

Física no Mundo

Uma aparente violação da Segunda Lei da Termodinâmica

O leitor já certamente observou o arrefecimento de um fluido (água, por exemplo) dentro de um recipiente. Mas já se interrogou como e por que é que o líquido arrefece? Decerto dirá, correctamente, que o arrefecimento ocorre por perda de calor através da superfície livre do fluido e das paredes do recipiente. A perda de calor através das paredes processa-se, principalmente, por radiação (em geral, infravermelha) e também por condução no ar circundante e convecção (correntes de ar quente). Estas perdas podem ser bastante atenuadas se as paredes forem constituídas por material isolador (como acontece nas garrafas termos). Nessas circunstâncias, restam as perdas através da superfície livre – mas como é transportado para lá o calor? Um importante mecanismo é a difusão, gerada por gradientes de temperatura. Igualmente importante é a formação de correntes de convecção dentro do fluido, as quais levam fluido mais quente (e, portanto, menos denso, isto é, mais leve) para a superfície, com simultânea descida de fluido mais frio (e, portanto, mais denso) da superfície para baixo. O mesmo acontece com bolhas de ar quente, no interior do fluido, que se libertam do fundo e transportam calor para a superfície. São estas bolhas que o leitor observa quando o líquido está a ferver – nessas circunstâncias, a tensão de vapor dentro da bolha iguala a pressão do fluido e a pressão adicional do ar dentro da bolha fá-la aumentar enormemente de volume, originando o característico fenómeno tumultuoso da ebulição. Tudo isto é bem conhecido e, em geral, estes dois mecanismos são os mais eficientes para o processo de arrefecimento. Mas ao leitor não terá escapado a importância do campo gravítico na génese desta convecção. É graças à gravidade que o fluido mais

quente sobe, o mais frio desce e as bolhas migram para a superfície. Então, leitor, como arrefece um líquido a bordo da Mir, em órbita à volta da Terra? Se o leitor for um dos astronautas a força da gravidade é compensada pela força centrífuga e, para si, não existe peso, como já se tornou tão comum observar.

A experiência foi efectuada numa das últimas missões desta estação espacial. Não se utilizou água, mas sim um fluido (hexafluoreto de enxofre) com uma temperatura crítica bastante acessível (45° C). O leitor recordará que a distinção entre as fases líquida e de vapor de um fluido desaparece num ponto muito particular do diagrama pressão-temperatura. É o chamado ponto crítico (designando-se por críticas as respectivas temperatura e pressão) e nesse ponto é enorme (realmente, diverge) a compressibilidade do sistema. O resultado da experiência foi, à primeira vista, surpreendente – começando com um fluido encerrado num recipiente, em equilíbrio térmico, observou-se que um ligeiro aquecimento da superfície do recipiente originava um enorme aquecimento do ar no interior das bolhas, como se calor fluísse espontaneamente das paredes (mais frias) para as bolhas (mais quentes), em evidente violação do Segundo Princípio da Termodinâmica. O que se passava neste sistema? Há um terceiro mecanismo para arrefecer um fluido – calor é transportado, por condução, das paredes do recipiente para o interior do fluido, originando uma ligeira dilatação térmica do fluido, a qual produz uma compressão das bolhas, daí resultando o seu aquecimento (por conversão do trabalho de compressão em calor). Ora, estando o fluido à temperatura crítica, a variação de volume das bolhas foi enorme (por ser muito grande a compressibilidade), o que gerou um grande aumento da temperatura das bolhas. Nas nossas circunstâncias quotidianas, este mecanismo (designado por efeito pistão) é muito menos eficaz que os outros atrás referidos – mas estando a



Estação espacial Mir.

convecção inibida na Mir, a compressão da bolha foi muito mais rápida do que o processo de remoção de calor por difusão. A surpresa inicial foi logo dissipada quando um físico calculou como devia variar a temperatura da bolha se não houvesse gravidade – o cálculo revelou-se em total acordo com a experiência. É claro (e a experiência mostrou-o) que o aquecimento das bolhas é um fenómeno transitório e que, passado tempo suficiente, o equilíbrio térmico volta a ser garantido. Mas as condições pouco habituais da experiência originaram uma situação de não-equilíbrio pouco usual e que durou alguns minutos, para surpresa dos próprios especialistas.

