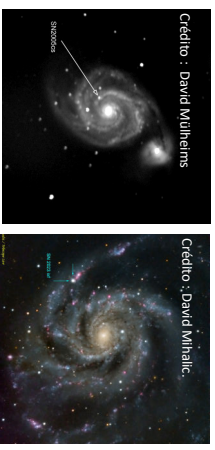


Duas supernovas do tipo II em galáxias espirais próximas: à esquerda na galáxia Cães de Caça M51; à direita, novamente em M101.



Crédito : David Mülheims

Crédito : David Mihalic

Em M101, a supernova do tipo I foi observada em 2011 e a supernova do tipo II em 2023.

Quais estrelas explodem?

Uma primeira indicação sobre a natureza das estrelas que explodem como supernovas vem do tipo de galáxias em que são encontradas.

As **SN IIs** são sempre vistas em galáxias que estão formando estrelas (galáxias espirais ou irregulares), mas nunca em galáxias onde a formação de estrelas tem terminado há bilhões de anos (galáxias elípticas). Isso leva à ideia de que as SN IIs correspondem à explosão de estrelas **massivas**, cujo tempo de vida é de apenas alguns milhões de anos.

As **SNIs**, por outro lado, são observadas em todos os tipos de galáxias, incluindo as elípticas. Isso sugere que elas surgem de estrelas de **baixa massa**, que podem explodir bilhões de anos depois de terem sido formadas.

Os mecanismos de explosão dos dois tipos de supernovas são muito diferentes. Eles são muito complexos e estão sendo ativamente estudados.

O Universo no meu bolso



Supernovas
essas estrelas que explodem

TUIMP
THE UNIVERSE IN MY POCKET
No 44
Robert Mochkovitch
Paris
Instituto de Astrofísica

QUIZ

1) Aqui está uma série de espectros da supernova 1992H em diferentes momentos após o máximo brilho. Era do tipo I ou do tipo II?

2) Aqui estão três supernovas observadas simultaneamente na mesma galáxia espiral! Houve realmente três explosões tão próximas no tempo?

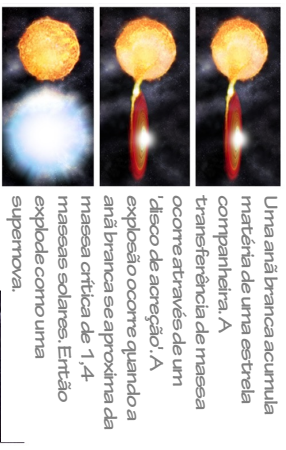
3) Quando ocorrerá a próxima supernova visível a olho nu em nossa galáxia, a Via Láctea?

Como as SNs se explodem?

O mecanismo da SN I é completamente diferente do da SN II, embora a massa crítica de 1,4 $M_{\odot}$ seja o mesmo. A estrela que explode é importante. A estrela que explode é uma 'anã branca', o resíduo da evolução de uma estrela de algumas massas solares. É feita de carbono e oxigênio e é 'degenerada', como o núcleo de ferro de estrelas massivas, mas sua massa é inferior a 1,4 massas solares.

No entanto, em um sistema binário, a massa da anã branca pode aumentar por 'acréscimo' de uma companheira ou por coalescência com outra anã branca. Ela então se contrai e aquece. Novas reações nucleares podem, assim, começar em seu centro e inflamar a estrela inteira. Uma frente de fusão se propaga para fora e transforma carbono e oxigênio primeiro em níquel, cobalto e ferro, depois em silício e magnésio. A anã branca é destruída e sua matéria dispersa.

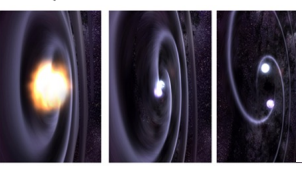
Dois cenários que levam à explosão de uma supernova do tipo I:



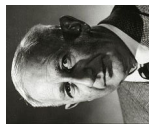
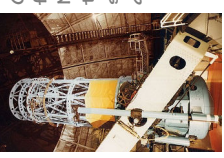
Credit: NASA/CXC/M.Weiss

Duas anãs brancas em um sistema binário se aproximam gradualmente até colidirem, o que causa a explosão.

