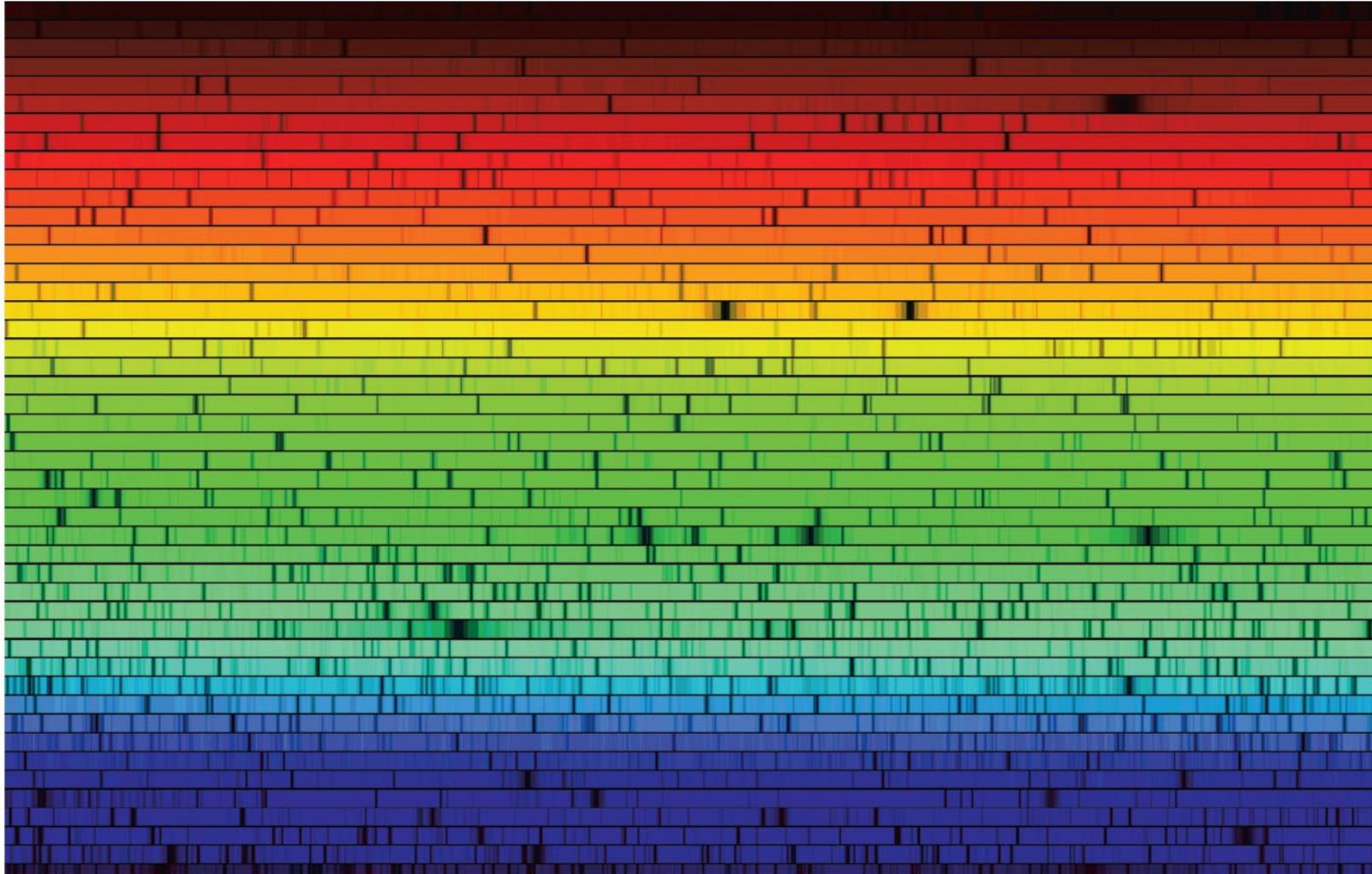


# Luz y materia: leyendo mensajes del cosmos



# 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)

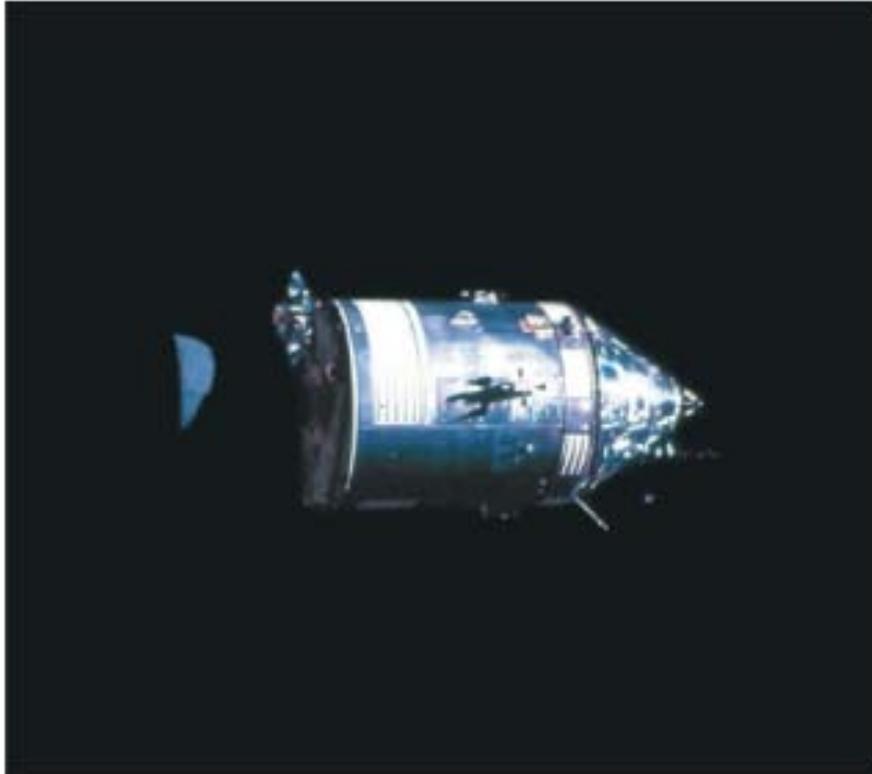
# ¿Cómo cambió Newton nuestra visión del universo?



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'energía

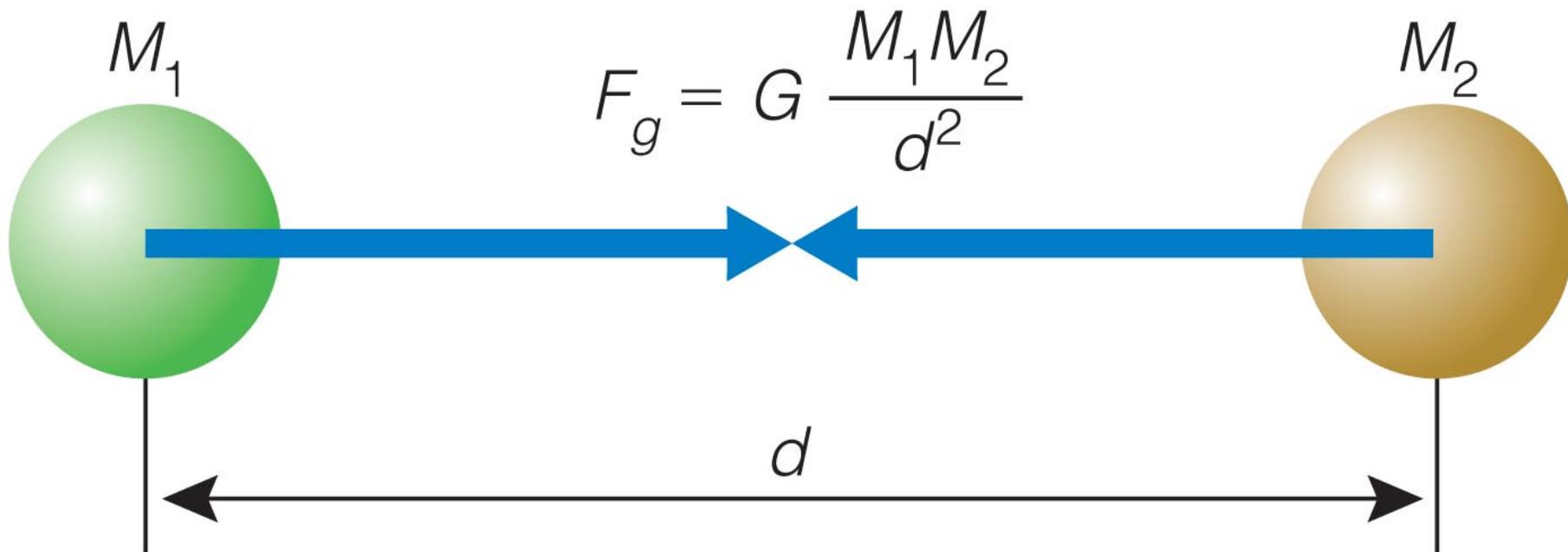
# La Ley Universal de Gravitación

- ¿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.

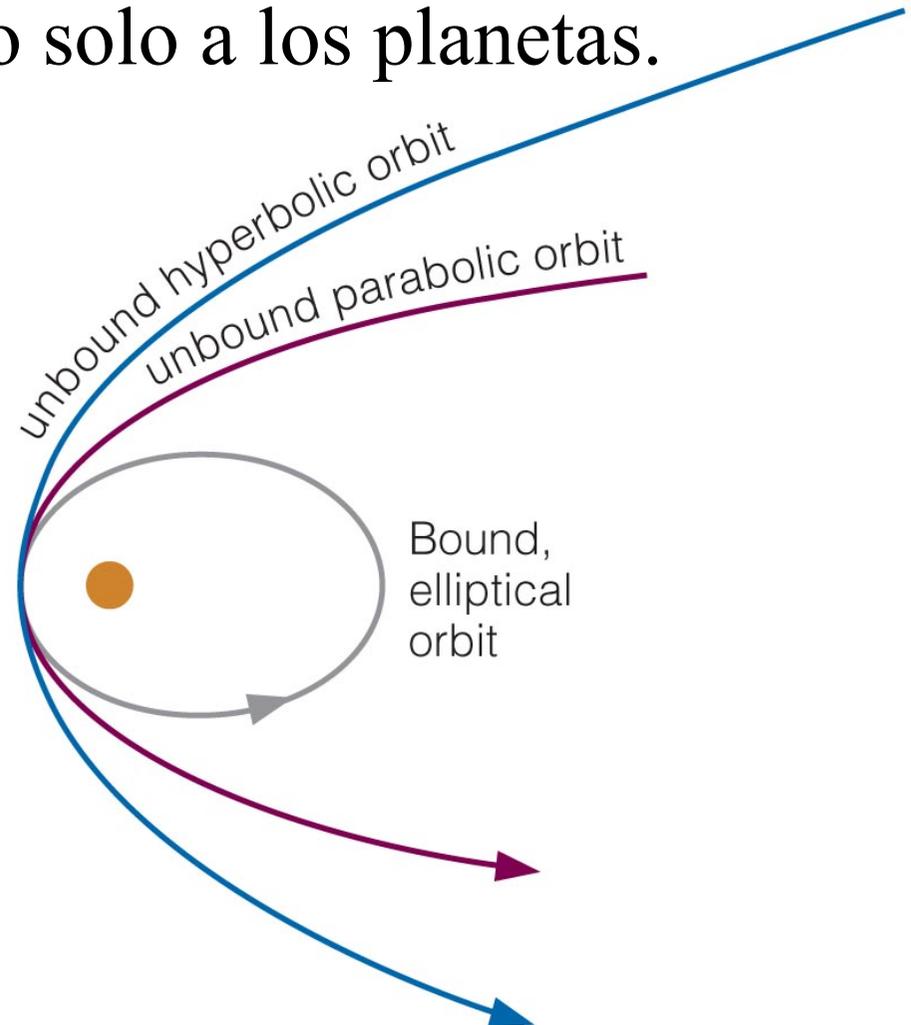
Las órbitas pueden ser:

- Cerradas (elipsis)

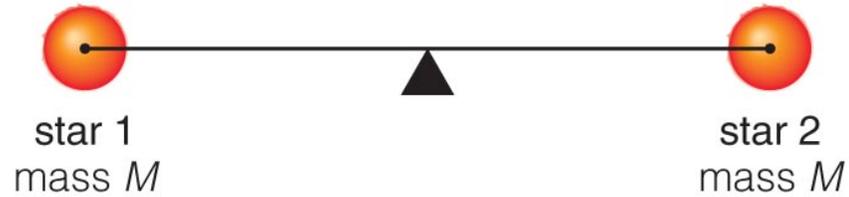
- Abiertas:

parábola

hipérbola



# Centro de masa



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

## La tercera ley de Newton y Kepler

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.

