

PUL-SAR

A Revista do Núcleo de Física do IST

DEZEMBRO.2008

88
edi

DESCOBRE O PROJETO H

Distribuição

Gratuita

H

Revista do:



APOIOS:



Pulsar

A Pulsar é uma publicação do NFIST de distribuição gratuita.

Edição de Dezembro de 2008

Direcção:

Pandora Guimarães

Departamento de Marketing:

Tiago Frederico
Carlos Martins

Departamento Informático:

César Alves

Departamento de Imagem:

Gonçalo Quintal

Departamento de Artigos:

Pedro Carrilho
Ricardo Augusto
Sara Wahnon

Capa de:

José Mendes
Ricardo Pessoa

Site:

<http://pulsar.nfist.pt>

Morada:

Instituto Superior Técnico,
Edifício Ciência, piso 2
Secretaria de Física, Avenida
Rovisco Pais, 1096 Lisboa
codex

Telefone:

218419075

Fax:

218419013

E-Mail:

pulsar@nfist.pt

Tiragem:

3000 Exemplares

Índice

Conteúdo

Página

Notícias

• O Mundo da Física	4
• Prémio REN 2008	4
• Prémio Nobel da Física 2008	5

Astro

• A Estrela de Belém	6
----------------------	---

Circo

• Correntes de Convecção	8
• Concurso - Ensino Secundário	9

Artigos

• Descobre o Projecto LHC	
1. LHC, a Próxima Fronteira	11
2. "Since 1984" - Como o LHC chegou aos dias de hoje	14
• Viagens no Tempo	18
• Efeito de Casimir	20
• Física na McKinsey	21

NFIST

• O que é?	23
• XII Semana da Física	24

Investigação

• Clear PEM	26
-------------	----



Editorial

Pulsar... uma estrela de neutrões muito pequena e muito densa, assim como as suas linhas do campo magnético. Se procurarmos esta palavra no dicionário, encontraremos sinónimos como ansiar, latejar, palpitar... Um título muito sugestivo para uma revista científica não acham?

Talvez poucos dos nossos leitores saibam, mas esta revista surgiu ainda antes do NFIST (Núcleo de Física do IST), em 1995. Nessa altura, estudantes de LEFT (Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica), tomaram a iniciativa de criar um jornal para divulgação interior ao IST. Após esse ano, surge então o NFIST e com ele o desenvolvimento da PULSAR que com muito trabalho e dedicação de muitos físicos chegou àquilo que é hoje, uma revista de divulgação científica.

Este ano, a direcção do NFIST pretende inovar. Queremos que este ano esta revista chegue a todas as escolas secundárias e bibliotecas públicas de forma a atingir um maior número de pessoas e que esta seja do interesse de professores universitários, de alunos em cursos científicos, alunos do secundário

e a qualquer curioso interessado nas novas tecnologias.

Sendo a revista do NFIST de distribuição gratuita, dependemos do apoio do próprio IST e de outras entidades que muito entusiasticamente nos permitem concretizar os nossos objectivos, divulgar a Ciência no geral e a Física em particular. Agradeço desde já às mesmas o facto de acreditarem em nós e no nosso potencial, pedindo a outras que também o façam para que possamos publicar as três edições anuais que pretendemos e com a mesma qualidade e divulgação que esta.

Por estas razões e muitas outras que levariam uma revista inteira para enumerar, dou-vos a conhecer a revista do NFIST, a PULSAR. Estamos completamente disponíveis para receber as vossas sugestões, as vossas opiniões sobre a revista e ainda artigos que, quem sabe, possam vir a ser editados na próxima edição.

Para mais informações, visitem o nosso site, onde estarão todas as informações que necessitam, assim como todas as revistas anteriores em formato digital.

Não vos tiro mais tempo leitores... Espero que apreciem e que esta revista desperte o cientista que existe dentro de cada um de vós...

A Direcção:
Pandora Guimarães



Pulsar na Nebulosa do Caranguejo

CURIOSIDADES

Sabes por que um balão cheio de ar não faz praticamente nenhum barulho se deixarmos o ar sair de dentro deste naturalmente, mas se o rebentarmos um som alto é produzido?

Qualquer som ocorre quando existe um mecanismo que altere a pressão do ar em nossa volta. Para a produção de um som, é muito mais relevante a velocidade com que a pressão varia, ou seja o "gradiênte de pressão" (fisicamente falando), do que o seu valor absoluto (o nível de pressão exercido no balão). Assim, quando um balão rebenta, o ar contido neste sai de uma só vez e produz um som alto.

Sabes por que faz menos frio depois de chover?

Quando a água condensa há libertação de calor devido a esta transição de fase de vapor para líquido. Se pensarmos no assunto, verificamos que a água no estado líquido está num estado menos energético em comparação com o estado gasoso (menor agitação das moléculas para uma maior agitação das mesmas) logo, teve de libertar energia durante esta transição de fase. Essa energia libertada será em forma de calor que inevitavelmente vai aquecer o ar à volta desta transformação, aumentando assim a temperatura atmosférica.

NOTÍCIAS

XI ENEF - PORTO 2009

Desde 1999 que todos os anos é realizado um Encontro Nacional de Estudantes de Física (ENEF). O X ENEF foi organizado o ano passado pelos alunos de MEFT do IST, tendo alcançado altos níveis de sucesso. Poderás aceder ao programa e à galeria de fotos em: <http://enef2008.nfst.pt>.

Este ano o XI ENEF será realizado de 27 de Fevereiro a 1 de Março de 2009 na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sendo este organizado pela Physis - Associação Portuguesa de Estudantes de Física, – e pela Comissão Organizadora da Universidade. O principal objectivo de qualquer ENEF é reunir estudantes de graduação e pós-graduação em Física de todo o país para apresentação de trabalhos, palestras, realização de contactos e convívio. Existirá também um concurso de apresentação de trabalhos de investigação realizados pelos participantes, cujo prémio é o pagamento da viagem e inscrição na International Conference of Physics Students, que em 2009 será na Croácia. Para mais informações acede a <http://faraday.fc.up.pt/alunos/xi-enef>

Espaço – A última fronteira

"A aventura no Espaço começou há meio século. A Terra está rodeada de satélites artificiais, caminhámos na Lua, es-

tamos a construir uma Estação Espacial Internacional e exploramos com sondas e telescópios o Sistema Solar e o Universo.

Seja astronauta por um dia e venha descobrir os desafios que nos reserva a última fronteira.

Das telecomunicações aos laboratórios espaciais, da navegação à microgravidade, embarque na procura do conhecimento e siga os pequenos passos para o Homem que se têm vindo a revelar saltos gigantes para a Humanidade.

De 27 de Setembro de 2008 a 30 de Agosto de 2009 no Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva." - [Texto de: www.pavconhecimento.pt/exposicoes/temporarias/index.asp#espaco]

Ciência Viva TV

"Integrado nas múltiplas acções da Ciência Viva - Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica, o Ciência Viva TV é um canal interactivo diferente que serve objectivos de divulgação científica e tecnológica.

Assume-se como um repositório de vídeos científicos, oriundos de fontes idóneas e bem referenciadas; um canal de vídeo-on-demand; e um agregador de blogues, realizados por uma comunidade interessada em partilhar o prazer de experimentar ciência em todos os tipos de suporte, desde a escrita tradicional à fotografia, ao vídeo, infografia e à sonoplastia. (...)

O Ciência Viva TV é um canal online construído a pensar em ti - um lugar de partilhas, de troca de experiências, agregador de todos quantos promovem e usufruem do prazer de participar no mundo fascinante do Saber e da Ciência!" - [Texto de: www.cvtv.pt/index.php?s=sobre]

Para mais informações consulta o site: www.cvtv.pt.

Mitos Urbanos da Física

Todos os dias criam-se novos mitos relacionados com os novos avanços tecnológicos da Ciência. No entanto, sabias que existe um site que te permite descobrir a verdade sobre alguns desses mitos? Acede ao site: www.pavconhecimento.pt/mentiras/index.asp e vê alguns dos vídeos presentes em que cientistas, a maioria professores universitários, desmistificam assuntos de teor científico. Lá encontrarás alguns mitos acerca do LHC, mitos esses desmistificados pelo professor João Seixas, professor do IST e um dos físicos que pertence ao projecto LHC.

Se tiveres alguma dúvida sobre física, envia-nos a tua pergunta para pulsar@nfist.pt e quem sabe se na próxima edição da revista não sairá a tua pergunta com a respectiva resposta.

Compram-se boas ideias

Prémio REN 2008

Estão abertas, até dia 12 de Janeiro de 2009, as candidaturas ao Prémio REN 2008.

Premiamos as melhores teses de mestrado em engenharia na área do transporte de energia eléctrica e gás natural, concluídas e classificadas nos anos lectivos de 06/07 e 07/08.

Saiba mais em www.ren.pt

Prémio REN 2008
Compramos boas ideias

REN
Redes Energéticas Nacionais

Prémio Nobel da Física 2008

Este ano foi, mais uma vez, atribuído o prémio Nobel da Física. Como não poderia faltar, a PULSAR foi informar-se sobre a entrega deste prémio. Investigámos um pouco sobre a quebra espontânea de simetria, para que os nossos leitores, entusiastas da Física, possam compreender o que fez as descobertas de três físicos merecer um prémio tão importante.

Poderás ter mais informações neste artigo feito por Paulo Luz do 2º ano de MEFT.



Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa

Yoichiro Nambu

O Prémio Nobel foi instituído por Alfred Nobel, químico e industrial sueco, inventor da dinamite. Os prémios são entregues anualmente a pessoas que fizeram pesquisas importantes, criaram técnicas pioneiras ou deram contribuições destacadas à sociedade nas áreas da Física, Química, Medicina, Literatura e Paz.

Ora não fosse esta uma revista que visa as inovações e os conhecimentos científicos, é de carácter obrigatório dar destaque aos vencedores do prémio Nobel da Física deste ano.

O Prémio Nobel da Física 2008 foi atribuído pela Academia Real das Ciências Sueca, a três cidadãos japoneses, um deles residente nos EUA, pelos seus trabalhos na área de Física subatómica. O residente americano Yoichiro Nambu de 87 anos, pela descoberta do mecanismo de quebra espontânea de simetria, e os japoneses Makoto Kobayashi, de 64 anos e Toshihide Maskawa, de 68 anos, pela descoberta da origem da quebra de simetria.

De acordo com a Academia Real das Ciências Sueca, "...a quebra espontânea de simetria será a explicação para a procurada ordem na natureza que se esconde por baixo da aparente confusão."

Por uma simples analogia, pode-se explicar o fenómeno da quebra espontânea de simetria imaginando um lápis em posição vertical perfeitamente equilibrado. Eventualmente o lápis cai numa direcção, mas antes de cair estava em perfeita simetria e não havia nenhuma direcção preferencial para cair. No entanto, ao tender para um estado de menor energia, o lápis cai numa direcção quebrando o estado de simetria em que se encontrava.

Yoichiro Nambu formulou então uma descrição matemática deste fenômeno ao nível da Física de partículas. Um trabalho altamente relevante pela relação com as experiências que se avizinharam no LHC, CERN, onde se poderão simular condições semelhantes às dos primeiros instantes do Universo. Nesse estado de elevadas energias, terão existido simetrias que à medida que o Cosmos se expandiu e arrefeceu terão sido espontaneamente quebradas.

A título de exemplo, a ser comprovada a existência do mais que divulgado bosão de Higgs, a teoria sugere que a massa resulta então de uma quebra espontânea de simetria do campo de Higgs nesse processo de arrefecimento e expansão.

"As simetrias escondidas permitem leis simples e económicas que descrevem vários fenómenos sem aparente relação", comentou o professor Sir Chris Llewellyn Smith director geral do CERN nos anos 90.

A quebra de simetria tornou-se um conceito muito poderoso em Física de partículas nas últimas décadas. Nos anos 50 e 60 pensava-se que as leis da Física seriam invariantes independentemente das transformações do sistema de coordenadas espaciais ou temporais. No entanto, por observação dos decaimentos subatómicos, verificou-se que essas simetrias e invariantes eram quebradas.

Até aos anos 60 pensava-se que existia uma relação invariante entre as simetrias C e P. Para a conjugação das cargas temos C, responsável pelo decaimento de uma partícula na sua antipartícula, enquanto que para a paridade temos P, ou inversão de espaço, que representa o reflexo das coordenadas de uma partícula, ou sistema de partículas, em relação

à origem do referencial. Mais concretamente, indica que no decaimento do núcleo de uma partícula seriam indistinguíveis o cimo, o baixo, a esquerda e a direita, pois a emissão de radiação seria igual em qualquer direcção. Apesar de haver fenómenos em que estas simetrias eram quebradas, a combinação das duas, CP, pensava-se que era uma invariante da natureza.

De acordo com o modelo-padrão, os quarks são as unidades elementares que constituem os núcleos dos protões e neutrões. O propósito deste modelo é ordenar e catalogar as partículas, as correspondentes anti-partículas e as interacções a que estão sujeitas, de forma a explicar os fenómenos de maneira simples.

O trabalho de Kobayashi e Maskawa assentou na tentativa de explicação da quebra de simetria CP que era observada, concluindo que se existissem mais dois quarks para além dos quatro conhecidos na época, a quebra da simetria CP seria previsível pelo modelo-padrão. Confirmou-se a existência destes quarks através de observações subsequentes.

A cerimónia de entrega do diploma e do prémio de cerca de 1,5 milhões de dólares, metade para Nambu e a outra metade para Kobayashi e Maskawa, terá lugar dia 10 de Dezembro, aniversário da morte de Alfred Nobel.

É importante referir que, quem faz Física não o faz por prémios. Fá-lo porque a Física é o culminar da criação racional do Homem, em que através de uma "abstracção puramente racional", experimentação incansável, curiosidade e espírito crítico, consegue procurar a ordem e explicação para os fenómenos da Natureza.

A ESTRELA DE BELÉM

por José Matos

Segundo reza a Bíblia, os três Reis Magos foram guiados até Belém por uma estrela que lhes indicou o local onde tinha nascido Jesus. A "estrela de Belém" provavelmente nunca existiu, mas tem sido ao longo do tempo motivo de especulação e de debate entre os defensores de várias teorias. Há quem fale na aparição de um cometa, outros na conjunção de dois planetas: Júpiter e Saturno; ou Vénus e Júpiter; ou ainda Júpiter e a Lua; ou mesmo na possibilidade de vários fenómenos que terão impelido os reis magos até Belém.

Se correspondeu a um fenómeno real ou não, nunca o saberemos, pois o aparecimento desta estrela é apenas referido no evangelho de S. Mateus, o que tem feito alguns estudiosos duvidar do carácter histórico do fenómeno. Será que quem escreveu o evangelho apenas fez o relato da estrela para legitimar o carácter divino de Jesus? Ou será que corresponde mesmo a um fenómeno astronómico comentado na época do nascimento do Messias?

Antes de mais nada, é preciso conhecer com rigor a altura em que Jesus nasceu e isso é difícil de saber, pois várias pesquisas apontam para entre 7a.C. e 5a.C. Sabe-se que nasceu durante o reinado de Herodes e que este terá morrido pouco depois do eclipse da Lua de 13 de Março do ano 4a.C., pelo que Cristo terá nascido antes desta data. Mas se foi um ano, ou dois antes, é difícil de determinar. Portanto, os poucos elementos que existem, não permitem determi-

nar uma data rigorosa, o que torna também difícil fazer a ligação a um fenómeno astronómico.

Uma conjunção de planetas

Apesar das dúvidas, foram avançadas várias teorias ao longo do tempo para explicar a famosa "estrela da Belém". A mais popular é que a "estrela de Belém" terá sido uma conjunção entre dois planetas que, devido à sua proximidade aparente no céu, teriam surgido muito juntos.

A hipótese de que terá sido uma conjunção planetária entre Júpiter e Saturno, foi avançada pela primeira vez no século XVII, por Johannes Kepler, um dos grandes astrónomos daquela época.

Em Dezembro de 1603, Kepler observou, em Praga, uma conjunção planetária envolvendo Júpiter e Saturno na constelação dos Peixes. Kepler sabia que para os astrólogos judeus, a constelação dos Peixes era o signo de Israel, o signo do Messias. Assim, lançou a hipótese de que Cristo teria nascido igualmente durante uma conjunção de Júpiter e Saturno nesta constelação e que a "estrela de Belém" podia ser interpretada à luz deste fenómeno.

A dança de Júpiter e Saturno

Usando um programa de computador é possível constatar que no ano 7a.C. deu-se, com efeito, uma conjunção tripla de Júpiter e Saturno na constelação de Peixes – tal como Kepler havia calculado – que terá sido visível em condições muito favoráveis a partir da Palestina.



FIGURA 1 - Fresco A Adoração dos Magos – Giotto (1303-1305) - Capela Scrovegni, Pádua. Crédito: © Web Gallery of Art

Sabe-se que, na altura, viviam milhares de judeus na Babilónia e é natural que alguns deles tivessem formação em astrologia e que interpretassem este fenómeno como um sinal de que algo de importante ia acontecer na Palestina. Neste contexto, é razoável admitir que os Reis Magos seriam astrólogos ou místicos preocupados com o significado desta conjunção planetária.

No final de Maio do ano 7a.C., terá sido avistada a primeira aproximação entre os dois planetas no céu da madrugada. Nesta altura, os dois planetas eram visíveis no céu a Este, por volta das 2 da manhã, continuando nesta zona do céu até o Sol nascer. Como os Magos viajavam de Leste para Oeste, esta conjunção é contraditória com o sentido da sua viagem, mas a conjunção voltou a acontecer no princípio de Outubro desse ano, sendo visível durante grande parte da noite. No entanto, mais uma vez, os dois planetas surgem a Este no começo da noite e a Oeste só ao meio da madrugada. Supondo que os Magos teriam partido em Outubro – Maio não era propício a longas viagens, devido à proximidade do Verão e do calor – e que a viagem terá durado um mês e meio, deveriam ter chegado a Jerusalém nos fins do mês de Novembro, com os dois planetas a surgirem a Sudeste ao princípio da noite. Finalmente no dia 4 de Dezembro, verificou-se a terceira e última conjunção dos dois planetas.

