

Problemas de Astrofísica Extragaláctica y Cosmología 2012/2013

Problemas para entregar, tanda 1 (entrega 1 de Mayo)

1. El Sol está actualmente localizado a una altura de 30 pc al Norte del plano Galáctico (definido como $z=0$) y alejándose de él a una velocidad de $v_{\odot}=7.2$ km/s. La componente z de la aceleración de la gravedad para el Sol está dirigida hacia el plano, así que la velocidad peculiar del Sol en la componente z debe estar disminuyendo. En algún momento el Sol atravesará el plano Galáctico y se moverá hacia el Sur del plano, donde también sufrirá una aceleración negativa. Este movimiento oscilatorio en torno al plano de la Galaxia tiene un comportamiento bien conocido que estudiaremos en este problema. **(1 punto)**

Asumir que el disco de la Vía Láctea tiene un radio que es mucho mayor que su espesor. En este caso, si nos ceñimos a distancias cercanas al plano Galáctico, el disco parece una superficie infinita en el plano $z=0$. Esto significa que la aceleración gravitatoria siempre está orientada en la dirección $\pm z$. Nos olvidaremos de la aceleración radial para este problema.

- Derivar una expresión para la aceleración de la gravedad en el eje z que sufre el Sol sobre el plano de la Galaxia, asumiendo que el Sol siempre se mantiene en un disco de densidad constante ρ . *Ayuda: usar el Teorema de Gauss.*
- Usando la segunda Ley de Newton, demostrar que el movimiento del Sol en la dirección z se puede describir con una ecuación como la siguiente:

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + kz = 0$$

Expresar k en términos de ρ y G . Esta es la ecuación de un movimiento armónico simple.

- Encontrar la expresión general de z y la velocidad v en función del tiempo.
- Si la densidad de masa total en el entorno solar (incluyendo estrellas, gas, polvo y materia oscura) es $0.15 M_{\odot}/\text{pc}^3$, estimar el periodo de la oscilación del Sol.
- Combinar la estimación actual de z_{\odot} y v_{\odot} para estimar la amplitud de la oscilación solar y comparar la respuesta con el grosor del disco fino de la Vía Láctea.
- ¿Aproximadamente cuántas oscilaciones alrededor del disco realiza el Sol en una órbita alrededor del centro Galáctico? Dato: periodo galactocéntrico $P_{\text{orbita}} = 2.2 \times 10^8$ años.

2. NGC2639 es una galaxia Sa con una velocidad de rotación máxima de 324 km/s y una magnitud aparente $B=12.22$ mag (después de haber corregido de extinción). **(1 punto)**

- Estimar la magnitud absoluta en la banda B de NGC2639 usando la relación Tully-Fisher.
- Determinar la distancia a NGC2639 usando su módulo de distancias.
- ¿Cuál es el radio de la galaxia (R_{25}) al nivel de brillo superficial de 25 mag/arcsec²?
- Encontrar la masa de NGC2639 dentro del radio R_{25} .
- ¿Cuál es la luminosidad de la galaxia en la banda B?
- Calcular la relación masa-luminosidad de NGC2639 en la banda B, dentro del radio R_{25} .

3. La densidad de masa en forma de estrellas en el entorno del Sol es de aproximadamente $0.05 M_{\odot}/\text{pc}^3$. **(1 punto)**

- Asumiendo que la densidad de masa es constante y que todas las estrellas son de tipo M (cuya masa y radio se pueden extraer de una tabla de propiedades estelares), estimar la fracción del disco Galáctico ocupada por estrellas.

- b) Considerar una estrella intrusa (de tipo M en la secuencia principal) viajando por el disco Galáctico. ¿Cuál es la probabilidad de que el intruso choque con otra estrella asumiendo que el disco tiene un espesor de 1 kpc?

4. Asumir una IMF tipo Salpeter con $\alpha=2.8$. (1 punto)

- a) Calcular la fracción de estrellas formadas en el rango de 2 a 3 M_{\odot} con aquellas formadas en el rango 10 a 11 M_{\odot} .
- b) Comenzando con la IMF y usando la relación masa-luminosidad para estrellas de la secuencia principal $\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}}\right)^{\beta}$, derivar una expresión para el número de estrellas de la secuencia principal formadas en un intervalo de luminosidad dN/dL .
- c) Asumiendo $\alpha=2.8$ y $\beta=4$, calcular la fracción de estrellas formadas en el rango de 2 a 3 L_{\odot} con aquellas formadas en el rango 10 a 11 L_{\odot} .
- d) Comparar los resultados de los apartados a) y c) y explicarlos en función de las características físicas de las estrellas en la secuencia principal.

