

Astronomía

Introducción - Conceptos básicos

Helga Dénés 2025-10 USFQ

hdenes@usfq.edu.ec



Astronomía

La **agricultura** requería un buen conocimiento de las temporadas. Los rituales religiosos y la predicción se basaban en la **ubicación de los cuerpos celestes**. Así, el **cálculo del tiempo** se volvió cada vez más preciso y la gente aprendió a calcular los movimientos de los cuerpos celestes con antelación.

Durante el rápido **desarrollo de la navegación**, cuando los viajes se alejaban cada vez más de los puertos de origen, la determinación de la posición presentaba un problema para el cual la astronomía ofrecía una solución práctica. Resolver estos problemas de navegación fue la tarea más importante de la astronomía en los siglos XVII y XVIII, cuando se publicaron las primeras tablas precisas sobre los movimientos de los planetas y otros fenómenos celestes.

La base de estos desarrollos fue el descubrimiento de las leyes que rigen los movimientos de los planetas.



Astrolabio

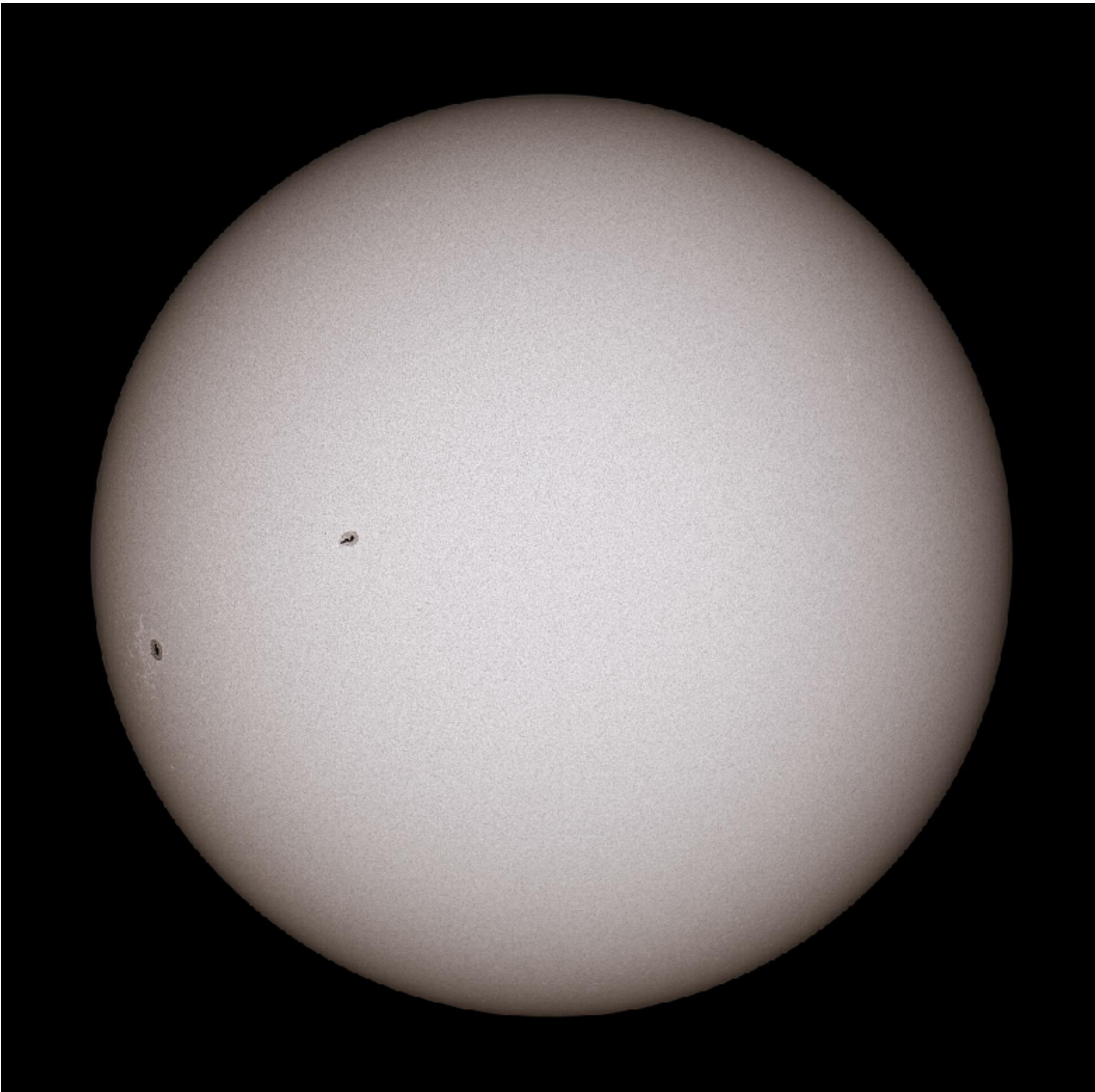


Stonehenge



Sistema Solar

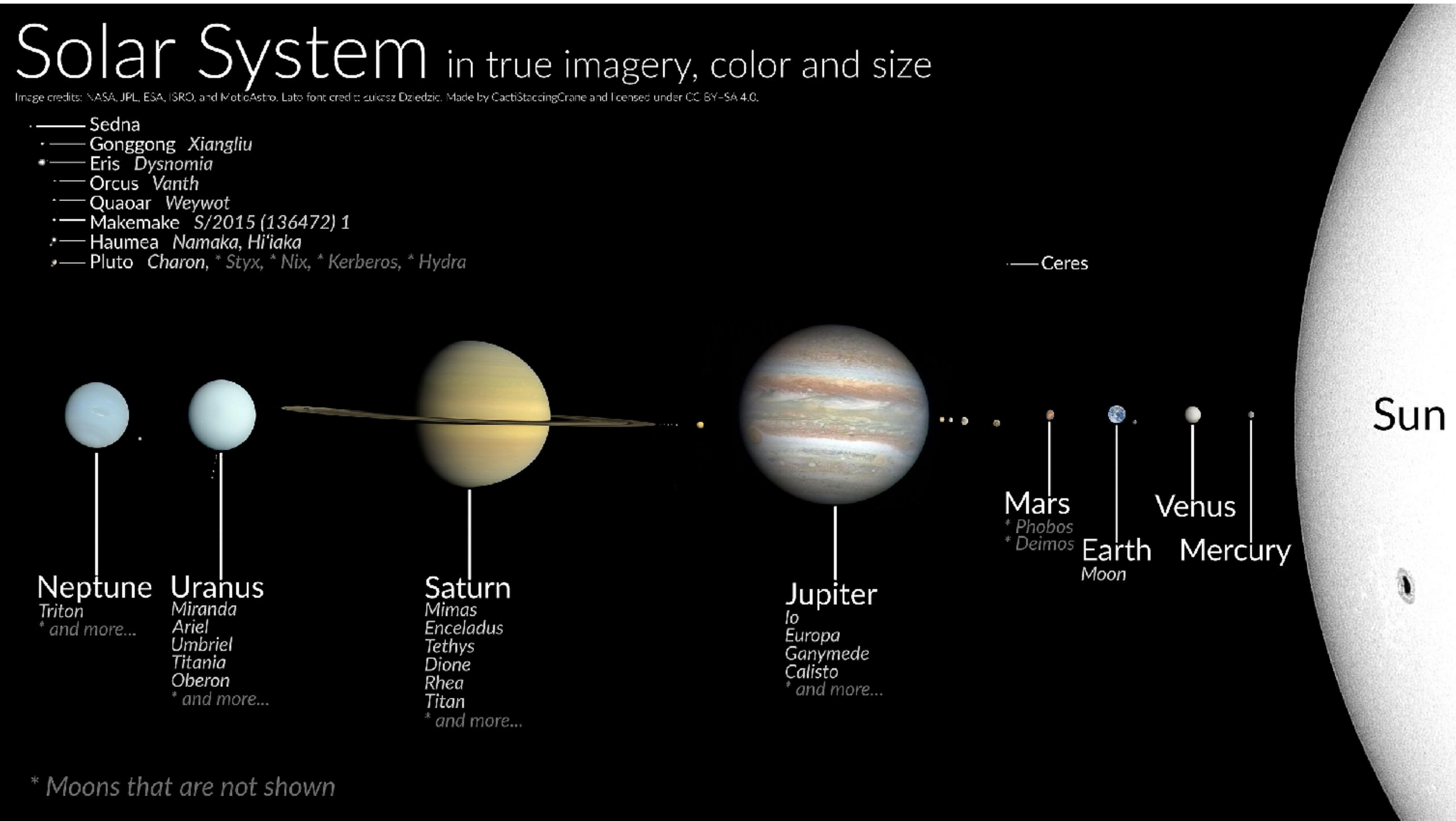
El Sol



La Luna

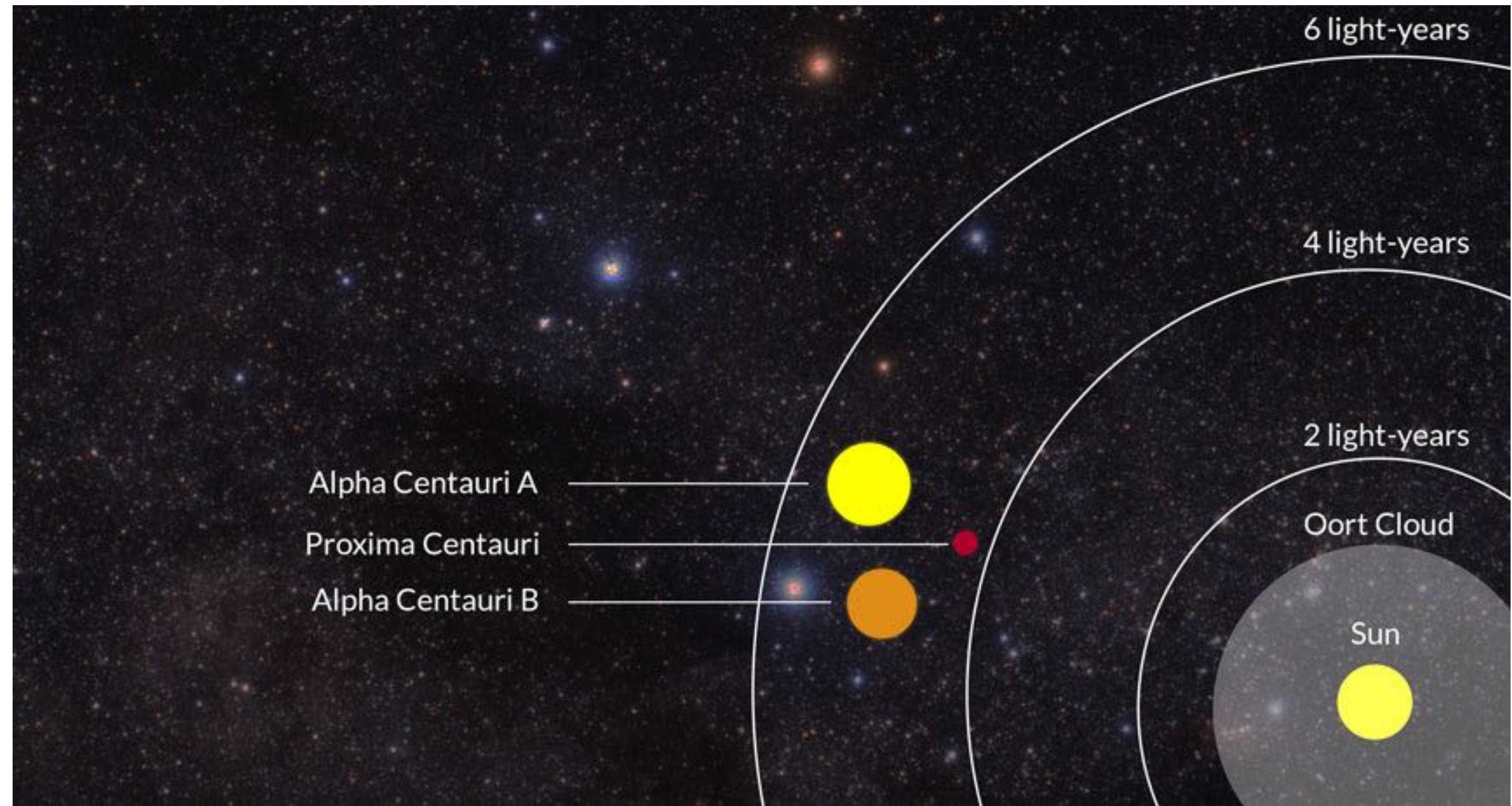


Sistema Solar



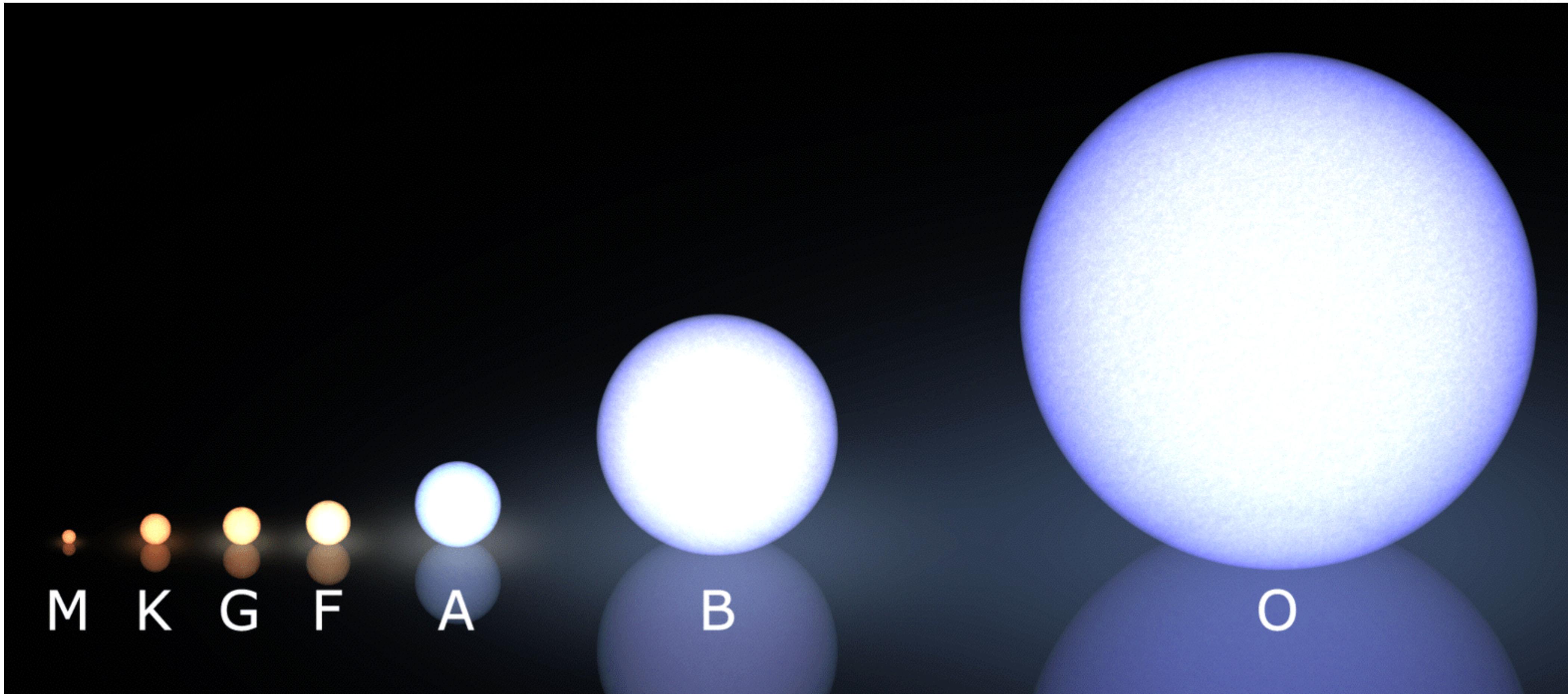
¿Qué estrella está más cerca del Sol?

Proxima Centauri



El sistema planetario más cercano al Sistema Solar es el que rodea a Próxima Centauri: Próxima Centauri b

Estrellas



Pequeñas estrellas rojas

Grandes estrellas azules

Nuestra galaxia

De que está echo de la Vía Láctea?



Milky Way over Chimborazo

© Stéphane Guisard

Nuestra galaxia

La Vía Láctea está echo de:

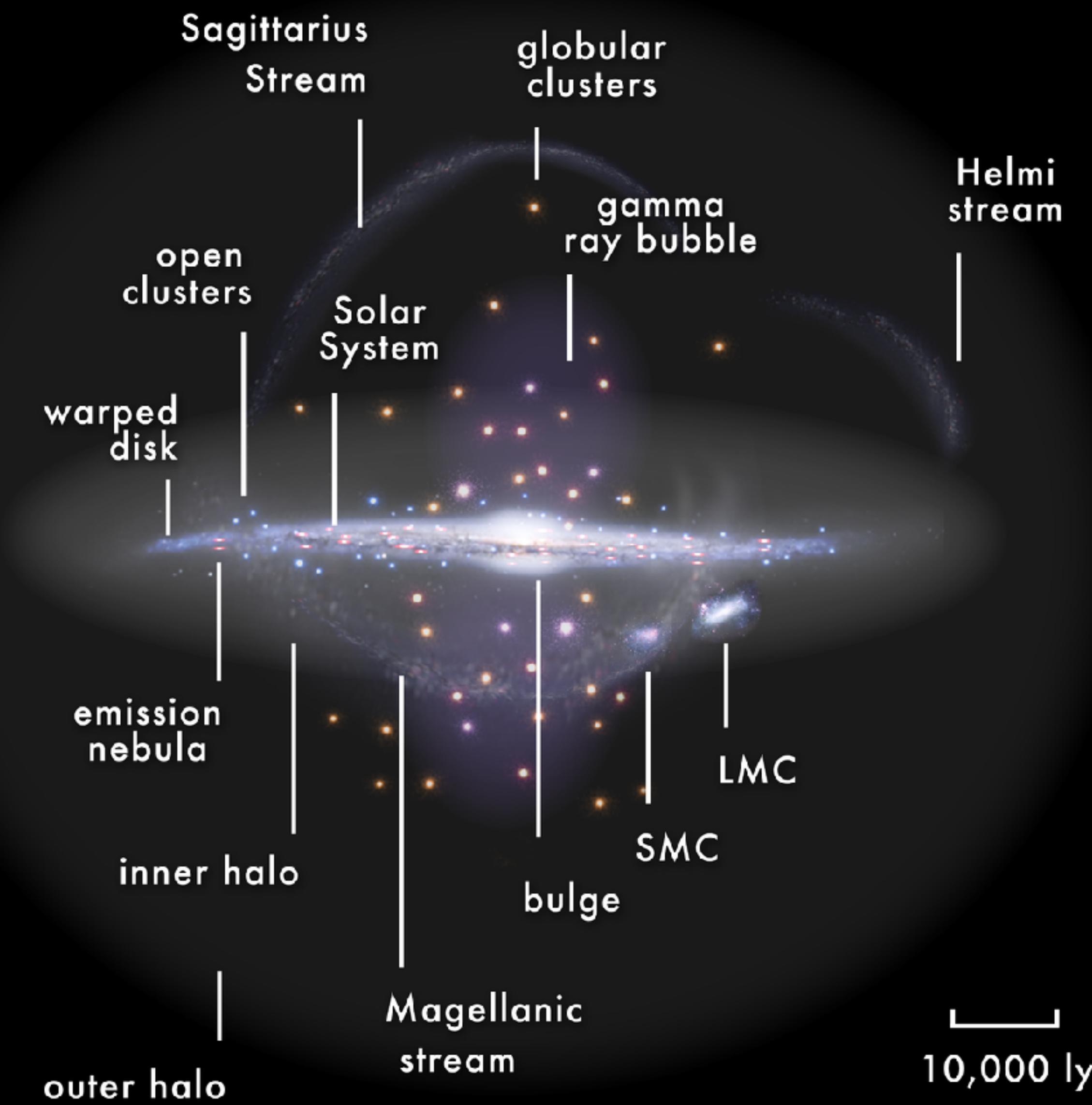
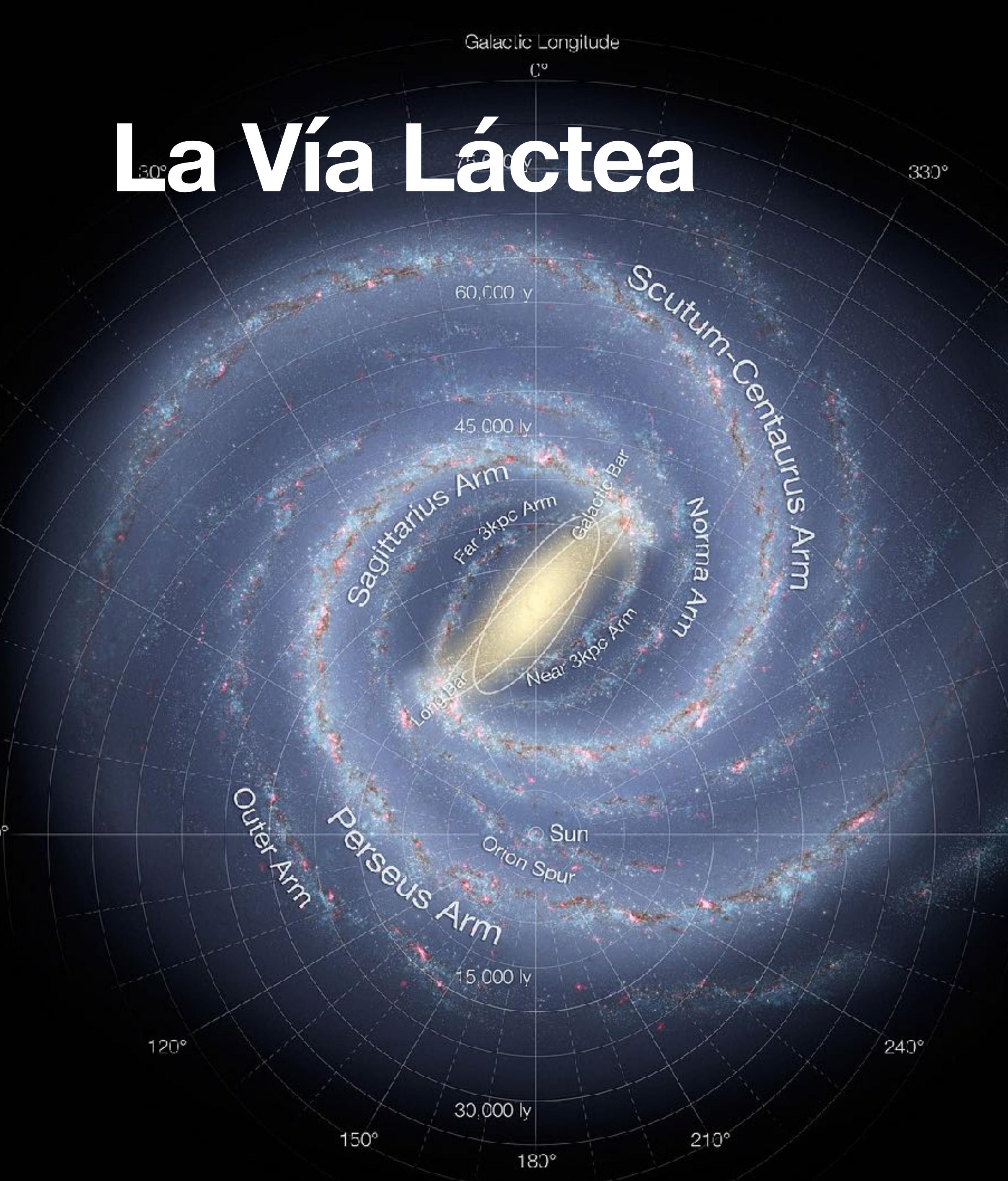
- Estrellas
- Polvo
- Gas
- Materia oscura