Nesta última conjunção os dois planetas surgiam, no horizonte Sul, no começo da noite, de forma que os Reis Magos os teriam sempre diante dos seus olhos no caminho de Jerusalém para Belém – "adiante deles", tal como diz a Bíblia.

Porém, há três problemas nesta teoria: os dois planetas nunca aparecem, em nenhuma das três "aproximações", como um único astro; nas duas primeiras conjunções surgem num ponto cardeal contraditório com o sentido da viagem; e por fim Jesus não nasceu em Dezembro como reza a tradição, mas sim na Primavera, pois de acordo com o evangelho de S. Lucas "existiam no campo pastores que vigiavam os seus rebanhos" situação pouco provável no rigoroso Inverno de Belém, em que os rebanhos não saíam para os campos.

Novas e supernovas

Uma outra hipótese que teria sido avançada por Kepler seria a de que a conjunção entre Júpiter e Saturno teria provocado a explosão de uma estrela, que teria guiado os Reis Magos até Belém. Kepler, observou de facto no tempo dele, uma supernova, ou seja, uma estrela que explode e ganha durante algum tempo um brilho invulgar no céu. Mas sabemos



FIGURA 2 - Imagem da conjunção de Júpiter e Saturno no dia 29 de Maio do ano 7 a. C. Os dois planetas surgem nesta altura de madrugada no céu na direcção Este. Crédito: © Starry Night 4.5

hoje que esta hipótese não tem qualquer sentido, pois os planetas não fazem explodir estrelas, mas é possível que tenha sido uma "nova". As estrelas conhecidas por novas são também estrelas que explodem e que brilham de forma invulgar durante alguns dias.

Os antigos chineses observaram, por volta da altura em que se pensa que Cristo tenha nascido, duas novas, que foram tomadas por engano como sendo cometas. A primeira foi visível durante 70 dias, em Março/Abril do ano 5a.C., na constelação do Capricórnio, enquanto que a segunda tornou-se visível em Abril do ano 4a.C., na constelação da Águia. É possível que exista uma ligação entre os dois fenómenos e a "estrela de Belém", mas mais uma vez entramos no campo da especulação.

Uma estrela simbólica

Parece assim difícil chegar a qualquer conclusão sobre o assunto. A própria concepção dos três Reis Magos é deficiente. Surgiu no século VI d.C., quando seu número foi fixado devido ao número de presentes que foi oferecido a Cristo, mas ninguém sabe ao certo se existiram. Depois também é um facto que apenas o evangelho de Mateus faz referência à estrela dos Magos, estando o relato ausente nos outros evangelhos.

No entanto, sabe-se que a estrela também aparece no evangelho apócrifo de Tiago, que faz parte de um grupo de textos não reconhecidos pela Igreja Católica. No dito evangelho – Tiago (21:2) – a estrela de Belém surge como: "um grande astro que brilhou entre as demais estrelas de forma a ocultar-lhes a luz."

Mas a presença de estrelas ou de outros sinais celestes no nascimento

de deuses ou heróis na Antiguidade era habitual, pois eram um sinal da qualidade sobrenatural dos recém-nascidos. Portanto, no contexto da época era perfeitamente natural que o filho de Deus também tivesse direito a um sinal celeste anunciando o seu carácter divino. Sabe-se que na Pérsia, na época de Dário I (521-486a. C.), os magos/sacerdotes ofereciam a Ahura-Mazda (o principal deus solar), presentes de ouro, incenso e mirra, tal como terá sido oferecido a Jesus.

Convém ainda lembrar que no evangelho de Lucas, o nascimento de Cristo é

anunciado aos pastores por um anjo do Senhor, que os manda procurar uma criança numa manjedoura. Ora teria sido mais fácil que o anjo do Senhor tivesse dado como referência aos pastores a "estrela de Belém", em vez de mandá-los procurar em plena noite uma criança escondida numa manjedoura.

Sendo assim, o mais provável é que a estrela de Belém nunca tenha existido e que tudo não passe de um símbolo para reforçar o carácter divino do nascimento de Jesus.



FIGURA 3 - A Epifania (possivelmente de 1320) – Giotto – Fund. John Stewart Kennedy, 1911 Museu Metropolitano de Arte de Nova Iorque. Crédito: www.metmuseum.org

Sê um cientista: Faz as tuas próprias experiências

Como é habitual em todas as edições da PULSAR, não poderia faltar uma experiência que permita aos nossos leitores compreender a importância de entrar no Mundo da Física e evidenciar aquilo que ele nos permite entender.

C
I
R
C
O

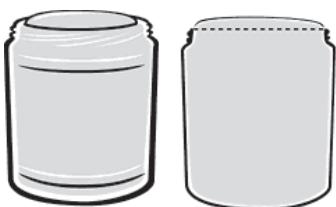
Crianças curiosas, jovens cientistas e velhos cientistas nostálgicos! O Circo da Física está de volta com mais um brinde de simplicidade e surpresas científicas!

Desta vez, voltamos com uma proposta muito simples, mas não por isso menos impressionante: água quente e água fria. Todos conhecemos a água, hoje em dia ela está ao alcance de um simples rodar de uma torneira nas nossas casas e não há dia em que não entremos em contacto com ela (pelo menos se o fizermos não é por muitos dias...). Hoje em dia fala-se muito nela: o consumo excessivo de água potável, a poluição das águas e, sobretudo, a subida do nível das águas. Com o aumento da temperatura média da Terra as calotas polares estão a derreter libertando nos oceanos quantidades rhodéisicas de água fria. Fala-se muito nas consequências que isto pode ter sobre as correntes oceânicas que mantêm o planeta em equilíbrio térmico, mas que correntes são estas? Porque há-de a água de se mexer quando podia muito bem não se mover? Com duas pequenas experiências vamos perceber o porquê disso.

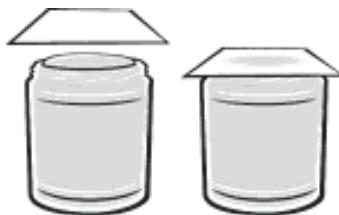
Numa primeira experiência vamos tentar misturar água quente com água fria. Para tal precisamos de:

Dois frascos idênticos;
Água quente;
Água fria;
Corante alimentar azul e vermelho;
Cartolina ou papel encerado;
Tesoura.

Em primeiro lugar, enche-se um dos frascos com água quente até à borda e adiciona-se-lhe uma gota de corante vermelho (por fidelidade à convenção sanitária). Aproveitem para apreciar a difusão da gota na água (i.e. a forma como ela se mistura). Misturar apenas um pouco de forma à coloração ficar uniforme. Repetir agora com água fria no outro frasco e colorindo-o a azul. Recortar um quadrado de cartolina



ou papel encerado; após verificar que o frasco de água fria está mesmo cheio até ao limite – até se notar uma protuberância de água no topo –, colocar o pedaço de papel por cima do recipiente, sem carregar para não dobrar o papel, mas deixando embeber.



Deste modo a água segurará o papel por si.

A parte que se segue deverá ser, de preferência, realizada num alguidar ou no lava-loiça, de forma a evitar discussões com os pais e não aumentar o número de divórios provocados pela curiosidade científica. Pondo o frasco de água fria numa superfície plana, deve-se virar depressa, sem hesitação e sem segurar o papel (esta é a parte em que vocês descobrem se a vossa veia é experimental ou antes teórica), colocando o frasco de água quente sobre o frasco de água fria. O importante é não parar o movimento numa posição torta, pois se o frasco não estiver na vertical a água sairá pelos lados do papel e a vossa vida dançará sapateado irlandês sobre o fio da navalha junto de quem limpa a casa.

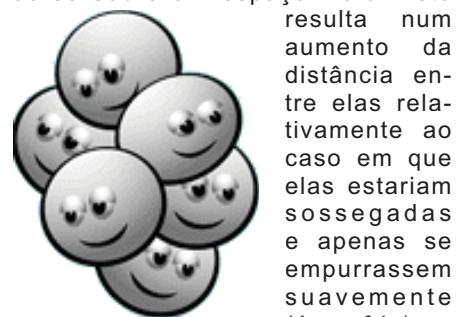


Após uma tentativa vitoriosa, puxar devagar o pedaço de papel e segurando bem os frascos.

Se tudo tiver corrido bem, já devem ter reparado o inesperado resultado. Tentem outra vez, agora invertendo as posições dos frascos.

O que se está a passar?

Quando a água quente está em baixo, as duas águas misturam-se muito depressa. Isto deve-se ao facto das duas águas terem densidades diferentes. Apesar de serem o mesmo líquido, as moléculas de água, no caso quente, estão todas agitadas e dão "safandas", muito violentas, umas contra as outras, espalhando-se sobre um espaço maior. Isto resulta num aumento da distância entre elas relativamente ao caso em que elas estariam sossegadas e apenas se empurrassem suavemente (água fria).



Imagine como se fosse um grupo de crianças: se todas estiverem calmas e a brincar, umas com as outras, elas cabem até na mesma cama, mas quando as suas brigas começam a rasgar a serenidade de um pacífico lar (coisa de 30 segundos depois do início da situação anterior), nem toda a casa e o jardim chegam para as conter.

Portanto, voltando às nossas moléculas, na água quente estas estão mais dispersas que na água fria, querendo isto dizer que a densidade da água quente é inferior à da água fria. Assim, um dado volume de água quente é menos pesado que um mesmo volume de água fria, tornando agora intuitivo porquê que a água quente que está em baixo sobe tão depressa e a água fria desce tão depressa: o líquido vermelho menos pesado é empurrado para cima pelo outro mais pesado, por um princípio descoberto na antiguidade por Arquimedes, o mesmo princípio que permite a um balão cheio de ar flutuar à superfície da água, pois está cheio de ar que é menos denso que a água.

Esta mesma razão explica porque é que a água quente e a água fria não se misturam quando a água

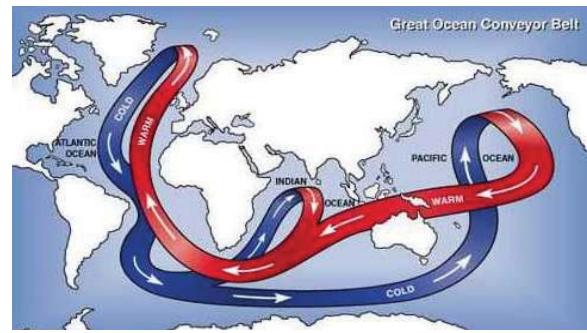
quente já está em cima e a água fria já está em baixo. Experimentar também com água salgada e água doce (a água salgada é mais densa que a água doce).

Então e as correntes oceânicas?

As correntes oceânicas devem-se a este mesmo princípio. Quando a água quente estava em baixo e a água fria em cima, a água quente criou uma corrente ascendente e a água fria uma corrente descendente. O mesmo se passa nos oceanos: correntes de água quente circulam à superfície e correntes de água fria circulam nas zonas mais profundas. A temperatura global é mediada por estas correntes que transportam volumes enormes de água quente, ou fria, de uma região para outra do globo. Uma das consequências mais impressionantes deste fenómeno é o facto de na Europa não nevar na maioria do litoral ocidental, mas do outro lado do oceano, (em Nova Iorque, por exemplo), nevar no Inverno. A razão encontra-se no facto de uma destas correntes, baptizada Corrente do Golfo, transportar água quente à superfície desde a Antártida, passando perto da costa ocidental europeia – tornando-se mais rica em sal por evaporação e logo mais densa - rumo ao Norte onde passa na zona ártica e arrefece,

mergulhando nas profundezas e transportando água fria para a costa americana em direcção ao Sul, tornando o clima deles mais frio que o nosso (*conveyor*).

O degelo das calotas polares, provocado pelo aquecimento global, atira todos os anos biliões de litros de água doce gelada para os oceanos (a perda anual de gelo só na Gronelândia é estimada em 50,000,000 litros por ano e está a aumentar rapidamente). Esta inserção súbita de água doce fria pode afectar as correntes oceânicas. Aliás, sabe-se que a Corrente do Golfo tem mudado o seu rumo nos últimos anos e diminuído a sua intensidade (cerca de 6 milhões de toneladas de água nos últimos 30 anos), sendo uma possível explicação para a queda de neve consecutiva dois anos seguidos em Lisboa e para a queda tardia de neve no Québec em 2007. É possível que Portugal venha a ter, em anos futuros, um clima rude no Inverno e que os nórdicos passem a ir fazer as suas férias de Carnaval na Nova Escócia. Pois que o aquecimento global pode também provocar uma era glaciar em certas regiões do planeta se estas correntes param, como já se verificou durante a Pequena Era Glacial (entre os



C
I
R
C
O

séculos XVI e XIX na Europa), ou em maior escala no final do período Cretácio, cuja era glaciar provocada pelo degelo dos glaciares na América do Norte iniciou uma era glaciar à qual ficou associada uma extinção em massa da vida neste continente.

Por isso, se gostam do vosso sol de Inverno e se preferem ver elefantes em vez de mamutes no jardim zoológico, cabe-vos a vocês mudar a situação poluindo menos com gases de efeito de estufa para reduzir o aquecimento global!

De qualquer das formas, esperamos que a experiência desta edição tenha sido divertida e que a repitam muitas vezes perante os amigos e familiares pois é um truque de "magia" espantoso. Até breve, que nós voltaremos como sempre com mais um leque excitante de experiências simples para vocês fazerem em casa!

Destina-se A Todos Os Alunos Do Ensino Secundário

ÉS ALUNO DO SECUNDÁRIO, ÉS DINÂMICO E GOSTAS DE FÍSICA?
ENTÃO PARTICIPA NO CONCURSO QUE A PULSTAR TEM PARA TI!

Em Grupo De 2 Ou Individual

Experiência Que Possa Ser Usada No Circo Da Física

Candidaturas De 1 a 31 De Janeiro

Consulta O Regulamento No Site da PULSTAR
Envia As Tuas Dúvidas Por e-Mail

PULSTAR

NÚCLEO
DE
FÍSICA

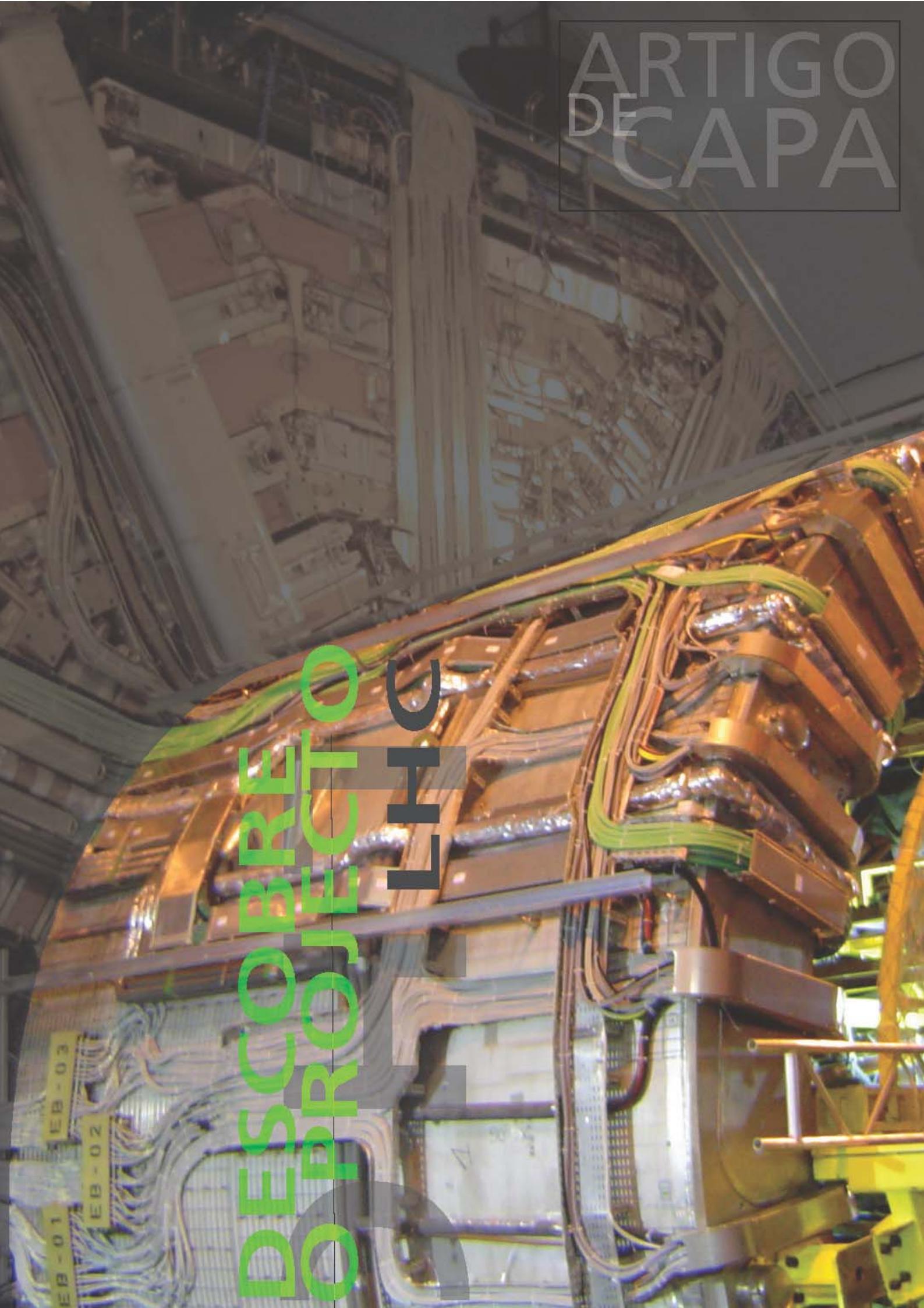


site: pulsar.nfist.pt
e-mail:pulsarconcurso@nfist.ist.utl.pt

ARTIGO
DE
CAPA

DESCOBRIMENTO

EB - 03
EB - 02
EB - 01





LHC – A Próxima Fronteira

Este artigo foi escrito em 2007, por Pedro Ribeiro, estudante de doutoramento do IST e do LIP.

