

PULSAR

REVISTA DO NÚCLEO DE FÍSICA DO I.S.T.

Lentes Gravitacionais

World Jump
Day

Como anda
um Segway



O camião da Física

Notícias

- Editorial	3
- Instantâneos	4

Local

- CFIF	5
- NFIST	5

Circo da Física

- Circo na banheira (Bolhas de Sabão)	6
---------------------------------------	---

História da Física

- Um Físico nunca está só	8
---------------------------	---

Artigos

- Lentes Gravitacionais	10
- Matéria Escura	12
- Jumping Day	15
- Pequeno conto de investigação científica: Os Poliedros	18
- Física Sobre Rodas	20
- LEFT - o Futuro?	22

Como andar um Segway?

Reportagem

- Visita ao IBEB	23
------------------	----

Tecnologia

- Como anda um Segway	24
-----------------------	----

Secção Biomédica

- Lasers, Aplicações Médicas	26
------------------------------	----



Revista do:



APOIOS:



Instituto Português da Juventude

Pulsar

A Pulsar é uma publicação do NFIST de distribuição gratuita.

Edição de Setembro de 2005.

Direcção:

João Mendes Lopes
Tiago Guerra Marques

Gabinete de Imagem:

Gonçalo Pereira - Montagem
Pedro Cruz - Capa

Gabinete de Artigos:

Raquel Pinto
Francisco Burnay
Maria João Rosa
Vanessa Batarda

Secção Biomédica:

Joana Coelho

Site:

[http://nfist.ist.utl.pt/
pulsar_index.html](http://nfist.ist.utl.pt/pulsar_index.html)

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.ist.utl.pt

Tiragem:

2000 exemplares

Editorial

Passados 6 meses desde a última edição da Pulsar cá estamos nós outra vez com mais Física para todos. É com muito orgulho e satisfação que, na última edição, foi impressa a tiragem recorde de 2050 exemplares. Tentámos também mudar um pouco a Pulsar, aqui e ali, sempre com o objectivo de melhorar os seus conteúdos e o aspecto gráfico. Como estas mudanças foram recebidas com entusiasmo, de uma forma geral, por parte dos leitores, decidimos manter a mesma estrutura, nunca deixando, no entanto, de inovar sempre que possível. ■

Física, Crenças e Superstições

Encontrando-nos ainda no ano internacional da Física, é importante destacar todas as iniciativas que têm vindo a ser tomadas com o intuito de divulgar cada vez mais a ciência Mãe. É fundamental as pessoas tomarem consciência do que é a Física e da sua importância para a nossa vida. Um exemplo é a construção do ITER (reactor de Fusão Nuclear) que revolucionará toda a problemática associada à procura de energia e questões ambientais inerentes. Quem sabe se daqui a 30 anos a utilização dos combustíveis fósseis não será mais do que uma memória de outros tempos?

Para aqueles que dizem que a Física está a chegar ao fim e que não é mais que uma ciência do passado, nós apenas podemos responder que nunca estiveram tão errados. A interdisciplinaridade que se assiste hoje em dia da Física com outras áreas do conhecimento tem tido como consequência o aparecimento de novas tecnologias que visam melhorar a nossa qualidade de vida (**Lasers – Aplicações Médicas**). Além disso, no campo da Física teórica muitas perguntas continuam por ser

respondidas (**Matéria Escura**).

Pensamos que hoje em dia, tal como no princípio do século passado, a Física continua a ter muito para nos dar. O Homem jamais parará de descobrir e inventar pois a sua sede de conhecimento não o permite.

A Física também é fundamental para o Homem saber distinguir a verdade de meras superstições. Não deixa de ser curioso que assistamos hoje em dia a uma difusão cultural de “pseudo-ciências” como a Astrologia. Ainda mais extraordinário é o facto de aberrações de ficção científica (**World Jump Day**) serem “vendidas” como verdadeiras e baseadas em estudos científicos. Na nossa opinião chegou-se a um limite. É necessário combater estas crenças para se combater a ignorância da população. Tal só é possível com um conhecimento científico mais apurado.

É precisamente neste plano que se insere a Pulsar. Levar a Ciência a número tão grande quanto possível de pessoas, de uma forma fácil e divertida. Quanto a nós, direcção, só nos resta esperar que esta revista faça precisamente isso. ■



Carta Astrológica

ITER

O passado dia 28 de Junho de 2005, foi um dia histórico para o desenvolvimento da Energia de Fusão Nuclear. Foi anunciada a decisão da construção do Reactor ITER (Reactor Termonuclear Experimental Internacional) em Cadarache na França.

O projecto internacional é financiado pela China, Coreia do Sul, Estados Unidos, Japão, Rússia e União Europeia, com participação da Agência Internacional de Energia Atómica. Uma comissão formada por estes cinco países mais a UE decidiu no passado mês de Junho que o ITER fosse construído no centro de pesquisa nuclear de Cadarache, na região sudeste francesa de Provence, a 900 km de Paris. Para além da cidade de Cadarache, a japonesa Rokkasho Mura, a canadiana

Clarington e a espanhola Vandellós também se tinham candidatado para receber o reactor.

O programa de investigação científica e estratégica do reactor está orçado em 10 mil milhões de euros durante os próximos 30 anos.

O que o distingue um reactor termonuclear das actuais centrais nucleares é basear-se na fusão (reação que ocorre nas estrelas) e não na fissão nuclear, libertando no processo apenas hélio, um gás inerte e inofensivo, e não resíduos perigosos. Este processo perfila-se como uma das alternativas mais fiáveis para enfrentar a crise energética resultante do previsível esgotamento das reservas de combustíveis convencionais, como o petróleo, o gás e o carvão e combater o declínio

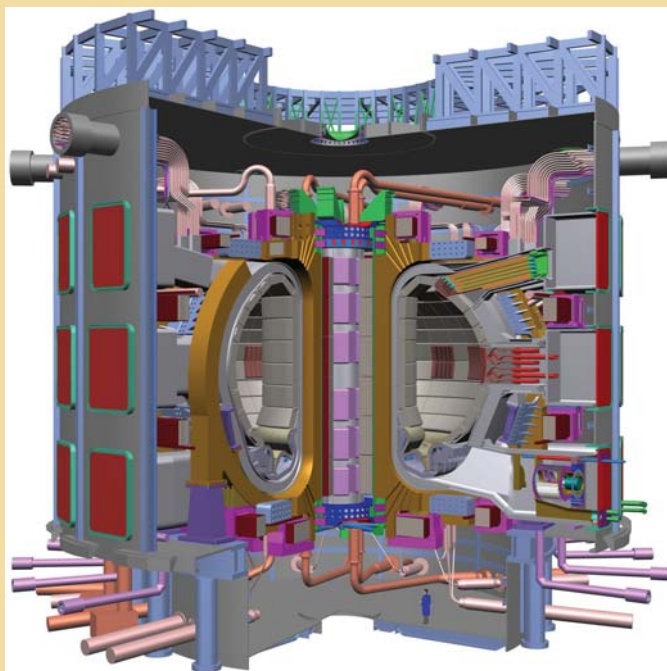


Imagem tridimensional do reactor

ambiental provocado pela emissão do dióxido de carbono resultante destes mesmos combustíveis.

<http://www.iter.org/>

Fórum

Foi construído, recentemente, um fórum em que os membros do NFIST, colaboradores e outros interessados podem discutir os mais variados

temas caso assim o desejem. Para aceder ao fórum vão a:

<http://forum.nfist.ist.utl.pt>

O fórum é de visionamento público mas se quiserem "postar" leiam as seguintes instruções em

<http://www.nfist.ist.utl.pt/forum.html>

Qualquer pessoa é benvinda ao fórum e pode pedir para se registar.

Olimpíadas de Astronomia

No passado dia 20 de Abril decorreram no Campus da Alameda do IST provas das primeiras Olimpíadas Nacionais de Astronomia - Eliminatórias Regionais. Estas provas decorreram em simultâneo no IST e em outras Instituições e Universidades de todo o País. As Olimpíadas

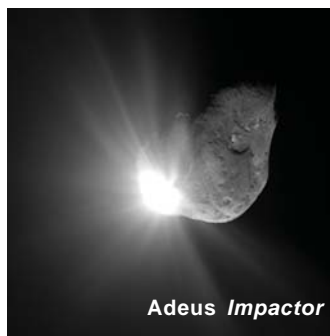
Nacionais de Astronomia são um concurso de âmbito nacional, promovido e organizado pela Sociedade Portuguesa de Astronomia, destinado aos estudantes que, no ano lectivo respectivo, se encontrem matriculados no Ensino Secundário, diurno e nocturno, de todo o território nacional.

A responsável pela realização das provas no IST foi a Doutora Ana Maria Mourão, investigadora do CENTRA e Professora do Departamento de Física do IST.

Deep Impact

Lançada a 12 de Janeiro de 2005, a partir do Cabo Canaveral na Florida, e após uma viagem de 430 milhões de quilómetros, a missão *Deep Impact*, da NASA, alcançou o seu alvo: o cometa *Tempel 1*. Cerca de 24 horas antes da colisão, a nave principal lançou o impactor numa trajetória que o levou ao encontro do cometa. A 4 de Julho de 2005 às 06h55 o projectil de cobre,

com cerca de 370 quilos e do tamanho de uma máquina de lavar roupa, colidiu contra o núcleo do cometa. O resultado do impacto foi equivalente à explosão de 4,5 toneladas de TNT.



Adeus Impactor

O próprio projectil - denominado *Impactor* -, que se aproximou do cometa a 37 mil quilómetros por hora, levava uma câmara que transmitiu imagens do cometa até ao momento da colisão.

O objectivo da missão era o de estudar a composição geológica dos cometas através da análise das várias toneladas de partículas lançadas no espaço após a

colisão. Pretendia-se ainda observar a mudança da trajetória de um cometa após a colisão contra um projectil deste tipo. Assim, poder-se-à evitar possíveis calamidades, na eventualidade de a órbita de algum cometa intersectar a Terra.

10º Planeta

Astrónomos descobriram um décimo planeta, maior que Plutão e cerca de 3 vezes mais longe do Sol do que este.

Temporariamente designado por 2003 UB313, o novo planeta é o objecto mais distante visto no Sistema Solar, 97 vezes mais distante do Sol do que a Terra. Tal como Plutão, está coberto por metano sólido e apresenta uma temperatura superficial de 30K (-243°C).

A sua órbita tem uma inclinação bastante invulgar de 44º face à órbita terrestre. Astrónomos suspeitam que esta órbita resulta de vários "encontros" do planeta com Neptuno.

CFIF

O Centro de Física das Interações Fundamentais (CFIF) é uma unidade de investigação localizada no IST. Actualmente, possui 12 membros permanentes e 3 pós-docs. O CFIF desenvolve investigação nas áreas da Física Hadrónica, Física Nuclear, Física da Matéria Condensada e Geometria e Relatividade.

Recentemente, o CFIF sofreu uma grande renovação, e por isso podemos afirmar que o novo CFIF “renovado” possui menos de um ano de existência. Actualmente, encontra-se em expansão, procurando a admissão de físicos portugueses e estrangeiros que possibilitem um ainda maior crescimento da investigação desenvolvida.

O CFIF tem tido um papel importante na investigação em Física em Portugal. É responsável, através dos seus membros o Inv. George Rupp e o Inv. Emílio Ribeiro, de um paper raro no panorama da Física Teórica Portuguesa. Resumidamente, esse paper previu a existência de ressonâncias em partículas, facto que mais tarde foi comprovado experimentalmente. Este paper é importante pois antecedeu a experiência, ocorrência rara em Física de Partículas, cuja a maior parte dos resultados e teorias desenvolvidas provêm directamente da observação experimental. Na área da Física Nuclear também tem sido desenvolvida investigação de grande qualidade, e um

dos seus baluartes tem como autores a Inv. Lúcia Ferreira e o Inv. Enrico Maglione, devido à interpretação teórica de uma nova forma de radioactividade.

O CFIF tem como um dos objectivos primordiais possibilitar ao alunos do IST a iniciação à investigação através de bolsas, e permite a esses mesmos alunos a hipótese de continuarem os seus estudos em universidades estrangeiras de renome internacional. ■



<http://cfif.ist.utl.pt/>

NFIST

1500 km...

1500 visitantes...

1500 é provavelmente o primeiro número que quem foi à Física Sobre Rodas se lembra quando pensa nessas duas semanas! Após aqueles dias de suor intenso, era tempo de acalmar e pensar no curso que também há para fazer e, assim, abrandámos, descansámos, recordámos... Mas também estudámos e trabalhámos e, portanto, rapidamente a mente nos leva para o próximo grandes desafios do NFIST!!!

A Física Sobre Rodas foi, novamente, uma aposta ganha que, enquanto houver força e vontade no sangue daqueles que compõem o NFIST, se há de repetir anualmente e visitar todas as cidades, vilas, aldeias e regiões deste Portugal fora.

Internamente, o NFIST carecia de “arrumar a casa” pelo que aproveitámos também esta altura pós-FSR para dar início ao processo de revisão dos estatutos que nos regem, bem como, fazer uma refiliação dos sócios e assim renovar todo o tipo de contactos. Este é um processo moroso, no qual a equipa da Mesa da Assembleia Geral (MAG) está a desempenhar um papel crucial, e vai-se prolongar pelo menos até ao início do próximo semestre com uma Assembleia Geral ainda com data a definir para aprovar as alterações.

Durante o Verão, a Astro participará novamente nas iniciativas do programa Astronomia no Verão, promovido pela Ciência Viva e o próximo grande evento em que o NFIST estará envolvido será

na festa do Avante!, a ter lugar nos dias 2,3 e 4 de Setembro e que contará com a animação do Circo da Física e da Astro pelo terceiro ano consecutivo. Mais tarde, mas ainda no mês de Setembro, a Astro estará novamente em força a realizar sessões de observação abertas ao público no centro comercial Odivelas Parque!

Mas em Outubro é que o NFIST vai dar o grande salto! Um salto tão grande como a criação da FSR! Vamos internacionalizarmo-nos pela primeira vez e vamos logo para próximo dos nossos antípodas, até Timor! Graças à generosidade do Fundação para a Ciência e Tecnologia e da Fundação Calouste Gulbenkian que nos atribuíram os fundos indispensáveis! A ideia por trás do projecto é bastante simples – queremos fazer um Circo da Física apenas com material que se encontra facilmente em qualquer casa e explicar os princípios mais elementares da Física através de experiências, para que desde logo algumas crianças timorenses tenham a oportunidade de sentir o gosto pela Ciência e assim ajudar um povo com grande vontade de crescer e triunfar. Será este o verdadeiro espírito por trás do Ano Internacional da Física?

E dizem vocês e com razão: – “e então a Semana da Física???”

Ela está aí, não temam... um pouco mais tarde que o habitual é certo, uma vez que terá lugar de 24 a 28 de Outubro, mas com a mesma vontade de sempre! Os convites às escolas já estão a ser ultimados e as futuras

mentes cientistas já se agitam na perspectiva da nova experiência maluca dos palhaços-físicos do Circo da Física!

PS: Ah! Como me pude esquecer!!! No dia 3 de Outubro vai haver um eclipse solar anelar visível em Portugal e a Astro vai levar um autocarro cheio de gente até Bragança, uma vez que é o local em que melhor se observará o fenómeno no território nacional;

PS2: Mais uma coisa! Como não poderia deixar de ser, o NFIST vai dar uma ajuda aos futuros ex-caloiros (ou futuros ex-alunos do primeiro ano, para os mais susceptíveis) a acolher os futuros caloiros (ou futuros alunos do primeiro ano). Espera-se uma bela de uma festa com banda!

PS2: Como é óbvio, qualquer esclarecimento que queiram acerca de uma destas actividades, basta enviar-nos um mail! ■



O Circo da Física na Banheira

Geometria no Banho

De entre todos os motivos que nos fazem sonhar ao longo do dia com um banho de imersão, está para lá de todos os outros — rudes e animalescos, como a higiene diária ou a volúpia da preguiça — a perfeição de uma natureza finalmente ordenada, desprovida do caos que ela prudentemente instala no resto dos seus domínios para nos guardar dos seus mistérios. Entre estes castelos de perfeição e pureza, habita uma frágil e doce princesa, cuja formosura matemática enternece os nossos olhos sedentos de repousante disciplina: a bolha de sabão.

Quem já tenha olhado atentamente para filmes ou bolhas de sabão, há, certamente, de ter reparado que a geometria assumida por estes respeita certas regras e que eles não podem tomar qualquer tipo de formas. Reparem em primeiro lugar que as formações de bolhas ou filmes num complexo de arame são constituídas por superfícies planas, ou perfeitamente curvas, e suavemente ligadas; em segundo, notem que as superfícies apenas se podem juntar de duas formas diferentes: ou exactamente três superfícies juntam-se ao longo duma curva perfeita, ou seis superfícies (juntamente com quatro curvas) encontram-se num vertice; finalmente e em terceiro, quando superfícies se unem ao longo de curvas ou curvas se juntam ao longo de vértices, fazem-no segundo ângulos iguais (figura 1).

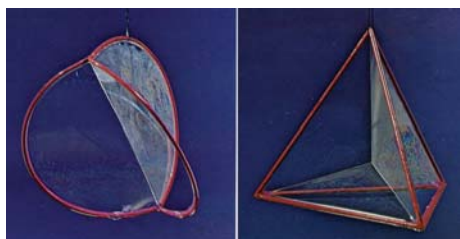


Figura 1: Os dois únicos modos de várias superfícies de um filme ou de uma bolha se reunirem são aqui demonstrados aqui com recurso a formas geométricas tridimensionais.

