

## Prueba Teórica Grupal

### Pregunta 1: órbitas de los planetas

Determinar el período de un planeta requiere cierto cuidado, ya que la Tierra, desde donde hacemos las observaciones, realiza varios movimientos dependiendo del marco de referencia adoptado. Llamamos período sideral ( $P$ ) de un planeta al intervalo de tiempo que tarda en completar una órbita alrededor del Sol. El período sinódico ( $S$ ) es el tiempo transcurrido entre dos configuraciones idénticas y sucesivas vistas desde la Tierra, por ejemplo, el tiempo entre una conjunción y la siguiente. El período sinódico se puede determinar directamente mirando al cielo, pero el período sideral requiere algunos cálculos. Copérnico descubrió cómo hacerlo a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T} \pm \frac{1}{S}$$

¿Dónde  $T$  está el período sideral de la Tierra? Usamos el signo más al calcular el período sinódico de un planeta interior, y el signo menos para los planetas exteriores.

- A partir de la relación anterior, completa los datos que faltan en la tabla referente al período sideral o sinódico de los planetas. Adoptar: 1 año = 365,26 días.
- Usando la tercera ley de Kepler, completa la tabla con los valores de los semiejes mayores de las órbitas de los planetas.
- Io es una de las cuatro grandes lunas de Júpiter descubiertas por Galileo, que orbita a una distancia de 421.600 km del centro de Júpiter con un período orbital de 1,77 días. A partir de estos datos, determine la masa combinada de Júpiter e Io.
- Dado que la masa de Io es una pequeña fracción de la masa de Júpiter, determine la masa de Júpiter.

| Planeta  | Período Sideral (años) | Período Sinódico (días) | Semieje mayor (ua) |
|----------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| Mercurio |                        | 115,88                  |                    |
| Venus    |                        | 584,00                  |                    |
| Tierra   | 1,0                    | ----                    |                    |
| Marte    |                        | 780,00                  |                    |
| Júpiter  | 11,9                   |                         |                    |
| Saturno  |                        | 378,00                  |                    |
| Urano    | 84,1                   |                         |                    |
| Neptuno  |                        | 368,00                  |                    |

### Pregunta 2: fuerzas de marea

Las fuerzas de marea son diferencias en las atracciones gravitatorias en diferentes puntos de un objeto, una consecuencia de la gravedad que deforma los planetas y remodela las galaxias. Podemos ver los resultados de esta fuerza en el hecho de que la Luna siempre permanece con la misma cara frente a la Tierra, ya que mantiene su órbita. De acuerdo con la Ley de la Gravitación Universal, propuesta por Isaac Newton, la fuerza de atracción gravitatoria ( $F$ ) entre objetos de masas  $m_1$  y  $m_2$  es mayor cuanto más cerca están estos dos objetos. Cuando sea necesario, adoptar el valor de la constante gravitacional:  $G = 6,67,10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ .

Con base en la Ley de la Gravitación Universal de Newton, responda las siguientes preguntas:

(a) Suponga que la masa de la Luna es  $7,35 \times 10^{22}$  kg, mientras que la de la Tierra es  $5,98 \times 10^{24}$  kg. La distancia media entre el centro de la Luna y el centro de la Tierra es de 384.000 km.

(i) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza gravitacional que la Tierra ejerce sobre la Luna?

(ii) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza gravitacional que la Luna ejerce sobre la Tierra? Justifica tu respuesta a de una de las leyes de Newton.

(b) Suponiendo que la masa del Sol es  $1,99 \times 10^{30}$  kg, determine la relación entre las fuerzas gravitatorias Tierra-Sol y Tierra-Luna. Adoptar:  $1 \text{ ua} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$ .

Las fuerzas de marea también son importantes a escala galáctica. La siguiente imagen del HST muestra un par de galaxias interactuando: NGC2207 (izquierda) e IC2163 (derecha). Durante los millones de años que ha tenido lugar este encuentro, las fuerzas de marea de la galaxia más grande han capturado un inmenso rastro de estrellas y gas interestelar de la galaxia más pequeña.