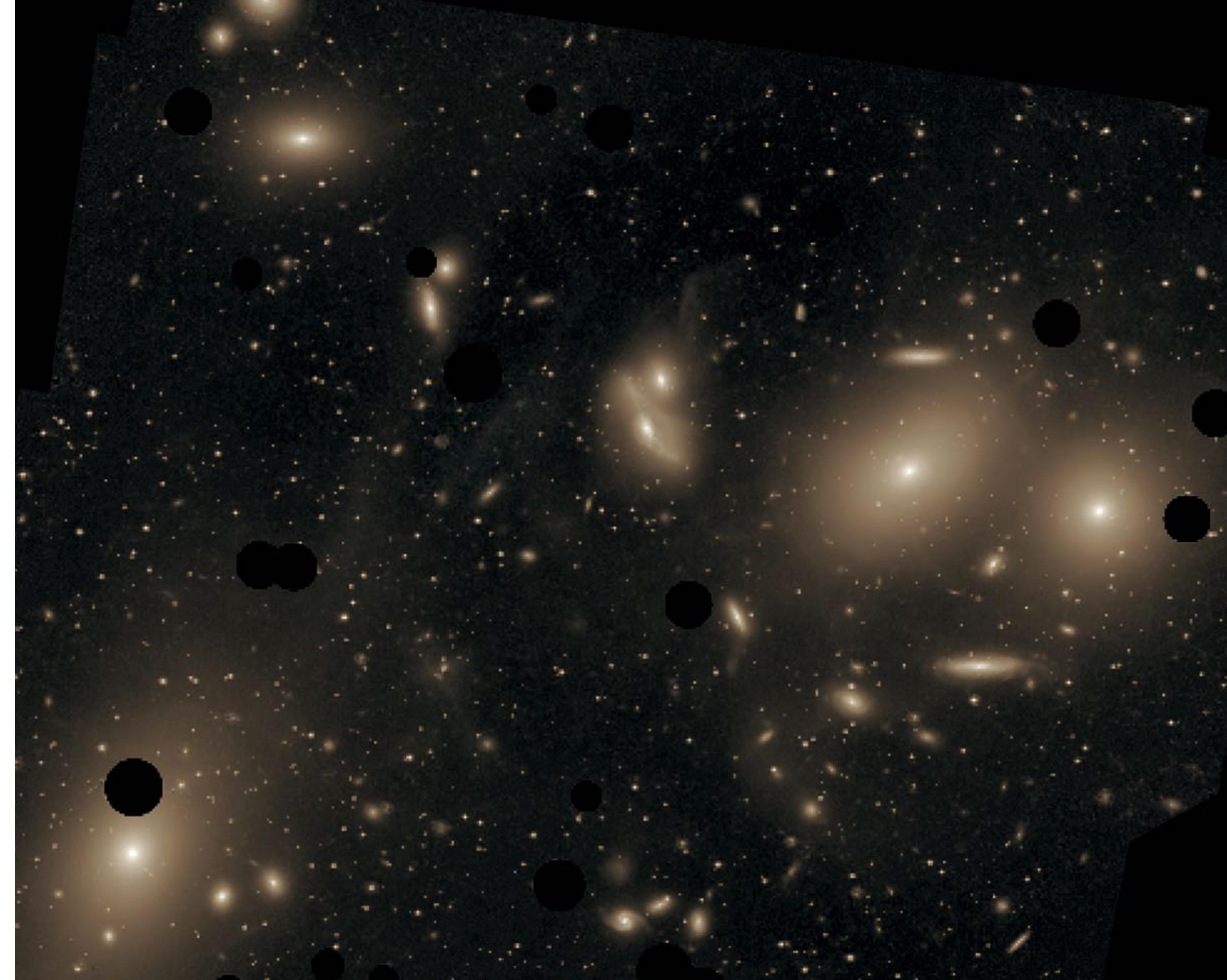
Milky Way over Chimborazo

© Stéphane Guisard

La Vía Láctea



Cumulo de galaxias



Estructura a gran escala

Simulación de estructura a gran escala. Cada punto es una galaxia.

Simulations and Visualization: Tomoaki Ishiyama



Unidad de masa

Que opinas?

Unidad de masa



La astrofísica se ocupa de objetos que, por lo general, son mucho más grandes o están más lejos que los objetos cotidianos.

Para las mediciones de masa se utilizamos **la masa solar** (la masa del Sol): M_{\odot}

$$M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg.}$$

Ejemplos:

- Las masas de la mayoría de las estrellas se encuentran dentro de un rango relativamente estrecho desde $0.1M_{\odot}$ a $20M_{\odot}$
- La masa de una galaxia típica: $10^{11}M_{\odot}$.
- Los cúmulos globulares, que son cúmulos densos de estrellas con formas casi esféricas, suelen tener masas de alrededor de 10^5M_{\odot} .

Unidad de masa

- Las masas de la mayoría de las estrellas se encuentran dentro de un rango relativamente estrecho desde $0.1M_{\odot}$ a $20M_{\odot}$

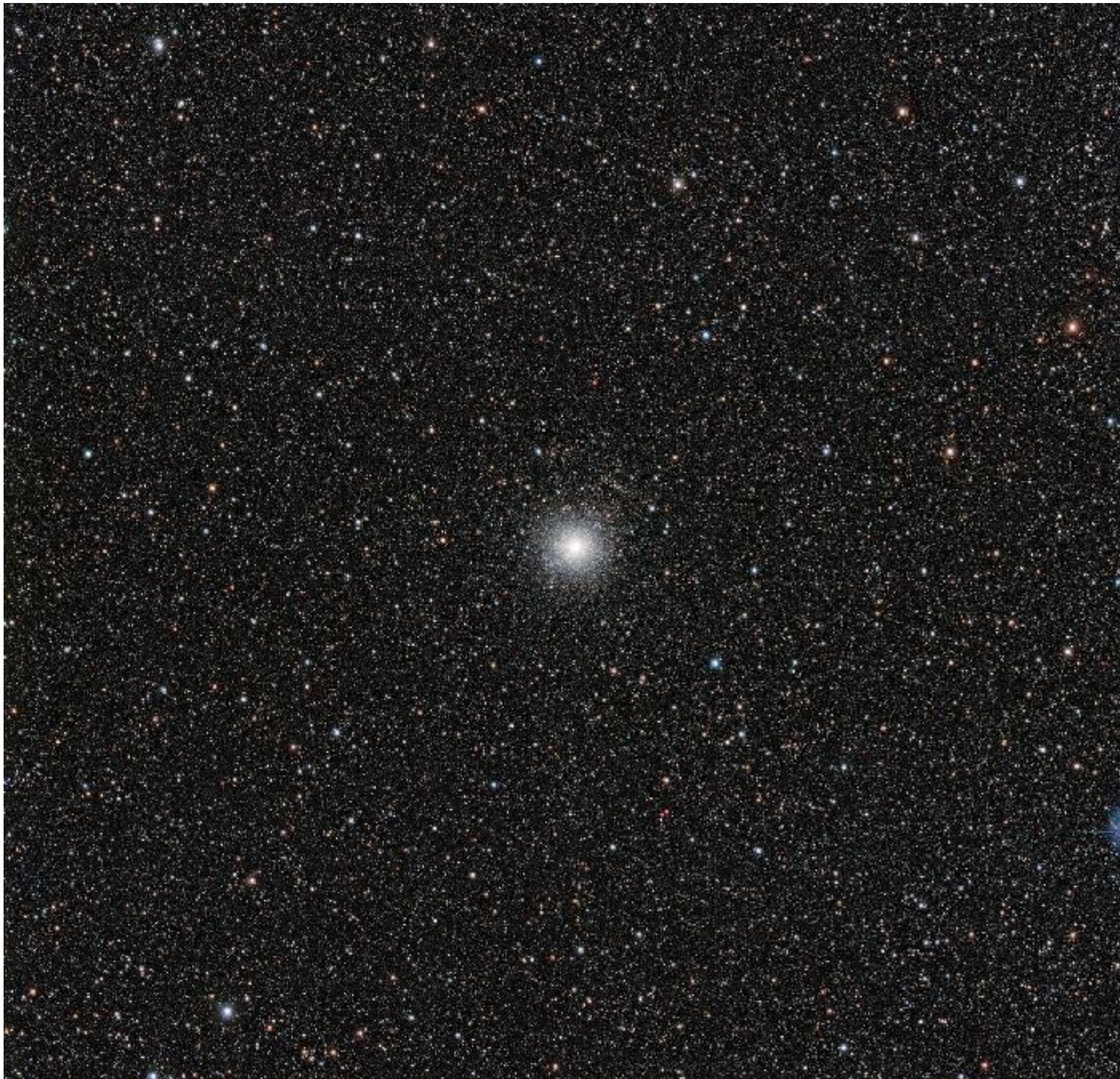


Pleiades - cúmulo de estrellas

Unidad de masa

Globular clusters, which are dense clusters of stars having nearly spherical shapes, typically have masses around $10^5 M_\odot$.

Globular cluster M54

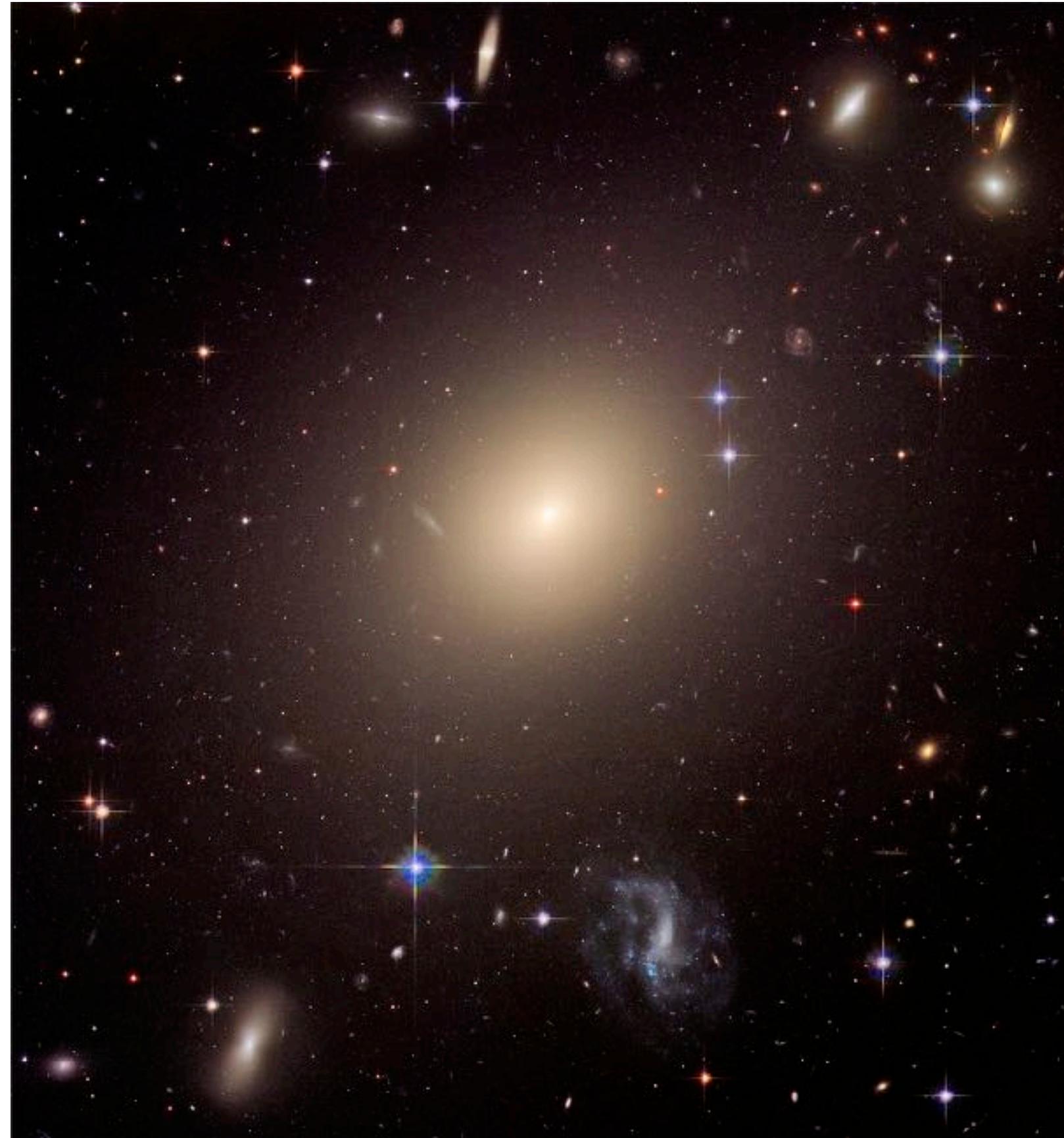


Globular cluster M2



Unidad de masa

- La masa de una galaxia típica: $10^{11}M_{\odot}$.