Tão precisas que estas regras sejam, elas não descrevem totalmente a física das bolhas de sabão. Não explicam como é que o filme se prende ao arame. Na realidade, demonstrou-se recentemente que estas leis simples são consequências de um princípio de minimização de área. O Circo da Física toma conta de explicar porquê.

Pérolas da Física dentro de conchas de sabão

A Física tem dois tipos de princípios fundamentais: os que dizem que isto e aquilo se conserva e os que dizem que quanto menos disto melhor. Uma dessas coisas é a tão badalada energia. Parece que ela é como um pedaço de fita cola que por muito que nos tentemos livrar dela, salta sempre para outro sítio e fica sempre agarrada algures. Mas como, de facto, se torna incómodo ter um pedaço de fita cola colado, nós — como bom exemplo do instinto de um sistema físico — tentamo-nos livrar dele colando-o noutra sítio. Acontece o mesmo com a energia: ela existe sob vários tipos (cinética, potencial elástica, gravítica ou eléctrica, química, térmica, etc...) e se perdermos um certo tipo de energia temos de recuperar algures a mesma quantidade de outro tipo. É graças a isto que do movimento da água, numa barragem por exemplo, podemos obter energia eléctrica. Voltando às nossas bolhas, elas seguem um princípio muito simples: um sistema físico apenas se



Figura 2: A tensão superficial provém das ligações eléctricas não equilibradas entre as moléculas dipolares H_2O relativamente às putras moléculas em profundidade.

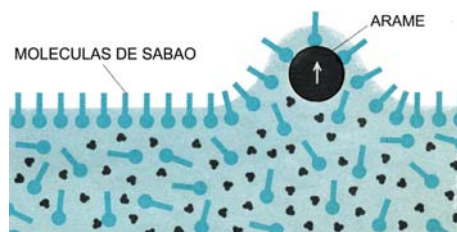


Figura 3: O sabão, sendo uma cadeia hidrocarbónica não polar com um grupo rico em oxigénio e altamente polar numa ponta, quando adicionado a água, tende a migrar para a superfície, ligando o seu grupo oxigénio às moléculas de água e a sua cadeia não polar apontando para fora. mantém numa certa configuração se não puder passar para um estado menos energético. A energia não desaparece, simplesmente sai do

sistema para ir para outro lado — neste caso, o ar, que pode aquecer. Em qualquer fluido, quer seja um filme de sabão ou um frasco de mel, as componentes relevantes da sua energia são a potencial gravítica (resultante do facto de estarmos num campo gravítico), a energia de compressão de volumes de ar dentro do líquido e a energia de superfície (também conhecida como a tensão superficial). Num filme de sabão, podemos ainda simplificar mais as coisas, guardando apenas a tensão superficial, já que o filme é muito leve e desde que garantamos que os volumes de ar presos no filme não são nem comprimidos nem dilatados, de forma a que não haja diferenças de pressão entre o interior e o exterior. Numa bolha

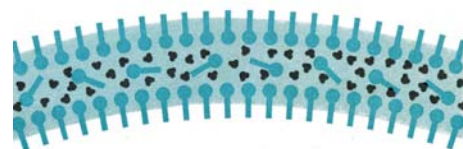


Figura 4: Outro efeito do sabão é definir a grossura mínima do filme e permitir uma auto-reparação rápida e eficaz para pequenas perturbações deste.

de sabão, por exemplo, verifica-se que ela mantém um volume constante que é o volume de ar que soprámos lá para dentro.

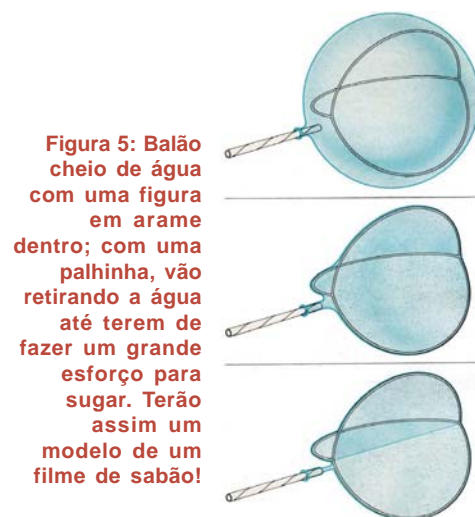


Figura 5: Balão cheio de água com uma figura em arame dentro; com uma palhinha, vão retirando a água até terem de fazer um grande esforço para sugar. Terão assim um modelo de um filme de sabão!

As moléculas de água H_2O são electricamente assimétricas, i.e., são ditas polares, pois têm um pólo positivo de um lado (por causa dos dois átomos de hidrogénio H e um pólo negativo do outro (resultante da presença do oxigénio O , o que implica que os pólos contrários das diferentes moléculas

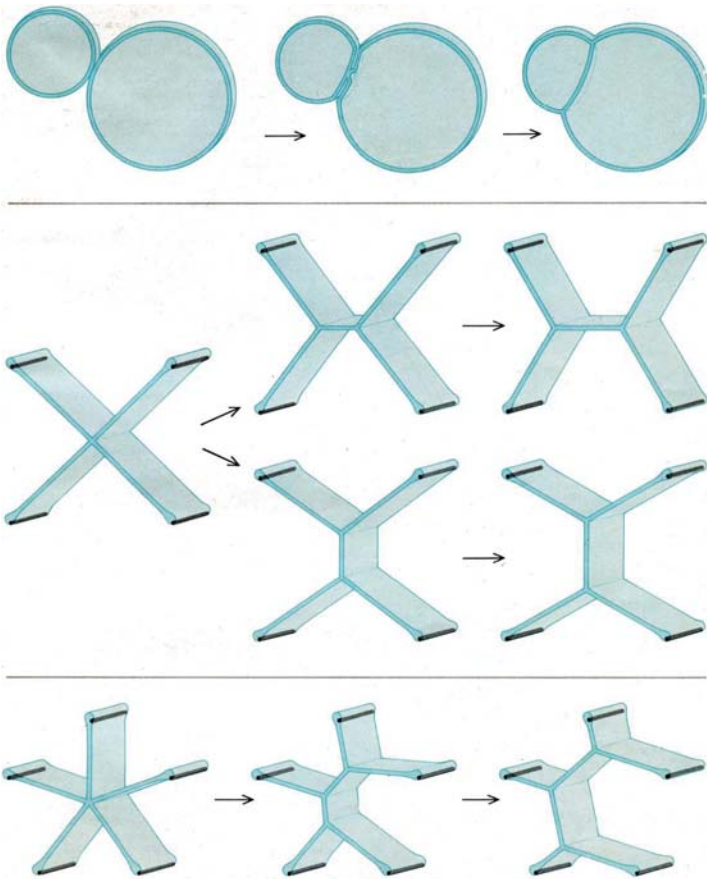


Figura 6: O princípio de minimização de área faz com que os filmes deformem procurando um estado onde a sua energia de superfície é mínima.

vão-se atrair entre eles. No interior do líquido, estas interações estão compensadas pois existe uma distribuição uniforme das moléculas à volta umas das outras. No entanto, à superfície, estas forças não são compensadas (*figura 2*), o que faz com que a ligação entre as moléculas à superfície do líquido seja muito maior, criando a tal tensão superficial.

Mesmo assim, o nosso filme só de água ainda tem vários problemas: primeiro, não tem propriedades elásticas notáveis e sofre de fraqueza regenerativa (não é auto-reparável). O sabão é uma cadeia hidrocarbônica não-polar com uma ponta rica em oxigénio e altamente polar. Quando misturado com a água, as suas moléculas — filamentos compridos — alinham-se perpendicularmente à superfície com a ponta polar para dentro. Isto tem o efeito de reduzir drasticamente a tensão superficial, com a contra-partida de, no entanto, quando o filme é esticado, a tensão aumentar colossalmente conferindo ao filme as propriedades elásticas que lhe permitem tomar as formas mais variadas sem, contudo, perder resistência.

Experiências com bolhas de sabão

Material para experimentação

Será necessário o seguinte material:

-arame fino mas sólido, para fazer as formas; fio de arame verde de jardinagem é ideal e é possível arranjarlo numa loja dos trzentos por 1 euro; deve ter aproximadamente 1 mm de diâmetro.

- um alicate (para cortar o arame)
- balão (cheio de água, para simular a formação de um filme à volta de uma forma geometrica)
- palhinhas (para chupar a água do balão)
- cordel (para atar as formas geométricas)
- copos de plástico (pode dar jeito)
- duas placas de plástico transparente (para ver o caminho mais curto entre os cantos)
- solução de bolhas de sabão
- lêmp{(c.f. abaixo)}
- um balde ou alguidar (para preparar a solução)

Receita para 1 litro de solução:

- 100 mL de detergente (concentrado)
- 100 mL de glicerina
- 850 mL de água destilada

-a solução é como o vinho: amadurece com o tempo por isso vale sempre a pena ter uma boa quantidade já feita.

-A glicerina serve para aumentar a viscosidade do líquido e retarda a evaporação.

Formas Geométricas

Dobrar o arame em várias formas geométricas, atar uma das pontas com cordel e mergulhar no balde com a solução. Verificar as leis que regem a forma como o filme fica em torno delas. Usar uma régua com cuidado para medir as áreas das superfícies formadas. Ver os exemplos das figuras.

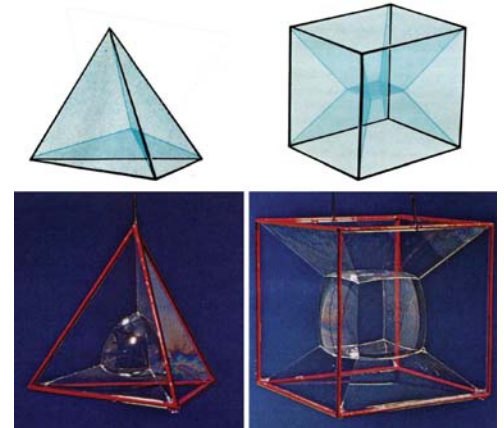


Figura 7: O volume das bolsas de ar exerce uma pressão sobre o filme, significando isto que o princípio de área mínima já não é válido por si só. Para obter a solução geométrica, basta então considerar que deve ser a superfície mínima cujo volume interno é o das bolsas de ar encarceradas.

Molhar as duas placas de plástico e separá-las ligeiramente. Cria-se entre elas uma membrana de sabão; como a área desta membrana tem de ser mínima e como as placas são paralelas, o que veremos será o caminho mais curto entre os cantos da placa (*figura 8*).

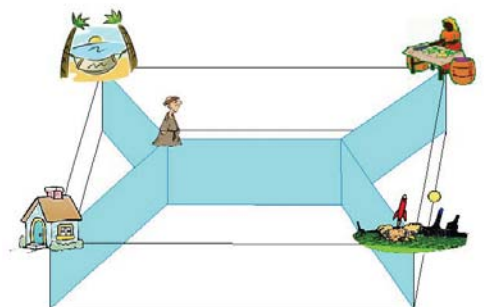


Figura 8: Caminho mais curto entre quatro cantos traçado por um filme de sabão.

Portanto, se tiverem de ir a quatro sítios diferentes e quiserem saber que caminho devem percorrer para andar o mínimo possível relativamente a qualquer um dos destinos, peguem em duas placas com quatro cantos e usem este truque! ■

Um Físico nunca está só

por Elizabeth Cruz, 4º Ano LEFT

Incalculável foi o contributo de Albert Einstein para o mundo da Física: movimento browniano, teoria da relatividade, efeito fotoelétrico.

Considerado por muitos o homem do século XX, o físico do século XX. Mas um homem nunca está só, há sempre um mundo que o rodeia e que torna possível o seu sucesso. À volta de Albert Einstein estava Mileva. A sua esposa que cuidava dos seus filhos, que cuidava da casa, que o apoiava em todo o seu percurso.

Einstein publicou muitos artigos, divulgando o seu trabalho científico. Na

Suíça existia o costume do marido adoptar o último nome da mulher, colocando-o a seguir ao seu, depois de um hífen. Aparentemente por essa razão, os artigos de Albert publicados em 1905 apresentavam-se assinados como Einstein-Marity, sendo Marity uma vertente do nome Maric, apelido de Mileva. Para acrescentar o nome da mulher ao seu, tal como mandam as leis da Suíça, Einstein deveria ter declarado essa decisão em cartório antes do casamento. Estranhamente não há registo dessa declaração, havendo no entanto registo de ser Mileva Maric a que a partir do casamento se passaria a chamar Mileva Einstein-Maric. Terá sido então Mileva Maric a verdadeira autora dos artigos apresentados por Einstein no ano de 1905?

Uma mulher nunca triunfaria sozinha no mundo da ciência, por muito inovadoras que as suas ideias pudessem ser. A sua esperança seria poder o marido, através do qual poderia manifestar-se para o mundo. Se essa era a esperança da esposa de Einstein, era uma esperança vã, já que

Albert Einstein não terá em momento algum partilhado o seu sucesso com Mileva. Albert nem sequer mencionou o nome da esposa na sua autobiografia.

Muitas são as teorias em relação ao sucedido. Muitas são as cartas trocadas entre Albert e Mileva que suscitam dúvidas: “o nosso artigo”, “a nossa investigação”, “a nossa ideia”. Expressões que parecem deixar claro o facto de Einstein não ser o único autor de grande parte das suas teorias.

Há autores que vão ainda mais longe. Porque não terá Albert Einstein recebido o Prémio Nobel pela Teoria da

Relatividade? Talvez porque fosse do conhecimento geral que Albert não merecia o prémio na sua totalidade, visto que a teoria também não seria sua na totalidade? A confirmação é quase impossível. As cartas foram quase todas destruídas, os artigos originais desapareceram. Não se atira assim um Deus da Física para o chão, tendo como base suposições e inferências.

One should be nice and modest and keep one's mouth shut. That is my advice to you.

Carta de Einstein para Mileva

Mileva Maric faleceu no início da segunda metade do século XX. Albert Einstein faleceu pouco depois. Com ambos faleceu também o possível segredo, que talvez pudesse ter feito, não de Einstein, mas sim de Mileva Maric, a personalidade do século XX.

Mas muitas são as formas de contribuir para o progresso da ciência, directa ou indirectamente. Mesmo não

sendo tão inteligente e dotada como Mileva, Margrethe Norlund, contribuiu também, mas da sua forma muito própria. As ideias e as teorias perdem-se facilmente com o tempo e com a memória, e mesmo ideias geniais, raras e únicas, precisam de um pouco de burocracia. Bohr era um homem desorganizado, que deixado ao seu próprio cuidado e responsabilidade nunca teria conseguido com que as suas teorias chegassem tão longe no mundo.

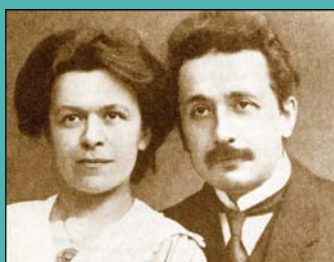


Niels Bohr

Era durante a noite que Margrethe organizava os rascunhos de Niels, dactilografava o necessário, ponderava sobre tudo o que Niels teria escrito durante o dia. E era na manhã seguinte que dava a sua opinião sobre as ideias do marido. Margrethe sempre cultivou muito a amizade de Bohr com Heisenberg, convidando o último inúmeras vezes a sua casa. Aconselhava Bohr a partilhar o seu trabalho com Heisenberg, a aceitar outras opiniões, a expor as suas ideias ao resto do mundo sem medo da possível não aceitação. Hans Bohr, filho de Niels e Margrethe, refere no seu livro como sendo certo, que sem o apoio da

Mileva Maric nasceu em finais de Dezembro de 1875. “Mitza”, como era conhecida entre a família, era uma rapariga muito dotada para a matemática, para as línguas, para a pintura e para a música. Filha de um pai sérvio rico, Mileva teve a oportunidade de ingressar numa das únicas universidades europeias que aceitavam mulheres. Começou por frequentar o primeiro ano de medicina, mudando rapidamente para o Instituto Técnico

(ETH) da universidade que frequentava em Zurique. Com 21 anos de idade, a quinta mulher a ser aceite pela ETH



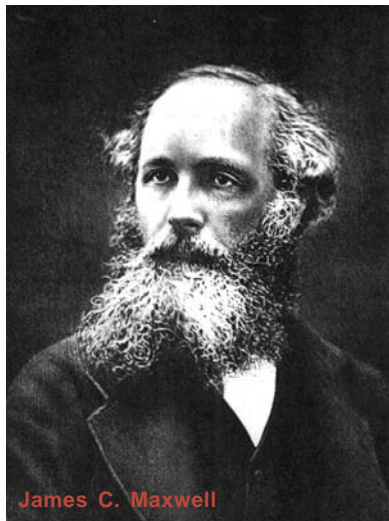
terminou o seu primeiro ano com muita distinção. Foi assim que conheceu, entre muitos dos seus colegas de curso, um rapaz de 17 anos, cujo percurso académico não era merecedor de ser notado – Albert Einstein. A 6 de Janeiro de 1903, Mileva Maric (com 28 anos) e Albert Einstein (com 24 anos) casam-se. Pelo caminho, e pelo marido, Mileva abandona o curso, os amigos e é mãe de um filho de Albert ainda antes de casar.



