

26a

CONVENCIÓN DE ASTRONOMÍA



SABADELL
14, 15, 16 MARZO
2025

Más allá de la observación, promoviendo la colaboración PRO-AM

La nebulosa del cangrejo, un laboratorio cercano

Albert Morral

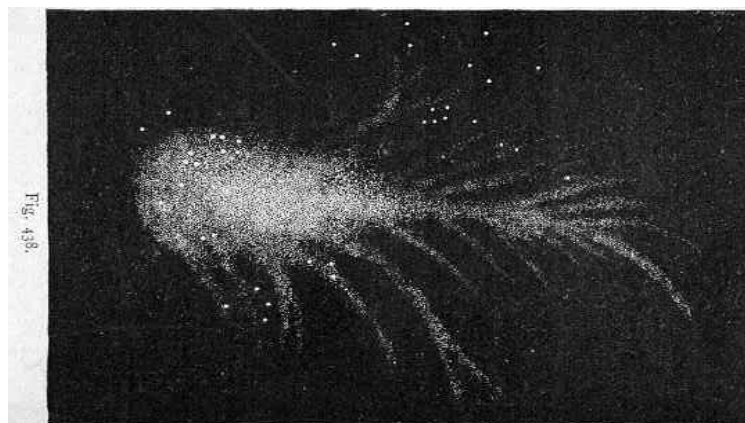


Ayer Nanda Rea nos ofreció una magnífica conferencia sobre estrellas de neutrones, explosiones de estrellas, agujeros negros... Ahora vamos a ver la versión para aficionados.

El 4 de julio del año 1054 explotó una estrella, una supernova, en la constelación de Tauro. Las crónicas dicen que fue impresionante. Explotó muy cerca de la Luna, que en ese momento se veía muy pequeña, estaba casi en luna nueva, y la explosión se vio muy brillante. De hecho, se pudo observar durante casi dos años por las noches, pero es que incluso se vio de día, durante poco menos de un mes.

Que una estrella explote y su brillo sea visible durante el día es excepcional, pero ha ocurrido entre seis y ocho veces en los últimos dos mil años. Ya tocaría que apareciera otra, pues hace cuatro siglos que no ocurre ninguna.

¿Cómo sabemos que ocurrió? Porque las civilizaciones avanzadas de la época lo dejaron escrito. Los chinos, por ejemplo, registraron el evento. También hay registros en Centroamérica, donde se cree que existe un dibujo que representa aquella explosión, mostrando la Luna y una estrella muy brillante. Otras civilizaciones como los árabes y los japoneses también lo documentaron. En Europa, en cambio, no se encuentran registros claros. Últimamente se discute si hay algún gráfico que represente aquella explosión, pero lo cierto es que todo el mundo la vio. Se veía a simple vista, como una estrella de magnitud muy baja, incluso más brillante que Venus.



Dibujo de William Parsons

Hoy en día, con los grandes telescopios que tenemos y con telescopios más pequeños, podemos obtener imágenes impresionantes de la Nebulosa del Cangrejo. Es el remanente

de aquella supernova, el gas que se sigue expandiendo tras la explosión. Ahora contamos con imágenes en todas las longitudes de onda: radio, infrarrojo, visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

¿Qué pueden hacer los astrónomos aficionados con este fenómeno? Vamos a analizarlo. La Nebulosa del Cangrejo es un laboratorio excepcional y un caso único cercano a nosotros. Es el resto de supernova más fácil de observar, aunque existen otros. Además, contiene una estrella de neutrones, el remanente de aquella explosión. Que yo sepa, es la única estrella de neutrones visible con telescopios medianos. Hay otras, pero son de magnitudes mucho más débiles, lo que hace difícil su observación sin telescopios como el Hubble.



