

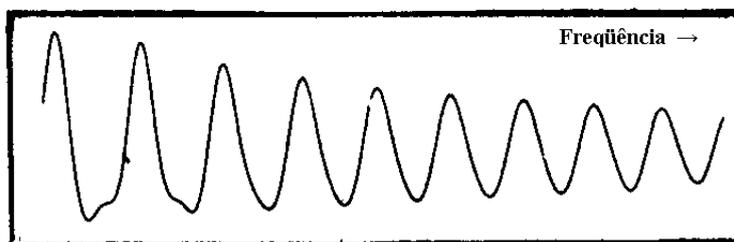
---

## CAOS E FÍSICA QUÂNTICA<sup>1</sup>

---

*Os efeitos do caos atuam nos sistemas quânticos. Eles modificam a dinâmica atômica em situações tão diversas como a formação de moléculas, a física de certos lasers, os plasmas. Seu conhecimento é fundamental para os mais simples sistemas; mas ainda está longe de ser dominado.*

Ao serem excitados, os átomos emitem luz em comprimentos de ondas bem precisos. O que acontece quando o átomo emissor é colocado em um campo magnético? Ele continua a emitir, mas em comprimentos de onda um pouco diferentes. Enquanto o campo magnético se mantiver fraco (isto é, enquanto seu efeito sobre os elétrons for muito menor que a atração coulombiana do núcleo), o fenômeno-estudado no fim do século passado por Zeeman - permanece regular: uma pequena variação do campo magnético traduz-se por uma pequena mudança de comprimento de onda. Porém, em presença de um campo forte ele perde essa característica e se torna caótico: uma pequena variação do campo magnético muda completamente a estrutura da luz emitida.



Com um aparelho de baixa resolução, a intensidade varia de maneira mais regular e permanece a mesma quando o campo magnético varia levemente, embora haja caos.

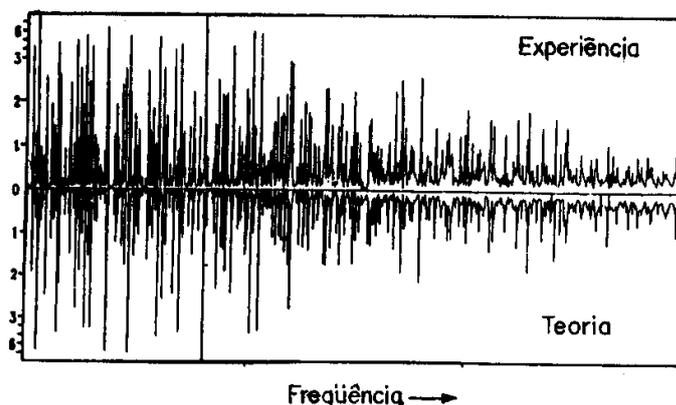
Essa extrema sensibilidade às condições experimentais pode ser considerada como uma das assinaturas do caos quântico. Será ele idêntico ao caos da mecânica clássica, freqüentemente definido como a extrema sensibilidade do movimento às condições iniciais? Não totalmente. Suponhamos que

---

<sup>1</sup> Artigo enviado pelo Centro Franco-Brasileiro de Documentação Técnica e Científica (CENDO-TEC), São Paulo-SP.

olhássemos o espectro emitido por um átomo em presença de um intenso campo magnético, e que para isso usássemos um aparelho de baixa resolução, que não distinguísse bem as raias muito vizinhas. Que veríamos? Uma sucessão de raias indistintas. Se o sistema caótico fosse do tipo clássico, a menor alteração do campo magnético se traduziria (nesse aparelho como nos outros) por uma alteração das raias. Entretanto não é o que acontece: enquanto o campo magnético não variar demasiado, o espectro não muda no aparelho de baixa resolução.

Os físicos têm procurado uma explicação teórica para esse surpreendente fenômeno. Por enquanto, não obtiveram êxito completo. Eles sabem perfeitamente calcular as raias emitidas por um átomo, mesmo no caso em que há caos, embora seja uma questão muito difícil, que envolve supercomputadores. Mas a estabilidade que se manifesta em baixa resolução só se explica por uma noção ainda bastante vaga: a de “cicatriz” ou “scar”. Os teóricos que tentam explicar o que acontece nessas condições esbarram com as mesmas dificuldades matemáticas abrangendo as noções de simetria que os especialistas em altas energias. Na França, o fenômeno vem sendo estudado pelos físicos do laboratório de espectroscopia hertziana.



Comparação entre os espectros experimentais e teóricos para o átomo de lítio em campo magnético, em condições de caos clássico completo. As propriedades dos átomos nas condições de caos não têm apenas um interesse teórico fundamental. Elas determinam em ampla medida a formação das moléculas, as propriedades das raias espectrais e, portanto sua análise (em astrofísica, por exemplo), o funcionamento dos lasers, o diagnóstico dos plasmas. Certos aspectos da fusão laser poderiam ser dominado pelo caos quântico. Não se pretende com isso atribuir-lhes uma importância fundamental; mas certamente

elas desempenham um papel nas reações de fusão do tipo Tokamak, onde o confinamento é realizado por um campo magnético. A absorção de radiação ocorrerá em condições diferentes, conforme o espectro seja regular ou caótico. Se a frequência da radiação e sua simetria forem escolhidas de acordo com as características da “cicatriz”, pode-se apostar que a absorção será muito forte e o aquecimento do plasma muito eficaz.

Para quaisquer informações:

Jean-Claude Gay

Dominique Delande

Laboratoire de spectroscopie hertzienne

Ecole normale supérieure

ULM-Sèvres

24 rue Lhomond

75231 Paris-France

Cedex 05 Tel.: (1) 44 274399 Fax: (1) 45 87 34 89