Margrethe Norlund nasceu em 1890 na pequena cidade de Slagelse, na Dinamarca. O seu pai, farmacêutico, queria que a filha se tornasse professora de Francês. Corria o ano de 1910, Margrethe frequentava aulas de Francês para poder obter um certificado privado de professora, quando através dos seus irmãos, conheceu Niels Bohr e Harald Bohr. Um ano depois, Margrethe e Niels casaram-se numa pequena cerimónia civil.

sua mãe, o seu pai nunca teria publicado e divulgado o seu trabalho como divulgou.

Faz sentido que Margrethe se esforçasse tanto por ajudar o marido. Afinal são as leis da Física que regem todo o Universo. O que haverá mais importante do que isso? A resposta a essa pergunta está na própria Física. James Clerk Maxwell, um outro grande da ciência, que tanto contribuiu, tanto construiu, esteve sempre pronto a largar todas as leis do Universo pela sua esposa, Katherine Mary Dewar. A invalidez da sua mulher exigia cuidados muito especiais, muita atenção e muita paciência. Maxwell, além de físico, era também um poeta. Nos seus poemas, Maxwell referia como era feliz com a



James C. Maxwell

mulher, mesmo nunca tendo tido filhos. James chegava a casa e esquecia a Física, esquecia a ciência, esquecia o Universo. Katherine esteve sempre longe de todo esse mundo. Era como se Maxwell mantivesse duas vidas paralelas, dando sempre a maior prioridade à vida que tinha com a sua esposa. Há autores que referem a existência de alguns trabalhos de Maxwell inacabados, precisando talvez de um maior desenvolvimento. E são

esses mesmo autores que justificam James Clerk Maxwell, um homem muito religioso, devoto à sua esposa: "(...) não terá talvez tido tempo entre Deus e Katherine (...)".

O contributo de Katherine é muito ambíguo, porque apesar de ter completado a vida de Maxwell, que poderá ter trazido mais motivação à sua vida, retirou-lhe também muito tempo. No entanto não será justo considerar esse



Stephen Hawking

possível em vida. Stephen Hawking terá sido sempre assim, apesar da sua condição física. No entanto, a situação modificou-se muito desde que casou com Elaine Mason. Um contributo sem dúvida muito nocivo à Física actual. Elaine impede Stephen de produzir tanto quanto talvez este poderia. Stephen Hawking perdeu grande parte da sua motivação, perdeu muito do sentido da sua vida.

A Esclerose Lateral Amiotrófica é uma doença cujo significado está contido no próprio nome: Esclerose significa endurecimento, Lateral porque a doença começa geralmente num dos lados do corpo, Amiotrófica porque se trata da atrofia de um músculo, ou seja, o volume real do tecido muscular diminui. Apenas o raciocínio intelectual, a visão, o olfacto, o tacto, a audição e o paladar



sobrevivem à Esclerose Lateral Amiotrófica. Stephen Hawking, atingido pela doença há já quarenta anos, possui um grupo de enfermeiras para o seu cuidado diário. Em 1990, Elaine Mason, uma jovem enfermeira, ocupou uma das vagas no grupo de enfermeiras pessoais de Hawking. Cinco anos depois, Elaine Mason e Stephen Hawking anunciaram o seu casamento.

contributo como prejudicial. Não quando podemos compará-lo com outros.

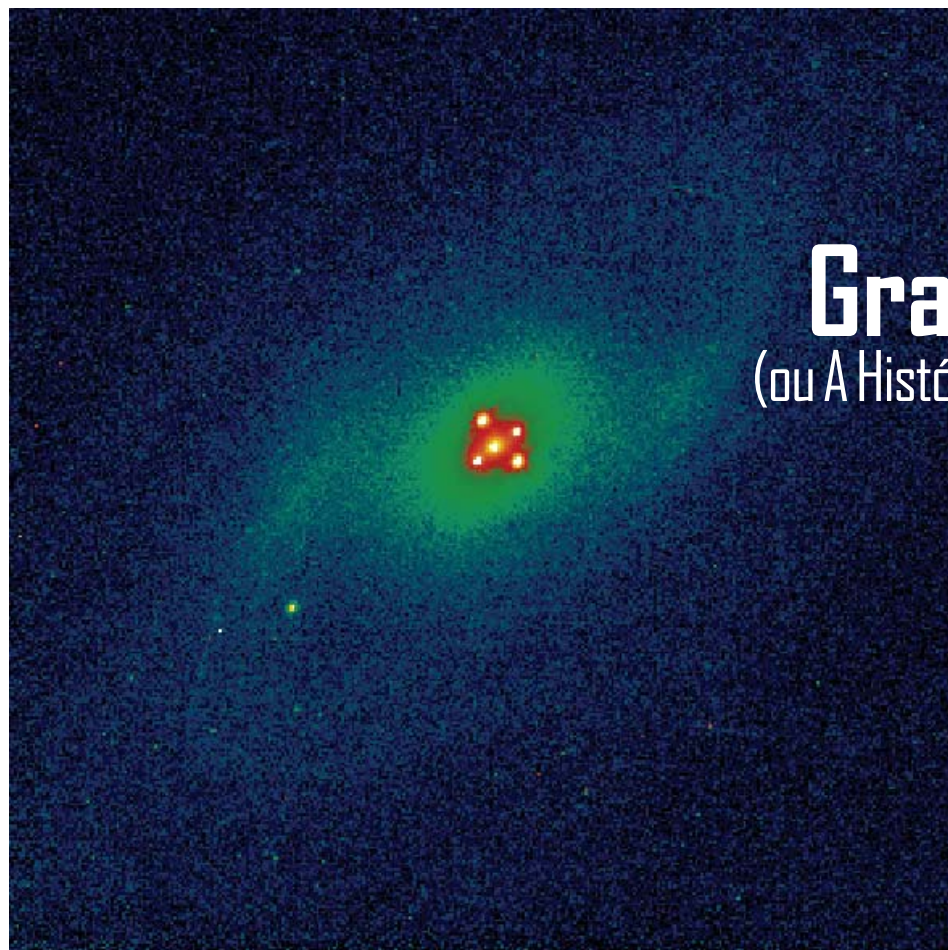
As pessoas são muito diversas. Apresentam interesses muito diferentes. A Física poderá não ser uma das áreas pelas quais o mundo pede de momento, no entanto como qualquer outra, é merecedora de respeito, e os seus mais activos participantes ainda mais merecedores de respeito são. Mas Elaine Mason talvez não será da mesma opinião. Há poucos anos atrás foi apresentada uma queixa contra Elaine Mason numa esquadra em Cambridge. Agressão e maus-tratos. Aos filhos? Não, Elaine Mason não é mãe, é apenas esposa. A esposa que alegadamente há anos maltrata Stephen Hawking, que o deixa a queimar ao Sol, que lhe bate, que o humilha em frente a qualquer pessoa. Um génio para muitos, uma migalha muito fácil de ser pisada para Elaine.

Muitos alunos de Hawking referem a perda de auto-estima e de motivação que Elaine causou ao Professor. Os doentes de Esclerose Lateral Amiotrófica são pessoas com muita vontade de viver e de alcançar o máximo

Perdem-se génios, ganham-se génios, perdem-se teorias e ganham-se teorias. Por razões mais insignificantes, por razões absurdas, por valores mais altos que se levantam. O facto é, um físico nunca está só. ■

Katherine Mary Dewar era filha do Reitor do Marischall College, em Aberdeen, na Escócia. O seu pai sempre soube que teria muita dificuldade em casar a filha, inválida desde nascença. Em 1856 um novo professor chegou ao Marischall College – James Clerk Maxwell, acabado de chegar de Cambridge. No mesmo ano, James e Katherine conheceram-se, e para espanto do seu pai, dois anos depois oficializam a sua relação.





Lentes Gravitacionais

(ou A História Das Lupas Cósmicas)

por João Bárcia e Miguel Cunhal,
2º Ano LEFT

Ao longo dos tempos, o conceito de LG foi sendo desenvolvido por diversos cientistas dos quais se destacaram o já quase pop-star Albert Einstein, e os não tão bafejados pela fama Johann Von Soldner e Fritz Zwicky. A história das lentes gravitacionais começa quando, em 1804, Zwicky repara que, segundo a mecânica Newtoniana, um raio de luz que passasse próximo do Sol iria sofrer uma deflexão angular e, então, determina teoricamente a órbita de um corpo que se move com velocidade constante v , que passa junto de um corpo de massa M , de raio r .

O ângulo de deflexão é então dado por:

o qual, para pequenos ângulos é traduzido por:

$$\alpha = 2 \frac{GM}{v^2 \xi}$$

(visto que para $\tan(\alpha/2) \ll 1$ podemos considerar que $\alpha \approx 2 \tan(\alpha/2)$).

Mais de um século depois, Einstein interessa-se pelo tema e formula em 1912 a teoria que irá servir de base ao fenómeno das lentes gravitacionais.

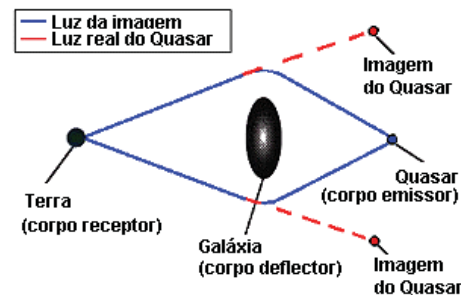
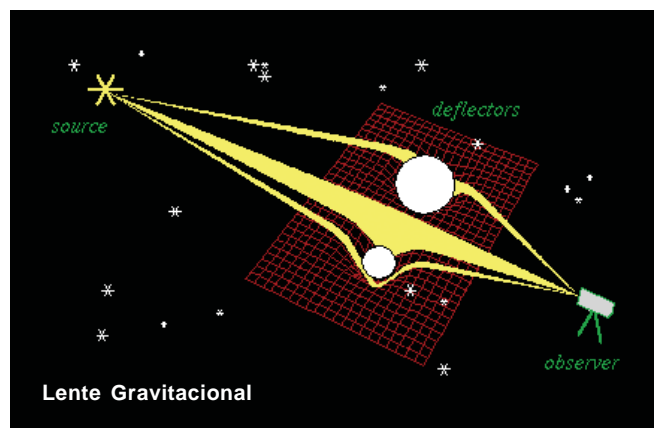
Essa teoria, apoiada agora em mecânica relativista vai apresentar novas interpretações físicas e consequentemente matemáticas, das quais é importante referir a actualização à fórmula de deflexão, agora:

Anos mais tarde, em 1937, Zwicky (o homem dos buracos negros), apercebe-se da principal

utilização das lentes gravitacionais, como gigantescos telescópios naturais, permitindo ver objectos a distâncias que de outra forma não seriam resolúveis. No entanto, o estudo das lentes gravitacionais foi durante muito tempo considerado como não válido pela comunidade científica, provocando assim uma falta de apoios por parte das entidades responsáveis. Foi apenas nos anos 80 que esta perspectiva se modificou. Desde então foram já descobertas inúmeras imagens deste fenómeno.

Agora, a parte interessante desprovida de matemáticas e historiazinhas:

As lentes gravitacionais são corpos que deflectem a luz (que vamos apelidar



Uma abordagem visual simplificada ao fenómeno das Lentes Gravitacionais

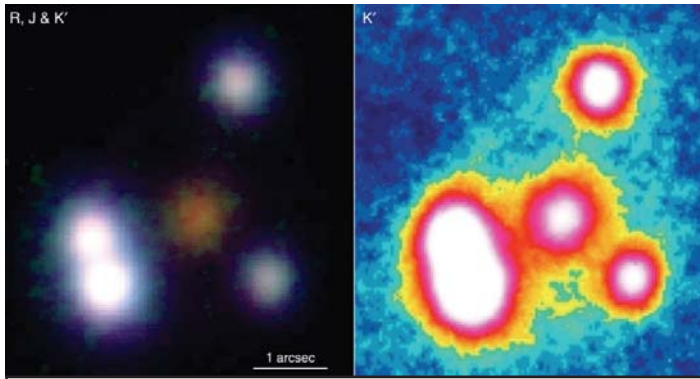
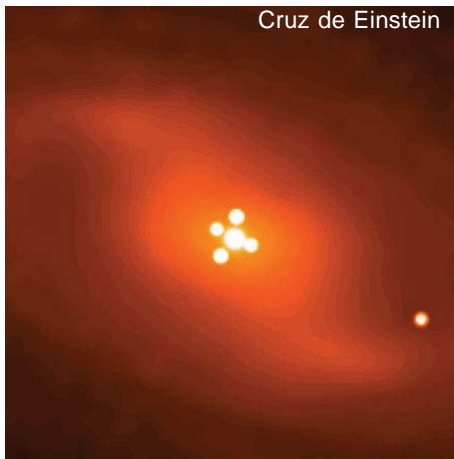


Imagem com uma multiplicidade de 4. O corpo avermelhado é o deflector e os corpos azulados são todos imagens do mesmo corpo cuja luz foi deflectida.

de corpos deflectores) segundo um ângulo dado pela formula referida acima, agindo assim como se de uma lente se tratasse. Todos os corpos deflectem a luz, pois todos os corpos têm massa, no entanto, quanto maior for a massa desses mesmos corpos, maior será a deflexão observada.

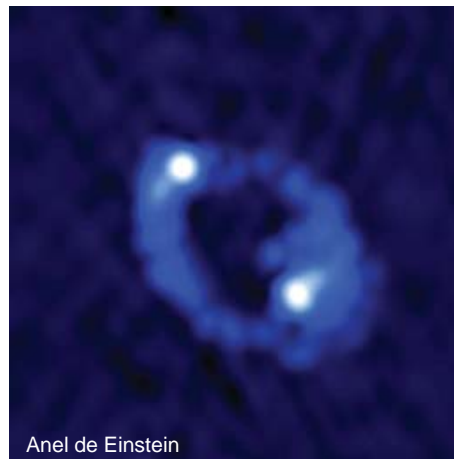


Variando as características dos corpos que agem como "lentes", podemos observar diversos efeitos na imagem. Se tivermos um corpo que podemos considerar pontual, face à distância do corpo cuja luz vai sofrer a deflexão (como por exemplo um quasar) podemos observar imagens múltiplas.

Um caso particular bastante conhecido pelo público em geral é a cruz de Einstein, que não é mais do que uma imagem com uma multiplicidade

de 4, em que o corpo deflector está ao centro e as imagens do corpo que teve a sua luz deflectida (vamos chamá-lo de corpo deflectido para simplificar na linguagem) estão em forma de cruz.

Se em vez de um corpo pontual usarmos um corpo disperso, como no caso das galáxias, poderemos ter efeitos como arcos de Einstein e anéis de Einstein.



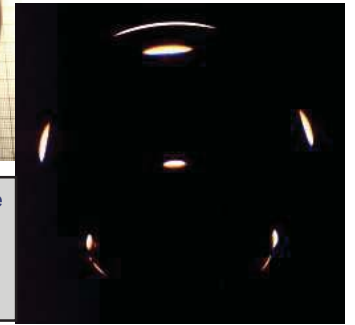
Para melhor compreender e analisar o fenómeno de lensing, existe uma abordagem prática conhecida pela experiência do copo de vinho, onde se verifica que a deflexão da luz provocada por um copo com líquido não difere muito da deflexão provocada pelas lentes gravitacionais.

O estudo deste fenómeno fornece várias ferramentas práticas no campo



Fotografia de topo, tirada de forma a captar as cáusticas. As semelhanças com as imagens anteriores são visíveis.

Podemos ver o modo como o copo deforma a luz.



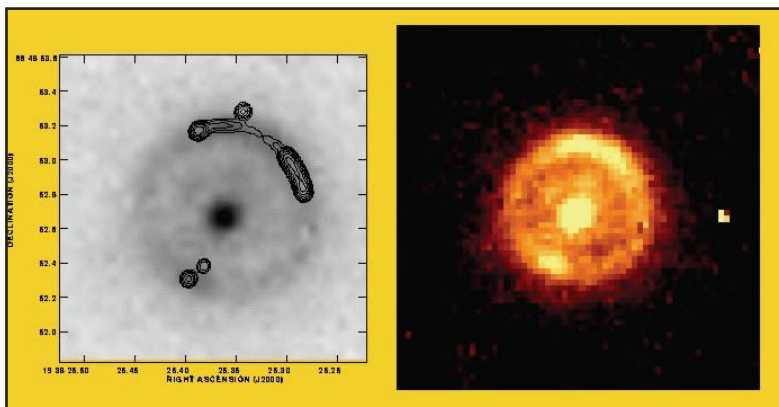
da astrofísica. É possível identificar planetas e outros corpos extra-solares a distâncias gigantescas através de pequenos aumentos de intensidade luminosa que estes provocam na estrela do sistema a que pertencem. A este efeito é dado o nome de *Microensing* e apesar de ainda ser extremamente difícil de o analisar, estão em projecto novas técnicas e instrumentos que facilitarão essa tarefa.

Uma aplicação simples e extremamente útil é a determinação da massa de corpos distantes apenas com base na fórmula inicial:

$$M = \frac{\alpha \cdot c^2 \cdot \xi}{4G}$$

Em certas situações as lentes gravitacionais actuam como telescópios naturais, como já referimos, ampliando uma imagem, se bem que com um certo nível de distorção.

