

# O mistério da origem da energia escura

Lawrence M. Krauss (Tradução: Ana Sampaio)

**PODEREMOS ESTAR A VIVER AGORA UMA ÉPOCA MUITO ESPECIAL, A ÚNICA ÉPOCA NA HISTÓRIA DO UNIVERSO EM QUE É POSSÍVEL INFERIR A EXISTÊNCIA DE ENERGIA ESCURA, OBSERVANDO A EXPANSÃO DO UNIVERSO.**

Em 1998, recorrendo a observações relativas à velocidade de recessão de supernovas distantes, dois grupos de astrónomos fizeram uma das descobertas cosmológicas mais profundas e revolucionárias dos últimos tempos. Utilizando as chamadas supernovas do Tipo 1a (caracterizadas pelo espectro específico de cores emitido pela estrela que explodiu) como “velas padrão” para determinar a distância às galáxias longínquas onde essas supernovas se encontravam, e medindo igualmente o desvio para o vermelho dessas galáxias, para determinar as suas respectivas velocidades de recessão cósmica, concluíram que o nosso Universo não só não está a

reduzir a velocidade da sua expansão, conforme se esperaria de qualquer universo sensato, como, pelo contrário, está a aumentá-la! Um universo em aceleração exige algum tipo de antigravidade cósmica a controlar a expansão. Essa repulsão gravitacional poderá surgir, se dotarmos o espaço vazio de energia!

**FOI A OBSERVAÇÃO DIRECTA DE UM UNIVERSO EM ACELERAÇÃO QUE TORNOU CLARO QUE A VISÃO DA EVOLUÇÃO DO UNIVERSO E DO SEU FUTURO TEM DE SER ALTERADA**

Muito embora vários de nós, físicos teóricos, tenhamos defendido há alguns anos que alguma coisa semelhante a “energia escura” terá de existir, ao nível que foi agora confirmado pelos dados da supernova, para poder explicar aquilo que de outra forma seriam inconsistências noutras observações cosmológicas, podemos dizer que foi a observação directa de um universo em aceleração que tornou claro para toda a comunidade que a nossa visão não só da actual evolução do universo, mas também do seu futuro a longo prazo, tem de ser alterada.

Além disso, o facto de a energia escura ser completamente inexplicável a partir das nossas teorias fundamentais da físi-

ca significa que a compreensão da sua natureza nos forçará inevitavelmente a rever a nossa concepção dos primeiros momentos do Big Bang. É por isso que é tão entusiasmante tentar resolver o mistério da origem e da natureza desta forma exótica de energia que permeia o espaço vazio. O problema, todavia, é que é bastante provável que as observações futuras não consigam esclarecer muito mais todas estas importantes questões. O que significa que resolver a natureza da energia escura poderá exigir ideias novas, e boas ideias, no domínio da física teórica, que são agora frequentemente mais difíceis de conseguir do que novas observações.

Embora não disponhamos de bons cálculos teóricos que nos permitam prever o valor observado para a densidade da energia escura no espaço, o candidato mais provável para a sua origem é a famosa Constante Cosmológica de Einstein. Proposta como um termo adicional nas suas equações da Relatividade Geral para tornar possível aquilo que Einstein julgava então ser o nosso universo estático e eterno, esta forma de “antigravidade” que permeia o espaço tem agora um suporte teórico diferente. A mecânica quântica, combinada com a relatividade, sugere que o espaço vazio não está efectivamente vazio, mas sim cheio de uma mistura desordenada de “partículas virtuais” que aparecem e desaparecem em intervalos de tempo tão pequenos que não conseguimos detectá-las directamente. No entanto, embora essa detecção directa não seja possível, os efeitos indirectos destas partículas deixam uma impressão mensurável em tudo, desde a força que se exerce entre placas de metal contíguas até à distribuição por níveis de energia nos átomos.

## PODER-SE-IA ESPERAR QUE A ENERGIA NO ESPAÇO VAZIO VIESSE DE PARTÍCULAS VIRTUAIS.

Assim, poder-se-ia igualmente esperar que estas partículas virtuais fornecessem energia ao espaço vazio. Quando analisamos essa possibilidade, descobrimos que ela resulta num termo que é idêntico à constante cosmológica original de Einstein, que conduz a uma repulsão universal e, por consequência, se conseguir ultrapassar a densidade de energia do universo, a um universo em aceleração. Esta forma de energia é gravitacionalmente repulsiva, porque tem uma “pressão negativa” com uma intensidade precisamente igual e de sinal contrário à da sua densidade. Para qualquer substância, parametrizamos o valor da pressão dividida pela energia, através de uma quantidade a que chamamos o parâmetro da “equação de estado”  $w$ , cujo valor é igual a  $-1$  para este tipo de “energia do vácuo”. Em contrapartida, a equação do factor de estado para a matéria é  $0$  e para a radiação é  $1/3$ . Na verdade, para todos os tipos normais de matéria e radiação,  $w$  é maior ou igual a zero. É possível demonstrar que se  $w < -1/3$  para qualquer substância, isso conduz a repulsão gravitacional. A energia do vácuo, que parece surgir em quase todas as teorias quânticas fundamentais, é assim uma forte candidata a energia escura.