Visto Pedro Ribeiro estar integrado no projecto LHC que veio a ser testado em 2008, como previsto, a sua perspectiva dá-nos a entender em que consiste este projecto, assim como os objectivos que os cientistas pretendiam alcançar com esta nova tecnologia e uma pequena previsão para o futuro do LHC, no ano de 2008.

Em 2007 o Large Hadron Collider (LHC) [1] do Laboratório Europeu de Física de Partículas (CERN) [2] iniciará o seu período de operação. Produto do trabalho de milhares de físicos, engenheiros e técnicos ao longo de mais de 10 anos de concepção e construção, o maior e mais potente acelerador e colisionador de partículas do mundo será um instrumento essencial para o estudo dos constituintes elementares da matéria e das suas interacções. Físicos teóricos e experimentais conjugarão esforços para aproveitar ao máximo o potencial científico da experiência, tentando responder a questões com implicações na física de partículas, astrofísica e cosmologia.

Portugal, enquanto membro do CERN, tem sido um participante activo neste empreendimento desde o seu início, particularmente através do Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas (LIP) [3].

Aproxima-se um período excitante para a comunidade da física de altas energias, com a oportunidade de observar novos fenómenos e confrontar teoria com experiência.

O LHC está a ser instalado perto de Genebra, numa cavidade circular com 27 km de perímetro, enterrada a cerca de 100 metros de profundidade e que atravessa a fronteira entre a França e a Suíça. Este anel foi construído para albergar o LEP (Large Electron-Positron Collider), um colisionador de electrões e positrões cuja operação cessou no ano 2000. No LHC dois feixes de protões viajando em sentidos opostos colidirão com uma energia no centro de massa de 14 TeV (14×10^{12} eV). Em cada feixe, os protões são agrupados em cerca de 2800 pacotes aproximadamente cilíndricos de 1.5×10^{11} protões. A cada 25ns, os pacotes dos dois feixes intersectar-se-ão, ocorrendo em média 20 colisões inelásticas protão-protão. Deste modo, num segundo acontecerão cerca de mil milhões de colisões inelásticas protão-protão. O LHC pode também ser utilizado para colidir feixes de iões pesados (chumbo) com uma energia no centro de massa de 5.5 TeV por nucleão. Os parâmetros nominais de funcionamento deste colisionador representam um enorme desafio tecnológico. Para manter partículas altamente energéticas numa trajectória circular são necessários fortes campos magnéticos. No LHC usam-se magnetes supercondutores para criar um campo magnético de 8.4T. Estes magnetes operam a

temperaturas de cerca de 1.9K, graças a um sistema de criogenia baseado em hélio superfluído. Dos cerca de 1200 magnetes dípolares necessários, cada um com 14m de comprimento e 35 toneladas de peso, 500 já tinham sido instalados na cavidade subterrânea até Junho de 2006.

No decorrer dos últimos 50 anos, desenvolvimentos teóricos e dados experimentais guiaram o estabelecimento do Modelo Padrão (MP) enquanto teoria que descreve os constituintes elementares da matéria e as suas interacções. De acordo com o MP, existem seis tipos de leptões e seis tipos de quarks, sem contar com as respectivas antipartículas. A matéria “vulgar” estável é constituída pelos electrões e respectivos neutrinos e pelos quarks “up” e “down”. O quark “top”, o mais pesado, foi descoberto em 1995 no colisionador Tevatron do Fermilab. As interacções da natureza são mediadas por bosões: o fotão, que transmite a interacção electromagnética; os bosões W e Z, que transmitem a interacção fraca; e os gluões, que transmitem a interacção forte.

O MP incorpora uma descrição unificadora das interacções fracas e electromagnéticas – a teoria electrofraca. Formalmente, a unificação realiza-se através do grupo de gauge $SU(2) \times U(1)$. A simetria do grupo é quebrada no estado fundamental (vácuo),

caso contrário, os bosões W e Z teriam massa nula tal como o fotão. Ora, estes bosões são necessariamente massivos porque a interacção fraca é de curto alcance. No MP a quebra espontânea de simetria electrofraca é realizada através do mecanismo de Higgs, que prevê a existência de uma partícula massiva escalar, o bosão de Higgs. Enquanto que os bosões W e Z foram descobertos há mais de 20 anos, confirmado a teoria electrofraca, o bosão de Higgs ainda não foi detectado experimentalmente. Um dos objectivos primordiais do projecto LHC é encontrar a origem da quebra de simetria electrofraca. Constrangimentos teóricos e experimentais indicam que a massa do Higgs do MP deve ser menor que 1TeV. Inversamente, se o bosão de Higgs não existir, nova física deve revelar-se a energias da ordem de 1TeV, para evitar que certos processos de difusão do MP violem o limite da unitariedade. Ainda que o bosão de Higgs seja descoberto, é expectável que sejam detectados sinais de nova física para além no MP no LHC. De facto, actualmente considera-se que o MP é uma teoria efectiva, uma aproximação válida até uma escala de energia λ , a partir do qual é necessariamente substituída por uma teoria mais fundamental. Esta suposição é sustentada por evidências experimentais e argumentos teóricos.

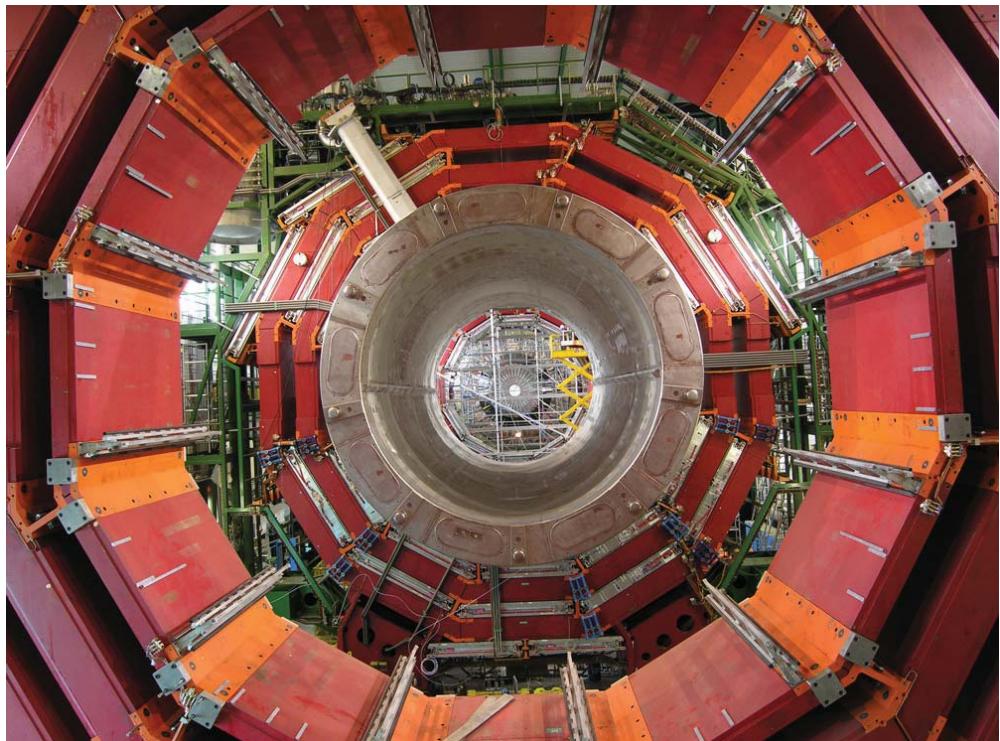


Figura 1 - Vista “olho de peixe” do ferro de retorno magnético do detector. CMS, 1 Junho 2002

Dados cosmológicos indicam que cerca de 95% do Universo é constituído por matéria escura e energia escura. A matéria escura, em particular, é predominantemente não bariônica e não relativista. Contudo, no MP não existem partículas “escuras” com estas propriedades. Por outro lado, é evidente que o MP é uma teoria incompleta porque não incorpora a interacção gravítica. Para energias da ordem de 100GeV, a interacção gravítica entre duas partículas é cerca de 10^{-38} vezes menos intensa do que as respectivas interacções quânticas fortes e electrofraca, podendo ser negligenciada. No entanto, para compreender os primeiros instantes da evolução do Universo, durante a época de Planck, caracterizados por energias extremas e distâncias ínfimas, é necessário uma teoria que unifique a gravitação com a mecânica quântica.

Uma das teorias de gravitação quântica mais estudadas, a Teoria de Cordas, prevê que o espaço-tempo tenha 10 dimensões.

As dimensões suplementares (ED) do espaço-tempo seriam imperceptíveis devido à sua compactade e pequeno tamanho.

Outra hipótese sugere que o nosso mundo 3-dimensional estaria confinado numa membrana imersa num espaço com $3+\delta$ dimensões (designado bulk). Inicialmente pensava-se que as ED seriam necessariamente extremamente pequenas ($\sim 10^{-33}$ cm), tornando-se apenas visíveis a energias da ordem da massa de Planck (MP) $\sim 10^{19}$ GeV, muito para além das energias acessíveis em colisionadores. Porém, nos últimos anos surgiram modelos em que a escala de compactificação das ED é \sim TeV ou inferior [4]. Embora estes modelos tenham um carácter eminentemente fenomenológico

e efectivo, ou seja, não está demonstrado que sejam realizações a baixa energia de uma teoria mais fundamental, as suas previsões podem ser testadas no LHC.

Os modelos de ED têm constituído uma nova abordagem para solucionar alguns puzzles teóricos do MP: a existência de 3 gerações de partículas; a formação da hierarquia de massa dos fermiões e da matriz CKM; a quebra de simetria electrofraca na ausência de um bosão de Higgs. O modelo ADD pretende explicar porque é que a interacção gravítica é muito menos intensa do que as outras interacções no estado fundamental – o problema da hierarquia. Neste modelo, as partículas e as interacções do MP estão confinadas numa membrana 3D imersa no bulk, no qual apenas a interacção gravítica se propaga. Assim, esta parece fraca porque o seu efeito é diluído nas ED. Supondo que existem duas ED compactas, a intensidade da gravidade é semelhante à das outras interacções desde que o raio das ED seja ~ 0.1 mm. Noutra classe de modelos, designada “Universal Extra Dimensions” (UED), estudam-se as consequências da existência de ED compactas mais pequenas (com raio \sim TeV 1 ou 10^{17} cm) universais, isto é, em que todas as partículas do MP se propagam. O modelo mais simples, MUED (minimal UED) [5], admite a existência de uma ED universal, ou de modo equivalente, supõe que a membrana 3D tem uma “espessura” \sim TeV 1 . Neste modelo, todas as partículas do MP têm modos excitados de Kaluza-Klein (KK). Um resultado interessante de MUED é que o modo excitado de KK mais leve (LKP) é estável e electricamente neutro, com massa \sim TeV, sendo um candidato viável a constituinte da matéria escura.

A estabilidade do LKP deve-se à conservação da paridade de KK, uma simetria discreta reminiscente da simetria de translação ao longo da ED compacta.

No LHC vai ser também explorada a possibilidade de o Universo ser supersimétrico. A Supersimetria (SUSY) [6] é uma teoria que propõe a existência de uma simetria entre bosões e fermiões. Prevê que cada fermião do MP tenha um parceiro supersimétrico bosónico e vice-versa. Como este parceiro tem os mesmos números quânticos de gauge, não pode pertencer ao MP já estabelecido. Deste modo, com a excepção do sector de Higgs, há uma duplicação do número de partículas do MP. Estima-se que as partículas supersimétricas tenham massa \sim TeV. A Supersimetria é um ingrediente frequentemente usado em Teorias de Grande Unificação. Os valores das constantes de acoplamento de gauge, que representam a intensidade das interacções, variam com a energia. Na presença de supersimetria, os acoplamentos electrofracos e fortes adquirem valores semelhantes para energias $\sim 10^{16}$ GeV. Considerando apenas as partículas do MP, esta unificação dos acoplamentos não se verifica para nenhuma escala de energia. Outra propriedade interessante da supersimetria é que alguns modelos supersimétricos prevê-se a existência de uma partícula massiva estável e neutra (e.g. neutralino) candidata a constituinte da matéria escura.

Todas as hipóteses teóricas referidas anteriormente antecipam a existência de novas partículas com massa \sim TeV. Num colisionador hadrónico, a energia cinética dos protões é convertida nas colisões inelásticas em massa de novas partículas. Contudo, as interacções relevantes ocorrem entre um quark ou gluão de cada protão, que transpor-

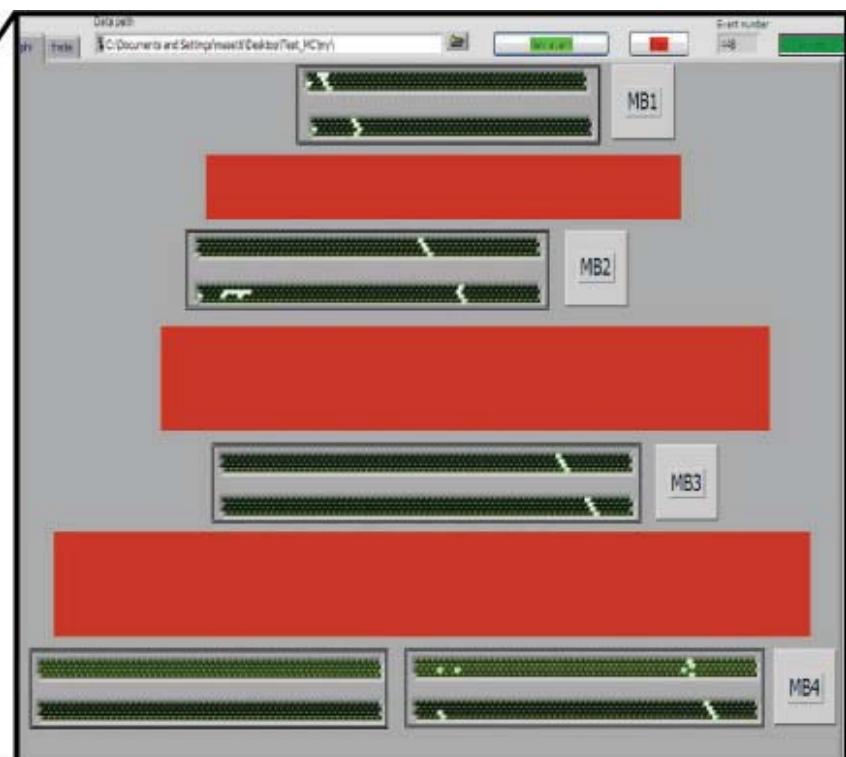
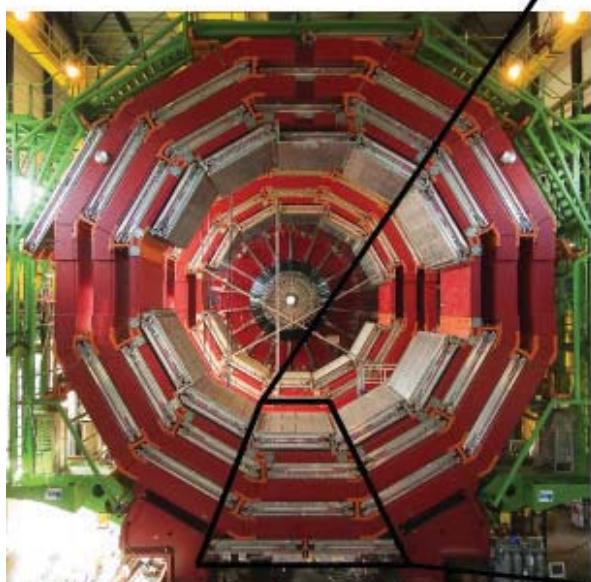


Figura 2 - primeiro muão cósmico visto por um sector completo de CMS, 9 Janeiro 2006

