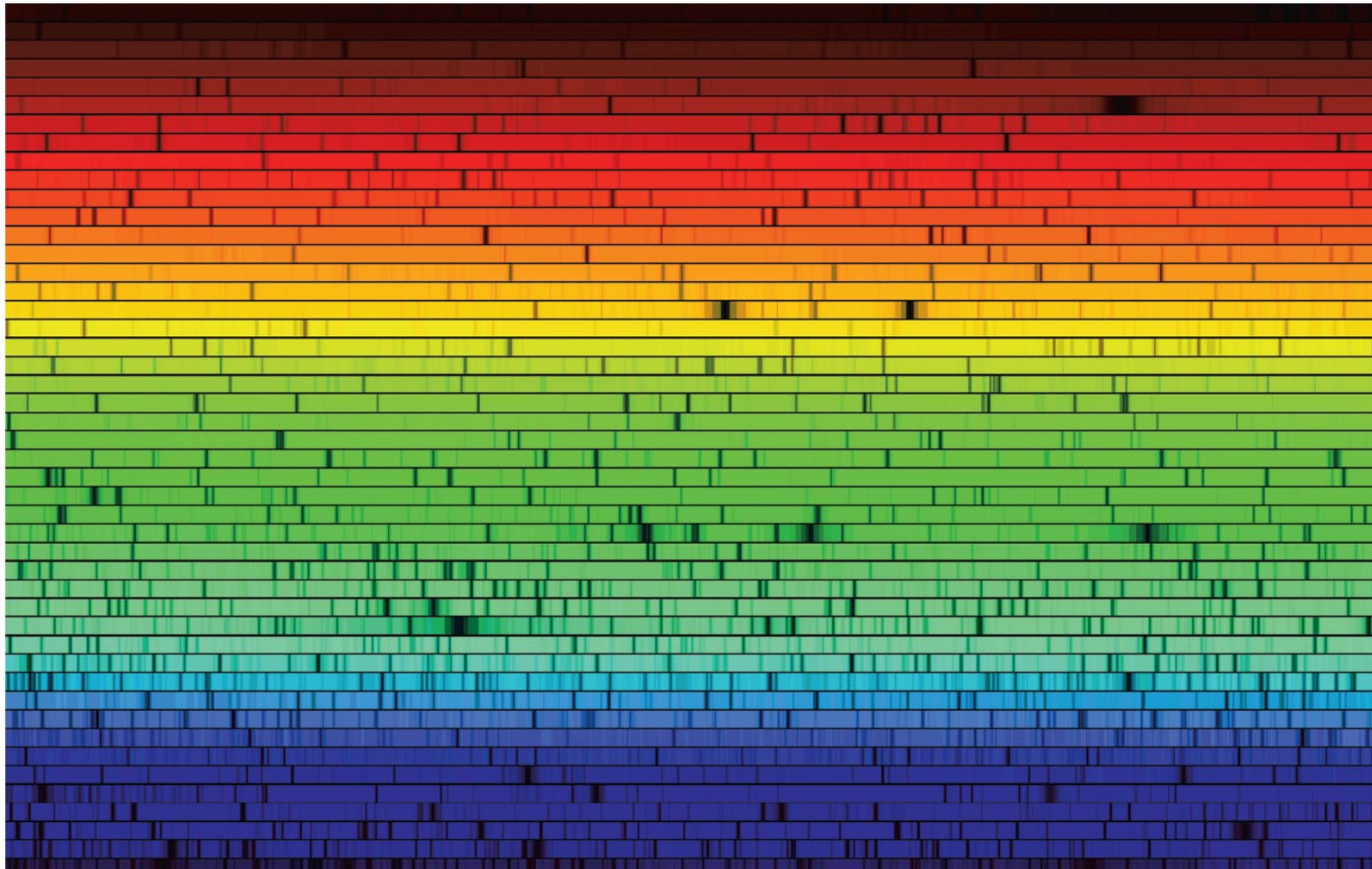


Luz y materia: leyendo mensajes del cosmos



Tipos básicos de energía

Energy can be converted from one form to another.

- Cinética
(movimiento)
- Radiativa (luz)
- Potencial

Energy can change type, but cannot be created or destroyed.



kinetic energy
(energy of motion)



radiative energy
(energy of light)



potential energy
(stored energy)

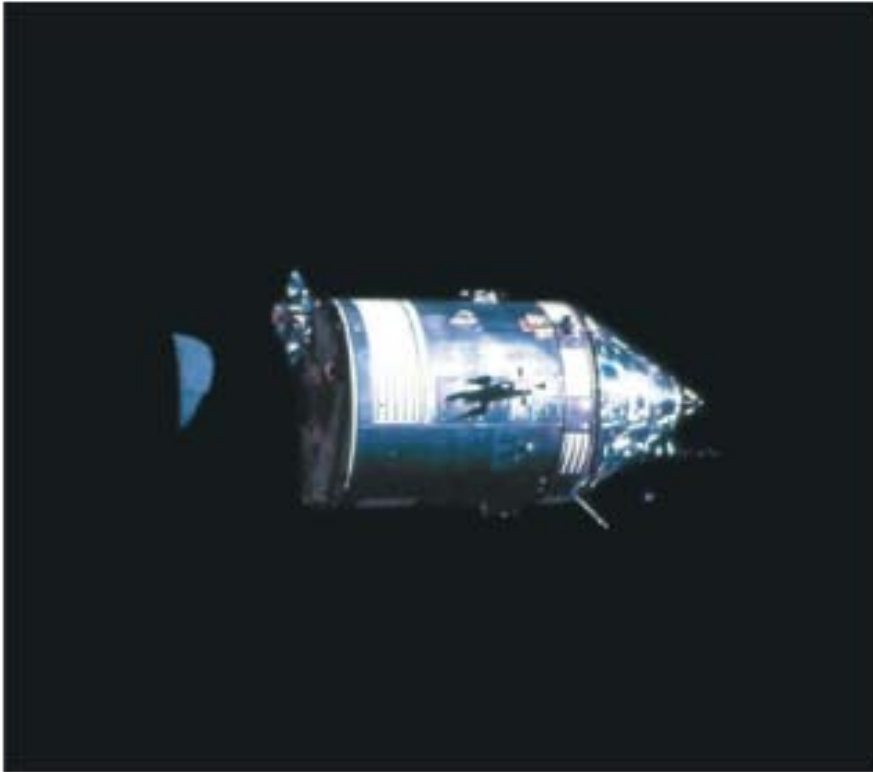
¿Cómo cambió Newton nuestra visión del universo?



Sir Isaac Newton
(1642–1727)

- Realizado las mismas leyes físicas que operan en la Tierra también operan en los cielos un universo
- descubiertas de la leyes del movimiento y de la gravedad
- Mucho más: experimentos con luz, primer telescopio reflector, cálculo ...

¿Cuáles son las tres leyes de movimiento de Newton?



La primera ley del movimiento de Newton:

Un objeto se mueve a velocidad constante a menos que una fuerza neta actúe para cambiar su velocidad o dirección.

La segunda ley del movimiento de Newton:

Fuerza = masa $\times$ aceleración



La tercera ley del movimiento de Newton:

Para cada fuerza, siempre hay una fuerza de reacción
igual y opuesta.



Leyes de Conservación en Astronomía

1. Conservación de la cantidad de movimiento
2. Conservación del momento angular
3. Conservación de l'energia

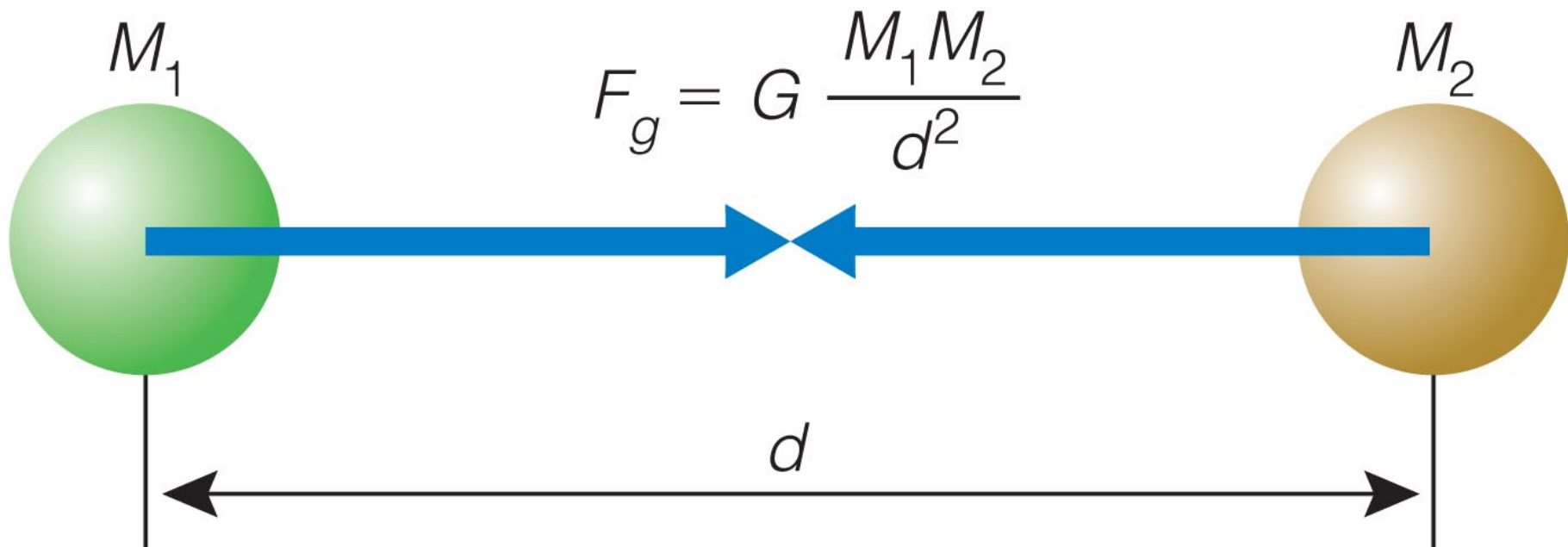
La Ley Universal de Gravitación

- ¿Qué determina la fuerza de la gravedad?
- ¿De qué manera la ley de gravedad de Newton extiende las leyes de Kepler?

¿Qué determina la fuerza de la gravedad?

La ley universal de la gravitación:

1. Cada masa atrae a todas las demás masas.
2. La atracción es directamente proporcional al producto de sus masas.
3. La atracción es *inversamente* proporcional al *cuadrado* de la distancia entre sus centros.



¿De qué manera la ley de gravedad de Newton extiende las leyes de Kepler?

- Las dos primeras leyes de Kepler se aplican a todos los objetos en órbita, no solo a los planetas.

- Las elipses no son los únicos caminos orbitales.

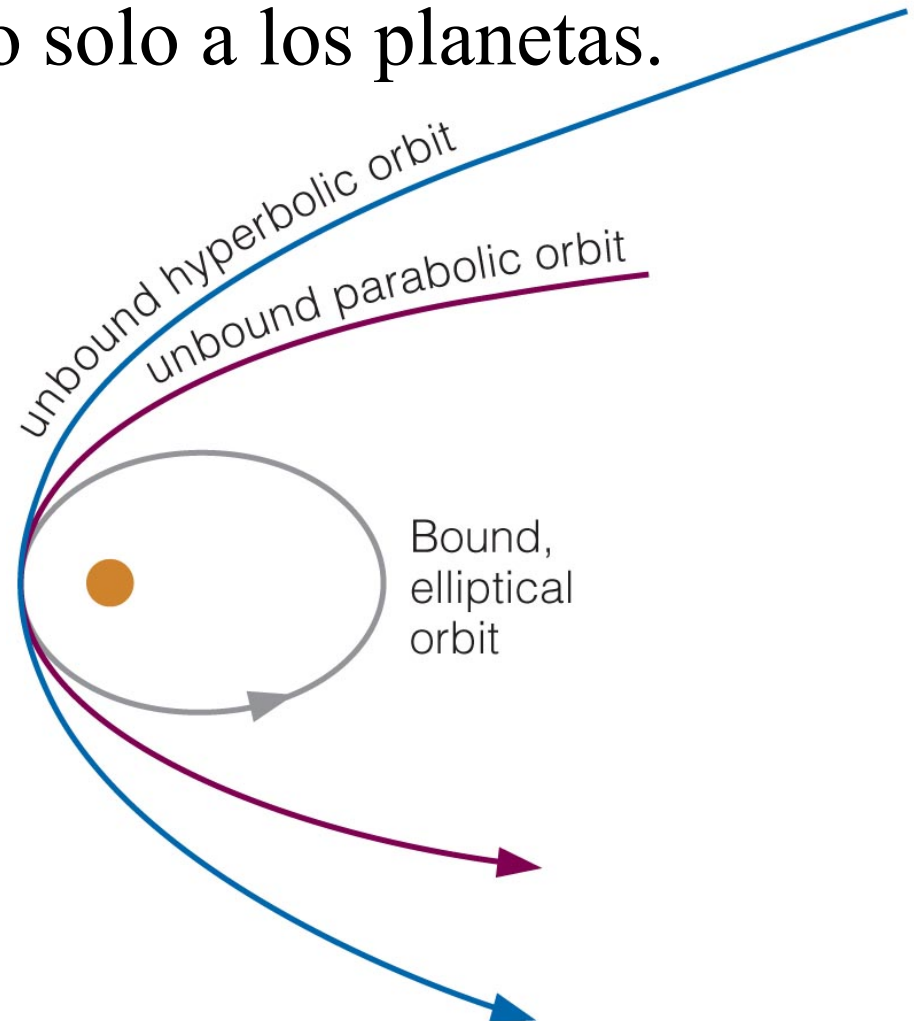
Las órbitas pueden ser:

- Cerradas (elipsis)

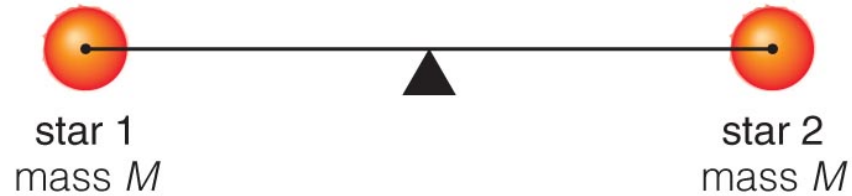
- Abiertas:

parábola

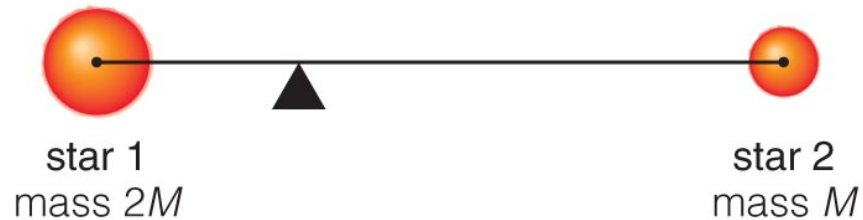
hipérbola



Centro de masa



- Los objetos en órbita orbitan alrededor de su centro de masa.



