Astronomía Extragaláctica - 2024

Marco cosmológico - Ley de Hubble-Lemaître

1) Encuentre la relación que vincula a la magnitud absoluta M de una galaxia con su magnitud aparente m y con el corrimiento al rojo z de su espectro. Grafique V contra $\log(z)$ para los datos de Gunn & Oke (ApJ, 1975, 195, 255), que corresponden a las galaxias más brillantes en cúmulos ricos de galaxias (archivo `Gunn-Oke.txt`, página de la materia[1]), y utilice la expresión hallada antes para ajustar los puntos del diagrama, suponiendo que las magnitudes absolutas de todas las galaxias son aproximadamente iguales.

   Realice el mismo tipo de gráfico para los datos correspondientes al relevamiento 2MASS, que pueden descargarse desde el siguiente enlace: `http://tdc-www.harvard.edu/2mrs/`.

   ¿Puede ajustarse una función similar en este caso? ¿Por qué? Comente.

   Datos: $c = 2.99792 \times 10^5$ km s^{-1} ; $H_0 = 67.4$ km s^{-1} Mpc^{-1}

2) La Ley de Hubble-Lemaître indica que el Universo se está expandiendo. ¿Qué dice al respecto la métrica de Friedmann-Robertson-Walker (FRW)?

   - ¿qué es el corrimiento al rojo y qué es el corrimiento al rojo cosmológico?
   - z es un indicador, ¿de qué?

3) Calcule las velocidades del "flujo de Hubble" que corresponden a:

   M 31: $(m - M)_0 = 24.47\,\mathrm{mag}$
   Cúmulo de Virgo $(m - M)_0 = 31.10\,\mathrm{mag}$
   Cúmulo de Coma $(m - M)_0 = 35.06\,\mathrm{mag}$.

   Compare con las dispersiones de velocidades radiales de las galaxias que se miden en grupos ($\sigma_{r,g} \sim 100 - 500 kms^{-1}$) y en cúmulos de galaxias ($\sigma_{r,c} \sim 700 - 1200 kms^{-1}$). Comente.

4) A partir de la expresión del factor de escala de un universo de Friedmann-Robertson-Walker (FRW):

$$R(t_e) = R(t_0) + (t_e - t_0)\frac{dR(t_0)}{dt} + \frac{1}{2}(t_e - t_0)^2\frac{d^2R(t_0)}{dt^2}, \qquad (1)$$

   y de las definiciones de la constante de Hubble y del parámetro de desaceleración:

$$H_0 \equiv H(t_0) = \frac{dR(t_0)}{dt}\frac{1}{R(t_0)} \qquad (2)$$

$$q_0 \equiv -\frac{d^2R(t_0)}{dt^2}\frac{1}{R(t_0)\,H_0^2}, \qquad (3)$$

   encuentre una expresión para el corrimiento al rojo z en función de H_0, q_0, y de la diferencia entre los tiempos de emisión y de observación $(t_e - t_0)$.

   Datos: $z = \frac{R(t_0)}{R(t_e)} - 1$

[1] `http://carina.fcaglp.unlp.edu.ar/extragalactica/practicas.html`

5) A partir de las ecuaciones de Friedman para la tasa de expansión y la aceleración en un universo dominado por materia y constante cosmológica (es decir, despreciando radiación):

$$\left(\frac{dR(t)}{dt}\right)^2 = -kc^2 + \frac{8\pi G\rho(t_0)R^3(t_0)}{3R(t)} + \frac{\Lambda R(t)^2}{3}; \tag{4}$$

$$\frac{d^2R(t)}{dt^2} = -\frac{4\pi G\rho(t_0)R^3(t_0)}{3R^2(t)} + \frac{\Lambda R(t)}{3} \tag{5}$$

grafique en forma esquemática la evolución de $R(t)$ para $\Lambda < 0$, $\Lambda = 0$, y $\Lambda > 0$, considerando los 3 valores posibles del parámetro de curvatura ($k = 0$, $k \pm 1$) en cada caso. Comentar.

6) Para un espectro de cuerpo negro, el número de fotones con frecuencias entre ν y $\nu + d\nu$ en un volumen de espacio $V(t)$ a un tiempo cósmico t está dado por:

$$dN(t) = \frac{8\pi\nu^2 \, V(t) \, d\nu}{c^3 \left(e^{\frac{h\nu}{kT_r(t)}} - 1\right)}. \tag{6}$$

Mostrar que a un tiempo cósmico posterior t' la distribución también corresponde a un cuerpo negro, aunque a una temperatura $T_r(t') < T_r(t)$.

¿Por qué es importante saber/comprobar esto?

7) ¿Cuáles son las tres evidencias observacionales claves que apoyan la idea de la teoría del Big Bang?