

Astrofísica - 1er Cuatrimestre 2024

Práctica 1: El Universo

Problema 1. 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.

Problema 2. 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.

Problema 3. 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.

Problema 4. El hidrógeno neutro puede sufrir una transición en la que el electrón invierte su spin, liberando una energía $E \approx 6 \times 10^{-6}$ eV. ¿Cuál será el espectro de la emisión por este mecanismo, y en qué frecuencia y longitud de onda podrá observarse?

Problema 5. 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 escalera de distancias, por lo que la medición de cualquier distancia en Astrofísica depende de ella en forma directa o indirecta.

- (a) 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).
- (b) 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?
- (c) 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?

Problema 6. Usando el resultado del ejercicio 5(b), y que el diámetro aparente medio del Sol es de $31.99'$, calcule el radio solar R_{\odot} .

Problema 7. Sabiendo que la potencia de la radiación solar que recibe 1 m^2 de superficie en la Tierra (fuera de la atmósfera) es 1.361 kW , calcule la luminosidad del Sol L . Suponiendo que éste emite como un cuerpo negro, calcule su temperatura superficial (ésta se denomina *temperatura efectiva solar*, T_{eff}^{\odot}).

Problema 8. Calcule la masa del sistema Tierra-Luna, sabiendo que el semieje mayor de la órbita de la Luna es $a = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$, 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 $T_{\odot} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$ ¿Cuál es la densidad media del Sol?

Problema 9. 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, $T = 140 \text{ K}$ ¿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?

Problema 10. La *paralaje anual* de la estrella α 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% ?

Problema 11. Un sistema binario que se observa perpendicular al plano orbital se encuentra a 12 pc de distancia. Si tiene un período $T = 10 \text{ yr}$, y una separación de $1.2''$ ¿cuál es la masa del sistema?

Problema 12. 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 $\lambda = 659,0 \text{ nm}$, mientras que en el laboratorio se observa a $\lambda = 659,3 \text{ nm}$ ¿Qué puede decir del movimiento de dicho astro respecto a la Tierra?

Problema 13. 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 $L = 1,05 \times L_{Vega}$, siendo L_{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 $F = 2,29 \times 10^{-6} \times F_{Vega}$. Calcule la distancia a NGC 104, sabiendo que Vega se encuentra a 7.75 pc del Sol.

Problema 14. Si el flujo integrado de NGC 104 es $F = 0,011 \times F_{Vega}$, 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 $L_{Vega} = 51 \times L_{\odot}$.

Problema 15. La Vía Láctea es una galaxia en forma de disco. El Sol se encuentra a una distancia $R_0 = 8 \text{ kpc}$ de su centro, y su órbita alrededor del mismo puede suponerse circular, con velocidad orbital de 200 km s^{-1} . Estime la masa de la Vía Láctea, si se supone que la misma está concentrada en su centro.

Problema 16. 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

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

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), $B \approx 10^{-4}$ 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.

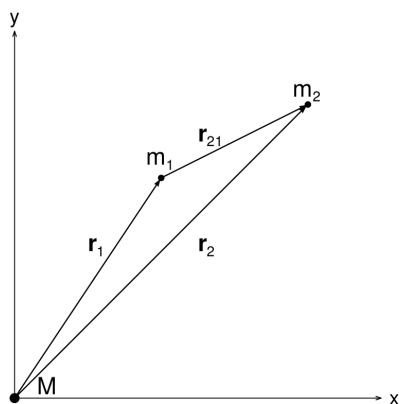
Problema 17. El período de rotación del Sol es de 25.5 días a 15° de latitud. Suponiendo que rota como un cuerpo rígido (una aproximación no muy buena), calcule el momento angular del Sol. Calcule además el momento angular (respecto del centro del Sol) de los planetas. ¿Cuál sería el período de rotación del Sol si éste tuviera todo el momento angular del Sistema Solar (desprecie la existencia de otros cuerpos además del Sol y los planetas).

Problema 18. Suponiendo que α Centauri es una estrella idéntica al Sol, calcule su distancia sabiendo que el flujo de radiación recibido en la Tierra es $1,32 \times 10^{-11} \times F_\odot$. Expresé su respuesta en parsecs y en unidades astronómicas.

Problema 19. 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° del punto de convergencia del movimiento del cúmulo. Calcule la distancia del cúmulo al Sol, y su tamaño si subtende un ángulo de 20° en el cielo.

Problema 20. 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° ¿cuál es su distancia aproximada?

Problema 21. Construya un esquema numérico que permita resolver el problema de 3 cuerpos gra-



vitatoriamente interactuantes (y eventualmente, extendiendo el esquema, el de N cuerpos). Para ello considere los cuerpos de masa m_1 , m_2 y M , donde las posiciones son relativas al cuerpo de masa M , como muestra la figura. Suponga $m_1, m_2 \ll M$. Reduzca el problema a un sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden, susceptible de ser resuelto por los esquemas numéricos clásicos (Euler, Euler semi-implícito, Runge-Kutta, etc.) partiendo de condiciones iniciales conocidas.