No entanto, a actual coqueluche das lentes gravitacionais, a capacidade que mais publicidade lhe tem garantido é o mapeamento da matéria negra. Deixamos a tarefa de aprofundar esse tema à nossa colega Myriam, no artigo "Matéria Escura" presente nesta edição da Pulsar. ■



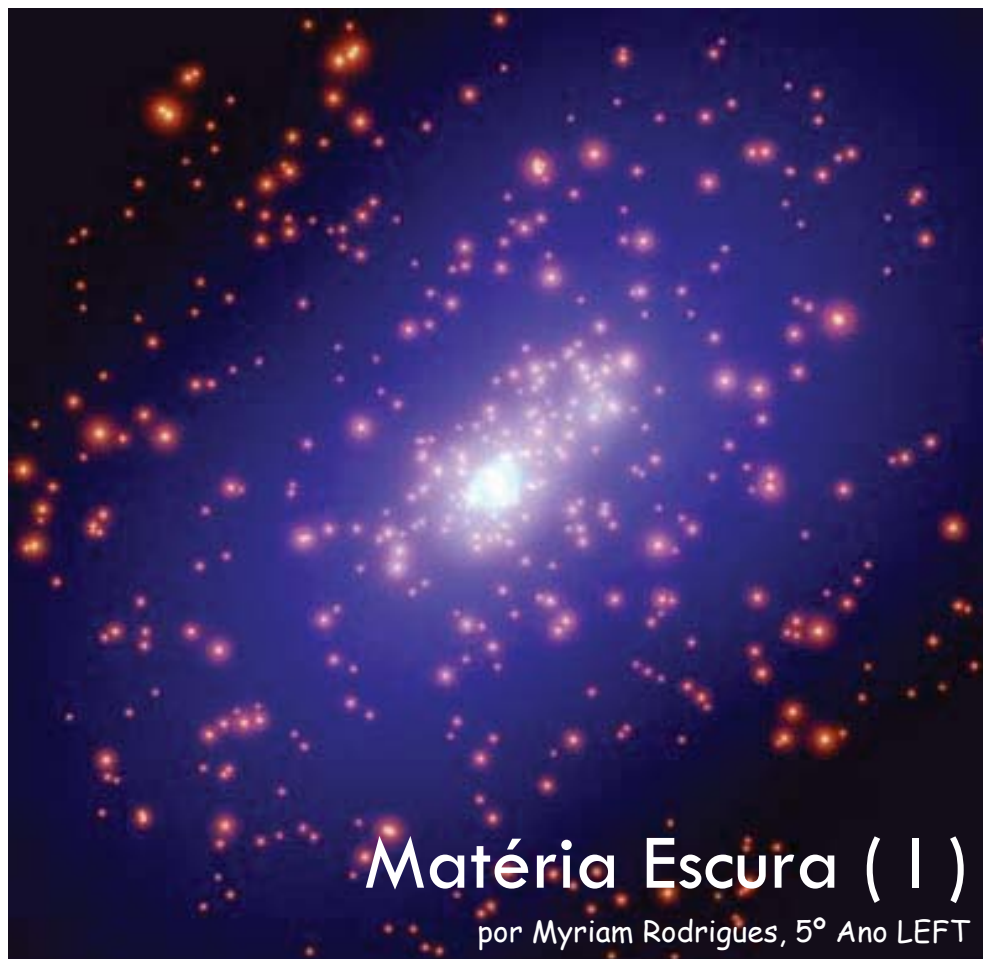
Arco de Einstein

Bibliografia:

"Lentes Gravitacionais", Candeias, H. , Vieira, P. e Mantas, T.; 2004, IST ;
"Physics for Scientists and Engineers", Serway e Jewett; 2004, Thompson Brooks/Cole ;

<http://vela.astro.ulg.ac.be/themes/extragal/gravlens/bibdat/engl/DE/didac1.html> ;
<http://vela.astro.ulg.ac.be/themes/extragal/gravlens/bibdat/engl/lens.html> ;

"It has everything to do with dark matter. My shadow isn't mine. It's... it's like a black hole. It splits molecules into component atoms, it unzips electrons from their orbits, reduces matter into pure energy." X-Files



Matéria Escura (I)

por Myriam Rodrigues, 5º Ano LEFT

Simulação do halo de matéria escura (em azul) à volta de um enxame de galáxias.

Chama-se matéria escura a toda a matéria que só pode ser detectada pelos seus efeitos gravitacionais, e não directamente por processos de radiação. A matéria escura está presente em todas as escalas do nosso Universo, desde a vizinhança do Sol, nas galáxias, nos enxames de galáxias até ao Universo em grande escala. Os últimos dados observacionais revelam que representa 80% da matéria do Universo, e a sua natureza permanece um mistério. Este artigo está separado em duas partes: a primeira parte dedicada exclusivamente à detecção da matéria escura nas várias escalas do Universo e a segunda parte, que será publicada na próxima edição do Pulsar, trata dos modelos que explicam a natureza da matéria escura.

Histórico

A ideia de matéria escura ou invisível remonta aos meados do século XIX. Bessel é o primeiro a pôr a hipótese que astros poucos brilhantes poderiam ser detectados a partir das perturbações que provocariam nos astros vizinhos. Descobre assim, em 1844, uma estrela companheira de Sírius, invisível para os instrumentos da época. O melhoramento dos telescópios permitirá, 18 anos mais



Wilhelm Bessel

tarde, detectar uma anã branca à volta de Sírius, confirmando assim os cálculos de Bessel. Na mesma época, em 1846, Le Verrier e Adams descobrem um novo planeta, Neptuno, a partir do estudo das perturbações do movimento de Urano. No entanto, a matéria "invisível" de Bessel, Adams e Le Verrier, radia luz. O carácter "invisível" dos objectos detectados provinha da limitação dos instrumentos. É preciso esperar até 1932, para obter as primeiras descobertas de matéria escura tal como se conhece actualmente. O astrónomo Oort descobre que a matéria visível na vizinhança do Sol só



Jan Oort

corresponde a metade da matéria total. Paralelamente, o astrónomo suíço Zwicky descobre que a matéria visível nos enxames de galáxias só representa 10% da matéria total. Mais recentemente os dados do WMAP e da distribuição das galáxias no Universo, confirmam que mais de 80% da matéria é invisível!

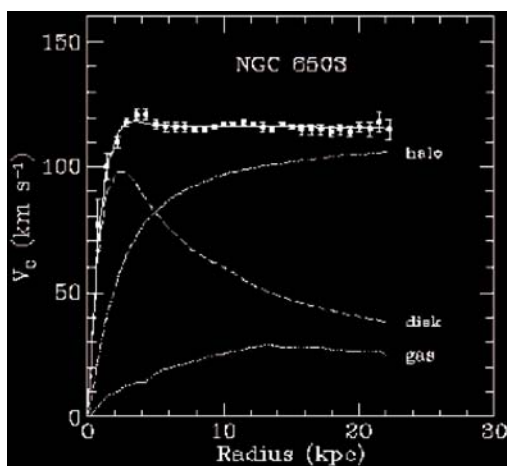
Zwicky, Astrónomo suíço. Foi o primeiro a detectar a matéria escura nos enxames de galáxias e a prever a existência das lentes gravitacionais muitos anos antes da primeira detecção. Desgraçadamente os seus resultados não foram muito considerados na época devido ao seu carácter um pouco difícil.



Detecção de Matéria Escura

Galáxias

A primeira detecção relevante de matéria escura foi obtida pelo estudo das curvas de rotação das galáxias, em 1978. Utilizando a 3ª lei de Kepler generalizada, é fácil determinar a massa de uma galáxia conhecendo o período de rotação de uma estrela na periferia desta. O período é calculado a partir da velocidade da estrela, obtida pelo estudo do efeito Doppler no seu espectro. Assumindo que numa galáxia espiral a luminosidade diminua exponencialmente do centro para o exterior e que, por consequência, a quantidade de matéria diminui de forma semelhante, a velocidade de uma estrela situada à distância r do centro galáctico segue o perfil da curva “disk” da figura seguinte.



Curva de rotação da galáxia espiral NGC 6503 e modelos teóricos para o halo (matéria escura) e disco (matéria visível)

Ou seja, depois de passar pelo máximo perto do centro da galáxia, a velocidade das estrelas é mais pequena quanto mais nos afastamos do centro. Ora, os resultados observacionais não se adaptam à curva teórica. A curva teórica aproxima-se das observações só para pequenos valores de r . Para grandes valores, as estrelas têm uma velocidade muito superior à teórica e deveriam portanto escapar da galáxia. No entanto, este não é o caso, a galáxia está em equilíbrio gravitacional. Este resultado só pode ser explicado se admitirmos que existe uma distribuição esférica de matéria escura. Estima-se que uma galáxia espiral tem 7 vezes mais matéria escura que matéria visível.

Enxames de Galáxias

Em 1933, Zwicky estuda o movimento radial de 7 galáxias no cluster de Coma e deduz que existe 400 vezes mais matéria escura que visível.

Para explicar tal resultado, introduz um gás intergaláctico difícil de detectar. Este gás será detectado décadas depois, mas pouco contribui para a matéria que falta.

O método mais antigo para calcular a ordem de grandeza da massa de um enxame, baseia-se no teorema de Virial. Vamos relembrar o teorema de Virial:

Num sistema em equilíbrio dinâmico:

$$2T + U = 0$$

onde T é a energia cinética e U a energia potencial do sistema.

Aplicando ao enxame :

$$T = \frac{M \langle v^2 \rangle}{2}$$

$$U = \frac{GM^2}{\langle R \rangle}$$

Obtém-se facilmente a massa do enxame, se conseguirmos determinar a distância e velocidade média das galáxias.

$$M = \frac{\langle v^2 \rangle \langle R \rangle}{G}$$

Ora, as observações mostram que a massa necessária para ligar o enxame é muito superior (perto de 200 vezes mais!) à matéria visível atribuída às galáxias.

Os outros dois métodos utilizados para determinar a massa de um enxame são o estudo do gás intergaláctico e as lentes gravitacionais, dos quais vou falar agora sucintamente.

Em torno das galáxias existe um gás muito quente (10^6K) e difuso, em equilíbrio hidrodinâmico no potencial do enxame. Devido ao efeito Bremsstrahlung, este gás intergaláctico emite uma forte radiação X. O gás a pressão p , está em equilíbrio com o potencial gravítico definido pela distribuição de massas no

cluster. Determinando as variações de pressão e de temperatura do gás num enxame é possível determinar a distribuição do material neste. Estudos realizados no supercluster de Coma, com o satélite de raios X ROSAT dão os seguintes resultados: num raio de 1Mpc, as estrelas e gás frio representam apenas 3% do enxame e o gás quente intergaláctico 14%; o seja 80% da material não é visível!

Em 1986 descobriram-se as primeiras lentes gravitacionais. Observaram-se enxames nos quais apareciam imagens de galáxias deformadas. Ao determinar a distância de esses objectos, descobriu-se que estes se situavam atrás do enxame. Devido à grande massa dos enxames, a luz dos objectos luminosos situados atrás destes é desviada devido ao fenómeno de lente gravitacional. A repartição, orientação e intensidade das distorções permitem calcular a distribuição de massas do enxame responsável pelas mesmas.

Depois das galáxias e dos enxames de galáxias, podemos ir ainda mais longe na escala do Universo, até atingir as dimensões do Universo observável.

Para determinar a distância de galáxias é usual utilizar a lei de Hubble, que relaciona o deslocamento para o vermelho do espectro dos objectos, com a sua distância. Este resultado é devido ao efeito Doppler a nível cosmológico. Devido à expansão do Universo, as galáxias afastam-se uma das outras. Vistas da Terra, as galáxias tem um espectro deslocado para o vermelho e tanto maior será o deslocamento quanto maior for a distância até nós - quanto maior for o redshift z , maior é a distância à qual a galáxia se situa. Supondo que a expansão do Universo é homogênea, todas as galáxias com mesmo z situam-se à mesma distância da Terra. Ora as

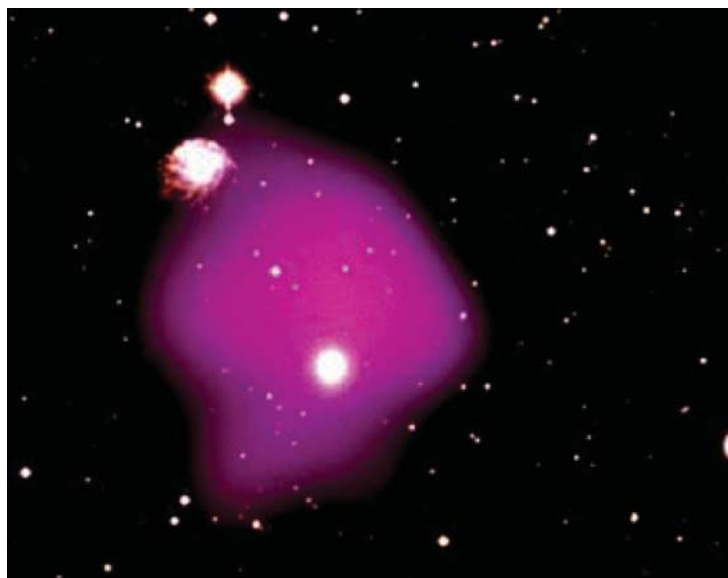
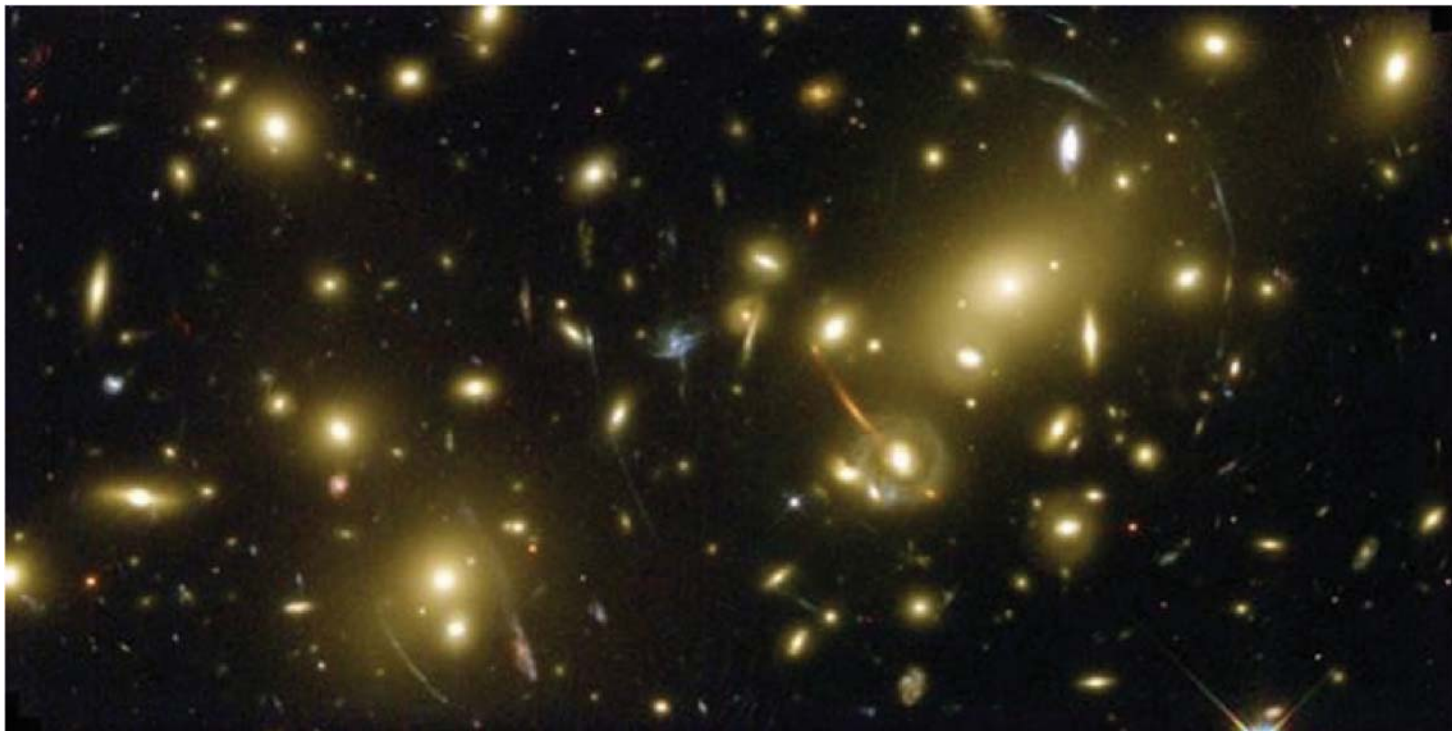


Imagem obtida com o telescópio espacial de raios X Chandra. A nuvem roxa corresponde a matéria intergaláctica



Lente gravitacional no enxame de galáxias Abell 2218, obtida com o telescópio espacial Hubble

galáxias são afectadas por velocidades locais (que se sobrepõem à velocidade da expansão), devido a distribuição de massas locais. Por exemplo, uma galáxia atraída por um enxame, situada entre a Terra e este último, terá uma velocidade aparente maior e portanto um redshift maior. A distância calculada pelo método do redshift dará um valor sobrestimado. Da mesma forma uma galáxia atraída pelo enxame e situada atrás deste, terá um redshift menor. Mas as distâncias das galáxias podem ser calculadas a partir de outros métodos, baseados na utilização de velas padrões. Comparando as duas distâncias obtidas é possível determinar a distribuição de massa.

Graças a este método, foi possível detectar uma enorme concentração de matéria invisível equivalente a vários milhões de galáxias: o Grande Atractor. Situa-se a 200M da Via Láctea na direcção de Centauro. Devido à sua posição no céu, demasiado perto do plano galáctico, é difícil determinar a sua real luminosidade.

