadores não é nula, e por isso são observados *redshifts* dados por

Esta aceleração, devida à presença da constante cosmológica Λ , era referida como o “efeito de De Sitter”. Embora sendo considerado estático e vazio de matéria, uma vez colocadas duas partículas neste universo a uma certa distância verificava-se um afastamento acelerado dessas partículas, que se traduzia num *redshift*. Esta propriedade esteve na origem do interesse que ele despertou nos astrónomos que procuravam explicar os *redshifts* das galáxias distantes.

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \left(\dot{u}_a e^a + \frac{dR/dt}{R} \right) dl$$

Diagrama explicativo da equação:

- $\delta\lambda$: variação do c.o. (comprimento de onda)
- λ : c.o. da radiação emitida
- $\dot{u}_a$: aceleração dos observadores
- e^a : direcção de observação
- dR/dt : factor de escala
- R : distância entre observadores
- dl : distância entre observadores

Foi Lemaître (1925) que primeiro descobriu a natureza estacionária (não estática) da solução inicial de De Sitter, fazendo uma escolha adequada de coordenadas. Na sequência deste trabalho, Lemaître percebeu que o modelo que procurava não podia ser estacionário e deveria ter um raio crescente. O seu objetivo era obter algo que se situava entre os universos de Einstein e De Sitter; para isso Lemaître ajustou as constantes de integração aos seus valores na solução estática de Einstein e obteve uma solução, mais tarde conhecida por universo de Eddington-Lemaître. Trata-se de um universo em expansão com uma densidade de matéria não nula, que se aproxima assintoticamente do universo estático de Einstein, à medida que se recua no tempo.

O que é a expansão do Universo e qual a sua origem?

Numa publicação recente de J.P. Luminet (2011) encontramos uma referência muito clara acerca da prioridade da descoberta da expansão do universo, a propósito do artigo de Lemaître de 1927, “*Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses*”.

¹Métricas de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker

extragalactiques”: Luminet diz que “A grande novidade (deste artigo) era que Lemaître fornecia a primeira interpretação dos *redshifts* cosmológicos em termos da expansão do espaço, em vez de ser um movimento real das galáxias: o espaço estava constantemente a expandir-se e por conseguinte as separações aparentes entre galáxias cresciam”. Nele, Lemaître obtinha uma solução exata das equações de Einstein, num espaço com curvatura positiva e topologia elíptica, densidade de matéria e pressão variáveis no tempo, e $\Lambda > 0$. Isto leva-o a um universo com uma expansão continuamente acelerada, com uma constante cosmológica ajustada para que o raio $R(t)$ do espaço, uma hiper-esfera S^3 , cresça constantemente a partir do valor do raio da hiper-esfera estática de Einstein (R_E , em $t = -\infty$). Desta forma eliminava a singularidade no passado e resolvia o problema da idade do Universo. Num artigo publicado na revista Nature em 1931, Lemaître substitui a singularidade do instante $t=0$ por um único átomo contendo toda a matéria e energia. Nesse artigo, Lemaître via a evolução cósmica, depois do decaimento do átomo primordial, como o resultado do desequilíbrio entre duas forças cósmicas opostas: a gravitação e a energia escura (para usar uma denominação moderna), que estava materializada na constante cosmológica Λ , e que Lemaître associava com a energia do vácuo. Note-se que mesmo depois de Einstein ter abandonado a constante cosmológica em 1931, Eddington e Lemaître continuaram a acreditar na sua importância. Durante uma conferência da União Astronómica Internacional em Cambridge (Massachusetts), em 1932, Eddington deu uma lição sobre “O Universo em expansão”, que daria origem a um livro com o mesmo nome (Eddington 1933), em cujo prefácio Eddington chama a Λ a “mão escondida” na história da expansão. Mas Eddington e Lemaître diferiam em relação à visão do início do universo: Eddington insistia numa expansão a partir de um estado estático instável, enquanto Lemaître favorecia um início explosivo.

