

Curso 12.409: observación de las estrellas y los planetas, primavera 2002

Entrega 4, semana del 11 de febrero de 2002

Copyright © 1999
Creado por S. Slivan
Revisado por A. Rivkin y J. Thomas-Osip

¿Podemos observar "X" esta noche?

Esta es una cuestión importante que debemos saber responder ya que está relacionada con la observación. La respuesta a esta pregunta es "sí", sólo si la respuesta a las siguientes preguntas es también "sí":

1. ¿Las condiciones meteorológicas son favorables?
2. ¿Es "X" lo suficientemente brillante, teniendo en cuenta las características de su equipo de observación?
3. ¿Está el cielo lo suficientemente oscuro?
4. ¿Se encuentra "X" a una altura suficiente sobre nuestro horizonte?

En esta unidad se abordan las respuestas a las preguntas 2, 3 y 4, y se explica como utilizar la información publicada en el *Almanaque Astronómico* para decidir si inclinarse por un objeto concreto en un momento dado.

En lo referente a la pregunta 1, ese tema se trata en otro curso (12.310).

Contenido

1 Escala de brillo	2
1.1 Efectos sobre la luminosidad aparente	3
2 Sistemas de coordenadas	4
2.1 Coordenadas terrestres	4
2.2 Coordenadas celestes	5
2.3 Coordenadas basadas en el observador	6

3 Escalas de tiempo	6
3.1 Tiempos solares	6
3.2 Tiempos sidéreos	7
4 Tablas con información sobre las salidas y puestas del Sol y de la Luna	8
5 Otras cuestiones de utilidad que encontrará en el Almanaque Astronómico	8

1 Escala de brillo

El sistema de *magnitud* alude a la escala numérica utilizada por los astrónomos para cuantificar el brillo de un objeto. Su carácter un tanto barroco se remonta a sus orígenes, hace más de 2000 años, cuando el sabio griego Hiparco comenzó por primera vez a clasificar visualmente las estrellas en seis categorías de acuerdo con su luminosidad, llamando a las estrellas más brillantes "estrellas de primera magnitud", a las de brillo más débil "estrellas de segunda magnitud", y así sucesivamente. Cuando los astrónomos del siglo XIX quisieron consensuar algún tipo de expresión matemática que correspondiese a las seis magnitudes originales de Hiparco, se descubrió que algunas de las estrellas que Hiparco había clasificado de magnitud 1 por su brillo eran en realidad demasiado brillantes para formar parte de una clasificación dentro de su sistema. Esas estrellas más brillantes tienen ahora magnitudes de 0 a -1.

¡Vaya!

Pero sigamos con lo nuestro, ¿les parece bien?

Llamemos a la *intensidad* de la fuente de luz I_n , medida en $\frac{\text{energía}}{\text{tiempo del área}}$. La diferencia de magnitud entre objetos con intensidades I_1 e I_2 respectivamente se define pues como:

$$\Delta m = m_2 - m_1 \equiv -2.5 \log_{10} \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

Podemos formular esta definición de diferente manera para mostrar la reconocida relación no intuitiva entre las intensidades de los objetos en términos de magnitudes:

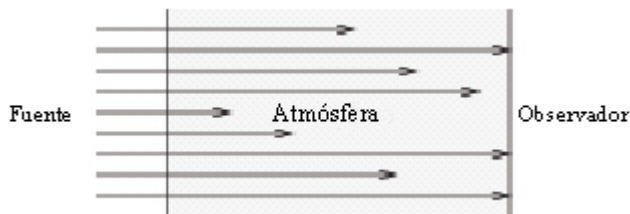
$$-0.4 \Delta m = \log \frac{I_2}{I_1} ; 10^{-0.4 \Delta m} = \frac{I_2}{I_1} ; I_2 = I_1 \cdot 10^{-0.4 \Delta m} \quad (2)$$

Afortunadamente, para la mayoría de los objetivos de este seminario no necesitaremos estar cambiando la ecuación 1 de arriba; unos cuantos valores tabulados deberían ser suficientes:

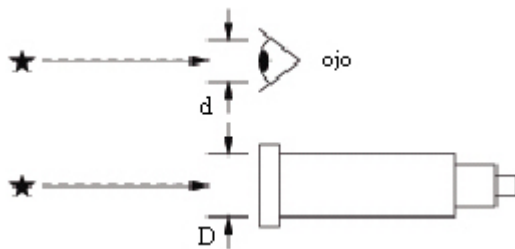
Δm	I_2/I_1	Objeto	Magnitud
0	1.0	Sol	-26.8
1	~ 2.5	Luna llena	-13.6
2	~ 6.3	Venus (en su momento de mayor brillo)	-4.4
2.5	10	Júpiter	-2
3	~ 16	Sirio (α Cma)	-1.4
4	~ 40	Vega (α Lyr)	0.0
5	100	Urano	+6 (límite a simple vista)
		quasar	+13
		objeto más débil detectado (desde la Tierra) (\sim al resplandor de un cigarro en la Luna visto desde la tierra)	+29

1.1 Efectos sobre la luminosidad aparente

1. *Extinción*: Pérdida de luz cuando ésta atraviesa la atmósfera. La extinción normal en el cenit en una noche despejada es aproximadamente de magnitud 0.2 y va aumentando rápidamente al comenzar a observar a menores altitudes.



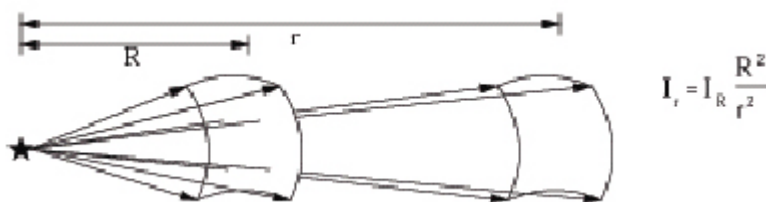
2. *Telescopio*: ¿En qué medida nos resulta útil? El telescopio recoge una cantidad de luz proporcional al ÁREA del espejo del objetivo, como se muestra en la figura 2.



Teóricamente, ¿hasta qué grado más débil de magnitud deberíamos ser capaces de observar con un LX200 bajo condiciones IDEALES de observación (elementos ópticos limpios y en perfecto estado)?

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{A_{\text{telescopio}}}{A_{\text{ojo}}} \quad (3)$$

3. Al efecto de la *distancia* sobre la luminosidad aparente se le conoce como la "ley del cuadrado inverso". La luminosidad cambiante de Marte se debe en su mayor parte a su distancia cambiante cuando gira alrededor del Sol. Esto contribuye también a la aparición de ciertos cambios de luminosidad de Venus (además de cambios en la fase, que es la proporción del disco que vemos iluminado por el Sol).



Es aquí donde observamos como el cambio en las magnitudes depende de la distancia. Si un objeto que se encuentra a una distancia R de un observador parece tener magnitud M , entonces desde una distancia diferente r el mismo objeto parecería tener magnitud m de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} m - M &= \Delta m \\ &= -2.5 \log \frac{I(r)}{I(R)} \\ &= -2.5 \log \left(\frac{I(R) \cdot R^2 / r^2}{I(R)} \right) \\ &= -2.5 \log \left(\frac{R^2}{r^2} \right) \\ &= -5 \log \frac{R}{r} \end{aligned} \quad (4)$$

Esta última expresión de la ecuación se conoce comúnmente como módulo de distancia.

2 Sistemas de coordenadas

2.1 Coordenadas terrestres

Latitud (ϕ): + norte / - sur del ecuador (campo: $-90^\circ < \phi < 90^\circ$).

Longitud (λ): +este / - oeste del Primer Meridiano de Greenwich, Reino Unido, donde:

$\lambda = 0^{\circ} 00' 00'' = 0^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$ (campo: $-180^{\circ} < \lambda < 180^{\circ}$, aunque a veces es posible que vea $0 < \lambda < 360^{\circ}$).

[' y '' corresponden a MINUTOS Y SEGUNDOS DE ARCO respectivamente]
[h, m y s corresponden a HORAS, MINUTOS y SEGUNDOS DE TIEMPO]

Esta convención de signos se conoce con el nombre de "longitud este", que es la convención estándar adoptada actualmente para su uso en astronomía. (Tenga cuidado cuando utilice referencias más antiguas ya que pueden haber empleado la convención de signos contraria, es decir, la de "longitud oeste"). El resto de esta entrega da por supuesta la utilización de la longitud este.