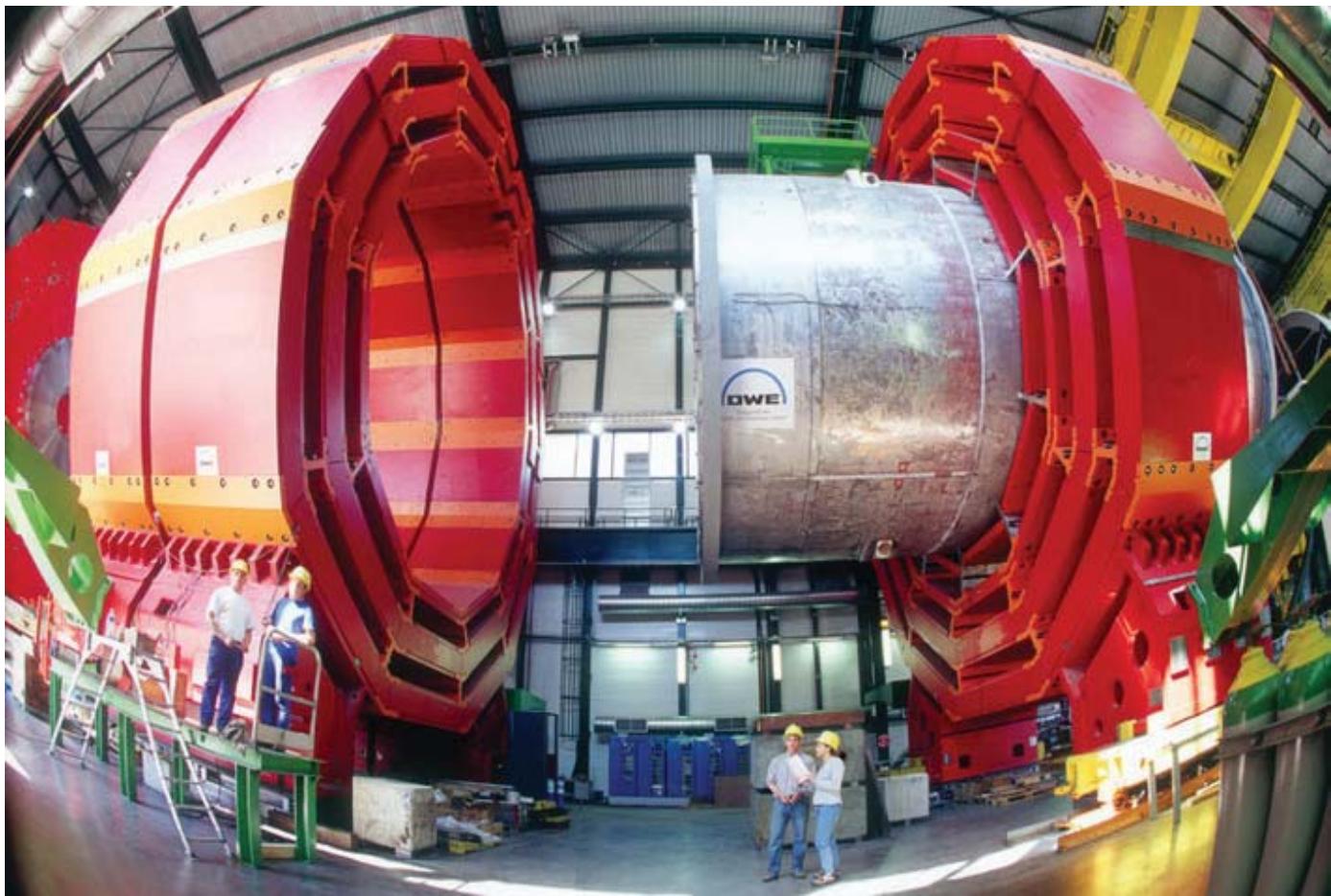


Figura 3 - finalização da instalação das câmaras de muões no anel central do tambor de CMS, 17 Fevereiro de 2006

tam apenas uma fracção da energia cinética total deste. Para que exista energia suficiente para pesquisar a região de massa \sim TeV, é importante que o LHC disponha de 14 TeV de energia no centro de massa da colisão protão-protão. Igualmente importante é a alta frequência nominal de colisões do LHC, uma vez que as interacções procuradas são extremamente raras, com secções eficazes $\sim 1\text{fb-}1\text{pb}$. Adicionalmente, as partículas criadas são geralmente instáveis, decaindo em fotões, electrões, muões, hadrões e neutrinos. Para identificar estes produtos e reconstruir as propriedades da interacção são necessários detectores com múltiplos componentes. No LHC estão a ser montados quatro: ATLAS, CMS, ALICE e LHCb. Devido à sua complexidade e dimensão, cada um merece o título de experiência. As experiências ATLAS e CMS são detectores de propósito geral, projectados para serem sensíveis a uma vasta gama de possíveis sinais de nova física. As outras experiências têm um propósito mais especializado. A experiência ALICE dedica-se ao estudo das colisões de iões pesados e visa esclarecer a natureza de um novo estado da matéria nuclear previsto para temperaturas e densidades elevadas – o plasma de quarks e

gluões. A experiência LHCb é especializada em física de quarks b e pretende investigar a violação CP, crucial para compreender a assimetria matéria-antimatéria observada no Universo. Um quinto detector, TOTEM, destina-se à medição da secção eficaz total das colisões protão-protão no LHC.

O LIP é o membro português da experiência CMS (Compact Muon Solenoid) [7]. Este detector é caracterizado por um design elegante e compacto e, tal como o nome indica, o seu elemento estruturante é um solenóide supercondutor. A associação do campo magnético de 4 T gerado pelo solenóide a um sistema de múltiplas camadas de câmaras de muões permite uma eficiente detecção de muões e uma medida precisa do seu momento. Outro ponto forte do detector é a inclusão de um calorímetro electromagnético (ECAL) composto por cerca de 80 000 cristais cintilantes de tungstanato de chumbo. A fina granularidade e excelente resolução em energia deste calorímetro tornam-no bastante adequado para a identificação e caracterização de fotões e electrões no LHC. O LIP tem fornecido importantes contribuições para a experiência CMS desde a sua constituição. Em particular, o LIP trabalhou na concepção e implementação do sistema de trigger e do

sistema de aquisição de dados do ECAL. A performance do sistema de trigger é crucial para o funcionamento global da experiência, na medida em que este é responsável por seleccionar online cerca de 102 eventos potencialmente interessantes entre as 109 colisões que se registam a cada segundo. Actualmente o grupo do LIP está também envolvido na investigação do potencial de CMS para a descoberta de ED, nomeadamente no contexto do modelo MUED. Brevemente, iniciar-se-ão estudos sobre os decaimentos do quark top no canal dileptónico, a identificação do leptão tau e a produção de quarkonia (no quadro da física de iões pesados). Paralelamente, o LIP continuará a colaborar nos testes da performance do detector e na sua instalação final, bem como na tomada e análise dos primeiros dados da experiência.

Os estudantes e jovens físicos que sintam entusiasmo pelas oportunidades oferecidas pelo LHC são convidados a participar nestas actividades.

Para mais informações contacte:
joao.varela@cern.ch
ou consulte o site:
www.lip.pt/~ribeiro/coloquioCMS/coloquioCMS.html

[1] "LHC web site." <http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/lhc-machine-outreach>

[2] "CERN web site." <http://www.cern.ch>

[3] "LIP web site." <http://www.lip.pt>

[4] T. Rizzo, "Pedagogical Introduction to Extra Dimensions", [arxiv:hep-ph/0409309](http://arxiv.org/abs/hep-ph/0409309)

[5] T. Matchev, M. Schmaltz e H. Cheng, "Bosonic supersymmetry? Getting fooled at the CERN LHC", [arxiv:hep-ph/0205314](http://arxiv.org/abs/hep-ph/0205314)

[6] S. Martin, "A Supersymmetry primer", [arxiv:hep-ph/9709356](http://arxiv.org/abs/hep-ph/9709356)

[7] "CMS web site." <http://cms.cern.ch>

“Since 1984” - como o LHC chegou aos dias de hoje

André David é bolseiro de pós-doutoramento da FCT no LIP e está em permanência no CERN onde, presentemente, coordena o sistema de aquisição de dados e trigger do calorímetro electromagnético de CMS, uma equipa internacional com cerca de 30 físicos, engenheiros e estudantes. Antes disso, trabalhou 5 anos na experiência NA60, uma experiência de alvo fixo que operou o primeiro detector de vértices de silício resistente a radiação. Foi em NA60 que obteve o seu doutoramento em Física Experimental de Partículas pelo IST em 2006. A PULSAR pediu ao André David para nos explicar que evoluções teve o LHC até aos dias de hoje, explicando o seu trabalho actual no CERN e que percussões terá o LHC no nosso futuro.

Quando cheguei ao CERN em 2000, havia uma grande comoção à volta da possibilidade de fecho do LEP para se proceder à instalação do LHC. O ciclo de medidas de precisão com um colisionador de electrões e positrões iria dar lugar ao ciclo de descoberta com um colisionador de hadrões.

Quando entrar em funcionamento, o LHC será o lugar com as colisões mais energéticas no Mundo e também onde se farão mais colisões por segundo.

Mas afinal o que são estes colisionadores e para que servem? Começemos um pouco mais atrás:

O CERN, Centro Europeu para a Física de Partículas, é uma organização intergovernamental, fundada em 1954 por 12 países. Hoje em dia conta com 20 estados-membros e, se à data da fundação a ideia era evitar a fuga de mentes brilhantes para o estrangeiro, hoje em dia para além dos estados-membros, o

CERN inclui uma série de observadores que contribuem em géneros para as suas actividades.

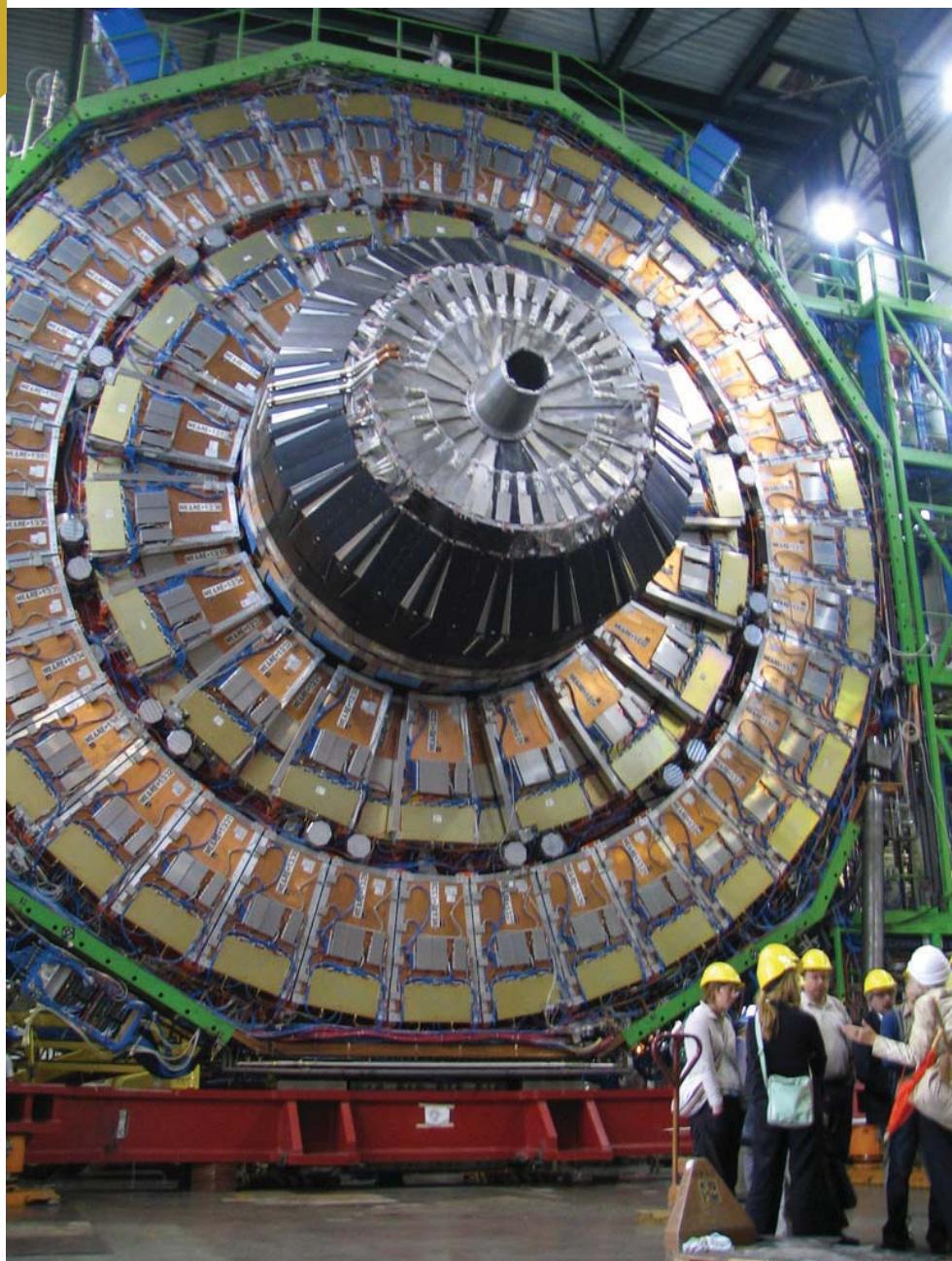
Para percorrer o trilho da descoberta de novas partículas nos anos 50 que levou ao estabelecimento do modelo de quarks nos anos 60, foi essencial criar ferramentas que permitissem explorar cada vez mais intimamente a matéria. É essa a génese dos aceleradores. Ao acelerarem partículas como protões e depois enviando-as contra um alvo, podiam-se obter colisões a energias cada vez mais altas, permitindo assim “libertar” novas partículas do vácuo.

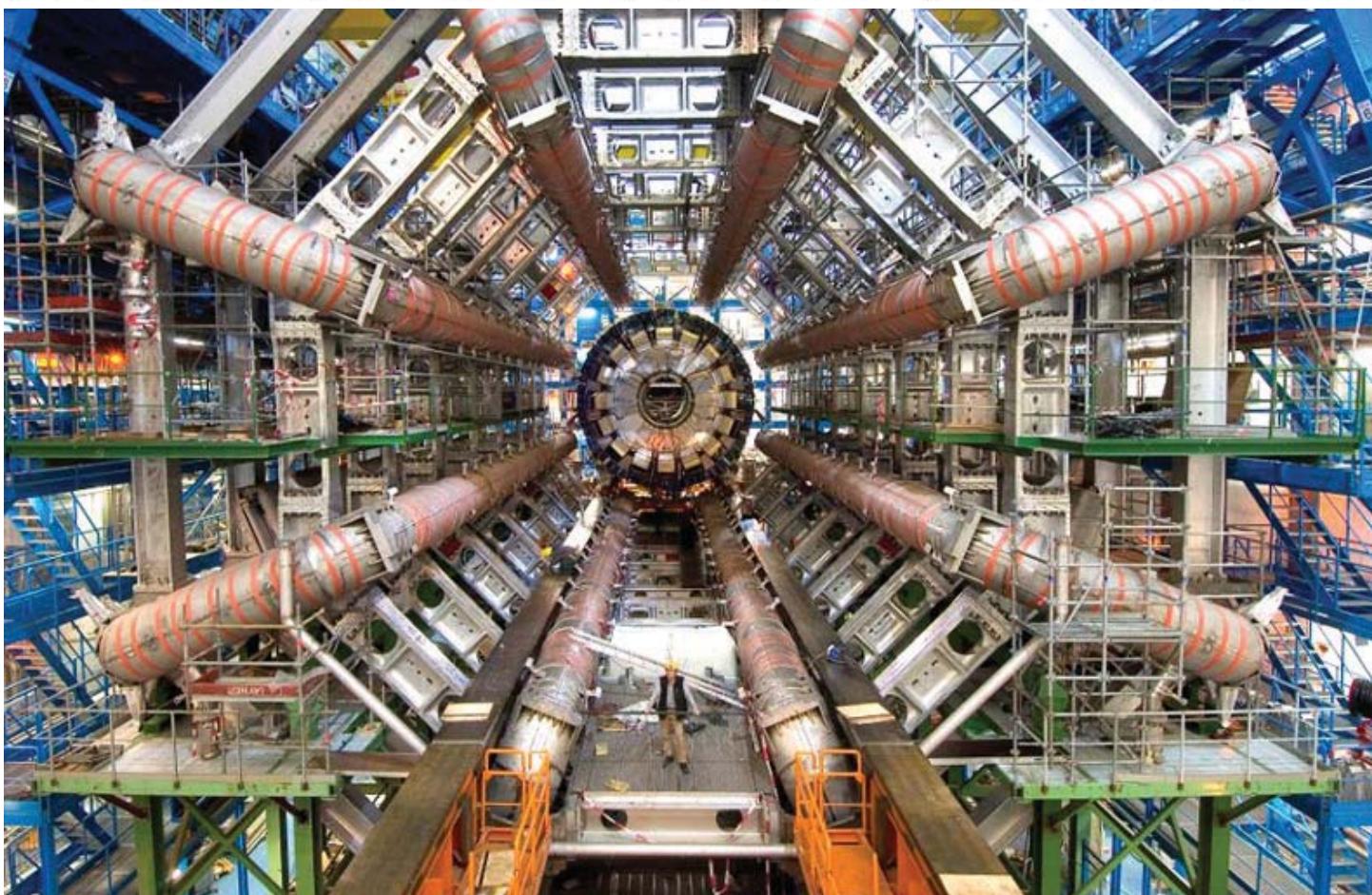
Acelerar partículas é algo relativamente trivial. Tomando o exemplo dos protões, começa-se com a molécula H_2 que se excita num plasma dentro de um forno microondas. Depois aplica-se um campo eléctrico de forma que os protões sigam numa direcção. Finalmente aplicam-se campos magnéticos especialmente desenhados para transformar o rebanho caótico de protões numa fila india perfeita a que se chama feixe. Uma vez formado o feixe, este passa por uma série de cavidades de microondas que “batendo” nos protões lhes conferem mais e mais energia.

Assim se fizeram as primeiras experiências no CERN, fazendo colidir estes feixes de protões com alvos sólidos e observando o que de lá saía.

Ora se quisermos continuar a acelerar as partículas, logo se põe um problema: temos que fazer um acelerador com um comprimento enorme. Para responder a este problema, os aceleradores são normalmente anéis e não apenas túneis a direito (lineares).

Os anéis, claro está, têm a vantagem de se poder usar a mesma câmara microondas vezes sem conta, fazendo o feixe dar voltas ao anel, ganhando energia a cada passagem. Ora, para uma partícula carregada descrever uma trajectória fechada é necessário curvar a sua trajectória. Isto é, conseguido à custa de campos magnéticos, segundo $(B \cdot R) / p = k$, em que B é a intensidade do campo magnético, R o raio de curvatura, p o momento linear da partícula e k uma constante que depende das unidades. Como estamos a falar de partículas relativistas ($p \gg m$), então a energia da partícula é basicamente $E \sim p$.





Armados com esta simples relação é fácil perceber o que aconteceu no CERN nas suas primeiras décadas. Para aumentar E, e sem tecnologia nova para aumentar B, foi-se aumentando R. Isto leva-nos à sucessão de anéis de aceleradores que foram escavados e construídos: PS ($R=100\text{m}$; 1959), ISR ($R=150\text{m}$; 1973) e o SPS ($R=1480\text{m}$; 1976).

Entretanto deu-se outro grande avanço para aumentar a energia disponível nas colisões: em vez de enviar as partículas aceleradas contra a “parede”, passou-se a colidir dois feixes de partículas. Desta forma a energia disponível no centro de massa é a soma da energia das partículas. Em contraste, quando se atira o feixe contra a parede, a energia disponível apenas cresce com a raiz quadrada da energia do feixe (um exercício simples de fazer).