Las leyes de gravedad y movimiento de Newton mostraron que la relación entre el período orbital y la distancia orbital promedio de un sistema nos dice la masa total del sistema.

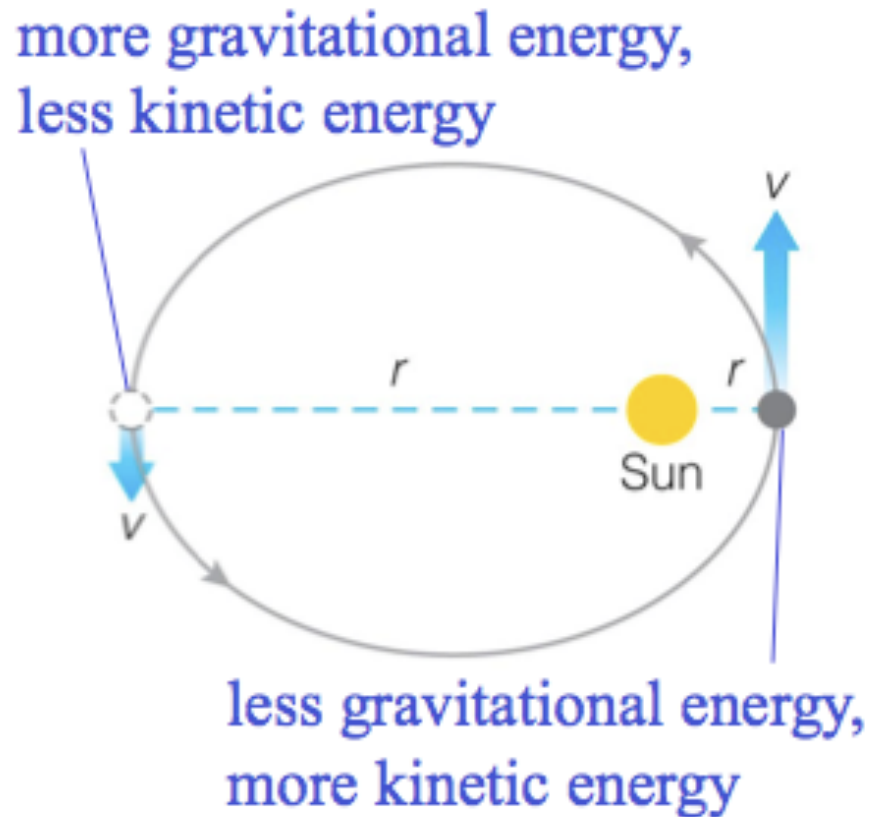
Ejemplos:

- El período orbital de la Tierra (1 año) y la distancia promedio (1 AU) nos dicen la masa del Sol.
- El período orbital y la distancia de un satélite desde la Tierra nos dicen la masa de la Tierra.
- El período orbital y la distancia de una luna de Júpiter nos dicen la masa de Júpiter.

Órbitas, mareas y la aceleración de la gravedad

- ¿Cómo la gravedad y la energía juntas nos permiten entender órbitas?
- ¿Cómo causa la gravedad las mareas?
- ¿Por qué todos los objetos caen a la misma velocidad?

¿Cómo la gravedad y la energía juntas nos permiten entender órbitas?



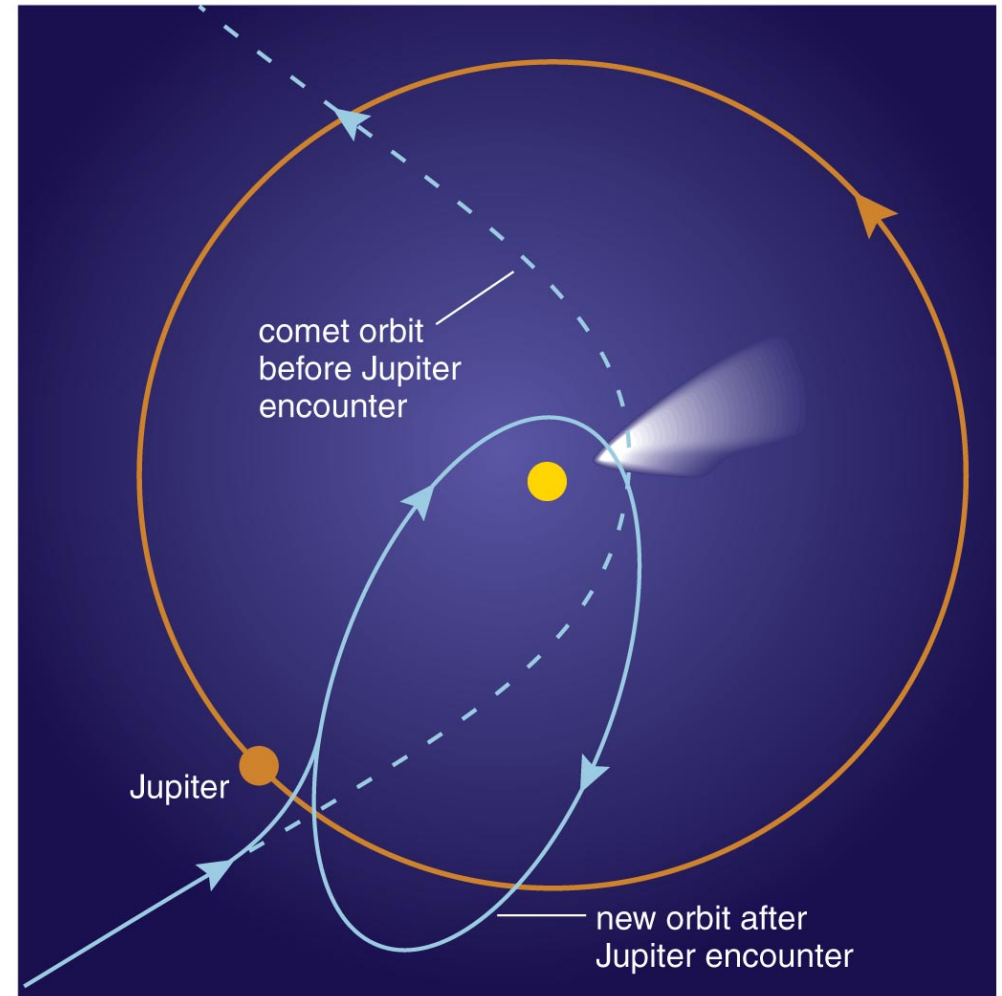
Total orbital energy stays constant.

- La energía orbital total (gravitacional + cinética) se mantiene constante si no hay fuerza externa.
- Las órbitas no pueden cambiar espontáneamente.

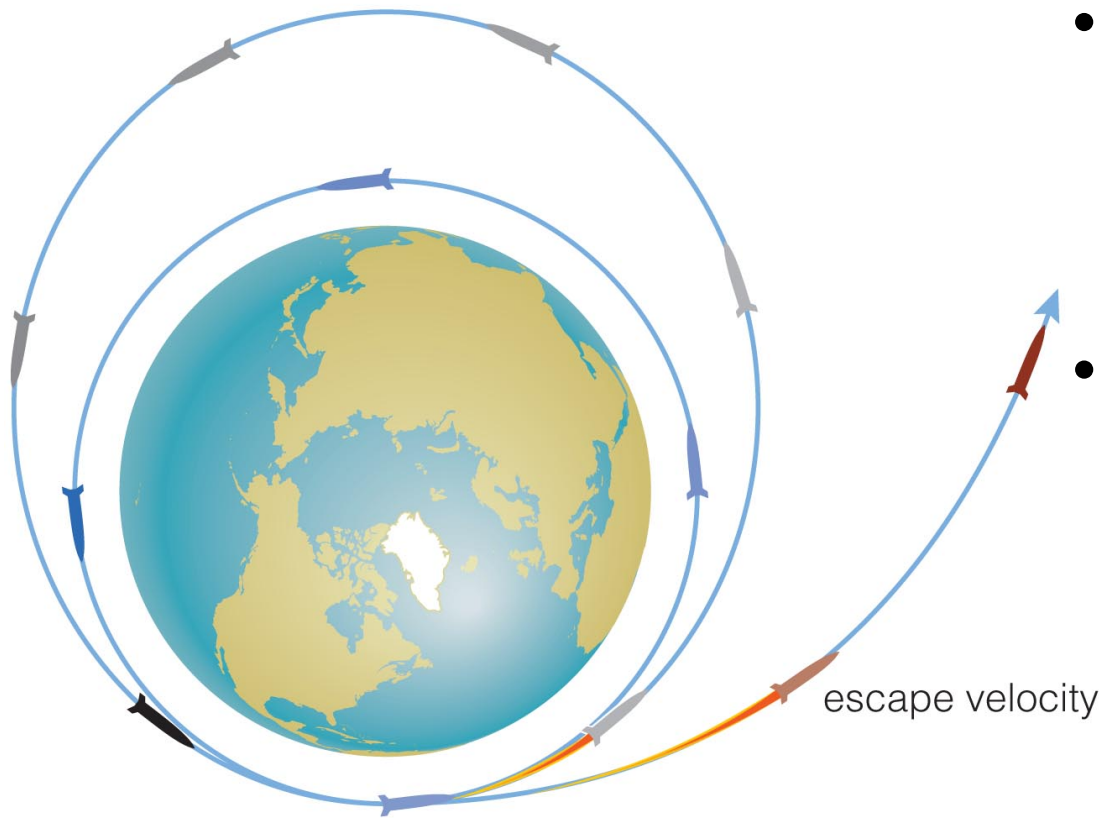
Cambiar una órbita

Entonces, ¿qué puede hacer que un objeto gane o pierda energía orbital?

- Fricción o arrastre atmosférico
- Un encuentro gravitatorio

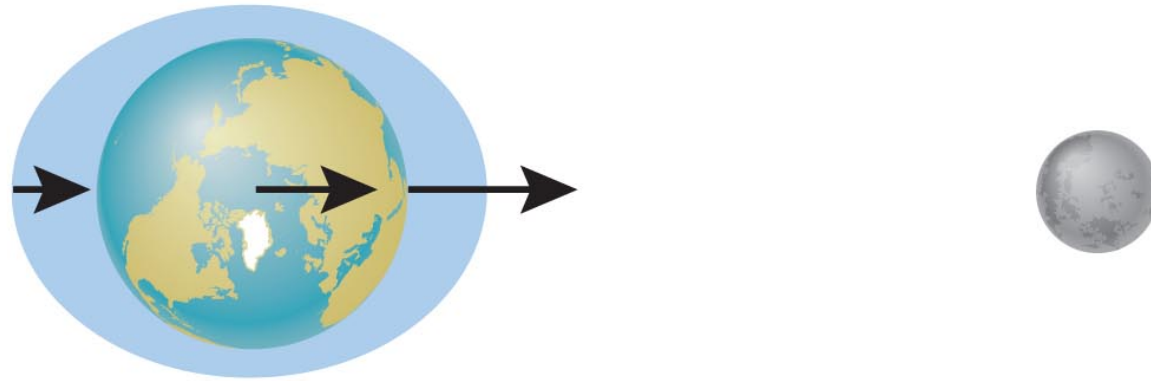


Velocidad de escape



- Si un objeto gana suficiente energía orbital, puede escapar (cambiar de una órbita ligada a una no ligada).
- Velocidad de escape desde la Tierra $\approx 11 \text{ km / s}$ desde el nivel del mar (aproximadamente $40,000 \text{ km / h}$)

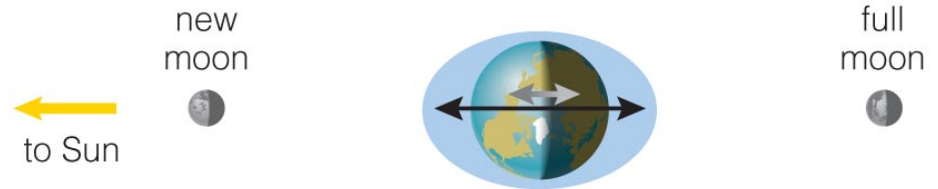
¿Cómo causa la gravedad las mareas?



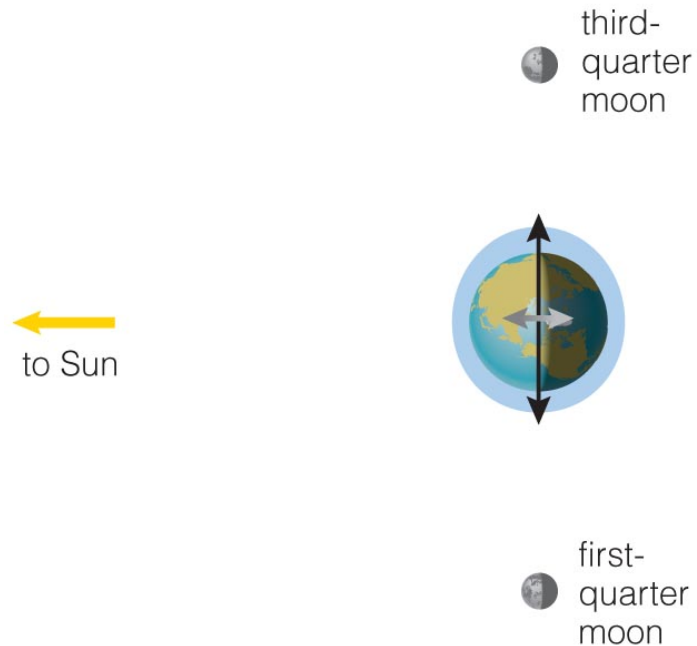
Not to scale!

- La gravedad de la Luna tira más fuerte en el lado cercano de la Tierra que en el lado opuesto.
- La diferencia en el tirón gravitacional de la Luna se extiende por la Tierra.