Una galaxia elíptica gigante ESO 325-G004



NGC 4414, galaxis espiral

Unidad de masa

- Un cúmulo de galaxias puede tener miles de galaxias: $10^{14}M_{\odot}$



Cúmulo de galaxias SDSS J1152+3313

Unidad de longitud

Que opinas?

Unidad de longitud

La distancia media de la Tierra al Sol se denomina **Unidad Astronómica (UA o AU en inglés)**. Su valor es:

$$\text{UA} = 1.50 \times 10^{11} \text{ m.}$$

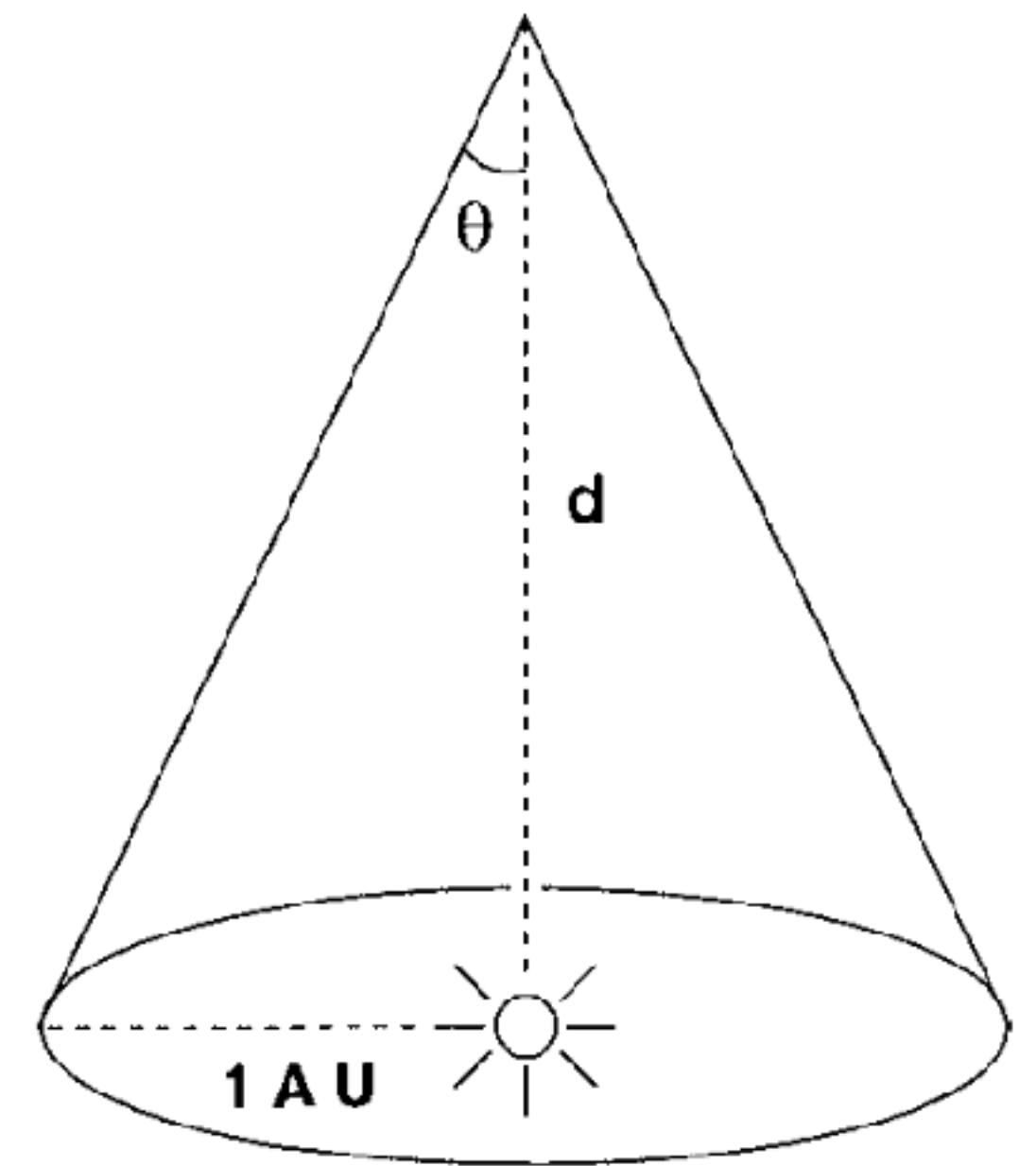
A medida que la Tierra gira alrededor del Sol, las estrellas cercanas parecen cambiar su posición muy ligeramente con respecto a las lejanas. Este fenómeno se conoce como **paralaje (parallax)**.

Consideremos una estrella en el eje polar de la órbita terrestre a una distancia d , como se muestra en la figura. El ángulo θ es la mitad del ángulo con el que esta estrella parece desplazarse con el movimiento anual de la Tierra y se define como la paralaje. Viene dada por

$$\theta = \frac{1 \text{ AU}}{d}$$

El **parsec (pc)** es la distancia a la que tiene que estar la estrella para que su paralaje resulte ser $1''$. ($1''$ es igual a $\pi/(180 \times 60 \times 60)$ radians)

$$\text{pc} = 3.09 \times 10^{16} \text{ m.}$$



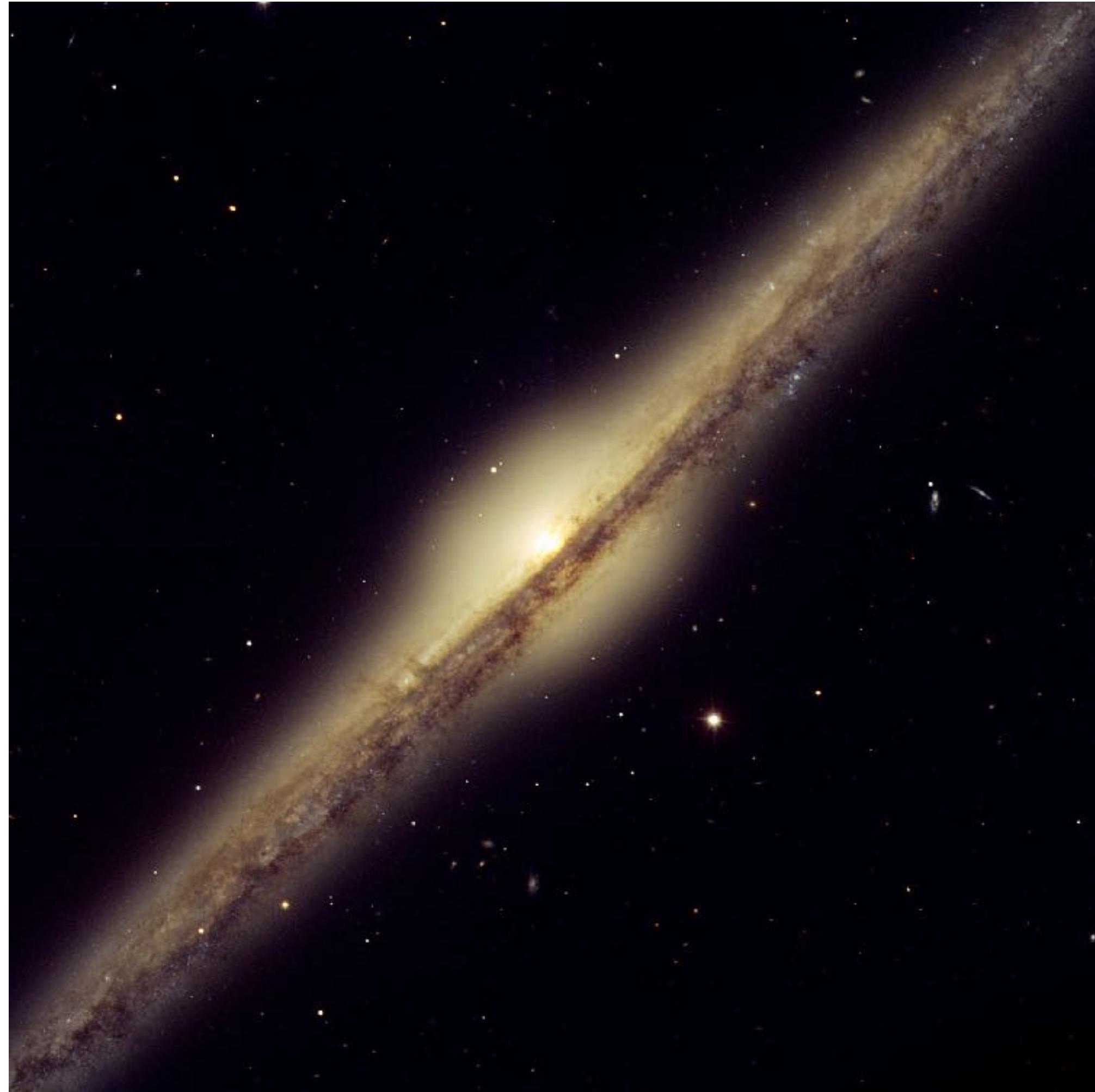
Definition of a parsec (d)

Unidad de longitud

Cabe señalar que 1 pc equivale a 3,26 años luz (no se utiliza mucho en astronomía). Para distancias aún mayores, las unidades estándar son **kiloparsec** (10^3 pc, kpc), **megaparsec** (10^6 pc, Mpc) and **gigaparsec** (10^9 pc, Gpc).

Ejemplos:

- **La estrella más cercana**, Próxima Centauri, se encuentra a una distancia aproximada de 1,31 pc.
- **Nuestra galaxia** y muchas otras galaxias similares tienen forma de disco con un grosor del orden de 100 pc y un radio del orden de 10 kpc. La media geométrica entre estas dos distancias, que es 1 kpc, puede tomarse como una medida del tamaño galáctico.