Até aqui, tudo bem. No entanto, quando tentamos estimar a intensidade da energia do vácuo com base nos nossos conhecimentos actuais sobre física das partículas elementares, obtemos um valor 120 vezes maior do que o esperado!

## A ENERGIA ESCURA É UMA CONSTANTE COSMOLÓGICA OU OUTRA COISA QUALQUER?

Se a energia escura que observamos corresponde a uma constante cosmológica resultante de uma energia de vácuo não nula em mecânica quântica, então há algo de basicamente errado nas nossas teorias fundamentais de física de partículas. Se, todavia, a fonte da energia escura é outra coisa qualquer, algo que imita uma constante cosmológica, mas que pode, por exemplo, ir mudando com



**Dark Matter Ring in Galaxy Cluster Cl 0024+17 (ZwCl 0024+1652)**  
*Hubble Space Telescope • ACS/WFC*

NASA, ESA, and M.J. Jee (Johns Hopkins University)

STScI-PRC07-17a

Dark matter ring créditos de NASA, ESA e M.J. Jee (John Hopkins University).

o tempo, para desaparecer em algum momento futuro (como poderia ocorrer com algum campo na natureza que ficasse “preso” numa configuração metaestável, para acabar por se atenuar no futuro numa configuração com energia nula), então talvez a energia fundamental do vácuo na natureza seja na realidade precisamente igual a zero, talvez devido a novas simetrias da natureza que anulassem exactamente as contribuições de todas as partículas virtuais.

É aí, precisamente, que está o busílis da questão. A única forma que temos de determinar observacionalmente que a energia escura não é uma constante cosmológica é conseguirmos de alguma forma medir a sua equação de estado e descobriremos que a certa altura ela não é, ou não era, igual a  $-1$ . Se o valor medido for indistinguível de  $-1$ , dentro de certas incertezas experimentais, não teremos aprendido nada! Neste caso, a energia escura poderia ser quer uma constante cosmológica, quer algo menos (ou mais) exótico que se limitaria a ser muito semelhante a uma tal constante.

## OS DESAFIOS OBSERVACIONAIS SÃO EXTREMAMENTE DESENCORAJADORES, MAS NÃO DEVEMOS DESISTIR

E aqui os desafios observacionais são extremamente desencorajadores. Os dados que já existem revelam-nos que  $w$  está próximo de  $-1$  (o valor mais adequado para  $w$  é igual a  $-1 \pm 0.2$ ). Além disso, uma vez que não dispomos de qualquer teoria que nos permita dizer que, de facto,  $w$  não é igual a  $-1$  em momento algum, quando tentamos comparar observações futuras da taxa de expansão do universo em função do tempo com previsões teóricas, temos de permitir a possibilidade de uma variação temporal arbitrária de  $w$ . Quando a poeira assentar e as incertezas observacionais forem tomadas em linha de conta, esta incerteza teórica

adicional sugere que será muito difícil distinguir observacionalmente se a equação de estado da energia escura se desvia efectivamente de  $-1$  em algum momento.

Os meus colegas Dragan Huterer, Kate Jones Smith e eu próprio mostrámos por exemplo que, mesmo que fossem feitas 3000 observações de supernovas com uma precisão ligeiramente superior a tudo o que foi possível até agora, incorporar a incerteza teórica na possível natureza de  $w$  significa que as derradeiras restrições que se deduzem sobre  $w$  poderiam melhorar no máximo por um factor de 2. Mas suponhamos que  $w = -0,96$ . Isto significa que, mesmo que consigamos melhorar a incerteza existente em  $w$  por um factor de 10, utilizando uma variedade de técnicas propostas, para além da simples medição de supernovas distantes, a nossa capacidade de estabelecer inequivocamente que  $w \neq -1$  não será possível ao trabalharmos com um grau de confiança de 95%, por exemplo.

Isto não significa que devemos desistir de medir  $w$ . Significa, simplesmente, que, se os observadores querem ter uma esperança razoável de obter progressos significativos, terão de trabalhar muito arduamente para reduzirem as incertezas sistemáticas para níveis bem abaixo daqueles que restringem as actuais observações. E mesmo que o façam, teremos de viver com a clara possibilidade de que a resposta observacional à única pergunta que realmente interessa (i.e., a energia escura é uma constante cosmológica ou outra coisa qualquer?) esteja para lá da nossa capacidade experimental.

Se não conseguirmos responder a esta pergunta, não será apenas a nossa capacidade de produzir modelos de física de partículas que ficará limitada, mas também a nossa capacidade de determinar qual o futuro a longo prazo do universo. Esta questão poderá parecer irrelevante para muita gente actualmente, mas irá ser vital para os cientistas no futuro longínquo, já que mostrámos recentemente que, se a matéria escura for efectivamente uma constante cosmológica, os cientistas do futuro perderão todas as provas de que vivemos num universo em expansão dominado pela energia escura.

