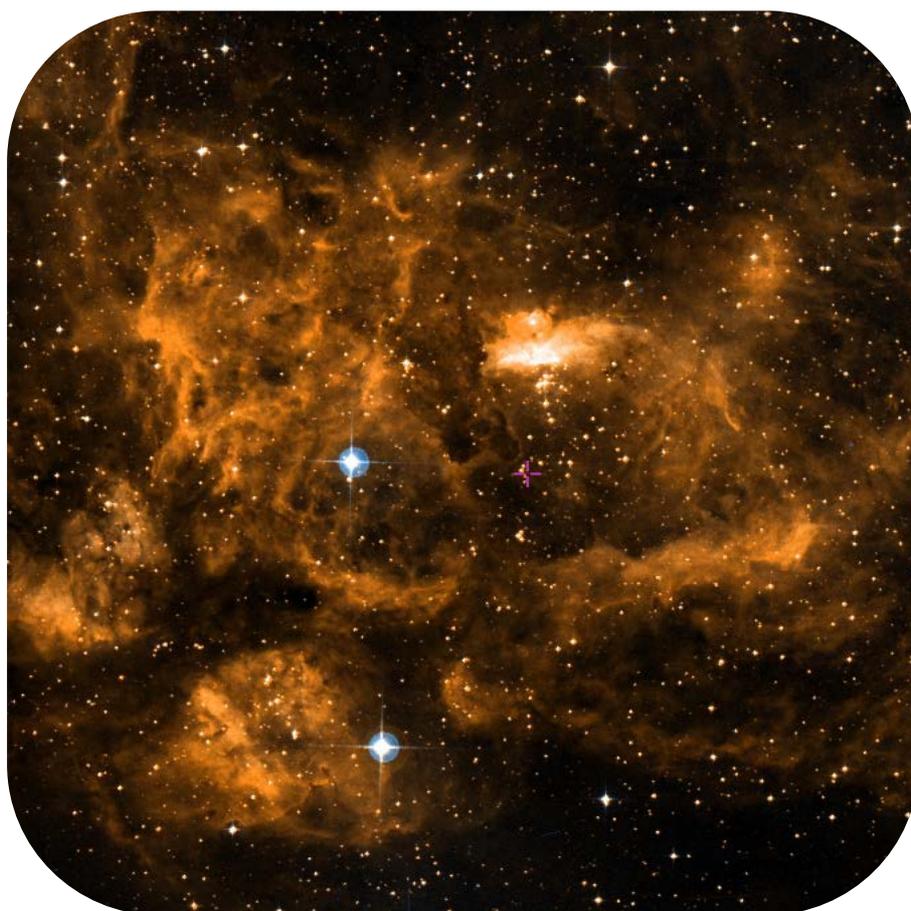


El medio interestelar

CESAR's Booklet



¿Qué es el medio interestelar?

El medio interestelar (ISM por sus siglas en inglés) es el material que se encuentra llenando el espacio entre las estrellas. Está formado principalmente por gas (99%) y polvo (1%), y se encuentra principalmente en forma de nebulosa.

En torno al 75% del gas interestelar es hidrógeno, y el 25% restante es helio. Su temperatura es extremadamente fría (unos 10 K) y está bastante esparcido, hay apenas un átomo por cada centímetro cuadrado (por el contrario, el aire que respiramos contiene por centímetro cúbico en torno a 30 000 000 000 000 000 átomos). A pesar de su densidad tan baja, esta cantidad de partículas es coherente considerando la enorme distancia de las estrellas.

El polvo interestelar no es como el polvo que puedas encontrar debajo de tu cama. Contiene sobretodo de silicatos, hierro, carbono y hielo seco. Las partículas de polvo tienen formas irregulares, pero su forma es siempre muy pequeña, en torno a una micra (parecida a la longitud de onda del color azul), y su temperatura está aproximadamente en unos 100K.

¿Por qué los astrónomos estudian el medio interestelar?