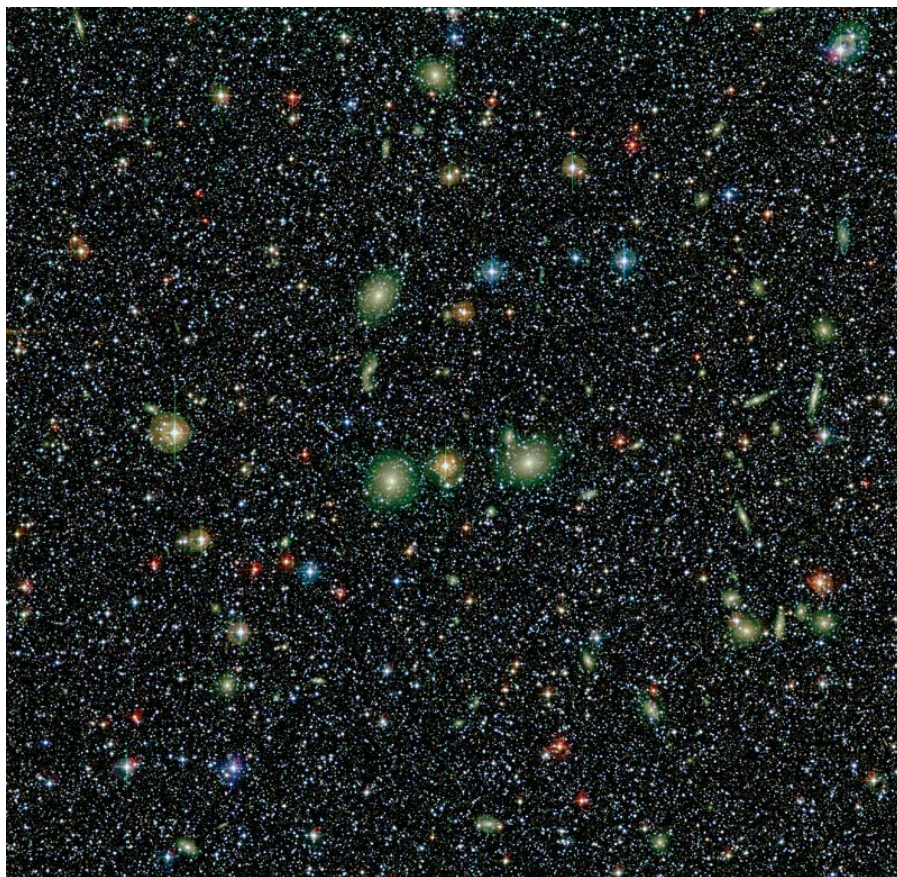
Conclusão

O problema da detecção da matéria escura resume-se à comparação de duas estimativas da massa de um sistema: uma obtida de forma “dinâmica” a partir das velocidades dos objectos num sistema em equilíbrio gravitacional e a calculada a partir da soma das massas dos objectos que constituem o sistema (estimando a luminosidade por exemplo).

Em todos os casos a massa obtida dinamicamente é muito superior à massa visível. Esta diferença parece aumentar drasticamente quanto maior for a dimensão do sistema considerado. O quociente $\text{massa_real} / \text{massa_luminosa}$ é de 7 nas galáxias e passa dos 200 nos enxames de galáxias.

Ainda falta responder a um grande problema: o que é a matéria escura? A vaga explicação dos X-Files não parece muito convincente...

Na próxima edição falarei dos vários modelos existentes de matéria escura: desde os machos, neutrinos até os estranhos wimpzillas! ■



Vista em direcção do grande atractor

World Jump Day

por David Seixas, 2º Ano LEFT

Com a voga, nos dias correntes, dos temas ecológicos, um assunto que tem preocupado de igual forma a comunidade científica e o público em geral é o aquecimento global do planeta. A teoria que mais preza o senso comum afirma que tal se deve a um efeito de estufa crescente, i.e., que o aquecimento provem da retenção das radiações solares dentro da atmosfera terrestre graças a gases como o dióxido de carbono. O medo florescente de um cataclismo à escala mundial, cuja existência vai sendo anunciada em filmes como *The Day after Tomorrow* – certos, até, em certos aspectos científicos – tem levado a Humanidade quase toda (um pequeno enclave no novo mundo continua e sempre a resistir ao bom senso invasor) a preocupar-se com a prevenção de tais cenários. No entanto, se nem a comunidade científica concorda numa única formulação teórica quanto à origem deste mal abrasador, pouco mais se pode arriscar quanto à sua solução. O protocolo de Kyoto que visa diminuir o suor carbónico dos países industrializados será uma dessas soluções preventivas, incertas. Grupos mais radicais – e menos acreditados – propuseram recentemente uma acção internacional, uma união de todos os países e pessoas do mundo num esforço definitivo para que o nosso planeta continue a ser conhecido, por esse universo fora, como o planeta azul: o *World Jump Day*.

Em que consiste? Bem, a filosofia por detrás é simples e ousada, e prima pela sua arrogância inocente: sendo o Sol de facto o responsável último por esta situação deplorável – pois não temos outra fonte de calor nestas paragens da galáxia – o truque está em afastar a Terra de tais influências cósmicas objectáveis, reduzindo assim a quantidade de radiação recebida e da mesma forma retendo menos da mesma por efeito de estufa. Tal projecto pode parecer irrealizável, mas sobreveio nestas mentes brilhantes o pensamento de que fervilha sobre a pele deste corpo celeste tão frágil, uma biomassa humana considerável. A tarefa monumental que cabe agora a esta união transfronteiriça é a **pular em conjunto** aquando do zénite, dando impulso à Terra para orbitar mais alá do astro-mór. De certo uma epopeia clássica para os tempos modernos e um feito digno de Atlas, filho de Iapetus;

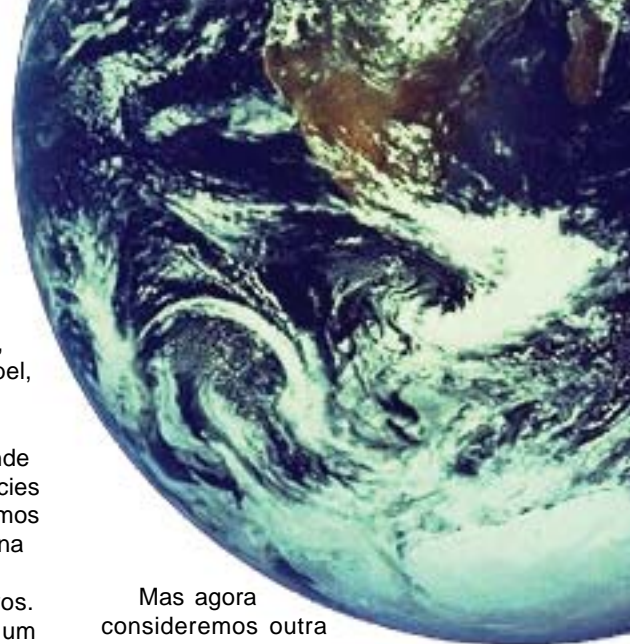
mas não se aventurará aqui o Homem numa empresa que o fará, como no erguer da soberba de Babel, beijar a terra aos pés da Natureza Entronada?

O espaço sideral tem uma grande vantagem relativamente às superfícies ou espaços na Terra, pois lá podemos ver em acção as leis da mecânica na sua forma pura, desprovidas de quaisquer constangimentos fricativos. De facto, quando fazemos deslizar um tijolo sobre uma tela de veludo este acaba por parar devido, não mais, ao atrito de contacto entre os materiais e à resistência do ar; ora num ambiente tão complexo como este, todos estes ruídos científicos podem ser compreendidos como resultantes confusas de leis básicas muito simples. À nossa escala, em geral, as leis da Mecânica Clássica são quanto basta para explicar a grande totalidade dos fenómenos e comportamentos corpusculares à nossa volta. Entre eles, o movimento dos corpos celestes.

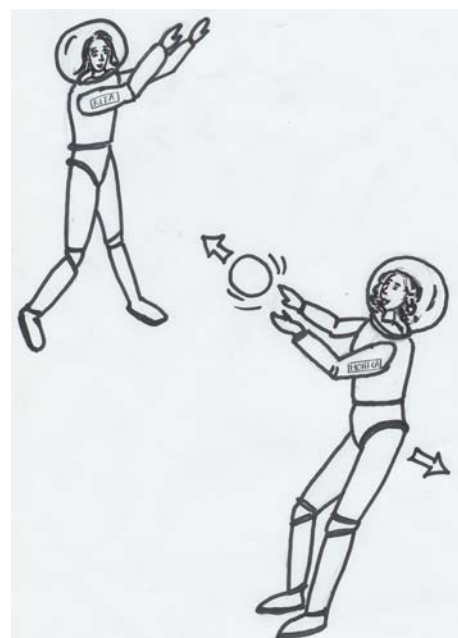
A Terra não sofre do mesmo mal que o tijolo. Ela não é travada por nada na sua rota, e apenas se mantém nesta sem colapsar sobre o Sol graças ao seu impulso, ou seja, como um carrinho em movimento que a gente puxa lateralmente com um cordel – e que vai então empreender uma rota curva. Noutra forma de ver as coisas, uma pedra lançada efectua uma trajectória parabólica e volta a cair, até que seja atirada com força suficiente para não ter mais sítio onde tombar.



O Císifo, tendo-se fartado de rolar a sua pedra e enfurecido com os deuses, atira-lhe-a. As primeiras vezes, ela cai cada vez mais longe, até que ele a envia com velocidade suficiente para entrar em órbita, sendo castigado pela sua ignorância das leis da Física impostas pelos deuses para o tramar.



Mas agora consideremos outra situação. Duas belas astronautas jogam à bola no espaço. Uma delas, a Mónica, vem lançada e atira violentamente a bola à sua colega,



a Rita, que recebe a bola nas mãos, retorquindo um olhar victorioso e com uma doce malícia velada no seu sorriso



celestial. Impávida e serena, deixa a Mónica soar no seu transmissor um canto fatal, embelezando a ruína escondida da pobre e inocente Rita: “Terás o esférico de largar, como se nada mais fosses que a mera

vacuidade sideral, para a tua existência miserável neste universo conservares.” Apercebendo-se que a sua distração científica lhe tinha aberto um caminho sem retorno para as imutáveis e infinitas abissas do cosmos, e preferindo à eterna queda no vazio do espaço, a submissão incontornável à sua avassaladora companheira, a Rita atira a bola da mesma forma que a Mónica o tinha feito antes, consumando tragicamente a sua humilhação em frente ao resplandesciente anjo diabólico.



Apesar de toda a sua complexidade emotiva, todo este cenário se explica com base num princípio muito simples, num dos axiomas da Física, seja ela qual for: a da conservação do impulso. O impulso de um corpo depende da sua velocidade e massa; intuitivamente, pensemos que é mais difícil travar um camião a andar na auto-estrada que um berlinde a rolar devagarinho numa mesa, e que esta dificuldade se deve a termos de reduzir o impulso do corpo a zero, a força que exercemos sendo tanto maior quanto o impulso que quisermos travar. Em Física, o impulso tem também direcção e sentido, como uma seta no espaço: dois corpos que se movem em trajectórias perpendiculares uma à outra têm impulsos com direcções perpendiculares, e corpos que se afastam um do outro na mesma trajectória têm sentidos opostos.

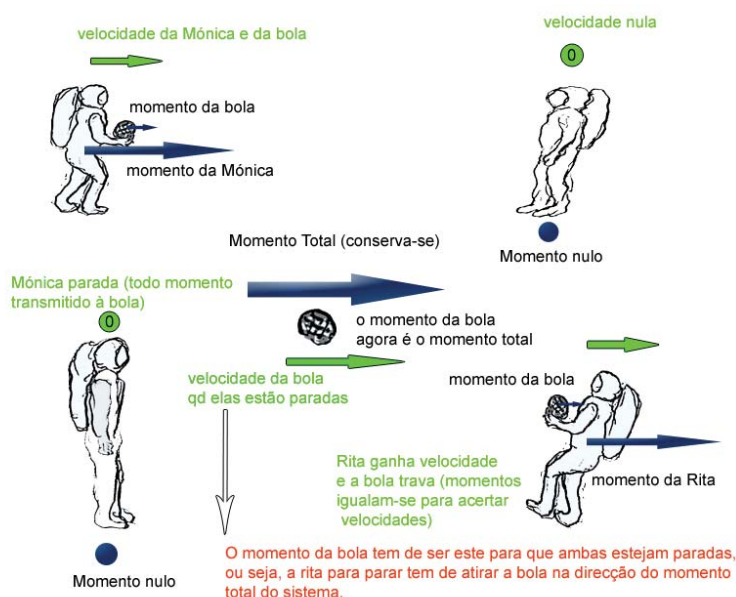
A Mónica, a Rita e a bola têm, por muito que ambas as raparigas o detestem, de partilhar uma coisa: o impulso do sistema. Um sistema é um grupo de corpos cujo o comportamento estudamos – neste caso as amigas e a bola – e se o sistema for fechado, ou seja, que não há interacção com o que é exterior ao sistema (como por exemplo uma força que não seja provocada por nenhum dos membros do sistema), o impulso conserva-se. Nesta caso, só existem estes três corpos, logo o sistema é fechado, logo o impulso conserva-se. Assim sendo, na situação inicial temos: em movimento para a direita, a Mónica e a bola, e parada, a Rita; há dois impulsos para a direita nenhum para a esquerda, logo o impulso total tem sentido para a direita, pois este é sempre o mesmo ao longo do movimento por o sistema ser fechado. Quando a maliciosa Mónica atira a bola, podemos considerar um novo sistema: a bola e a Mónica, pois estas por enquanto não interagem com mais nada. Consequentemente o impulso das duas é conservado, o que implica que se a bola é atirada com velocidade para a frente a astronauta terá de abrandar para compensar, de forma a que o impulso se conserve, e até mesmo parar ou inverter o movimento se a bola ganhar muita velocidade. Neste caso, ela pára simplesmente. Considerando novamente o sistema completo, a bola vai agora conter todo o momento do sistema pois ambas as jogadoras estão paradas. Quando chega às mãos da ingénua e tão angélica Rita, transmite-lhe parte desse impulso, de forma a que ambas tenham a mesma velocidade (que não é a velocidade com que a bola vinha, é menor, pois a bola perdeu o impulso que deu à Rita!), dirigindo-se assim para longe da



Mónica rejubilante. A única forma desta parar o seu movimento é retransmitir à bola todo o impulso, tendo assim de a atirar de novo tal como o tinha feito a sua colega inicialmente.

Na realidade, onde nos levam estas histórias de entretenimento espacial? É de facto este o princípio físico que está na base do *World Jump Day*, onde as pessoas a saltar actuarão, mas em muito menor escala, como uma das astronautas a empurrar a bola. O primeiro senão à empresa megalómana é imediatamente que o impulso de todas as pessoas, por este depender da massa, é pouco para um corpo tão maciço como a Terra. Mas ainda é, mesmo assim, possível fisicamente.

Para nos aproximarmos mais da situação real do *W.J.P.*, temos de pensar em introduzir um novo elemento no sistema: um cabo que faça o que a amizade não fez, unir as duas – e por questões de material devolvemos a bola. Elas comecem inicialmente juntas, num desses momentos ternurentos que marcam esporadicamente, mas fervorosamente, uma união conflictuosa e heterofóbica.





Como apenas se suportam uma à outra por pouco tempo, rapidamente as duas aves astrais tentam convidar o gelo espacial a invadir a distância que as separa, repelindo-se uma à outra. O sistema composto pelas duas é novamente um sistema fechado. O impulso do sistema é nulo, já que elas começam paradas. Quando se repelem, cada uma tem de ir em sentidos opostos com velocidades que são tanto maiores quanto a sua massa for pequena relativamente à da outra, de forma – mais uma vez – a conservar o



O aquecimento Global está a provocar o degelo dos Glaciares

impulso total do sistema. Ora quando a corda se encontra esticada, esta vai puxar novamente as duas uma em direcção à outra (de forma a conservar o impulso total), unindo as ferozes beldades num ardente bailado de ódio e amor, **exactamente no mesmo ponto do espaço.**

A corda, no caso do *W.J.P.*, é a gravidade que puxa as pessoas para a Terra e vice-versa (por muito espantoso que pareça, nós atraímos a Terra da mesma forma que ela nos atrai), o que implica que, por muito e por muitos que

saltemos, pela atracção mútua entre nós e o planeta, nunca sairemos do mesmo ponto do espaço, apenas oscilaremos tal como na dança das duas raparigas.

Resta a notar uma coisa: a Terra interage com o Sol graviticamente, o sistema {pessoas + Terra} não podendo ser considerado um sistema isolado. No entanto, tomando o ponto de vista de alguém que acompanhe o movimento da Terra, não há forma de notar a acção desta interacção já que todos os corpos no sistema sofrem exactamente a mesma acção da atracção solar¹, o que equivale a dizer que o sistema é isolado.

O *World Jump Day* não passa certamente de um monumental embuste, pois sendo fisicamente impossível – e não meramente quantitativamente – pode apenas esperar entrar para os recordes do *Guinness* e deixar a Humanidade ansear até que o mundo encontre a sua via para a sobrevivência e tão desejada estabilidade climática.

(Footnotes)

¹ A aceleração de todos os corpos é a mesma em queda livre, não havendo portanto forças exteriores aparentes. Por exemplo, se uma pena e um martelo forem largados no ar, eles vão estar parados um relativamente ao outro ou, se forem atirados com velocidades iniciais diferentes, verão o outro a afastar-se a velocidade constante igual à diferença de velocidades iniciais entre os dois. ■



Quando o Godzilla salta a Terra e o ele ganham os dois o mesmo momento; a corda prende e os momentos invertem-se embora a sua soma continue a ser 0; quando o Godzilla cai os momentos anulam-se.



