

## O que há de novo?

Nesta secção são apresentadas notícias e curtos resumos sobre recentes descobertas em Física e áreas afins, idelas novas que surgem, progressos experimentais com impacto na sociedade, etc.

Procurar-se-á efectuar uma cobertura selectiva do noticiário que vai aparecendo numa série de revistas de actualidade, nomeadamente: *Physics World (PW)*, *Scientific American (SA)*, *Enciclopedia Britânica (EB)*, *Nature (N)*, *La Recherche (LR)*, *Physics Today (PT)*, *Europhysics News (EN)*, *European Journal of Physics (EJP)*, *American Journal of Physics (AJP)*, *New Scientist (NS)*, *Sciences (S)*, *Physics Teachers (PTE)*, *Computers on Physics (CP)*, *Physics Education (PE)*, *Science Education (SE)*, *International Journal of Science Education (IJSE)*.

Para esta cobertura contamos desde já com a colaboração de *Eduardo Lage (PW, SA, EB)*; *Matos Ferrelra (N, LR)*; *Carlos Fiolhais (PT, EN, NS)*; *Ana Noronha (S)*; *J. Lopes dos Santos (EJP)*; *Margarida Telo Gama (AJP)*; *Marília Thomaz (PTE, SE, IJSE)*; *António Moreira Gonçalves (CP)*. *Agradecem-se outras colaborações para esta secção.*

### Curso Básico Universitário de Física da UNESCO - UNESCO University Foundation Course in Physics -

S. Raitner, responsável pelo Programa de Física da Divisão de Ciências Básicas da UNESCO, chama a atenção para um projecto que a UNESCO está a desenvolver e que poderá interessar a todos os Departamentos de Física. O projecto tem dois objectivos — planear e desenvolver um melhor curso de Física Básica e estimular a cooperação regional ou internacional no ensino da Física. Apresenta-se, aqui, um sumário do seu extenso artigo.

Tanto nos países em vias de desenvolvimento como nos países mais industrializados sente-se como inadequado o ensino da Física Introdutória (em geral, 2 semestres no 1.º ano de licenciatura) para alunos cuja opção profissional *não* é a Física (por exemplo, engenharia, química, biologia, matemática, medicina, etc.). Os programas parecem só contemplar a Física do início do século; as aulas laboratoriais, com a massificação do ensino e deficiências de apetrechamento conhecidas, não existem ou estão desfasadas do ensino teórico; os alunos saem com a ideia de uma Física demasiado artificial e abstracta.

A UNESCO pretende corrigir esta situação e propõe-se apresentar um curso «padrão» que poderá servir, localmente, como modelo para o ensino de Física a nível introdutório, dando a garantia de uma certa aceitação universal, facilmente renovável com o avanço da ciência e procurando cobrir áreas multidisciplinares, por quebra das barreiras tradicionalmente existentes nos cursos

introdutórios (exemplos: fontes de energia e ambiente, física do solo, radiação e vida). O Curso Básico Universitário de Física supõe que os alunos tenham estudado Física a nível pré-universitário, prevê um total de 180 horas de aulas (teóricas, laboratoriais, resolução de problemas, tutoriais, aprendizagem através do computador, etc.) distribuídas por dois semestres no 1.º ano de licenciatura, e será constituído por:

- um *núcleo* (ocupando 50-70% do tempo), destinado a todos os alunos e efectuando a preparação geral/introdutória (dinâmica de partículas, termodinâmica e física estatística, oscilações e ondas, electromagnetismo, aspectos quânticos de fenómenos microscópicos).

- *módulos* dedicados a tópicos especiais, cada um com a duração de 1-3 semanas, abordando temas de Física contemporânea, tecnologias, interesses multidisciplinares, regionais ou nacionais específicos, para além, evidentemente, de temas que atendam às orientações profissionais dos alunos. Não devendo haver restrições na escolha dos módulos, estes devem desenvolver-se de forma autosuficiente mas apresentando objectivos limitados e bem definidos. Alguns módulos poderão ser apenas «teóricos», outros inteiramente «experimentais», mas a maioria será misto. Os módulos já elaborados acompanham-se de textos (com vários níveis de dificuldade e referências a artigos relevantes e realização de problemas para casa), demonstrações, experiências laboratoriais, meios audiovisuais, programas de computador, etc. As experiências são baseadas em material existente ou que possa ser adquirido localmente.

O fio condutor que dá coerência ao curso é uma visão histórica que apresenta a Física como uma aventura humana. A Comissão Internacional, que actualmente estrutura o curso, pretende que os programas sacrifiquem o detalhe no tratamento (como hoje é universalmente praticado) por troca com uma discussão mais profunda e extensa das ideias-chave da Física, e aponta para a formação de um espírito inquiridor no aluno, desenvolvendo capacidades natas para o desempenho experimental e levando-o a apreciar a cultura da ciência.