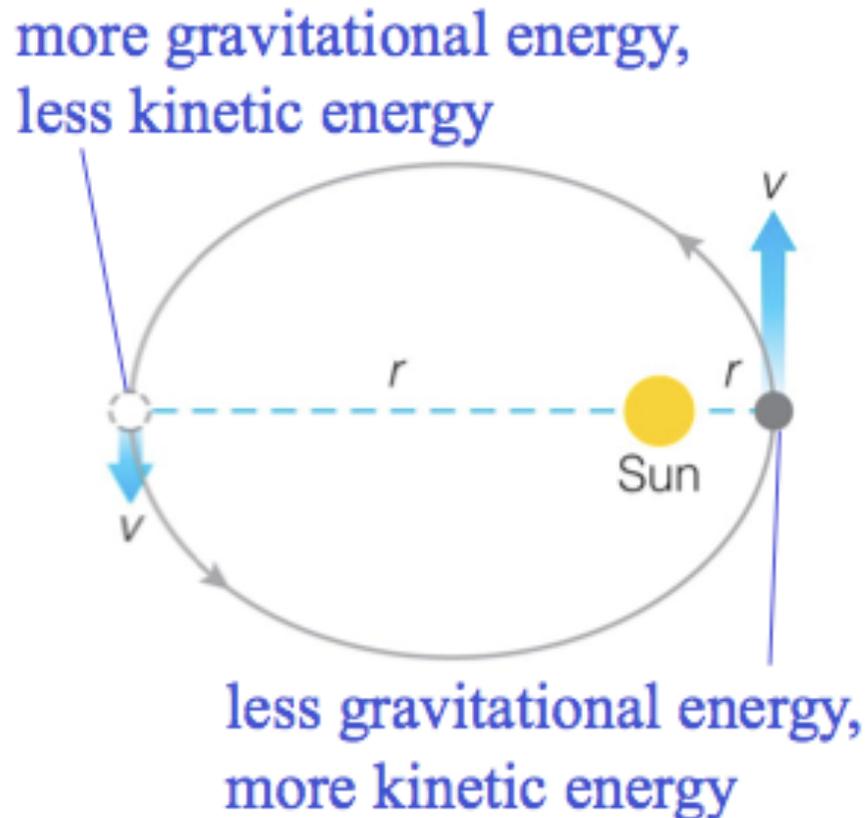
### Ejemplos:

- 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?



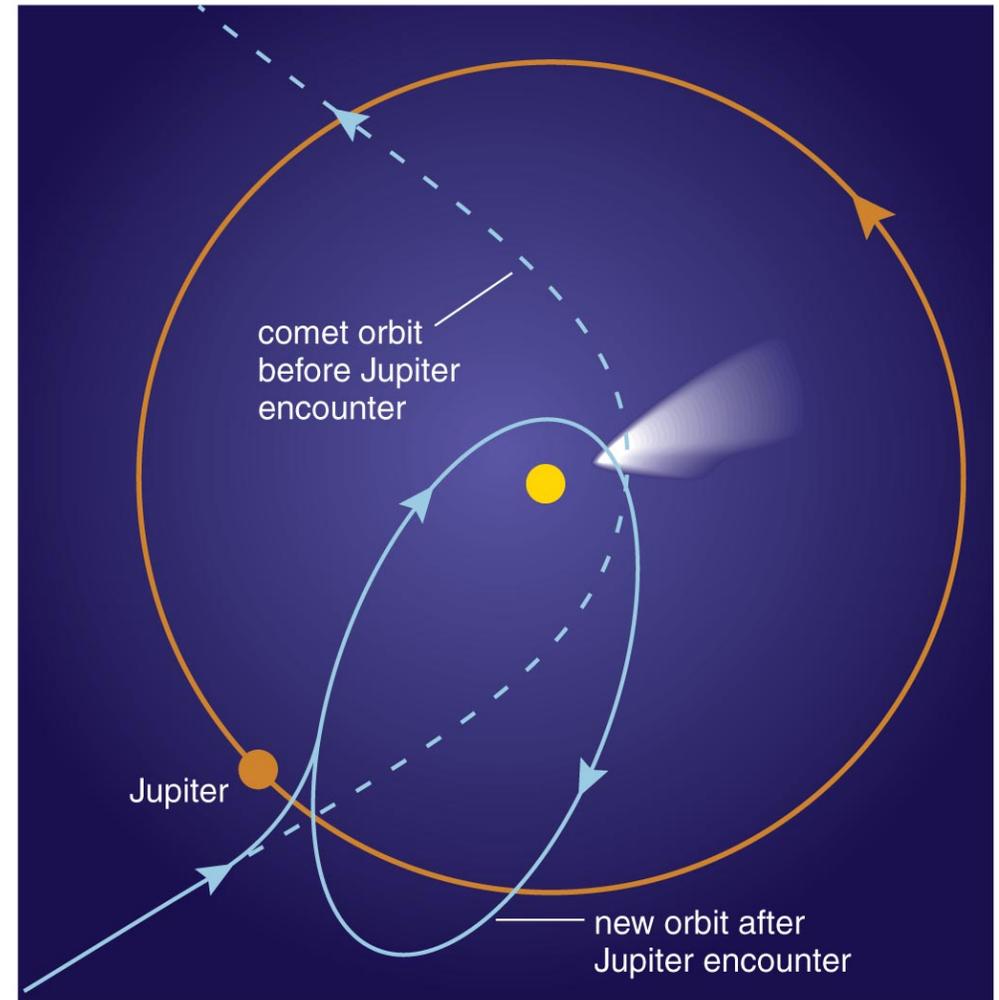
*Total orbital energy stays constant.*

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

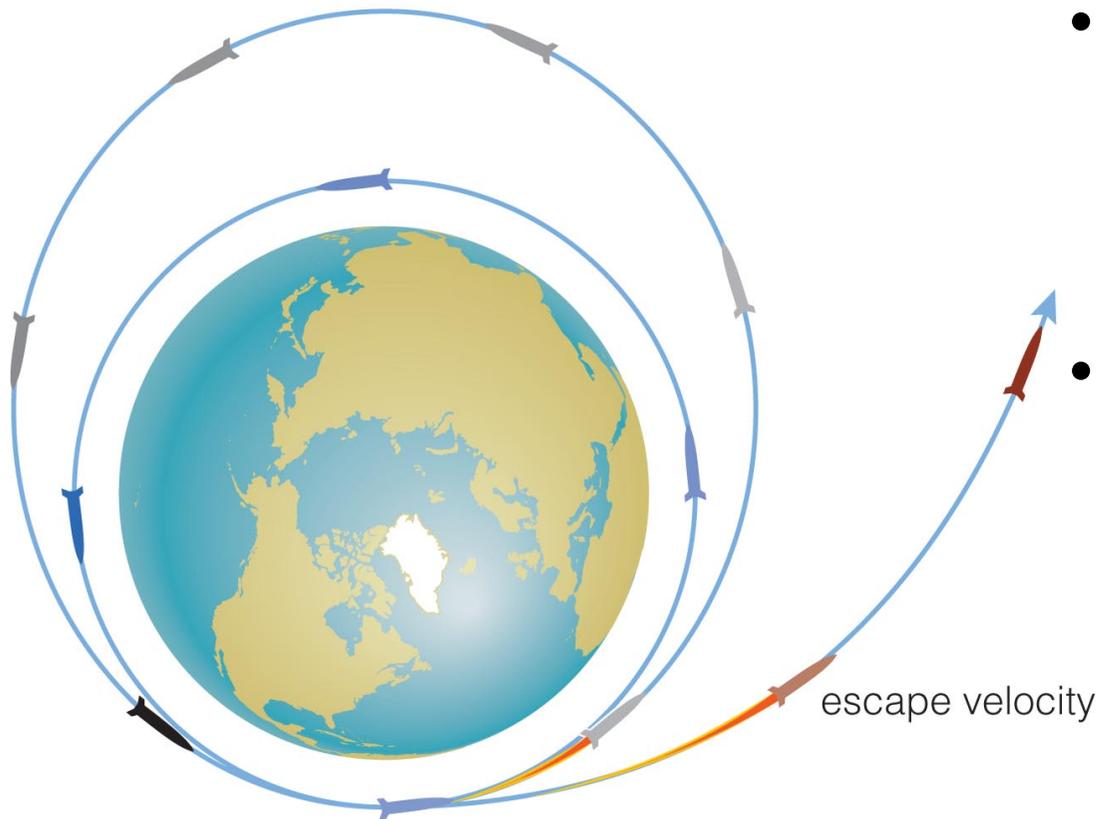
# Cambiar una órbita

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

- Fricción o arrastre atmosférico
- Un encuentro gravitatorio

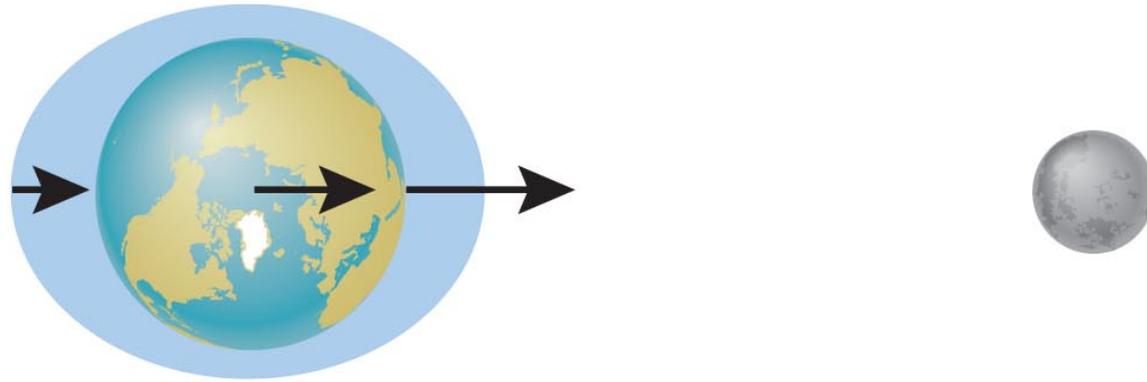


# Velocidad de escape



- 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  $40,000 \text{ km / h}$ )

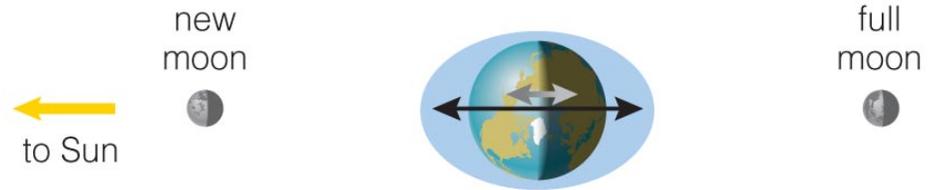
# ¿Cómo causa la gravedad las mareas?



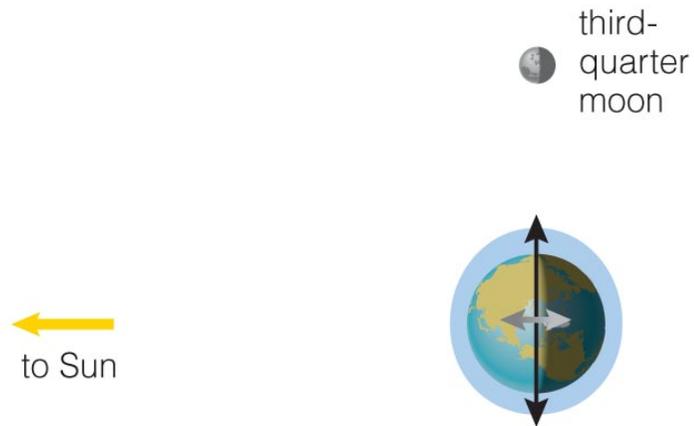
*Not to scale!*

- 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

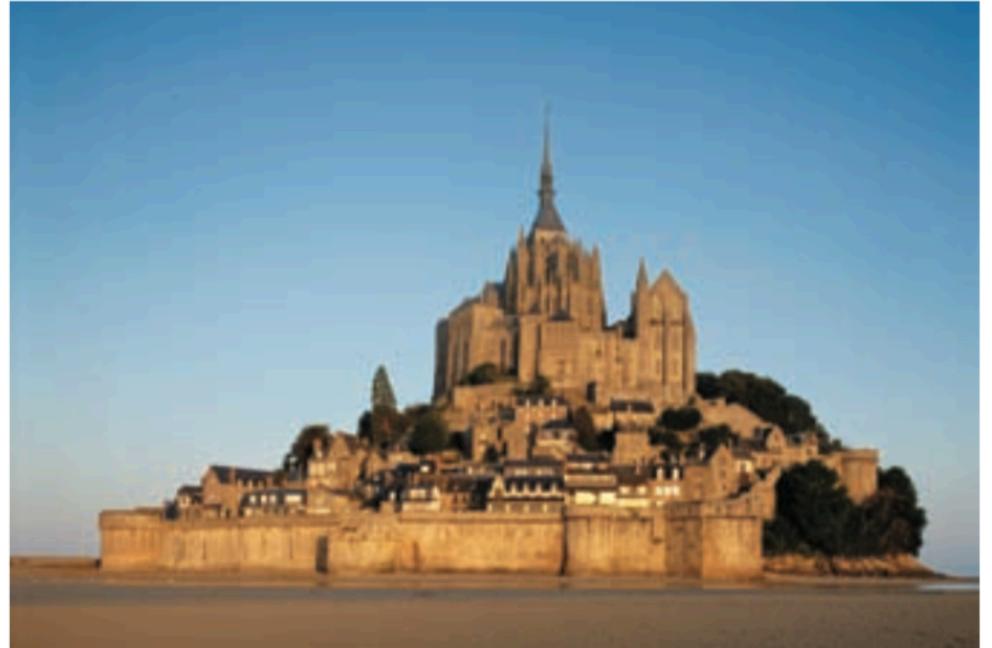


El tamaño de las mareas depende de la fase de la Luna.