Voltando à energia escura e à sua relação com Λ , Em 1998 os cosmólogos foram surpreendidos pelas investigações de dois grupos americanos liderados por Saul Perlmutter e Adam Riess, que juntamente com Brian Schmidt receberam mais tarde o Nobel da Física de 2011, por terem mostrado, a partir da observação de Supernovas de tipo Ia, que o Universo estava já há algum tempo em expansão acelerada. Essa aceleração implica uma forma de energia que permeia todo o espaço e que representa mais de 70% da densidade de energia do Universo: note-se que a constante cosmológica está associada a uma forma de energia com características notáveis: a sua densidade de energia tem o mesmo valor para qualquer observador, independentemente da sua posição no espaço e da forma como se move, o que é bastante anormal. Em geral, a energia está associada com a matéria e existe um observador privilegiado, que se move com essa matéria mas com Λ é diferente, pois todos os observadores medem o mesmo valor para a densidade de energia associada. Embora não exista certeza sobre se a energia escura existe na forma de uma constante cosmológica, toda a evidência que temos neste momento aponta nesse sentido. Espera-se que num futuro próximo se descubra se esta forma de energia é realmente constante no espaço e no tempo. ■



O Impacto da Física na Economia Europeia



Ana Inácio, Aluna do 1º Ano da Licenciatura em Física, FCUL

A Física, mais do que as outras ciências, é frequentemente vista como difícil, desinteressante e... inútil !?!

É claro que ninguém ignora a importância histórica da física, desde os estudos que conduziram à máquina a vapor, à invenção do motor de combustão, da eletricidade, do telefone, do computador, da canalização, e de praticamente todas as comodidades a que a sociedade moderna se habituou. De uma forma ou de outra, quase todas seriam inatingíveis sem as descobertas da física.

O que a maior parte das pessoas desconhece, contudo, é de que forma a investigação atual em Física contribui para o bem da sociedade. Os mais interessados pensarão certamente na computação ou nos avanços na medicina possibilitados pela Física de Partículas, mas o seu contributo vai muito além disto. A Sociedade Europeia de Física (EPS), comissionou uma análise estatística independente baseada em dados de domínio público do Eurostat que abrange um período de 4 anos, de 2007 a 2010 (inclusive), de modo a avaliar o contributo que a Física tem para a economia. Foi a primeira vez que um estudo deste género foi desenvolvido em 29 países Europeus conjuntamente: os 27 estados membros da União Europeia, a Noruega e a Suíça.

As indústrias baseadas na Física são definidas como setores da economia Europeia onde o uso da física,



quer em termos de tecnologia como de teoria, é crítico para a sua existência. Isto significa que para atingirem os seus objetivos comerciais, as empresas deste setor devem ter empregados especializados em física, cujo trabalho se baseia fortemente em teorias e resultados físicos.

As atividades deste setor incluem em vários níveis os setores de engenharia civil, eletrónica e mecânica, da energia, das TIC, design e manufatura, dos transportes, da medicina e outras áreas da ciência ligadas à vida, e de áreas de tecnologias usadas no espaço.

Os resultados desta análise foram revelados no dia 25 de Março, mostrando que a Física gerou 15% do retorno total dos negócios da economia europeia, cerca de 3.8 triliões de euros, e 15 milhões de empregos altamente especializados (13% do total europeu).

Para dar algum contexto a estes números, o retorno por pessoa empregada neste setor supera substancialmente os setores da construção e de venda, e a produtividade no trabalho foi significativamente mais alta que em muitos outros setores, como o industrial.

Os setores relacionados com a Física foram também altamente intensivos em I&D (investigação e desenvolvimento) e, apesar dos efeitos da crise económica mundial no nascimento de empresas e taxas de falha, estas indústrias e empresas foram mais flexíveis em comparação com a economia em geral.

Conclui-se deste estudo que as atividades e negócios relacionados com as indústrias da Física contribuíram significativamente para ao emprego, inovação e crescimento na Europa.

Os dados e conclusões obtidas desta análise estão contidas num relatório detalhado do CEBR, entidade que desenvolveu o estudo, e os resultados mais relevantes foram destacados num sumário executivo da EPS.