Mareas y Fases



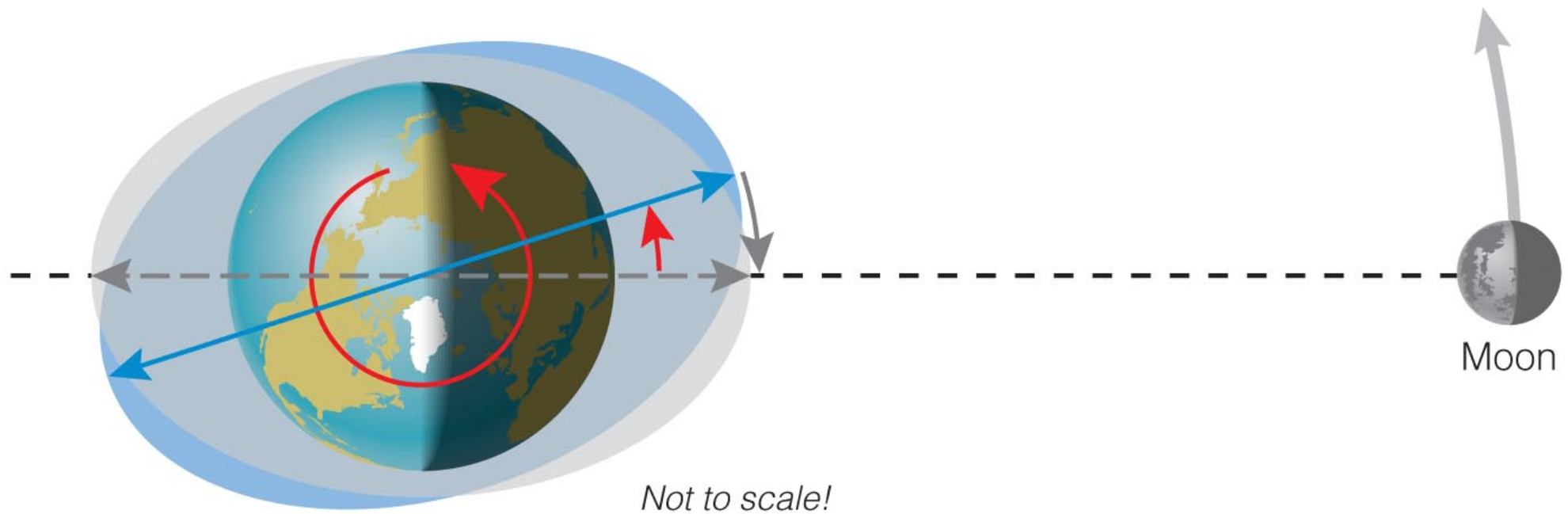
El tamaño de las mareas depende de la fase de la Luna.



Mareas



Mareas



- La fricción de las mareas ralentiza gradualmente la rotación de la Tierra (y hace que la Luna se aleje más de la Tierra).
- La Luna una vez orbitó más rápido (o más lento); la fricción de la marea lo hizo "bloquear" en la rotación síncrona.

¿Por qué todos los objetos caen a la misma aceleración?

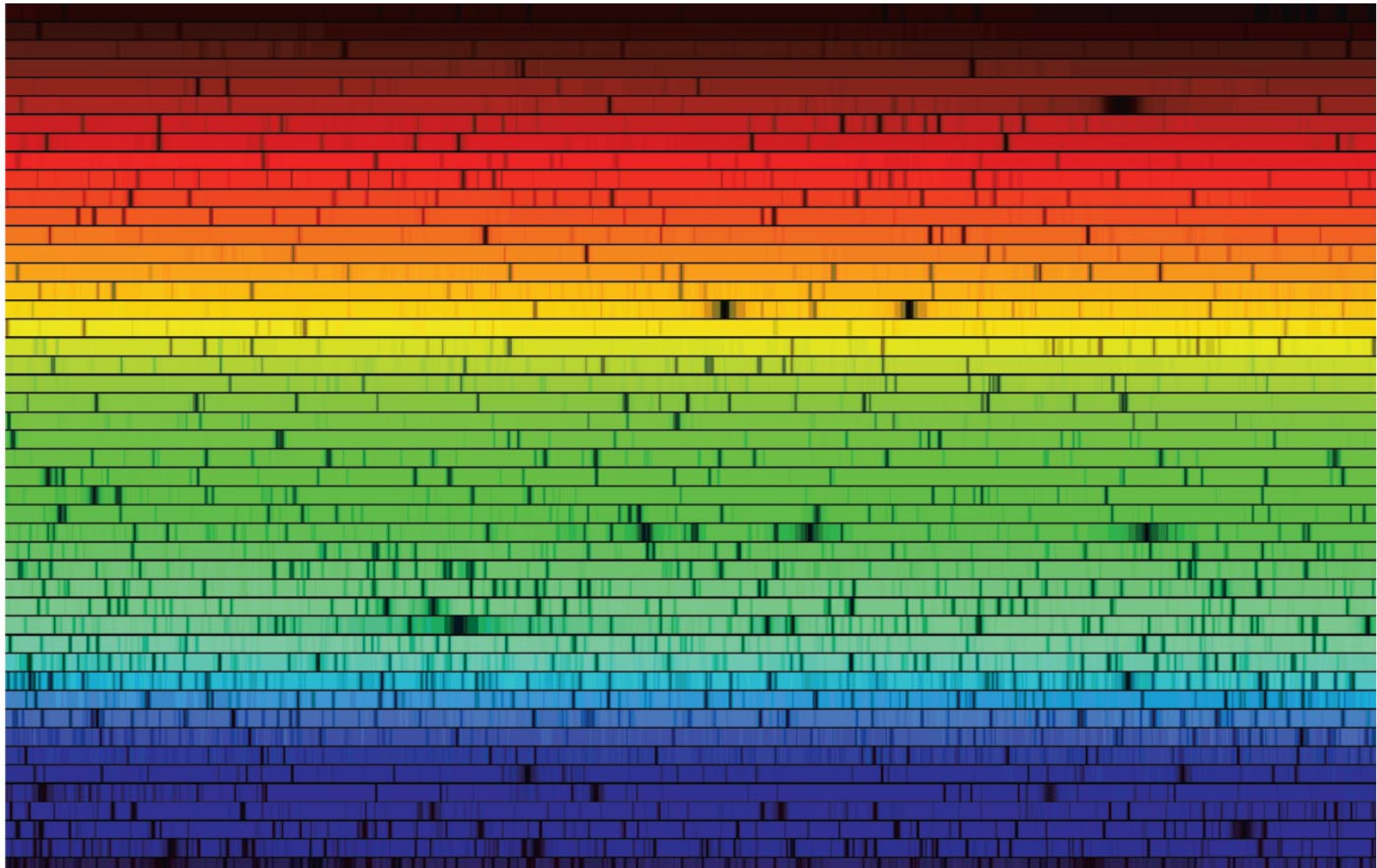
$$a_{\text{rock}} = \frac{F_g}{M_{\text{rock}}}$$

$$F_g = G \frac{M_{\text{Earth}} M_{\text{rock}}}{R_{\text{Earth}}^2}$$

$$a_{\text{rock}} = G \frac{M_{\text{Earth}} \cancel{M_{\text{rock}}}}{R_{\text{Earth}}^2 \cancel{M_{\text{rock}}}} = G \frac{M_{\text{Earth}}}{R_{\text{Earth}}^2}$$

- La aceleración gravitacional de un objeto como una roca no depende de su masa porque M_{rock} en la ecuación de aceleración anula a M_{rock} en la ecuación de la fuerza gravitacional.
- Esta "coincidencia" no se entendió hasta la teoría de la relatividad general de Einstein.

Luz y materia: leyendo mensajes del cosmos



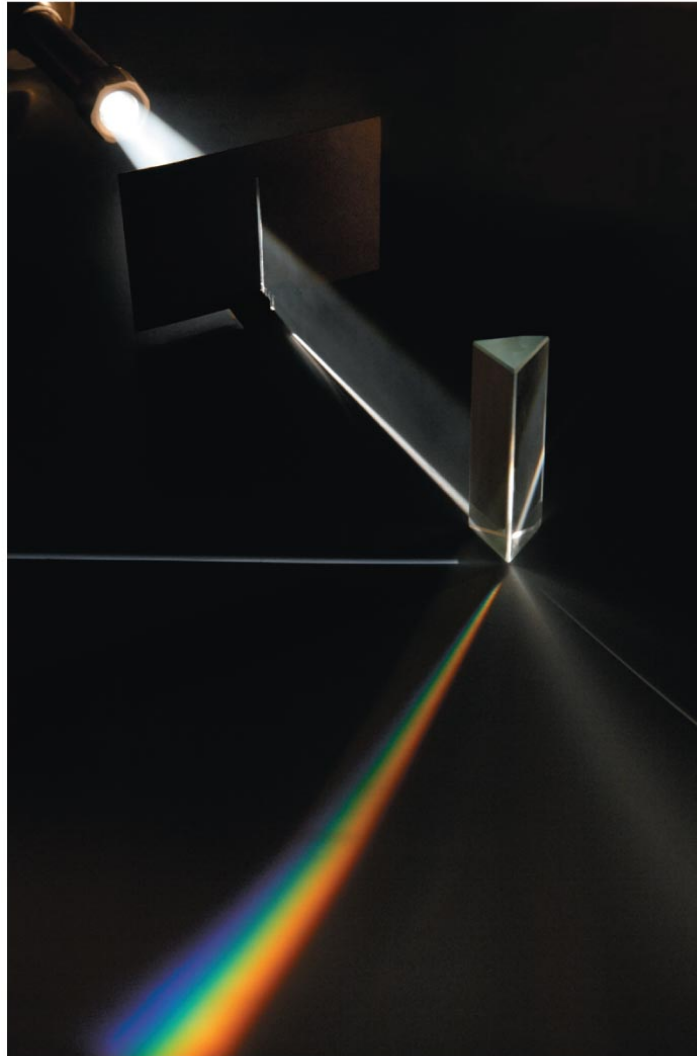
Luz en la vida cotidiana

- ¿Cómo experimentamos la luz?
- ¿Cómo interactúan la luz y la materia?

¿Cómo experimentamos la luz?

- El calor de la luz solar nos dice que la luz es una forma de energía.
- Podemos medir el flujo de energía en luz en unidades de watts: $1 \text{ watt} = 1 \text{ joule} / \text{s}$.

Colores de luz

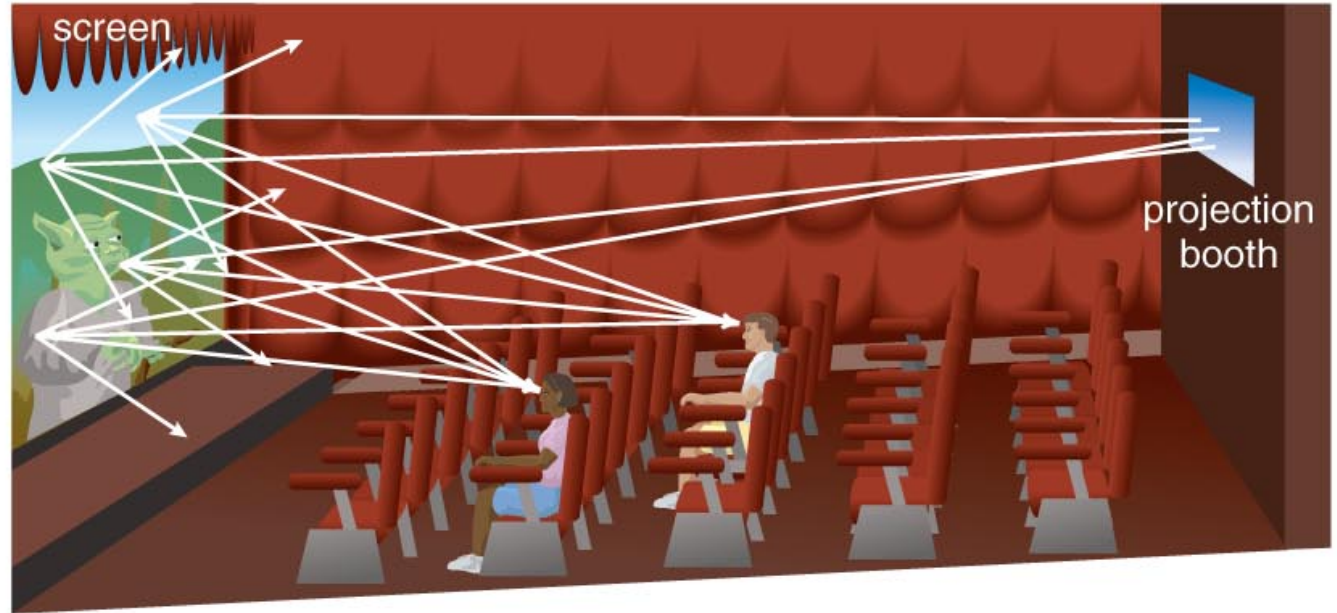
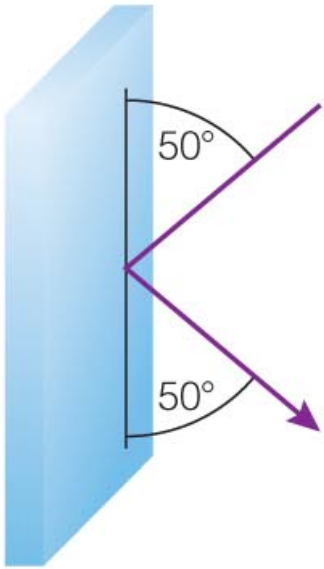


- La luz blanca es compuesta de muchos colores diferentes.

¿Cómo interactúan la luz y la materia?

