

# Astrofísica

1<sup>er</sup> cuatrimestre de 2020

## Guía 1: El Universo

- Suponiendo que la radiación proveniente de los siguientes objetos es de origen térmico, ¿en qué zona del espectro electromagnético espera observarlos? a) el Sol, cuya superficie se encuentra a una temperatura  $T = 6000$  K; b) una nube de polvo interestelar a  $T = 100$  K; c) gas intergaláctico a  $T = 10^5$  K.
- El hidrógeno neutro puede sufrir una transición en la que el electrón invierte su spin, liberando una energía  $E \sim 6 \times 10^{-6}$  eV. ¿Cuál será el espectro de la emisión por este mecanismo, y en qué frecuencia y longitud de onda podrá observarse?
- La *unidad astronómica* (AU) se define como la distancia media entre la Tierra y el Sol. Una determinación precisa de esta magnitud es de particular importancia, ya que constituye la base de la llamada *escala de distancias*, por lo que la medición de *cualquier* distancia en Astrofísica depende de ella en forma directa o indirecta.
  - Suponiendo que las órbitas de la Tierra y Venus alrededor del Sol son circulares y coplanares (justifique estas hipótesis), muestre que puede medirse la unidad astronómica determinando los valores máximo y mínimo de la distancia entre la Tierra y Venus (sin hacer mediciones sobre el Sol).
  - La distancia a Venus puede medirse enviando a este planeta un pulso de ondas de radio, y midiendo el tiempo de viaje. Si los tiempos de viaje (ida y vuelta) correspondientes a la mínima y máxima distancia entre la Tierra y Venus son  $t_{\min} = 276.45$  s y  $t_{\max} = 1719.55$  s respectivamente, ¿cuánto vale 1 AU?
  - Dos observadores miden la posición de Venus respecto de las estrellas en el instante de su máximo acercamiento a la Tierra, y obtienen una diferencia de  $49.8''$ . ¿Cuál es la distancia a Venus en ese momento, si los observadores están separados por  $10^4$  km, medidos en forma perpendicular a la dirección en que se encuentra el planeta? Si en el instante de máximo alejamiento, el diámetro angular de Venus es 6.2 veces más pequeño que en el de máximo acercamiento, cuánto vale 1 AU?
  - Discuta la precisión de las mediciones anteriores.
- Sabiendo que la potencia de la radiación solar que recibe  $1 \text{ m}^2$  de superficie en la Tierra (fuera de la atmósfera) es 1.38 kW, calcule la luminosidad del Sol  $L_{\odot}$ . Suponiendo que éste emite como un cuerpo negro, calcule su temperatura superficial (ésta se denomina *temperatura efectiva*,  $T_{\text{eff},\odot}$ ).
- Calcule la masa del sistema Tierra–Luna, sabiendo que el semieje mayor de la órbita de la Luna es  $a = 3.84 \times 10^5$  km, y que su período orbital es de 27.322 días. Calcule ahora la masa del Sol  $M_{\odot}$ , sabiendo que el período orbital de la Tierra alrededor del mismo es  $T_{\oplus} = 3.156 \times 10^7$  s. ¿Cuál es la densidad media del Sol?
- El albedo (fracción de la radiación solar incidente reflejada por un planeta) de Júpiter es 0.58. Calcule la temperatura que tendría Júpiter si estuviera en equilibrio con la radiación solar. Compare su resultado con la temperatura medida en la atmósfera joviana,  $T = 140$  K. ¿Cuánto vale el exceso de radiación? Discuta los posibles orígenes de la diferencia. ¿Es correcto decir que los planetas no tienen una fuente de energía interna?
- La *paralaje anual* de la estrella  $\alpha$  Centauri es  $\pi = 0.75''$ . ¿Cuál es su distancia? El satélite *Hipparcos* es capaz de obtener paralajes con una precisión de  $0.001''$ . ¿Cuál es la distancia máxima para la cual el error en su medición es menor al 10%? ¿Y al 50%?
- Un sistema binario que se observa perpendicular al plano orbital se encuentra a 12 pc de distancia. Si tiene un período  $T = 10$  yr, y una separación de  $1.2''$ . ¿Cuál es la masa del sistema?