Observando el medio interestelar

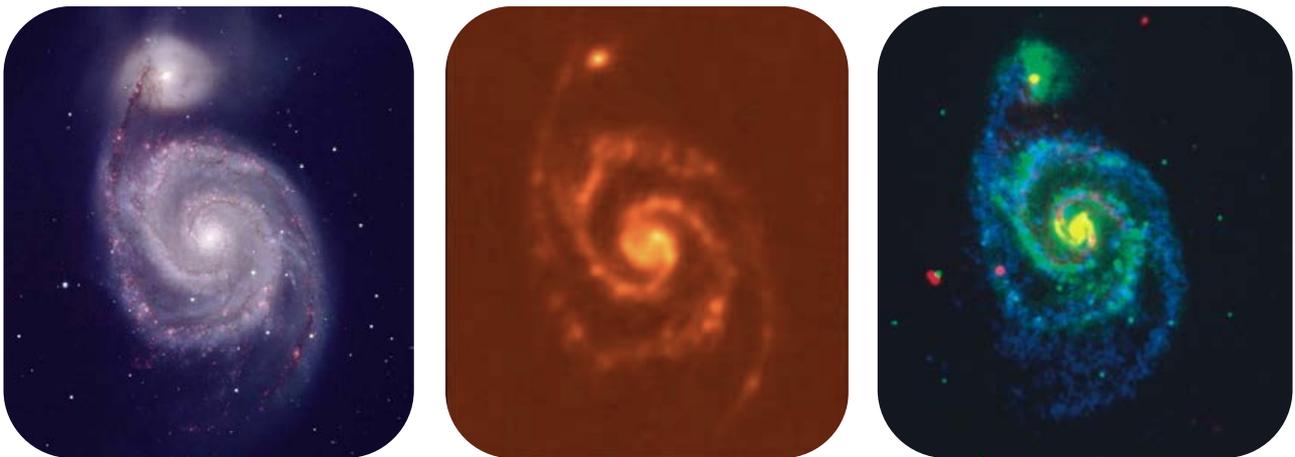


Figure 1: La Galaxia del Remolino estudiada en luz visible (Hubble Space Telescope, izquierda), en infrarrojo lejano (Herschel, centro) y en radio (NRAO, derecha). (Créditos: ESA/NASA/NRAO)

La Figura 1 muestra un ejemplo de cómo los astrónomos estudian el medio interestelar utilizando luz invisible. Debido a su baja temperatura, los gases interestelares emiten en la banda de radio del espectro electromagnético. Por tanto, viendo las imágenes de la Galaxia del Remolino contienen mucho gas en sus brazos, porque los vemos en imágenes en radio.

El polvo se encuentra a mayor temperatura que el gas. Objetos a esta temperatura (unos 100 K) emiten principalmente en el infrarrojo lejano (es decir, longitudes de onda muy grandes), oír tanto el polvo interestelar es el principal objetivo en telescopios infrarrojos. La imagen infrarroja de la Galaxia del Remolino (imagen central de la Figura 1) nos muestra que esta galaxia tiene además mucho polvo.

Radiación de 21 cm

El hidrógeno interestelar está tan frío que su emisión térmica (la emisión de un cuerpo debida tan solo a su temperatura) es muy pequeña incluso en frecuencias de radio. El gas atómico neutro es detectado más fácilmente gracias a esta banda de 21 cm (o frecuencia de 1420.4MH, que es una onda de radio), que es producida por el espín de los protones y electrones de los átomos de hidrógeno.

El espín es un concepto puramente cuántico, pero puede compararse con una barra magnética. En un átomo de hidrógeno los espines de protón y electrón pueden ser paralelos o antiparalelos. En la barra los polos magnéticos de los dos imanes pueden apuntar en la misma dirección (paralelos) o en la opuesta (antiparalelos). Y al igual que en el caso de la barra, hay una pequeña diferencia energética entre ambos estados, siendo el que están alineados el de mayor energía.

Cuando se aísla a un átomo de hidrógeno con los dos espines alineados, existe la probabilidad de que se produzca una inversión espontánea de uno de ellos bajando a un estado de menor energía. Cuando ocurre esto, se emite un fotón con una longitud de onda de 21 cm.