Credit: GSC/D.Berry



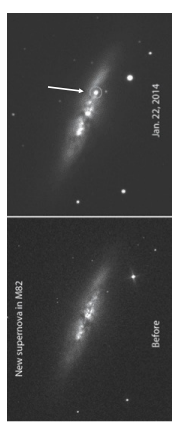
O telescópio Mount Wilson foi comissionado em 1917. Na época, era o maior telescópio do mundo, com seu espelho de 2.5 m de diâmetro.



Walter Baade



Fritz Zwicky



Uma supernova que apareceu na galáxia M82.

Novas e supernovas

Em 1885, uma 'nova estrela' ou **nová** foi encontrada na nebulosa de Andrômeda. Estava logo abaixo do limite de visibilidade a olho nu.

De meados da década de 1920 em diante, ficou gradualmente claro que algumas nebulosas são, na verdade, galáxias, extensas à nossa Via Láctea (veja o link 15). A **nebulosa** de Andrômeda tornou-se, portanto, a **galáxia** de Andrômeda, localizada a mais de dois milhões de anos-luz de distância. Como resultado, a luminosidade da nova de 1885 foi reavaliada para ser quase um bilhão de vezes a do Sol. Os astrônomos Fritz Zwicky e Walter Baade então cunharam o termo **supernova** para descrever esses objetos extraordinários. Usando o telescópio Mount Wilson, eles prontamente observaram várias outras supernovas. Hoje, centenas de supernovas são descobertas a cada ano, algumas a distâncias superiores a um bilhão de anos-luz!

Usando a **espectroscopia**, dois tipos principais de supernovas são distinguidos:

- **Supernovas do Tipo I (SN I)** cujos espectros não mostram nenhuma linha de hidrogênio. Isso é impressionante porque o hidrogênio é o elemento mais abundante no Universo. As principais linhas presentes são as de sódio, cálcio, oxigênio, ferro.
- **Supernovas do Tipo II (SN II)** cujos espectros são dominados por linhas de hidrogênio.

As **curvas de luz** dos dois tipos também são diferentes:

- **SN Is** são caracterizadas por uma grande uniformidade de suas curvas de luz, que são muito semelhantes de um evento para outro.
- **SN IIs** mostram grande diversidade em suas curvas de luz, muitas vezes com um platô de brilho, seguindo um declínio inicial.

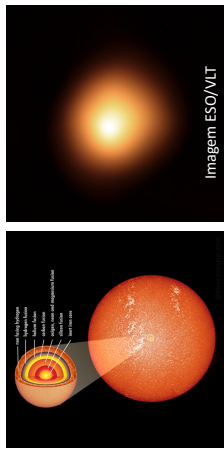


Imagem ESO/VLT

Esquerda: diagrama de uma estrela supergigante vermelha prestes a explodir. **Atenção!** As escalas não são respeitadas: se representarmos o núcleo de ferro por uma cabeça de alfinete, as camadas até o hélio estariam cortadas em uma esfera de um metro de diâmetro, enquanto o envelope de hidrogênio teria um raio superior a cem metros!

Direita: Imagem de Betelgeuse (uma supergigante vermelha) obtida com o instrumento SPHERE instalado no telescópio europeu VLT (8,20 m de diâmetro). Com uma massa de 10 a 20 vezes a do Sol e um raio quase mil vezes maior, Betelgeuse entrou em seus últimos milhões de anos de vida, mas uma data precisa para sua explosão é difícil de prever.

RESPOSTAS

- 1) Notamos a presença da linha H α do hidrogênio; portanto, é uma supernova do tipo II
- 2) **NÃO.** Uma galáxia é um objeto muito grande! Dependendo de sua posição na galáxia, a distância entre nós e essas supernovas pode diferir em vários milhares de anos-luz. A diferença no tempo de viagem foi compensada aqui pela diferença entre os tempos de explosão, o que é uma coincidência notável.
- 3) Nós não sabemos! Em 1, 10, 100 ou 300 anos (ou talvez hoje à noite?). Estamos esperando por isso desde 1604... (A supernova de 1987 explodiu na Grande Nuvem de Magalhães).