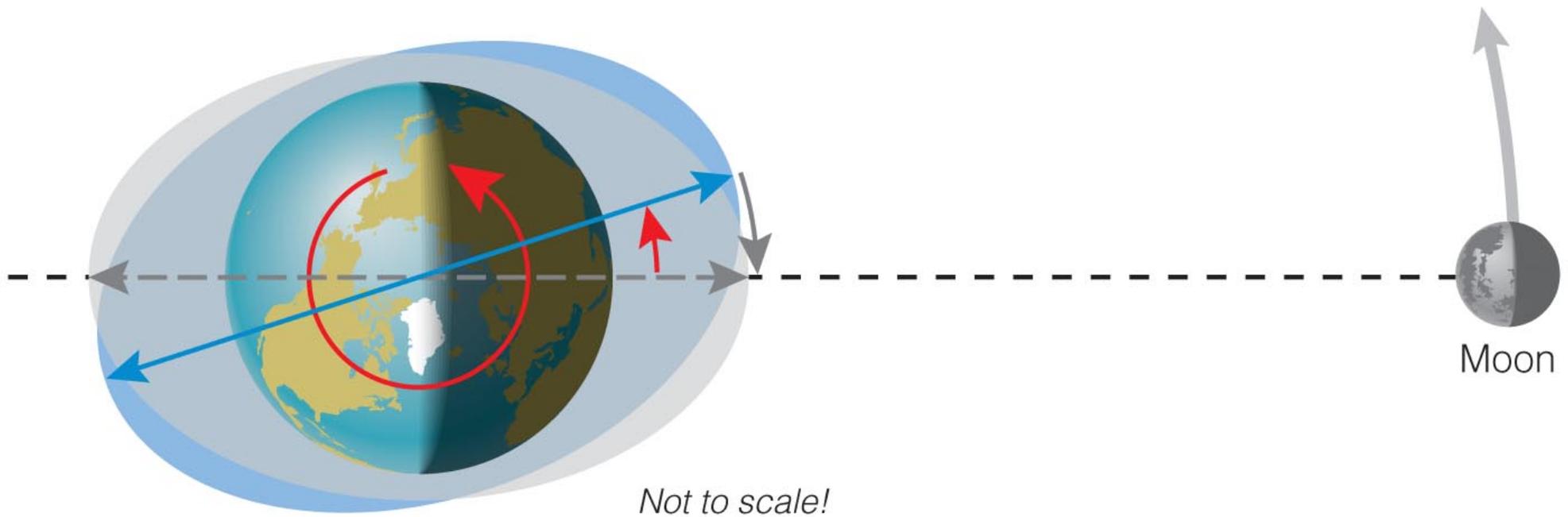


first-quarter moon

# 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.

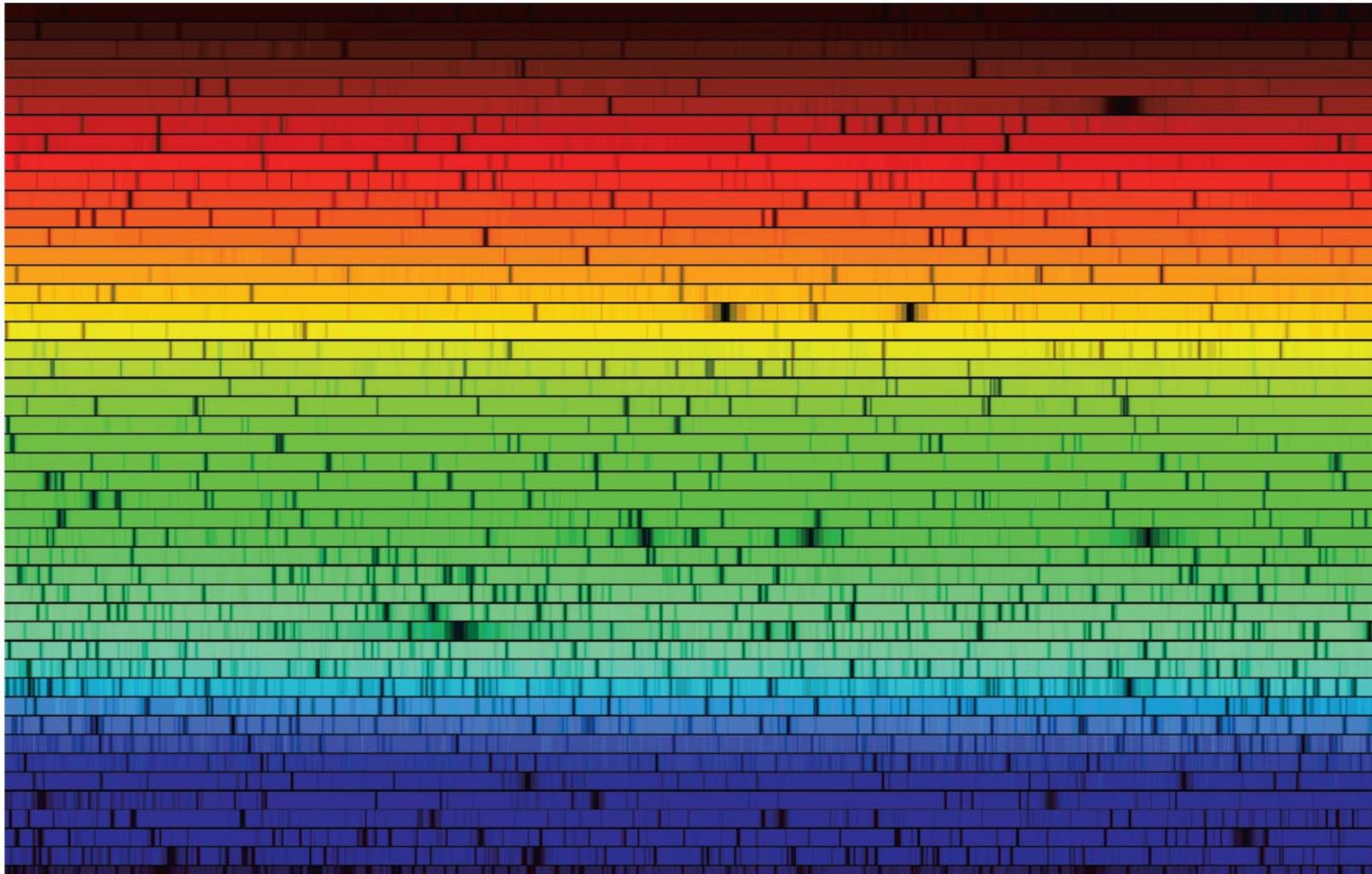
¿Por qué todos los objetos caen a la misma aceleración?

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

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

- La aceleración gravitacional de un objeto como una roca no depende de su masa porque  $M_{\text{rock}}$  en la ecuación de aceleración anula a  $M_{\text{rock}}$  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



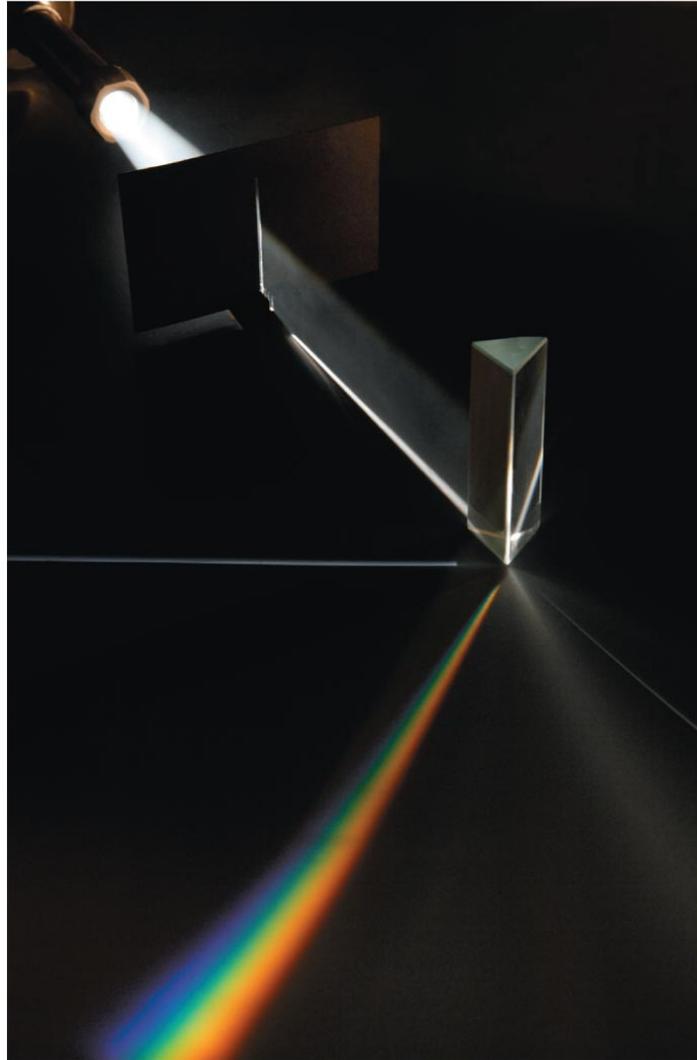
# Luz en la vida cotidiana

- ¿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

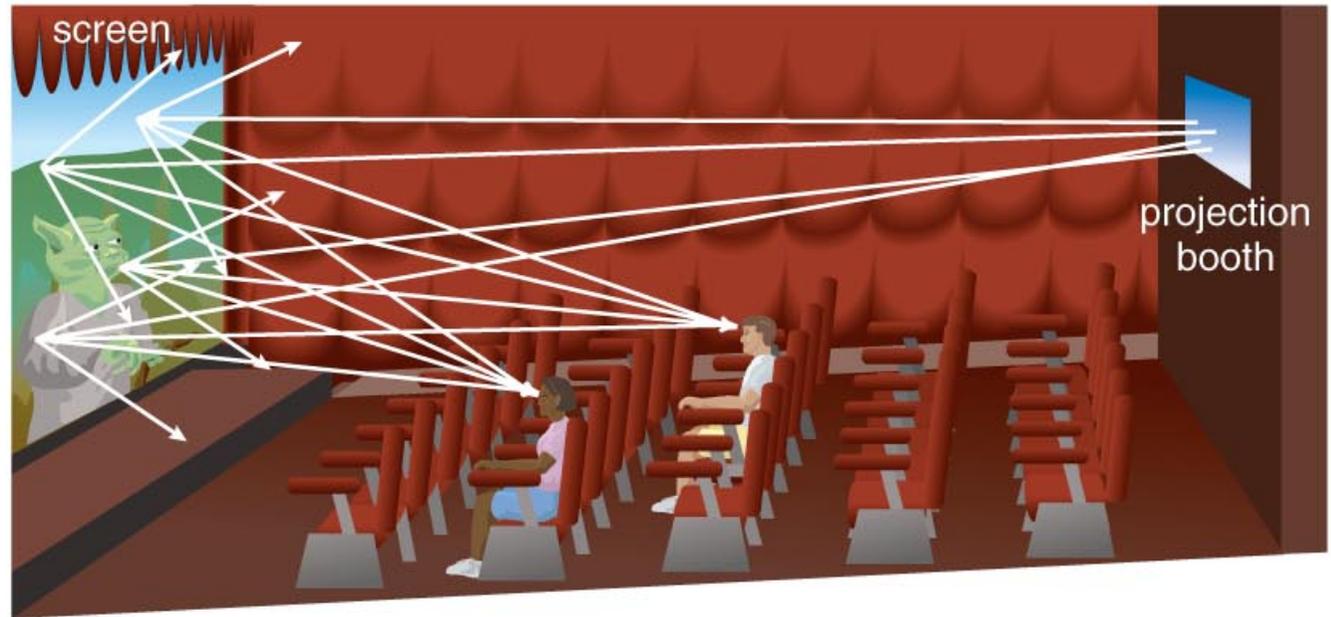
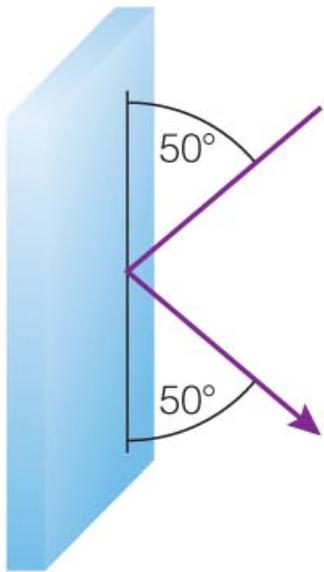


- La luz blanca es compuesta de muchos colores diferentes.