*Crédito de imagen: HST / NASA / ESA.*

Dahari, en 1984, desarrolló un formalismo para estimar la fuerza de marea en objetos grandes. Se puede calcular el parámetro ( $Q$ ) del efecto de esta fuerza que una galaxia, de masa  $M_2$ , ejerce sobre otra de masa  $M_1$  y diámetro  $D_1$ , que están separadas por una distancia  $d$ , a partir de la ecuación:

$$Q = \log \left[ \left( \frac{M_2}{M_1} \right) \left( \frac{D_1}{d} \right)^3 \right]$$

Con esta definición, tenga en cuenta que el parámetro de fuerza de marea es adimensional.

Se sabe que NGC2207 tiene una masa de  $1,16 \times 10^{10}$  masas solares y un diámetro de 31,33 kpc. IC2163 tiene una masa de  $7,28 \times 10^9$  masas solares y un diámetro de 28,76 kpc. Suponiendo que los centros de las galaxias están separados por una distancia de 23,40 kpc, responda las siguientes preguntas:

(c)

(i) ¿Cuál es el parámetro de la fuerza de marea que ejerce la galaxia NGC2207 sobre la galaxia IC2163?

(ii) Calcule el parámetro de fuerza de marea que ejerce la galaxia IC2163 sobre la galaxia NGC2207. Comparar con el resultado obtenido anteriormente. Explique su resultado.

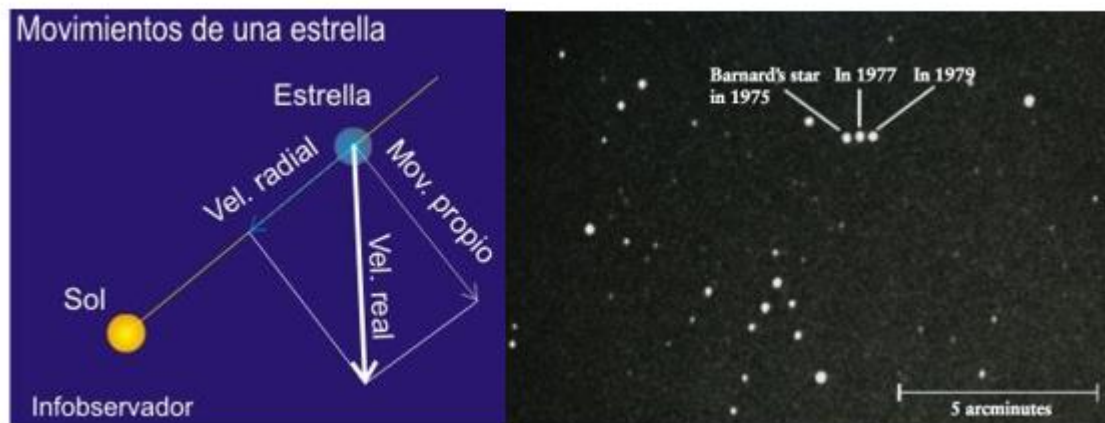
(d) Estime el parámetro de fuerza de marea entre la Vía Láctea y la galaxia de Andrómeda. Justifique su estimación.