Para saber mais sobre esta série e os temas abordados neste livro, visite <http://www.tulip.org>

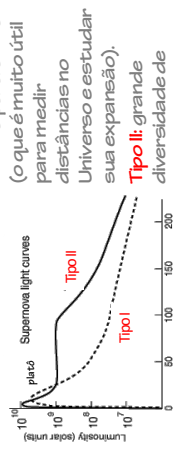
Tradução: Fabio Harpich
TUMIP Creative Commons



Como o Universo no meu bolso No 4.4

Durante sua vida, uma estrela com mais de dez vezes a massa do Sol realiza uma série de fusões nucleares, formando elementos cada vez mais pesados. Assim, quando explode, consiste em um núcleo de ferro, cercado por camadas de sódio, oxigênio, carbono e hélio, todos imersos em um grande envelope de hidrogênio.

O núcleo de ferro é tão denso que obedece a leis físicas particulares. Ele não pode exceder uma massa crítica, próxima de 1,4 vezes a massa do Sol. No entanto, sua massa aumenta por causa da combustão do sódio em sua periferia produz ferro. Quando excede a massa crítica, torna-se instável e entra em colapso até atingir uma densidade de 100 milhões de toneladas por cm³! A matéria então se recusa a comprimir ainda mais e o núcleo ricocheteia sobre si mesmo, dando origem a uma onda de choque que faz que a estrela explodir. O núcleo profundo e ultradenso então se torna uma estrela de nêutrons ou um buraco negro, dependendo da massa restante.

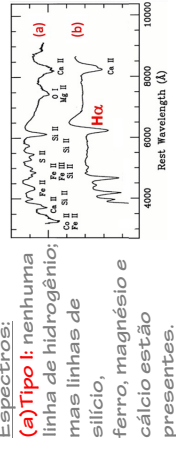


Curvas de luz (luminosidade em função do tempo):

Tipo I: muito semelhantes de um evento para outro (o que é muito útil para medir distâncias no Universo e estudar sua expansão).

Tipo II: grande diversidade de comportamento com o tempo (o platô nem sempre está presente).

Figuras adaptadas de Chaisson e McMillan.



Espectros:

(a) **Tipo I:** nenhuma linha de hidrogênio; mas linhas de sódio, ferro, magnésio e cálcio estão presentes.

(b) **Tipo II:** linhas de hidrogênio (em particular a linha H α , em torno de 6500 Å) e linhas de cálcio estão presentes.

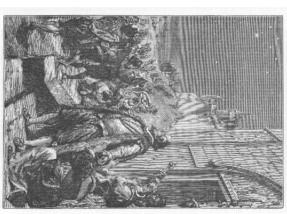
Supernovas históricas

Supernovas são estrelas explodindo. Quando uma estrela explode como uma supernova, ela se torna tão brilhante que, mesmo de sua grande distância, pode se tornar visível a olho nu. Isso aconteceu seis vezes durante o último milênio, em 1006, 1054, 1181, 1572, 1604 e 1987. A supernova de 1054 na constelação de Touro ficou visível à luz do dia por dois anos! Hoje podemos usar telescópios para observar os restos dessa explosão, a famosa Nebulosa do Caranguejo (veja tulip 10).

Durante o Renascimento, duas supernovas foram descobertas, em 1572 e 1604, pelos astrônomos Tycho Brahe e Johannes Kepler. Foi somente em 1987 que uma supernova visível a olho nu apareceu novamente (imagem da capa). Esta explodiu na Grande Nuvem de Magalhães, uma pequena galáxia satélite da Via Láctea, enquanto as cinco primeiras ocorreram na Via Láctea.



O remanescente da supernova de 1054: a Nebulosa do Caranguejo. Descoberta por Charles Messier em 1758, é o número 1 em seu catálogo de nebulosas e galáxias.



Tycho Brahe observando a supernova de 1572 e o desenho que ele fez dela, mostrando a posição da estrela na constelação de Cassiopeia (o objeto está circulado em azul).

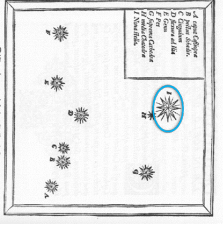


Diagrama de uma galáxia com uma supernova no núcleo. A distância entre nós e essas supernovas pode diferir em vários milhares de anos-luz. A diferença no tempo de viagem foi compensada aqui pela diferença entre os tempos de explosão, o que é uma coincidência notável.