# ¿Cómo interactúan la luz y la materia?

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

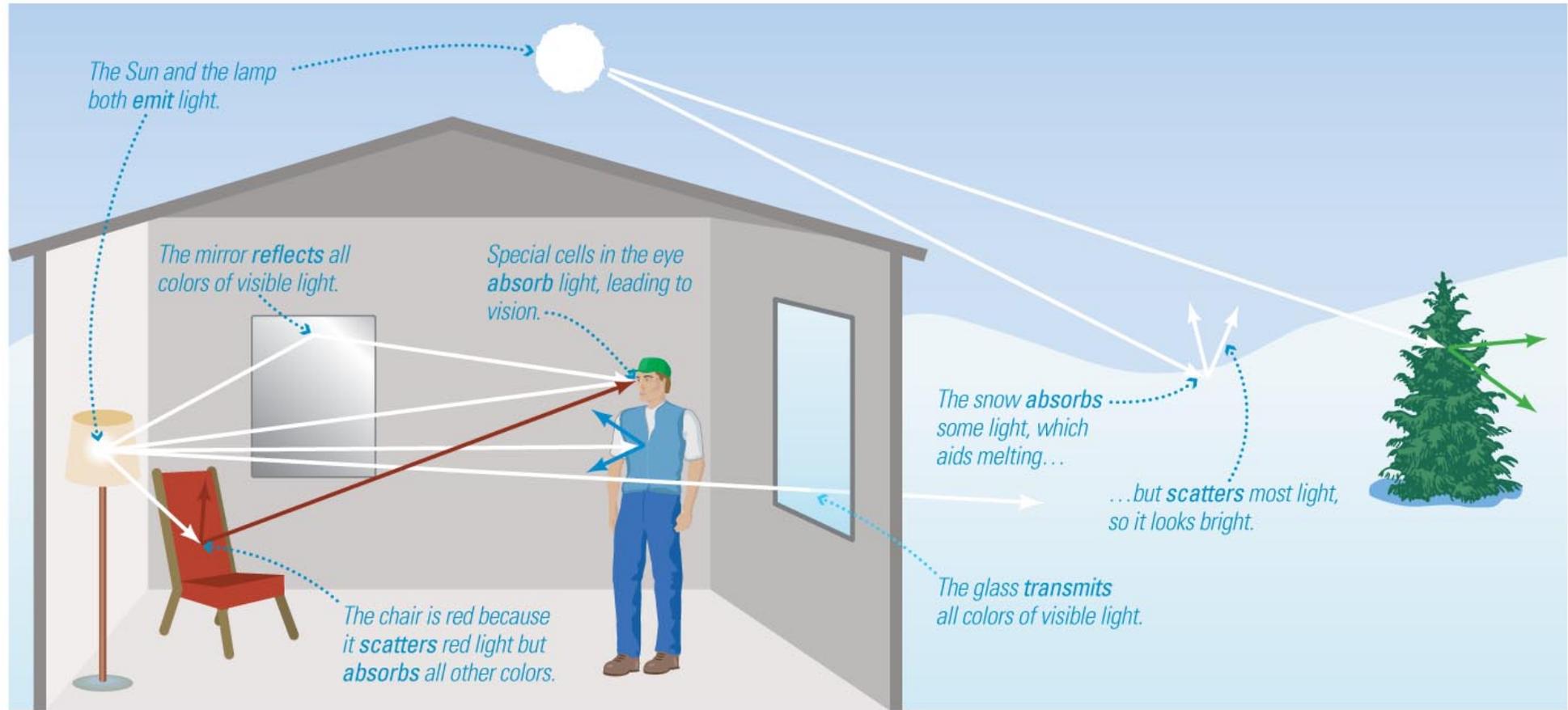
# Reflexión y dispersión



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

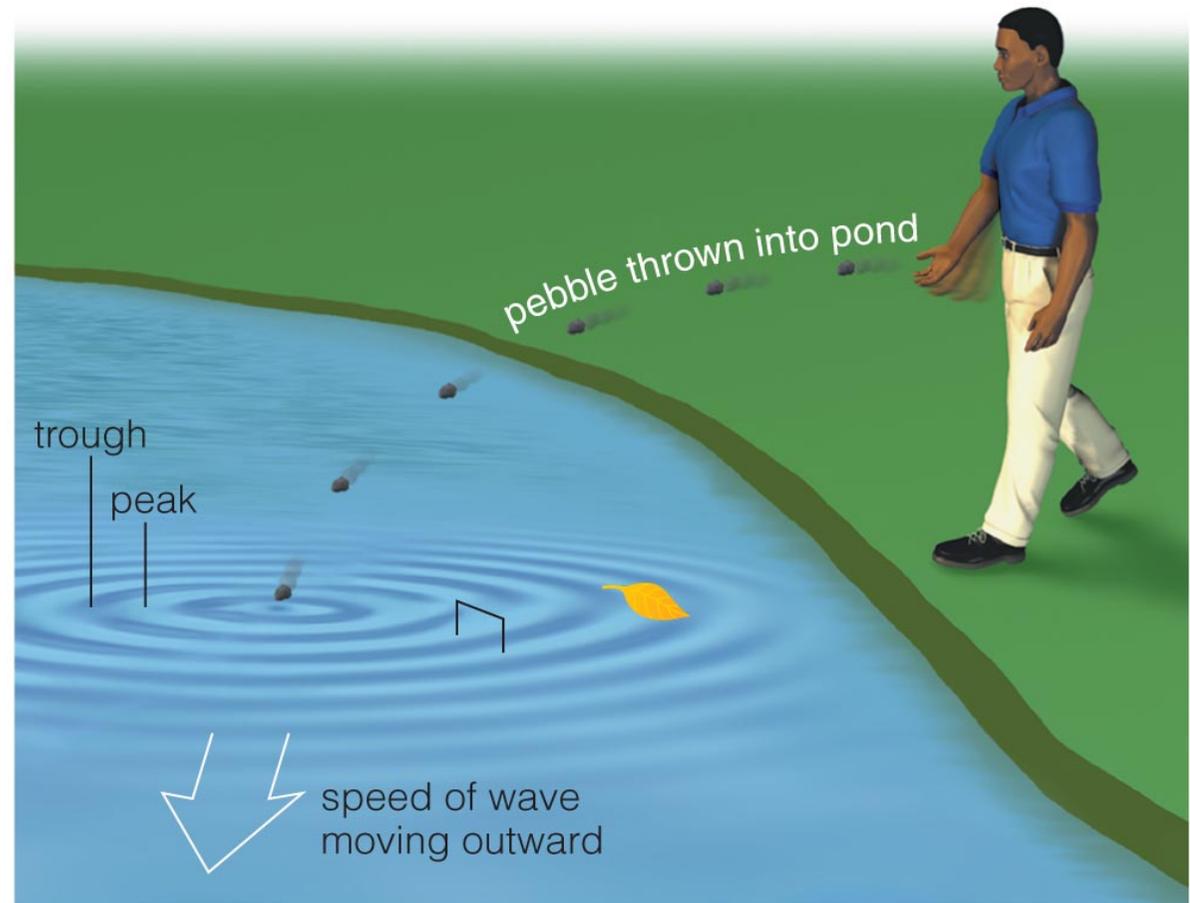
- ¿Qué es la luz?
- ¿Cuál es el espectro electromagnético?

## ¿Qué es la luz?

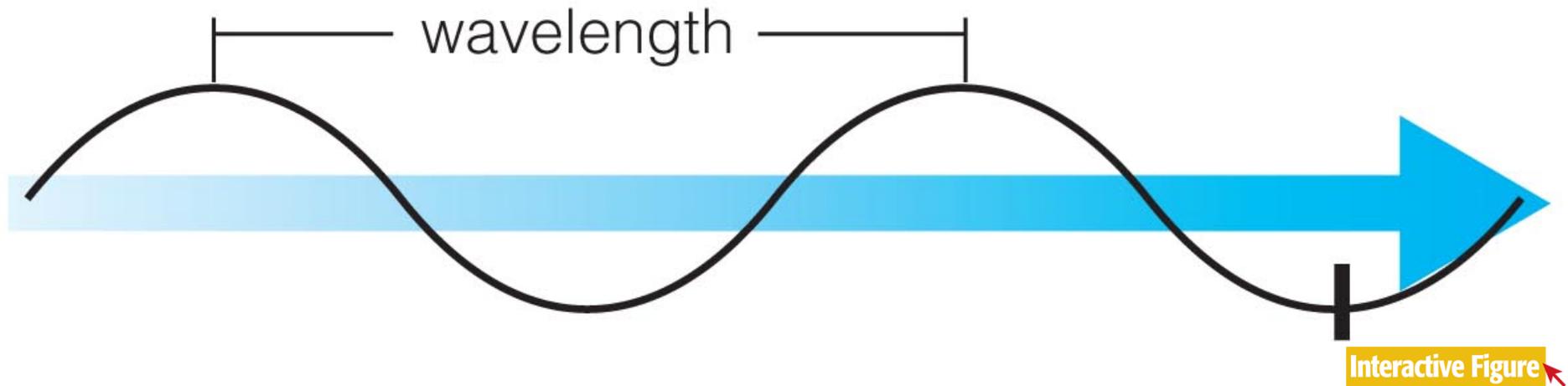
- La luz puede actuar como una onda o como una partícula.
- Las partículas de luz se llaman fotones.