Isto leva-nos finalmente ao túnel escavado para o LEP. De forma a resolver de uma vez por todas a questão, o túnel é simplesmente o maior que se pode fazer na área onde se situa. Como todos os círculos, é limitado por duas linhas (a cadeia montanhosa do Jura a Oeste, e o lago de Genebra a Leste) e um ponto (o ponto de contacto com o resto da cadeia de aceleradores).

Com cerca de 27 km de circunferência, o túnel do LEP - e agora do LHC, - é o maior túnel escavado para este efeito.

O LEP foi feito para fazer medidas de precisão das partículas descobertas no ISR, nomeadamente os transmissores da

força fraca: os bosões W e Z. E se bem que o LEP tenha sido apenas inaugurado em 1989, 5 anos antes, em 1984 o LHC já estava a ser pensado.

Dada a longevidade que projectos como o LEP, já em 1989, tiveram (por exemplo a construção do LEP foi aprovada em 1981), é natural que os físicos já estivessem a pensar no que viria a seguir.

O LEP fez colisões até energias de 200GeV. A seguir teria que vir uma máquina para a descoberta do que existe à escala do TeV ($1\text{TeV} = 10^6\text{MeV}$) e perceber se o Modelo Standard ainda funciona nessa escala de energia, ou se vamos ver indícios de nova Física aparecer no horizonte. E com o Tevatron em Fermilab a prometer 2 TeV de energia para colisões protão-antiproton nos anos 90, o LHC teria que ser pelo menos 10 vezes mais energético.

Mas se o túnel não pode ser maior, como é que podemos conduzir partículas mais energéticas? Aumentando o campo magnético.

Nos anos 80 a perspectiva de se poderem utilizar magnetos supercondutores tornou-se na única alternativa a explorar de forma a obter as energias necessárias para cumprir os requisitos da Física.

Finalmente, um acelerador é apenas tão bom quanto as experiências que “transformam” as colisões em algo que ponham em evidência o que se passou. Desde o início da conceção do LHC que perfilaram colaborações para realizar experiências com os feixes mais energéticos do mundo. Algumas conseguiram

chegar aos dias de hoje com o mesmo nome, mas outras tiveram que unir esforços e chegar a compromissos de forma a poderem obter a aprovação do comité que rege estas matérias.

Hoje temos 2+2+1 experiências instaladas no LHC. As duas maiores, ATLAS e CMS, cada uma com mais de 2000 colaboradores incluindo participações portuguesas, compõe-se de detectores herméticos, apropriados a investigações genéricas, tentando medir tudo o que se pode medir. As duas seguintes, ALICE e LHCb, são experiências mais pequenas com objectivos mais focalizados: o estudo de colisões de iões pesados em ALICE e o estudo de partículas com quarks b em LHCb. Finalmente, há uma experiência muito mais pequena que todas as outras, mas não menos importante: TOTEM. Esta experiência medirá, em particular, interacções entre os protões em que não chega a haver uma colisão inelástica.

Muito se pode dizer sobre a forma como a evolução tecnológica dos últimos 25 anos moldou as escolhas feitas, quer para o acelerador quer para as experiências. Basta dizer que em 1984 uma drive de 10 MB de capacidade era absolutamente gigantesca e hoje em dia uma drive USB de 4 GB é apenas boa.

E isto traz-nos ao presente. Há dois meses, no dia 10 de Setembro, os primeiros protões fizeram o circuito completo do LHC. Primeiro no sentido dos ponteiros do relógio. Depois, no sentido contrário.

Claro que antes de enviar o feixe à volta, este foi enviado contra colimadores completamente fechados de forma a se ter a certeza que todos os magnetos estavam a fazer o que deviam. Estes “eventos” em que alguns biliões de protões, (109), colidiram com os colimadores, produziram quantidades tais de muões que CMS literalmente se acendeu e todos os canais dos calorímetros detectaram quantidades gigantescas de energia (Figura 1).

Nos dias seguintes o feixe foi capturado com sucesso de forma a não se dispersar longitudinalmente e a certo ponto durante a noite, deixámos de ver um feixe que se atenuava conforme o tempo passa, para termos sempre a mesma quantidade de protões a circular.

Infelizmente, depois deste arranque meteórico, o primeiro problema do LHC foi com um transformador de alta tensão, modelo quase único. Este problema demorou alguns dias a resolver, porque se trata de um objecto de dimensões consideráveis.

O maior problema deu-se alguns dias depois de o transformador ter sido reparado. Na preparação para a aceleração do feixe, todos os sectores foram testados para mais altas correntes (necessárias para desviar um feixe com mais energia). Infelizmente, no último sector a ser testado algo aconteceu na ligação eléctrica entre magnetos. Uma descarga eléctrica entre o tubo do feixe que está em ultra alto vácuo e o tubo onde o Hélio líquido que mantém os magnetos supercondutores fez um buraco. Quase imediatamente se libertaram 2 toneladas de Hélio a 1.9K. A área, (completamente gelada), encontrou-se fechada durante bastante tempo, o que implicou uma longa espera até um relatório sair.

Aparentemente há uma secção de cerca de 100 m de comprimento em que todos os magnetos terão que ser substituídos. Isto não será um problema em termos de peças de substituição, mas demorará tempo. Até lá, algures em 2009, as experiências continuam a ultimar preparativos na longa cadeia que vão do detector até à análise de dados, utilizando muões cósmicos.

Enquanto escrevo este artigo na sala de controlo de CMS durante um turno como Run Field Manager de CMS, vejo desfilar num ecrã gigante eventos capturados pelo trigger de muões (Figura 2) e que não deixam dúvidas que este detector está preparado para colisões.

Pelo caminho que nos levará a uma melhor compreensão dos fundamentos da matéria, o LHC e as suas experiências já deixaram marcas em áreas tão diversas como transportes pesados, construção civil, a world wide web ou imagiologia médica.

Assim como as lâmpadas não são o resultado de aperfeiçoamentos das velas cada vez melhores também os computadores não são réguas de cálculo mais potentes. Não é portanto por acaso que a investigação fundamental é importante.

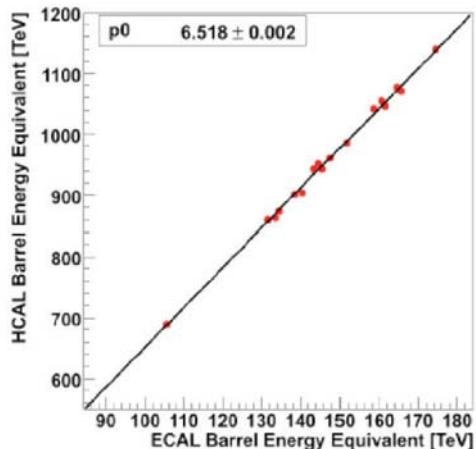
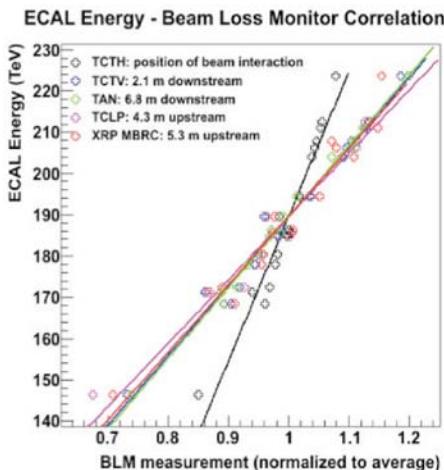


Figura 1 - Medidas tomadas em cerca de 20 eventos em que milhões de protões do LHC interagiram com um colimador fechado a 150m de CMS.

Esquerda: correlação entre a actividade medida em 5 diferentes “beam loss monitors” em torno da zona de interacção e a energia medida no calorímetro electromagnético de CMS.

Direita: correlação entre a energia medida pelos calorímetros electromagnético e hadrólico de CMS. Para além de demonstrarem que os detectores de CMS medem energia de uma forma normal, estes eventos permitiram também medir num só evento a sincronização entre todos os quase 80.000 canais do calorímetro electromagnético de CMS.

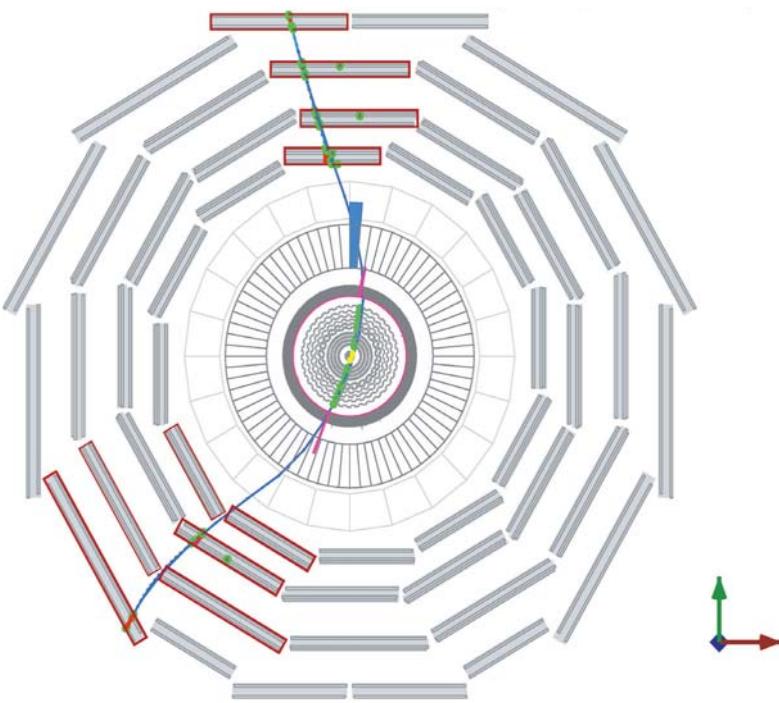


Imagen do autor do artigo, André David

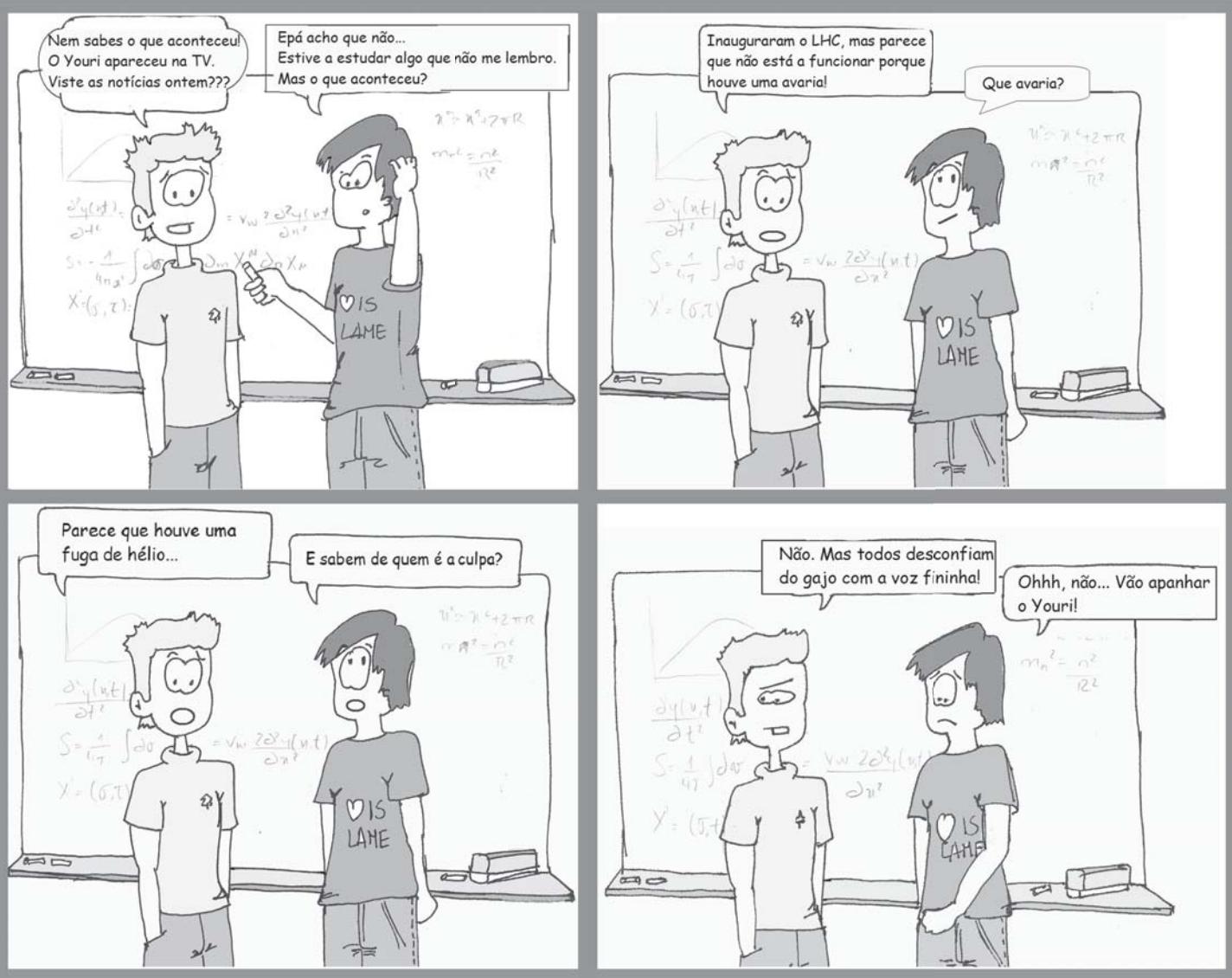
Figura 2 - Com todos os principais componentes instalados e o campo magnético ligado, CMS tomou dados com raios cósmicos durante várias semanas.

Nesta vista transversal de um desses eventos, vê-se um muão a entrar na experiência no topo, percorrer várias camadas do sistema de tubos de deriva (pontos verdes na periferia); atravessar a bobina do magneto antes de deixar energia nos calorímetros hadrónico, (barras azuis); electromagnético, (barras cor-de-rosa); atravessar o tracador de silício, (pontos verdes perto do centro) e o tracador de pixéis (pontos amarelos no centro).

Na continuação o muão atravessa os detectores na ordem inversa e pode-se ver a mudança de curvatura quando passa do lado de dentro do solenoide para o lado de fora onde o campo magnético inverte o seu sentido.



LHComic



Cartoon feito por Rui Magno, 3º ano de MEFT e Vanessa Filipa.

VIAGENS NO TEMPO

por Pandora Guimarães, 2º Ano MEFT

"O homem... consegue elevar-se num balão, opondo-se à gravidade, então, por que é que não haveria de acreditar que acabará por ser capaz de interromper ou acelerar o seu andamento ao longo da dimensão do tempo ou, até dar meia volta e viajar na outra direcção?" – H. G. Wells, A Máquina do Tempo, 1895.

H. G. Wells foi um dos melhores escritores de ficção científica do final do séc. XIX, inícios do séc. XX, que muito inspirou os cientistas da época e, possivelmente, dos dias de hoje. No seu romance, A Máquina do Tempo, Wells interpretou o tempo como uma quarta dimensão, possibilitando assim as viagens no tempo.

Esta ideia fascinou o físico Einstein que em 1905, precisamente dez anos após a edição do livro de Wells, utilizou-a para criar a Teoria da Relatividade, dizendo que o tempo é medido de maneira diferente por observadores estacionários e em movimento. O professor de Matemática Hermann Minkowski, desenvolveu o trabalho de Einstein e mostrou que o tempo podia de facto ser tratado matematicamente como uma quarta dimensão.

Concluímos então que o Universo é, no mínimo, quadri-dimensional. Como escreveu Wells, todos os objectos reais têm quatro dimensões: comprimento, altura, largura e duração. Para melhor percebermos este conceito, voltamos a pegar no romance A Máquina do Tempo, passando um excerto de quando o viajante no tempo convida os amigos a inspecionar a sua nova invenção: uma máquina do tempo:

"É claro que sabem que uma linha matemática, uma linha espessura zero, não tem existência real... Nem o tem um plano matemático. Tais coisas são meras abstracções."

- Isso está certo – disse o psicólogo.

- Nem pode um cubo, tendo apenas comprimento, largura e espessura, existir realmente.

- Á discordo – afirmou Filby. - É claro que o corpo sólido pode existir. Todas as coisas reais... (...) Porém, esperem um instante. Poderá um cubo instantâneo existir?

- Não o entendo – reagiu Filby.

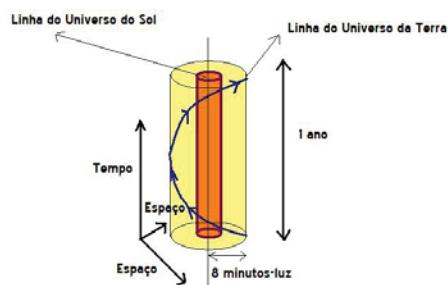
- Será que um cubo que não dura por nenhum momento sequer, pode ter uma existência real?

Filby ficou pensativo.

- Obviamente – prosseguiu o viajante no tempo – qualquer corpo real tem de ter uma extensão em quatro direcções: deve ter comprimento, largura, espessura e duração... Na verdade, há quatro dimensões, três... de espaço e uma quarta, o tempo. Há, porém, uma tendência para traçar uma distinção que não existe entre as primeiras três dimensões e a última, porque a nossa consciência se desloca de forma intermitente... longo desta última, do princípio ao fim da nossa vida."

Normalmente, os manuais escolares apresentam um diagrama bidimensional do Sistema Solar. O Sol é representado como um círculo, assim como os restantes planetas em torno deste só que de raio menor. Este modelo captura um instante do tempo, como uma fotografia, não nos dando uma noção real.

Um modelo revolucionário que, pela primeira vez apresenta o sistema solar em quatro dimensões, foi realizado por George Gamow em 1947 no seu livro One, Two, Three... Infinity.