9. El espectro de un astro presenta la línea  $H\alpha$  (la primera de las líneas de la serie de Balmer, correspondiente a la transición entre los niveles de energía con  $n = 3$  y  $n = 2$ ) en emisión a  $\lambda = 659.0$  nm, mientras que en el laboratorio se observa a  $\lambda = 659.3$  nm. ¿Qué puede decir del movimiento de dicho astro respecto a la Tierra?
10. Los *cúmulos globulares* son sistemas de  $\sim 10^5$  estrellas ligadas por su propia gravedad. Estos objetos contienen una población de estrellas de tipo RR Lyrae, cuya luminosidad es  $L = 1.05L_{\text{Vega}}$ , siendo  $L_{\text{Vega}}$  la luminosidad de la estrella Vega. En el cúmulo globular NGC 104 se mide el flujo de radiación de una estrella RR Lyrae, obteniéndose  $F = 2.29 \times 10^{-6}F_{\text{Vega}}$ . Calcule la distancia a NGC 104, sabiendo que Vega se encuentra a 7.75 pc del Sol.
11. Si el flujo integrado de NGC 104 es  $F = 0.011F_{\text{Vega}}$ , y se supone que la relación masa–luminosidad promedio de sus estrellas es igual a la solar, calcule la masa de este cúmulo globular. La luminosidad de la estrella Vega es  $L_{\text{Vega}} = 51L_{\odot}$ .
12. La Vía Láctea es una galaxia en forma de disco. El Sol se encuentra a una distancia  $R_0 = 8$  kpc de su centro, y su órbita alrededor del mismo puede suponerse circular, con una velocidad orbital de  $200 \text{ km s}^{-1}$ . Estime la masa de la Vía Láctea, si se supone que la misma está concentrada en su centro.

## Ejercicios adicionales

13. Una de las características de la Astrofísica es la imposibilidad de acceder directamente (en la mayoría de los casos) a los objetos o fenómenos de estudio. Por lo tanto, el investigador depende del análisis de la información que llega hasta él a través de diversos portadores. Enumere brevemente cuáles son los *portadores de información* en Astrofísica, y de qué manera se detectan.
14. De los portadores de información, la radiación electromagnética juega un papel central en Astrofísica. El análisis de la información contenida en la misma suele hacerse de diversas maneras, pero las técnicas más usadas son la *fotometría*, la *espectrometría* y la *polarimetría*. Discuta brevemente en qué consiste cada una de ellas, y dé ejemplos de la información que pueden proveer.
15. El espectro de la radiación sincrotrón que emite un electrón de energía  $E$  moviéndose en un campo magnético  $B$  tiene su máximo a una frecuencia

$$\nu_{\text{max}} = \frac{eB}{4\pi mc} \left( \frac{E}{mc^2} \right)^2, \quad (1)$$

donde  $m$  y  $e$  son la masa y la carga del electrón respectivamente, y  $c$  es la velocidad de la luz. Para la Nebulosa del Cangrejo (un remanente de supernova),  $B \sim 10^{-4}$  G. Calcule la frecuencia del máximo para un electrón con  $E = 10^9$  eV, y discuta cómo distinguiría un objeto que emite radiación sincrotrón de uno que emite radiación térmica en el mismo rango de frecuencias.

16. Usando el resultado del ejercicio 3b, y que el diámetro aparente medio del Sol es de  $31.99'$ , calcule el radio solar  $R_{\odot}$ .
17. A partir de los valores observados para los períodos orbitales  $T_{\text{orb}}$ , radios  $R$  y masas  $m$  de los ocho planetas del Sistema Solar, estime sus distancias medias al Sol y sus densidades medias. Grafique masa, radio y densidad media en función de la distancia media al Sol. ¿Qué conclusiones obtiene? *Ayuda: puede encontrar información detallada de cada planeta en el sitio Web <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>.*
18. El período de rotación del Sol es de 25.5 días a  $15^\circ$  de latitud. Suponiendo que rota como un cuerpo rígido (una aproximación no muy buena), calcule el momento angular del Sol. Calcule además el momento angular (respecto del centro del Sol) de los planetas. ¿Cuál sería el período de rotación del Sol si éste tuviera todo el momento angular del Sistema Solar (desprecie la existencia de otros cuerpos además del Sol y los planetas).
19. Suponiendo que  $\alpha$  Centauri es una estrella idéntica al Sol, calcule su distancia sabiendo que el flujo de radiación recibido en la Tierra es  $1.32 \times 10^{-11}F_{\odot}$ . Expresar su respuesta en parsecs y en unidades astronómicas.

20. Una estrella del cúmulo de las Hyades tiene un movimiento propio  $\mu = 0.11'' \text{ yr}^{-1}$ , una velocidad radial  $v_r = 39.1 \text{ km s}^{-1}$ , y dista  $30^\circ$  del punto de convergencia del movimiento del cúmulo. Calcule la distancia del cúmulo al Sol. Si el mismo subtende un ángulo de  $20^\circ$  en el cielo, ¿cuál es su tamaño?
21. El flujo proveniente de una estrella del tipo solar ubicada en el cúmulo de las Hyades es  $2.85 \times 10^4$  veces el que proviene de una estrella del mismo tipo ubicada en el cúmulo NGC 4755. Suponiendo que no hay extinción de la radiación proveniente de dichos sistemas, calcule la distancia a NGC 4755.
22. La galaxia de Andrómeda es similar a la Vía Láctea, por lo que se puede suponer que su radio es del orden de 10 kpc. Si subtende en el cielo un ángulo de  $0.74^\circ$ , ¿cuál es su distancia aproximada?