# Ondas

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



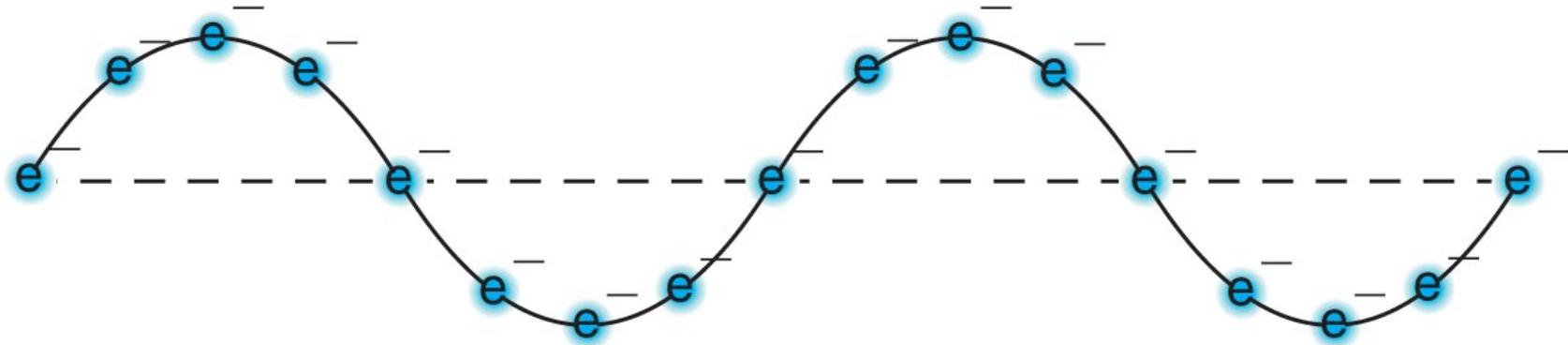
# Propiedades de las ondas



- **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

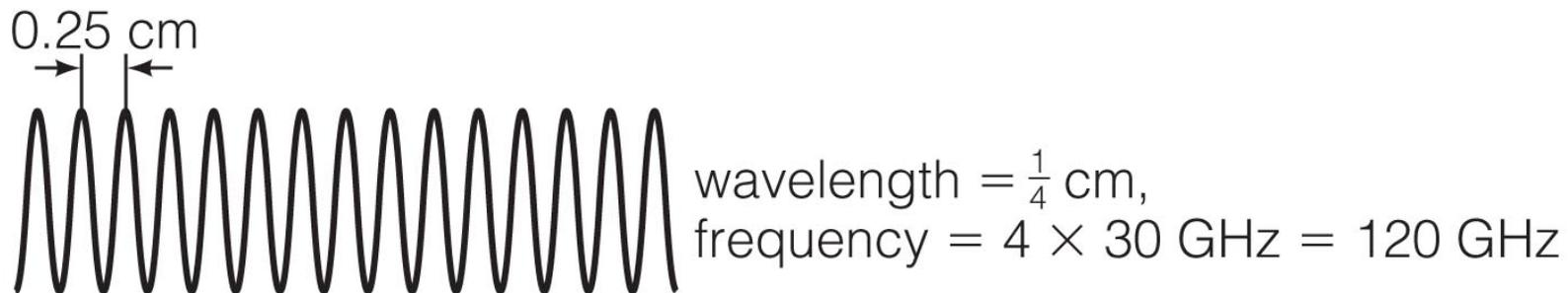
# Luz: Ondas Electromagnéticas



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

$$\lambda \times f = c$$

$\lambda$  = longitud de onda,  $f$  = frecuencia

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

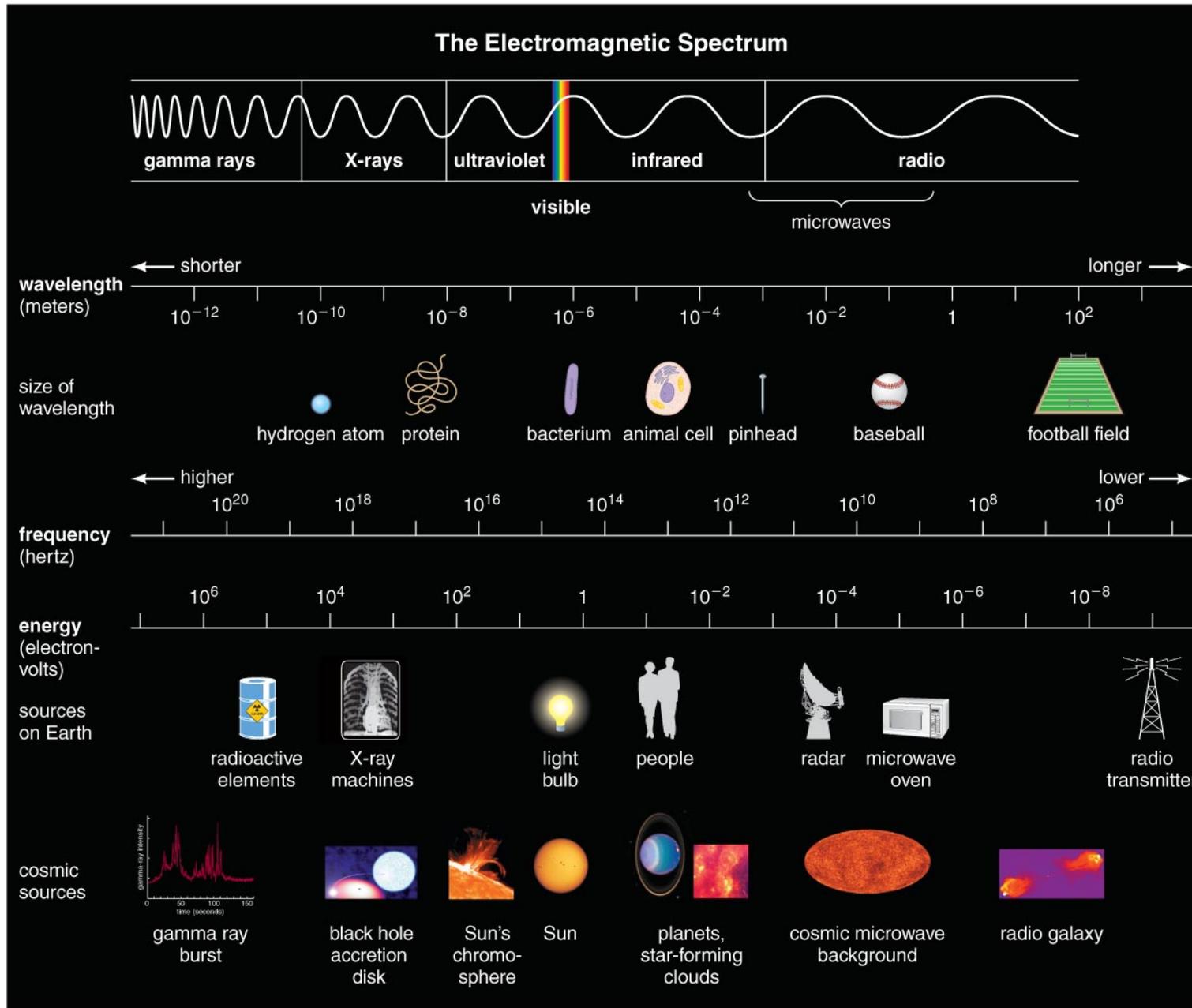
$E = h \times f$  = energía de fotones

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

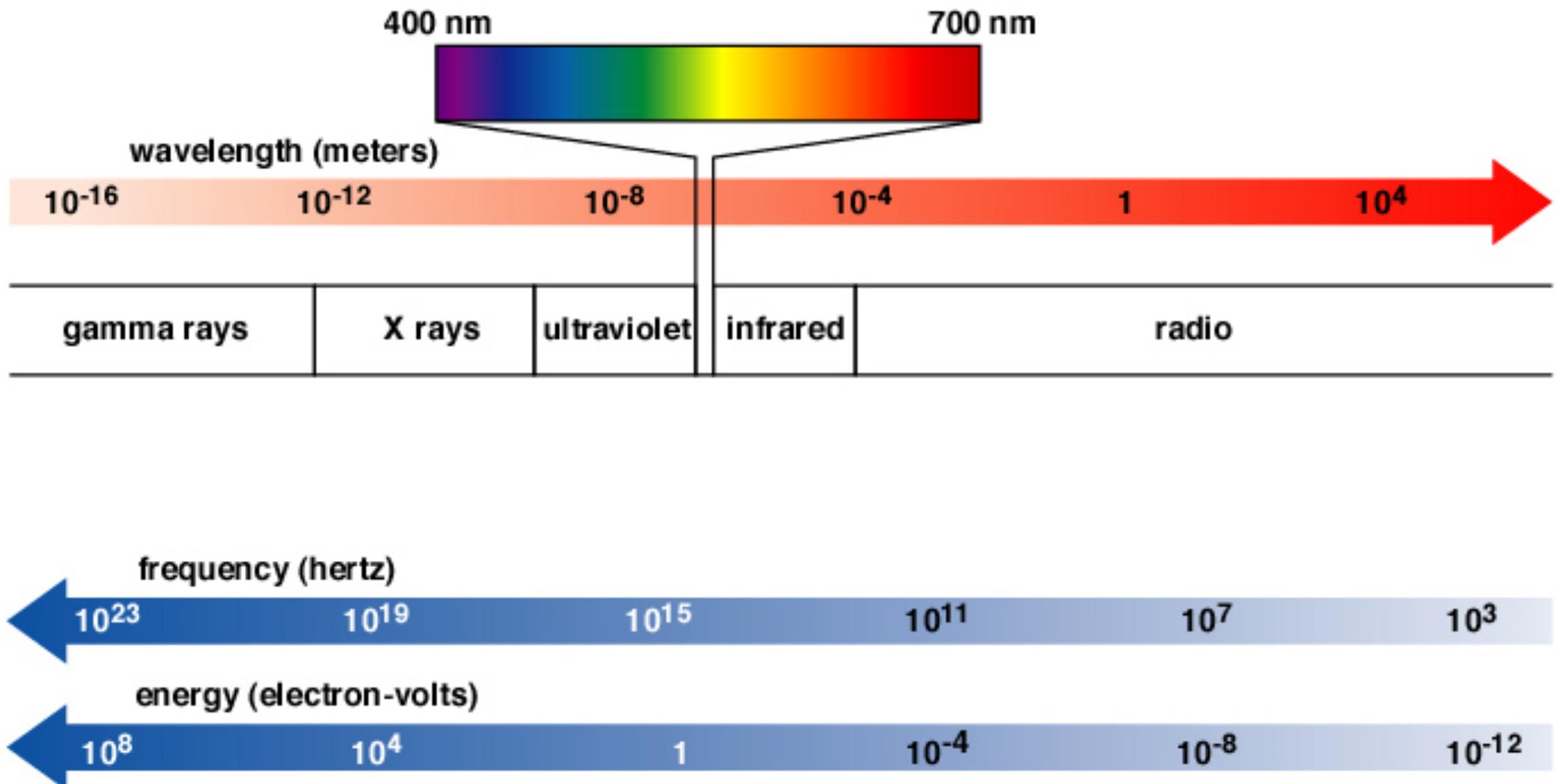
to



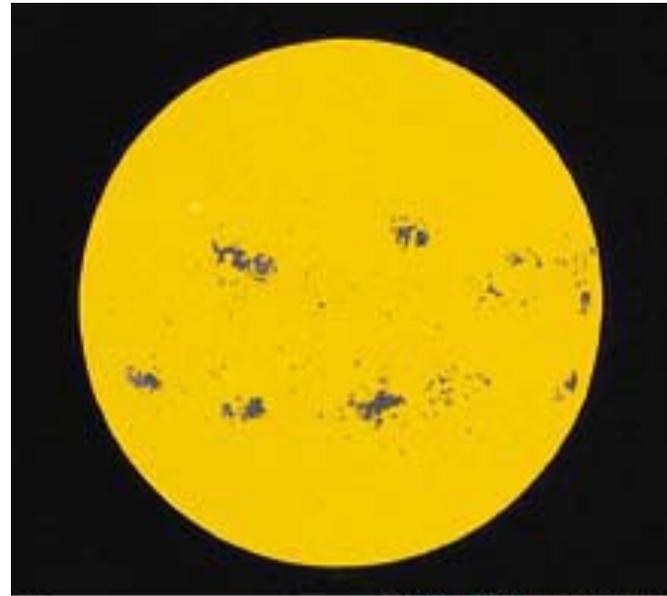
400 nm = luz más azul la mayoría de nosotros  
puede ver

- **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)

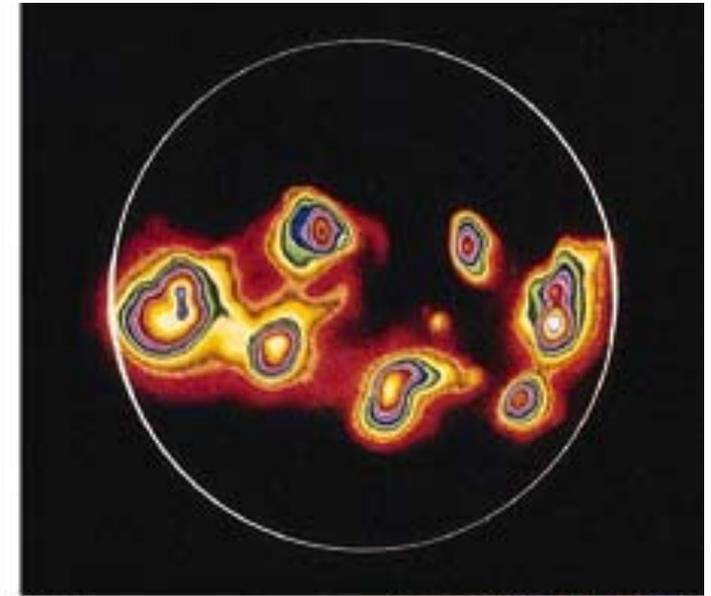
# El espectro electromagnético



- Los objetos pueden verse muy diferentes según la longitud de onda de luz que detecte:

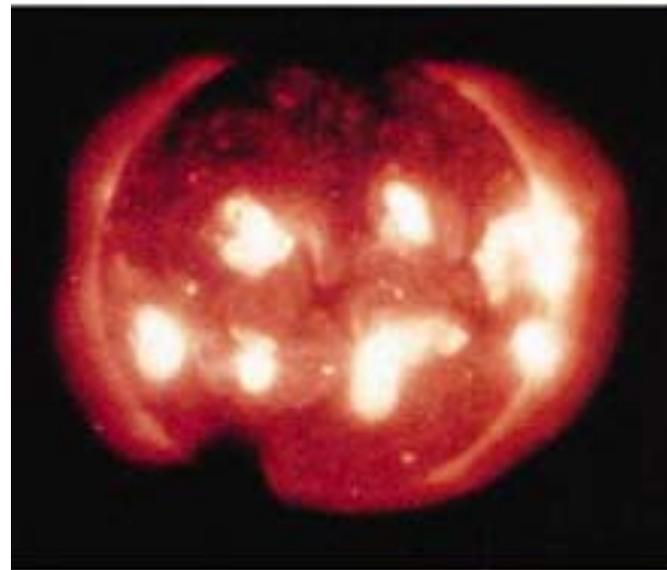


(a)

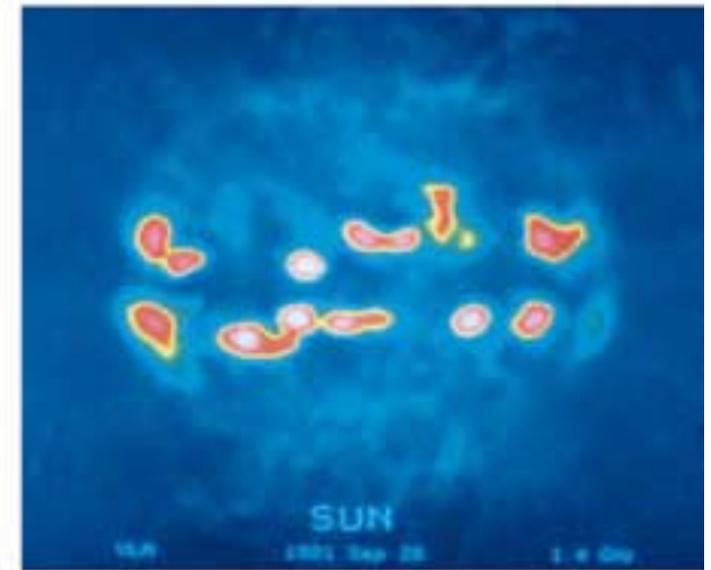


(b)