Se o leitor está interessado em mais pormenores desta curiosa experiência leia o artigo “Backward heat flow bends the law a bit”, vol. 288, p. 789 da “Science”, de 5/5/2000, bem como as referências aí citadas.

Eduardo Lage
Departamento de Física da Universidade do Porto
eslage@fc.up.pt

Medido melhor valor da constante gravitacional...

No encontro da American Physical Society (APS) em Long Beach (Califórnia), no passado mês de Abril, o físico Jens Gundlach, da Universidade de Washington (Seattle, Estados Unidos), anunciou uma medida de alta precisão da constante gravitacional, G. Apesar dessa constante, introduzida por Newton no século XVII, ser fundamental em Física, tem sido relativamente difícil de medir dada a pouca intensidade da força gravítica. O grupo de Washington reduziu a incerteza no valor de G de uma ordem de grandeza. O seu valor preliminar é $G = 6,7390 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$ com uma incerteza de 0,0014%. Combinando este novo valor de G com medidas feitas com o satélite Lageos (que usa posicionamento por laser de modo a registar a sua posição com uma precisão da ordem do milímetro) pode calcular-se uma massa nova, de alta precisão para a Terra: $5,97223 (+/- 0,00008) \times 10^{24} \text{ kg}$. Do mesmo modo, a massa do Sol fica

$1,98843 (+/- 0,00003) \times 10^{30} \text{ kg}$. O aparelho de Gundlach é parecido com a balança de torsão de Cavendish de há dois séculos: um pêndulo é obrigado a mover-se sob a influência de algumas massas. Mas, na nova experiência, as incertezas nas medidas são muito reduzidas devido a um mecanismo de “feedback” que faz mover as massas, diminuindo assim o movimento do pêndulo (ver <http://www.aps.org/meet/APR00/baps/vpr/layp11-03.html> e figuras em <http://www.aip.org/physnews/graphics>.)

... E a gravidade à escala sub milimétrica

A gravidade tem sido de há muito estudada para distâncias planetárias mas é muito difícil medi-la à escala terrestre, onde há campos eléctricos e magnéticos várias ordens de grandeza mais intensos do que os campos gravitacionais. No entanto, Eric Adelberger e os seus colegas, da Universidade de Washington, numa experiência diferente da de Gundlach, conseguiram medir a força da gravidade para distâncias tão pequenas como 150 microns, usando um pêndulo com a forma de um disco suspenso cuidadosamente por cima de outro e colocando uma membrana de cobre esticada entre eles para isolar força eléctrica. Adelberger apresentou também o seu trabalho no encontro da APS, numa sessão sobre gravidade a pequenas distâncias, um assunto que subitamente atraiu enorme interesse teórico e experimental devido a um novo modelo que supõe a existência de dimensões espaciais extra nas quais a força da gravidade pode actuar, mas não outras forças. Segundo Nima Arkani-Hamed, a gravidade é tão fraca precisamente por essa razão: “dilui-se” nas dimensões adicionais. Por outras palavras, as partículas normais estão “agarradas” ao nosso espaço-tempo convencional, ao passo que os gravitões são livres de se moverem para dimensões invisíveis. Uma implicação

deste modelo, testável com experiências pequenas como as de Adelberger, é que a força gravitacional pode desviar-se da lei do inverso do quadrado da distância para pequenas distâncias. Adelberger não observou um tal desvio para distâncias abaixo de algumas décimas de milímetro, pelo que vai explorar distâncias ainda menores. Para uma lista de experiências em curso, ver <http://gravity.phys.psu.edu/mog/mog15/node12.html>.