- Emisión
- Absorción
- Transmisión
 - Los objetos transparentes transmiten luz.
 - Los objetos opacos bloquean (absorben) la luz.
- Reflexión / Dispersión

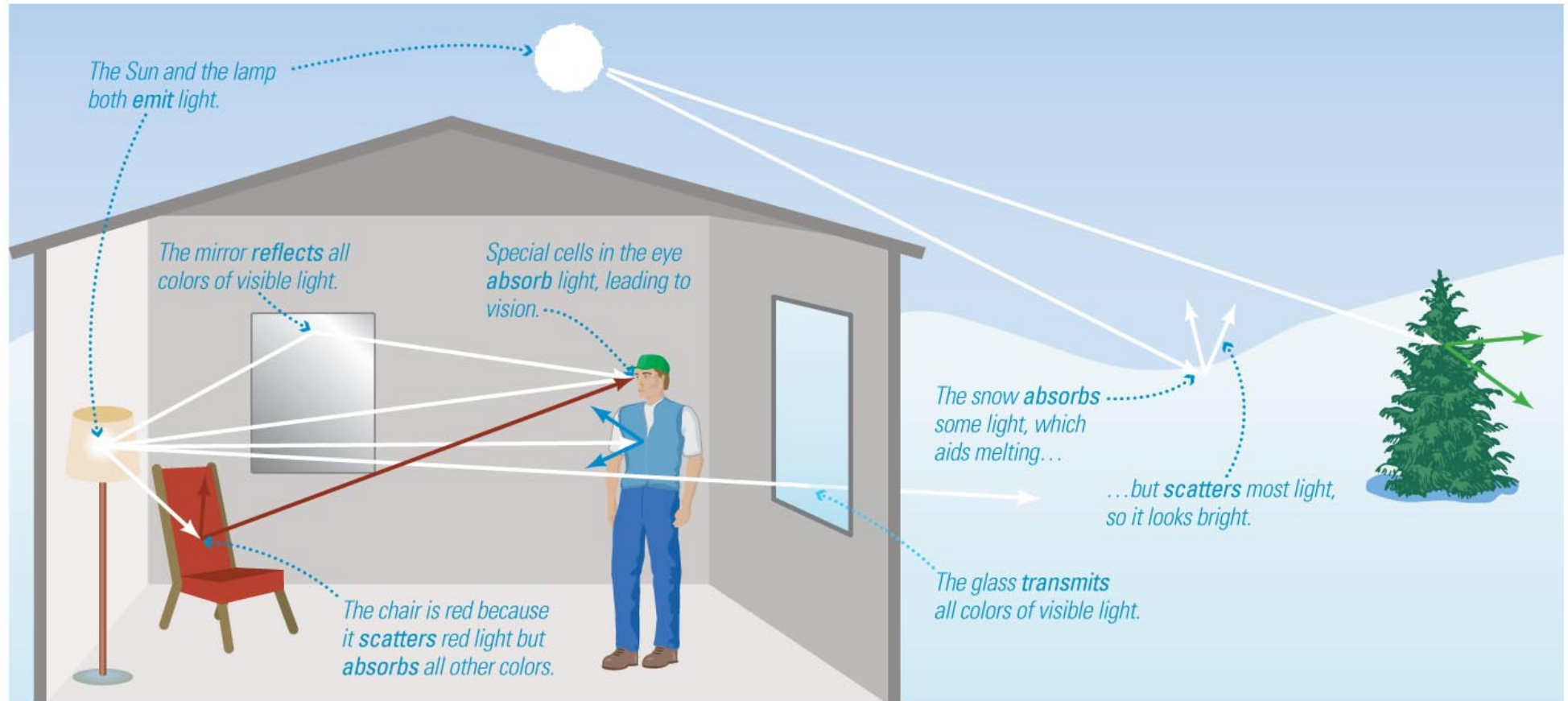
Reflexión y dispersión



El espejo refleja la luz en una dirección particular.

La pantalla de película dispersa la luz en todas las direcciones.

Interacciones de luz con materia



Las interacciones entre la luz y la materia determinan la apariencia de todo lo que nos rodea.

¿Por qué es una rosa roja?

- a) La rosa absorbe la luz roja.
- b) La rosa transmite luz roja.
- c) La rosa emite luz roja.
- d) La rosa refleja la luz roja.

¿Por qué es una rosa roja?

- a) La rosa absorbe la luz roja.
- b) La rosa transmite luz roja.
- c) La rosa emite luz roja.
- d) La rosa refleja la luz roja.**

Propiedades de la luz

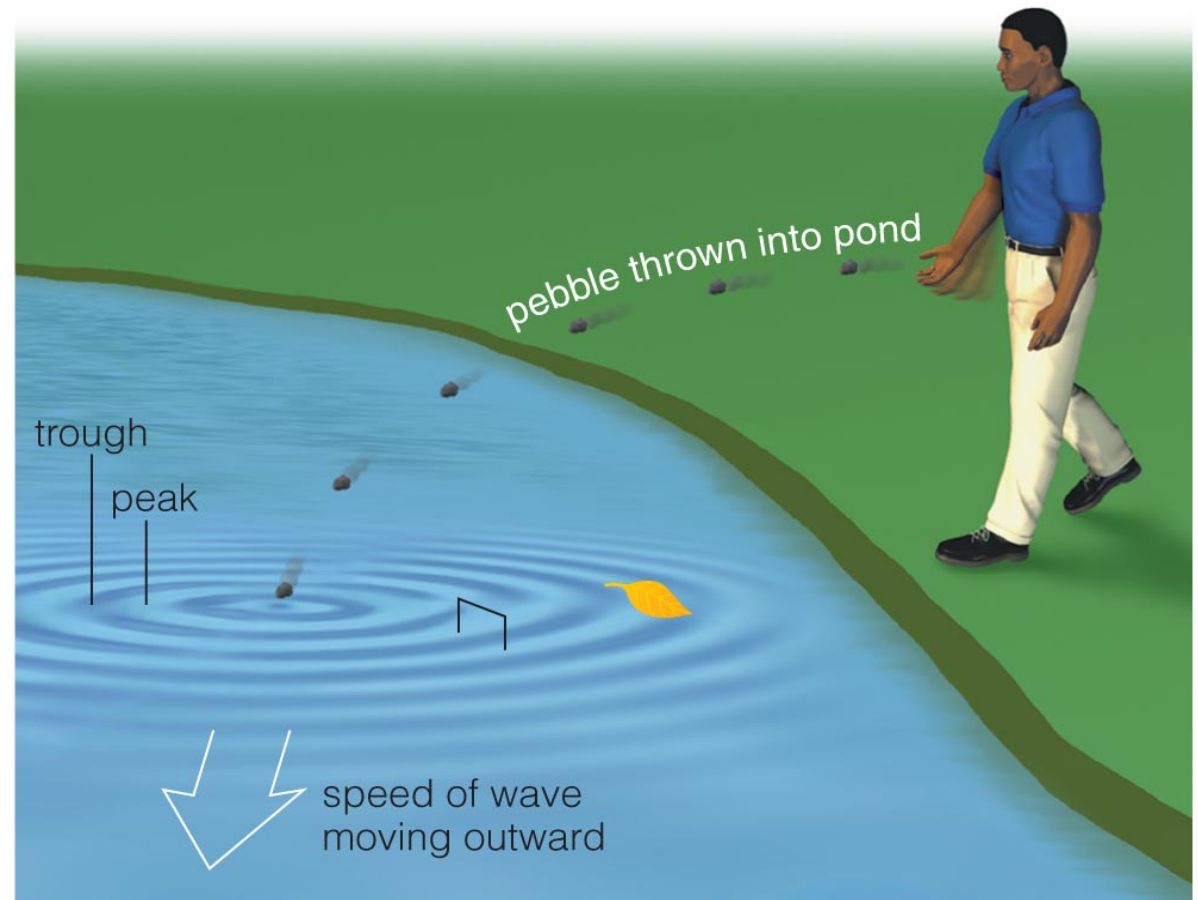
- ¿Qué es la luz?
- ¿Cuál es el espectro electromagnético?

¿Qué es la luz?

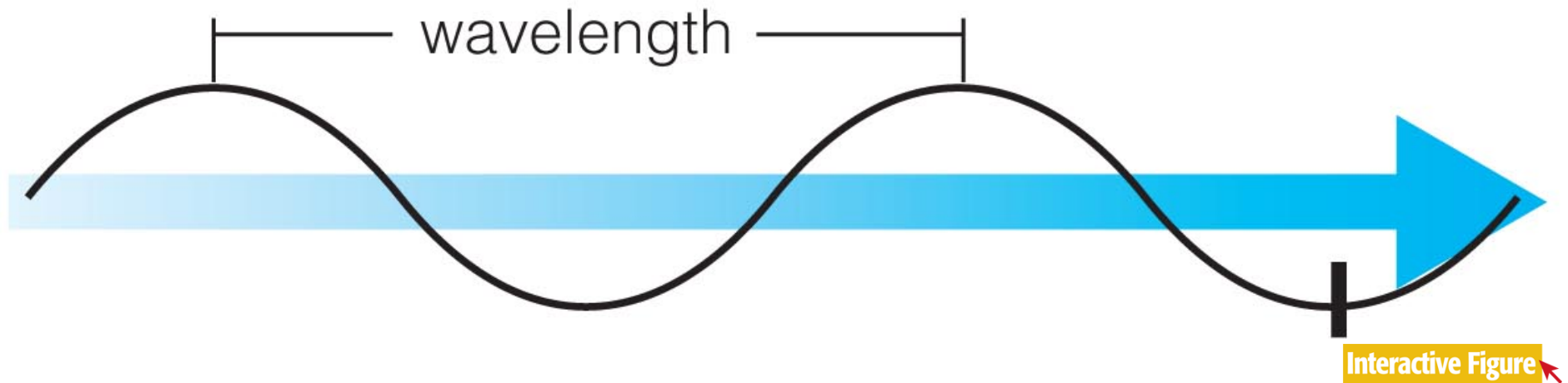
- La luz puede actuar como una onda o como una partícula.
- Las partículas de luz se llaman fotones.

Ondas

- Una onda es un patrón de movimiento que puede transportar energía sin transportar materia junto con ella.



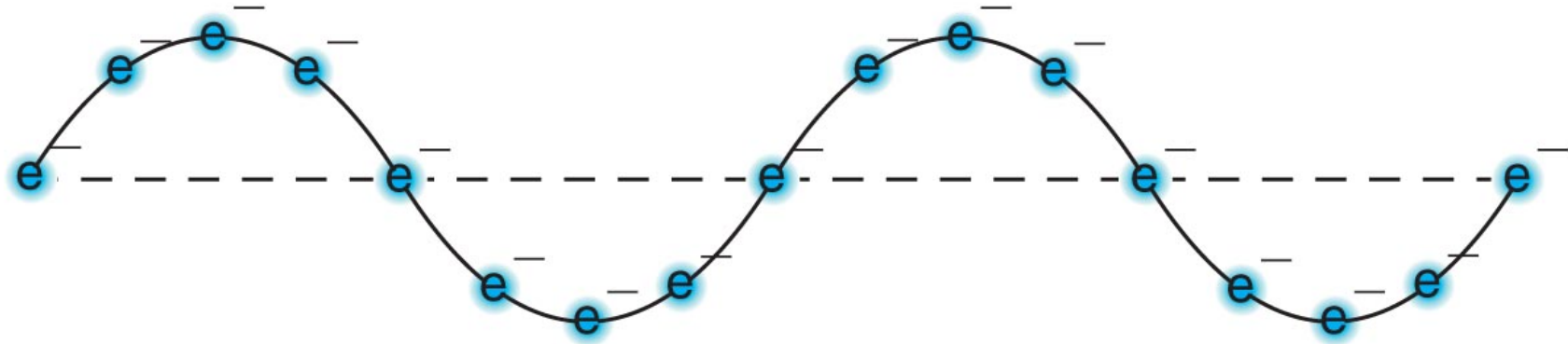
Propiedades de las ondas



- **Longitud de onda** es la distancia entre dos picos de onda.
- **Frecuencia** es el número de veces por segundo que una onda vibra hacia arriba y hacia abajo.

Velocidad de onda = longitud de onda $\times$ frecuencia

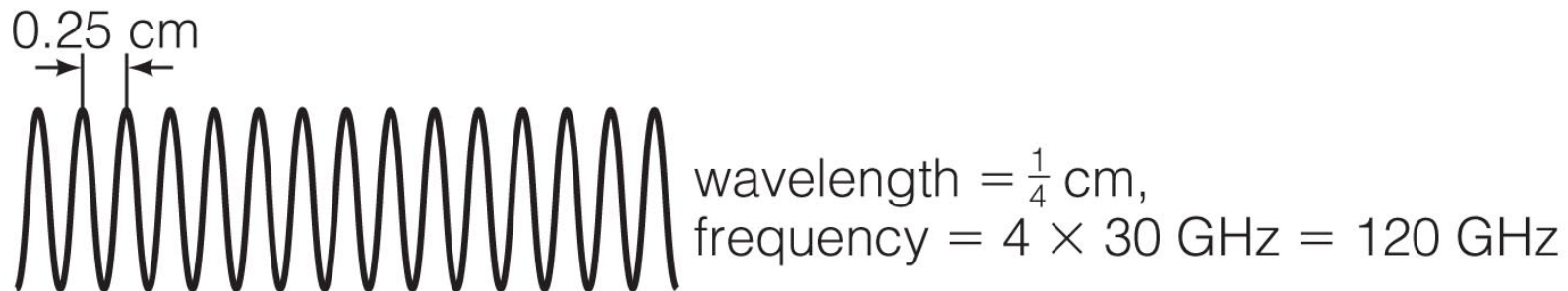
Luz: Ondas Electromagnéticas



a Electrons move when light passes by, showing that light carries a vibrating electric field.

- Una onda de luz es una vibración de campos eléctricos y magnéticos.
- La luz interactúa con las partículas cargadas a través de estos campos eléctricos y magnéticos.

Longitud de onda y frecuencia



longitud de onda $\times$ frecuencia = velocidad de la luz
= constante

Partículas de luz

- Las partículas de luz se llaman **fotones**.
- Cada fotón tiene una longitud de onda y una frecuencia.
- La energía de un fotón depende de su frecuencia.

