

Descoberta de um pulsar num sistema binário eclipsante:

Evaporação de uma anã branca por um pulsar

JOÃO LIN YUN

Departamento de Física da Universidade de Lisboa
Department of Astronomy, University of Boston, USA

1. O que são pulsares?

A descoberta do primeiro pulsar (PSR 1919+21) data de 28 de Novembro de 1967 quando um conjunto de impulsos de rádio, de amplitude variável mas regularmente espaçados, foi acidentalmente detectado por Jocelyn Bell, estudante de investigação, que trabalhava sob a direcção de Anthony Hewis no Observatório de Rádio-Astronomia de Mullard. O sinal provinha de um ponto localizado na direcção 19h 19 m em ascensão recta e +21° de declinação (constelação do Cisne).

Presentemente são conhecidos cerca de 450 pulsares distribuídos maioritariamente ao longo do plano da nossa Galaxia, a Via Lactea. Estes objectos emitem impulsos de radiofrequência (UHF) com uma regularidade extrema (sendo por isso muito bons marcadores de tempo, «relógios» cósmicos que se atrasam menos de 1 s em 100 milhões de anos, exactidão que supera mesmo a dos relógios atómicos). Os períodos vão de alguns milisegundos a alguns segundos. A luminosidade diminui rapidamente para frequências mais elevadas, não sendo observáveis no visível. Uma excepção é o pulsar da Nebulosa do Caranguejo que emite também raios X.

São conhecidos três mecanismos astrofísicos que podem produzir sinais periódicos regulares. São eles: movimento orbital, oscilação e rotação. Para um pulsar o único que se adequa é a rotação. O oscilador (por exemplo, expansão e contracção das camadas externas de uma estrela) não é normalmente tão regular e o movimento orbital exige que a emissão de energia seja acompanhada de aumento na frequência, ao contrário do que é observado:

o período dos pulsares aumenta com o tempo, cerca de 10^{-15} s por segundo.

Assim, admite-se actualmente a ideia de que estes sinais de rádio são emitidos por uma estrela-de-neutrões magnetizada e em rotação rápida em torno de um eixo não coincidente com o eixo magnético. Note-se que já antes da descoberta de pulsares se havia conjecturado sobre a existência de estrelas-de-neutrões. Uma estrela-de-neutrões tem tipicamente um raio de 10 km e é um dos resultados possíveis do colapso do núcleo de uma estrela que «morre» ao esgotar todo o combustível nuclear disponível no núcleo e ejectando as camadas externas constituindo uma supernova.

A elevada velocidade angular de rotação do pulsar provém da conservação do momento angular durante o colapso do núcleo que ocorre em alguns segundos. Este, com uma massa da ordem da massa do Sol, colapsa para uma esfera de cerca de 10 km de raio, implicando que a densidade de uma estrela-de-neutrões seja enorme (densidade da ordem da densidade nuclear, cerca de 10^{15} g.cm⁻³).

Embora o modelo para um pulsar esteja bem estabelecido e aceite, não se conseguiu ainda explicar consistentemente a forma como os impulsos são gerados. Quase toda a Física envolvida nesse problema é não-trivial: não se conhece a equação de estado que governa a matéria altamente densa; o comportamento do plasma na magnetosfera do pulsar, onde o campo magnético é da ordem de 10^{12} Gauss, é de difícil tratamento, bem como o papel de outros factores como a produção de pares electrão-positrão por fótons energéticos ou os elevados campos gravitacionais com possibilidade de produção de radiação gravitacional.

Não obstante tais dificuldades, pensa-se que os pulsares podem ser uma das fontes de partículas altamente energéticas que permeiam a Galaxia: os raios cósmicos.

2. Sistemas binários, binários eclipsantes e binários de raios X

Um sistema binário é um conjunto de duas estrelas em órbita em torno do seu centro-de-massa comum. Mais de 40 % das estrelas na vizinhança do Sol constituem sistemas binários. Além da sua frequência, um sistema binário tem a particularidade de que se as estrelas estão suficientemente próximas, a evolução de cada uma é afectada pela presença da outra. Visto da Terra, o plano da órbita de alguns sistemas binários é quase perpendicular à esfera celeste, pelo que as estrelas eclipsam-se mutuamente, ao passar uma em frente da outra (Fig. 1). O binário diz-se então um sistema

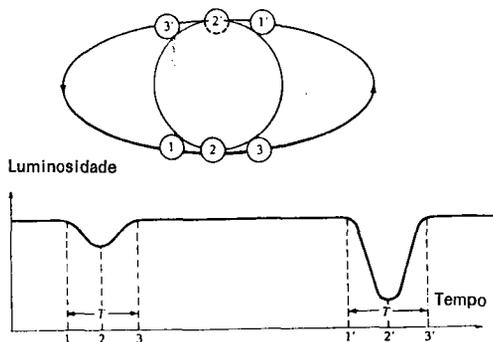


Fig. 1

binário eclipsante. A maior parte dos 400 pulsares que se conhecem, ao contrário das outras estrelas, não se encontram em sistemas binários. Contudo pulsares com períodos pequenos, da ordem da milissegundo, encontram-se tipicamente em sistemas binários com outra estrela condensada (outra estrela-de-neutrões ou uma anã-branca).