### Pregunta 3: Movimiento de las estelas

Las estrellas pueden moverse a través del espacio en cualquier dirección. La verdadera velocidad de una estrella describe qué tan rápido y en qué dirección se mueve. Como muestra la siguiente figura, la velocidad real ( $v$ ) de una estrella se puede dividir en dos componentes perpendiculares. Uno de ellos es la velocidad tangencial ( $v_t$ ), perpendicular a nuestra línea de visión. Para determinarlo, los astrónomos deben conocer la distancia ( $d$ ) a la estrella y también su

movimiento propio ( $\mu$ ). Suponiendo  $\mu$ , en segundos de arco por año, y  $d$ , en parsecs, el valor de la velocidad tangencial, en km/s, está determinado por la relación:

$$v_t = 4,74 \cdot \mu \cdot d$$



Crédito de la imagen John Sanford/Science Photo Library

La componente del movimiento de la estrella, paralela a nuestra línea de visión, se denomina velocidad radial ( $v_r$ ). Su valor se puede determinar a partir del efecto Doppler de las líneas espectrales de la estrella. Si una estrella se acerca, las longitudes de onda de sus líneas espectrales disminuyen (*desplazamiento hacia el azul*). Cuando la estrella se aleja, las longitudes de onda aumentan (*corrimiento al rojo*).

En la figura de arriba a la derecha, tenemos el movimiento de la estrella de Barnard a partir de tres fotografías tomadas durante cuatro años. Durante este período, Barnard se movió unos 41,44 segundos de arco. ¡Más que cualquier otra estrella! Cuando sea necesario, tome  $c = 3 \times 10^5$  km/s.

- Determine la velocidad tangencial de la estrella Barnard, suponiendo que su distancia es de 1,83 pc.
- En el espectro de esta estrella, la línea de hierro tiene una longitud de onda de 516,45 nm. Determine la magnitud de su velocidad radial, sabiendo que la misma línea espectral tiene una longitud de onda de 516,63 nm cuando se observa en un laboratorio fijo en la Tierra.
- estrella de Barnard ¿Se aleja o se acerca a nosotros? Justificar.
- Determine la verdadera velocidad de la estrella de Barnard.

#### Pregunta 4: Ley de Hubble

Suponga que tiene un telescopio en un observatorio y toma el espectro de una galaxia distante. Cuando lo examinas, encuentras que las líneas espectrales se están moviendo hacia el rojo del espectro. El *corrimiento al rojo de la galaxia* ( $z$ ), viene dado por:

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

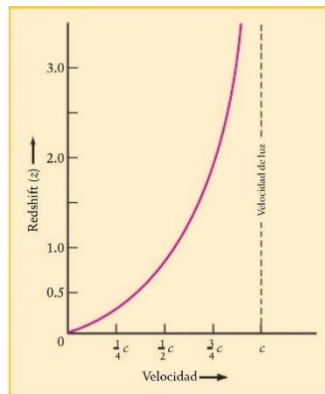


Gráfico 1

A partir del *corrimiento al rojo* podemos determinar la velocidad radial de una galaxia, conocida como velocidad de recesión. Si el *corrimiento al rojo* es menor que 0,1, podemos despreciar los efectos relativistas, de modo que

$v = c \cdot z$ , donde  $c = 3 \times 10^5$  km/s es la velocidad de la luz.

Como se muestra junto al [Gráfico 1], la relación entre  $z$  y  $v$  no siempre es lineal. Si el *corrimiento al rojo* es mayor a 0.1, entonces debemos usar la siguiente relación:

$$v = \left[ \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} \right] \cdot c$$

Conociendo la velocidad de recesión de la galaxia, podemos determinar su distancia ( $D$ ) a partir de la Ley de Hubble:

$$v = H_0 \cdot D$$

Donde  $H_0 = 73$  km/s/Mpc, es la constante de Hubble.

Con base en los datos presentados, responda las siguientes preguntas.