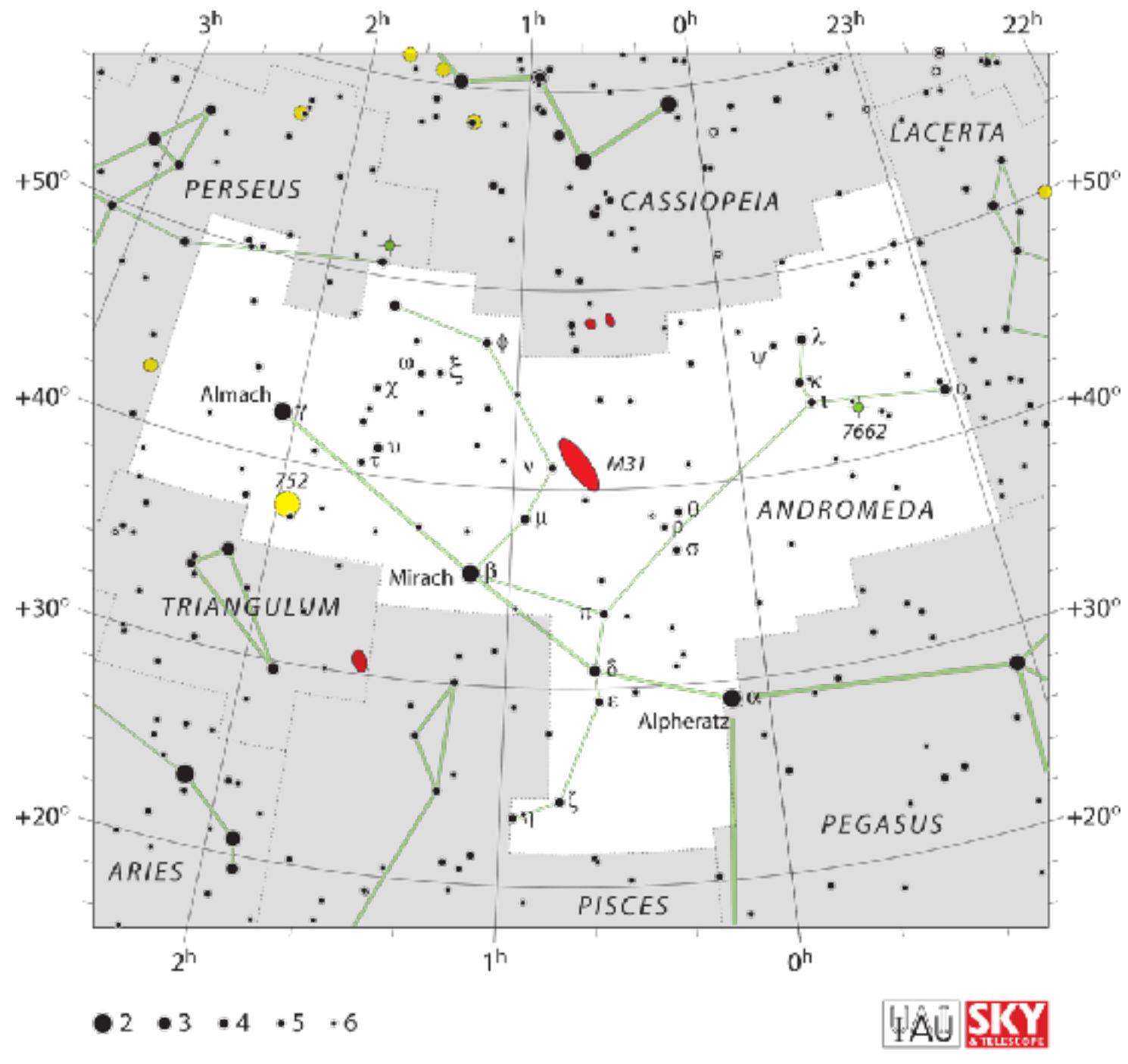


NGC 4565, an edge on spiral galaxy

Unidad de longitud

Ejemplos:

- La **galaxia de Andrómeda**, una de las galaxias brillantes cercanas, se encuentra a una distancia aproximada de 0,74 Mpc.
 - Las distancias a **galaxias muy lejanas** son del orden de Gpc.



La constelación Andromeda

La galaxia Andromeda

Unidad de tiempo

Que opinas?

Unidad de tiempo

La astrofísica utiliza diversas escalas de tiempo, desde la edad del Universo, que es del orden de unos pocos miles de **millones de años**, hasta la de los púlsares, que emiten pulsos periódicamente a intervalos de **fracciones de segundo**.

Los astrofísicos utilizan **años** para escalas de tiempo grandes y **segundos** para escalas de tiempo pequeñas, siendo el factor de conversión

$$\text{yr} = 3.16 \times 10^7 \text{ s.}$$

Las estrellas suelen vivir entre millones y miles de millones de años. **La edad del Sol es de unos 4,5 mil millones de años.**



Coordenadas celestes

El cielo aparece como una superficie esférica sobre nuestras cabezas. La llamamos **esfera celeste**.

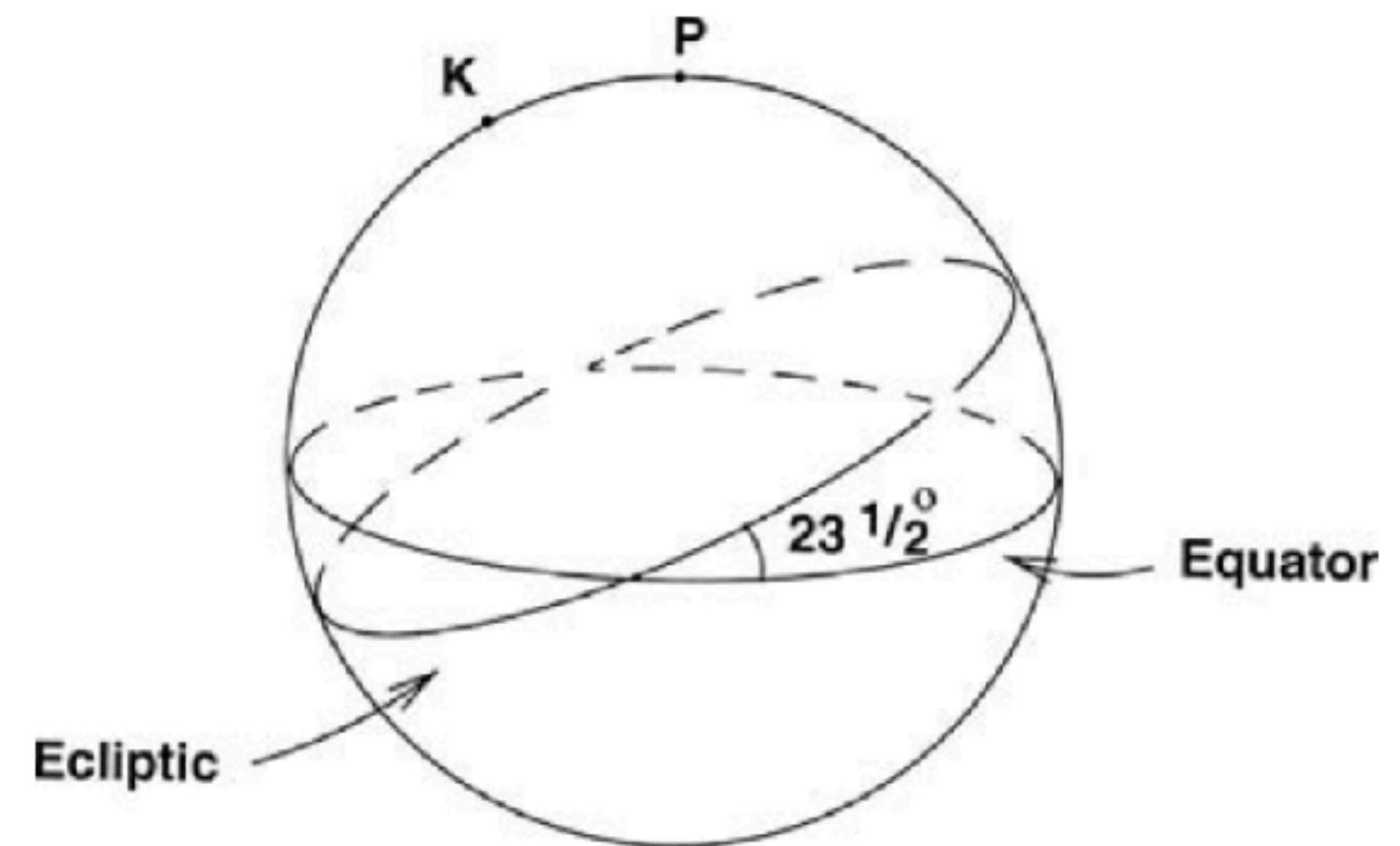
Estas coordenadas están definidas de tal manera que **las estrellas lejanas** que parecen inmóviles entre sí **tienen coordenadas fijas**.

La posición se puede definir de forma similar a la latitud y la longitud en la superficie terrestre. Existen varios sistemas de coordenadas astronómicas en uso.

Sistema de coordenadas ecuatoriales:

Declinación (δ) ~ latitud

Aascensión recta (A.R.) ~ longitude



P is the celestial pole and K is the pole of the ecliptic.

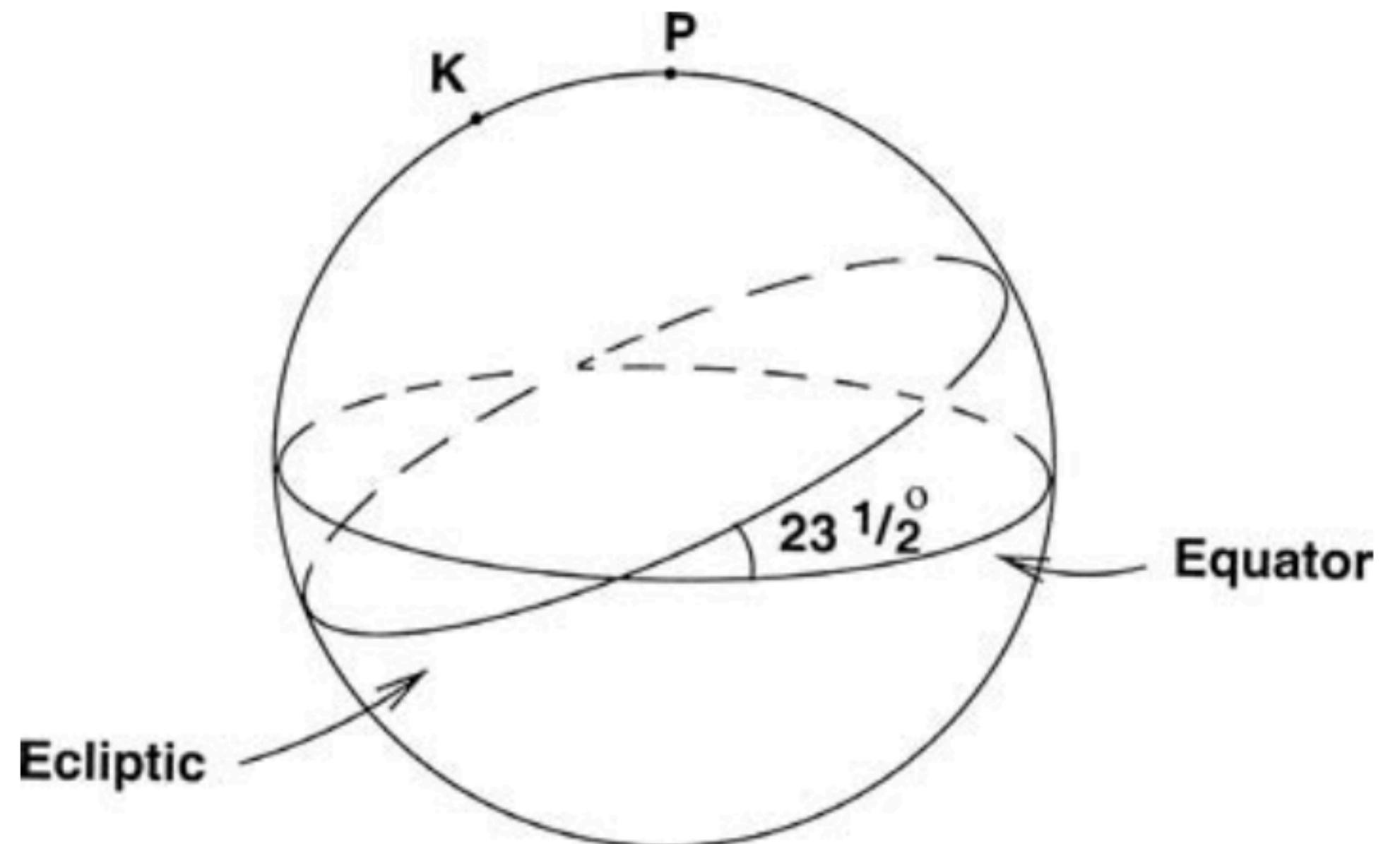
Coordenadas celestes

Los puntos donde el eje de rotación de la Tierra atravesaría la esfera celeste se llaman **polos celestes**.

El círculo máximo de la esfera celeste, verticalmente sobre el ecuador terrestre, se llama **ecuador celeste**.

Así como el cero de longitud se fija tomando la longitud de Greenwich como cero, necesitamos fijar el cero de A.R. para definirlo.

- Esto se logra mediante un círculo máximo llamado **eclíptica**.
- Dado que la Tierra gira alrededor del Sol cada año, la **posición del Sol con respecto a las estrellas distantes**, tal como las vemos, cambia constantemente y traza un círculo máximo en el cielo. La eclíptica es este círculo máximo.



P is the celestial pole and K is the pole of the ecliptic.