Numa altura em que vários países, como Portugal, vêm na folga económica a curto prazo produzida pelo desinvestimento na educação e investigação um caminho para a saída da crise, é crucial que os governos analisem estes resultados, que mostram precisamente o oposto (como a Alemanha e o Japão historicamente sabem). ■



Determinação do Zero Absoluto

Filipe Matos (Escola Secundária Vergílio Ferreira)

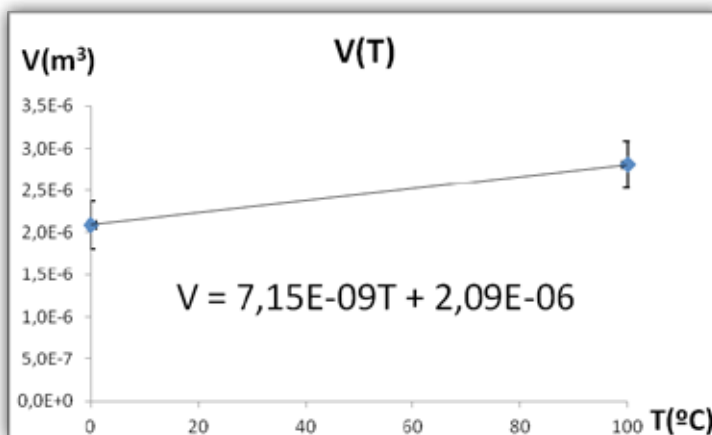
Representante português nas olimpíadas internacionais da Física e da Astronomia

Pelo menos desde o século XVII que se pensa sobre a menor temperatura possível. Classicamente, pode-se definir a temperatura como uma medida da energia cinética das partículas. Assim, o zero absoluto atinge-se quando todas se encontram em repouso ($E_c = 0$) e, se as partículas estão em repouso, não colidem com as fronteiras do sistema. Por outras palavras, a pressão (P) é nula e o volume (V) que ocupam muito pequeno. Usando estas condições, pode-se determinar experimentalmente o zero absoluto.

Para se estudar $P(T)$ deve-se manter o volume constante e para $V(T)$ a pressão. Construindo um gráfico $P-T$ ou $V-T$, nota-se que as grandezas são proporcionais e pode-se determinar o zero absoluto extrapolando para $P=0$ ou $V=0$. Seguem-se duas experiências que podem ser realizadas em casa utilizando material comum.

A: Pelo método $P-T$, pode-se usar uma lata de refrigerante virada ao contrário, contendo ar no seu interior, com o orifício isolado e entradas para o termómetro e uma palhinha, colocada em forma de U. Regista-se a altura inicial da água na palhinha, correspondente à pressão à temperatura ambiente. De seguida, diminui-se a temperatura colocando gelo em volta da lata, registando a altura da água. Depois aumenta-se lentamente T e procede-se à medição da altura da água, p.e. a cada 10°C . Através das alturas, calculam-se os valores da pressão, usando $P_2 = P_1 + \rho gh$, e faz-se um gráfico $P-T$ extrapolando-o para determinar o zero absoluto.

B: No método $V-T$ pode-se usar uma palhinha como recipiente, isolando um dos extremos com plasticina. Para variar a temperatura, usa-se água com gelo e água a ferver, para determinar o volume com $T = 0^\circ\text{C}$ e $T = 100^\circ\text{C}$. Ao aquecer, coloca-se a palhinha na vertical, com a plasticina no interior da panela com água em ebulição (100°C). A pressão mantém-se constante e igual à pressão atmosférica devido à extremidade aberta. O volume que o ar ocupa a esta temperatura é a diferença entre o da palhinha e o da plasticina. Ao passar para o recipiente com água e gelo, vira-se a palhinha 180° para ficar na vertical com a plasticina para cima. Como o ar quente é menos denso, desloca-se para o topo e fica preso. Com a diminuição de T , o volume de ar também diminui e a água é forçada a entrar para manter a pressão. Determina-se assim o volume a 0°C medindo o volume de água que entrou e fazendo a diferença com o anterior. Com estes valores constrói-se o gráfico $V-T$ e determina-se o zero absoluto.



Usando o método B, fizeram-se 13 ensaios com palhinhas diferentes, obtendo os dados mostrados no gráfico.

Extrapolando a reta para $V(T_0)=0$, obtém-se então $T_0 = -290 \pm 45^\circ\text{C}$, o que inclui o valor real ($-273,15^\circ\text{C}$).

Ambos os métodos permitem chegar a resultados exactos, cabe ao leitor escolher o que mais lhe agrada. Boas experiências. ■





“Deus não joga aos dados com o Universo”

Pedro Mendes, Aluno do 1º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Física, FCUL

Aquando da formulação da Mecânica Quântica, foram muitos os físicos que se lhe opuseram por ser intrinsecamente probabilística. Einstein e Schrödinger tiveram dificuldades em aceitá-la, debatendo exaustivamente o assunto.