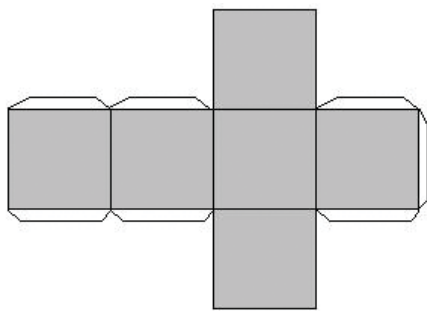
PEQUENO CONTO DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA:

OS POLIEDROS

por Pedro Bicudo, DF IST

Este conto relata algo que se passou na minha adolescência. Se fosse bem escrita poderia lembrar um filme de série negra do detective Philip Marlowe, que passava grandes aflições, que convivia com os maiores criminosos, conhecia belíssimas mulheres, e acabava sempre como começava, simplesmente a sobreviver. Na verdade esta crónica versa apenas sobre ciência, mas a ciência na mente de um adolescente pode ser tão importante como outra coisa qualquer. E no fim pode sair uma moral deste conto.

No verão de 1976, já tinha 16 anos e estava mesmo a bater no fundo. As crises de confiança típicas da adolescência, a família, o património, os estudos, as férias, a política, tudo estava a correr mal. Isto tudo, para um adolescente, parecia tão grave como os piores casos do Philip Marlowe. Para encontrar alguma paz, passei umas semanas do verão a brincar com poliedros (e ainda com pontes de Lego e com séries de números). E o que correu melhor, e me restabeleceu a auto-estima, foram os poliedros, objectos 3-d tridimensionais belíssimos, construídos com polígonos regulares. Na primária tinha aprendido a fazer cubos, recortando e colando uma folha de cartolina.



Entretanto ouvira falar de outros poliedros, e por isso parti a sua descoberta.

Antes de construirmos mais poliedros, podemos reparar que os poliedros regulares, para além de serem construídos com polígonos regulares, também têm vértices iguais, ou seja o mesmo número de poliedros a juntarem-se em cada vértice. Ora sendo os vértices em bico, a soma dos ângulos dos polígonos que se encontram num vértice tem de ser inferior a 360° . Assim podemos ter, com triângulos equiláteros de ângulo 60° , 3, 4 ou 5 triângulos num vértice,

perfazendo um ângulo total respectivo de 120° (tetraedro), 180° ou 240° . Quanto aos quadrados, de ângulo de 90° , podemos ter 3 quadrados num vértice (cubo) com um ângulo total de 270° . Prosseguindo até ao pentágono, de ângulo de 108° , podemos ter 3 pentágonos num vértice, com um ângulo total de 324° .

Assim podem existir, quanto muito, 5 poliedros regulares de faces todas iguais, com vértices de 3 triângulos, de 4 triângulos, de 5 triângulos, de 3 quadrados, ou de 3 pentágonos. E será que estes 5 existem mesmo? Por exemplo, se pegarmos em vários pentágonos, que ligamos vértice a vértice, e aresta a aresta, será que vamos conseguir mesmo fechar o objecto? Realmente eles fecham todos! Assim podemos construir respectivamente,

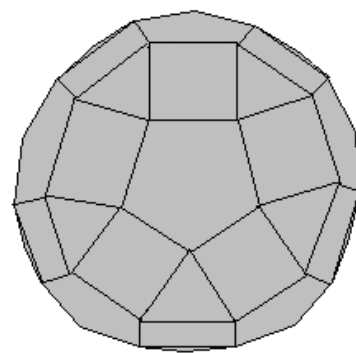
- o tetraedro, com 4 triângulos,
- o octaedro, com 8 triângulos,
- o icosaedro, com 20 triângulos,
- o cubo, com 6 quadrados,
- e o dodecaedro, com 12 pentágonos.

Na altura (não havia internet), perguntando aqui e ali, lá consegui reconstruir o nome destes objectos. Trata-se de objectos belíssimos pela sua simetria, que fascinaram milhares de curiosos e estudiosos desde a antiguidade e são conhecidos como sólidos platónicos.

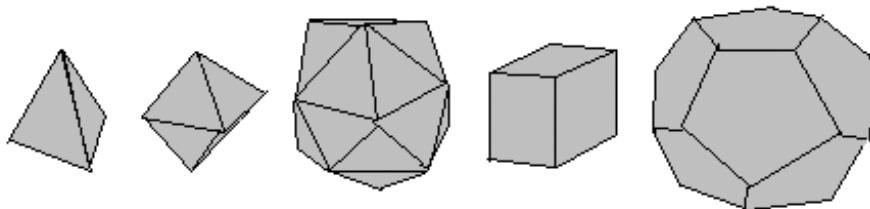
Podemos notar que temos aqui não 5 mas 3 simetrias. Reparemos por exemplo no cubo e no octaedro. O cubo tem 6 faces, 8 vértices, e 12 arestas. Quanto ao octaedro tem 8 faces, 6 vértices, e 12 arestas. Assim o número de faces do cubo é o número de vértices do octaedro, e vice-versa. O mesmo se passa com o dodecaedro e o icosaedro. Mas, em 1976, apetecia-me continuar e passei a construir poliedros com polígonos diferentes. Realmente, combinando triângulos, quadrados,

pentágonos, hexágonos, octógonos... podemos construir muitos mais poliedros. O protocolo que acabei por usar para os encontrar foi o de imaginar cortes dos vértices, ou, e, das arestas dos poliedros regulares. Se fizermos cortes em planos sucessivamente mais profundos, a partir do cubo encontramos os seguintes 6 poliedros, e o último acaba por ser igual ao octaedro, o que verifica a simetria entre o cubo e o octaedro.

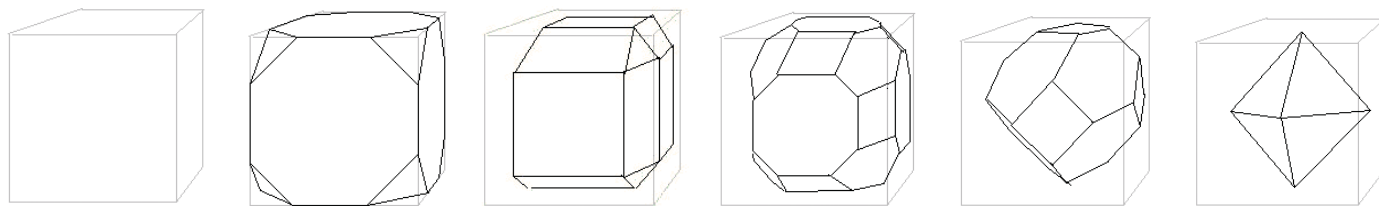
O mesmo se pode fazer a partir do tetraedro (dá 3 poliedros diferentes) ou do dodecaedro (dá 6 poliedros diferentes). Na altura construí quase todos os 15 (salvo erro, este artigo é escrito de memória) poliedros deste tipo, com as simetrias do tetraedro, do cubo e do dodecaedro, partindo de polígonos com arestas de 10 cm de comprimento, feitos em cartolina branca, e colados uns aos outros. Um dos meus preferidos foi, sem dúvida, o de 62 faces, 60 vértices e 120 arestas com pentágonos, quadrados, e triângulos, pois era o mais parecido com uma esfera, e usava apenas os polígonos mais simples (não é bem o mesmo poliedro das bolas de futebol, com 12 pentágonos e 20 hexágonos, que também tem 60 vértices mas apenas 90 arestas).



Era um dos maiores, dos que teriam cerca de meio metro de diâmetro. Também me entretive a calcular o raio deste poliedro, e a desenhá-lo, projectando-o num plano.



Sólidos Platónicos



Durante umas boas semanas fiquei realmente entretido com os poliedros, e de alguma forma senti que tinha feito algo de perfeito, de um tipo de perfeição que não costumamos atingir nas aulas, o que me deu a paz e o equilíbrio que eu procurava em 1976. Tal como Philip Marlowe, tinha conseguido sobreviver, e isso é o que realmente importa. Acabei por nunca capitalizar o que aprendi com os poliedros, objectos de culto dos gregos antigos. O máximo que fiz foi pensar em comercializar um jogo para os montar, com pauzinhos e bolinhas em vez de folhas de cartolina, semelhante aos das maquetes de moléculas que povoavam as salas de química (actualmente já existem kits destes comercializados). Desde então, continuei com a minha vida, tornando-me aplicado e profissional, e até acabei por ser professor e físico. Nesse período do liceu, eu gostava de ler revistas de divulgação científica, e os poliedros não pareciam relevantes. Os quarks e a QCD estavam na berra, e no meu curso acabei por trabalhar na QCD, que felizmente ainda mexe pois mantém em aberto alguns dos maiores problemas da Física Teórica.

No entanto, sou ciclicamente assaltado por flash-backs onde os poliedros mostram a sua importância. O maior de todos foi cerca de dez anos depois de 1976, quando Richard Smalley, Robert Curl e Harold Kroto sintetizaram C60, molécula poliédrica com 60 Carbonos com a forma das bolas de futebol (o prémio Nobel demorou mais uns outros dez anos)! Se pensarmos como é duro o diamante, que a

grafite conduz, e que os lubrificantes são orgânicos, vemos logo que estas estruturas têm imenso potencial. Estas moléculas também são chamadas fullerenos, do nome do arquitecto que usava estas estruturas poliédricas para construir grandes cúpulas. O próprio Kepler tinha uma lei para as órbitas dos planetas baseada nos poliedros. Será que Arquimedes usou os poliedros para chegar às leis do volume e da superfície da esfera? Alguns anos depois da descoberta do C60, José Luís Martins, que já tinha calculado a estrutura electrónica do C60, ficou Prof. no DF. Recentemente Luís Pereira, aluno de LMAC, a quem dei aulas, surgiu com uma estrutura lindíssima baseada na simetria do icosadetro, com cinco tetraedros sobrepostos. Um outro flash-back surgiu quando li, recentemente, no Science e Vie Hors Série "La Science en 2004" que a investigação das nano-bolas e dos nano-tubos continuam em grande destaque. Os nano-tubos têm neste momento o recorde da estrutura com a melhor relação tensão/peso, melhor mesmo que as teias de aranha, e especula-se se poderão servir de cabos para elevadores até às estações orbitais!

Mas pergunto-me porque razão eu, e os milhares de pessoas que deviam conhecer estes poliedros não foram logo ao laboratório para sintetizar poliedros de carbono? O benzeno C6 já se conhecia desde o ano de 1864, tendo sido entendido por Friedrich Kekule (que sonhou com uma cobra a morder a cauda imediatamente antes de entender o benzeno), e daí ao C60 faltava apenas um pequeno passo. No meu caso tenho três desculpas. Em primeiro lugar levei muito tempo a dar valor aquele período da minha vida. Em segundo lugar, durante muito tempo só valorizava os assuntos onde tivera bons professores, e que

me pareciam sólidos e profundos. Assim, no meu curso, as cadeiras pelas quais não tive consideração alguma foram as cadeiras de História das Ideias, de Química, e de Electrónica, logo as que seriam relevantes para apostar cientificamente nos poliedros. Na altura, não entendi que os assuntos aparentemente mais fracos são os que têm mais potencial de desenvolvimento. Em terceiro lugar, durante muito tempo não me preocupava em publicar, apenas queria fazer estudos profundos e difíceis. Levei muito tempo a entender que, se publicamos pouco, não só somos desconsiderados, como quase não testamos as nossas ideias. Assim, tal como Philip Marlowe, consegui sobreviver, mas deixei passar muitas oportunidades. Nos filmes negros de Philip Marlowe, ele costuma perder a mulher mais bonita, que morre. Philip Marlowe fica ainda sem crédito pelos casos que resolve, e leva grandes tarefas. Mas sobrevive, não se vende, e sempre tem umas amigas para o apoiar.

Note o leitor que eu não pretendo insinuar que a ciência é tão má como os bandidos com os quais lidava Philip Marlowe. Pelo contrário, podemos ter sucesso em ciência se soubermos aproveitar as oportunidades (espero já ter aprendido). Espero também que este pequeno conto motive os leitores do Pulsar a terem confiança, e a capitalizarem aquilo que forem entendendo e descobrindo. Pelo valor dos TFC apresentados no dia 08 de Julho, nos quais vários alunos concluíram dois ou três artigos, matéria que há alguns anos atrás ainda chegava para um doutoramento, tenho confiança que os alunos da LEFT terão muito sucesso. ■

Nota: agradeço J.L. Martins por comunicar que o cubano, poliedro baseado num cubo molecular de carbono, já tinha sido sintetizado em 1964, ver P. E. Eaton e T. W. Cole, J. Am. Chem. Soc. 86, 3158 (1964), e S. L. Richardson e J. L. Martins Phys Rev B 58, 15307 (98).



Física Sobre Rodas

por Daniel Vidal, LEFT

Ideias,
ideias...

O importante não é apenas ter uma ideia, o importante é dar-lhe asas para que ela possa descolar.

Organizar uma viagem itinerante do Circo da Física foi uma ideia que surgiu exactamente quando não devia. Num daqueles momentos em que o pico de trabalho e responsabilidade chega ao cume deixando a mente atrofiada entre seis paredes concretas de preocupações. Nessas alturas, surge a tendência para desviar ligeiramente a atenção, quer por qualquer instinto de sobrevivência, ou então, pelo contrário, pela tentação do abismo. E assim foi na iminência da VII Semana da Física, quando o fôlego já não dava para mais, que eu e a restante direcção da altura pôs os travões e divagou pensando o que mais poderia o NFIST fazer. Estávamos conscientes do potencial da nossa associação, não queríamos nem podíamos estagnar. Ainda se devia a nós um próximo passo, eramos responsáveis por aquele empurrão suplementar, mas qual? Inspirados por um filme que passava no cinema nessa altura, surgiu rapidamente a ideia e, numa tarde, ficou escrito o projecto que iria levar o evento em frente: a RoadTrip.

Na altura, queríamos vivamente que o evento não fosse único, mas fosse um primeiro passo para a continuidade, de modo a torná-lo num marco do NFIST, tal como é a Semana da Física:

teríamos a Semana em Outubro/Novembro e a Viagem em Março/Abril.

No ano passado teve lugar a primeira RoadTrip, e este ano, tal como manda a continuidade, teve lugar a segunda, que é, aliás, exactamente aquilo de que quero falar. E recordar é viver!

Para resumir, julgo que três palavras bastarão: lindo, lindo, lindo! Organização exemplar, o que é de espantar visto que não teve a duração de apenas uma semana, mas sim duas semanas bem preenchidas. Está de parabéns toda a direcção que levou o circo e a astro para Beja, Portalegre, Santarém, Viseu, Castelo Branco e ainda conseguiu ter forças para os manter activos durante mais dois grandiosos dias no Parque das Nações. Se eu quisesse descrever as duas semanas de dinamismo intenso, precisaria de umas quatro ou cinco semanas para contar tudo. Só para contar o episódio do fabuloso jantar que nos deu as boas vindas em Santarém, acho que uma semana era pouco...

Passeando com uma carrinha de nove lugares, um carro de cinco, e um g'anda camião que se transforma num g'anda *stand*, os 24 colaboradores fizeram furor por todo o lado por onde passaram. Nada de espiritismos, nem evocações do diabo, nós não cremos nem em magias negras, nem brancas, nem amarelas, nem qualquer método de telequinética, não. Astrologia, cosmognósia, antropognósia, o tarot ou



a onirocricia não é connosco. Na verdade, somos os alquimistas do próximo século. Transformar chumbo em ouro: sabemos os ingredientes, sabemos como usá-los, mas falta-nos só mais um Einstein para saber aplicá-los. O tempo virá. Nós somos físicos, e fazemos disso a nossa religião. Passeamos pelo País com provas concretas de que a Física tem explicação e apresentamos uma solução hermética ao exoterismo. Para quê crer em insanidades quando a verdade está naquela bancada encostada à Escola de Cavalaria de Santarém? Mas não, não somos cépticos nem quadrados, temos a nossa religião, e temos um lindo planetário no qual os de espírito mais livre podem flutuar entre estrelas e constelações que relatam extensamente a breve História da Humanidade.

O poder do Van Der Graaf!





De forma um pouco análoga às famosas bibliotecas itinerantes, a Física Sobre Rodas não pretende mais do que levar a divulgação da ciência aos cantos mais recônditos do país. Consiste num grupo de colaboradores num camião didáctico que levam as actividades da Semana da Física a todo o país, que se baseiam em bancadas com várias experiências de diferentes ramos da Física (termodinâmica, electromagnetismo, óptica, mecânica), um planetário insuflável que permite a observação das diversas constelações e ainda palestras dadas pelos colaboradores sobre os mais variados temas (mecânica quântica, galáxias, fusão nuclear, etc...). Esta surgiu actividade surgiu com o objectivo de diminuir o fosso abismal que existe entre as grandes áreas metropolitanas e o interior no que diz respeito à divulgação científica.

Beja: não houve tantas escolas quanto se desejava, visto que, por um motivo desconhecido, o evento tinha sido cancelado e nós fomos os últimos a saber. Felizmente, a situação resolveu-se pelo melhor tornando a nossa estadia útil e agradável a todos os transeuntes mais curiosos que queriam saber algo mais sobre o nosso mundo. Fomos acompanhados durante todo o dia por um ilustre desconhecido, aparentemente técnico electromecânico, mas Inventor para os amigos. Consegui impressionar todos com a sua perspicácia *adivinhand*o de antemão a explicação de cada um dos brinquedos que lhe passaram à frente, nunca ficando para trás com nenhuma verdade.