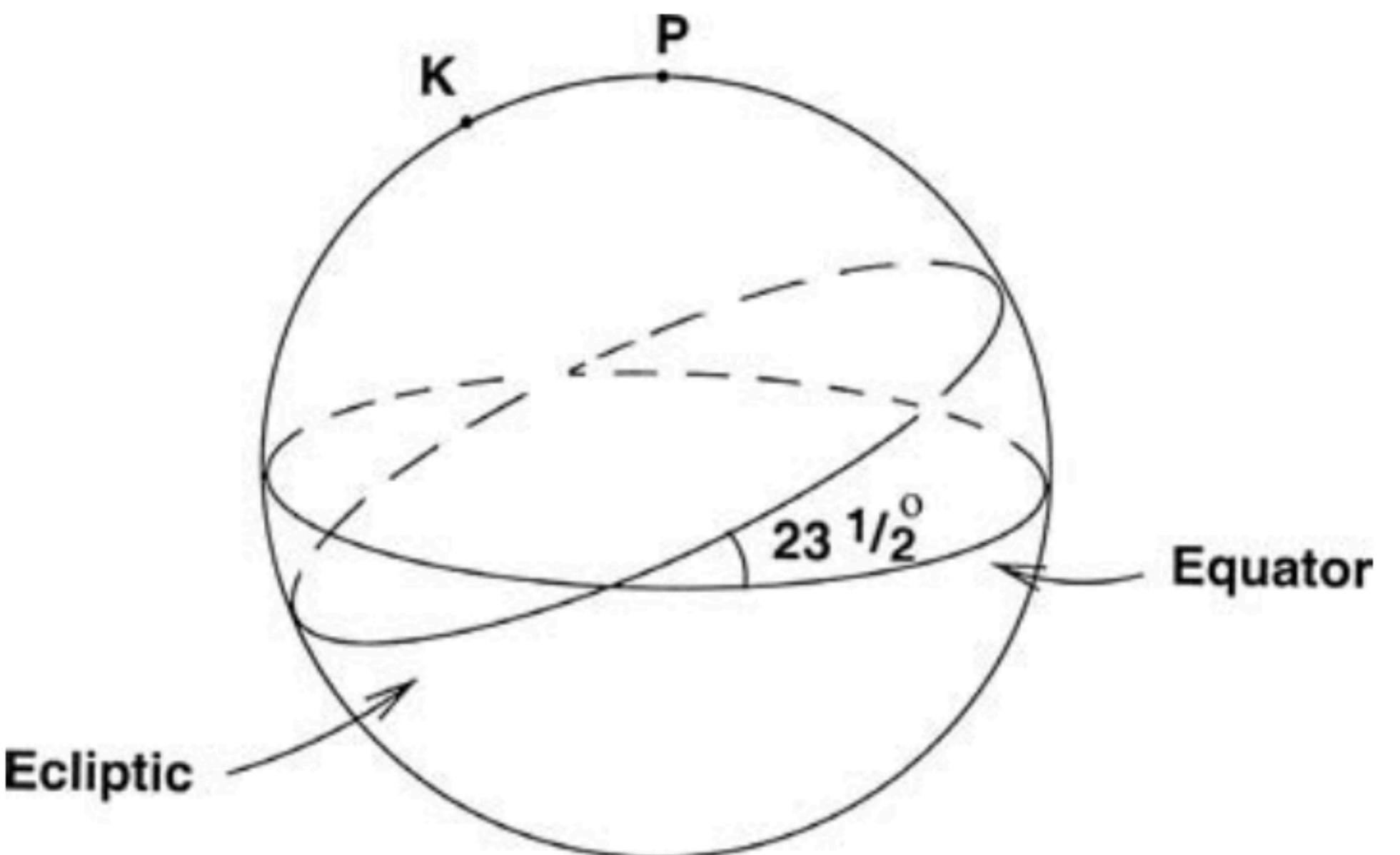
Coordenadas celestes

- **Doce constelaciones famosas** (conocidas como los signos del zodíaco) aparecen **en la eclíptica**. Desde tiempos casi prehistóricos, se ha observado que el Sol se encuentra en diferentes constelaciones en diferentes épocas del año.



Coordenadas celestes

- El ecuador celeste y la eclíptica están inclinados un ángulo de aproximadamente 23,5 grados y se intersecan en dos puntos.
- Uno de estos puntos, situado en la constelación de Aries, se considera el cero de la A.R. Cuando el Sol se encuentra en este punto, se produce el **equinoccio de primavera**.
- Es una convención estándar expresar la A.R. en horas en lugar de grados.
- La esfera celeste gira 15 grados alrededor del eje polar en una hora. Por lo tanto, una **hora de A.R. corresponde a 15 grados**.



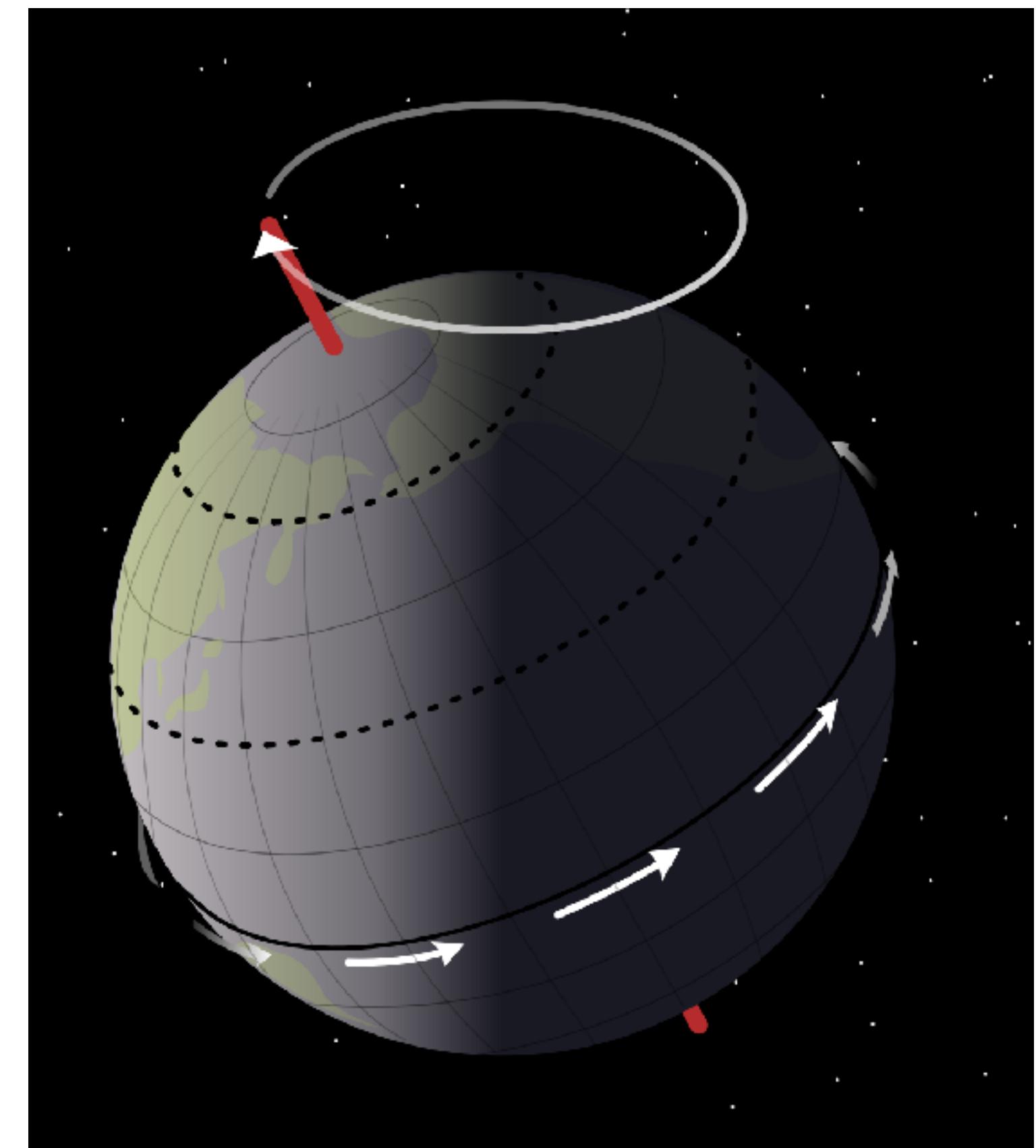
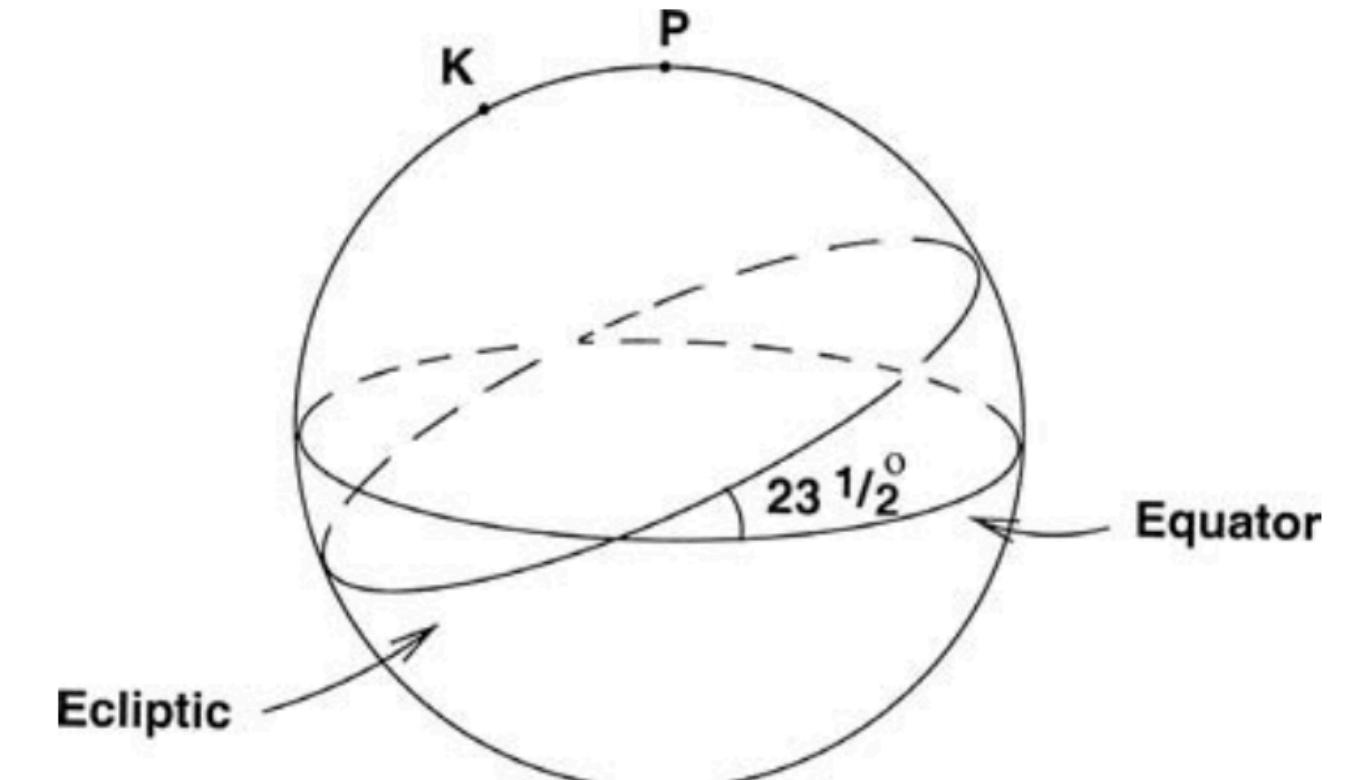
P is the celestial pole and K is the pole of the ecliptic.

Coordenadas celestes

La declinación y la A.R. se definen básicamente **con respecto al eje de rotación de la Tierra**, que fija los polos celestes y el ecuador.

Un aspecto problemático de introducir coordenadas de esta manera es que **el eje de rotación de la Tierra no es fijo**, sino que **precesa** alrededor de un eje perpendicular al plano de la órbita terrestre alrededor del Sol. Esto significa que el polo celeste (P) traza lentamente un círculo aproximado en la esfera celeste, en unos 25.800 años, alrededor del polo K de la eclíptica.

Este fenómeno se denomina precesión y fue descubierto por Hiparco (siglo II a. C.) al comparar sus observaciones con las realizadas por astrónomos anteriores unos 150 años antes.



