

GRAVITACIÓN Y COSMOLOGÍA.
Examen Convocatoria de Mayo [28/5/2014]

Problemas

1. En Septiembre de 2012, la revista Nature [W. Zheng et al, Nature 489, 406 (2012)], publicó un artículo sobre una galaxia en el *cluster* MACS J1149+2223 que presentaba un *redshift* de $z = 9.6$.

- ¿Cuándo fue emitida la luz de esta galaxia?

Si la citada galaxia se formó 200 millones de años después del *Big Bang*,

- ¿Cuál sería su *redshift* cosmológico en el momento de su formación?
- Calcular la temperatura del CMB en los momentos de formación de la estrella y de la emisión de la luz que recibimos ($z = 9.6$).
- ¿Cuál sería la temperatura de los neutrinos en los dos momentos del apartado anterior?
- ¿Cuál sería su distancia-luminosidad (d_L)? ¿Podrías estimar la diferencia entre las magnitudes relativa y absoluta ($m - M$) de la estrella?

Finalmente,

- ¿Cuál sería la edad del Universo?

Nota. En el material suplementario del citado artículo, los autores usan $\Omega_M = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$, $\Omega_R = 0$ y $h = 0.7$. Además asumir $T_{\gamma,0} = 2.725$ K.
(2 puntos)

2. Calcular la edad del Universo cuando su temperatura fue de $T = 2 \times 10^{10}$ K (justificar la respuesta).
(1 punto)

3. Supóngase un agujero negro de tipo Schwarzschild de masa M .

- Demostrar que la luz puede seguir una órbita circular con coordenada radial $r = 3M$.
- Discutir cualitativamente la estabilidad de esta órbita.
- Calcular el periodo de esta órbita en tiempo coordinado.
- Calcular el periodo que mediría un observador situado en el infinito.
- Si hay un observador que está situado en un punto *fijo* de la órbita $r = 3M$, ¿qué periodo observaría?
- Si la masa del agujero negro es la masa del Sol ($M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30}$ kg), expresar en metros el radio $r = 3M$.

(1.5 puntos)

4. Considérese la siguiente métrica bidimensional

$$ds^2 = e^{2u}(du^2 + dv^2)$$

- Escribir las ecuaciones de las geodésicas.
- Encontrar (justificar las respuesta) un vector de Killing y escribir la cantidad conservada asociada.
- ¿Es plano este espacio?

(1.5 puntos)

GRAVITACIÓN Y COSMOLOGÍA.
Examen Convocatoria de Mayo [28/5/2014]

Teoría

5. Describe brevemente y asigna tiempos, temperaturas, *redshifts* y $a(t)/a(t_0)$ a los siguiente eventos:

- Recombinación.
- Equilibrio Materia-Radiación.
- Equilibrio Materia-Constante Cosmológica.

(2 puntos)

6. Principio de equivalencia fuerte.

(2 puntos)