Portalegre: Ao contrário de Beja, onde estávamos localizados num pátio um pouco descentralizado, em Portalegre instalamo-nos numa escola. Aí, a azáfama foi total, não deu para parar um segundo, pois quando não eram turmas organizadas, eram grupos de jovens curiosos de saber mais. Tivemos direito ao intervalo dos douradinhos, o único intervalo entre sessões de planetário, de minicurso e circo no qual pudemos repousar um pouquinho. Mas um valor mais alto chamava-nos de novo às bancadas.

Santarém, os tropas! Não foi fácil convencê-los a virem visitar-nos, pois eles precisavam de uma autorização escrita do superior, o que nem sempre é fácil. Mas termos ficado dois dias inteiros em Santarém deu-lhes margem de manobra para tal, e foram os últimos visitantes do último dia da primeira semana. Os tropas... Nem toda a gente tem coragem para se sentar na cama

de pregos, e quando se enche de coragem e se decide, vem sempre um colaborador auxiliar. Mas os tropas não! Eles não aceitavam qualquer auxílio, e foi a meio de frase "alguém quer



Tropas e cama de pregos.

experimental" que um deles (que por sinal era rapariga) dá um passo em frente, em sentido, e procede ao movimento para baixo, de quem se vai deitar numa cama de pregos. Uma mão apoiada num lado, a outra mão noutro, e cá vai o corpo todo em cima do quase colchão. Confortável, nem reclama. Chega a altura do primeiro tropa rapaz deitar-se. Não há hesitação, mal este está estendido, o tenente dá um passo em frente e põe-lhe um pé em cima, gritando vigorosamente "Dói?" - "Não!". O tropa vira-se para ficar deitado de

barriga. Apoiando quase todo o corpo no seu pé, o tenente coloca-o em cima da nádega do jovem militar e pergunta "Dói?" - um "Não!" sofrido ecoa pela sala. Mas devo confessar que face aos choques do nosso Van Der Graaf, estes heróis não se mostraram tão corajosos, pois uma coisa é sofrer por aquilo que conseguimos compreender: um prego espetado nas costas, outra coisa é sofrer sem compreender bem a fonte: um choque eléctrico à distância. Por isso é que nós, físicos, sofremos uma atracção quase suicida pelo Van Der Graaf, sim, nós entendemos os choques, nós somos os tropas da tortura Electroestática. Penso que é por isso que aquela senhora, ao passar junto às nossas instalações, espreitou, à distância, com algum ar de desdém, e saiu-se com um "Heh... Bruxarias!". Mas não, não, minha cara amiga: nós somos religiosos...

Infelizmente, e não digo isto levianamente, a minha excursão acabou por aqui, pois a minha participação foi apenas durante a primeira semana. Bem que fiquei com sede de mais, mas Viseu e Castelo Branco ficarão para outra altura. Pois bem sei que esta

semana foi tão produtiva e agradável quanto à primeira, mas não testemunhei. Enfim, fica para o próximo ano, quando for a próxima Road Trip. Se estiver por cá, estou lá. ■



LEFT- o futuro?

por Teresa Peña, DF IST e CFTP

O património ajuda o destino

“O tempo presente e o tempo passado são talvez dois presentes no tempo futuro, tal como o tempo futuro está contido no passado.” — Não, não se trata de uma frase de Einstein sobre a relatividade do tempo. É uma afirmação de T.S. Eliot, dramaturgo e poeta, prémio Nobel da Literatura 1948, um especialista nos dilemas humanos.

Falar sobre o futuro de uma Licenciatura, sistema complexo, aberto e sustentado em muitas variáveis (alunos, professores, pais, laboratórios, centros de investigação, empresas, financiamentos, sociedade, demografia, economia) não é fácil. Mesmo tratando-se de uma das Licenciaturas mais pequenas do IST, com um numerus clausus de 45. E talvez por isso mesmo! Pois as flutuações, mesmo pequenas, têm expressão. Felizmente, já há um passado de sucesso a ter em conta, feito de 20 anos de funcionamento, que definem socialmente uma geração. Que se saiu bem, deve dizer-se. Não se pode tirar outra conclusão do último relatório de Auto-Avaliação da LEFT (ver www.fisica.ist.utl.pt/left/2005/leftefnumeros.html): a LEFT está à frente nas médias dos licenciados do IST, 80% dos empregadores consideram o desempenho de licenciados da LEFT superior ao dos outros licenciados, o tempo de espera pelo primeiro emprego é praticamente o mesmo dos outros licenciados do IST. A LEFT cumpriu os objectivos. Assim, o primeiro passo para o futuro está dado. O património, colectado em vinte anos, só pode favorecer o destino. Desde que se não desbarate. O que começa quando negamos ou apenas ignoramos o valor desse património.

Sempre (e esta discussão já tem largos anos) que se encaram os possíveis problemas da LEFT, tem-se caído invariavelmente nas tentações de separar as águas: ciência e física (pura ou dura) para um lado, tecnologia e engenharia (aplicada) para outro. Uns preferem uma coisa, outros outra. É difícil satisfazer toda a gente. Foi sempre assim, e o problema não é novo. Com o acordo de Bolonha, para um espaço europeu de fácil mobilidade universitária, há uma esperança nova. É possível que a sua adaptação, já necessariamente próxima, ajude a resolver este problema. Através da

separação clara (até com emissão de diploma!) não entre física dura e física aplicada, mas entre um ciclo de formação científica geral e de base (compulsão), e um segundo ciclo de alguma especialização técnica (liberdade). E, claro, através do esforço para distinguir o essencial do acessório. Por isso, em vez de fantasiar pesos e contrapesos de ciência e engenharia na LEFT do futuro, e também para usarmos bem o processo de Bolonha e outras mudanças num futuro insuspeitado, foco aqui dois aspectos (que também evocam Einstein...já agora) :

1) O acaso favorece a mente preparada

Em tudo há mudanças de direcção imprevisíveis. Os jovens gostam de certezas, é certo, e de saber para onde vão. Mas é uma ilusão pensar que se controla tudo. Mesmo na escolha da licenciatura há acidentes fortuitos, como uma conversa com um amigo, um exemplo de um professor. A vida académica e profissional não é um caminho em linha recta do ensino secundário ao emprego esperado. Os acontecimentos que não controlamos têm consequências. O aleatório do movimento browniano, que Einstein descreveu, existe em todos os sistemas complexos (na LEFT e na vida profissional de um indivíduo também). Só nos sistemas pouco interessantes (ou pouco complexos) é que as flutuações ocasionais não contam. Sem elas não há, por exemplo, funcionamento da membrana de uma célula, nem evolução das espécies. Tais sistemas só sobrevivem se forem robustos ao meio circundante, de si complicado e em mudança permanente, e contraditoriamente ao mesmo tempo, forem também capazes de explorar essas flutuações para realizarem funções complexas. O sistema que funciona é o que integra e equilibra função e flutuação, regras deterministas e efeitos do acaso, preservação e mudança. Pasteur, tinha alguma razão na sua regra: “O acaso favorece a mente preparada”. Não podemos conhecer o futuro mas temos de saber aproveitar bem, em cada instante, a aleatoriedade de que é feito.

Relativamente aos primeiros licenciados da LEFT, houve mudanças.

Por exemplo, a possibilidade de emprego nas universidades é praticamente inexistente, há já alguns anos. Mas, também, ainda sem acordo de Bolonha no terreno, o emprego já começou a ser europeu, mesmo sem se ter de passar a fronteira. No semanário Expresso a média das ofertas de emprego por multinacionais, Nestlé, Siemens, Mabor, Microsoft, é 15%.... tendo na primeira semana deste mês da Maio, por exemplo, chegado a ser 27%. Quais são as solicitações das multinacionais? “Perfis polivalentes em áreas de competência e níveis de responsabilidade, imprescindível *background* académico”, diz um gestor de recursos humanos citado por esse semanário. Ora os licenciados da LEFT estão bem preparados, ou não estão pior do que licenciados em outras engenharias, para actividades, não estritamente ligadas à física, que valorizem a análise por modelos, criação de software, decisão sobre riscos, por exemplo. Neste aspecto, e relativamente aos Estados Unidos e alguma Europa que fica bem citar, só temos uma diferença de escala e de tempo. A percentagem de empresas financeiras que no MIT recrutou licenciados em física e matemática subiu de 5% para 14% entre 1983 e 1995. Na Alemanha e Europa Central em geral, onde os ingressos nas licenciaturas científicas, como física, caíram a pique na década passada, assiste-se agora a uma inversão dessa tendência. Também não foi por acaso que no World Economic Forum de Davos, uma cimeira político-económica relevante, em 2001, os conhecidos físicos Brian Green e Freeman Dyson — que nunca trabalharam em tecnologia! — foram convidados para um debate sobre o papel da ciência e o futuro da economia.

2) Dois percursos que se cruzam: do complexo ao simples e do simples ao complexo

Apesar da sua contribuição para o entendimento do movimento browniano — que não foi coisa pouca, pois tornou possível provar a existência dos átomos (invisíveis) através dos seus efeitos nos movimentos de partículas em suspensão num líquido — Einstein não terá dado importância às flutuações nos sistemas complexos.

Gostava de soluções estáticas e dedicou-se mais, a partir da teoria da relatividade geral, a criar uma “teoria de tudo”, da unificação de todas as forças. Claro, esta procura já vinha antes de Einstein, e continuou depois dele: à medida que se olha mais e mais em detalhe, e se chega às dimensões mais ínfimas da matéria, mais simples e mais unificadas (em menor número) são as leis da física. É o paradigma de reduzir o complexo aos constituintes elementares. Seguindo a experiência histórica de Rutherford, partindo estruturas, atirando átomo contra átomo, núcleo contra núcleo, construindo aceleradores melhores, assim se chegou aos quarks. A física terá batido na barreira do que é possível observar como o mais elementar, e estará a acabar? Não. Por um lado, nunca se pode dizer que tudo está explicado. Nega-se, na experiência, o que é falso. E este processo de

negação não se pode antecipar. Por outro, há muitas perplexidades por responder, e bem interessantes! Porque é que o universo é feito de matéria e não de anti-matéria? Porque é tão fraca a gravidade? De onde vem a massa? Como se confinam quarks no núcleo atómico?

As descobertas da física na análise do complexo em partes mais simples apoiam hoje a metodologia nas fronteiras com outros domínios, e que faz o percurso oposto: sintetiza, constrói o complexo a partir do simples. É a física dos modelos da biofísica, sismologia, astrofísica, dos nanomateriais... Os dois percursos são importantes e alimentam-se um ao outro. Imagine-se que só havia física aplicada no tempo de Einstein. Teria este inventado os fotões, o princípio dos lasers (só construídos 40 anos depois), calculado os calores específicos de metais, previsto o condensado de Bose-

Einstein (só observado 60 anos depois), ...? Previlgiar apenas um dos dois, em investimento, formação, etc... é de facto condená-lo à extinção. São um sistema simbiótico: um não vive sem o outro. E não vão acabar, decerto. A sociedade, as companhias de comunicações, arquitectura, tecnologias médicas, micro- e macro-electrónica, energia, etc, etc, não vão deixar. E a LEFT só pode tornar mais óbvia esta omni-presença da física. E para não haver grandes desilusões, deve reconhecer-se que na física há progresso significativo mesmo com acumulações sucessivas e pequenas de criatividade e engenho na exploração de princípios aceites. Raramente, e isso aconteceu com Einstein, novos princípios emergem. ■

Visita ao IBEB

por Inês Sousa e Liliana Caldeira, LEBM

No passado dia 17 de Novembro de 2005, realizou-se uma visita dos alunos da LEBM ao Instituto de Biofísica e Engenharia Biomédica (IBEB) da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. A visita foi organizada pela secção Entidades do NEBM-IST.

O IBEB foi descoberto através de pesquisas na Internet e nas jornadas do Instituto de Ciências e Engenharia de Materiais e Superfícies onde tivemos o prazer de comunicar com o Presidente deste Instituto, o Professor Ducla Soares. O Professor mostrou uma grande disponibilidade e simpatia, e prontificou-se a abrir as portas do Instituto para nos mostrar o que por lá se investiga na área da Biomédica, bem como para esclarecer as nossas dúvidas acerca de saídas profissionais, estágios e projectos internacionais.

Durante o período de inscrições para a visita, o interesse dos alunos foi tão grande que a visita teve de ser feita em 3 turnos de 15 alunos em vez de apenas 2 turnos de 15 como tinha sido inicialmente planeado.

Finalmente chegou o dia da visita e fomos recebidos no IBEB pelo Prof. Ducla Soares e alguns investigadores do Instituto, Prof. Pedro Miranda, Prof. Pedro Almeida e Prof. Alexandre Andrade. A visita começou pela apresentação da página da Internet <http://ibeb.fc.ul.pt> e uma pequena

introdução sobre o Instituto. Após esta breve introdução, cada investigador falou do seu projecto.

O Prof. Pedro Almeida, responsável pelo projecto de processamento de dados em medicina nuclear, deu-nos algumas bases de medicina nuclear e técnicas. Falou um pouco mais aprofundadamente dos projectos associados à Tomografia de Emissão de Positrões (PET) na mamografia e em pequenos animais.

O Prof. Alexandre Andrade mostrou-nos a ressonância magnética nuclear como modo de obter imagens bastante reais e precisas do organismo e como método de avaliação das funções de um determinado órgão como, por exemplo, o cérebro. No final das apresentações, já nos laboratórios propriamente ditos, uma aluna finalista da LEFT do IST falou-nos do seu trabalho final de curso que está a desenvolver no IBEB em parceria com uma clínica do Algarve e que relaciona Imagens de Ressonância Magnética com os hábitos de leitura de uma população seleccionada: senhoras idosas letradas e senhoras idosas analfabetas apenas por falta de oportunidade de estudar. Os resultados são interessantes, pois demonstram diferenças significativas no lado do cérebro utilizado (lateralização hemisférica).

A última das apresentações, sobre o projecto de processamento de sinal bioeléctrico pelo Prof. Pedro Miranda, focou essencialmente modelos de propagação do campo magnético na geometria complicada do cérebro face aos vários materiais com diferentes condutividades que o constituem. Neste Instituto também se investigam os mecanismos de acção do campo eléctrico induzido pelo campo magnético.

Procedemos, então, a uma pequena visita às instalações. Por fim, o Prof. Ducla Soares e os outros professores abriram um espaço de troca de ideias e expectativas e deram conselhos baseados na sua larga experiência nesta área e na investigação científica.

As opiniões dos alunos foram muito positivas, pois foi uma oportunidade única de termos contacto com a investigação em Engenharia Biomédica em Portugal além de termos sido muitíssimo bem recebidos. É uma visita a repetir! ■

Links:

<http://ibeb.fc.ul.pt>
<http://www.lip.pt/experiments/pet/>

COMO ANDA UM SEGWAY

por Ricardo Figueira, 3º Ano LEFT



Ao ver um dia uma notícia acerca do Segway na televisão, fiquei intrigado com o seu modo de funcionamento e ocorreu-me que seria interessante tentar explicá-lo de um ponto de vista físico. E haveria melhor sítio para fazê-lo do que no Circo da Física do NFIST??? Mas para isso era preciso primeiro arranjar uma destas “máquinas”... O que à partida parecia uma ideia totalmente impossível de concretizar, revelou-se perfeitamente alcançável ao descobrir, numa rápida pesquisa pela Internet, que havia uma entidade em Portugal que promovia estes veículos. Tratava-se da Associação Portuguesa do Veículo Eléctrico e que (sorte das

subir, pois estão a agarrar-me. Subo decidido e, no exacto momento em que me largam, começo a balouçar perigosamente para a frente e para trás sem, miraculosamente, cair! Voltam-me a agarrar e dizem-me: “não te tentes equilibrar, o Segway é que trata disso – pensa que queres estar parado!” Experimentei novamente e... fiquei parado!

A polémica

Dean Kamen é um daqueles “self-made men” americanos que se tornaram bilionários à custa de algumas ideias brilhantes e originais, tal e qual como Bill Gates. A ideia para o Segway surgiu de um outro projecto denominado IBOT em que Kamen trabalhava no início da década de 90: um dispositivo que permitia oferecer a pessoas com deficiências motoras a mesma mobilidade que a maioria toma por garantida. Para além de fazer as vezes uma qualquer cadeira de rodas eléctrica, o IBOT permitia ainda subir e descer escadas sem qualquer esforço, para além de superar todo o tipo de obstáculos. A característica que mais tarde originou o Segway, foi o facto de ter um modo em que a cadeira elevava a pessoa até uma posição totalmente vertical apoiando-se nas rodas traseiras, permitindo que o utilizador conversasse com outras pessoas ao mesmo nível.

Ao longo de dez anos, o Segway foi desenvolvido sob o nome de projecto Ginger, até que em 2001, uma fuga de informação deu origem a uma das conspirações mais badaladas da Internet, rivalizando de igual para igual com as fotografias de ovni's ou com as “provas” de que na realidade o Homem não foi à Lua e tudo não passou de uma encenação por parte dos Estados Unidos da América. Foram criadas páginas na Internet, fóruns de discussão e havia quem jurasse a pés juntos que se tratava de um “propulsor magnético anti-gravidade”, ou então, um hovercraft movido a hidrogénio... Finalmente, em finais desse ano o Segway foi revelado ao mundo como o meio de transporte que seria para o automóvel, aquilo que o automóvel foi para as carroças.