Ejemplos de notaciones y coordenadas útiles:

- campus del MIT:

$$\phi = +42^{\circ} 21' 38'' = +42^{\circ}.3606$$

$$\lambda = -71^{\circ} 05' 36'' = -71^{\circ}.0933 = -4^{\text{h}}.73956 = -4^{\text{h}} 44^{\text{m}} 22^{\text{s}}.4$$

para el LX200 que solamente utiliza longitud positiva expresada en grados tenemos:

$$\lambda = 288^{\circ} 54' 24'' = 288^{\circ}.9067$$

- observatorio Wallace, en Westford, MA:

$$\phi = +42^{\circ} 36'.6 = +42^{\circ}.610$$

$$\lambda = -71^{\circ} 29'.1 = -71^{\circ}.485 = -4^{\text{h}}.7657 = -4^{\text{h}} 45^{\text{m}} 56^{\text{s}}$$

para el LX200 que solamente utiliza longitud positiva expresada en grados tenemos:

$$\lambda = 288^{\circ} 30' 54'' = 288^{\circ}.515$$

2.2 Coordenadas celestes

Declinación ("Dec", δ): + norte / - sur del *ecuador celeste*.

Ascensión recta ("AR", α): + este del *equinoccio vernal* ("Primer Punto de Aries").

Tenga en cuenta que el ecuador celeste y el equinoccio vernal no tienen una posición fija respecto a las estrellas durante largos periodos de tiempo (en virtud de un lento fenómeno llamado *precesión de los equinoccios*). Por lo tanto, las coordenadas celestes toman como punto de referencia el ecuador y el equinoccio en una fecha y en un tiempo determinados, como el año 2000.0 ó el 1950.0. En general, la AR y la Dec de un objeto en una fecha y un tiempo t determinados pueden darse también en forma de "coordenadas aparentes", que toman como punto de referencia el verdadero equinoccio en esa fecha y ese tiempo t en particular. Las coordenadas aparentes sirven para apuntar telescopios debidamente alineados a círculos de posición exacta y precisa, mientras que las coordenadas 2000 y 1950 se emplean para situar objetos en atlas estelares para su utilización en la triangulación de estrellas (*star-hopping*).

Ejemplo de anotación: la estrella brillante Vega (α Lyr), referencia para el “ecuador y el equinoccio de 1986.5”:

$$\text{Dec}_{1986.5} = \delta_{1986.5} = +38^{\circ} 46' 14''$$

$$\text{AR}_{1986.5} = \alpha_{1986.5} = 18\text{h } 36\text{m } 28.9\text{s}$$

Tenga en cuenta que para la AR, $24\text{h} = 360^{\circ}$, por tanto $1\text{h de AR} = 15^{\circ}$. Esta es la base para convertir el tiempo en grados y viceversa:

$$18\text{h } 36\text{m } 28.9\text{s} \cdot 15 \text{ deg/hr} = 279,1204^{\circ} = 279^{\circ} 07' 13''$$

que aclara la, de otra manera, extraña expresión:

$$\cos(18\text{h } 36\text{m } 28.9\text{s}) = 0,1585$$

2.3 Coordenadas basadas en el observador

Altitud (Alt): medido “justo arriba” desde el horizonte $\equiv 0^{\circ}$

Acimut (Az): medido al Este desde el "Punto Norte" $\equiv 0^{\circ}$. Observe que esto crea un sistema de coordenadas *a izquierdas*.

Ángulo horario (AH o HA) (Hour Angle): Las líneas de ángulos horarios constantes son idénticas a las de ascensión recta constante, pero los valores AH se miden en dirección este y oeste desde el *meridiano del observador* $\equiv 00\text{h } 00\text{m } 00\text{s}$. Los AH se especifican de manera convencional en el espacio de -12h a $+12\text{h}$. Los objetos que todavía no han pasado por el meridiano en el que usted se encuentra poseen un AH negativo, mientras que los que ya han pasado por él poseen un AH positivo.

3 Escalas de tiempo

3.1 Tiempos solares

Los tiempos solares se fundamentan en el periodo de rotación de la Tierra respecto al Sol.

TU (o UT) (Universal Time) = Tiempo Universal: es el tiempo solar en el Primer Meridiano de Greenwich ($\lambda = 0\text{h } 00' 00'' = 0\text{h } 00\text{m } 00$). Esta es por convención la escala de tiempo empleada para documentar las observaciones astronómicas.

