

Caso 1: Para una nube difusa de Hidrógeno, la $T = 50 \text{ K}$, $n = 10^8 \text{ m}^{-3}$. Si se asume que la nube está compuesta principalmente de hidrógeno atómico HI.

Caso 2: Ahora considere un núcleo denso dentro de una nube molecular gigante, con $T = 10 \text{ K}$, $n = 10^{10} \text{ m}^{-3}$. Este núcleo está compuesto principalmente de hidrógeno molecular H₂.

1. Investigar los valores del peso molecular medio de las partículas en el Medio Interestelar, para una nube difusa y una nube molecular gigante.

Nube difusa: Una nube difusa en el Medio Interestelar está compuesta principalmente de Hidrógeno atómico neutro (HI), es decir, la masa promedio de la nube es aproximadamente la masa del Hidrógeno. Con la ecuación del peso molecular promedio $\mu = \frac{\bar{m}}{m_H}^1$ se calcula que

$$\mu = \frac{1,67e^{-27}kg}{1,67e^{-27}kg} = 1.$$

Nube molecular gigante: Para una nube molecular gigante, la masa promedio de la nube es la masa del Hidrógeno molecular (H₂) debido a que está conformada principalmente de este. Por lo tanto,

$$\mu = \frac{\bar{m}}{m_H} = \frac{2.02e^{-3}kg/mol}{1,67e^{-27}kg/ato} * \frac{1mol}{6.022e^{23}ato} = 2.004$$

2. Masa de Jeans ¿cuál sería la masa mínima necesaria para causar el colapso espontáneo de la nube? Expresarla en masas solares.

El colapso de Jeans es un factor importante en la formación de estrellas, se da cuando una nube molecular que inicialmente se encuentra en equilibrio hidrostático, obtiene suficiente masa para empezar el colapso gravitacional de la nube. La masa mínima para crear este colapso se denomina Masa de Jeans. La Masa de Jeans se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$M_J = \left(\frac{5kT}{G\mu m_H}\right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{3}{4\pi\rho_0}\right)^{\frac{1}{2}}$$

¹ Carroll, B.; Ostlie, D., *An Introduction to Modern Astrophysics*. Benjamin Cummings, 1996. ISBN 0-201-54730-9. p. 291.

Donde k es la constante de Boltzmann, T es la temperatura de la nube, y ρ_0 es su densidad.

Para hallar la densidad de la nube, se tiene que $n = \frac{\rho_0}{\bar{m}}$ donde n es la densidad en número de partículas por unidad de volumen.

Caso 1:

$$\bullet \quad T = 50 \text{ K} \qquad n = 10^8 \text{ m}^{-3} \qquad \bar{m} = 1,67e^{-27} \text{ kg}$$

$$\rho_0 = n * \bar{m}$$

$$\rho_0 = 10^8 \text{ m}^{-3} * 1,67e^{-27} \text{ kg} = 1,68e^{-19} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\begin{aligned} M_J &= \left(\frac{5 * 1,38e^{-23} \text{ JK}^{-1} * 50 \text{ K}}{6,67e^{-11} \text{ Nm}^2 \frac{1}{\text{kg}} * 1 * 1,69e^{-27} \text{ kg}} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{3}{4\pi * 1,68e^{-19} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{\frac{1}{2}} \\ &= 6,48e^{33} \text{ kg} \frac{1M_{\odot}}{1,99e^{30} M_{\odot}} = 3259 M_{\odot} \end{aligned}$$

La masa mínima de la nube para que colapse es $3259,12 M_{\odot}$

Caso 2:

$$\bullet \quad T = 10 \text{ K} \qquad n = 10^{10} \text{ m}^{-3} \qquad \bar{m} = 2,02e^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = 3,35e^{-27} \text{ kg/ato}$$

$$\rho_0 = n * \bar{m}$$

$$\rho_0 = 3,35e^{-17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$M_J = 1,45e^{31} \text{ kg} \frac{1M_{\odot}}{1,989e^{30} \text{ kg}} = 7,28 M_{\odot}$$

La masa mínima de la nube para que colapse es $7,28 M_{\odot}$

Conclusión:

La Masa de Jeans para la nube difusa es demasiado grande, la masa de este tipo de nubes se encuentra en un rango de aproximadamente 3 a 100 masas solares, por lo que es muy poco posible que estas nubes alcancen esa masa, colapsen y nazcan estrellas de allí.

Por otro lado, la masa mínima para el colapso de la nube molecular gigante es muy pequeña y se encuentra dentro del rango de la masa de este tipo de nubes (10^4 - 10^6), por lo que la nube se encuentra en constante colapso gravitacional y de allí se generan las estrellas.

3. Radio de Jeans ¿Cuál es el radio de Jeans para ambos casos? Expresarlo en parsecs.

Así como existe una condición de masa necesaria para que ocurra un colapso gravitacional en una nube, hay una condición dada en términos del radio de la nube. El radio de Jeans es el mínimo radio al que una nube permanece en equilibrio. Si el radio de la nube es mayor al de Jeans, la nube comenzará a colapsar. La ecuación del Radio de Jeans es:

$$R_J = \left(\frac{15kT}{4\pi G \bar{m} \rho_0} \right)^{1/2}$$

Caso 1:

$$T = 50 \text{ K}$$

$$\bar{m} = 1,6735575e^{-27} \text{ kg}$$

$$\rho_0 = 1.6795575e^{-19} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$R_J = 2.10e^{17} \text{ m} = 6.79 \text{ pc}$$

El radio mínimo para que la nube colapse es 6.79 pc, y sabiendo que este tipo de nubes suelen tener un radio de aproximadamente 1 pc, se logra concluir lo mismo que cuando se calculó la masa, este tipo de nubes no colapsan pues los parámetros son muy grandes comparados a los valores que tienen y no se forman estrellas.

Caso 2:

$$T = 10 \text{ K}$$

$$\bar{m} = 3.35e^{-27} \text{ kg/ato}$$

$$\rho_0 = 3.35e^{-17} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$R_J = 4.69e^{15} \text{ m} = 0.15 \text{ pc}$$

Así como para la masa, el radio de Jeans para las nubes moleculares es más pequeño que el radio que estas nubes alcanzan (~10pc) por lo que es muy fácil que colapsen gravitacionalmente y formen estrellas.