Tão intuitivo que parece que nos lê a mente

Utilizar um Segway requer menos habilidade que andar de patins ou, até, de bicicleta! É tão simples e intuitivo que em menos de 5 minutos já nos consideramos autênticos Schumacher's! O pior é que aquele golpe no ego que a primeira queda constitui quando nos aventuramos demais na bicicleta nunca chega a surgir, pois o Segway trata de nos manter sempre bem equilibrados!

Uma vez superada a apreensão, basta inclinarmo-nos para a frente para que o Segway comece a andar suavemente nesse sentido. Se quisermos travar, basta inclinarmo-nos ligeiramente para trás. E quanto a curvar? Basta rodar um manípulo no guiador. Está tudo dito!

Sempre me custou a acreditar que fosse “impossível” cair e de facto não é! Mas é preciso mesmo muito para o conseguir... Nem mesmo chocar de frente com uma parede produz esse efeito! Só há duas maneiras óbvias de cair num Segway: tentar subir uma escada ou não o ligar!

Como funciona

A facilidade de utilização do Segway resulta, muito provavelmente, do facto do seu sistema de equilíbrio e consequente movimento serem extremamente parecidos aos do próprio ser humano. Quando uma pessoa se






sortes!) está sediada no Campus da Alameda do Instituto Superior Técnico!

Após um contacto rápido para explicar a ideia de “estudar” fisicamente um Segway, a proposta foi extremamente bem acolhida e não tardou que estivesse a realizar o primeiro “ensaio laboratorial”.

Estou num parque de estacionamento e parece haver espaço de sobra. Entregam-me o Segway já ligado (não vamos querer fazer como o Presidente Bush que não o ligou e foi direito ao chão...) e dizem-me para



Esquema de Segway

	Velocidade	Principiante – 9,6 km/h Intermédio – 12,9 km/h Avançado – 20 km/h
	Autonomia	Baterias de Lítio – 24 a 39 km Baterias de Níquel – 13 a 19 km
	Capacidade de Carga	Passageiro – 45 a 110 Kg Carga – 8 Kg
	Peso	38 kg
	Viragem	Raio de Viragem = 0 m (o Segway roda sobre si mesmo)

encontra parada, o seu centro de massa está cuidadosamente colocado sobre a sua base de apoio, isto é, a planta dos pés. Ora, ao começar a andar, o centro de massa é deslocado ligeiramente para a frente, colocando o corpo numa situação de desequilíbrio, isto é, o centro de massa desloca-se para além da base. Face a esta situação e para evitar um desfecho trágico, só existe uma solução: deslocar a base de apoio! É exactamente isso que o nosso cérebro faz. Graças ao ouvido interior que informa o cérebro acerca da posição do corpo, deslocamos instintivamente uma perna para a frente para sustentar a queda. O Segway faz exactamente o mesmo, daí que ao nos inclinarmos para a frente, ele avance e ao nos inclinarmos para trás ele, recue.

No fundo, o Segway não passa de uma versão altamente avançada em termos tecnológicos do jogo de manter

uma vassoura equilibrada na palma da mão! Mas se substituir as nossas pernas por rodas e os nossos músculos por motores eléctricos não parece tão complicado quanto isso, já criar um sistema electrónico que regule todo o conjunto não é nada simples.

Imaginemos que tentamos equilibrar uma vassoura na palma da mão e que no topo do cabo prendemos a estrutura exterior de um giroscópio a rodar muito rapidamente e, portanto, bem equilibrado. Como é sabido, devido à conservação do momento angular, o giroscópio terá tendência a manter o seu eixo de rotação original quando a vassoura começar a cair... No entanto, a estrutura em que o mesmo roda, acompanhará o movimento do cabo, pelo que será possível medir o ângulo de inclinação.

Ora, utilizando uma versão mais sofisticada deste princípio, isto é, um dispositivo em sílica que recorre ao efeito de Coriolis para analisar o movimento de rotação, é possível controlar com grande precisão a posição do Segway e fazer deslocar a base, exactamente como deslocaríamos a nossa mão quando a vassoura começasse a cair, para compensar com grande rigor a queda e retomar o equilíbrio! Este sistema foi apelidado "estabilização dinâmica".

Existe porém uma grande preocupação com a segurança nos Segway, pelo que todos os sistemas funcionam em redundância: existem cinco giroscópios em funcionamento simultâneo, embora só sejam necessários três para funcionar correctamente e dois circuitos electrónicos totalmente independentes que se corrigem mutuamente – no caso de um falhar, o outro assume o comando permitindo parar em segurança. A exactidão necessária dos cálculos para manter o Segway

equilibrado, faz com que este esteja equipado com dez microprocessadores que, em conjunto, têm cerca de três vezes mais que a capacidade de um computador comum. Numa situação normal, o sistema mede a sua posição cerca de 100 vezes por segundo garantido ajustes suaves e sem sobressaltos dos dois motores de 2 cavalos.

Há ainda que referir que o software que regula o Segway tem três modos de funcionamento de acordo com a experiência da pessoa. Desta forma, a agilidade e velocidades máximas são limitadas electronicamente para os mais inexperientes.

Os giroscópios utilizados pelo Segway consistem de uma pequena placa de sílica montada num suporte e submetida a uma corrente electrostática que induz um determinado movimento das partículas. Este movimento faz a estrutura vibrar de uma maneira previsível, no entanto quando a placa é rodada em torno do seu eixo (isto é, quando o Segway roda nesse plano em particular) as partículas alteram subitamente o seu comportamento, alterando a vibração da placa. Esta alteração é proporcional à velocidade de rotação e a informação é enviada ao computador que a interpreta e determina a posição final.

Irá vingar?

O homem por trás do Segway antevia que num futuro próximo os centros das cidades passariam a ser interditos aos automóveis e que a sua invenção asseguraria todas as deslocações de curta distância, beneficiando o ambiente e aumentando a eficácia de serviços como os correios, a segurança, etc... No entanto, o crescimento das vendas dos Segway têm ficando aquém das expectativas, por um lado por ainda se tratar de um luxo extremamente caro e portanto inacessível ao cidadão comum e por outro pelo facto de não haver cidade no mundo preparada para a circulação destes aparelhos, que embora sejam muito versáteis, ainda não superam escadas, ou passeios muito elevados. ■



Eu a divertir-me com o Segway

Bibliografia:

<http://www.siliconsensing.com>
http://www.img.ufl.edu/publications/Integrated%20Microelectromechanical%20Gyroscopes_Journal_April2003.pdf
<http://www.howstuffworks.com>
<http://www.segway.com>
<http://www.time.com>

Lasers

Aplicações Médicas

por Francisco Roque e Liliana Caldeira, LEBM

Em 1917, Einstein constatou que os átomos podiam ser excitados absorvendo luz e emitir luz ao retornarem a um nível mais baixo de energia. Além destes dois fenómenos (absorção e emissão espontânea), Einstein deduziu outro tipo de interacção a que se chama emissão estimulada, isto é, um fóton pode induzir um átomo excitado a emitir outro fóton. Estes dois fótons podem estimular outros átomos excitados a emitir fótons e assim sucessivamente. Para criar um feixe de fótons coerente é necessário ter então uma população excitada e descobrir uma maneira de permitir que os fótons se acumulem num feixe intenso. Por volta de 1950, Townes resolveu este problema com a invenção da câmara ressonante, que não é mais do que o espaço entre dois espelhos onde os fótons andam para trás e para a frente aumentando a intensidade do feixe. Assim, os três componentes básicos para construir um aparelho com a capacidade de produzir lasers são a

câmara ressonante, o sistema de bombeamento e o meio activo. O meio activo é um meio que possui níveis de energia excitáveis e capaz de armazenar a energia recebida do exterior, e o sistema de bombeamento é o componente responsável pela inversão da população no meio activo através do fornecimento de energia.

Assim, nasceu o LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e com ele inúmeras aplicações, nomeadamente as médicas. As particularidades dos lasers, feixes coerentes, polarizáveis, bem definidos, quase monocromáticos consistindo num único comprimento de onda, muito colimados e facilmente controláveis fazem dele uma arma única no campo da Medicina. Estes são usados em dois campos principais, a terapêutica e o diagnóstico.

Como terapia de tratamento, a principal função do laser é interagir com os tecidos biológicos. Múltiplos factores intervêm na variabilidade destes

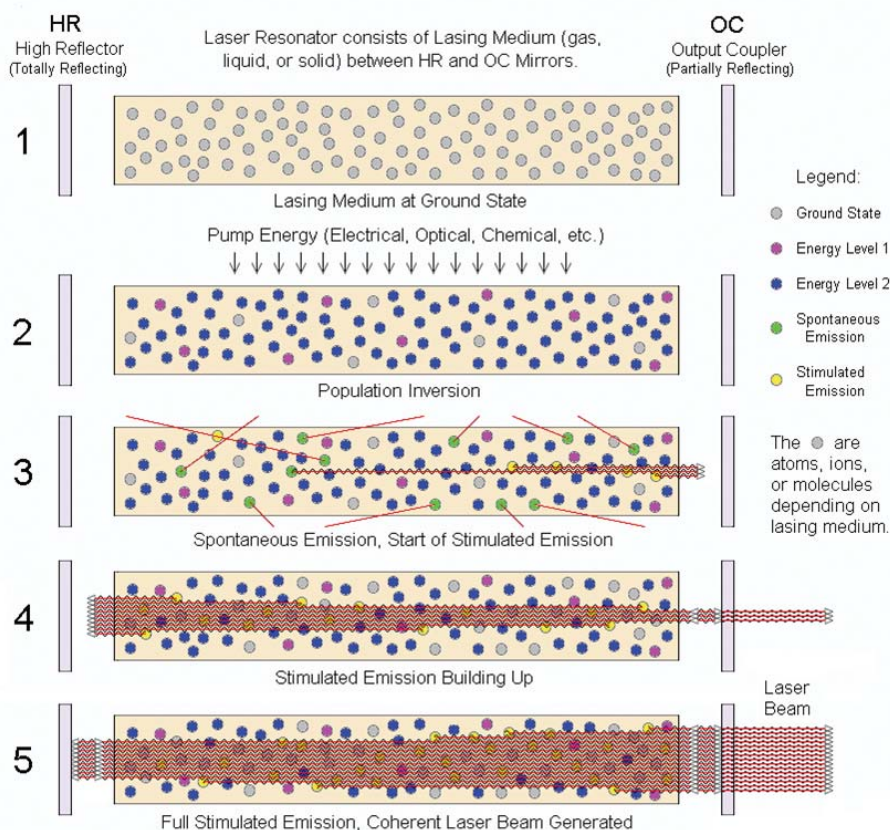
efeitos, sejam estes relativos ao tecido ou à própria radiação. Quanto às características dos tecidos, é preciso ter em conta a composição química, as propriedades ópticas (reflexão, absorção e dispersão) e as propriedades térmicas (condução). As características da radiação luminosa que irão influenciar o efeito do feixe sobre o alvo são a potência radiada, energia, o tempo de exposição e comprimento de onda. Podemos classificar os efeitos da interacção dos lasers com os tecidos em 4 tipos principais: fototérmico, fotoquímico, fotoablativo e fotodisruptivo.

O efeito fototérmico representa cerca de 80% das utilizações médico-cirúrgicas dos lasers. Neste, há geração de uma fonte de calor que resulta da absorção da radiação pelas moléculas que constituem os elementos celulares, extracelulares e tecidos. As propriedades térmicas do tecido (condução e difusão) permitem a transferência de calor para áreas não irradiadas. Este aquecimento induzido provoca a desnaturação ou destruição tecidual. Este efeito é usado principalmente em oncologia para elevar a temperatura, levando a uma situação de hipertermia que pode conduzir à coagulação, por exemplo, no tratamento de tumores obstrutivos ou à volatilização de tecidos, com radiações mais energéticas para tumores cutâneos. Os lasers utilizados têm densidades de energia moderadas e tempo de exposição desde os microsegundos aos segundos.

O efeito fotoquímico é usado para destruição tumoral com o auxílio de um fotossensibilizante, que é captado pelas células do tecido alvo de modo selectivo. Em seguida, é aplicada uma luz de determinado comprimento de onda e energia suficiente, sintonizada no espectro de absorção do fotossensibilizante. A presença de oxigénio é imprescindível para a formação de moléculas de oxigénio singuleto, extremamente reactivas, que levam à morte celular e, portanto, à destruição do tumor. Os lasers utilizados tem densidades de energia baixas e tempos de exposição da ordem dos segundos ou mais.

O efeito fotoablativo utiliza um laser de elevada densidade de potência que

Operações Básicas com Lasers



quebra as ligações moleculares, e os componentes tecidulares vaporizam-se. Permite a remoção de tecido muito bem demarcada com ausência de efeito térmico e mecânico. Os lasers mais comuns para este tipo de efeito são os lasers excimer, ou seja, lasers cujo o comprimento de onda se situa no ultravioleta.

O efeito fotodisruptivo conjuga um processo fotoablativo com uma danificação mecânica. O feixe ioniza átomos e forma plasma. Na fronteira da região ionizada há um grande gradiente de pressão que gera uma onda de choque provocando uma cavitação, isto é, há implosão de bolhas de plasma e posterior formação de jacto líquido a alta velocidade que aumenta o efeito de erosão de tecidos. Os lasers utilizados têm densidades de energia altas e tempos de exposição pulsados da ordem dos nanossegundos.

Para além dos exemplos de utilização dos lasers para tratamento de doenças, estes podem ainda ser utilizados para diagnóstico. As suas características de absorção e dispersão, efeito de Doppler, polarização, fluorescência e interferência das ondas luminosas são ideais para a aplicação de técnicas médicas de diagnóstico. São usados para mapeamento de estruturas como olho, através das diferentes intensidades de luz reflectida ou análise espectroscópica para detecção de substâncias no sangue ou outros fluidos. Uma aplicação bastante usada é a do efeito de Doppler, para medir velocidades de fluxo sanguíneo, por exemplo, nos capilares retinianos. As características de fluorescência podem ser usadas na detecção de diversas formas de cancro como o da boca, esófago, mama, pulmões, útero. Esta detecção baseia-se na diferente

Laser de diagnóstico e tomografia



indução de fluorescência em tecidos são ou cancerígenos por determinadas drogas estimulada por laser e posterior análise da luz proveniente da fluorescência. Já a polarização e a interferência são as características menos utilizadas, mas estão empregues principalmente na análise retiniana e na topografia de vários tecidos.

Os benefícios da aplicação dos laser na Medicina são inúmeros: maior precisão em atingir tecido danificado por doenças, redução do risco de infecção pois não há contacto real entre tecido e material, menos hemorragias e inchaço, redução da dor devido à selagem das terminações nervosas, não necessita de anestesia geral na maior parte dos casos e ainda, redução do tempo de hospitalização graças a um

procedimento minimamente invasivo.

Concluindo, a aplicação dos lasers na medicina é fundamental tanto agora como no futuro onde imensas aplicações destes ainda estão por descobrir... ■

Bibliografia:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Laser>
http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_applications
 Scientif American Brasil, Outubro de 2004, Ano 3 – nº29
http://linac.ikp.physik.tu-darmstadt.de/fel/laser_tissue.html
http://www.univ-lille2.fr/safelase/english/tiss_en.html
http://www.lap-america.com/ctsim_page.html

Participa na Pulsar

Gostas de Física? Gostarias de ver um artigo teu publicado na Pulsar?



A Pulsar está à procura de artigos relacionados com qualquer área da Física. Desde Astrofísica, Lasers e Plasmas, Partículas, Gravitação, GeoFísica a Computação Quântica, escreve sobre o que gostares mais.

Entra em contacto connosco por e-mail pulsar@nfist.ist.utl.pt com o teu nome, idade, contacto e uma pequena descrição do artigo.



Para mais informações:

www.nfist.ist.utl.pt/pulsar_index.html

Agenda Científica

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Palestras para escolas oferecidas por docentes do Departamento de Física da FCUL sobre as mais diversas áreas da Física

http://www.spf.pt/palestras_sul.pdf

Departamento de Física da Universidade do Porto

Anfiteatro - 120 do DFFC-UP

16 de Março - Das Estrelas ao Átomo - Domingos Barbosa
13 de Abril - Materiais "por medida" - João Pedro Araújo
27 de Abril - Forças de Atrito: uma caixa de surpresas - Paul Simeão Carvalho
11 de Maio - Do laser de rubi ao laser branco - Hélder Crespo
25 de Maio - Einstein e o "Annus Mirabilis" - Pedro Pina Avelino
8 de Junho - A unificação da Física - Carlos Herdeiro

Mais palestras e informações em:

http://www.spf.pt/palestras_norte.pdf

Pavilhão do Conhecimento

A Ciência e o Desporto (Exposição)

<http://www.pavconhecimento.pt>

Museu da Ciência da Universidade de Lisboa

Cursos de Introdução à Astronomia das 10:00 às 21:00

Nível I

Parte 1 - 05/03/2005

Parte 2 - 12/03/2005

Nível I

Parte 1 - 28/05/2005

Parte 2 - 04/06/2005

Nível II

Parte 1 - 09/06/2005

Parte 2 - 16/06/2005

Museu da Ciência em Quarto Crescente
Observações Astronómicas às 19:00

16/03/2005

13/04/2005

18/05/2005

15/06/2005

13/07/2005

<http://www.museu-de-ciencia.ul.pt>