*Qualquer físico ou grupo de físicos pode propor um módulo. A proposta será analisada pela Comissão Internacional e, se aprovada, a UNESCO apoiará com US\$3.000, devendo o trabalho ficar completo em 12 - 18 meses para finalmente poder vir a ser distribuído. Para mais pormenores, deverá ser contactada a Delegação Nacional da UNESCO.*

*Physics World*, Feb. 1993, p. 53

E. L.

### Ordem através da desordem

A entropia é um conceito misterioso. A Termodinâmica ensina que a entropia de um sistema aumenta se ele receber calor (energia) e que um sistema isolado evoluirá sempre para um estado de máxima entropia. A interpretação destes resultados deve-se a Boltzmann, que mostrou ser a entropia o (logaritmo do) número de maneiras de arranjar os átomos pelos estados que lhes são acessíveis — quanto mais estados houver, maior é a desordem, e maior é a entropia. Damos energia ao sistema? Podemos distribuí-la de muitas maneiras pelos átomos, e por isso a entropia aumenta. O sistema está isolado? Os átomos, nos seus movimentos incessantes, explorarão todas as possibilidades ao seu alcance (isto é, o seu espaço da fase), até que nenhuma sobre — é o estado de máxima entropia.

Mas numa transição de fase um sistema passa para um estado de maior ordem, menor entropia. Como é isso possível? Ao passar de líquido a sólido, por exemplo, a água perde entropia, porque o sólido (cristalino) é mais ordenado que o líquido. Mas também perde energia (calor latente) que ao passar para o «resto do Universo» vai aumentar a entropia deste. O balanço *total* é positivo — a água gela.

São conhecidas transições meramente entrópicas, isto é, não envolvendo trocas de energia. Numa tal transição, o sistema terá, então, de aumentar a sua entropia, isto é, tornar-se mais desordenado. Como é possível essa

transição? Imagine o leitor que tem várias gavetas, todas igualmente divididas em pequenos compartimentos. Suponha que cada gaveta tem um baralho de cartas, distribuídas pelos compartimentos. Que acontece se misturar as cartas de todas as gavetas, numa única gaveta, diferente, com menos compartimentos? A mistura aumenta a desordem (maior entropia de configuração), mas cada carta tem menos compartimentos à sua disposição (menor volume, maior ordem, menos entropia). Quem ganha? Isso depende da densidade — muitas cartas por compartimento e a mistura terá maior entropia ficando um estado «líquido». Mas poucas cartas por compartimento favorecem a opção «sólido», isto é, separação em gavetas.

Recentemente, este tipo de transição foi observada — as «cartas» são partículas «grandes» e «pequenas» de polimetilmetacrilato (!), entre as quais existe forte repulsão e se comportam como esferas duras, modelo aceitável face a simulações de computador que testaram a hipótese. A transição é determinada pela razão dos tamanhos moleculares, isto é, pela densidade. Teoria e experiência mostram que, dependendo da densidade, as partículas podem formar um sólido, com um arranjo molecular complicado (tipo  $AB_{13}$ ) dentro da cada célula — os «baralhos» separam-se em «gavetas». Para outras densidades, o líquido (ou estruturas simples) são preferidas — as cartas misturam-se.

O leitor curioso encontrará um excelente artigo-síntese de D. Frenkel no número de Fevereiro do *Physics World* (pág. 24) — aí se referem os trabalhos de investigação recentemente efectuados e se citam os artigos originais sobre tão interessante tema.

*Physics World*, Feb. 1993, p. 24

E. L.

### Buracos negros e o paradoxo da força centrífuga

Qual é a direcção da força centrífuga? Toda a gente sabe — é a direcção «para fora» de uma curva, a direcção que nos afasta do centro de curvatura. De facto, recordemos rapidamente conceitos elementares de dinâmica. Imaginemos um corpo que, por exemplo, gravita em torno de outro, descrevendo uma trajectória circular, como acontece com a Terra em relação ao Sol. Para um observador no Sol, a Terra e todos os objectos que nela se situam são atraídos gravitacionalmente pelo Sol e, *por isso*, descrevem uma trajectória curva (uma cónica, em geral), no caso circular, — a força gravítica iguala o produto da massa pela aceleração centrípeta

( $v^2/R$ , onde  $v$  é a velocidade orbital e  $R$  é o raio da circunferência). Para nós, na Terra, o raciocínio pode ser outro — qualquer objecto em repouso na Terra é actuado por duas forças que se equilibram — a atracção gravítica, dirigida para o Sol, e a força centrífuga, contrária, portanto, à direcção do Sol. A força centrífuga atira-nos para fora da trajectória, como qualquer passageiro de automóvel se recordará ao entrar um pouco mais depressa numa curva apertada.