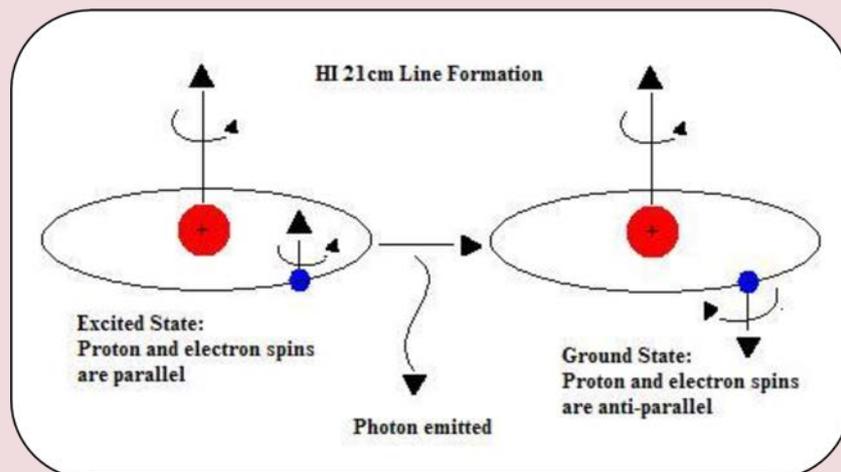


Figura 2: Inversión del espín generando radiación de 21cm. (Creditos: L. Home)

El tiempo medio que tarda en invertirse el espín de un átomo de hidrógeno es de varios millones de años. Pero aunque esta transición sea rara, la enorme cantidad de hidrógeno gaseoso que hay en el medio interestelar es suficiente para que la detección de las línea de 21 cm sea fácilmente observables con radio telescopios.

Y una vez que se ha producido la línea, esta probabilidad tan baja es ahora una ventaja, ya que esta radiación de 21 cm es capaz de atravesar el resto de nubes de hidrógeno sin ser absorbida por ella. Además, tampoco es absorbida por el polvo interestelar.

Un ejemplo práctico de esta radiación de 21 cm es la construcción de un mapa de la Vía Láctea, lo que ha permitido demostrar que nuestra galaxia tiene brazos espirales

Nebulosas

Sin embargo, si se vuelven inestables, las nubes del medio interestelar pueden colapsar y empezar a formar estrellas, que comienzan a calentarse a ionizar el gas circundante que brilla de un color rosado o rojizo que es observable incluso en el rango visible. Las nebulosas que tienen este brillo se conocen como **nebulosas de emisión**; y un ejemplo es la mostrada en la Figura 3 a la izquierda.

¿Por qué tienen este color rojizo algunas nebulosas?

Las estrellas masivas jóvenes tienen una temperatura muy alta y emiten bastante en radiación ultravioleta. Esta radiación es capaz de calentar e ionizar el hidrógeno gaseoso del medio interestelar: los electrones de los átomos de hidrógeno absorben los fotones de luz ultravioleta y saltan a estados más energéticos; mientras vuelven a su estado fundamental emiten esta energía extra en forma de nuevos fotones. Y como volver de este estado excitado al fundamental implica pasar por los excitados de menor orden los fotones que emiten tendrán una gran variedad de energías (y por tanto de frecuencias), que puede separarse para obtener el espectro de los gases.

En el rango visible, la línea que más destaca es la del átomo de hidrógeno, llamada H α , que tiene una longitud de onda de 656.28 nm. Nuestros ojos perciben la luz de esta longitud de onda como el color rojo.

El polvo interestelar también puede ser detectado como luz visible debido a los efectos producidos por las estrellas que se encuentran detrás de ellos. Por ejemplo, podemos ver en la Figura 3, ahora a la derecha, una imagen de las Pléyades, una **nebulosa de reflexión**; ya que la luz azul (que es más pequeña que los granos de polvo) se dispersa más que la luz roja, las nebulosas de reflexión brillan con un tono azulado.



*Figura 3: Tipos de nebulosas: emisión (Nebulosa de Orión, izquierda) y reflexión (Pléyades, derecha).
(Créditos: AAO/ROE)*

Si el polvo tiene suficiente tamaño la luz será bloqueada completamente, dejando áreas oscuras: veremos una nube oscura como la que se muestra en la Figura 4, a la izquierda. Como se ha explicado antes, esto ocurre porque los granos de polvos tienen un tamaño similar al de la luz azul, por lo que longitudes de onda más grandes como la roja o la infrarroja son capaces de atravesar la nube. Es por esta razón por la cual los astrónomos utilizan telescopios infrarrojos para ver a través de estas nubes oscuras, como se aprecia en el panel de la derecha de la Figura 4.