HL (o ZT) (Zone Time) = Hora Local Estándar: (ej., EST, hora estándar del este; EDT, hora de luz del día del este) es el tiempo solar que se da en la *longitud de referencia* para

cualquier hora local en la que se encuentre. La longitud de referencia para la hora estándar del este es: $\lambda_{EST} = -75^\circ$ (pasa más o menos por Filadelfia), por tanto,

$$UT = EST - (-75^\circ / (15^\circ/\text{hora})) = EST + 5 \text{ horas}$$

LMT (Local Mean Time) = Tiempo Medio Local: es el tiempo solar que se da en la longitud en particular en la que se encuentra, λ_{Obs} . Las tablas para la salida y la puesta del Sol, la salida y la puesta de la Luna, y los diferentes crepúsculos que aparecen en el Almanaque Astronómico se dan en LMT.

Relaciones:

$$UT = ZT - \lambda_{zone}; \quad UT - LMT - \lambda_{obs} \quad (5)$$

3.2 Tiempos sidéreos

Los tiempos sidéreos se basan en el intervalo que media entre los sucesivos pasos meridianos del equinoccio vernal. El equinoccio vernal es un punto en el espacio determinado como un punto en el meridiano de Greenwich en el momento del equinoccio vernal, que es el paso del invierno a la primavera en el hemisferio norte.

GST = Tiempo Sidéreo de Greenwich: es el “AH del equinoccio vernal para el observador que se encuentra en Greenwich” y corresponde a la AR de los objetos que transitan el meridiano para un observador situado en Greenwich.

LST = Tiempo Sidéreo Local: es el “AH del equinoccio vernal para el observador local” y corresponde a la AR de los objetos que pasan por el meridiano correspondiente a la longitud concreta de un observador.

Relaciones para las escalas de tiempo sidéreas:

$$LST = GST + \lambda_{obs}; \quad \Delta \text{tiempo sidéreo} = 1.0027379 \times \Delta \text{tiempo solar}$$

$$\text{donde } 1.0027379 = \frac{\text{días sidéreos al año}}{\text{días solares al año}} = \frac{366.25}{365.25}$$

Otra manera de estudiar esto es relacionar el tiempo sidéreo con las coordenadas basadas en el observador y las coordenadas celestes mencionadas arriba:

$$LST = AR + AH$$

Observe que un reloj sidéreo anda *más rápido* que un reloj solar al estar adelantado por 1 día al año, lo que equivale aproximadamente a 4 minutos al día.

En la sección B, "Tiempo universal y tiempo sidéreo", del *Almanaque Astronómico* aparece una tabla que indica para cada día el mapa de 0h de TU con su correspondiente GST.

4 Tablas con información sobre las salidas y puestas del Sol y de la Luna

En la sección A del *Almanaque Astronómico* encontrará unas tablas que puede utilizar para determinar rápidamente las horas de:

- la salida y puesta del Sol
- la salida y puesta de la Luna
- el crepúsculo civil (matutino y vespertino)
- el crepúsculo náutico (comienzo y final)
- el crepúsculo astronómico (comienzo y final)

Podemos denominar al estado del cielo en su momento de máxima oscuridad, "oscuridad astronómica", por lo tanto, "el final del crepúsculo astronómico" constituye "el comienzo de la oscuridad astronómica", y a su vez "el comienzo del crepúsculo astronómico" constituye "el final de la oscuridad astronómica".

Dados nuestros objetivos, no seguiremos ahondando en el tema por ahora. Hoy día es inusual que un astrónomo, ya sea aficionado o profesional, determine manualmente el ángulo horario, la altitud o el acimut de un objeto fijado. Normalmente, los astrónomos utilizan programas de software similares al *Voyager III* o efemérides online para objetivos celestes en movimiento (planetas y asteroides), para determinar si un objeto es observable o no en un momento determinado y cuándo lo es. Sin embargo, esto mismo se puede hacer con ayuda de un poco de trigonometría esférica y algo de tiempo...

5 Otras cuestiones de utilidad del Almanaque Astronómico

Es posible que no utilice el Almanaque Astronómico para calcular la hora de la puesta del Sol o la altitud de un objeto, pero puede que lo encuentre interesante para otros fines. Por ejemplo, la sección F contiene información acerca de la configuración de los satélites de los planetas, que podría serle de utilidad a la hora de identificar qué lunas de Júpiter, u otro planeta cualquiera, está observando. Al principio del Almanaque encontrará también las fechas de las diferentes fases de las lunas, las fechas de cualquier eclipse lunar y solar que se den en el año e información sobre otros fenómenos astronómicos planetarios.