

FI34A-02 Control 2

Profesor: **Sebastián López**
Auxiliares: Liza Videla
Harold Francke

22 de septiembre de 2006, Duración 3 horas

- Pregunta 1
- a) Explique qué es el *look-back time* y a qué porcentaje de la edad del Universo corresponde éste para un *redshift* de $z = \infty$. [2 líneas]
 - b) Usando sus datos, Hubble determinó una tasa de expansión del Universo 10 veces mayor que el valor aceptado actualmente. Explique por qué tal discrepancia. [max. 2 líneas]
 - c) (i) Si el Universo es isotrópico, ¿a qué se debe la anisotropía dipolar? [1 frase]
(ii) ¿Cuál era la temperatura de la radiación de fondo cósmico a *redshift* $z = 9$? [2 líneas]
 - d) ¿Cuáles son los parámetros de una cefeida que aparecen en la relación que hace a este tipo de estrellas tan importantes en cosmología? [1 línea] ¿Por qué esta relación es tan importante en cosmología? [1 línea]
 - e) Explique cómo una partícula sin masa (por ejemplo, un fotón) puede poner en movimiento a otra partícula masiva (por ejemplo un electrón) en “reposo”. [max. 2 líneas]
 - f) Explique qué significa que una cantidad física sea (i) “invariante”; (ii) “se conserve”. [1 línea para cada concepto]

- Pregunta 2 Un antiprotón \bar{p} tiene la misma masa en reposo m_0 que un protón p . Y es creado en la reacción:

$$p + p \longrightarrow p + p + p + \bar{p}$$

En un experimento, protones en reposo en el sistema de laboratorio son bombardeados con protones de energía cinética K , que ciertamente debe ser mayor que $2m_0c^2$, de manera que parte de ella pueda ser convertida en masa en reposo.

- a) En el sistema centro de momentum, donde ambas partículas se mueven con velocidad u' (una contra la otra), calcule el valor mínimo de u' para que la reacción propuesta ocurra.
- b) Pase al sistema de laboratorio, donde un protón está en reposo, y encuentre la velocidad u del otro protón.
- c) Calcule la energía cinética K del protón en movimiento en el sistema de referencia de laboratorio.

Pregunta 3 a) Se ilumina con luz de 280 nm la superficie de una aleación metálica rodeada de oxígeno, lo que provoca el oxidamiento progresivo de la muestra. A medida que la superficie se oxida, el potencial V_0 que se debe aplicar para impedir la llegada de electrones al cátodo cambia de $V_0 = 1,3$ a $V_0 = 0,7$ eV. Determinar cuantitativamente qué cambios se producen en:

- (i) La energía cinética máxima de los electrones emitidos por la superficie.
- (ii) La función de trabajo, ϕ .
- (iii) La frecuencia umbral ν_0 .

b) Una fuente luminosa que emite radiación (fotones) de $7,0 \times 10^{14}$ Hz es incapaz de arrancar fotoelectrones de cierto metal (función de trabajo, ϕ). Con la intención de utilizar esta fuente para extraer fotoelectrones, a ésta se le da una velocidad dirigida hacia el metal.

- (i) Explique por qué este procedimiento sí puede producir fotoelectrones.

Hint: ¿Cuál es la nueva energía de los fotones?

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}$$

- (ii) Al incrementar la velocidad de la fuente luminosa, recién cuando ésta alcanza $0,28c$, los fotoelectrones empiezan a ser expulsados del metal. ¿Cuál es la función de trabajo del metal?
- (iii) Cuando la velocidad de la fuente se incrementa hasta llegar a $0,90c$, determine la máxima energía cinética de los fotoelectrones.

Datos: carga del electrón $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C; velocidad de la luz $c = 3 \cdot 10^8$ m/s; constante de Planck $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J s

Pregunta 4 a) Derive una expresión en términos de la constante de Hubble *actual*, $H_0 \equiv H(t = t_0)$, y de la constante de gravitación universal G para la densidad crítica *actual* del universo ($\rho_c(t = t_0)$) a partir de la ecuación de Friedmann:

$$\left[\left(\frac{1}{a} \frac{da}{dt} \right)^2 - \frac{8\pi}{3} G \rho \right] a^2 = -kc^2, \quad (1)$$

donde $a(t)$ es el factor de escala, $\rho(t)$ la densidad del Universo, y k su curvatura.

Hint 1: ¿cuál es el significado de $\frac{1}{a} \frac{da}{dt}$? Hint 2: ¿con qué tipo de universo está relacionada la densidad crítica, y qué implica esto para el valor de k ?

b) Evalúe esta expresión en unidades de [átomos de H/m³], sabiendo que la masa de un átomo de Hidrógeno es $m_H = 1,67 \times 10^{-27}$ kg, que la constante de gravitación universal es $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³ kg⁻¹ s⁻², y que la constante de Hubble actual es $H_0 = 65$ km s⁻¹/Mpc .

Hint: 1 pc = 3.2 años-luz

c) ¿Qué implicancia tiene el valor obtenido para la geometría del universo?