



Coordenação de Armindo Rodrigues

Solitões Fantásticos e Onde os Encontrar

Autor:

Cláudio Gomes

No livro de fantasia «Monstros Fantásticos e Onde Encontrá-los» de J. K. Rowling, autora da saga Harry Potter, e subsequentes adaptações cinematográficas, conta-se a história de um magizoológico que estuda criaturas fantásticas e as peripécias que ocorrem quando acidentalmente liberta algumas em Nova Iorque. Na Física também existem uns «monstros» fantásticos que andam por aí e que serão apresentados neste artigo: os solitões!

Para começarmos, temos de recuar até 1834, no estreito canal da União, perto de Edimburgo na Escócia, ao lado do qual o engenheiro naval John Scott Russell passeava de cavalo e observava uma ligeira elevação de água na proa de um pequeno barco que percorria aquele canal. Quando a embarcação parou, Russell verificou que aquela onda continuou a sua trajetória em frente sem alterar ou atenuar a sua forma ou velocidade! Ora, esta observação era precisamente oposta ao senso comum de quando se atira uma pedra num lago e se observa a perturbação em forma de ondas que se vão atenuando à

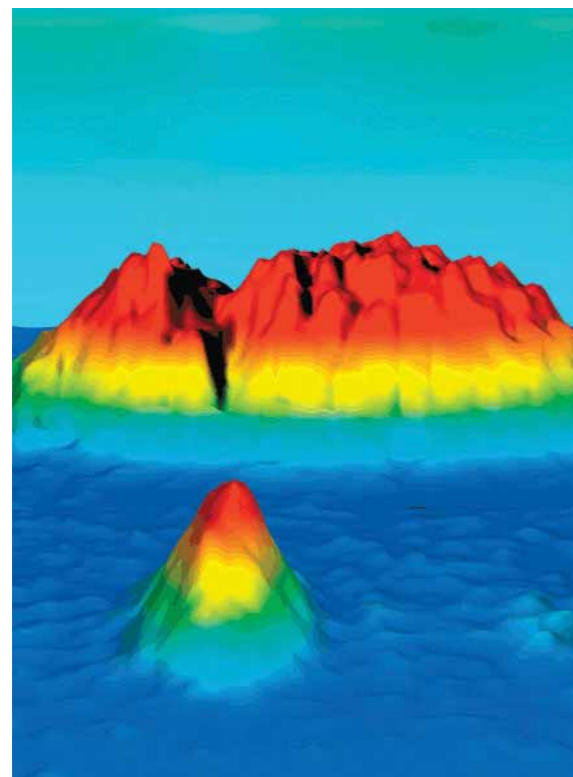


Fig. 1. Representação gráfica de solitões claro («ilha que se propaga») e escuro («depressão/ausência de luz no continente») em condensados de Bose-Einstein.

medida que se propagam. A este novo tipo de onda chamou «onda de translação».

Apesar do trabalho de Russell em caracterizar esta e posteriores observações de forma rigorosa e sistemática, só surgiu realmente interesse científico neste fenómeno em 1871 por Boussineq e em 1876 por Rayleigh. Estes concluíram que essas ondas se desviam a uma compensação entre os efeitos não lineares e os efeitos de diminuição de amplitude associada à dispersão.

E somente em 1895, surgiu um modelo matemático através de uma equação diferencial não linear às derivadas parciais proposto por Diederick Korteweg e Gustav de Vries e cuja solução correspondia à onda de translação de Russell. Surgiram também soluções numéricas de equações diferenciais que modelavam ondas de translação em 1965 por Zabusky e Kruskal, sendo nesta altura que é inventado o termo «solitão».

Na realidade, hoje sabemos que essas ondas são ondas solitárias, e que surgem por haver uma compensação entre os efeitos não lineares e os de dispersão ou difração, o que permite a sua propagação sem alterar a sua forma ou velocidade. Se após a colisão de ondas solitárias, estas passarem uma pela outra e mantiverem as suas características iniciais então tratam-se de solitões!

Agora vem a perguntar mais interessante: onde os podemos encontrar? Existem diversos exemplos destas ondas não lineares tão especiais. Começemos por apontar a Grande Mancha Vermelha de Júpiter, resultado de uma tempestade de grandes dimensões. A matéria escura nas galáxias e enxames de galáxias também pode ser vista como um solitão, ou mesmo a pressão sanguínea. Estas situações podem ser descritas pela equação de Korteweg-de Vries. Mas existem outras equações que admitem igualmente soluções solitónicas, como a equação de

Coordenação de Armindo Rodrigues



Fig. 2. Solitões constituídos por anéis de ar produzidos por golfinhos.

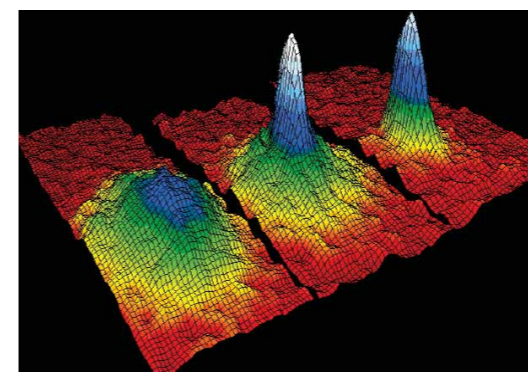
em vértice, isto é, podemos imaginar um cone, no qual o disco galáctico assenta na sua base, e o movimento de rotação do cone em torno do eixo de revolução corresponde à rotação da galáxia, preservando as características da mesma: não vemos um braço da Via Láctea a ir mais rápido que outro ou a se «desmembrar». Na biologia também ocorrem solitões, por exemplo, quando os golfinhos produzem anéis de ar debaixo de água, que se propagam mantendo as suas características iniciais.

De facto, estes fenómenos são ubíquos na Natureza e no nosso dia-a-dia. O leitor pode produzir ondas solitárias em canais de lava-pés ao lado de piscinas, ou observar o comportamento de tsunamis e furacões. Uma aplicação humana antiga destes fenómenos são os anéis de fumo produzidos por tribos de índios como forma de comunicação a grande distância. Já imaginaram o quão fantástico é criar e ver estes solitões a se propagarem?

Um desafio final é deixado ao leitor: procure uma zona de águas rasas (por exemplo, o canal litoral entre a Alfândega e o forte de São Brás em Ponta Delgada) e observe ondas que se propagam sem atenuação e que após colisão mantêm as suas características iniciais!

Bateman–Burgers que é utilizada na mecânica de fluidos, na acústica não linear ou no fluxo de trânsito. Outro exemplo é a equação de Schrodinger não linear, que apresenta um termo potencial quadrático, e que está na base da descrição dos solitões claros e escuros que ocorrem nos condensados de Bose-Einstein.

Ondas solitárias e solitões também aparecem em Ótica Não Linear, em Topologia, na teoria de cordas quânticas e de supergravidade, e noutros domínios do conhecimento! As galáxias espirais constituem um exemplo de ondas solitárias



Condensados de Bose-Einstein

Os condensados de Bose-Einstein foram previstos por Einstein com base nos trabalhos de Bose em estatística quântica, nas partículas chamadas bosões, e correspondem a um estado de matéria no qual átomos ou partículas, a temperaturas

próximas do zero absoluto (-273,15°C), se comportam como uma única entidade numa escala quase macroscópica. Em geral, podem ser compostos por moléculas, átomos, partículas, quase-partículas ou fótons.