- Sol visto en luz visible, ultravioleta, rayos X y radio

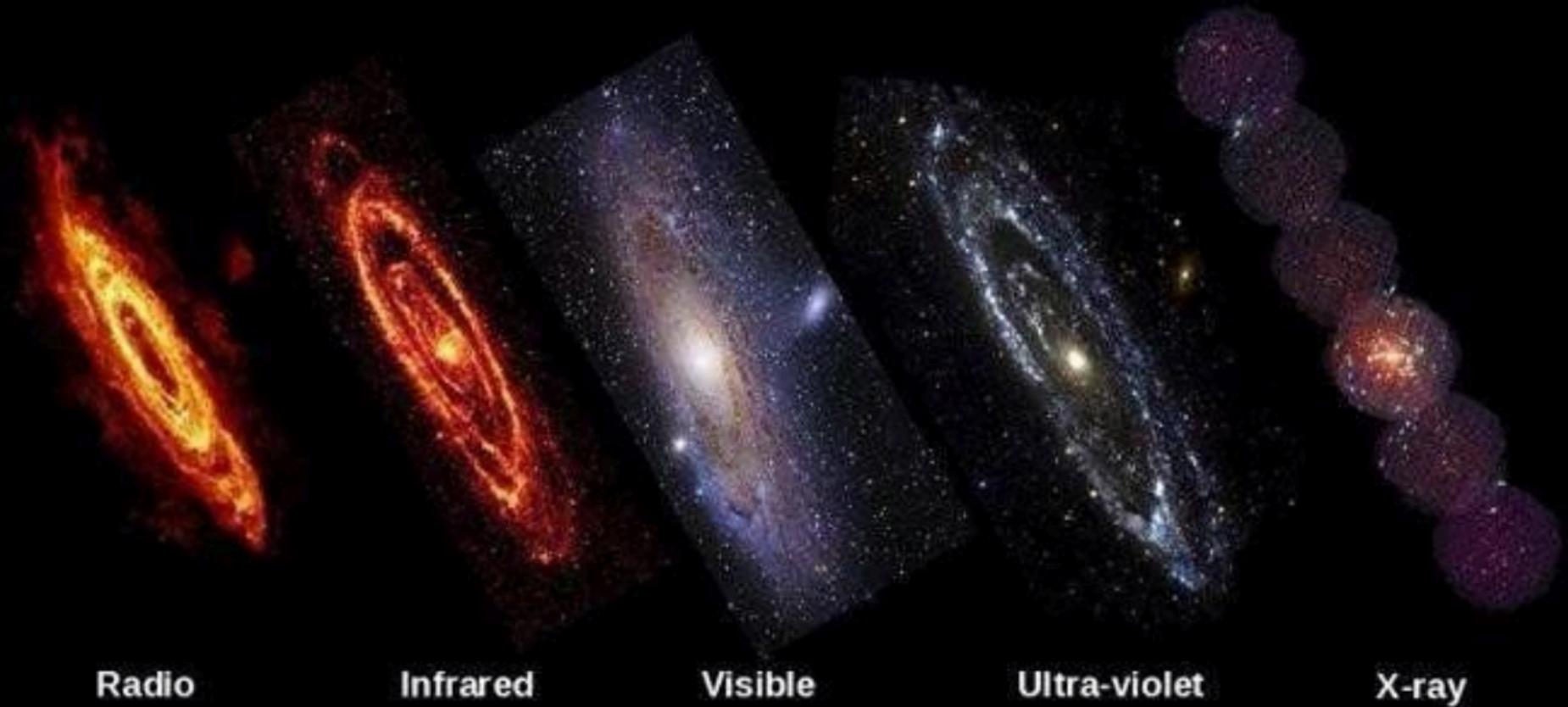


(c)

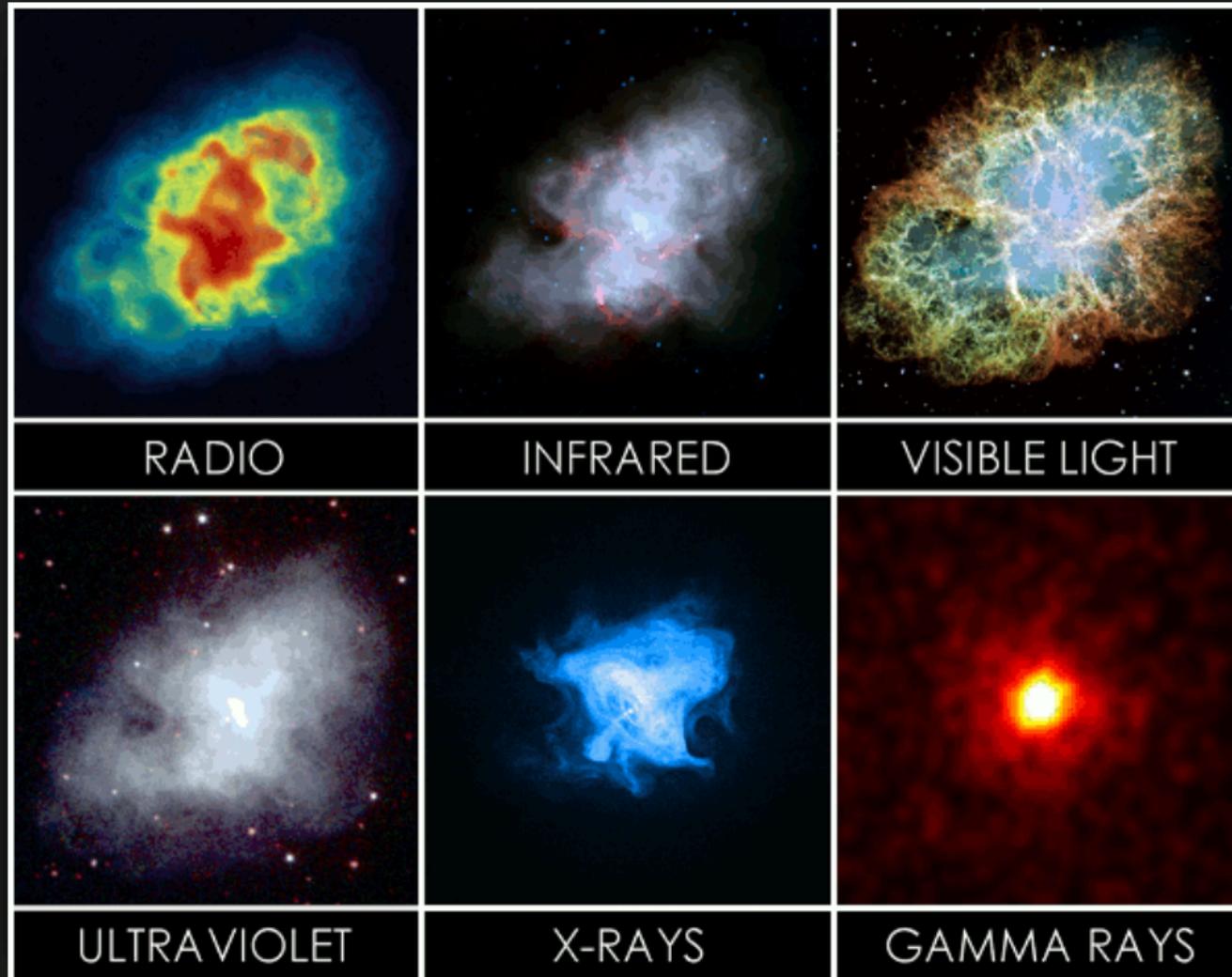


(d)

# Galaxia de Andromeda



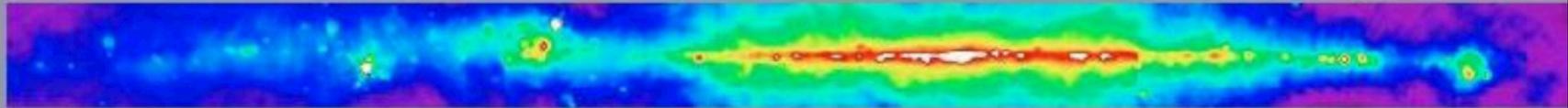
# Nebulosa del Cangrejo



# Via Lactea

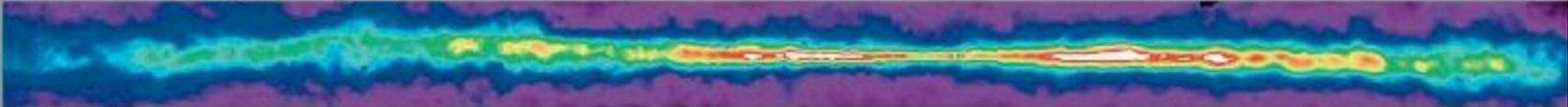
*Radio Continuum*

*408 MHz Bonn, Jodrell B*



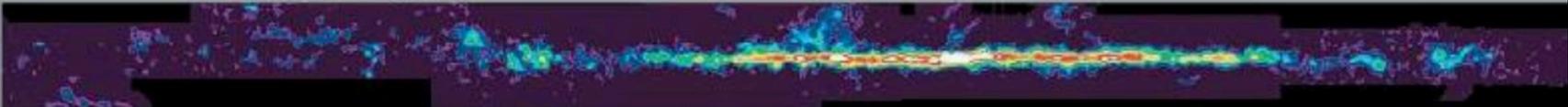
*Atomic Hydrogen*

*21 cm D*



*Molecular Hydrogen*

*115 GHz*



*Infrared*

*12, 60*



*Near Infrared*

*1.25, 2.2, 3.5  $\mu\text{m}$*



*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

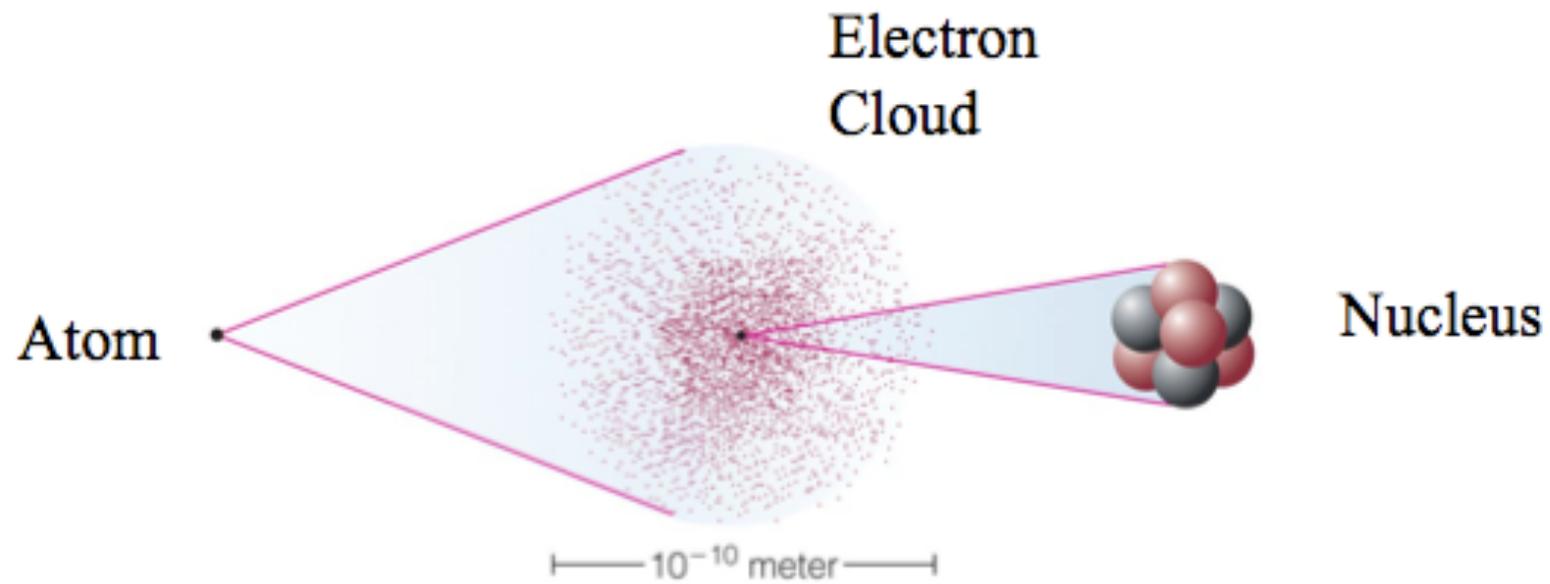
Cuanto mayor sea la energía del fotón

- 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

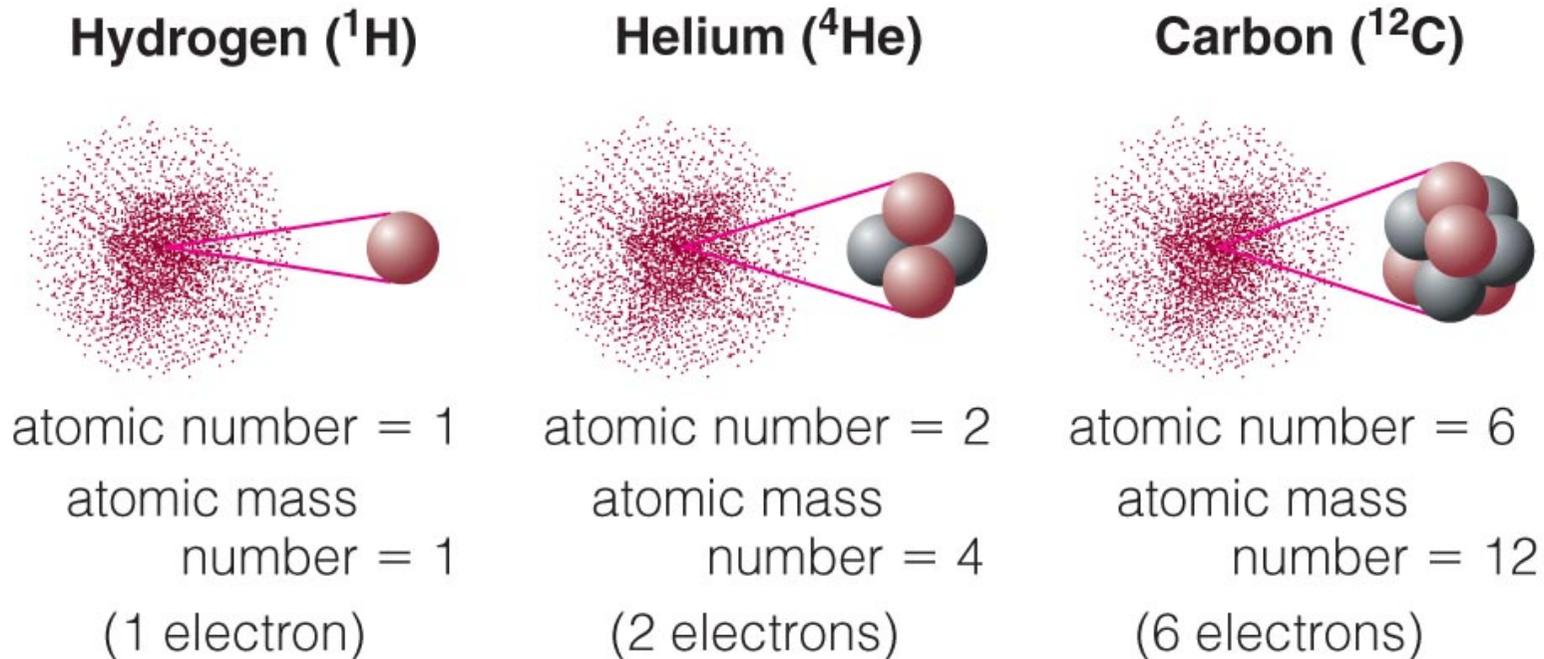
- ¿Cuál es la estructura de la materia?
- ¿Cuáles son las fases de la materia?
- ¿Cómo se almacena la energía en los átomos?