Longitud de onda, frecuencia y energía

$$\lambda \times f = c$$

λ = longitud de onda, f = frecuencia

$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ = velocidad de la luz

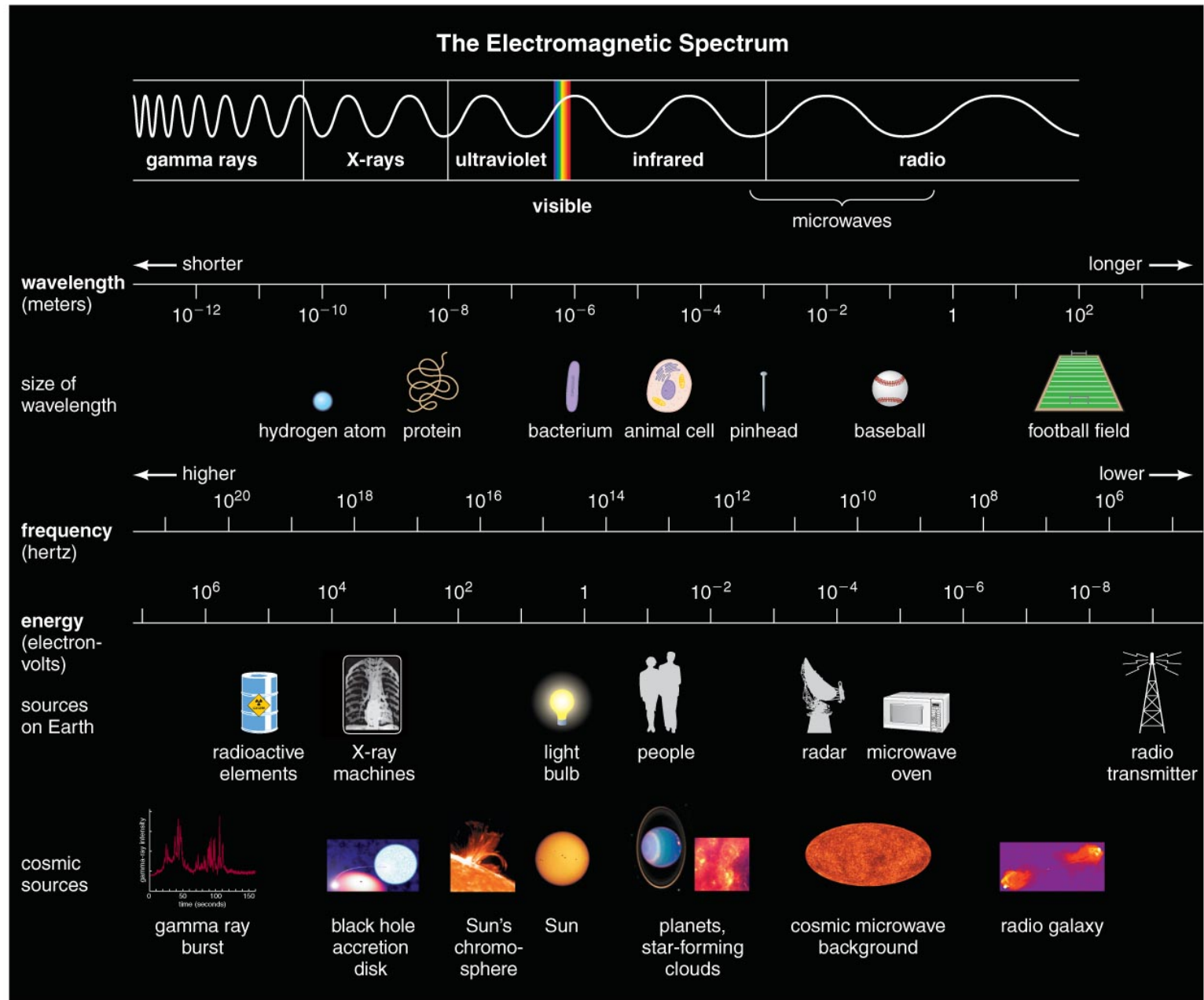
$$E = h \times f = \text{energía de fotones}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ joule} \times \text{s}$$

Tema especial: Gafas de sol polarizadas

- La **polarización** describe la dirección en la que una onda de luz está vibrando.
- La reflexión puede cambiar la polarización de la luz.
- Las gafas de sol polarizadas bloquean la luz que se refleja en las superficies horizontales.

¿Que es el espectro electromagnético?



Tipos de luz

(de menor a mayor energía):

- **Ondas de radio:** longitudes de onda kms a mm (microondas)
- **Infrarrojo (IR):** longitudes de onda mm hasta 10^{-6} metros (Micrómetro)
- **Luz visible** (la única luz que nuestros ojos pueden ver)

700 nm (nanómetros)

$$= 700 \times 10^{-9} \text{ metros} = 7 \times 10^{-7} \text{ m}$$

la luz más roja que la mayoría de nosotros puede ver

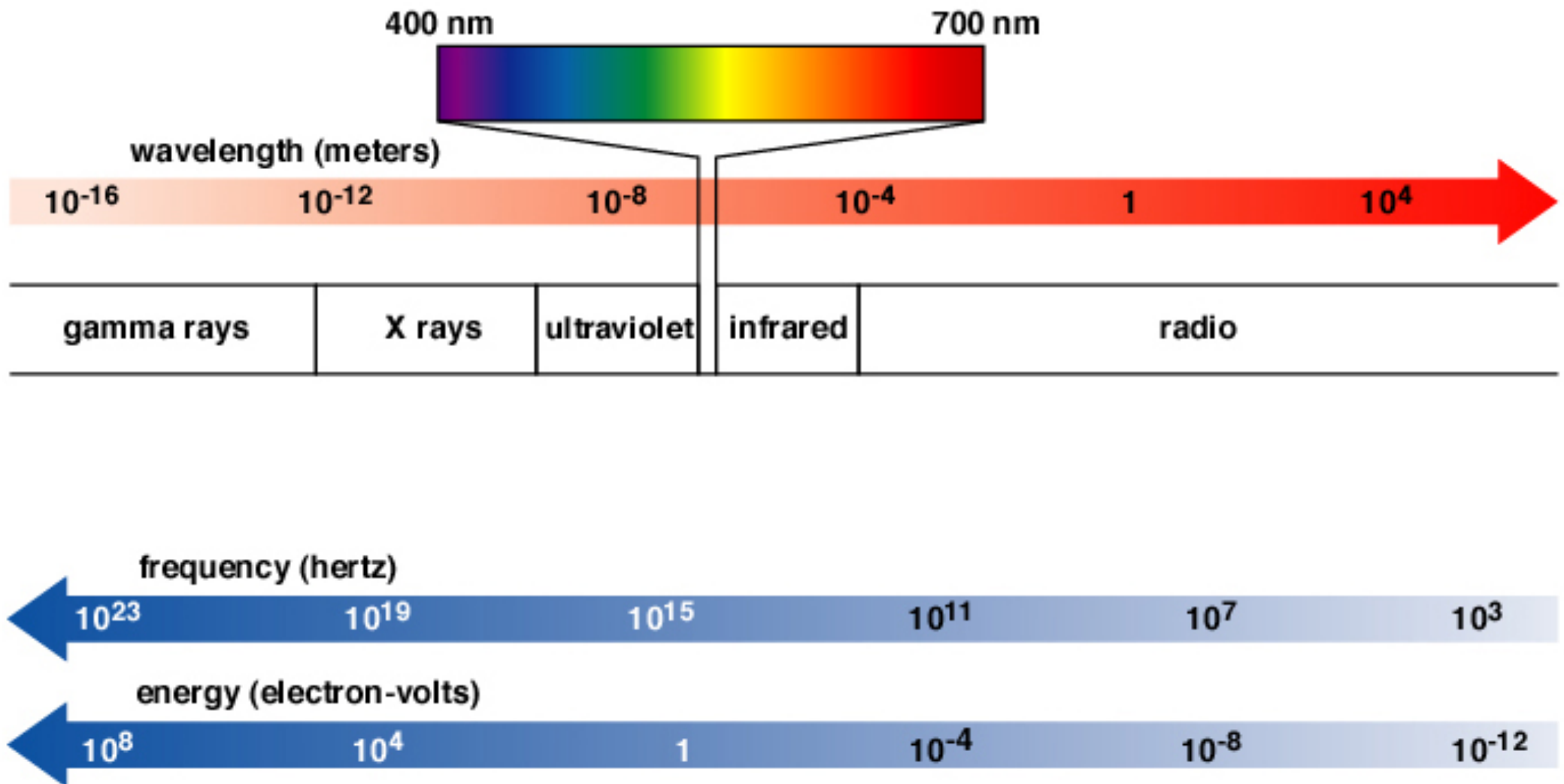
to



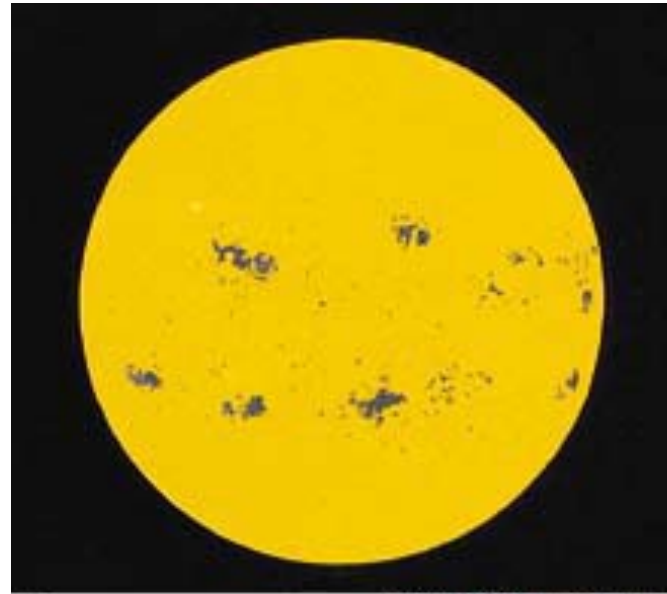
400 nm = luz más azul la mayoría de nosotros
puede ver

- **Luz Ultravioleta:** 10^{-8} metros, o aproximadamente del tamaño de los átomos. Las energías ahora son lo suficientemente altas como para causar quemaduras solares, melanomas
- **Rayos X:** 10^{-11} metros; energías lo suficientemente altas como para pasar a través de la mayoría de los tejidos
- **Rayos Gamma:** 10^{-16} metros (lo suficientemente enérgicos como para causar daño celular con una exposición relativamente baja)

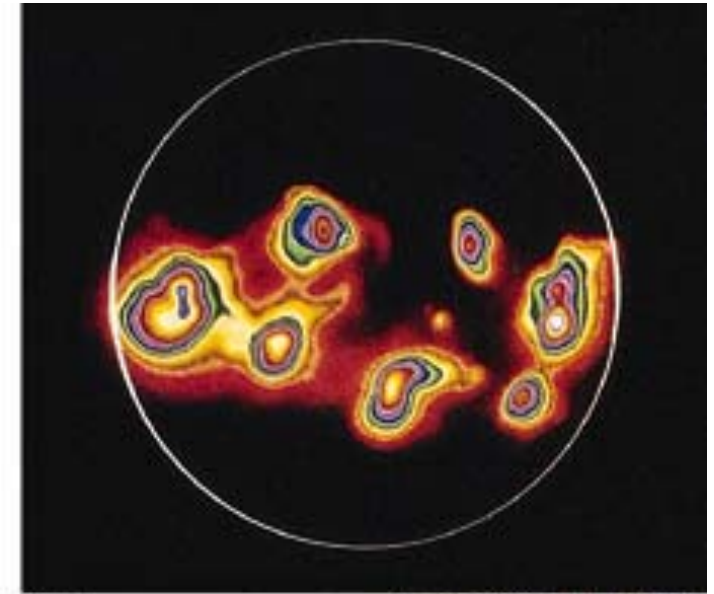
El espectro electromagnético



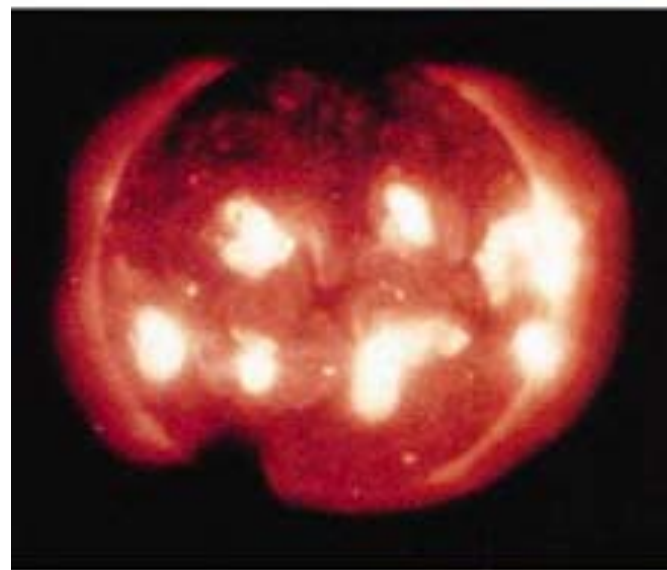
- Los objetos pueden verse muy diferentes según la longitud de onda de luz que detecte:
- Sol visto en luz visible, ultravioleta, rayos X y radio



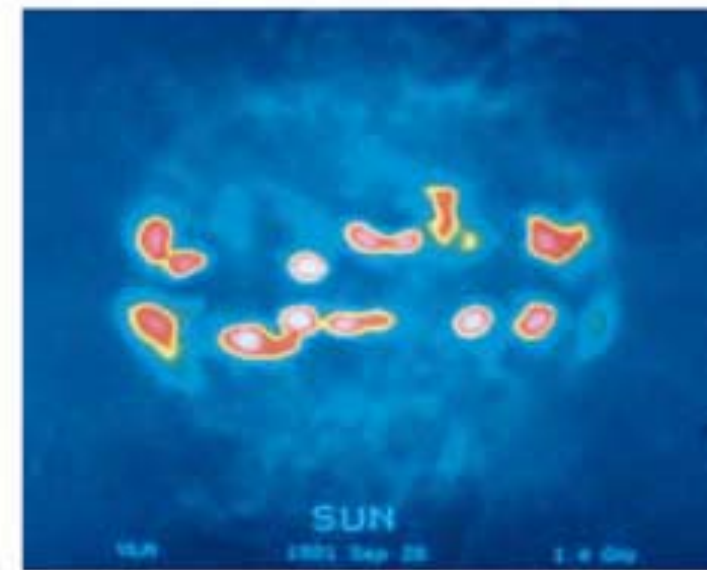
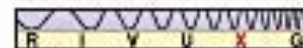
(a)



(b)