Sabemos, desde que Einstein o mostrou (1915), que o campo gravítico também actua sobre a luz, desviando-a da linha recta que seguiria na ausência daquele campo. É o célebre desvio dos raios luminosos, primeiramente detectado por Eddington (1919) na vizinhança do Sol e que hoje recebe admirável confirmação nas espantosas «miragens» de quasars distantes, cada um apresentando imagens duplas (ou, mesmo, anéis) uma vez que os raios luminosos foram encurvados por um poderoso campo gravítico, qual lente gigantesca, localizado entre eles e nós. A acção da gravidade sobre a luz sugere uma questão interessante — o que é uma linha recta? Não ensinamos que a luz se propaga em linha recta, num meio homogéneo, como o vazio? A resposta estará sempre certa se por linha recta entendermos uma geodésica, a linha que define a distância mais curta entre dois pontos — no plano é a linha recta habitual, numa superfície esférica é um meridiano, no espaço-tempo onde vivemos é a trajectória da luz. Esta, quando projectada no espaço tridimensional a que estamos habituados, poderá parecer curva da mesma maneira que uma recta projectada numa esfera parece curva.

O campo gravítico pode ser tão forte (como junto a um buraco negro) que a luz siga uma trajectória circular — isso acontece quando o raio dessa trajectória for 1,5 vezes maior que o raio de Schwarzschild, sendo este a

distância, ao centro do Buraco Negro, abaixo da qual a luz não consegue escapar, mesmo se enviada radialmente. Imagine, agora, o leitor que construímos, em volta do Buraco Negro, um tubo com a forma de anel, em cujo eixo colocamos, espaçadamente, lâmpadas acesas. Se a massa do Buraco Negro for pequena, a luz é pouco desviada e, olhando ao longo do tubo, vê-lo-emos encurvar para a direcção onde se encontra o Buraco Negro, para a esquerda, por exemplo. Também, se deslocarmos um objecto ao longo do tubo, diríamos que a força centrífuga actua para a direita. Suponha, agora, que o Buraco Negro tem uma massa tal que a trajectória da luz é circular, coincidindo com o eixo do tubo. Assim, se olharmos para as lâmpadas acesas, vê-las-emos umas atrás das outras, em linha recta (de facto, uma pequena reflexão mostrará que observamos as nossas costas; e podemos, até, ver os gestos que fizemos algum tempo antes!). Um objecto movendo-se ao longo do eixo do tubo segue, para nós, uma linha recta, não está sob a acção de qualquer força centrífuga.

Mas o que acontece se aumentarmos, ainda mais, a massa do Buraco Negro? Agora, a luz das lâmpadas é logo desviada para o Buraco Negro: a luz que nos chega aos olhos tem de seguir uma trajectória mais curva que o eixo do tubo — de facto, a luz chega-nos da direita. Logo, um objecto movendo-se ao longo do eixo do tubo mostrar-se-á a curvar para a direita e, portanto, a força centrífuga actua para a esquerda. Isto é, a força centrífuga aponta para o interior da trajectória.

Ficção? É, pelo menos, o resultado da teoria da relatividade geral e este «paradoxo» (que não o é — será antes a destruição dos nossos preconceitos) encontra-se num interessante artigo de M. A. Abramowitz, no número de Março 93 da Scientific American.

Scientific American, Março 93

E. L.

## PUBLICIDADE NA GAZETA DE FÍSICA (por número) 1993

Verso da contra-capas (preto e branco).....	50.000\$00
Página Interior (preto e branco).....	40.000\$00
1/2 página Interior (preto e branco).....	25.000\$00
1/4 página Interior (preto e branco).....	15.000\$00
1/8 página Interior (preto e branco).....	10.000\$00

- Os Sócios Colectivos da S.P.F. têm um desconto de 30 % nos custos da publicidade inserida nas páginas interiores da Gazeta e um desconto de 20 % nos custos da publicidade inserida no verso da capa, na contra-capas e no verso da contra-capas.
- Os contratos anuais de publicidade (quatro números), para empresas não sócias da S.P.F., têm um desconto de 20 %.

• **Informações:** Maria José Coucelro, Sociedade Portuguesa de Física,  
Av. da República, 37 - 4.º • 1000 Lisboa • Tel.: (01)7973251 • Fax: (01)7952349