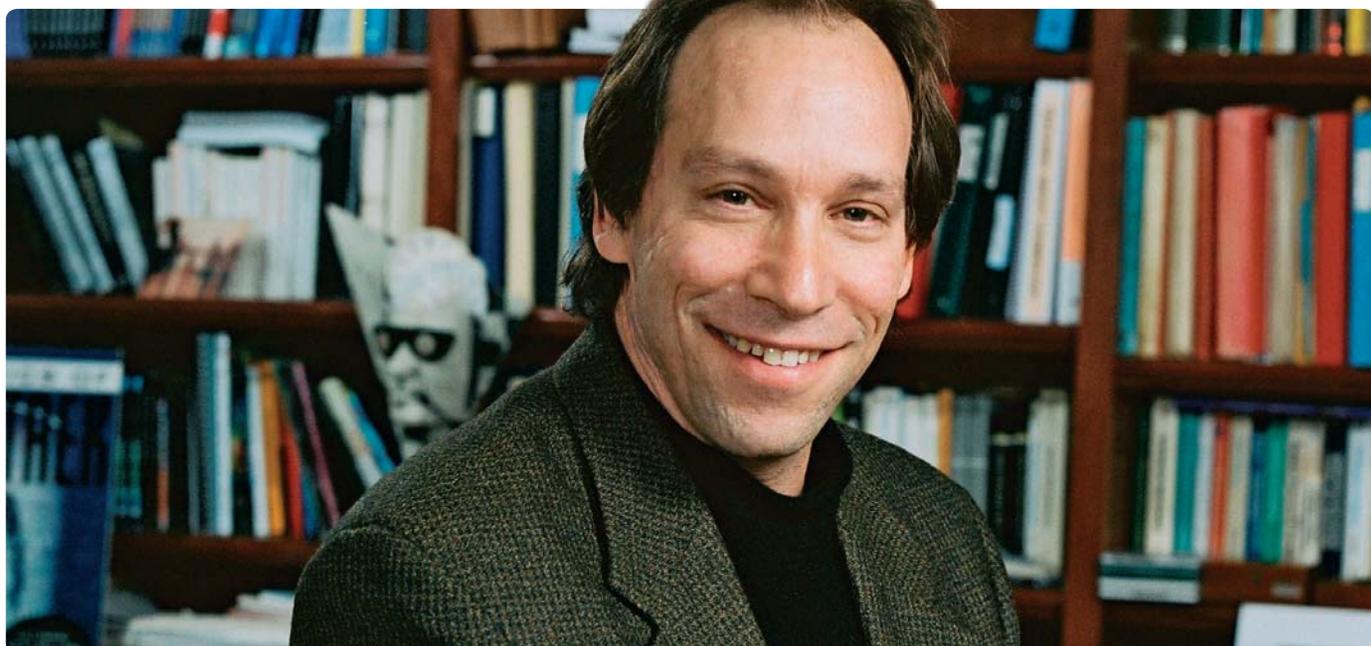
### **NUM UNIVERSO EM ACELERAÇÃO, TODAS AS GALÁXIAS FORA DO NOSSO SUPERCLUSTER LOCAL ACABARÃO POR AFASTAR-SE DE NÓS MAIS DEPRESSA DO QUE A VELOCIDADE DA LUZ E FICARÃO ENTÃO INVISÍVEIS**

A razão para isso é simples: num universo em aceleração, todas as galáxias que se encontram fora do nosso supercluster local de galáxias serão arrastadas pela expansão e acabarão por se afastar de nós mais depressa do que a velocidade da luz (isso é permitido na relatividade geral, se os objectos estiverem a ser arrastados pelo próprio

espaço, que está em expansão). Ficarão então invisíveis. Num período de cerca de 100 biliões a um trilião de anos, o resto do universo acabará por desaparecer literalmente, deixando-nos aparentemente sós num universo ilha, tal como pensávamos que estávamos ainda à cem anos.

Neste caso, poderemos estar a viver agora uma época muito especial, nomeadamente a única época na história do universo em que é possível inferir a existência de energia escura, observando a expansão do universo.

Sendo assim, talvez não nos devamos sentir muito mal se as observações das próximas décadas não nos permitirem deslindar o mistério da natureza e da origem da energia escura. Na ciência, são os próprios mistérios que nos fazem mover e que incitam os teóricos a continuarem a especular sobre a natureza última da realidade e os observadores a procurarem novos instrumentos para a sondar. E, felizmente, a natureza continua a surpreender-nos de uma forma que ultrapassa em muito a imaginação dos teóricos, levando-nos a apreciar mais ainda as extraordinárias circunstâncias em que conseguimos explorar o mundo à nossa volta.



Lawrence M. Krauss é Professor de Física Ambrose Swasey, Professor de Astronomia e Director do Center for Education and Research in Cosmology and Astrophysics, da Case Western Reserve University. Os seus livros que abordam a questão da energia escura incluem Quintessence e, mais recentemente, Hiding in the Mirror. O seu site é <http://www.phys.cwr.edu/~krauss/>.

Fotografia: de <http://www.phys.cwr.edu/~krauss/>, créditos de Lawrence Krauss.