Um binário de raios X é constituído por uma estrela em órbita em torno de uma estrela-de-neutrões. A distância entre elas é suficien-

temente curta para que matéria seja transferida para a estrela-de-neutrões (acrecção) (Fig. 2). Durante a transferência e queda, a matéria é aquecida e emite raios X, que são detectados pelos astrónomos. As observações indicam que a transferência de momento angular envolvida na acreção pode acelerar a rotação da estrela-

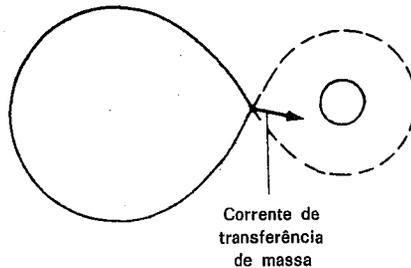


Fig. 2

-de-neutrões conferindo-lhe um período dos mais curtos (milissegundo) de entre os períodos dos pulsares.

3. Evaporação de uma anã-branca por um pulsar

Recentemente (Abril 1988) foi descoberto o primeiro pulsar (PSR 1957+20) num sistema binário eclipsante (período: 1.6 ms). A importância desta descoberta reside no facto de que permite reconstituir um elo na evolução das estrelas: a transição de binário de raios X a pulsar isolado. Gerou por isso grande excitação nos meios astronómicos. O pulsar PSR 1957+20 forma um binário com uma anã-branca (a estrela ocultante) e os sinais regulares que ele emite são interrompidos por cerca de 50 minutos. O período da órbita é de cerca de 9 horas.

Quando se determinou o raio da estrela ocultante a partir do tamanho da órbita deste binário e da duração da ocultação, os resultados foram surpreendentes. Como o eclipse do pulsar dura cerca de 1/10 do período orbital, a estrela ocultante tem de ter um raio grande (3/4 do raio do Sol, em vez de 1 % como seria normal para uma anã-branca). Determinada a sua massa, obteve-se um valor bastante

baixo, indicando que a estrela está a perder massa.

A interpretação para estes factos é a seguinte: a ocultação é devida a uma atmosfera extensa que envolve a anã-branca. Tal atmosfera é o resultado da radiação intensa proveniente do pulsar. Este está literalmente a evaporar a sua companheira anã-branca. Parte da matéria desta última terá caído sobre o pulsar acelerando a sua rotação. Os cálculos do tempo necessário para a evaporação total da anã-branca dão o valor aceitável de 10^8 anos, conduzindo ao aparecimento, nessa escala de tempo, de um pulsar isolado em rotação rápida (período curto da ordem do milisegundo).

Existe mais alguma observação suportando a afirmação de que estamos a observar a evaporação da anã-branca pelo pulsar? Sim! Os sinais de rádio imediatamente antes e depois da ocultação exibem um atraso característico da passagem de ondas electromagnéticas através de gás ionizado. Existe mesmo uma diferença entre o começo e o final da ocultação, indicando que a atmosfera ionizada não é esféricamente simétrica, sendo mais extensa no período do final da ocultação, isto é, apresentando uma forma tipo cometa.

Não se sabe ainda qual o mecanismo exacto de «aquecimento» da anã-branca pelo pulsar. A luminosidade necessária é cerca de 100 vezes a luminosidade do Sol, valor em acordo com a perda de energia rotacional devida ao lento aumento do período de rotação. A hipótese mais atraente é a de que a anã-branca recebe o impacto de um fluxo de partículas de alta energia (radiação gama ou raios cósmicos) gerados pelo pulsar.

REFERÊNCIAS

- C. BAILYN — *Nature*, **334**, 298 (1988).
F. GRAHAM-SMITH — *Nature*, **333**, 205 (1988).
S. R. KULKARNI; S. DJORGOVSKY; A. S. FRUCHTER — *Nature*, **334**, 504 (1988).
A. S. FRUCHTER; D. R. STINEBRING; J. H. TAYLOR — *Nature*, **333**, 237 (1988).
W. KLUZNIAK; M. RUDERMAN; J. SHAHAN; M. TAVANI — *Nature*, **334**, 225 (1988).

ENCONTRO SOBRE COMPUTADORES NO ENSINO DA FÍSICA E DA QUÍMICA

Organizado pela Sociedade Portuguesa de Física, Sociedade Portuguesa de Química e Projecto Minerva.

Local:

Universidade de Coimbra

Datas:

22-24 de Fevereiro de 1990

Objectivos:

- Reunir docentes dos ensinos básico, secundário e superior interessados na utilização dos computadores em Física e Química e na troca das respectivas experiências.
- Divulgar «software» desenvolvido e/ou existente em Portugal para o ensino da Física e da Química.
- Discutir as várias modalidades de exploração do computador no ensino e sua integração curricular.

Este encontro incluirá conferências plenárias, comunicações orais, «workshops», demonstrações, painéis e exposições.

Informações:

Encontro sobre «Computadores no Ensino da Física e da Química» Departamento de Física da Universidade de Coimbra — 3000 Coimbra.

Os interessados devem enviar uma pré-inscrição (modelo em anexo) até ao dia 30 de Julho próximo.