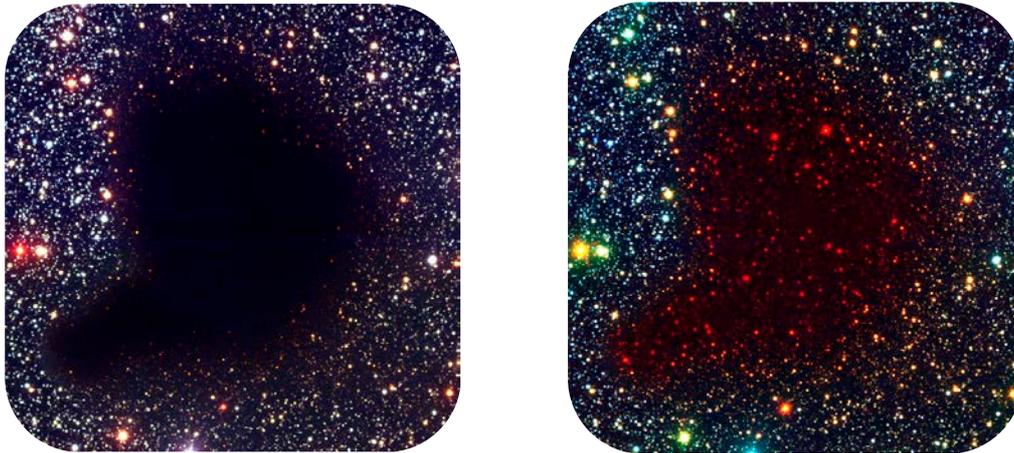


Figura 4: La fotografía de la izquierda muestra Barnard 68, una nube oscura tal y como se ve con luz visible. La fotografía de la derecha muestra la imagen anterior combinada con otra en el infrarrojo cercano, donde se observan estrellas que antes estaban ocultas. (Créditos: ESO)

Extinción y enrojecimiento

Ya que toda la luz azul no consigue atravesar una nube interestelar, incluso aunque podamos ver las estrellas, estas parecerán más rojas de lo que realmente son. Este efecto se conoce como **reddening** (enrojecimiento). Además, como parte de la luz se pierde también aparentará ser más tenue de lo que lo sería a la distancia a la que se encuentre. Este efecto se llama **extinción**.

Ambos efectos están ilustrados en la Figura 5. Por este motivo es importante que los astrónomos los tengan en cuenta cuando estudien estos objetos; ya que sino creerían que estos objetos se encuentran más lejos y tienen menor temperatura, llevándoles a cometer errores.

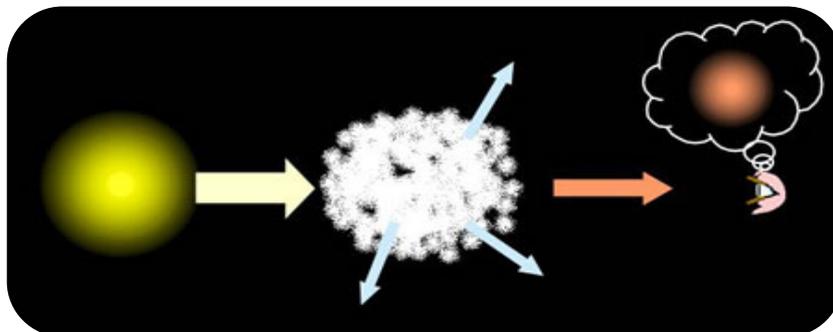


Figura 5: Los granos de polvo dispersan y emiten la luz que les atraviesa. El objeto de atrás se enrojece y atenúa su brillo (Créditos: COSMOS, the SAO Encyclopedia of Astronomy)

La guardería estelar

Las estrellas se forman de la materia interestelar. Sabemos esto no solo porque los elementos químicos que forman las estrellas y el medio interestelar sean los mismos, sino porque la formación de estrellas y de cúmulos de estrellas jóvenes está asociada con las nubes interestelares.