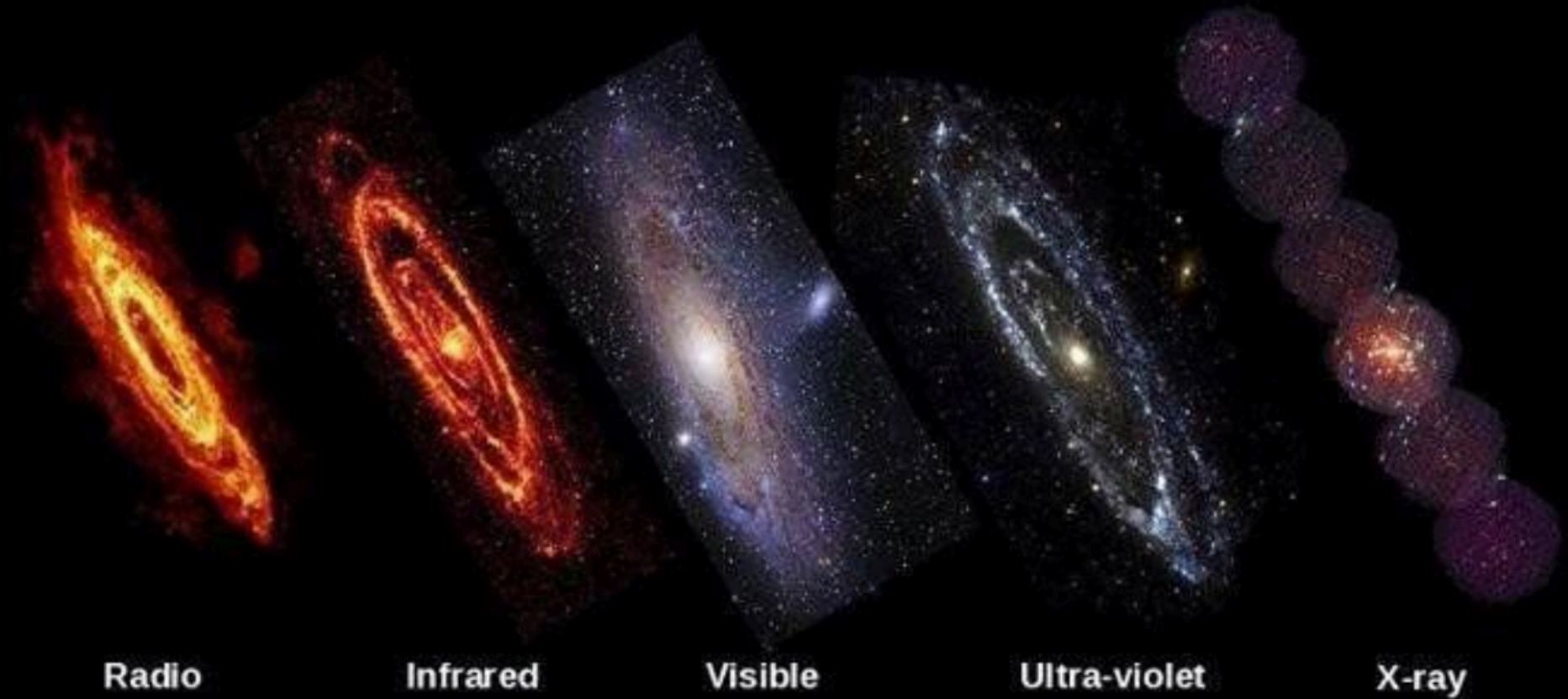
(c)



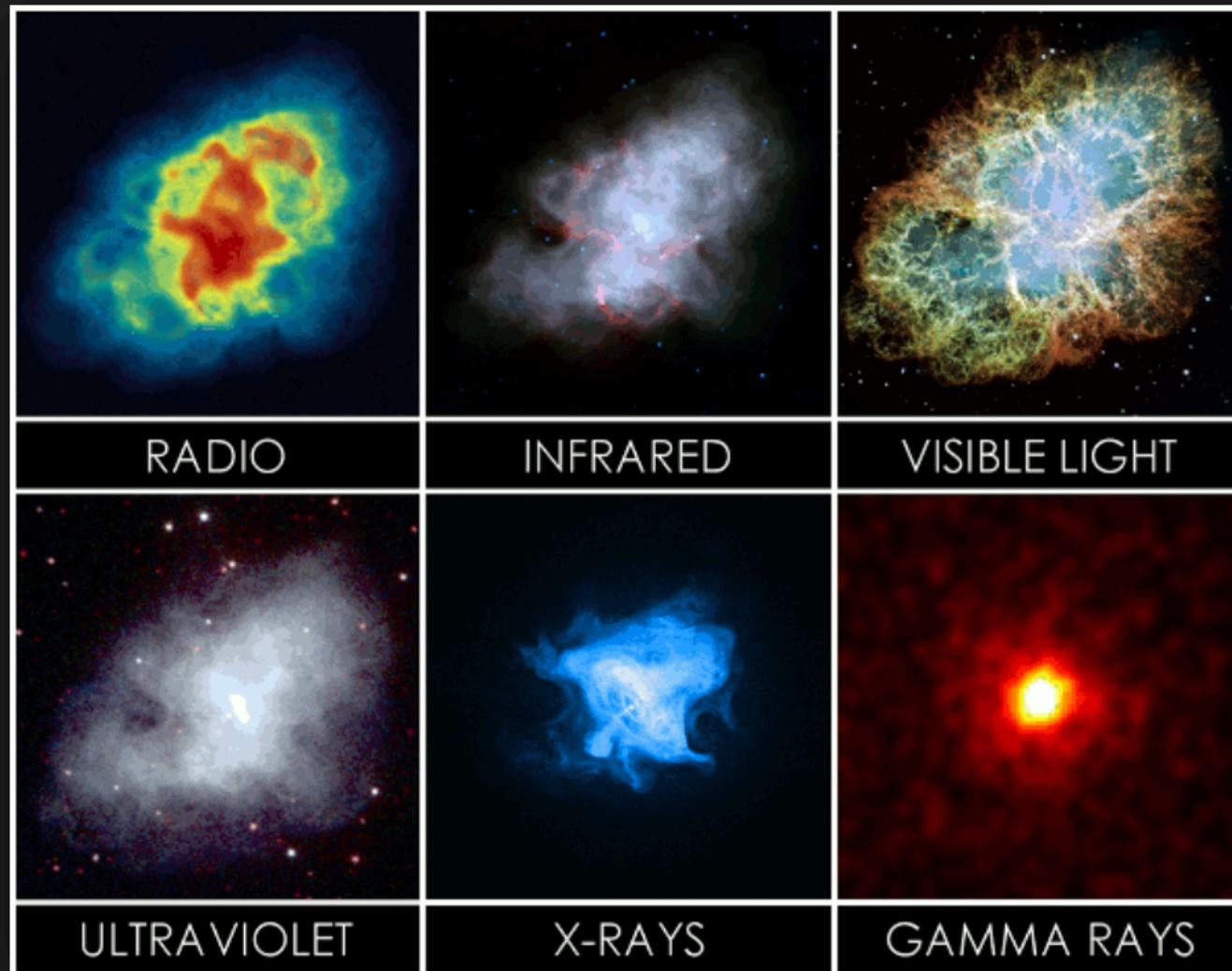
(d)



Galaxia de Andromeda



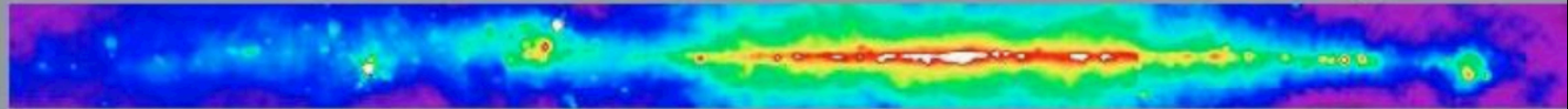
Nebulosa del Cangrejo



Via Lactea

Radio Continuum

408 MHz Bonn, Jodrell B



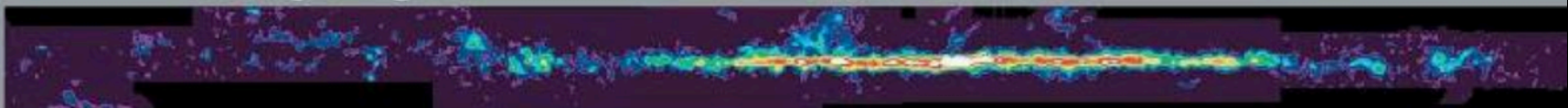
Atomic Hydrogen

21 cm D



Molecular Hydrogen

115 GHz



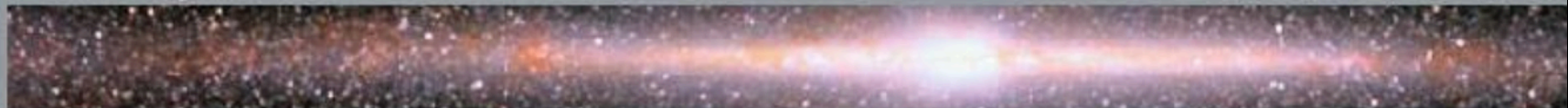
Infrared

12, 60



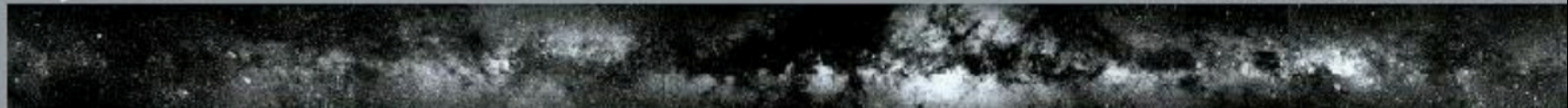
Near Infrared

1.25, 2.2, 3.5 μm



Optical

Laustsen et al.



Pregunta

Cuanto mayor sea la energía del fotón

- a) cuanto mayor es su longitud de onda
- b) cuanto más corta es su longitud de onda.
- c) la energía es independiente de la longitud de onda.

Pregunta

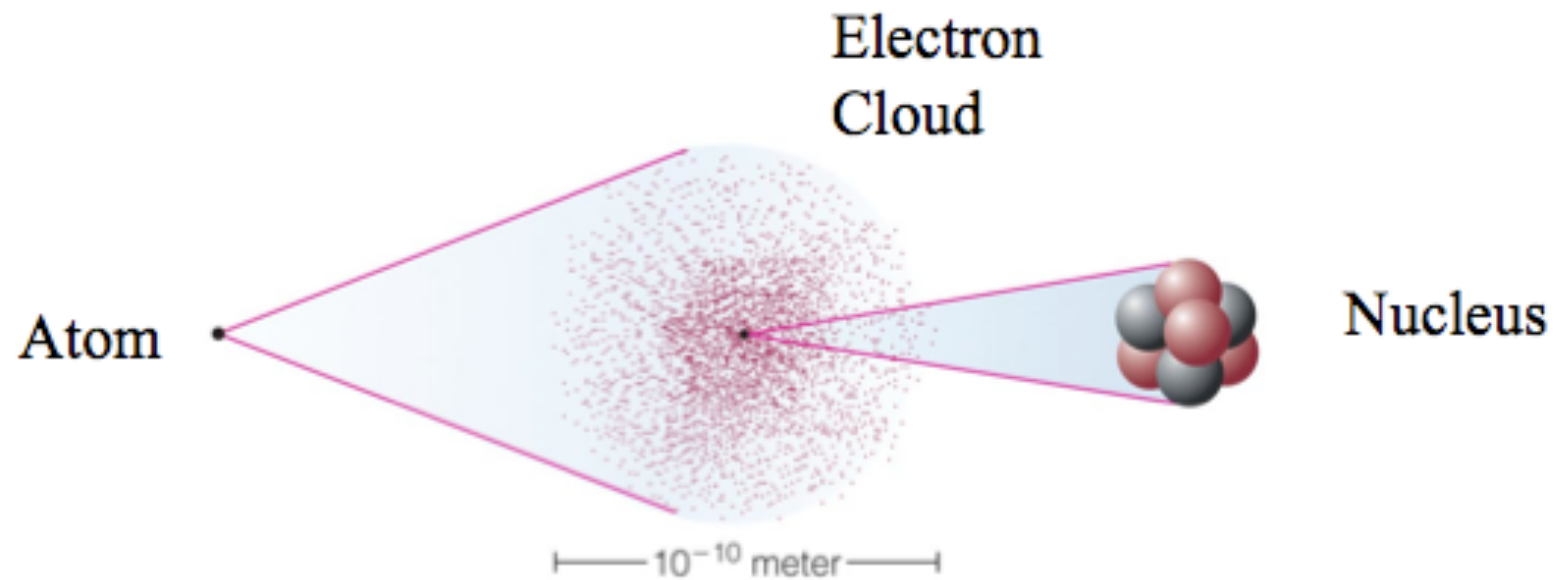
Cuanto mayor sea la energía del fotón

- a) cuanto mayor es su longitud de onda
- b) cuanto más corta es su longitud de onda.**
- c) la energía es independiente de la longitud de onda.

Propiedades de la materia

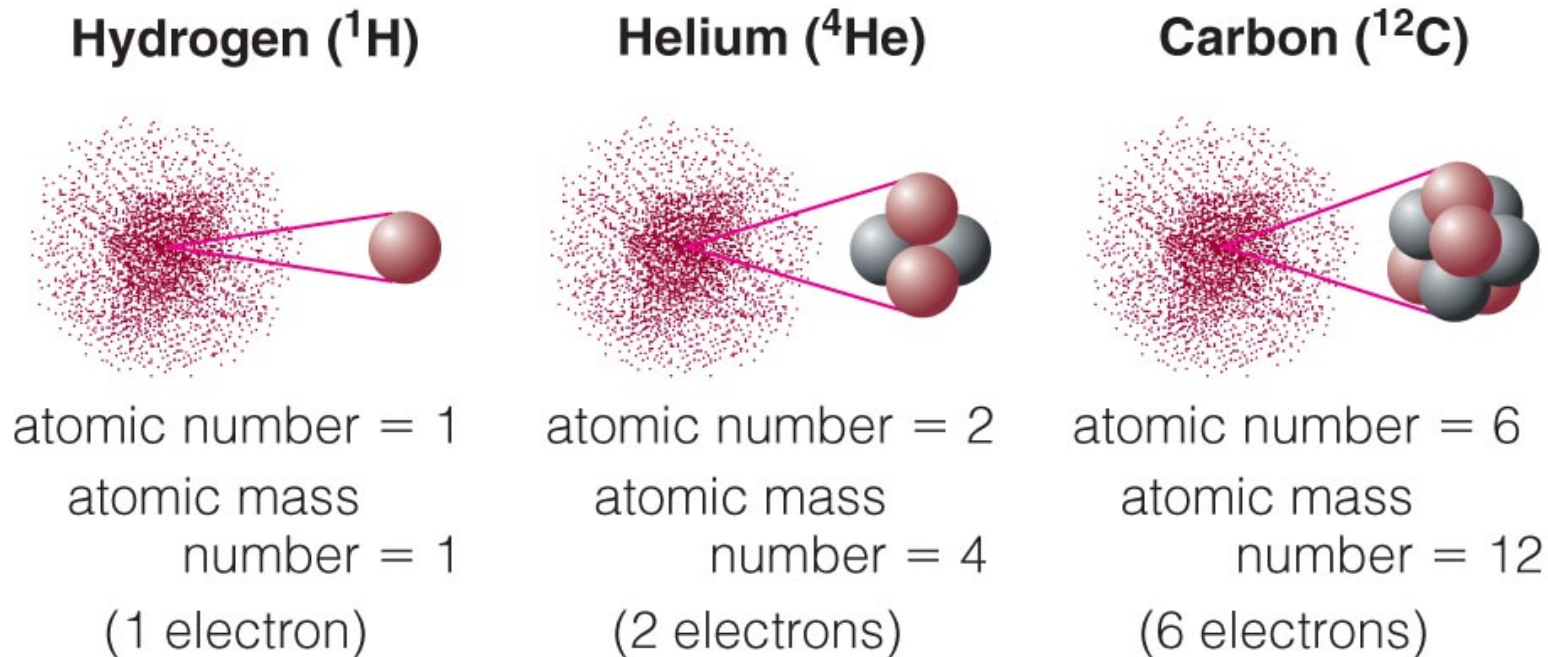
- ¿Cuál es la estructura de la materia?
- ¿Cuáles son las fases de la materia?
- ¿Cómo se almacena la energía en los átomos?