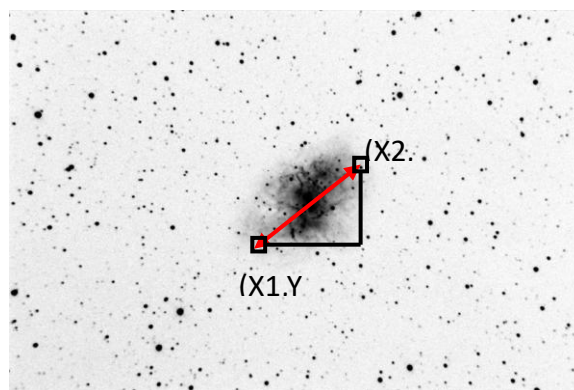
Fotografía de la nebulosa del cangrejo tomada desde el Observatorio de Sabadell

¿Qué podemos medir? De la nebulosa podemos medir su tamaño real, la velocidad a la que se expande y ver la propia expansión. Y de la estrella de neutrones podemos medir su magnitud aparente, calcular su magnitud absoluta y luminosidad. Finalmente estimaremos su temperatura superficial y otros datos físicos.

Todos estos cálculos son sencillos, accesibles para cualquiera con conocimientos básicos de física. No somos profesionales ni entendemos en profundidad la física de una estrella de neutrones, pero podemos hacer algunos cálculos y ver si coinciden con los resultados de los astrofísicos profesionales.

Tamaño de la nebulosa

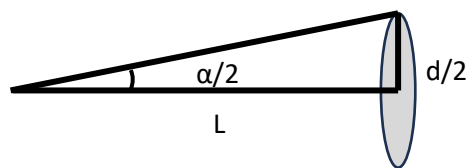
Calcular el tamaño real de la nebulosa es fácil. Para hacerlo, sumamos varias imágenes y calculamos su tamaño angular. Esto se puede hacer de manera sencilla con programas como Aladin, que indica directamente el tamaño, o podemos hacer un poco de astrometría simple: identificamos los píxeles extremos en la imagen y aplicamos el teorema de Pitágoras para determinar los píxeles que ocupan la diagonal.



Cálculo del tamaño angular de la nebulosa

Como sabemos el tamaño angular de cada píxel, ya podemos determinar el tamaño angular total. Obtenemos un tamaño angular de 6,18 segundos de arco.

Como sabemos la distancia a la que se encuentra la nebulosa, aplicamos trigonometría y calculamos el tamaño real. Obtenemos un tamaño de 11,32 años luz, más o menos la distancia que separa varias de las estrellas más cercanas a nuestro Sol.



$$d = 2L \operatorname{tag} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = 11,32 \text{ a ll}$$

Velocidad de expansión

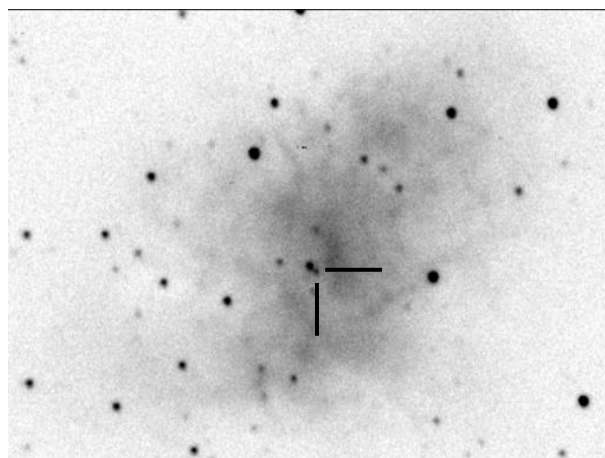
Sigamos con la velocidad de expansión. Sabemos el tamaño actual y cuándo ocurrió la explosión. Con estos datos, aplicamos la fórmula de velocidad: $v = \text{espacio/tiempo}$. Han pasado casi mil años desde la explosión, y al hacer los cálculos obtenemos que la nebulosa se expande a 1.728 km/s, aproximadamente el 0,5 % de la velocidad de la luz. No está nada mal.

¿Puede verse la expansión de la nebulosa?