Los lugares donde las estrellas nacen se denominan **nubes moleculares**. Son nubes cuyo tamaño y densidad permiten la formación de hidrógeno molecular e incluso otras moléculas (a diferencia de las otras nubes que solo contenían gas ionizado). Las nubes moleculares son muy frías (10 K); sus tamaños suelen ser de unos 10 000 Sistemas Solares (10^{14} a 10^{15} km de diámetro) y sus densidades están en torno a mil millones de partículas por metro cúbico- que es muy baja, pero mucho mayor que la del medio interestelar.

Las nubes interestelares se encuentran en un equilibrio permanente entre dos fuerzas principales: la gravedad (que va hacia dentro) y el calor (que va hacia fuera). Cuando este equilibrio se rompe, la formación de estrellas comienza.

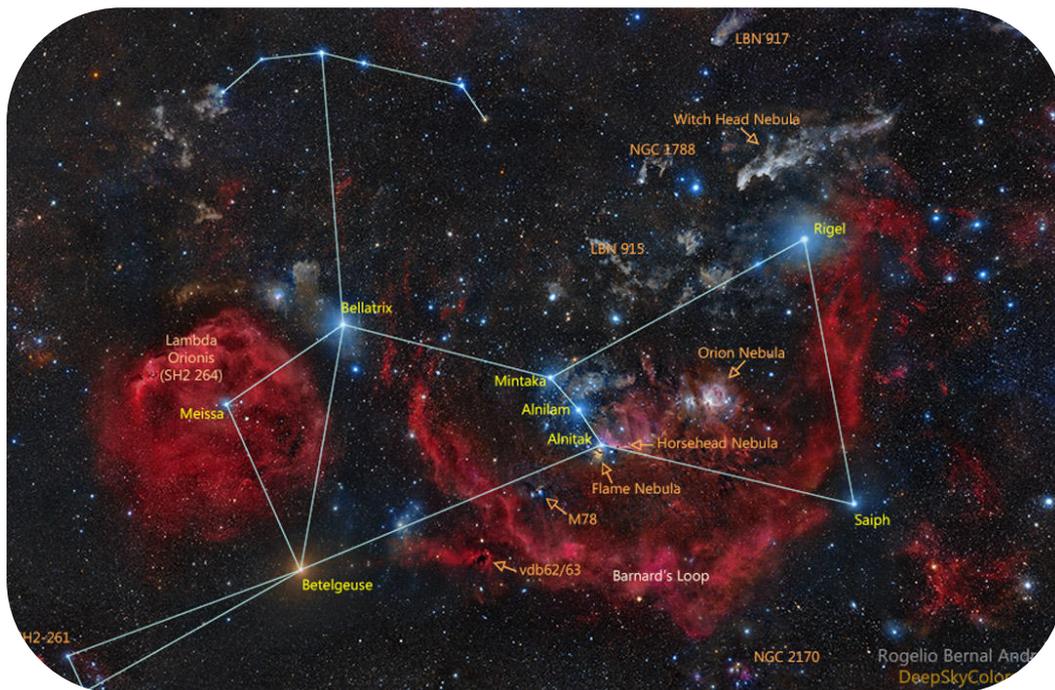


Figura 6: Nube molecular gigante de Orión. (Créditos: Rogelio Bernal Andreo/DeepSkyColors.com)

Referencias

- *Astronomy Notes* by N. Strobel: <http://www.astronomynotes.com>
- *Cosmos, the SAO Encyclopedia for Astronomy*: <http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/>
- Gene Smith's Astronomy Tutorial:
<http://casswww.ucsd.edu/archive/public/astroed.html#TUTORIAL>
- *The Interstellar Medium Learning Pages*: <http://www-ssg.sr.unh.edu/ism/>
- *Stars and Galaxies*, online course notes by N. Drakos and R. Moore:
<http://icc.dur.ac.uk/~tt/Lectures/Galaxies/TeX/lec/lec.html>

Autoras de este Booklet

- Belén López Martí
- Beatriz González