¿Cuál es la estructura de la materia?



Terminología atómica

- Número atómico = # de protones en el núcleo
- Número de masa atómica = # de protones + neutrones



- Moléculas: consisten en dos o más átomos (H_2O , CO_2)

Terminología atómica

- Isótopo: el mismo número de protones pero diferente número de neutrones (^4He , ^3He)

Isotopes of Carbon

carbon-12



^{12}C

(6 protons
+ 6 neutrons)

carbon-13



^{13}C

(6 protons
+ 7 neutrons)

carbon-14



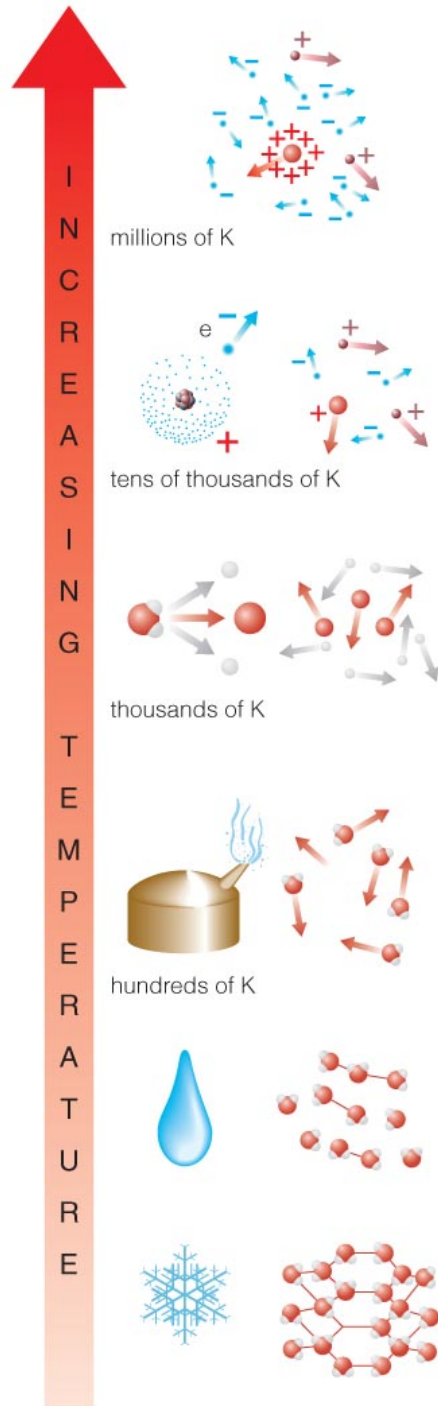
^{14}C

(6 protons
+ 8 neutrons)

¿Cuáles son las fases de la materia?

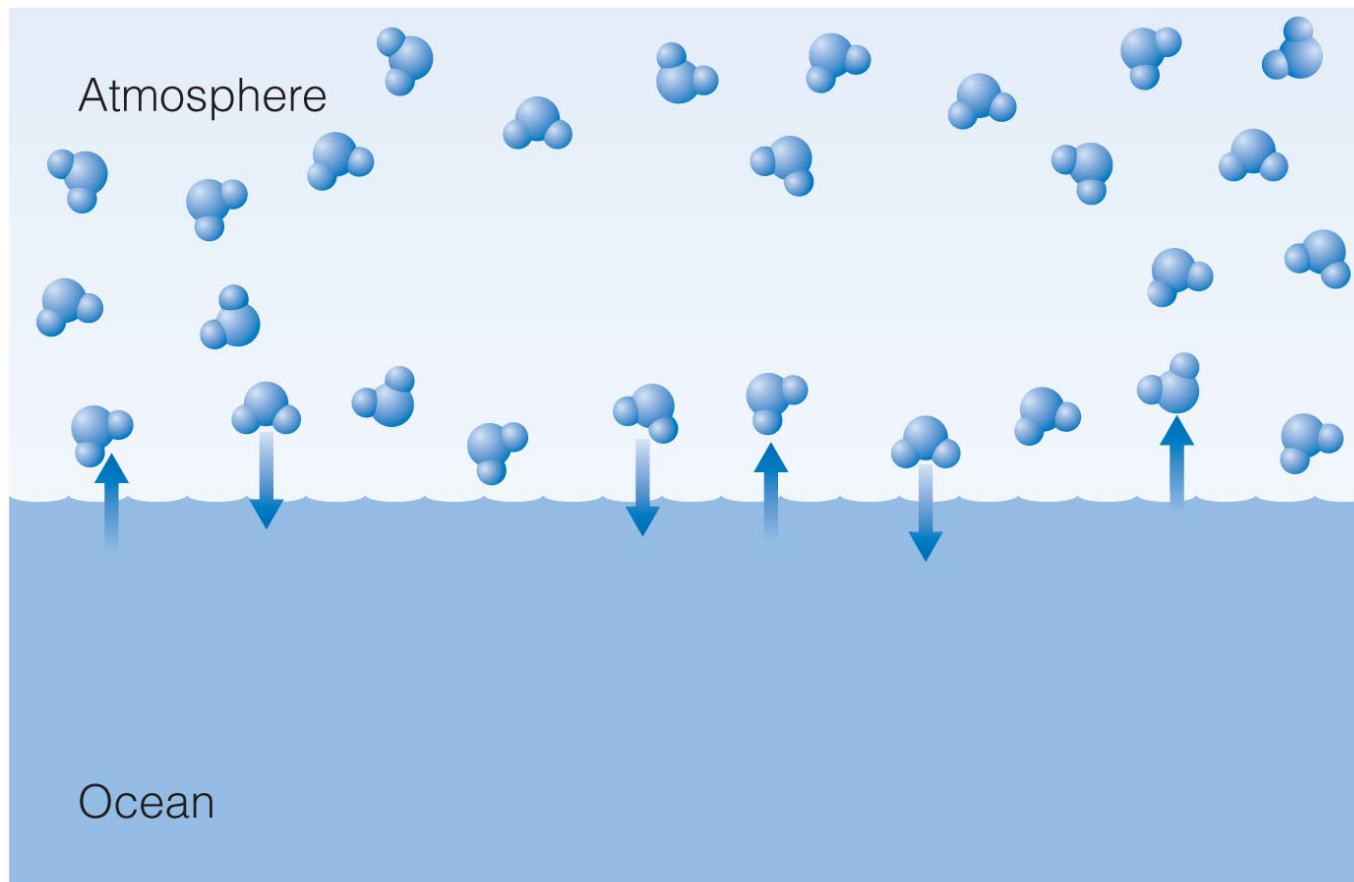
- Familiar phases:
 - Sólido (hielo)
 - Líquida (agua)
 - Gas (vapor de agua)
- Las fases del mismo material se comportan de manera diferente debido a las diferencias en los enlaces químicos.

Cambios de fase



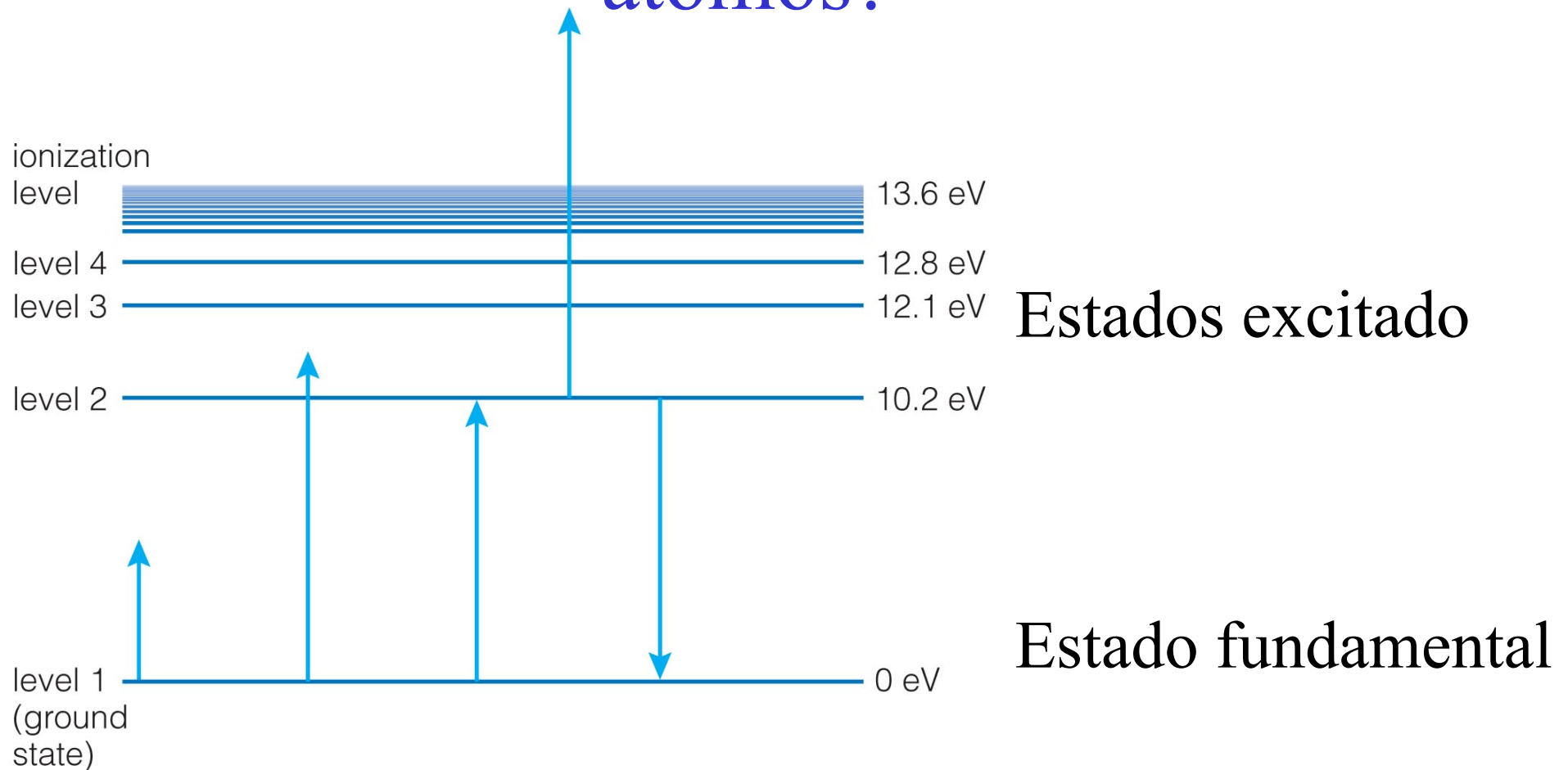
- **Ionización:** extracción de electrones, cambio de átomos en plasma
- **Disociación:** ruptura de moléculas en átomos
- **Evaporación:** ruptura de enlaces químicos flexibles, cambio de líquido a sólido
- **Fusión:** ruptura de enlaces químicos rígidos, cambio de sólido en líquido

Fases y presión



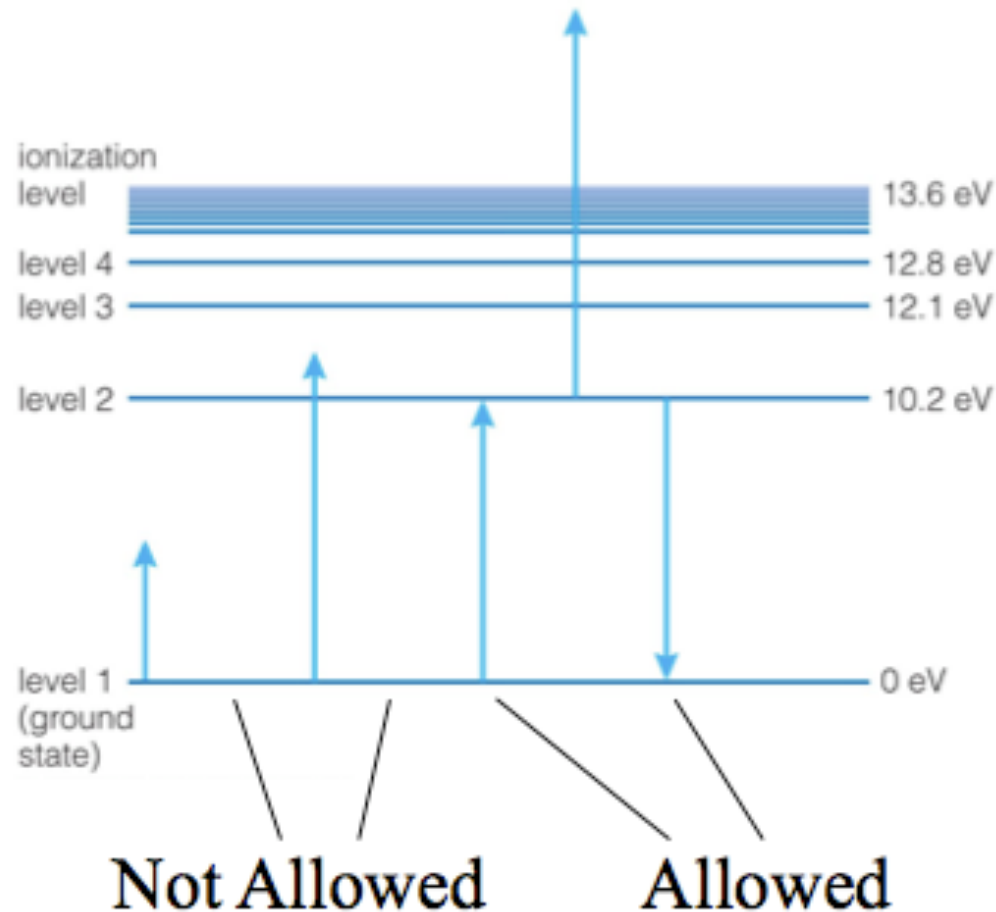
- La fase de una sustancia depende tanto de la temperatura como de la presión.
- A menudo hay más de una fase presente.