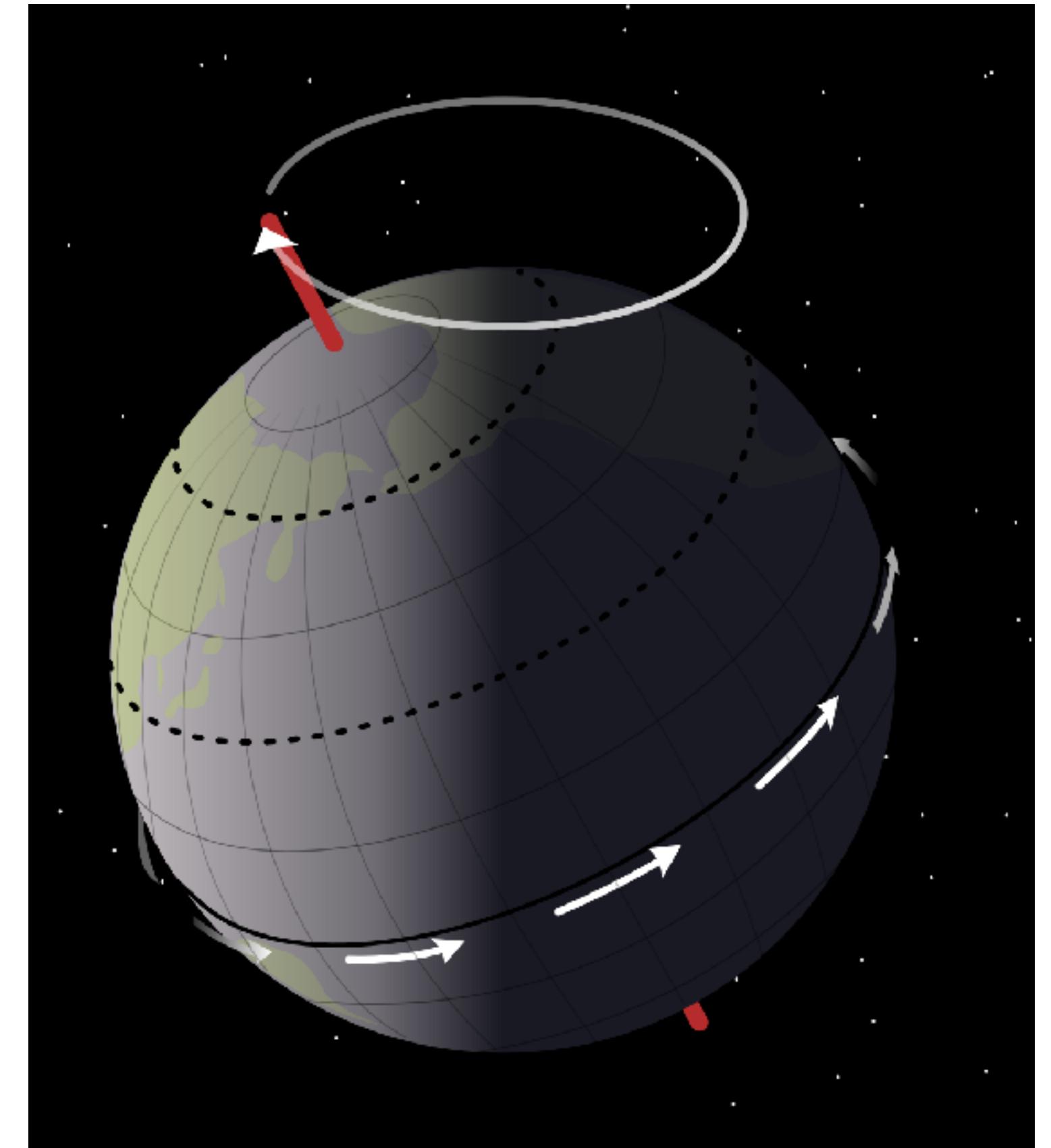
Coordenadas celestes

La precesión se debe al par gravitacional del Sol sobre la Tierra y se explica a partir de la dinámica de los cuerpos rígidos.

Debido a la precesión, las posiciones de los polos celestes y del ecuador celeste cambian lentamente con respecto a las estrellas fijas. Por lo tanto, si la declinación y la a.r. de un objeto astronómico se definen con respecto a los polos y el ecuador en ese momento, **los valores de estas coordenadas seguirán cambiando con el tiempo**.

La convención actual es utilizar las coordenadas definidas con respecto a las posiciones de los polos y el ecuador en el año 2000 (J2000).

Este sistema de coordenadas ecuatoriales es muy práctico para la observación con telescopios.



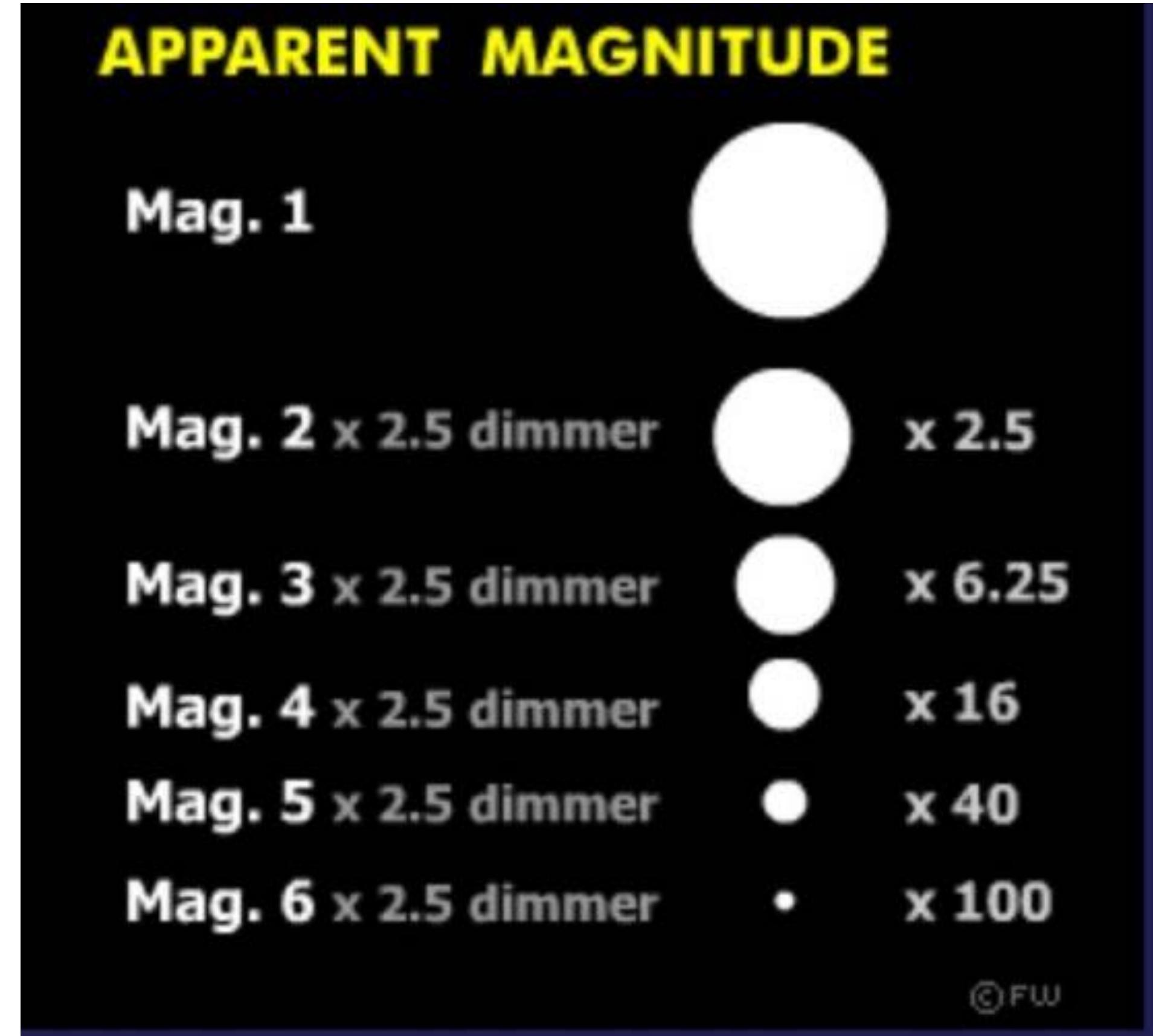
¿Qué utilizamos para cuantificar el brillo de los objetos?

La escala de magnitud

La escala de magnitud para describir el brillo aparente de los objetos celestes es logarítmica, ya que el ojo humano es más sensible a una progresión geométrica de intensidad que a una progresión aritmética.

Basándose en observaciones a simple vista, el astrónomo griego Hiparco (siglo II a. C.) **clasificó todas las estrellas en seis clases según su brillo aparente.**

Pogson (1856) proporcionó una base cuantitativa para la escala de magnitud al señalar que las estrellas más tenues, visibles a simple vista, son aproximadamente 100 veces más tenues que las estrellas más brillantes. Dado que **las estrellas más brillantes y las más tenues difieren en cinco clases de magnitud**, las estrellas de dos clases sucesivas deberían diferir en brillo aparente en un factor $(100)^{1/5}$.



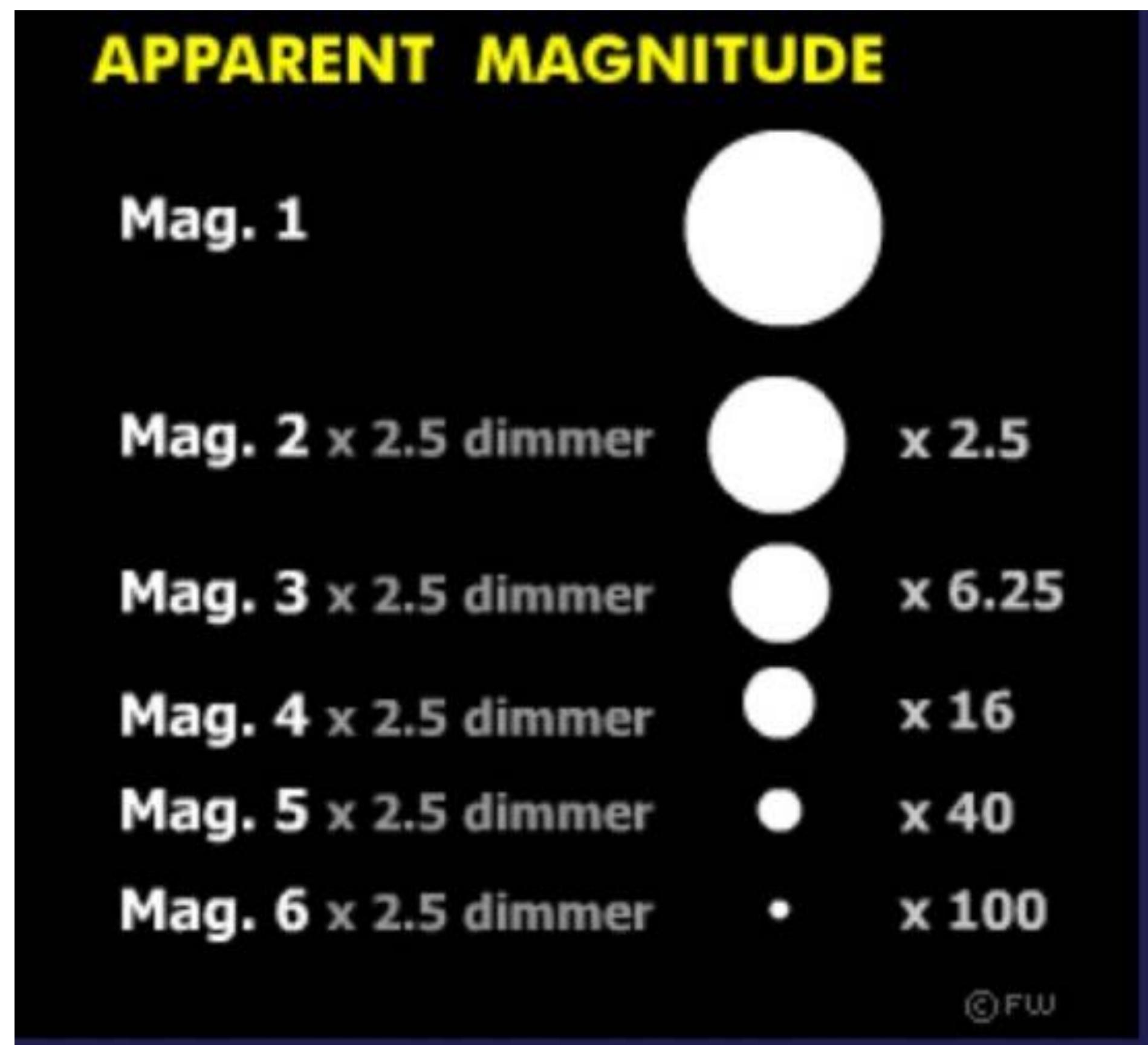
La escala de magnitud

Supongamos que dos estrellas tienen brillos aparentes l_1 y l_2 , mientras que sus clases de magnitud son m_1 and m_2 . Esta claro que

$$\frac{l_2}{l_1} = (100)^{\frac{1}{5}(m_1 - m_2)}.$$

$$m_1 - m_2 = 2.5 \log_{10} \frac{l_2}{l_1}.$$

la definición de **magnitud aparente** se denota por **m**, que es una medida del brillo aparente de un objeto en el cielo. La escala de magnitud se define de tal manera que **un objeto más débil tiene un valor de magnitud mayor**.