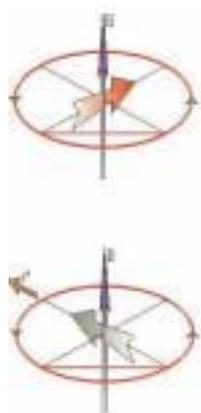
Uma outra implicação interessante do modelo introduzido há dois anos por Arkani-Hamed (e outros; ver “preprint” hep-th 9803315) é que a unificação das quatro forças conhecidas não tem necessariamente de ocorrer a energias de 10^{19} GeV mas sim possivelmente a energias de 10^4 GeV , uma escala de energias ao alcance do “Large Hadron Collider” em construção no CERN. As dimensões extra poderiam, por exemplo, manifestar-se em colisões próton-próton na forma de um aparente desaparecimento de energia, implicando que alguma energia da colisão fosse convertida em gravitões que desaparecem nas dimensões escondidas. Os gravitões produzidos desta maneira podem voltar ao nosso espaço tridimensional e decair em dois fotões. Os físicos já procuraram este tipo de acontecimento. Gregory Landsberg, da Universidade Brown (EUA), anunciou que na experiência D0, no Fermilab, foram observados alguns acontecimentos energéticos de dois fotões (incluindo um no qual a energia dos dois fotões chegou a 574 GeV, que foi a maior massa composta jamais vista naquela experiência). No entanto, essas observações não foram suficientemente frequentes para constituírem uma evidência para dimensões escondidas. De facto, a escassez de acontecimentos foi traduzida num limite inferior de 1300 GeV para a energia a que a unificação das forças poderá ter lugar.



Experiência de Gundlach

Campos magnéticos dentro de supercondutores

Campos magnéticos no interior de supercondutores foram medidos com elevada resolução espacial usando muões de baixa energia. Tal como escuteiros que vão à frente para explorar um terreno, muões (que são, essencialmente, electrões pesados) são enviados para dentro de um material onde existem campos magnéticos. Quando os muões (que actuam como pequenos magnetes, de início todos orientados na mesma direcção) entram na amostra, os campos magnéticos interiores obrigam o eixo magnético dos muões a rodar (precessar) de uma certa forma. Na altura em que os muões finalmente decaem (ver figura), uma das partículas-filhas, o positrão, transporta para os detectores informação sobre o campo magnético local da amostra. Todo este processo chamado Rotação de Spin do Muão (Muon Spin Rotation, μ SR), foi já usado com muões a energias relativamente elevadas (vários MeV), fornecendo “mapas” magnéticos com resoluções de décimas de milímetro. Mas, agora, investigadores da Universidade de Birmingham (Reino Unido) e do Instituto de Paul Scherrer (Suíça) usaram muões com uma energia muito mais baixa (10 eV – 30 keV) tendo obtido uma melhoria no mapa magnético até uma resolução de dezenas de nanómetros. Assim, podem agora ser medidos campos magnéticos em amostras de filmes finos de supercondutores a alta temperatura. Esses



Esquema da emissão de positrões por muões

filmes são importantes em micro-circuitos SQUID (e.g., magnetómetros) e filtros em estações de base para telefones móveis (Ver Jackson et al., *Physical Review Letters*, 22 / Maio / 2000).

Lasers do tamanho de microns

Lasers extremamente pequenos podem ser feitos a partir de produtos químicos, solventes, um prato quente e vasos de vidro, dispensando grandes instalações para nanofabrico. Hui Cao e colegas na Universidade Northwestern (EUA), construíram um laser cujo meio activo consistia de um pó desordenado de partículas de zinco. Conseguiram diminuir o tamanho do laser de pó (ver figura) para um micron e operar o dispositivo à temperatura ambiente. O comprimento de onda do laser é 380 nm (Cao et al., *Applied Physics Letters*, 22 / Maio / 2000).



Pó para laser

Partículas magnéticas em rotação livre

Partículas magnéticas num material nanocomposto podem originar um novo tipo de transformador. Os transformadores, que convertem a corrente eléctrica de uma tensão para outra, estão presentes em todos os níveis das redes de distribuição eléctrica. Feitos normalmente de metal (núcleos de ferro com enrolamento de cobre), os transformadores perdem energia devido a correntes de remoinho. Um trabalho realizado por Ron Ziolo e Javier Tejada da Universidade de