# ¿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 ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ )

# Terminología atómica

- Isótopo: el mismo número de protones pero diferente número de neutrones ( ${}^4\text{He}$ ,  ${}^3\text{He}$ )

## Isotopes of Carbon

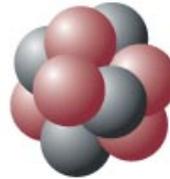
carbon-12



${}^{12}\text{C}$

(6 protons  
+ 6 neutrons)

carbon-13



${}^{13}\text{C}$

(6 protons  
+ 7 neutrons)

carbon-14



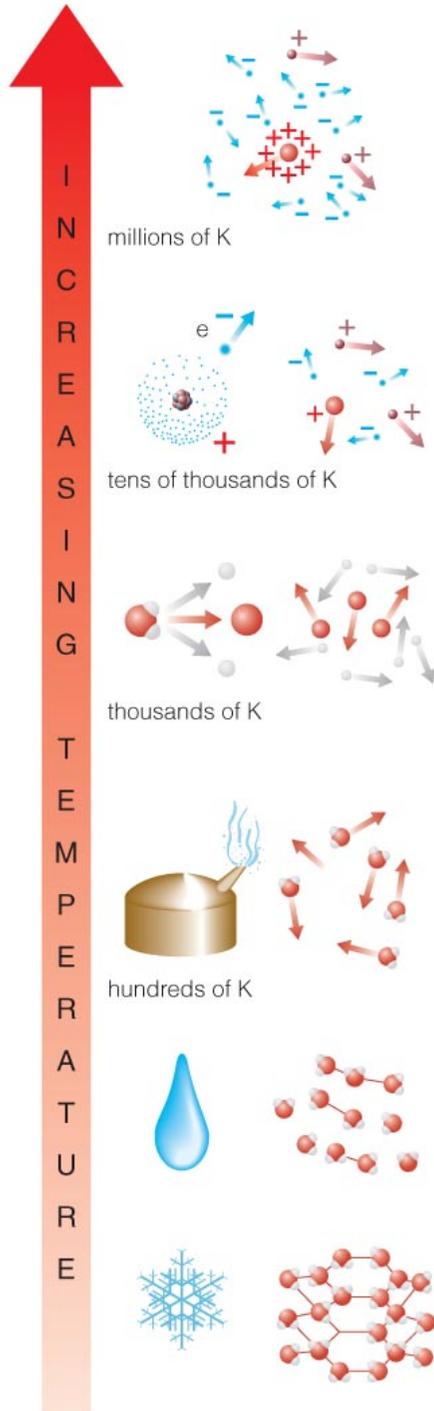
${}^{14}\text{C}$

(6 protons  
+ 8 neutrons)

# ¿Cuáles son las fases de la materia?

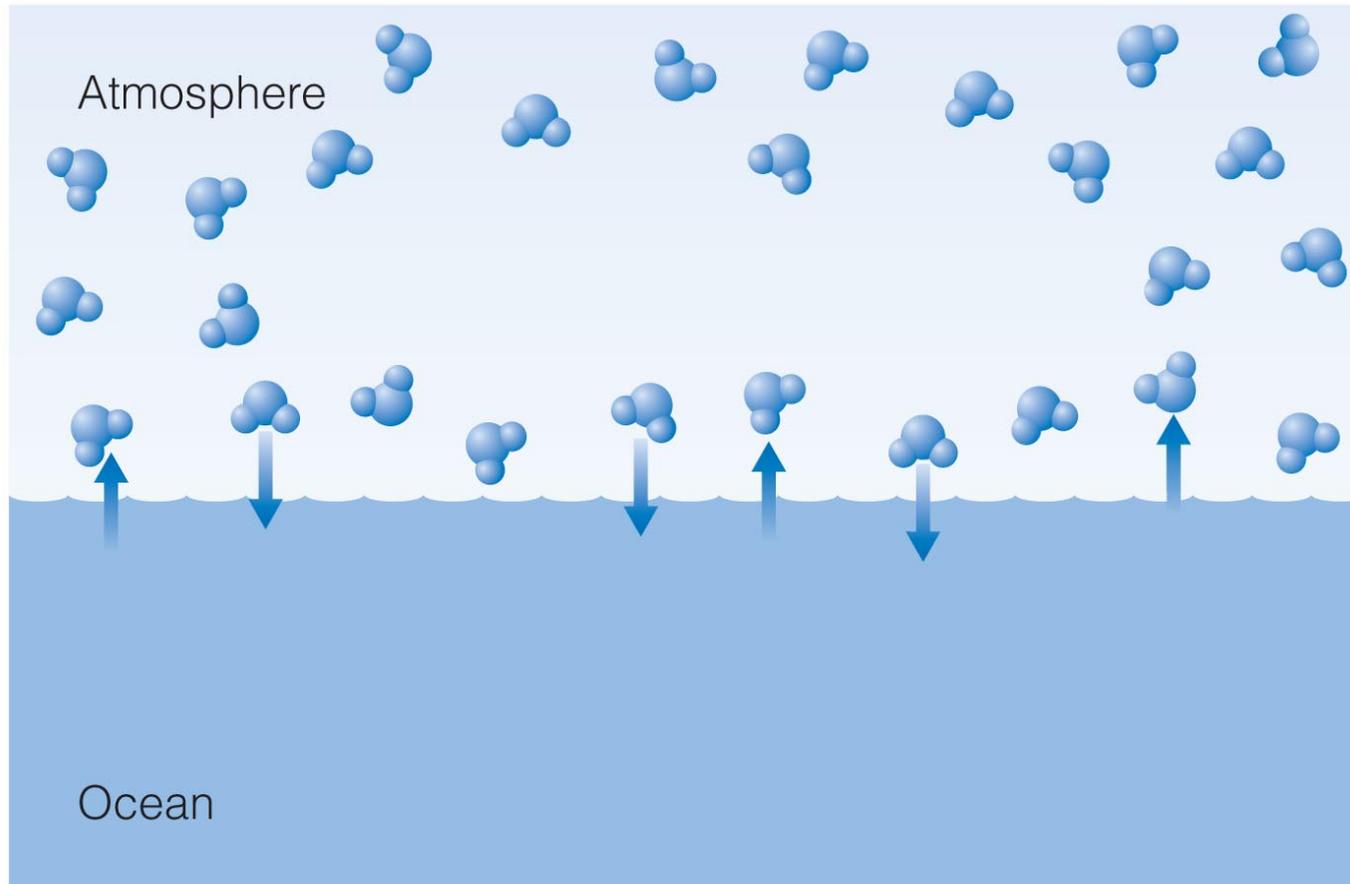
- Familiar phases:
  - Sólido (hielo)
  - Líquida (agua)
  - Gas (vapor de agua)
- Las fases del mismo material se comportan de manera diferente debido a las diferencias en los enlaces químicos.

# Cambios de fase



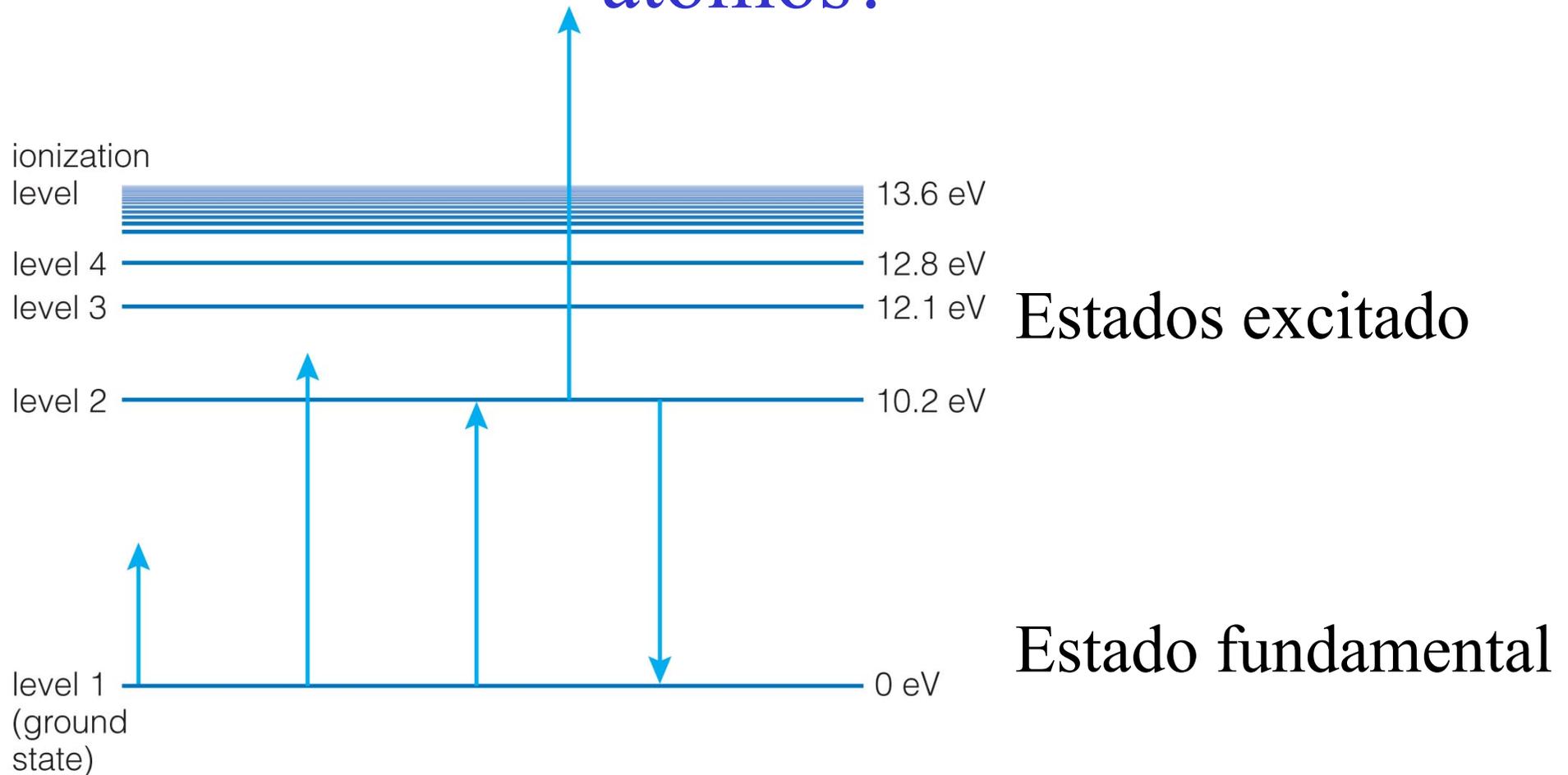
- **Ionización:** extracción de electrones, cambio de átomos en plasma
- **Disociación:** ruptura de moléculas en átomos
- **Evaporación:** ruptura de enlaces químicos flexibles, cambio de líquido a sólido
- **Fusión:** ruptura de enlaces químicos rígidos, cambio de sólido en líquido