Como se pode observar neste modelo, a Terra torna-se numa hélice azul que se enrola em torno do bastão laranja no centro que representa o Sol. O raio da hélice é, como seria de esperar, igual ao raio da órbita da Terra e, a distância em tempo para a hélice completar uma volta é, obviamente, um ano. Podemos então reparar que a Terra não é um círculo como vem nos manuais, ou uma esfera, como poderíamos visualizar se entrássemos num foguetão e girássemos em torno da Terra, mas sim uma hélice – um fio de espargue a girar em espiral através do tempo em torno da "linha de universo do Sol".

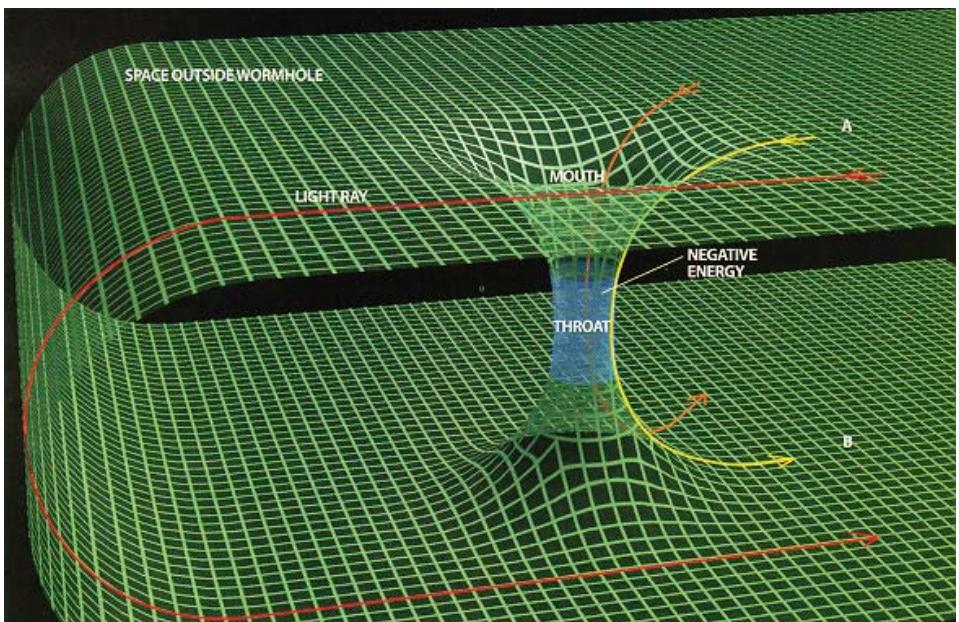
Às vezes a ficção científica conduz automaticamente a uma investigação científica. Em 1985, Carl Sagan escreveu o livro de ficção científica, "Contact" (Contacto), mais tarde adaptado para filme com Jodie Foster. Sagan queria que a sua heroína

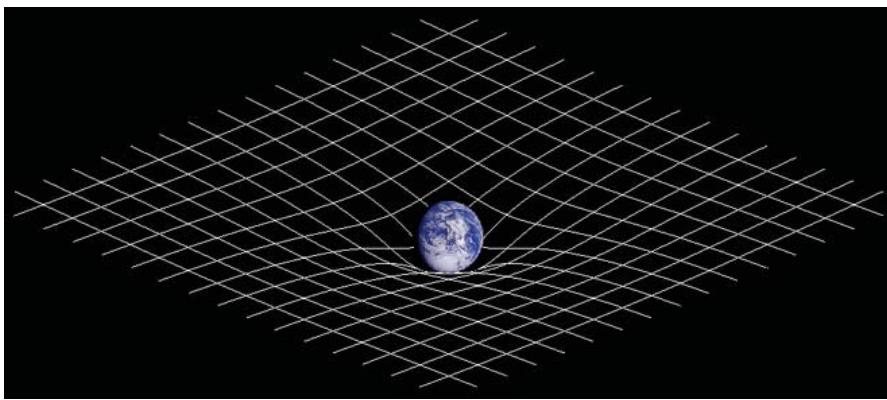
caísse num pequeno buraco negro na Terra e surgisse subitamente num outro buraco negro bem distante no espaço. Sagan pediu a Kip Thorne, professor no Caltech, que verificasse se o seu conto ficcional estava a violar alguma lei da física, recebendo a resposta de que aquilo que ele chamava buraco negro na verdade era um wormhole, um túnel de espaço-tempo, ligando dois locais muito espaçados entre si. Assim, Thorne começou a interessar-se pelas viagens no tempo e a partir daí começou o seu estudo acerca da existência dos wormholes e demonstrou que poderiam ser usados para viajar para o passado.

Mas afinal o que é um wormhole?

Para melhor se perceber o que é um wormhole, agarra-se numa folha de papel e escolhe-se um ponto A e um ponto B. Qual a menor distância entre os dois pontos? A linha recta que une o ponto A ao ponto B? Realmente, isto só é verdade para duas dimensões. Se dobrarmos a folha de papel de modo a que um ponto sobreponha o outro e fizermos um furo de forma a os ligarmos, temos então aquilo que chamamos um Wormhole. Se imaginar-se uma folha de papel muito grande em que fosse possível cairmos por esse túnel, descobriríamos um universo inteiramente novo e teríamos viajado no tempo em relação a outra pessoa que não tivesse caído pelo mesmo.

Teoricamente, podíamos percorrer vários anos-luz com um salto e viajar "mais depressa do que a velocidade da luz" sem violação da teoria da relatividade restrita, dada por Einstein, pois o nosso corpo nunca excederia realmente essa velocidade. Os wormholes foram descobertos matematicamente como soluções das equações de campo por Flamm em 1916, poucos meses depois de estas serem formuladas por Einstein.





Teoria da Gravitação

Einstein escreveu a Teoria da Relatividade Geral, ou teoria da gravitação, em 1915 que inclui a possibilidade de construir wormholes e até máquinas do tempo. Para este, não existe um tempo universal. O tempo é diferente para diferentes observadores. Este ponto abre caminho para as viagens no tempo. A relatividade geral baseia-se na ideia de que o espaço é curvo e de que as "forças" que temos à nossa volta, como a gravidade, são efectivamente uma ilusão criada pela curvatura do espaço e do tempo.

Consideremos um exemplo simples: Galileu descobriu que se deixasse cair na Terra duas bolas de massa diferente, estes cairiam no chão ao mesmo tempo. Se reportarmos esta experiência para o espaço, dentro de um foguetão com ausência de gravidade, as bolas apenas flutuariam. E se o foguetão estivesse em propulsão? Nesse caso, o chão do foguetão iria para cima e atingiria as bolas ao mesmo tempo. Newton veria a mesma coisa na Terra e no espaço, no entanto, num dos casos é resultado da gravidade, enquanto que no outro é causada por um chão em aceleração sem gravidade envolvida. Einstein propôs que as duas situações seriam a mesma, ou seja, que a gravidade e a aceleração eram uma só (**princípio de equivalência**).

Então, se a gravidade e o movimento acelerado são iguais, a gravidade é apenas um movimento acelerado. A superfície da Terra estava apenas a acelerar para cima, o que explica porque bolas de diferentes massas, quando deixadas cair, chegam ao chão ao mesmo tempo. Quando se soltam as bolas elas simplesmente flutuam, sem peso sendo o chão da Terra que sobe e as atinge. Mas como é que pode a superfície da Terra estar a acelerar para cima se esta não aumenta de volume para atingir as bolas? A única maneira de tudo isto fazer sentido é considerar que realmente o espaço-tempo é curvo. Mais tarde Einstein provou que é a massa e a energia que fazem o espaço-tempo curvar-se. Esta teoria sugere que o espaço-tempo pode curvar-se de maneira a permitir atalhos através do espaço-tempo.

Teoria Quântica da Multiplicidade de Universos

Os avanços da mecânica quântica permitem entender vários acontecimentos: as partículas têm uma natureza ondulatória e as ondas têm uma natureza corpuscular; o princípio da incerteza de Heisenberg diz-nos que não é possível determinar com precisão a posição e velocidade de uma partícula; a natureza ondulatória das partículas leva a efeitos invulgares, como os efeitos de túneis quânticos; a solução das equações de ondas quânticas ondulatórias permite predizer a probabilidade de encontrar uma partícula em vários lugares. A partir destas descobertas surge a teoria quântica da multiplicidade de Universos. Esta teoria defende que existem diferentes universos paralelos onde a partícula toma posições diferentes. Assim, surge um novo universo sempre que é registada uma observação ou é feita uma decisão. Não têm de ser decisões humanas; mesmo a transição entre níveis de um electrão dentro de um átomo poderia causar uma ramificação do universo. Se esta teoria estiver correcta, um viajante no tempo desloca-se simplesmente até um universo paralelo e poderá alterar a sua história. Um dos físicos que apoia esta teoria é David Deutsch, da Universidade de Oxford.

Princípio da auto-consistência

Numa abordagem mais conservadora, os viajantes no tempo não podem mudar o passado porque já fizeram parte dele. Sendo assim, existe só um universo em que podemos visitar o nosso passado e interagir com ele, mas não podemos alterá-lo. O princípio de auto-consistência foi proposto pelos físicos Kip Thorne e Igor Novikov.

Viagens ao Passado

Pela teoria da gravitação, um buraco negro seria um possível wormhole. Se pensarmos em duas folhas paralelas, ligadas por um furo, teremos uma ligação entre dois universos paralelos. A ponte que os liga é dada pelo nome de ponte de Einstein-Rosen, teoria formulada em 1935. No entanto, no centro do buraco negro, onde a curvatura e a força gravitacional se tornam infinitas, qualquer corpo seria esmagado. Em 1963, o matemático Roy Kerr disse que os buracos negros não seriam estacionários, mas sim um anel de neutrões a rodar velozmente, o que era

essencial para se passar pelo buraco negro sem se ser esmagado uma vez que a força centrífuga impede o anel de se concentrar num ponto. O perigo estaria em tocar no anel em rotação e não atravessá-lo. No entanto, um problema com a entrada no buraco negro de Kerr em rotação é a questão da estabilidade, sendo possível que o wormhole se fechasse quando algo entrasse nele. Se a física fosse puramente clássica e o buraco negro suficientemente grande e com rotação elevada, um viajante facilmente atravessaria a singularidade. No entanto, a teoria quântica de campos prevê que as singularidades quebram o estado de vácuo (quântico), irradiando um fluxo intenso de partículas de altas energias que certamente mataria qualquer viajante. Na década de 80, Kip Thorne descobriu então uma maneira fisicamente possível para manter o wormhole aberto e permitir uma viagem no tempo sem risco de esmagamento – usando matéria exótica (1), isto é, matéria com densidade de energia negativa. As leis da física clássica proíbem as densidades de energia negativas, mas a teoria quântica de campo prevê a sua existência. Este assunto continua a ser alvo de intensa investigação.

Viagens ao Futuro

As viagens no tempo ao futuro são possíveis. Pensemos em dois gémeos, por exemplo, Einstein e Heisenberg. Einstein decide viajar de foguetão até Alfa de Centauro que fica a uma distância de 4 anos-luz. Se este se deslocar a 80% da velocidade da luz, então quer dizer que deverá demorar 5 anos terrestres. No entanto, Heisenberg verá o relógio de Einstein a andar lentamente, a cerca de 60% da velocidade de andamento do dele (explicado nos teoremas que Einstein demonstrou a partir dos seus dois postulados da teoria da relatividade). Deste modo, Einstein envelheceria 6 anos, enquanto que Heisenberg teria envelhecido 10, sendo uma viagem ao futuro de 4 anos. Um exemplo de um viajante no tempo é Sergei Avdeyev que é cerca de um quinquagésimo de segundo mais jovem do que seria se não tivesse permanecido em órbita um total de 748 dias durante 3 voos espaciais.

Concluindo, as viagens no tempo são uma realidade em construção.

(1) Matéria exótica é explicada pelo Efeito de Casimir, ver artigo na página 20.



O Efeito de Casimir

por Carlos Martins, 2º Ano MEFT



Hendrik Brugt Gerhard Casimir

O Efeito de Casimir é um fenómeno relacionado com as propriedades do vácuo.

Na física clássica o vácuo é descrito como a ausência total de matéria e de energia. Na física quântica é precisamente o oposto. Na quântica, o vácuo é uma zona onde existem infinitas partículas quânticas que aparecem e se anulam constantemente em todo o nosso universo. É precisamente este aparecimento/desaparecimento que dá ao vácuo uma densidade de energia inimaginável.

Na quântica, este vácuo dá origem a imensos fenómenos que exercem um papel fundamental para explicar vários outros acontecimentos microscópicos, e até alguns macroscópicos. Um exemplo destes efeitos macroscópicos é o Efeito de Casimir. A atracção entre duas placas paralelas, perfeitamente condutoras e electricamente neutras, a distâncias da ordem do micrómetro. Este efeito foi previsto pelo físico holandês Hendrik B. G. Casimir em 1946.

As razões deste efeito (e também de outros fenómenos do vácuo quântico) são as flutuações quânticas do campo electromagnético. Segundo a teoria quântica do electromagnetismo – formulada por Max Born, Werner Heisenberg e Jordan Pasqual – o vácuo não é um espaço vazio e inerte; o vácuo é na verdade um espaço onde ocorrem, constantemente e em toda a sua extensão, flutuações do campo electromagnético. Contudo o valor médio destas flutuações é zero e por isso dizemos que não há campo.

A energia de uma onda num certo nível de energia é dada por:

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) h\nu$$

Podemos confirmar que mesmo no ponto zero a energia continua a ser $(h^*n)/2$.

Então, o vácuo é somente o estado de energia mínima dos sistemas. Se considerarmos o vácuo como infinitamente grande então temos todos os comprimentos de onda possíveis e então a energia do vácuo será:

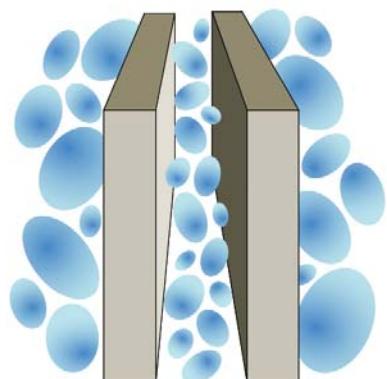
$$E_{vac} = \sum_{\nu}^{\infty} \frac{h\nu}{2}$$

Esta energia é infinita precisamente por ser possível considerar todas as frequências. A esta energia chamamos Energia do Ponto Zero.

Normalmente a Energia do Ponto Zero não tem efeitos observáveis por ser “uma energia infinita do espaço infinito” e podemos ignorá-la pois não tem significado físico. Contudo, isto nem sempre acontece, como no caso do Efeito de Casimir em que esta energia causa fenómenos ao nível macroscópico.

Um campo magnético confinado sofre limitações das suas oscilações, mesmo as do ponto zero. Assim sendo, se considerarmos uma zona limitada espacialmente (como p.e. duas placas paralelas), o número de frequências possíveis é limitado, podendo variar apenas em valores específicos.

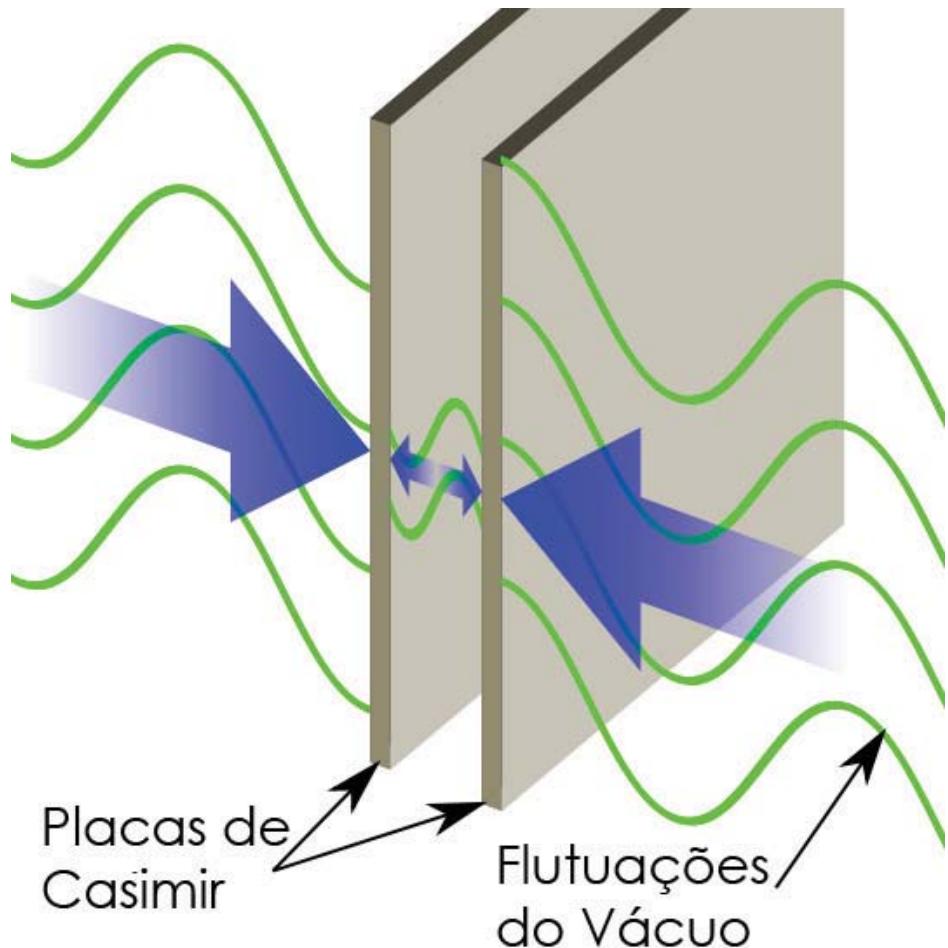
Esta limitação varia conforme as propriedades das superfícies que delimitam o espaço. A estas limitações chamam-se Condições de Fronteira.