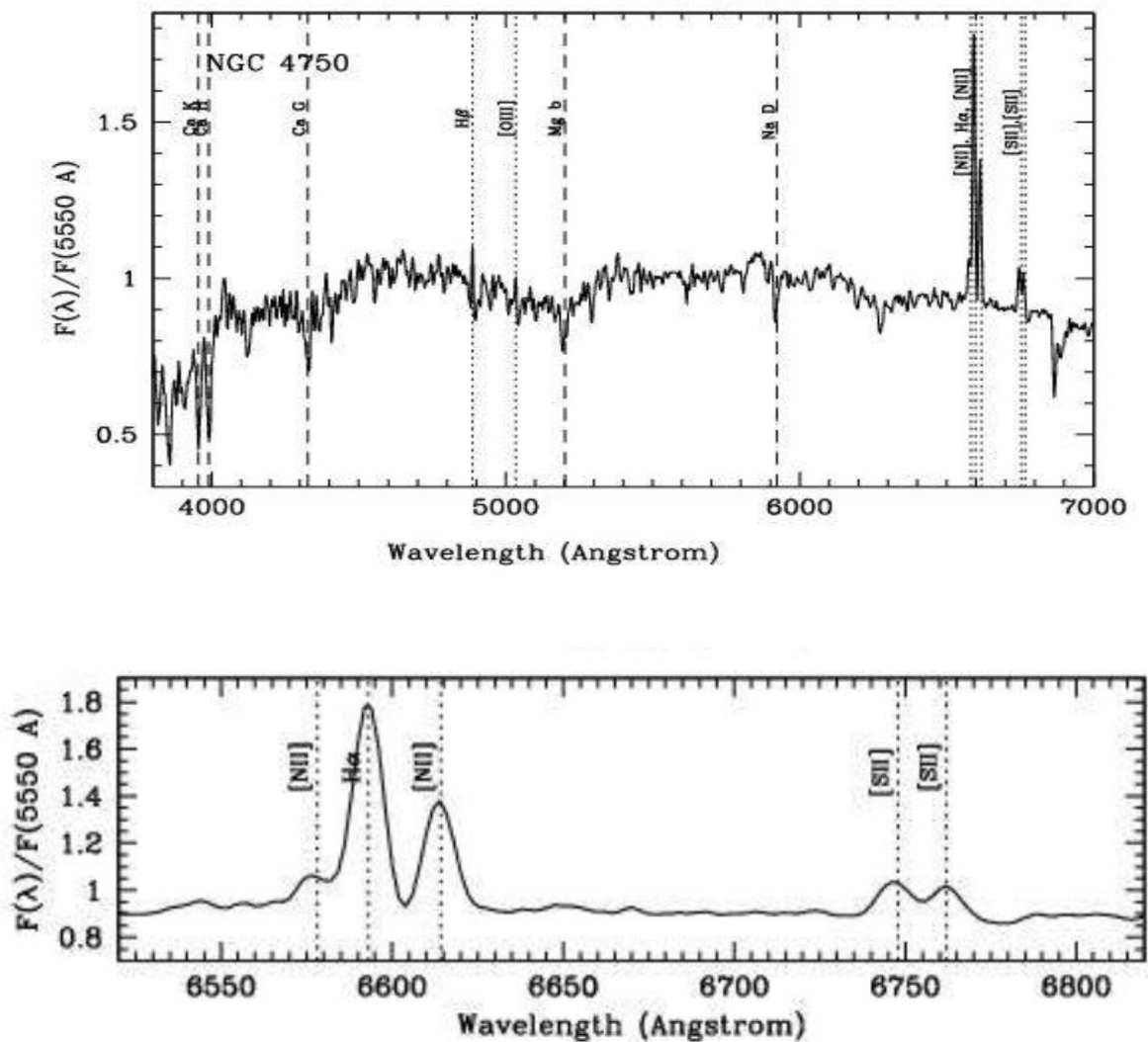
- Cuando se mide en un laboratorio fijo en la Tierra, la línea K del calcio ionizado tiene una longitud de onda  $\lambda_0 = 393,3$  nm. Cuando se mide en el espectro de la galaxia elíptica gigante NGC4889, esta misma línea se encuentra en  $\lambda = 401,8$  nm. Determine la distancia de la Tierra a NGC4889.
- A fines de 1997, los astrónomos observaron una supernova de tipo Ia, llamada SN1997ff, con *corrimiento al rojo*.  $z = 1,7$ . Usa la Ley de Hubble para encontrar la distancia a esta supernova.
- Eche un vistazo a continuación a los espectros de tres galaxias: NGC4750, NGC7714 y NGC4631. Para cada galaxia se presenta el espectro observado en la óptica y la amplificación en el rango espectral de la línea H $\alpha$  ( $\lambda_0 = 6\,562,8$  Å). Analizando los gráficos, completa la tabla con las longitudes de onda observadas ( $\lambda$ ) en cada galaxia. Estime también el *corrimiento al rojo*, la velocidad de recesión y la distancia, relativa a la Tierra, de cada uno de los objetos.