Em 1905, Einstein baseou-se na teoria de Planck – a radiação é absorvida/irradiada de forma discreta, em “pacotes” de energia – para explicar o efeito fotoelétrico, e haveria mais tarde de vencer o Prémio Nobel da Física por isso, num dos artigos que dariam origem à Mecânica Quântica.

No entanto, o físico alemão passou grande parte da sua carreira a tentar refutá-la e a discordar da sua interpretação mais frequente (interpretação de Copenhaga). Esta diz que uma experiência à escala microscópica é intrinsecamente probabilística; não porque não se conhecem todas as características do sistema, mas porque as partículas se podem efetivamente encontrar em mais do que um estado em simultâneo. Por outras palavras, quando se diz em mecânica quântica que uma partícula tem uma probabilidade de 30% de estar numa posição e 70% noutra, o que se quer dizer é que a partícula está 30% na primeira e 70% na segunda, só assumindo uma única no momento em que a posição é medida, com as respectivas probabilidades de obter cada valor. Esta interpretação divide ainda hoje muitos físicos¹, pelo que muitos paradoxos foram formulados nos anos seguintes. Para a perceber melhor, vale a pena analisar um dos clássicos debates sobre este assunto, o Paradoxo EPR (Einstein, Podolsky, Rosen), que expõe as aparentes contradições entre a mecânica quântica e a relatividade restrita.

Concretamente, considere-se a criação de um par electrão-positrão por um fóton. Devido à conservação do momento, na direção transversal à propagação do fóton original o momento total deve ser nulo. Por outras palavras, se for medido o de uma partícula, automaticamente sabe-se qual é o da segunda. Mas segundo o princípio de incerteza de Heisenberg, da Mecânica Quântica como esta medição do momento da primeira levaria a que a segunda o soubesse **instantaneamente**, não seria possível medir a posição da segunda com toda a certeza pretendida.

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

Isto, em primeira análise, parece contrariar a teoria da relatividade, que diz que não é possível transmitir informação a uma velocidade superior à da luz (e, neste caso, parece propagar-se a velocidade infinita) mas este efeito verifica-se experimentalmente. O que acontece é que não é possível para um observador transmitir informação deste modo. O sistema tem probabilidades de ter diferentes momentos, mas o observador não tem a capacidade de o controlar, e portanto não está a propagar informação..

Na minha opinião, a questão essencial localiza-se na esfera da metafísica. Einstein nunca acreditou na Mecânica Quântica, especialmente no Princípio da Incerteza de Heisenberg, porque tinha a ideia de que as leis do Universo não poderiam ser intrinsecamente probabilísticas, tendo famosamente dito que “Deus² não joga aos dados”.

O alemão, apesar de ter ascendência judaica, não acreditava no típico “Deus das Lamentações” que julgava o Homem e o salvava. Acima de tudo, Einstein acreditava que o Universo se revelava através de uma linguagem – os números –, a partir da qual era possível prever as futuras acções; porém, isso não passa de uma possibilidade.

Esta questão remete para o debate do livre-arbítrio. Podemos argumentar que somos livres, que fazemos o que queremos e quando queremos, mas também podemos ver as coisas de uma perspetiva biológica e chegar à possível conclusão de que de facto somos controlados pelos nossos instintos e impulsos animais, algo que nos é inerente. Segundo Einstein, o Universo já está determinado (ele não é indeterminado, mas sim indeterminável) e o ser humano simplesmente tenta “alargar” cada vez mais essa esfera e tentar encontrar uma espécie de fórmula geral do Universo; a Mecânica Quântica não é, segundo ele, essa Teoria do Tudo pelo simples facto de que é probabilística num Universo determinado.

Conforme disse a sua última enfermeira, no leito da morte Einstein resignou-se e deixou a seguinte frase: “... talvez Deus não queira ser observado. Acho que Ele não gosta de curiosos.” ■

1 – <http://arxiv.org/abs/1301.1069>

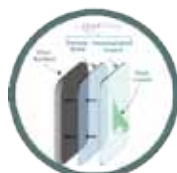
2 – Nota: Einstein chamava Deus àquilo que habitualmente designamos por Natureza.