Deste modo o Efeito de Casimir é mais correctamente definido como: O resultado da alteração do espectro de frequências de oscilação do campo electromagnético, em razão da implementação de condições de fronteira.

No Efeito de Casimir em particular, as duas placas de área A a uma distância a sofram uma força de atracção entre elas calculada por:

$$F_{Cas} = -A \frac{\pi^2 \hbar c}{240 a^4}$$



Esta força é resultante da diferença de energia resultante pela limitação das frequências entre as placas e pela energia fora do espaço das placas que não sofre (em condições ideais) qualquer limitação. Esta diferença é dada por:

$$E_0 = -A \frac{\pi^2 \hbar c}{720 a^3}$$

Uma curiosidade do Efeito de Casimir é que a força pode ser, quer atractiva, quer repulsiva, dependendo somente das Condições de Fronteira.

A verificação experimental do Efeito de Casimir cria alguns obstáculos devido à sua natureza pois existem vários factores que a podem ocultar (vibrações mecânicas residuais; irregularidades da superfície das placas; distribuição irregular de cargas electrostáticas sobre as placas). Por exemplo, para uma diferença de po-

tencial entre as placas de 17 milivolt a força electrostática é comparável à Força de Casimir. O Efeito de Casimir foi observado pela primeira vez por Marcus Sparnaay nos Philips Labs, contudo o grau de incerteza era muito grande e não serviu como prova definitiva do Efeito de Casimir. Já em 1997 é que Steve Lamoreaux, em Los Alamos National Laboratories, medi o Efeito de Casimir com uma incerteza de apenas 5%. Só mais recentemente, em 2001, é que um grupo da Universidade de Pádua, em Itália, medi definitivamente a Força de Casimir.

Uma outra curiosidade sobre o efeito Casimir é a sua relação com as teorias sobre a possibilidade de criar wormholes. Segundo M. Morris, K. Thorne, e U. Yurtsever⁽¹⁾, é necessário matéria exótica (matéria cujas propriedades quebram as estipulações clássicas) para estabilizar um wormhole; utilizando o Efeito de Casimir seria possível criar uma região do es-

paço com densidades negativas, podendo assim ser utilizada essa propriedade da matéria exótica para estabilizar o worm-hole.

O Efeito de Casimir é um fenómeno muito interessante que, não só origina várias possibilidades teóricas, como também perspectiva várias aplicações práticas ao nível da nanotecnologia e da microelectrónica.

Originado por acontecimentos microscópicos, manifesta-se ao nível macroscópico, por isso tem um papel fundamental para termos uma melhor compreensão do que realmente é o vácuo e dos segredos e possibilidades que ele ainda esconde; uma questão que é agora, tanto física, como já foi filosófica.

(1) M. Morris, K. Thorne, and U. Yurtsever, *Wormholes, Time Machines, and the Weak Energy Condition*, *Physical Review*, 61, 13, September 1988, pp. 1446 – 1449.



Provavelmente muitos ouviram desde os primeiros tempos do curso a palavra "consultoria" e com ela o nome "McKinsey". Neste artigo vamos tentar explicar o que é ser consultor de gestão e partilhar a experiência de quatro antigos alunos da LEFT nesse mundo aparentemente tão distante da Física.

A consultoria é uma das opções de carreira que se coloca a qualquer estudante que termina o curso de Física (ou qualquer outro curso universitário), mas explicar o que é "ser consultor" é um dos problemas mais

complicados que se nos coloca. A definição de dicionário diz que apoiamos a gestão de topo de empresas a enfrentar todos os desafios estratégicos que se lhes deparam. Isso na prática quer dizer que apoiamos as empresas na melhoria do seu desempenho, seja optimizando processos numa fábrica ou traçando o esboço do plano de negócios para os próximos cinco anos. O trabalho que desenvolvemos é tão variado que dificilmente cabe num parágrafo, e esse é um dos seus maiores atractivos.

A McKinsey é uma das maiores e

mais antigas firmas de consultoria de gestão do mundo. Tem mais de 7.500 consultores em 83 escritórios em 45 países e continua a expandir-se. Em Portugal trabalha com as maiores empresas do País em todos os sectores. O escritório de Lisboa está integrado no escritório Ibérico, a que pertencem também Madrid e Barcelona, pelo que o intercâmbio entre estas três cidades é constante. A nível global, todos os consultores são incentivados desde cedo a realizar projectos no estrangeiro para abrirem os seus horizontes a perspetivas verdadeiramente internacionais.

O envolvimento com a McKinsey começa habitualmente com um convite para uma apresentação (num belo hotel em Sintra!). Os afortunados – e dotados de bom senso – que aceitam o convite aproveitam para passar uma tarde descontraída, ao mesmo tempo que recebem informação acerca da proposta profissional da Firma. Cumprido este passo, ficam convidados para iniciar o recrutamento. O processo de recrutamento consiste em três fases eliminatórias: um teste escrito, e duas rondas de duas entrevistas cada. O teste escrito cobre sobretudo áreas de compreensão e raciocínio matemático. Em relação às entrevistas, cada uma delas tem uma fase de apresentação do candidato, a discussão de um caso e uma fase de perguntas sobre a Firma. Na Internet existem materiais de apoio às diferentes fases, não devendo ser encarados como materiais de estudo, mas antes como leitura recomendada para alguma familiarização com o tipo de questões e problemas colocados.

Uma vez finalizado o processo e aceite a proposta, começa um novo e incrível desafio: conhecer novos colegas, uma nova linguagem, a obrigatoriedade do horário, o stress antes das reuniões, o trabalho até às tantas, deixando frequentemente os significant others à espera, a recompensa do reconhecimento do esforço... Uma profissão plena de desafios, mas muitas vezes escassa de tempo!

A Ana juntou-se à Firma há cinco meses, e conta-nos as suas primeiras impressões: «De todas as minhas experiências na McKinsey, uma das mais intensas e marcantes foi o treino que fiz um mês antes de ingressar em pleno na Firma: o BCR (Basic Consulting Readiness). Num período de cinco dias e meio (de domingo a sexta-feira) passados em Aranjuez (arredores de Madrid), tive oportun-

to consultora, tendo-nos sido proposto um horário intensamente preenchido com múltiplas sessões de aprendizagem, competições, conversas, saídas, e muito poucas horas de sono. Tudo isto vivido num ambiente fantástico, de camaradagem, risk free. De regresso a Lisboa, vinha com a certeza de que estava prestes a entrar numa aventura plena de desafios e emoções, acompanhada por um conjunto de pessoas que tornariam tudo isto uma experiência inesquecível. Agora, decorridos cinco meses, percebo que a McKinsey é ainda mais do que julguei na altura. É também o sairmos de casa de manhã sem sabermos a que horas vamos regressar, é o peso da responsabilidade e a satisfação de um trabalho com um impacto directo nos nossos clientes, é a ansiedade de saber se estamos, de facto, a corresponder às expectativas que foram criadas à nossa volta, é a possibilidade de viver como numa montanha russa, com toda a adrenalina inerente.»

O Bruno, por seu turno, escolheu esta carreira há já mais de quatro anos, tendo pelo meio completado um MBA entre França e Singapura, mas nada melhor do que ler o que ele nos conta com tanto entusiasmo sobre essa experiência:

«Fazer o MBA (Master of Business Administration) é um passo importante, a vários níveis. Comporta custos elevados, tanto financeiros como pessoais. Mas resulta em grandes benefícios – aqui também financeiros e pessoais –, representando um ponto de viragem importante na carreira, pelo que exige muita reflexão.

Começando pelos custos e benefícios pessoais (os financeiros são apenas números), ir fazer um MBA implica quase sempre sair de Portugal, visto que as melhores escolas estão lá fora. O período varia

entre um e dois anos, em que se está longe da família e dos amigos, e durante o qual a vida profissional pára. Esse é o custo. Mas o saldo final é em larga medida compensador!

Durante o ano que passei no INSEAD, em Singapura e em França, fiz muitos amigos com experiências muito diferentes da minha. Havia quem tivesse iniciado a própria empresa no Paquistão ou nos EUA, ou fosse investment banker em Londres, ou possuísse uma quinta de ovelhas na Austrália, ou fosse consultor

como eu. São estes amigos que fiz e que mantengo que fazem da experiência do MBA algo inesquecível!

E depois há as aulas. Para mim, ex-aluno da LEFT, mesmo após dois anos de consultoria, foi importante aprender Finanças, Gestão, Economia, Política Internacional, Contabilidade. É algo que não nos ensinam – nem têm de ensinar – em Física, mas que é fundamental quando queremos seguir esta carreira.

Por último, outro benefício pessoal bastante importante do MBA foi o facto de ter voltado a ser estudante. E desta vez com um orçamento superior e numa região do mundo paradisíaca! Não me vou alongar aqui. Lembro-me sempre do Dean em Singapura me ter dito, no primeiro dia, que aquele iria ser o melhor ano da minha vida. Achei que ele exagerava – os meus anos foram todos bastante interessantes. Hoje sei que ele estava certo!

Como referi, o MBA representa também um período de viragem importante.

A vinda para a McKinsey não é mais do que uma opção. Quando aceitei a proposta, comprei a opção de enveredar pela carreira de gestão. O período de maturidade dessa opção foi de dois anos, ou seja, aceitar a proposta de analista não foi ainda executá-la. Foi comprá-la. Não com dinheiro, mas com trabalho e dedicação. Executei essa opção dois anos depois, quando fui para o MBA. E foi aqui que tive de pensar mais a sério – todos os prós e contras de vir para a McKinsey tinham agora um caráter mais definitivo, mais permanente.

Hoje estou contente por ter comprado essa opção, por ter meditado bem sobre as consequências, e depois por ter confirmado a decisão inicial passados dois anos.»

Todos os interessados em saber mais sobre consultoria e sobre a McKinsey podem contactar-nos directamente com as questões que possam ter, ou visitar a página na Internet (<http://www.mckinsey.com>). Se quiserem candidatar-se, podem enviar o currículo para a nossa coordenadora de recrutamento, a Maria Múrias (maria.murias@mckinsey.com).

Artigo de Ana Catarina Gonçalves, Bruno Ferreira, Pedro Neto e Pedro Queiroz.

Contactos:

Ana.Catarina.Goncalves@mckinsey.com

Bruno.Ferreira@mckinsey.com

Pedro.Neto@mckinsey.com

Pedro.Queiroz@mckinsey.com

Este ano, não queremos que nenhum leitor da PULSAR não saiba o que é o NFIST (Núcleo de Física do Instituto Superior Técnico). Por essa razão, pedimos à Presidente da Direcção do núcleo, Rebeca Sá Couto, para vos revelar quais as actividades que estamos a organizar para este ano. Aqui poderão encontrar algumas informações sobre o núcleo, que tanto tem contribuído para a divulgação da Ciência em geral e da Física em particular, em Portugal e não só.

O NFIST é uma associação juvenil sem fins lucrativos que reúne alunos e docentes do Departamento de Física do IST, tendo por objectivo a divulgação da Ciência em geral e da Física em particular, tanto dentro como fora do IST. O Núcleo é constituído por cinco secções autónomas: Circo da Física, Astro, Pulsar, Informativa e Recreativa.

As actividades do NFIST dividem-se consoante se dirigem para os alunos do Mestrado Integrado em Engenharia Física Tecnológica ou para alunos do Ensino Básico e Secundário e Público em geral.

A Secção Recreativa dedica-se a promover o convívio entre alunos e docentes do Departamento de Física, contando com iniciativas como Torneio de Futebol, Jantar de Departamento, comemoração do dia de S. Martinho, entre outros.

A Secção Informativa (Info) dedica-se à gestão dos recursos informáticos do NFIST, à manutenção das suas bases de dados e à obtenção e divulgação de informação sobre estágios e outras oportunidades para os alunos de MEFT (Mestrado Integrado em Engenharia Física Tecnológica).

O Circo da Física consiste numa panóplia de experiências que explicam princípios fundamentais de física. O Circo alia a divulgação do conhecimento ao divertimento, ensinando Física nas suas exposições através de explicações bem-humoradas.

A Astro realiza diversas actividades relacionadas com astronomia, desde observações no IST, a saídas de campo em sítios perfeitos para observar o céu nocturno. Participa em eventos relacionados com a Astronomia como a Astronomia no Verão ou a Astrofesta.

A Pulsar é a revista do NFIST e visa divulgar o Mestrado Integrado em Eng. Física Tecnológica, as actividades do Núcleo de Física e ainda diversos artigos sobre áreas variadas da ciência e tecnologia.

Para além das actividades pontuais que as secções organizam individualmente, o Núcleo de Física organiza eventos que englobam tanto o Circo da Física como a Astro, e onde a revista Pulsar é distribuída.

Actividades 2008

Física em Portimão – 10, 11 e 12 de Abril de 2008.

Actividade realizada em colaboração com a Câmara Municipal de Portimão. Durante três dias, o NFIST levou o Circo da Física, o planetário e os telescópios da Astro à Escola Secundária Manuel Teixeira Gomes, à Escola Básica D. Martinho Castelo Branco e ao Auditório de Portimão.

Ciência Avante – 5, 6 e 7 de Setembro de 2008

Como já vem sendo tradicional, o NFIST colaborou mais uma vez com a Ciência Avante – exposição de ciência presente na Festa do Avante – este ano com o Tema “Os Cinco Sentidos”.

Durante os três dias da Festa, os colaboradores do Núcleo explicaram com experiências apelativas a Física que está associada aos sentidos, desde a Acústica à Óptica, passando pela Mecânica e pela Termodinâmica.

XII Semana da Física – 17 a 21 de Novembro de 2008

Pela 12ª vez, o NFIST organizou a carismática Semana da Física.

Durante esta semana inteiramente dedicada à Ciência, o Núcleo de Física recebeu mais de 2000 alunos de Ensino Básico e Secundário, vindos de todo o país.

O evento contou com a exposição do Circo da Física, sessões de planetário, observações astronómicas e palestras sobre diversos temas científicos.

Actividades 2009

Astronomia em Cabo Verde – Fevereiro de 2009

Tendo como base 2009 ser o Ano Internacional da Astronomia, o Núcleo de Física empreenderá o projecto ambicioso de levar a divulgação da Ciência a atravessar, mais uma vez, as fronteiras nacionais.

Depois do sucesso de “Timor – O Circo da Física para além da Taprobana”, em 2005, Ano Internacional da

Física, o NFIST levará conhecimentos e material astronómico para a fundação de um centro de divulgação de astronomia na ilha de Santiago, em Cabo Verde.

Física em Trás-os-Montes – 26 a 28 Março de 2009

Por iniciativa de uma aluna licenciada em Física, pela Universidade de Coimbra, o NFIST foi convidado a levar o Circo da Física a terras transmontanas.

Durante três dias, alunos do Ensino Básico e Secundário poderão visitar no Centro Cultural de Macedo de Cavaleiros, experiências que mostram a faceta mais divertida e interactiva da Física.

A exposição estará também aberta a qualquer curioso!

V Física Sobre Rodas – Maio/Junho de 2009

A Física Sobre Rodas é um evento que pretende levar a divulgação da Ciência a zonas mais afastadas da capital. Consiste num grupo de colaboradores num camião didáctico que levam as experiências do Circo da Física, o planetário e os telescópios da Astro a todo o país.

A 5ª edição da FSR será no Sul do país e percorrerá as principais cidades do Algarve, de Vila Real de Santo António a Sagres.

Estas são apenas algumas das actividades que o Núcleo tem reservado para o ano de 2009, por isso mantém-te informado em www.nfst.pt.

Se pretenderes alguma informação que não esteja no site, por favor contacta-nos em nfst@nfist.pt.



XII Semana da Física

De 17 a 21 de Novembro de 2008, realizou-se a 12ª Semana da Física, contando com a colaboração de mais de 45 estudantes de MEFT, estudantes de outros cursos do IST e antigos alunos do mesmo Instituto, que receberam de braços abertos mais de 2000 alunos do 8º ao 12º ano.

Para dar início a esta semana, realizou-se a Sessão Solene de Abertura da 12ª Semana da Física, no Salão Nobre do IST. Nesta sessão, foi entregue o prémio Barclays para o melhor Mestre de MEFT 2007/2008 a Bruno Brandão, prémio de excelência MEFT 2007/2008 (3ºano) ao aluno Gonçalo Oliveira, prémio de excelência MEFT 2007/2008 (2ºano) ao aluno António Martins e prémio de excelência MEFT 2007/2008 (1º ano) ao aluno Luís Batalha.



Cerimónia de abertura no Salão Nobre, estando presentes na mesa, da esquerda para a direita, presidente do NFIST - Rebeca Sá Couto, coordenador do Mestrado em Engenharia Física Tecnológica – Professor João Seixas, Vice-Presidente da Sociedade Portuguesa de Física – Teresa Peña, Reitor da Universidade Técnica de Lisboa – Professor Fernando Ramôa Ribeiro, Presidente do IST - Professor Carlos Matos Ferreira, Vice-Presidente do Departamento de Física do IST – Professora Lídia Ferreira e a Directora Corporate Affairs & Social Responsibility do Barclays Bank Portugal - Dr.ª Ana Cunha Torres.

S
F
1
2

Inscrições para a Semana da Física

Este ano, a Semana da Física, evento organizado anualmente pelo NFIST, teve uma grande adesão por parte das escolas. Durante esta semana, o NFIST e os seus colaboradores recebem, no Pavilhão Central do Instituto Superior Técnico, alunos do Ensino Básico e Secundário, assim como os professores responsáveis. Os convidados têm oportunidade de visitar o Circo da Física, que mostra o lado mais divertido da Física, assistir a Sessões de Planetário, Mini-Cursos dados por alunos de MEFT e palestras por professores convidados.

Quando abrimos as inscrições para a Semana da Física, estávamos à espera que estas se prolongassem durante três semanas, até 15 de Novembro. No entanto, no terceiro dia, já tínhamos mais de 2000 alunos inscritos, o que nos obrigou a cessar de imediato as inscrições.