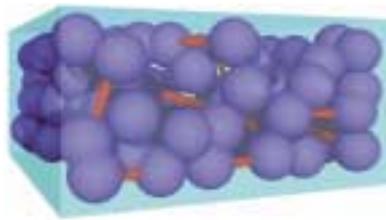
Barcelona (Xerox Lab., Espanha) poderá mitigar este problema ao criar pequenos transformadores que não sofrem os efeitos de correntes de remoinho. Aqueles físicos desenvolveram um material composto constituído por partículas de óxido de ferro com 5 a 10 nm alojadas numa matriz polimérica. Quando é ligado um campo magnético as partículas libertam-se o suficiente para terem algum espaço de manobra na sua vizinhança imediata. Apesar de não se moverem na matriz, são livres para rodar e precessar alinhando com os campos. Este material nanocomposto consiste em minúsculas partículas magnéticas dispersas num sólido polimérico, leve e isolador. Além de constituir um transformador sem perdas, os nanomagnetes poderão funcionar como interruptores-miniatura ou sensores em materiais inteligentes, ou como uma forma de blindagem para microondas. Também se espera que o material revele novas propriedades acústicas, térmicas e ópticas (Tejada et al., *Journal of Applied Physics*, 1 / Junho / 2000).

Genes e medicamentos em bolhas activadas por ultra-sons

Num encontro da Acoustical Society of America, Evan Unger, da Universidade de Arizona e ImaRx Therapeutics, em Tucson (Estados Unidos), apresentou novos usos de agentes de contraste de ultra-sons que são formados por bolhas do tamanho de microns injectadas no fluxo sanguíneo para efeitos médicos. Usadas tradicionalmente para aumentar a nitidez de imagens de ultra-sons do coração, uma vez que reflectem bem o som, as bolhas podem agora dissolver coágulos de sangue e conduzir genes e medicamentos a certos alvos do corpo. Introduzindo microbolhas nos vasos sanguíneos de coelhos e apontando-lhes ultra-sons, Unger e seus colegas dissolveram um coágulo de sangue, fazendo as bolhas aparecer naquele local e desfazer em pedacinhos o

coágulo. Além disso, a equipa de Unger também ligou de várias maneiras genes e medicamentos às microbolhas. Introduzindo bolhas contendo genes num animal e dirigindo ultrasons ao seu coração, os investigadores observaram quantidades significativas no coração de CAT-15, a proteína expressa no gene. Na terapia genética tradicional, o gene é fornecido por um vírus modificado, que pode por vezes causar reacções alérgicas. Mas as microbolhas activadas por ultra-sons podem fornecer uma alternativa segura e efectiva, uma vez que a aplicação de ultra-sons mesmo sem as bolhas parece em muitos casos aumentar a introdução de genes e drogas em células. Mesmo sem usar bolhas, Unger mostrou que os ultra-sons permitiam que a interleuquina-12, uma substância supressora de tumores, fosse 10 - 1000 vezes mais assimilada em ratos. Unger especulou que as microbolhas poderão ser usadas em exames de coração humanos primeiro para detectar a placa, depois para a dissolver se ela existir. Apesar de prometedoras, estas aplicações requerem mais investigação e desenvolvimento.

reflecte em vez de absorver ou transmitir luz) com o aumento de pressão. A transição isolador-metal é contínua e, em qualquer altura, o líquido pode ser uma mistura de átomos de deutério, íões de deutério e electrões livres, e mesmo alguns dímeros (moléculas de dois átomos), trimeros, tetrámeros, etc. Trabalhos anteriores com hidrogénio metálico sugeriram que o núcleo metálico de Júpiter é maior do que se julgava. O novo trabalho com deutério sugere também que, em virtude do processo contínuo de metalização, pode não existir uma fronteira nítida entre o núcleo metálico e o invólucro exterior molecular (Celliers et al., Physical Review Letters, 12 / Junho / 2000).