Curiosidades

O Varanasi Research Group, do MIT, anunciou recentemente o inovador revestimento para garrafas LiquiGlide. Feito de diferentes materiais, dependendo da garrafa e do condimento, consiste numa camada porosa sólida, que adere à superfície do recipiente, revestida por uma camada líquida, que promove a lubrificação interna. O líquido mantém-se estável devido à tensão superficial promovida pelos poros da superfície sólida.

Física: a melhorar as pequenas coisas do teu dia-a-dia!



A enguia elétrica é famosa por apavorar as profundezas das bacias hidrográficas da América do Sul. O seu organismo está preparado para gerar tensões elétricas de 1500 Volts – mil vezes mais que uma pilha comum – e intensidades de 3 Ampères. Este mecanismo de defesa é criado pelas eletroplacas existentes no seu organismo, que representam cerca de 1/5 do seu peso. As enguias utilizam estas descargas para afastar predadores e detetar objetos e organismos na água, através da distorção que causam no seu campo elétrico.

Já ouviram falar de muitas experiências malucas, mas esta bate vários recordes. Na Universidade de Queensland, na Austrália, há uma experiência que decorre há mais de 85 anos! O objetivo é mostrar que, à temperatura ambiente, o alcatrão não é um sólido mas sim um líquido muito viscoso. Para isso, deixou-se o alcatrão escorrer através de um funil e até hoje "já" caíram 8 gotas... Vivemos numa época fantástica para a ciência: espera-se que a nona caia este ano!



Enrico Fermi

Nascido em Roma em 1901, Enrico Fermi deixou o seu marco na História da Ciência e em 1938 recebeu o Prémio Nobel da Física "pela demonstração da existência de novos elementos radioativos produzidos por irradiação de neutrões e pela descoberta de reações nucleares provocadas por neutrões lentos."

Com talento nato para a Ciência, doutorou-se em Física na U. Pisa em 1922. Após alguns anos na Alemanha regressou a Roma onde, em 1926, com apenas 25 anos, publicou o seu resultado mais importante: a estatística de Fermi-Dirac, válida para todas as partículas que respeitam o princípio de exclusão de Pauli.

Tornou-se Professor de Física Teórica na U. Roma, onde se manteve até 1938. Nesse período, introduziu o conceito de interação fraca, que ajudaria a explicar o decaimento beta.

No ano em que ganhou o Nobel, emigrou para os EUA onde continuou o seu trabalho em física nuclear, produzindo a primeira reação nuclear controlada e dando aulas na U. Columbia, em Nova Iorque. Foi um dos principais líderes do Projecto Manhattan para a produção da bomba atómica.

Autor de inúmeros trabalhos e publicações em física teórica e experimental, morreu em 1954 em Chicago, vítima de cancro, tendo mudado para sempre a forma como vemos a Natureza.



Jogos

Descobre a que letra corresponde cada número em baixo, que seguidamente te dará o ano em que o Prémio Nobel da Medicina foi dado a três brilhantes cientistas pela descoberta da estrutura do ADN. A quem nos referimos?

Z R U Y

Reorganiza a frase e descobre qual o cientista português a que se "refere"!

NANO ZIGOTO NEM SAI

Joga este sudoku de letras para saberes qual será o tema da próxima edição!

Nota: uma das letras aparece três vezes em cada quadrado, linha e coluna.

	I			I		I		
						A		I
A	I		C		I			
		A				S		
C			I		I			B
		I				C		
			B		C		S	F
O		B						
		I		S			B	

Perguntas para a próxima edição

As melhores respostas serão publicadas na próxima edição. Envia as tuas para horizon@fc.ul.pt

1. O que vê um observador quando um objecto quadrado passa por ele, deslocando-se na diagonal, a 99% da velocidade da luz?
2. Se o Taz se aproxima de um espelho a 90% da velocidade da luz, o que é que ele vê reflectido?
3. Imagina um copo cilíndrico com $\frac{2}{3}$ de água, que se coloca a girar em torno do seu eixo. Qual a velocidade angular mínima para se entornar água?
4. Um grupo infinito de matemáticos entra num bar. O primeiro pede 0.5l de cerveja, o segundo pede 0.25l, o terceiro, 0.125l, ... Depois de 5 pedidos, o bartender enerva-se, coloca um barril de cerveja em cima da mesa, diz-lhes que têm de pedir tudo de uma vez e que o barril tem a cerveja toda que eles querem. Quanta cerveja está no barril?
5. Qual é a probabilidade da figura 4 do artigo de capa corresponder ao decaimento de um bóson de Higgs?