¿Cómo se almacena la energía en los átomos?



- Los electrones en los átomos están restringidos a niveles particulares de energía.

Transiciones de nivel de energía

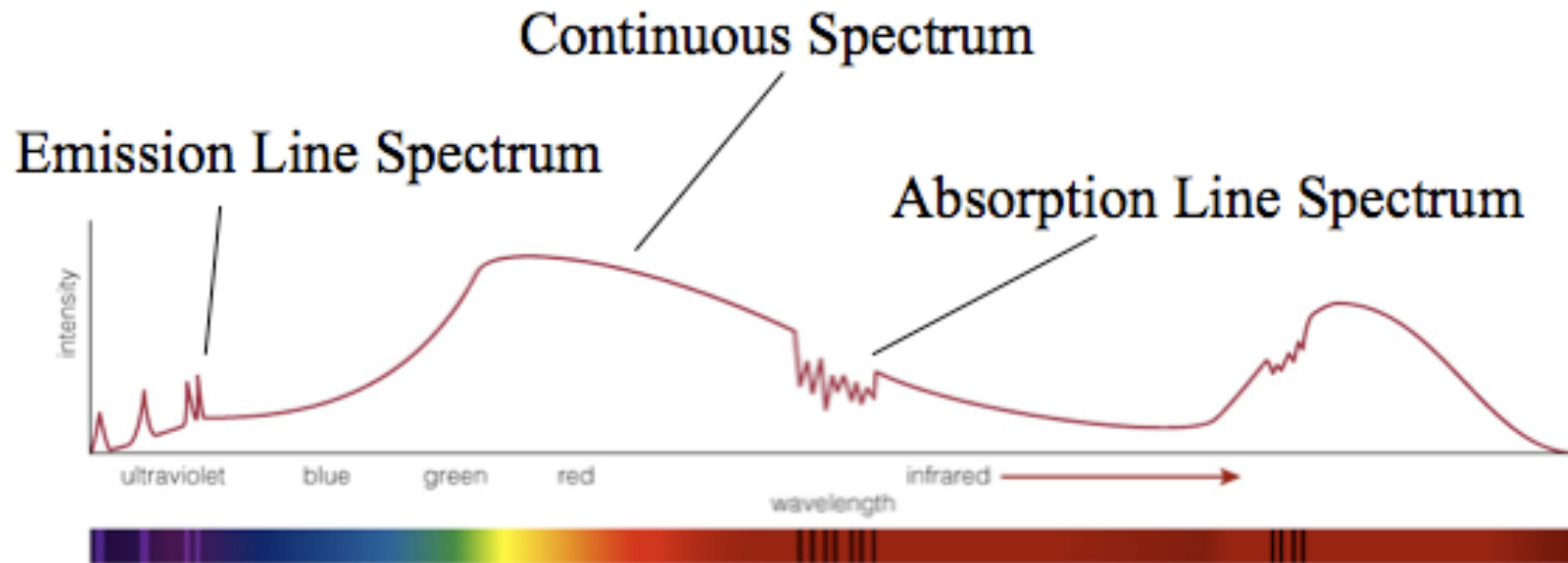


- Los únicos cambios permitidos en la energía son los correspondientes a una transición entre los niveles de energía.

Aprendiendo de la luz

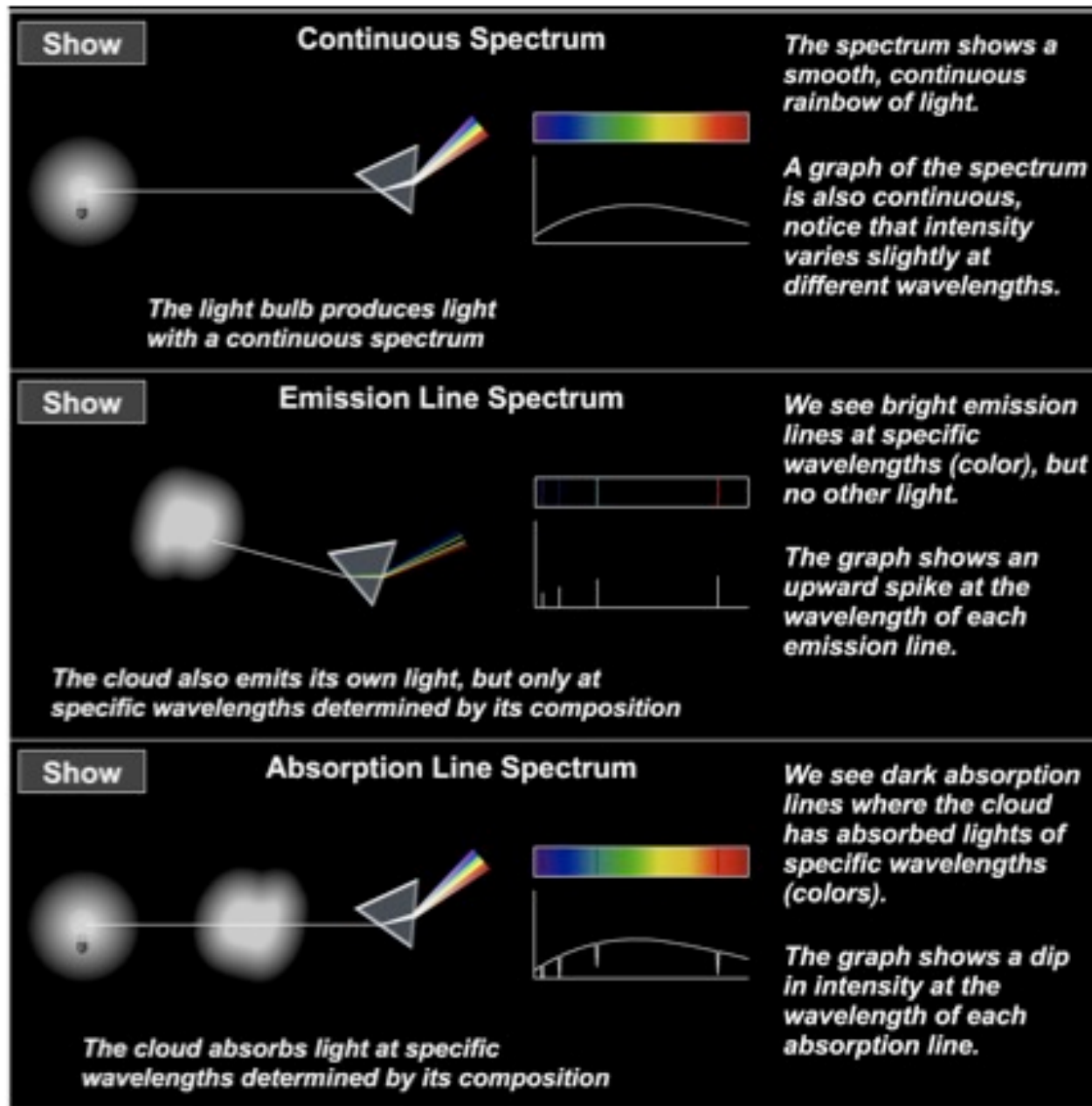
- ¿Cuáles son los tres tipos básicos de espectros?
- ¿Que nos dice la luz de qué están hechas las cosas?
- ¿Que nos dice la luz las temperaturas de los planetas y las estrellas?
- ¿Cómo interpretamos un espectro real?

¿Cuáles son los tres tipos básicos de espectros?

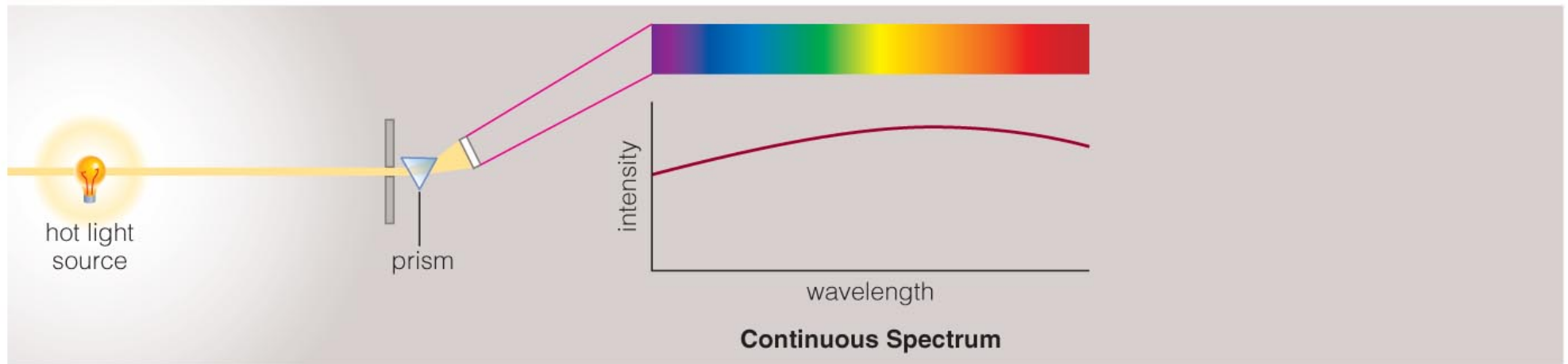


Los espectros de los objetos astrofísicos suelen ser combinaciones de estos tres tipos básicos.

Tres tipos de espectros

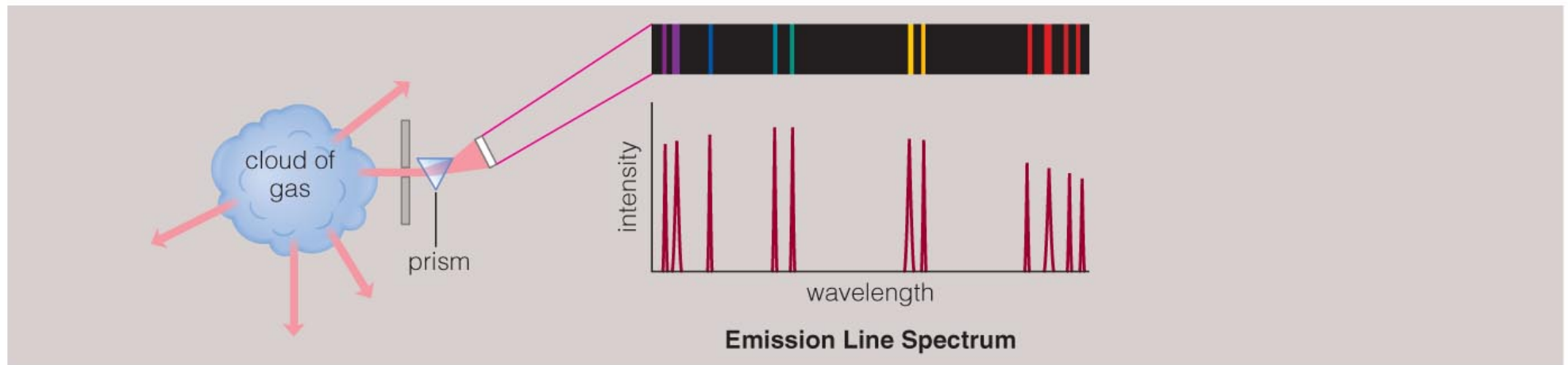


Espectro continuo



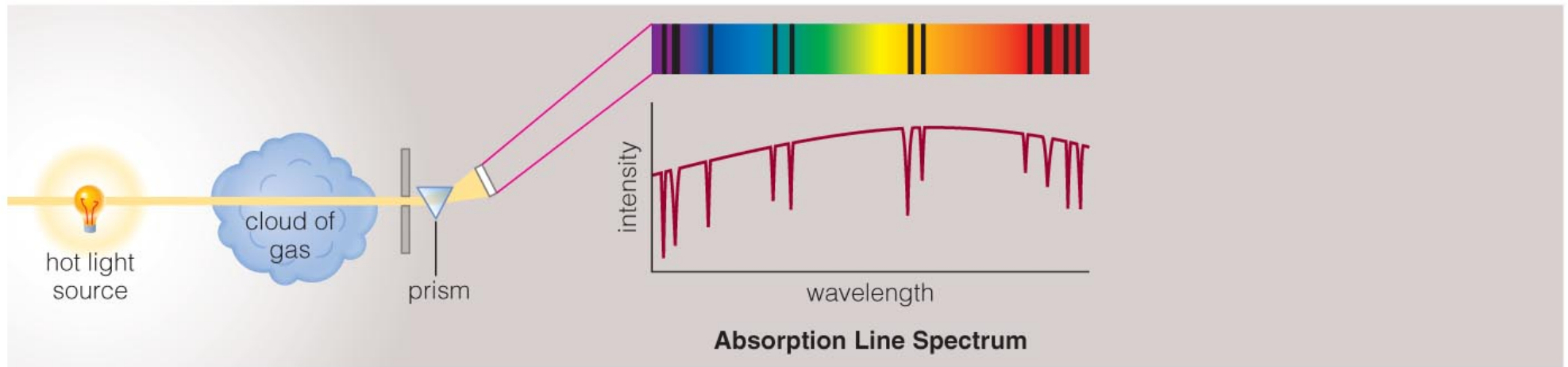
- El espectro de una bombilla de luz común (incandescente) abarca todas las longitudes de onda visibles, sin interrupción.

Espectro de línea de emisión



- Una nube de gas de baja o baja densidad emite luz solo a longitudes de onda específicas que dependen de su composición y temperatura, produciendo un espectro con líneas de emisión brillantes.

Espectro de línea de absorción



- Una nube de gas entre nosotros y una bombilla puede absorber luz de longitudes de onda específicas, dejando líneas de absorción oscuras en el espectro.