# Fases y presión



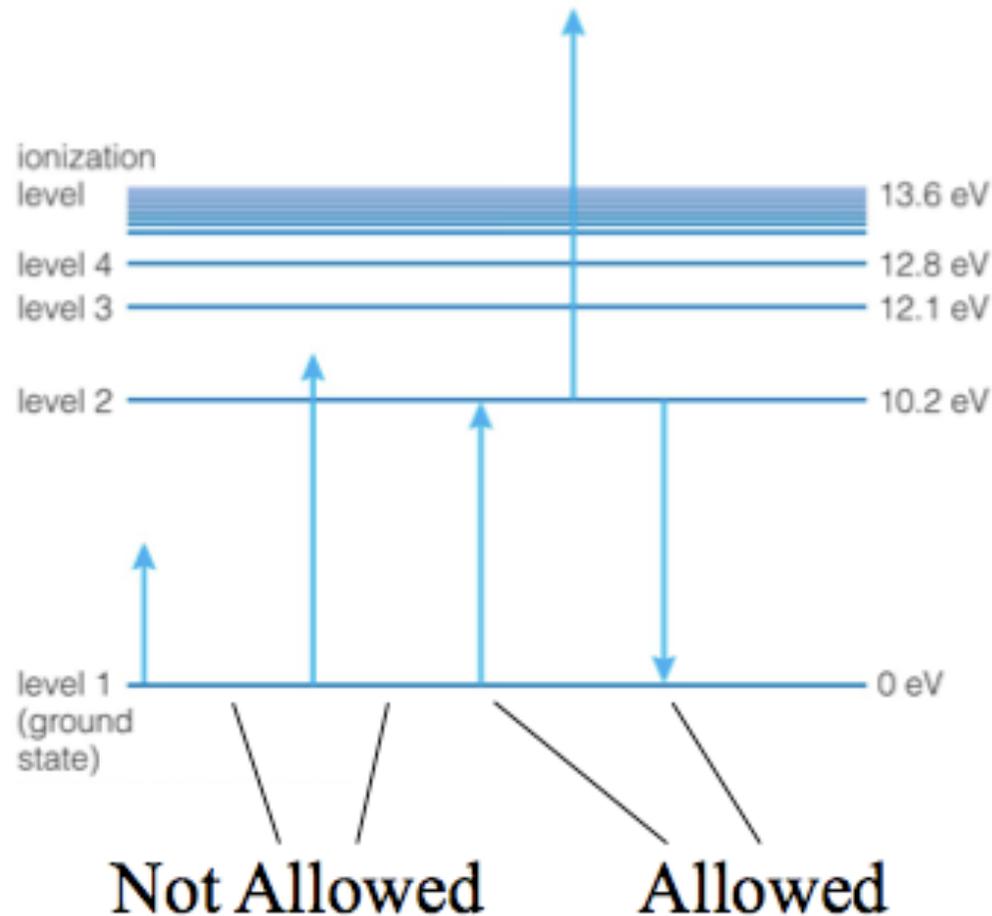
- La fase de una sustancia depende tanto de la temperatura como de la presión.
- A menudo hay más de una fase presente.

# ¿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

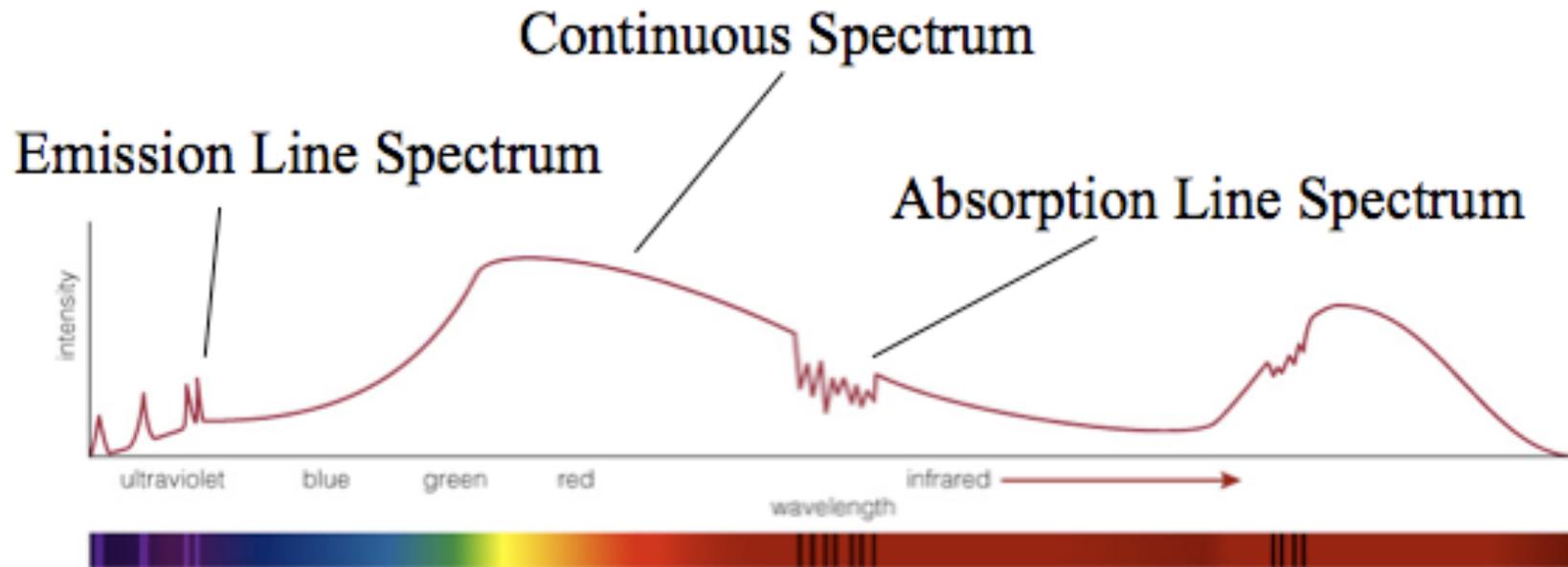


- Los únicos cambios permitidos en la energía son los correspondientes a una transición entre los niveles de energía.

# Aprendiendo de la luz

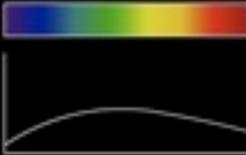
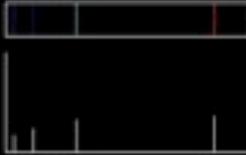
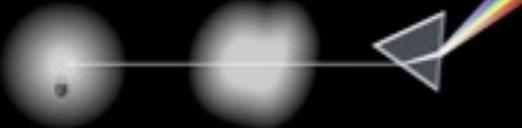
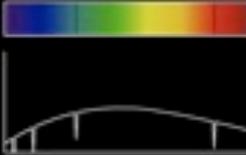
- ¿Cuáles son los tres tipos básicos de espectros?
- ¿Que nos dice la luz de qué están hechas las cosas?
- ¿Que nos dice la luz las temperaturas de los planetas y las estrellas?
- ¿Cómo interpretamos un espectro real?

# ¿Cuáles son los tres tipos básicos de espectros?

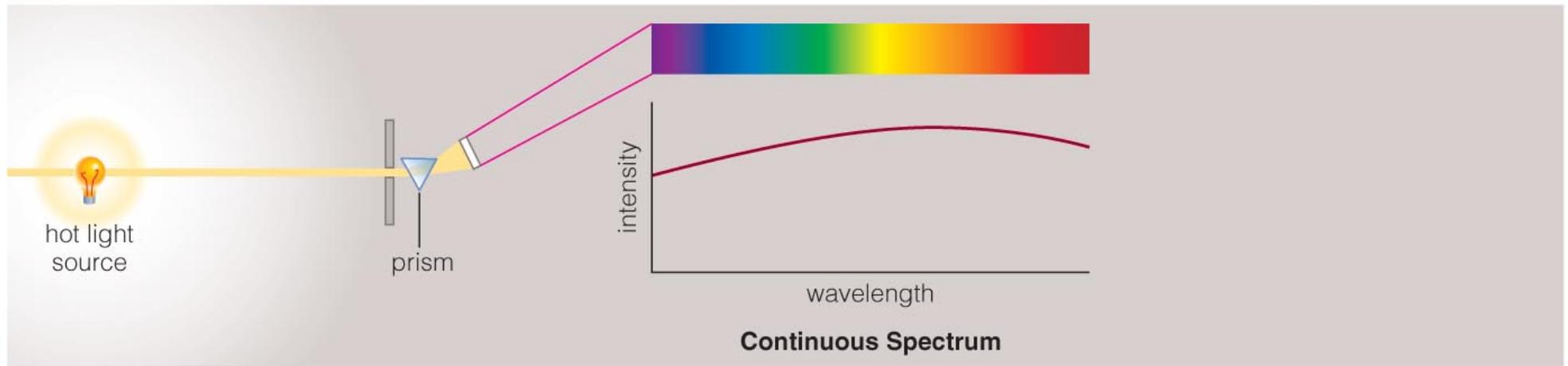


Los espectros de los objetos astrofísicos suelen ser combinaciones de estos tres tipos básicos.

# Tres tipos de espectros

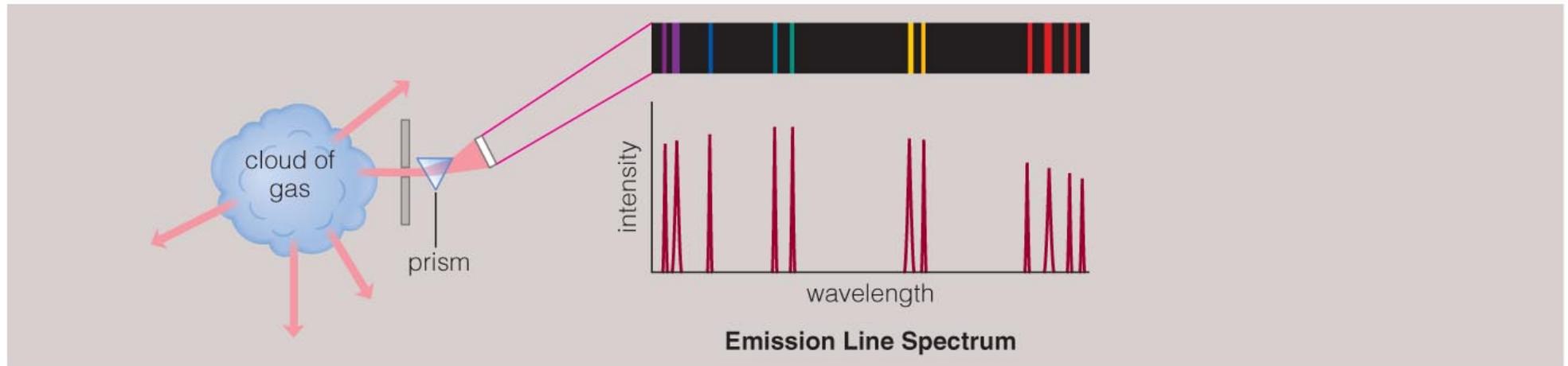
<b>Show</b>	<b>Continuous Spectrum</b>	<i>The spectrum shows a smooth, continuous rainbow of light.</i>
		<i>A graph of the spectrum is also continuous, notice that intensity varies slightly at different wavelengths.</i>
<i>The light bulb produces light with a continuous spectrum</i>		
<b>Show</b>	<b>Emission Line Spectrum</b>	<i>We see bright emission lines at specific wavelengths (color), but no other light.</i>
		<i>The graph shows an upward spike at the wavelength of each emission line.</i>
<i>The cloud also emits its own light, but only at specific wavelengths determined by its composition</i>		
<b>Show</b>	<b>Absorption Line Spectrum</b>	<i>We see dark absorption lines where the cloud has absorbed lights of specific wavelengths (colors).</i>
		<i>The graph shows a dip in intensity at the wavelength of each absorption line.</i>
<i>The cloud absorbs light at specific wavelengths determined by its composition</i>		

# Espectro continuo



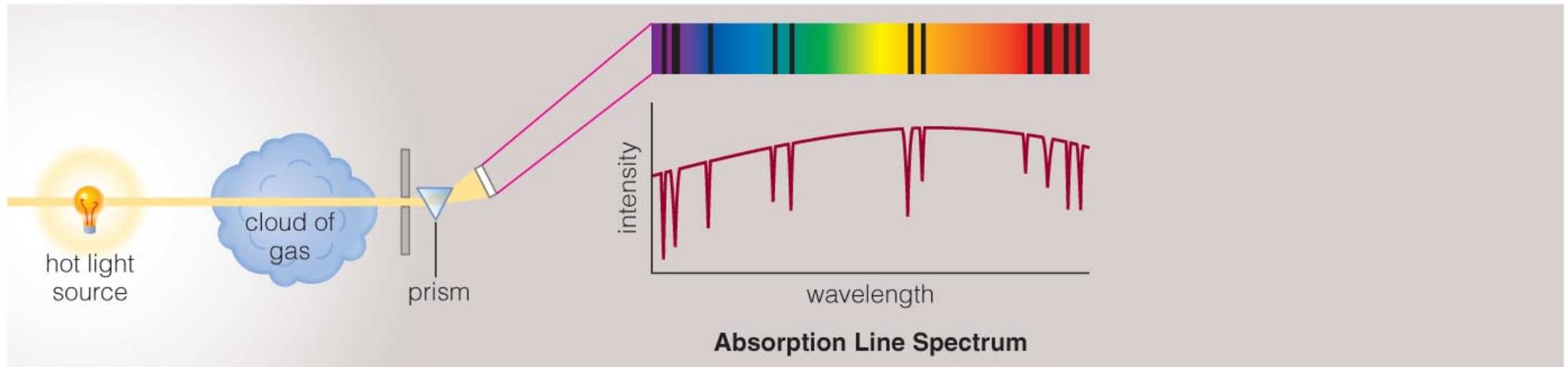
- El espectro de una bombilla de luz común (incandescente) abarca todas las longitudes de onda visibles, sin interrupción.

# 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.