Esquema de deutério comprimido

Deutério metálico

Físicos do laboratório de Livermore (Estados Unidos) obtiveram a melhor evidência até agora de que o deutério é metálico a pressões de 50 GPa e a temperaturas de cerca de 8000 K. Estas condições estão próximas das que se supõem existir no interior de Júpiter. A experiência em causa usou o poderoso laser Nova para empurrar um pistão que, por sua vez, originou uma onda de choque e pressões elevadas numa amostra de deutério líquido. A pressões tão baixas como 20 GPa o deutério revelou tanto um aumento de compressibilidade (significando que as moléculas D_2 estão a ser desmembradas e comprimidas umas contra as outras; ver figura) como um aumento da reflectância (um sinal do comportamento metálico é que a amostra

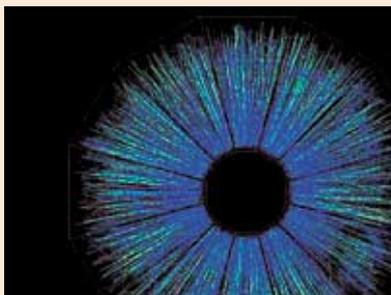
Isótopos não têm que ser radioactivos

De facto, os isótopos não têm de ser radioactivos para serem usados como traçadores em medicina e estudos ambientais. Daniel Murnick, da Universidade Rutgers (EUA), descreveu recentemente num encontro de Física Atómica, Molecular e Óptica como os avanços da espectroscopia óptica estão a transformar isótopos estáveis numa ferramenta médica útil e barata. Por exemplo, conduziram a um teste mais rápido e económico (já aprovado oficialmente) de respiração para infecções gastrointestinais criadas pela Helicobactéria pylori, uma bactéria que causa úlceras duodenais e outras doenças. No teste, um paciente engole uma pequena dose de uma ureia de compostos orgânicos, traçado com o isótopo carbono - 13. Se existirem aquelas bactérias, elas decompõem a ureia em

amónia e dióxido de carbono contendo C-13. Um pouco depois, técnicos recolheram a respiração exalada pelo paciente, que contém tanto C-13 como o isótopo mais comum C-12. As amostras de respiração são colocadas numa célula pequena contendo um par de eléctrodos com correntes eléctricas que fluem entre eles. São depois iluminadas com "laser de isótopo", uma fonte de luz sintonizada para uma transição energética num isótopo específico. Mas devido ao efeito optogalvânico o próprio isótopo responde à luz e passa a um outro estado de energia devido à condutividade entre os eléctrodos. Monitorizando as mudanças de corrente enquanto se excitam alternadamente C-13 e C-12 com diferentes lasers de isótopos, os investigadores detectaram razões C-13/C-12 anormalmente altas revelando a presença das bactérias. Murnick explicou como esta técnica pode também ser usada para monitorizar o CO_2 atmosférico, presente em concentrações 300 vezes menores do que na respiração humana.

Mini-Terra criada no laboratório

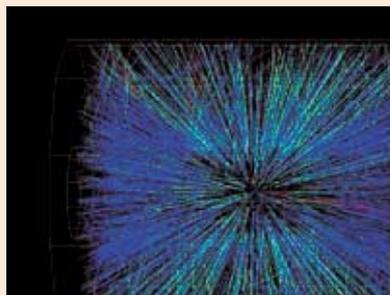
Os físicos reproduziram pela primeira vez no laboratório o mecanismo de dínamo de fluidos que produz o campo magnético terrestre. As correntes eléctricas produzidas pela circulação de ferro fundido e níquel que rodeiam o núcleo da Terra devem criar o campo magnético terrestre. Físicos lituanos e alemães mediram campos magnéticos produzidos em metais líquidos numa instalação especial em Riga, na Lituânia. Os campos correspondem à previsão da teoria de dínamos de fluidos (Physical Review Letters 84, 4365)



Primeiras imagens de colisões no RHIC

Primeiras colisões no RHIC

Num desenvolvimento há muito esperado, o Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) de Brookhaven (Estados Unidos), produziu as suas primeiras colisões em 12 de Junho quando investigadores registaram a colisão de iões de ouro (com uma energia de 30 GeV por nucleão) uns com os outros para gerar um fogo de artifício de cerca 1000 traços de partículas num padrão simétrico (ver figuras). Com quatro detectores avançados (BRAHMS, PHENIX, PHOBOS, e STAR), o RHIC visa produzir e estudar o plasma de quarks e glúões, uma sopa hipotética de quarks isolados e glúões