La escala de magnitud

Tradicionalmente, **Vega se utiliza como estrella de calibración** para la magnitud del punto cero en bandas de paso específicas (U, B y V), aunque a menudo se utiliza un promedio de múltiples estrellas para lograr una mayor precisión.

Dado que **una estrella emite radiación electromagnética en diferentes longitudes de onda, ¿cuál es el rango de longitudes de onda en el que consideramos medir cuantitativamente su brillo aparente?**

Si utilizamos brillos aparentes basados en la radiación en todas las longitudes de onda, la magnitud definida a partir de ellos se denomina **magnitud bolométrica**. Sin embargo, en la práctica, su medición no es muy práctica.

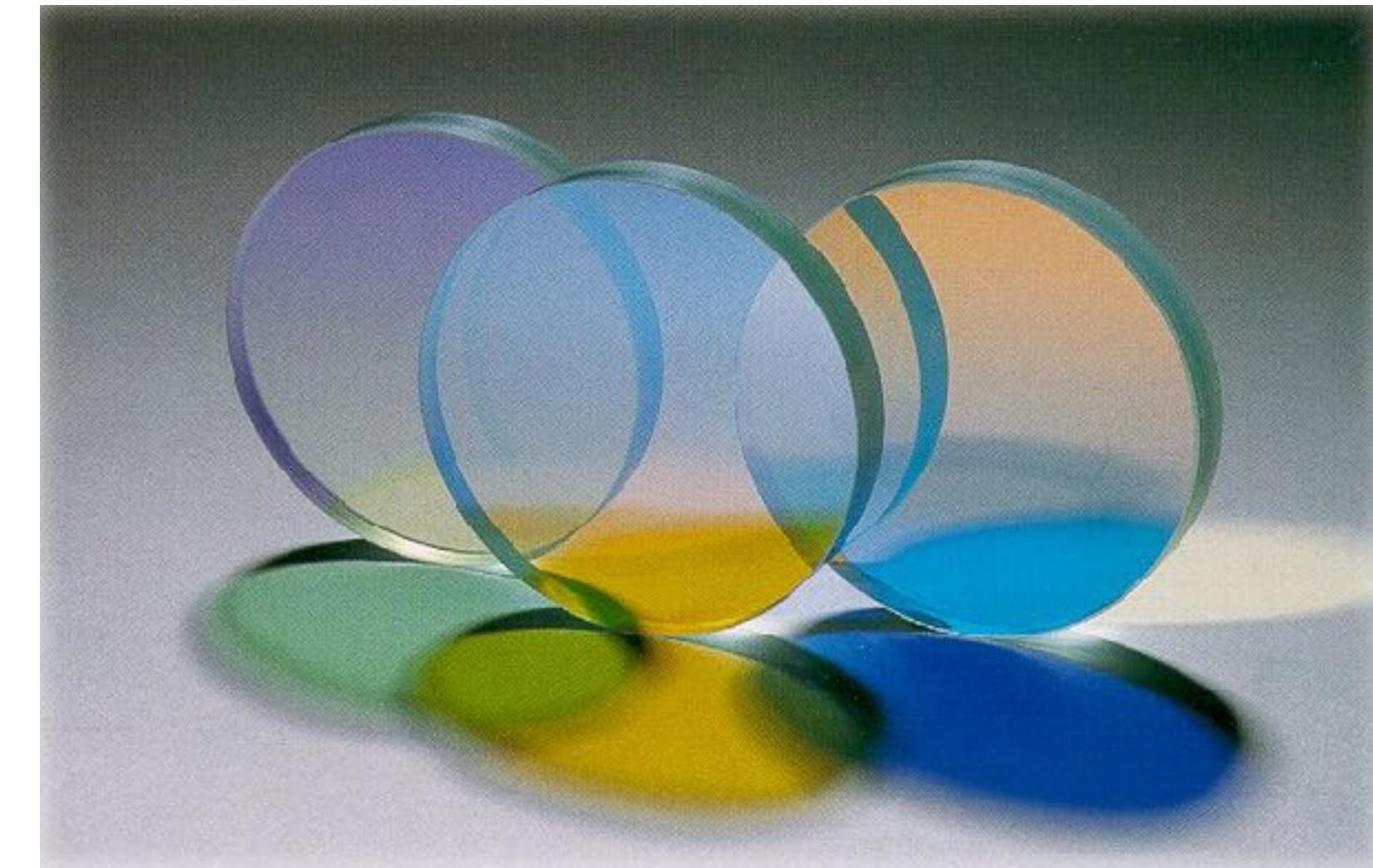
La escala de magnitud

Johnson y Morgan (1953) introdujeron un sistema mucho más conveniente, llamado sistema **Ultravioleta-Azul-Visual o sistema UBV**, y ahora se utiliza universalmente.

- En este sistema, **la luz de una estrella se hace pasar a través de filtros que solo permiten el paso de luz en bandas estrechas de longitud de onda**, en torno a las tres longitudes de onda: 3650 Å, 4400 Å y 5500 Å.
- A partir de las mediciones de la intensidad de la luz que ha pasado a través de estos filtros, se obtienen **magnitudes en ultravioleta, azul y visual**, generalmente denotadas por **U, B y V**.
- Angstrom: $1\text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$

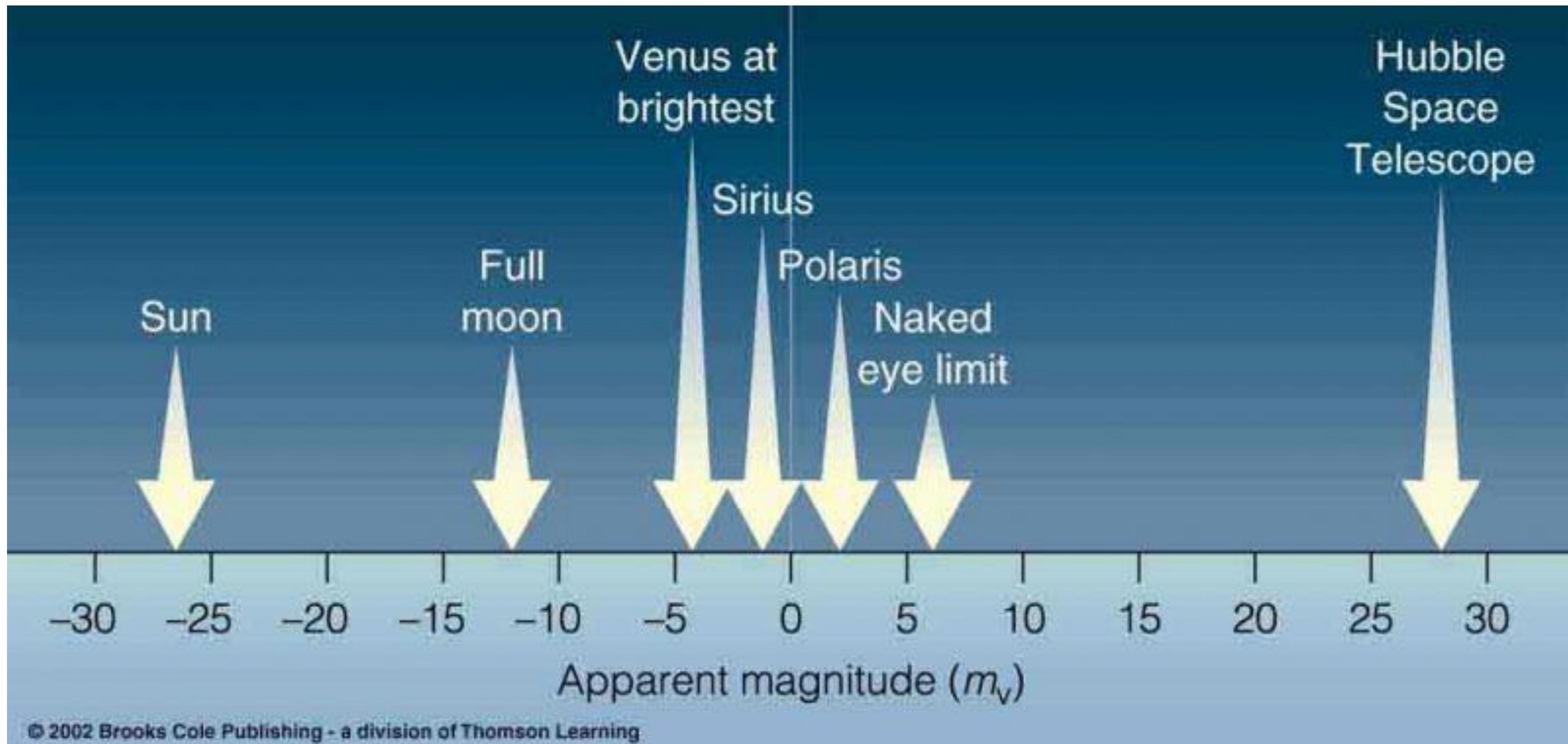
Ejemplos de magnitudes en la banda V:

- El Sol, $V = -26.74$;
- Sirius, la estrella mas brillante, $V = -1.45$;
- Las estrellas mas debiles, $V \approx 27$.



Filtros ultravioleta para proteger una cámara de la radiación ultravioleta

La escala de magnitud



La escala de magnitud

Suppose Supongamos que consideramos una estrella roja.

Tendrá menos brillo en la banda B (azul) que en la banda V (rojo). Por lo tanto, su magnitud B debería tener un valor numérico mayor que su magnitud V.

Por lo tanto, podemos usar **(B – V) como indicador del color de una estrella.**

Cuanto más roja sea una estrella, mayor será el valor de (B – V).

La escala de magnitud

La **magnitud absoluta** de un objeto celeste se define como **la magnitud que tendría si se colocara a una distancia de 10 pc**. Esto se utiliza a menudo para indicar **el brillo intrínseco de los objetos**.

La relación entre la magnitud relativa m y la magnitud absoluta M se puede determinar fácilmente. Si el objeto está a una distancia d pc, entonces $(10/d)^2$ es la relación entre su brillo aparente y el brillo que tendría si estuviera a una distancia de 10 pc.

$$m - M = 2.5 \log_{10} \frac{d^2}{10^2}$$



$$m - M = 5 \log_{10} \frac{d}{10}.$$

Ejercicio, la escala de magnitud

Una estrella a una distancia de 4 pc tiene una magnitud aparente de 2. **¿Cuál es su magnitud absoluta?**

Dado que el Sol tiene una luminosidad 3.9×10^{26} W y tiene una magnitud absoluta de aproximadamente 5, **encuentre la luminosidad de la estrella.**

$$m - M = 5 \log_{10} \frac{d}{10}.$$

$$\frac{l_2}{l_1} = (100)^{\frac{1}{5}(m_1 - m_2)}.$$

Which star is redder

Vega y Deneb son dos estrellas.

Si el color B-V de Vega es 0.0 y el de Deneb es 0.09, ¿cuál estrella es más roja?