Oportunidades



Bolsas Universidade de Lisboa/Fundação Amadeu Dias

Bolsas de investigação para alunos de licenciatura e Mestrado Integrado, no valor de 1 900€. Candidaturas até 19 de Julho de 2013. Mais informações em <http://bolsasulfad.campus.ul.pt>



Programas Doutorais na FCUL

Aprovação de 10 programas doutorais financiados pela FCT, correspondentes a um total de aproximadamente 170 bolsas individuais (distribuídas por um período de 4 anos) a partir de Janeiro de 2014. Mais informações em <http://www.fc.ul.pt/en/pagina/6229/novos-programas-doutorais-na-fcul>



Bolsas Individuais de Doutoramento e Pós Doc

A Fundação para a Ciência e Tecnologia abre, em Junho, concursos para Bolsas Individuais de Doutoramento e Pós-Doutoramento. Mais informações em www.fct.pt



Bolsas de Estudo para Mestrado e Doutoramento no Japão

O Governo do Japão concede bolsas de estudo a licenciados portugueses para os anos académicos de 2014-2016. Candidaturas até 21 de Junho. Mais informações em www.pt.emb-japan.go.jp



Bolsas de Investigação da Fundação da FCUL

B. I. para Mestre "Melhoria da qualidade de imagem e redução de dose em tomossíntese para mamografia, com recurso a algoritmos estatísticos de reconstrução de imagem". Admitem-se candidatos com formação em Eng. Física, Física Tecnológica, Eng. Biomédica ou similar. Candidaturas até 24 de Junho. Mais informações em <http://www.fc.ul.pt/concursos?id=526>



Bolsas de Investigação no Centro de Física da U. do Minho

B. I. para Licenciado "Espectroscopia não-linear de compostos orgânicos dador-aceitador". Admitem-se candidatos com licenciatura em Física, Eng. Física e afins. Candidaturas até 21 de Junho. Mais informações em www.eracareers.pt/opportunities/index.aspx?task=global&jobId=36955



Bolsas de Investigação no Dep. de Física da U. de Aveiro

B. I. para Licenciado no I3N. Admitem-se candidatos com licenciatura em Física, Eng. Física e afins. Candidaturas até 27 de Junho. Mais informações em www.eracareers.pt/opportunities/index.aspx?task=global&jobId=37021

AGENDA



Estágio no CERN para Professores Portugueses

De 1 a 6 de Setembro de 2013, inscrições abertas até 14 de Junho. Mais informações em www.lip.pt



Acções de formação IPFN 2013-Fusão Nuclear

De 2 a 6 de Setembro de 2013, inscrições abertas até 30 de Junho. Mais informações em www.ipfn.ist.utl.pt



Ocupação Científica de Jovens nas Férias

De 24 de Junho e 30 de Agosto, inscrições abertas para alunos do 10º ao 12º. Mais informações em www.cienciaviva.pt



Curso online de Astrofísica Geral

Entre 3 de Junho e 29 de Novembro, inscrições abertas até 30 de Agosto. Mais informações em www.on.br



Ateliers de Gastronomia Molecular pela COOKING.LAB

A 3 de Agosto e 10 de Setembro, das 11h às 14h, 20€ por sessão (inclui workshop e almoço). Mais informações e inscrições: training@cookinglab.net



Seminários do Centro de Física Teórica e Computacional

Às quintas às 11h30, no Instituto de Investigação Interdisciplinar. Mais informações em <http://cftc.cii.fc.ul.pt>



Exposição e palestras "Dos Céus ao Universo"

Até 26 de Julho, na Biblioteca Nacional. Palestras no dia 10 e 24 de Julho. Mais informações em www.lip.pt



Noites no Observatório

Palestra e observações astronómicas no último sábado de cada mês. Mais informações em www.oal.ul.pt



Curso "Physics at the LHC"

Às segundas às 17h, no LIP, até 1 de Julho. Mais informações em www.lip.pt



Queres colaborar com a Horizon? Tens sugestões para a revista ou queres propor um tema para o futuro? Tens dúvidas sobre algum artigo?

Contacta-nos para horizon@fc.ul.pt

Capa: "C.E.R.N", Alexandre Cabrita
<http://alexandrecabrita.no.sapo.pt>