Foram muitos os professores que nos contactaram telefonicamente para realizar a inscrição, que, naquela altura, já nos era impossível aceitar. A inscrição de mais alunos, por poucos que fossem, implicaria uma maior desorganização evento. Por essa razão, pedimos aos professores interessados que estejam atentos todos os anos ao período de inscrição e que tenham em conta, quando inscrevem os seus alunos, se estes estão mesmo interessados em nos visitar!

Por muita que seja a nossa vontade de receber cada vez mais alunos, como em qualquer outro evento, temos limitações de espaço e de colaboradores.



O gerador de Van de Graaff foi uma experiência de grande entretenimento para os nossos visitantes.

Uma semana de sucesso

Apesar de termos mais alunos de que noutra ano, consideramos que a SF12 foi um sucesso!

Foi conseguida uma melhor organização dos grupos de visitantes, facto que foi alvo de vários elogios. Outros dos comentários por parte dos professores foram: grande empenho por parte dos monitores; simpatia por parte de todos os responsáveis; facilidade de comunicação; boas explicações das experiências; grande interactividade com os alunos e ainda experiências muito interessantes.

Os maus aspectos referidos por parte dos professores relativamente ao evento foram o tempo reduzido em cada banca da Circo, más condições acústicas no átrio e alguns dos temas apresentados não estarem de acordo com o programa escolar dos alunos.



Aquilo são balões? Sim são. Simples balões de ar, envoltos numa rede, por baixo de uma mesa e 620Kg de alunos do ensino secundário que muito entusiasticamente colaboraram na nossa brincadeira e atingiram o recorde, anteriormente de 500Kg. Algum balão rebentou? Claro que não!

Consideramos que, no global, o balanço foi muito positivo, assim como o impacto geral em todos os visitantes.

Divulgar a Física é um trabalho árduo, mas, mais uma vez, se revelou muito gratificante.



O nosso director do Circo a mostrar o funcionamento do Tubo de Rubens aos visitantes.

Planificação das actividades

Este ano criámos uma entrada com algumas experiências de maior divertimento para os participantes, sempre com monitores disponíveis para acompanhar os grupos. Neste local era possível testar a mesa de balões, ficar de cabelos em pé com o Van de Graaff, observar o fenómeno da fluorescência, entre outros. Existia também uma bancada com divulgação dos cursos existentes no IST, livros da GRADIVA disponíveis para compra, revistas e jornais da PULSAR para consulta e ainda panfletos com o programa das palestras dessa semana e sobre o concurso para o Ensino Secundário.

Entrando no átrio, contámos com a presença de 9 bancadas do Circo da Física: duas de Termodinâmica, uma de Óptica, uma de Acústica, duas de Mecânica, duas de Electromagnetismo e ainda a bancada de Biomédica. Cada grupo tinha cerca de 1h15 para visitar todas as zonas. A exposição contou com experiências como o Tubo de Rubens, a cama de pregos, o canhão electromagnético, entre outros que muito entusiasmaram os nossos visitantes.

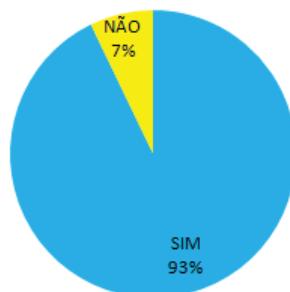
As escolas puderam ainda escolher um dos mini-cursos: "Evolução Estelar", "Fusão Nuclear", "Radioactividade", "Viagens no Tempo", "Mecânica Quântica" ou optar por uma sessão de planetário. A pouca interactividade de alguns dos mini-cursos foi alvo de críticas. Este é um aspecto que pretendemos melhorar para os próximos anos.

Resultados do Inquérito de Avaliação

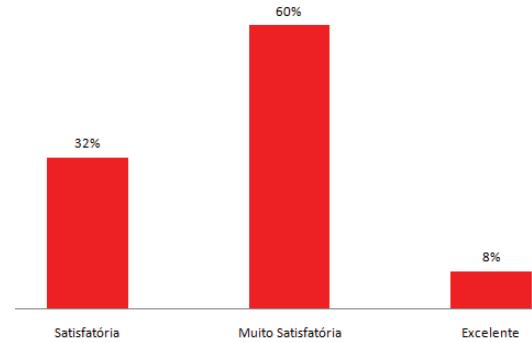
Para podermos melhorar de ano para ano, foi decidido fazer um inquérito a todos os professores que acompanhavam os alunos, de forma a proceder a uma estatística que nos indicasse qual o feedback por parte dos mesmos.

CIRCO (28 inquéritos)

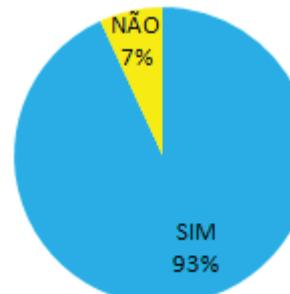
1. Decorreu no horário previsto?



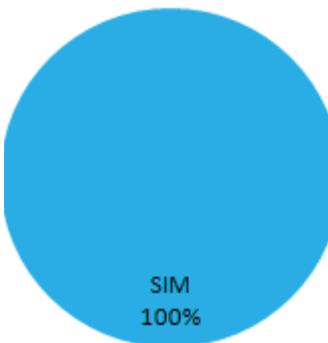
Na globalidade, como classifica a visita à XII Semana da Física?



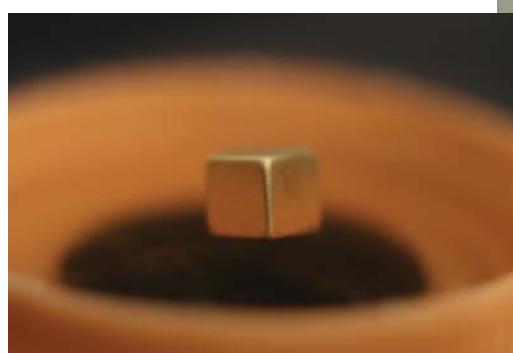
2. Considera o conteúdo da exposição adequada ao grau de escolaridade dos alunos?



3. Considera as explicações adequadas ao grau de escolaridade dos alunos?



Em 25 inquéritos, foi considerada a visita à XII Semana da Física, Muito Satisfatória, não havendo nenhuma escola que a considerasse fraca ou muito fraca, como podemos observar nos dados obtidos.



Fotografias de Luis Fortunato.

Consulta a galeria de fotos da SF12 em: <http://nfist.pt/galerias.php>

“Clear-P.E.M – Positron Emission Mammography scanner”

O consórcio Clear-PEM está a desenvolver um scanner de PEM que permite examinar a mama e a axila de uma paciente e detectar cancro da mama no seu estágio inicial com uma grande especificidade e resolução, e uma baixa dose de radioactividade, permitindo detectar tumores com dimensões próximas de 1 milímetro, salvando assim muitas vidas. Este artigo foi escrito por Mário Frade, aluno finalista de MEFT, a realizar a sua tese de mestrado no LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas.

Cancro da mama

O Cancro da mama é o tipo de cancro mais comum nas mulheres, afectando 1,3 milhões de mulheres em todo o mundo (American Cancer Society) e causando a morte a 5 mulheres por dia em Portugal (LPCC).

No entanto, as probabilidades de sobrevivência são superiores a 70% se for efectuada uma detecção precoce do cancro, aumentando quanto mais atempadamente o tumor for detectado. Quanto mais cedo for detectado, menor será a probabilidade de recorrer a cirurgia, incluindo mamostomias.

Os métodos de detecção habitualmente utilizados são a auto-palpação mamária e mamografia por raio-X. Estes meios de diagnóstico permitem detectar tumores com dimensões a partir de cerca de 1 cm de diâmetro, tendo sido aplicados com sucesso e permitindo reduzir a taxa de mortalidade em cerca de 30%.

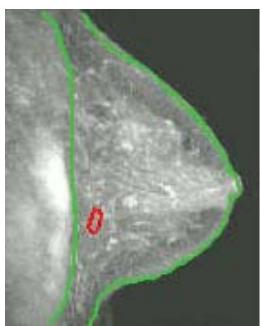
No entanto, estes exames apenas obtêm informação anatómica, sendo que apenas 30% dos diagnósticos se confirmam, sendo necessário realizar biópsias e exames complementares para apurar a natureza da alteração morfológica detectada. Esta baixa especificidade dos métodos de diagnóstico habituais levam a uma despesa estimada em 1.000.000.000 dólares americanos todos os anos em exames e cirurgias não necessárias.

Existe assim a necessidade de um exame que permita diagnosticar com maior precisão a existência de tumores e a sua natureza (benigna ou maligna). Para tentar colmatar esta necessidade, foi desenvolvida a tecnologia Positron Emission Tomography, vulgarmente conhecida por PET.

PET

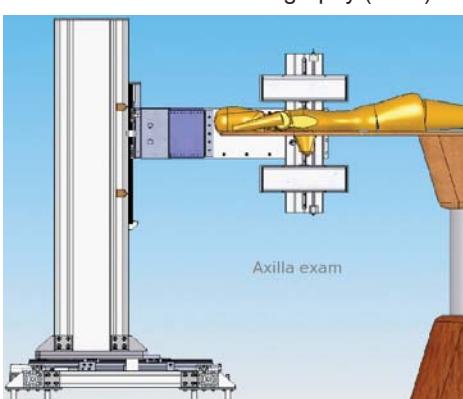
A tecnologia PET insere-se na área de medicina nuclear, sendo usado um marcador que apenas se fixa a células cancerosas, acoplado a um rádio-traçador que emite radiação na forma de positrões que são posteriormente detectados.

Os positrões, ao interagirem com a matéria, emitem 2 fotões, (partículas que constituem a luz), em direcções opostas,



perfazendo um ângulo de 180° entre si. Se dois fotões forem detectados ao mesmo tempo em zonas diferentes do detector, então isso significa que resultaram da interacção do mesmo positrão com o tecido mamário, que terá acontecido na linha que une a posição da detecção de um fotão à posição de detecção do outro fotão, usualmente chamada Line of Response (L.O.R.). Quando o mesmo radio-traçador volta a emitir outro positrão, este interage com o tecido mamário circundante, emitindo 2 fotões que são detectados da mesma maneira, obtendo uma L.O.R. geralmente diferente. O ponto onde estas L.O.R.'s se cruzarem será o local de origem da aniquilação dos positrões e consequentemente da lo-calização do radio-traçador acoplado ao marcador, indicando assim a posição de uma célula cancerosa. O mesmo processo repete-se para todos os marcadores acoplados a células cancerosas, permitindo assim obter uma imagem do tumor.

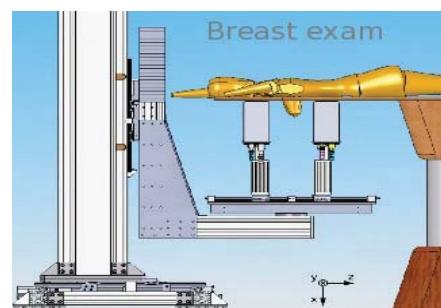
Os scanners PET usados actualmente têm uma série de anéis de detectores que rodeiam o paciente, sendo chamados PET de corpo inteiro. Este design de um scanner PET apenas permite detectar tumores com uma dimensão mínima de 5cm, o que no caso do cancro da mama é manifestamente insuficiente. Por esta razão, e face à grande frequência de cancro da mama nas mulheres, o projecto Clear-PEM procurou desenvolver um scanner PET específico para detectar cancros da mama, que permita efectuar exames com uma baixa dose de radiação e elevada resolução espacial. Esta aplicação específica do PET é chamada de Positron Emission Mamography (PEM).



CLEAR - PEM

Clear PEM

O scanner desenvolvido tem o nome de Clear-PEM, consistindo em duas cabeças de detecção acopladas a um braço giratório, permitindo efectuar exames da mama e axila (para averiguar se o cancro se espalhou para os gânglios linfáticos).



Os testes laboratoriais são efectuados no TagusLIP - um laboratório instalado no TagusParque e dedicado a testes e desenvolvimento tecnológico do scanner. Os testes clínicos serão conduzidos brevemente no Instituto Português de Oncologia – Porto.

Consórcio Clear-PEM

Para o desenvolvimento de uma nova tecnologia de Positron Emission Mamography, o consórcio PET-Mammography foi criado em 2002. Este consórcio é formado por sete instituições que trabalham em áreas tão variadas como física de partículas, biofísica, engenharia médica, medicina, computação e engenharia mecânica.

O consórcio colabora com o CERN no âmbito da Crystal Clear Collaboration. Esta colaboração consiste numa federação de projectos nacionais cuja coordenação e suporte tecnológico e científico são assegurados pelo CERN.

Vem conhecer o nosso projecto

Se procuras um Mestrado ou Doutoramento na área da física experimental, física e instrumentação médica, imagiologia ou electrónica, e ao mesmo tempo queres sentir que o teu trabalho poderá salvar a vida a milhões de pessoas, então contacta-nos.



Site: <http://www.lip.pt/experiments/pet/>

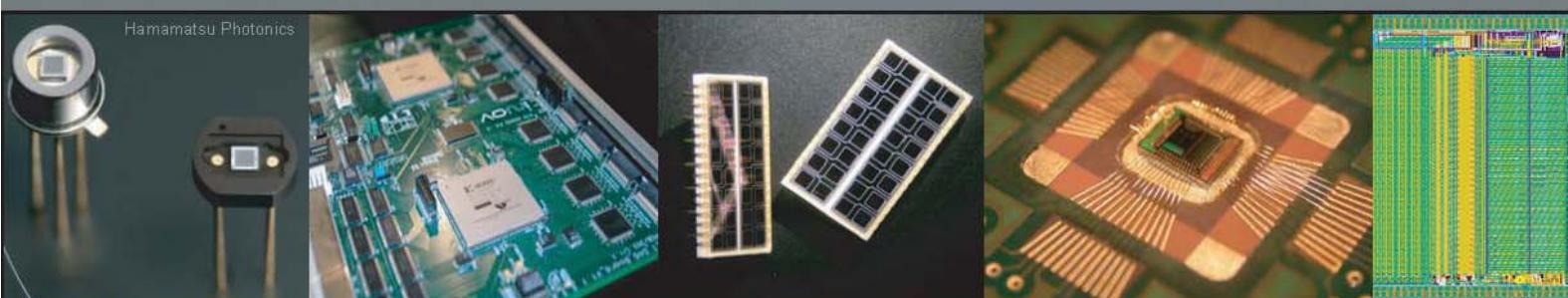
Director do Projecto: Prof. João Varela, email: joao.varela@cern.ch

Bolsa de Doutoramento

Desenvolvimento de Electrónica Rápida Integrada para TOF-PET com SiPMTs

Desde 2003, o consórcio PET-Mamografia tem trabalhado em tecnologias PET de elevada precisão para o desenvolvimento de um protótipo PET dedicado à detecção precoce do cancro da mama. A avaliação do desempenho clínico deste protótipo prevê a realização de um ensaio envolvendo cerca de 300 doentes, até ao final de 2008. Esta actividade envolve actualmente 40 investigadores de 7 instituições nacionais: LIP, INEGI, INESC-ID, INOV, IBEB, IBILI e HGO. A colaboração *Crystal Clear* no CERN é o parceiro internacional do consórcio.

Em Janeiro de 2007, o consórcio iniciou uma nova fase de investigação dedicada à exploração de novas tecnologias para o desenvolvimento de protótipos PET de Corpo Inteiro ou dedicados à imagem do cérebro, com capacidade TOF (*Time-of-Flight*) baseada em SiPMTs (*Silicon Photomultipliers*). Estes fotodetectores apresentam uma resolução temporal superior à obtida com a actual tecnologia (Fotomultiplicadores ou Fotodíodos-de-Avalanche) por um factor 5. Neste contexto, o **grupo PET do LIP abre candidatura para uma Bolsa de Doutoramento**.



O candidato selecionado irá realizar o estudo, caracterização e controlo de qualidade de SiPMTs capazes de atingir uma resolução temporal de 300 pico-segundos. O candidato irá receber formação científica e técnica em equipamento no estado-da-arte, capaz de extrair informação temporal com uma resolução de 25 pico-segundos. Estará activamente envolvido no desenvolvimento de circuitos integrados específicos de alta densidade (ASICs) de arquitectura híbrida (análogo/digital), para explorar os sinais rápidos produzidos por SiPMTs.

As actividades experimentais decorrerão no Laboratório de R&D em Instrumentação Nuclear do LIP no TagusPark, Oeiras. O desenho do ASIC será realizado em estreita colaboração com o INFN-Torino, Itália e INESC-ID, Lisboa. A participação no desenho e produção da electrónica associada ao ASIC, está prevista decorrer no CERN, Suíça.

As candidaturas incluindo o Curriculum Vitae, uma carta de intenção e contacto de duas referências (nome, morada e e-mail) devem ser enviadas para:

Professor João Varela (IST)
Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas - LIP
Avenida Elias Garcia 14-1
1000-149 Lisboa
Joao.Varela@cern.ch

site | <http://pulsar.nfist.pt>

e.mail | pulsar@nfist.pt

PULSAR:

ACTUALIDADES FISICAMENTE
IMPORTANTES

SÊ UM CIENTISTA

FAZ AS TUAS PRÓPRIAS
EXPERIÊNCIAS

O QUE TE PODEMOS DIZER

SOBRE AS VIAGENS NO
TEMPO

DESCOBRE AS ACTIVIDADES
DO NFIST

SE ESTÁS EM FÍSICA

DESCOBRE AS
OPORTUNIDADES QUE O TEU
CURSO TEM PARA OFERECER

SE AINDA NÃO DECIDISTE
QUAL A TUA VOCAÇÃO

DAMOS-TE A CONHECER
ESTE CURSO PARA
TOMARES UMA DECISÃO
ACERTADA

O MUNDO DA FÍSICA

A FÍSICA E O NATAL

NA PRÓXIMA PULSAR
PODERÁS
DESVENDAR ALGUNS
DOS MISTÉRIOS
QUE O UNIVERSO
ESCONDE. POIS 2009
É O ANO
INTERNACIONAL
DA ASTRONOMIA