

# FÍSICA NO MUNDO

Microscópio de spin

Observado o hélio-9

Uma nova teoria para o Big Bang

Violação CP em mesões B

Puzzles atômicos

Maior densidade de armazenamento de dados

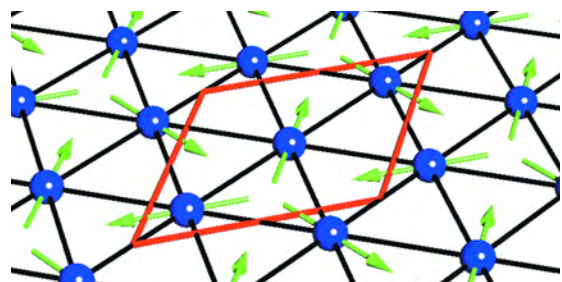
Capacidade calorífica negativa

O estranho momento magnético do muão

Materiais com "gaps" ultra-sónicos

## MICROSCÓPIO DE SPIN

A electrónica de polarização de spin, ou spintrónica, explora o facto do electrão ser não apenas uma partícula eléctrica mas também magnética. Tal facto aplica-se também ao microscópio de varrimento por efeito túnel (*Scanning Tunneling Microscopy*, STM). Uma colaboração Hamburgo-Juelich conseguiu revestir a ponta de um STM com material magnético que fornece uma corrente de electrões com polarização de spin (Spin Polarized, SP) passando por efeito túnel entre a ponta e a amostra (Heinze *et al.*, *Science*, 9/Junho/2000). O método SP-STM é usado não tanto para visualizar os átomos numa amostra mas mais para mapear o seu magnetismo. Anteriormente podia-se mapear o magnetismo num material extenso ou as propriedades magnéticas dos átomos de superfícies, filmes ou nanomagnetes difundindo neutrões nos átomos, mas apenas a uma escala de 10 nm ou maior. Com o SP-STM pode-se agora mapear o magnetismo de uma superfície a uma escala atómica. Um estudo ainda mais recente, do mesmo grupo, alarga o uso da SP-STM a tipos mais complexos de comportamento magnético, como o anti-ferromagnetismo, o helimagnetismo e ondas de densidade de spin. (Wortman *et al.*, *Physical Review Letters*, 30/Abril/2001; <http://www.flapw.de/art.html>)



Notícias adaptadas das "Physics News" do American Institute of Physics.

## OBSERVADO O HÉLIO-9

Produzir elementos novos superpesados é difícil já que um número arbitrário de neutrões e protões não irá necessariamente resultar numa arquitectura nuclear estável. O mesmo se verifica na produção de formas exóticas de núcleos leves. A forma principal do hélio consiste de dois neutrões e dois protões. Mas versões mais pesadas do hélio podem ser criadas em colisões produzidas em aceleradores de partículas. Um exemplo extremo é o He-8, que deve consistir de um núcleo de He-4 rodeado de um halo com quatro neutrões adicionais. A Natureza raramente nos oferece a oportunidade de examinar matéria de neutrões separada dos protões, pelo que o estudo de núcleos com halo se tornou uma das áreas mais "quentes" da física nuclear. Agora, numa experiência no National Superconducting Cyclotron Lab (NSCL) da Universidade Estadual de Michigan, nos EUA, físicos observaram, pela primeira vez, o estado fundamental de um isótopo ainda mais raro. Lançando um feixe de núcleos de Be-11 sobre um alvo de átomos de B-9, os investigadores deduziram que núcleos de He-8 movendo-se no laboratório com um neutrão à mesma velocidade podem agrupar-se de forma breve e fraca (apenas por  $10^{-20}$  s) para formar um núcleo de He-9. Neste caso, podemos pensar no último neutrão como constituindo um segundo halo além do halo interno de 4 neutrões. (Chen *et al.*, Physics Letters B, Abril / 2001).

## UMA NOVA TEORIA PARA O BIG BANG

A maior parte dos físicos quando interrogados sobre o que existia antes do *Big Bang* encolhem os ombros. Mas Paul Steinhardt de Princeton e vários seus colegas propuseram uma ideia que explica tudo. Revelada numa conferência no Instituto de Ciência do Telescópio Espacial, a nova teoria é chamada modelo equipirótico, de uma palavra grega que significa "em chamas". Qual é a tese principal? Que o presente

universo, preenchido irregularmente com galáxias, começou como um sítio frio uniforme que sofreu uma colisão com um outro universo. Este momento definidor semeou no nosso universo as irregularidades de matéria que mais tarde iriam originar as galáxias que vemos no céu. A nova teoria pretende resolver vários puzzles cosmológicos sem recorrer à "inflação", a era hipotética em que o jovem universo se expandiu num curto período a uma velocidade superluminal. Estes puzzles incluem:

- (1) a geometria plana (o nosso universo parece não ter uma curvatura global);
- (2) homogeneidade (as partes mais distantes do céu parecem, ao contrário do que seria razoável, estar à mesma temperatura);
- (3) irregularidade (as galáxias terão de surgir de alguma forma);
- (4) monopolos (não são observados defeitos topológicos esperados). Um sumário do modelo afirma que a nova ideia pode ser testada experimentalmente já que efectua previsões relacionadas com ondas gravitacionais e polarizações do fundo cósmico de microondas.

(<http://xxx.lag1.gov/format/hep-th/0103239>)

## VIOLAÇÃO CP EM MESÕES B

Os mesões B e os anti-mesões B têm a mesma semi-vida, mas as diferenças subtis na maneira como decaem indicam uma preferência da matéria sobre a anti-matéria, pelo menos no nosso sector do universo. Crê-se que a explicação deriva de certas simetrias básicas, ou falta delas, no modo como ocorrem as interacções entre partículas. Uma dessas simetrias é a paridade (P): uma interacção física deve ser a mesma quer seja vista directamente quer o seja num espelho (tridimensional). Uma segunda e importante proposição de simetria, denominada conjugação de carga (C), diz que uma interacção deve ser a mesma ainda que se substituam as partículas pelas respectivas anti-partículas. Experiências nos anos 50 e 60 mostraram que interacções associadas à força nuclear fraca não só podem violar as simetrias C e P, mas também a simetria combinada CP e foi este facto, tal qual um gene defeituoso que raramente se expressa, que, ao longo do tempo cosmológico, con-

duziu à aparente extinção da anti-matéria em grande escala. A violação CP foi primeiro estudada nos anos 60 com o decaimento assimétrico de mesões K, que possuem quarks estranhos. Os teóricos acreditam que a violação CP em mesões B (contendo um quark bastante mais pesado, o quark "bottom") devia ser mais proeminente, embora os Bs sejam, eles próprios, mais difíceis de produzir do que os Ks. Há dois anos, o Fermilab publicou uma medida rudimentar de violação CP em mesões B baseada nos acontecimentos raros escolhidos em colisões de protões com anti-protões. A produção de mesões e antimésões é a principal actividade na fábrica de Bs no SLAC. Agora, os cientistas do detector BaBar nessa fábrica de Bs revelaram os seus primeiros resultados oficiais num seminário do SLAC

(<http://www.stanford.edu/dept/news/pr/00/bfactbg124.html>), e esses resultados constituem, para já, a melhor prova da violação CP em mesões B. O principal parâmetro utilizado para indicar violação CP é  $\sin(2\beta)$ , e o valor medido de BaBar é 0,34, com uma incerteza de 0,20, uma exactidão duas vezes maior do que o valor anterior. Resultados do grupo do detector Belle no laboratório KEK no Japão, outro laboratório pioneiro dedicado ao estudo de mesões B, estão agora também disponíveis; um "preprint" refere o valor de 0,58 para  $\sin(2\beta)$ , com uma incerteza de cerca de 0,33 (<http://xxx.lag1.gov/list/hep-ex/new>). As incertezas destas medições preliminares iriam, assim, impedir uma afirmação definitiva sobre a magnitude da violação CP ou sobre um acordo provável com estimativas teóricas. Tanto BaBar como Belle submeteram os seus trabalhos à "Physical Review Letters".



O detector Belle

## PUZZLES ATÓMICOS

As lacunas em superfícies de cristais são buracos onde faltam átomos em redes que, de outro modo, seriam regulares.

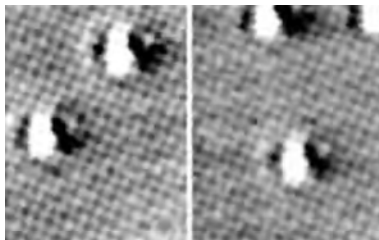
Os cientistas têm suspeitado que as lacunas são responsáveis por movimentos nos cristais quando os buracos trocam de lugar com átomos, conduzindo a bolhas de tamanho atômico que percolam nas faces do cristal.