que se acredita ter existido no primeiro milionésimo de segundo depois do Big Bang. Depois, à medida que o universo se expandiu e arrefeceu, os quarks juntaram-se em grupos de dois e três muito difíceis de desmembrar (mesões e bariões, respectivamente) por estarem unidos por glúões. Com o objectivo eventual de atingir 100 GeV por nucleão em cada um dos dois feixes de iões pesados, as colisões do RHIC podem produzir temperaturas e densidades dezenas de milhares de vezes maiores do que as que existem no centro das estrelas. Além de criar o plasma, outros objectivos das colisões de iões a altas energias são fazer o que

deve ser a primeira medida bem definida da contribuição dos glúões para o spin dos prótons. Os físicos procuram também violações de simetrias tão fundamentais como P (paridade) e CP (carga-paridade) associadas até agora à força nuclear forte; a não-conservação de P e de CP só surgiu associada até agora à força nuclear fraca. Um dos primeiros encontros para discussão dos resultados do RHIC será a conferência “Quark Matter 2001”, em Long Island, Nova Iorque (EUA), em Janeiro de 2001.

As experiências do RHIC criaram controvérsia nalguns média que referiram a possibilidade de reacções descontroladas e destruidoras. Esses piores receios não se confirmaram...

(Comunicado de imprensa de Brookhaven em <http://www.pubaf.bnl.gov/pr/bnlpr060800.html>; ver Physics Today, Outubro / 1999.)

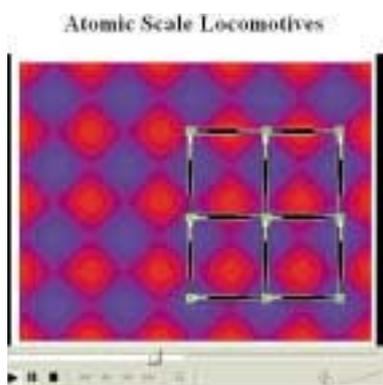
Locomotivas à escala atómica

A miniaturização produziu já vários exemplos de rotores com o tamanho do nanómetro, assim como rodas dentadas e engrenagens, mas ainda não nanomáquinas a vapor... Mas, para mover matérias primas numa plataforma em futuras nanofábricas são necessárias nanolocomotivas!

Cientistas na Universidade de Tel Aviv em Israel (dirigidos por Markus Porto) propuseram um modo de fazer isso. No seu esquema, a base de transporte consiste numa superfície corrugada, litograficamente preparada, algo com a forma de uma embalagem de ovos (à escala microscópica já que, a olho nu, a superfície parece lisa). O motor, na sua forma mais simples, consiste em três pequenos agregados de átomos metálicos ligados por duas “molas”. Cada mola é uma molécula fotocromó-

fora, uma molécula cujo comprimento pode ser expandido ou contraído incidindo luz. Assim, para fazer andar a máquina, a luz laser é disparada de cima e a molécula expande-se. E uma partícula metálica move-se de uma depressão na superfície. Correlacionando os impulsos de luz, a máquina

pode ser movida na superfície como uma minhoca (ver o filme em www.aip.org/physnews/graphics). A carga pode consistir, por exemplo, de cadeias inactivas de moléculas ou outros materiais atómicos acoplados à locomotiva e transportados para onde for necessário (Porto et al., Physical Review Letters, 26 / Junho / 2000).



Esquema da locomotiva atómica

Projecto do Genoma Humano

A próxima fase do projecto do genoma humano requererá o desenvolvimento de poderosos métodos de análise de dados para ajustar sequências genéticas com traços herdados, mutações e susceptibilidades a doenças específicas. “Estes desafios”, afirmou Francis Collins, director do National Human Genome Research Institute, em