5. El cúmulo de Virgo contiene una gran cantidad de gas caliente ($T=70$ millones de K) intracumular que emite en rayos-X. (1 punto)

- a) Si la luminosidad del gas intracúmulo del cúmulo de Virgo es de 1.5×10^{36} W, encontrar la densidad del número de electrones y la masa del gas. Asumir que el cúmulo de Virgo es una esfera de radio 1.5 Mpc que está llena de hidrógeno ionizado.
- b) Usar $L_V=1.2 \times 10^{12} L_{\odot}$ como luminosidad visual de Virgo para encontrar la masa de luminosidad. ¿Cómo se compara este número con la masa de gas del IGM del apartado anterior?
- c) Asumiendo que el gas no tiene una fuente de energía y que simplemente pierde energía a través de emisión de bremsstrahlung, calcular la energía cinética media por partícula de gas (protón y electrón) para estimar cuánto tiempo tardaría el gas en perder toda su energía. Asumir que la luminosidad rayos-X permanece constante. Compara el resultado con el tiempo de Hubble t_H .

6. La tabla siguiente da el flujo monocromático de la radio-galaxia Cygnus A en varias longitudes de onda radio. (1 punto)

$\log(\nu)$ [Hz]	$\log(F_{\nu})$ [W m ⁻² Hz ⁻¹]
7.0	-21.88
7.3	-21.55
7.7	-21.67
8.0	-21.86
8.3	-22.09
8.7	-22.38
9.0	-22.63
9.3	-22.96
9.7	-23.43
10.0	-23.79

- a) Hacer un gráfico de $\log_{10}(F_{\nu})$ frente a $\log_{10}(\nu)$ y determinar el valor del índice espectral a $\log(\nu)=8$ para una ley de potencias del tipo $F_{\nu}=\nu^{-\alpha}$.
- b) Hacer el mismo gráfico en notación $\log_{10}(F_{\nu})$ frente a $\log_{10}(\lambda)$ y $\log_{10}(F_{\lambda})$ frente a $\log_{10}(\lambda)$.

- c) Hacer una integración numérica de la curva F_ν vs. ν (ino en logaritmo!) y estimar la luminosidad radio de Cygnus A. La distancia a Cygnus A es $170h^{-1}$ Mpc.
7. Utilizando los modelos de poblaciones estelares para galaxias con formación estelar de Starburst99 (Leitherer et al. 1999, ApJS, 123, 3), cuyos datos se pueden encontrar tabulados en la página web <http://www.stsci.edu/science/starburst99/>, realizar los siguientes cálculos. Asumir una IMF de Salpeter pura y metalicidad solar, a no ser que se diga lo contrario. **(2 puntos)**
- Considerar una galaxia con una población estelar de 1 Gyr formada instantáneamente y un brote de formación estelar también instantáneo y más reciente, ocurrido hace 100 Myr. Estimar los colores U-B, B-V, V-R, R-K y J-K de la galaxia en el caso de que la masa creada en el brote reciente (la llamada fuerza de brote) es un 0% de la masa total de la galaxia, un 1%, un 10% y un 50%.
 - Para una fuerza de brote del $b=5\%$, hacer una gráfica de cómo cambian los colores U-B y R-K de la galaxia con el tiempo en los últimos 200 Myr.
8. En el artículo Lilly et al. (1996, ApJ, 460, L1) se estudian las densidades de luminosidad en el ultravioleta, óptico e infrarrojo cercano para galaxias hasta redshift $z \sim 1$. Asumir siempre $H_0=70$ km/s/Mpc. **(2 puntos)**
- ¿Qué valor de la magnitud absoluta en banda B de una galaxia local típica se asume? ¿A qué luminosidad equivale esa magnitud, en unidades del SI y en unidades solares?
 - ¿Cuántas galaxias típicas locales debería haber por Mpc^3 a $z=0.75-1.00$ para explicar la densidad de luminosidad total observada en banda B para los valores "observados directamente"?
 - Hacer un gráfico de la contribución de las galaxias azules y rojas a la densidad de luminosidad "observada directamente" en el UV en función del redshift. Comparar con los resultados para los valores "estimados con funciones de luminosidad".
 - ¿Qué IMF y que parámetros extra ajustan mejor la evolución de la densidad de luminosidad UV? ¿Qué parámetros ajustan mejor todas las densidades?