Podemos comprobar si la nebulosa sigue expandiéndose. Para ello, comparamos una imagen actual con otra tomada hace más de una década. Superponiéndolas, podemos notar la diferencia. Aunque la imagen antigua es un poco borrosa y la moderna más nítida, sí se puede percibir que el gas se mueve lentamente hacia los extremos. Invito a quienes tengan imágenes más antiguas a que las comparen con imágenes recientes para ver este efecto más claramente.

¿Puede verse la estrella de neutrones?

Pasemos a la estrella de neutrones en el centro de la nebulosa. Sumando varias imágenes y observamos dos puntos: uno brillante y otro más tenue. El más tenue es la estrella de neutrones. Con una sola imagen a veces no se ve, pero sumando varias sí. Por lo tanto, sí podemos ver la estrella de neutrones central.



La nebulosa del cangrejo con la estrella de neutrones central

Magnitud aparente y absoluta de la estrella de neutrones

Con 3 estrellas de comparación podemos calcular la magnitud aparente de la estrella de neutrones, y obtenemos que vale 16,214 en filtro R.

Como sabemos la distancia, aplicamos la fórmula que relaciona la magnitud aparente, la absoluta y la distancia, y obtenemos que su magnitud absoluta vale 4,78.

$$M = m - 5 \log d + 5 = 4,78$$

Luminosidad de la estrella de neutrones

A partir de la magnitud absoluta, podemos calcular su luminosidad y obtenemos que es un poco mayor que la luminosidad del Sol.

$$L = 10^{\frac{M_S - M}{2,5}} = 1,04 L_S$$

Esto significa que es un astro diminuto (pocos kilómetros), pero con una potencia de emisión comparable a la del Sol. Considerando su pequeño tamaño, esto es asombroso.

Temperatura superficial de la estrella de neutrones

También podemos calcular su temperatura superficial usando la relación entre luminosidad, radio y temperatura. Podemos suponer perfectamente que su radio es de unos 10 kilómetros, que es el tamaño estándar de estos objetos, y obtenemos una temperatura superficial de 4,8 millones de grados.

$$T = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi R^2 \sigma}} = 4,8 \cdot 10^6 K$$

Estos cálculos sencillos nos permiten entender cómo es una estrella de neutrones: un objeto extremadamente denso y caliente.

Comparando nuestros resultados con los cálculos profesionales, vemos que no están tan alejados de la realidad. Esto demuestra que, con herramientas asequibles y conocimientos básicos, cualquiera puede aproximarse a la física del universo.

Gravedad superficial de la estrella de neutrones

Si nos gusta seguir calculando, podemos estimar la gravedad superficial de esta estrella de neutrones. Usando una fórmula sencilla y suponiendo una masa mínima de 1,4 veces la del Sol y un radio de 10 kilómetros, obtenemos una gravedad extrema, de $1,89 \cdot 10^{13}$ la gravedad terrestre. No podríamos sobrevivir allí.

$$g = \frac{GM}{R^2} = 1,89 \cdot 10^{13} g_t$$

Velocidad de escape

También podemos calcular la velocidad de escape, la velocidad instantánea necesaria para abandonar su gravedad. En este caso no podemos usar la fórmula clásica, sino que tenemos que usar la fórmula relativista, porque estamos obteniendo una velocidad de escape del 99% de la velocidad de la luz.

El límite de Roche

Por último, podemos calcular el límite de Roche, es decir, la distancia a la que un objeto como la Tierra se rompería debido a la gravedad de esta estrella. Resulta que si la Tierra se acercara a unos 620.000 kilómetros, poco más del doble de la distancia a la Luna, se desintegraría.

Más observaciones

Y todavía podríamos hacer más observaciones de este objeto. Podemos intentar medir la frecuencia de pulsación del púlsar en el centro de la nebulosa, que es de unas 30 pulsaciones por segundo. También podríamos obtener espectros y calcular su composición química y su velocidad de expansión midiendo el efecto doppler. Espero enseñaros todo esto en la próxima convención.

Espero que esto haya servido para demostrar que con imágenes simples y física básica se pueden obtener resultados fascinantes sobre nuestro universo. Muchas gracias.



L'ASTRONÒMICA
DE SABADELL