Agora, investigadores holandeses (R. van Gastel, da Universidade de Leiden) conseguiram medir o movimento das lacunas num cristal de cobre, descobrindo que elas são surpreendentemente móveis. A descoberta reveste-se de grande importância para a indústria de semicondutores e para as tecnologias que se baseiam em pequenas estruturas em superfícies, que podem ser destruídas gradualmente pelo movimento mediado pelos defeitos. Os investigadores utilizaram um microscópio de varrimento por efeito túnel (STM) para estudar o movimento das falhas monitorizando as posições de átomos de índio embutidos numa rede de cobre. Como as lacunas se movem rapidamente, trocando de lugar com os átomos a centenas de milhões de vezes por segundo (à temperatura ambiente), os STMs, relativamente lentos, não conseguem visualizar directamente as lacunas. Em vez disso, os cientistas calcularam o movimento das lacunas detectando as posições dos átomos de índio. De uma imagem para outra, os átomos de índio exibiam saltos longos que resultavam de múltiplas interacções entre as lacunas.

Essencialmente, os átomos de índio movem-se através do cristal de cobre como as peças individuais de puzzles infantis em que as peças deslizam (ver imagem, extraída de <http://www.aip.org/physnews/graphics>).

Embora a alta mobilidade das lacunas possa constituir uma má notícia para os fabricantes de micro-estruturas, as novas descobertas ajudarão a otimizar os procedimentos de produção de cristais, que são vitais para a indústria de semicondutores. Em trabalhos futuros, os investigadores planeiam criar lacunas artificiais removendo, selectivamente, átomos de uma superfície de cristal arrefecida. Desde que o cristal seja suficientemente arrefecido, as

lacunas deverão mover-se lentamente para surgirem nas imagens do STM. (R. van Gastel *et al.*, *Physical Review Letters*, 19/ Fevereiro/ 2001)



Átomos de índio em movimento

## MAIOR DENSIDADE DE ARMAZENAMENTO DE DADOS

Uma densidade de armazenamento de dados de 100 Gbits por polegada quadrada ou mesmo maior poderá ser viável utilizando um meio magnético especial, conforme foi demonstrado por físicos da IBM em Almaden. As unidades de disco de maior densidade armazenam até 20 Gbits por polegada quadrada. Nos últimos anos, aumentar a densidade de armazenamento de dados significava diminuir o número de grãos magnéticos necessários para guardar um bit de dados de uma centena para algumas centenas e significava também encolher o tamanho dos

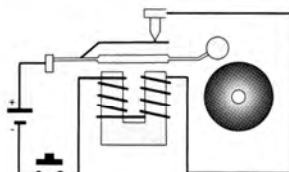
próprios grãos. Um meio estruturado permite uma abordagem diferente. Cortando o meio magnético com um feixe de iões focalizado, criam-se redes de ilhas magnéticas isoladas.

Charles Rettner, Bruce Terris e colegas da IBM mostraram que, quando se criam ilhas suficientemente pequenas (abaixo de 130 nm), cada uma só terá um único domínio magnético. Dado que cada bit é, agora, um único domínio magnético, os domínios são suficientemente grandes para serem termicamente estáveis (não susceptíveis a inversões por excitação térmica à temperatura ambiente) mesmo a altas densidades areais de bits. A equipa da IBM demonstrou a escrita e leitura em grupos estruturados em densidades até 100 Gbits por polegada quadrada. As amostras do laboratório são ainda bastante pequenas e o método de estruturação tem de ser ampliado, de forma económica, em muitas polegadas quadradas antes de realmente se poderem produzir produtos. A tecnologia de base tem também de acompanhar este processo, incluindo cabeças avançadas de escrita-leitura, que possam voar com segurança sobre a superfície do meio estruturado, e actuadores mecânicos capazes de posicionar a cabeça com precisão sobre bits de dados com apenas algumas dezenas de nanómetros. (Lohau *et al.*, *Applied Physics Letters*, 12/ Fevereiro/ 2001).



Telefs.: 21 9588450/1/2/3/4    Telefax 351 21 9588455  
Rua Soeiro Pereira Gomes; 15 - R/C Frente  
BOM SUCESSO - 2615 ALVERCA  
PORTUGAL

## MATERIAL DIDÁCTICO



FÍSICA

## CAPACIDADE CALORÍFICA NEGATIVA

Físicos da Universidade de Freiburg, na Alemanha, realizaram uma experiência em que agregados de átomos de sódio arrefecem quando recebem energia. Os agregados, consistindo tipicamente de 147 átomos, são produzidos enviando um feixe de hélio frio sobre uma superfície de sódio em ebulição. Isto leva à formação de agregados num processo semelhante à formação de nuvens no ar. Os agregados são varridos pelo gás hélio para um compartimento onde são aquecidos ou arrefecidos a determinadas temperaturas. Depois, os agregados são seleccionados de acordo com o seu tamanho e irradiados por laser. A luz laser pode fragmentar os agregados. O grupo de Freiburg desenvolveu um método para ler a energia (isto é, a energia antes da luz laser ser absorvida) a partir do padrão de fragmentação.