Bethesda, EUA, “estão em muitos casos mais próximos do mundo das ciências físicas e de engenharia do que da biologia clássica”. De facto, pesquisando o arquivo das Physics News Update (www.aip.org/physnews/update) aparece 31 vezes “DNA”, assim como 4 vezes “genoma”. As notícias principais incluem uma conferência de imprensa da APS apresentando contribuições baseadas na Física para melhorar o método de sequenciação do DNA conhecido por electroforese de gel; os primeiros filmes de processos importantes como replicação do DNA; e a emergência de chips de DNA para analisar fragmentos genéticos em situações desde cenas de crime até diagnóstico de doenças. Uma busca semelhante em “genoma” no Online Journal Publishing Service (<http://ojps.aip.org/pibin/search?>), que está ligado aos jornais da AIP, relativa aos últimos seis meses, deu as seguintes entradas: Nilsson and Snode (Physical Review Letters, 3/ Jan / 2000) discutem limites de erro para “quase-espécies” em “paisagens de adequação” que modelam a evolução; Bornholdt e Rohlf (Physical Review Letters, 26 / Jun / 2000) descrevem a evolução topológica de redes dinâmicas como genes, redes neuronais, teias de alimentação e relações entre espécies; Viera (Physical Review E, Nov / 1999) escreve sobre propriedades estatísticas de 13 genomas microbiais completos; e Tanida (Optics Letters, 1 / Dec / 1999) descreve técnicas de computação óptica usadas para realizar alinhamentos de cordas na análise de genoma.

Há água em Marte?

Ravinas marcianas, talvez de há apenas alguns milhares de anos ou mesmo mais recentes, foram fotografadas pela Mars Global Surveyor, em órbita de Marte. Evidência de acção antiga de água na superfície marciana tinha sido notada antes, mas o poder de resolução superior da Global Surveyor mostra que o relevo cortado pela água se situa em

velhas formações rochosas. A presença de fluxos de água recentes, e não antigos, entrará decerto em discussões sobre a existência hipotética e a natureza de vida marciana (comunicado de imprensa da NASA, 22 / Jun / 2000; e Science, 29 / Jun / 2000.) Entretanto, a densidade de pequenos cristais de água num meteorito de Marte encontrado na Antárctica (uma rocha perdida por Marte há talvez 3 milhões de anos) indica que Marte pode ter um reservatório de água subterrâneo duas ou três vezes maior do que se pensava (Laurie Leshin, Geophysical Research Letters, 15 / Jul / 2000).



Vencida a barreira da velocidade da luz?

Surgiram notícias de que uma experiência detectou velocidades superiores à da luz. Segundo o jornal “Times”, de Londres (edição de 5 de Junho passado), impulsos de luz viajaram a velocidade 300 vezes superior à constante c através de uma câmara com célio gasoso especialmente preparado, estando os resultados já publicados na “Nature”. O trabalho foi realizado por Lijun Wang, dos Laboratórios da NEC, em Princeton (EUA). Velocidades apenas 25 por cento superiores à da luz foram também obtidas eventualmente com microondas por um grupo do

Italian National Research Council. Os problemas com o princípio da causalidade estão a ser discutidos...

Como produzir anamorfoses

Imagens anamórficas são aquelas em que a imagem pintada de um objecto foi distorcida de tal modo que o objecto só é reconhecível visto obliquamente ou num certo espelho curvo. Quem já tenha visitado a National Gallery, em Londres, pode ter visto a pintura de Hans Holbein “The Ambassadors”, na qual uma forma estranha no fundo da tela é vista como um crânio segundo um certo ângulo. As imagens anamórficas estiveram em moda no Renascimento, tendo Leonardo da Vinci e Dürer ensaiado essa técnica como parte dos seus estudos da perspectiva. Uma inovação do século XVIII consistiu em criar anamorfoses de pinturas de artistas famosos. Um livro do século XVII de Jean-François Nicéron expõe os algoritmos geométricos para produzir arte anamórfica (os casos planar e cónico são bastante fáceis mas os cilindros são difíceis), mas esta conexão matemática perdeu-se com o tempo. Agora, físicos da Universidade de Guelph (Ontario, Canada) deduziram de novo as equações de transformação necessárias para produzir anamorfoses (Hunt, Nickel e Gigault, American Journal of Physics, Março/2000; imagens em <http://physics.uoguelph.ca/>). Recorde-se que o Museu de Física em Coimbra mostra algumas anamorfoses oitocentistas, que foram analisadas por aqueles autores.



Anamorfoses