

Astrofísica

1^{er} cuatrimestre de 2013

Práctica 5: Medio interestelar.¹

1. Asumiendo una distribución de velocidades de Maxwell-Boltzmann, calcule las velocidades medias de las partículas que componen las siguientes regiones.
 - (a) Regiones de hidrógeno atómico interestelar, el cual se encuentra usualmente en nubes HI a una temperatura $T = 100$ K.
 - (b) Regiones de hidrógeno ionizado (HII). Si su temperatura es $T = 10^4$ K, calcule la velocidad media de los protones y electrones en dichas regiones.
 - (c) Las nubes moleculares, las cuales están compuestas por moléculas de H_2 a $T = 15$ K.
2. Las nubes HI y moleculares usualmente contienen granos de polvo, que son partículas sólidas de radio $R \sim 0.5 \mu\text{m}$ y densidad $\rho \sim 1 \text{ g cm}^{-3}$. Si se considera el polvo como un gas ideal en equilibrio, calcule las velocidades cuadráticas medias de traslación y de rotación de los granos de polvo. Ayuda: utilice el teorema de equipartición de la energía.
3. (*) Considere una esfera de fluido de masa M y radio R , en equilibrio hidrostático a una temperatura T e inmersa en el medio interestelar (supuesto homogéneo).
 - (a) Muestre que la energía potencial gravitatoria de la esfera es $E_g = \Theta GM^2/R$, donde G la constante de gravitación universal y Θ una constante. Suponiendo que la densidad del fluido que compone la esfera es homogénea, halle Θ .
 - (b) Muestre que si el fluido es un gas monoatómico, la presión P_0 en la superficie de la esfera es
$$P_0 = \frac{c_v MT}{2\pi R^3} - \frac{\Theta GM^2}{4\pi R^4}, \quad (1)$$
donde c_v es el calor específico a volumen constante del material de la esfera.
 - (c) Grafique P_0 en función de R , y muestre que tiene un máximo. Calcule el radio R_J y la masa M_J de la esfera que corresponden a dicho máximo.
 - (d) Discuta la estabilidad de la esfera ante una compresión pequeña, en función de M . Muestre que para $M > M_J$ (llamada *masa de Jeans*), la esfera es inestable y colapsa sobre su centro.
 - (e) Discuta qué importancia tiene la masa de Jeans en el proceso de formación estelar.
 - (f) Calcule la masa de Jeans para una esfera de hidrógeno con una densidad media $\rho = 10^{-24} \text{ g cm}^{-3}$ a $T = 100$ K. Discuta el valor obtenido. ¿Corresponde éste a la masa de una estrella típica?
4. Suponga un medio interestelar homogéneo y estático, caracterizado por ρ_0 y p_0 sobre el cual avanza un frente de choque plano a velocidad U . En el referencial de esa superficie de discontinuidad, vemos a un lado el medio interestelar no-chocado, caracterizado por ρ_0 , p_0 y $u_0 = -U$, mientras que del otro lado tenemos el medio interestelar chocado (también homogéneo) caracterizado por ρ , p y u .
 - (a) Defina el contraste de densidad $\psi = \rho/\rho_0$, la velocidad del sonido $c_0^2 = \gamma p_0/\rho_0$ y el número de Mach $\mathcal{M}_0 = u_0/c_0$. Obtenga una expresión del contraste en términos de \mathcal{M}_0 .
 - (b) Obtenga el cociente de presiones en función de \mathcal{M}_0 y derive también una expresión para el número de Mach en el medio chocado (\mathcal{M}) en función de \mathcal{M}_0 .
 - (c) Obtenga expresiones asintóticas para choques fuertes, es decir, en el límite $\mathcal{M}_0 \rightarrow \infty$.
 - (d) Muestre que en el caso de choques débiles ($\mathcal{M}_0 < 1$), existe una velocidad mínima de propagación. Discuta físicamente los resultados obtenidos.

Ayuda: Asuma el caso isentrópico ($p/\rho^\gamma = \text{cte}$) y utilice las relaciones de *Rankine-Hugoniot*.

¹Los ejercicios indicados con (*) son prioritarios.