Perto do ponto de fusão do agregado, a energia interna medida pode diminuir mesmo quando a temperatura aumenta. Tal pode parecer contraintuitivo, mas faz sentido teoricamente, não sendo violada nenhuma lei da Termodinâmica. A capacidade calorífica negativa pode ocorrer em sistemas como estrelas e núcleos atômicos que sofrem processos da fragmentação, mas esta é a primeira vez que o fenómeno é observado experimentalmente em agregados atômicos (Schmidt *et al.*, *Physical Review Letters*, 12/ Fevereiro/ 2001).

## O ESTRANHO MOMENTO MAGNÉTICO DO MUÃO

Ao desenvolver uma teoria mais avançada para descrever o modo como os electrões interagem com a luz, Richard Feynman e outros físicos mostraram que certos problemas matemáticos associados à teoria quântica, tais como cálculos originando infinitos, podiam ser evitados redefinindo o electrão. Tal poderia ser feito levando em conta todas as interações possíveis do electrão com combina-

ções diferentes de partículas virtuais escondidas no vácuo universal. Estas interações, retratadas graficamente em diagramas de Feynman (que ele inventou precisamente para esse propósito), servem para "renormalizar" o electrão e, neste processo, controlar todas as catástrofes matemáticas da teoria anterior. A teoria de Feynman, a Electrodinâmica Quântica (QED), foi expandida para levar em conta as forças nucleares fracas e fortes. Uma das previsões feitas pela QED (quando incluída no modelo padrão) é que a intensidade do magnetismo intrínseco do electrão, o seu momento magnético, deveria afastar-se ligeiramente do seu valor na ausência de interações com partículas virtuais. Os físicos testaram prontamente esta afirmação uma vez que se trata de uma área em que a teoria e a experiência podem ter uma precisão muito elevada.

No entanto, na prática utilizam-se frequentemente muões em vez de electrões já que a alteração esperada para o momento magnético aumenta com a massa e o muão é 200 vezes mais pesado do que o electrão, o que compensa a dificuldade em fazer muões (estes não existem em condições normais) e em fazê-los decair rapidamente (mas não antes de poderem ser estudados).

Cientistas em Brookhaven, observando o decaimento de um milhar de milhão de muões, detectaram um momento magnético mais anormal do que o modelo padrão prevê. Os novos resultados, fornecidos num seminário em Brookhaven correspondem a uma discrepância de 2,6 desvios-padrão em relação ao modelo padrão, uma afirmação ainda não definitiva mas suficiente para originar uma discussão sobre explicações exteriores ao modelo normal. Estas incluem o efeito de hipotéticas partículas "supersimétricas". Entretanto, a equipa da experiência continua a analisar uma amostra de dados cerca de quatro vezes maior do que a actual, estando por isso previstos para breve alguns testes de precisão ainda mais elevada.



Laboratório de muões de Brookhaven

## MATERIAIS COM "GAPS" ULTRA-SÔNICOS

Materiais deste tipo estão para as ondas de som como os semicondutores estão para os electrões e os materiais com "gaps" (intervalos de bandas) fotónicos para as ondas de luz permitem algumas energias — e frequências — mas não outras. Espera-se fabricar o equivalente acústico de vários elementos electrónicos e ópticos, tais como espelhos, lentes, até mesmo interruptores e "transístores" em futuros circuitos integrados acústicos. O problema é que, tal como acontece com a parte óptica, tem sido difícil conseguir a exclusão completa de certas bandas acústicas em materiais "fonónicos". No entanto, um grupo de físicos espanhóis produziram uma "cunha" ultra-sónica que, mesmo sem ter um desempenho perfeito, pode dividir um feixe de ondas sonoras ou desviar o som de um ângulo de 90 graus. No Instituto de Física Aplicada de Madrid os investigadores criaram um material consistindo de cilindros de mercúrio inseridos num filme fino de alumínio. Os investigadores notaram que as ondas sonoras, ao refractar no seu aparelho, não seguem a lei de Snell, a equação clássica governando a propagação das ondas quando passam de um meio para outro, um fenómeno (provavelmente relacionado com a interacção entre as ondas e o ambiente cristalino composto da "cunha") que pode ser aplicado ao caso das ondas de luz. (Torres *et al.*, *Physical Review Letters*, 7/ Maio/ 2001).