**Nota:** Mostramos como ejemplo la identificación de líneas de absorción y emisión para la primera galaxia, NGC4750.

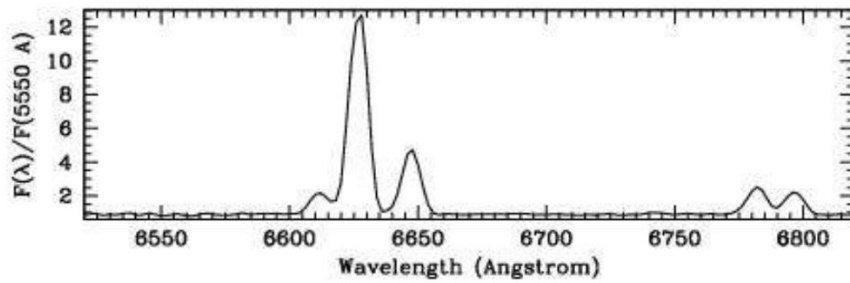
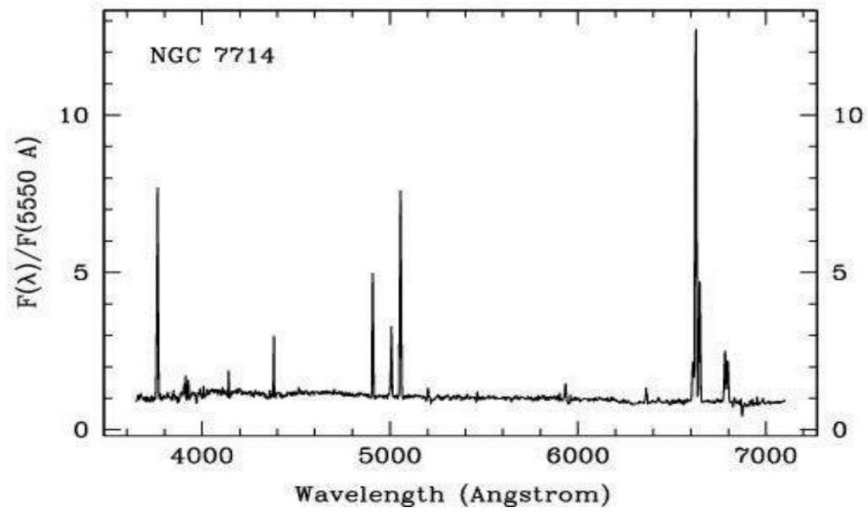
| Galaxia |  | $\lambda(\text{\AA})$ | $z$ | $v$ (km/s) | $D$ (Mpc) |
|---------|--|-----------------------|-----|------------|-----------|
| NGC4750 |  | 6593                  |     |            |           |
| NGC7714 |  |                       |     |            |           |
| NGC4631 |  |                       |     |            |           |

- d) construir un gráfico  $v$  versus  $D$  con los datos de los objetos en los puntos (a), (b) y (c). Teniendo en cuenta que el origen de la gráfica se encuentra en la Vía Láctea, ¿qué puedes decir sobre la dinámica de nuestro universo?

## NGC 4750



## NGC 7714



## NGC4631

