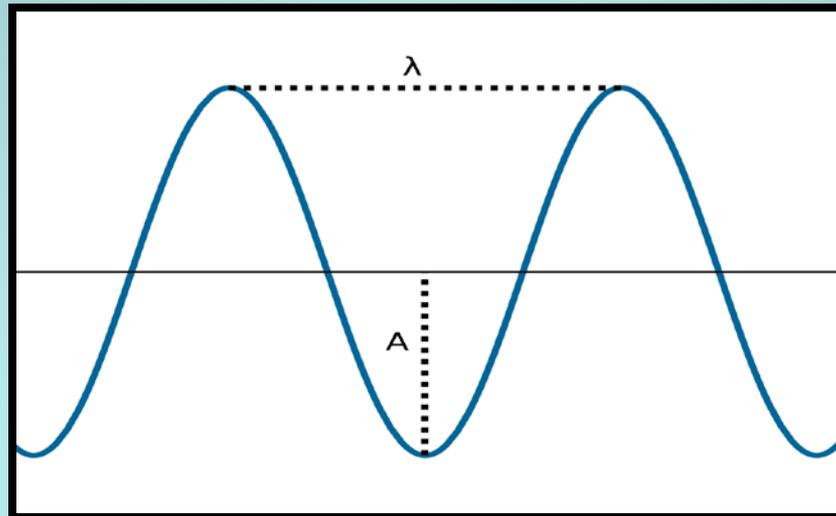


El efecto Doppler y el corrimiento al rojo y al azul

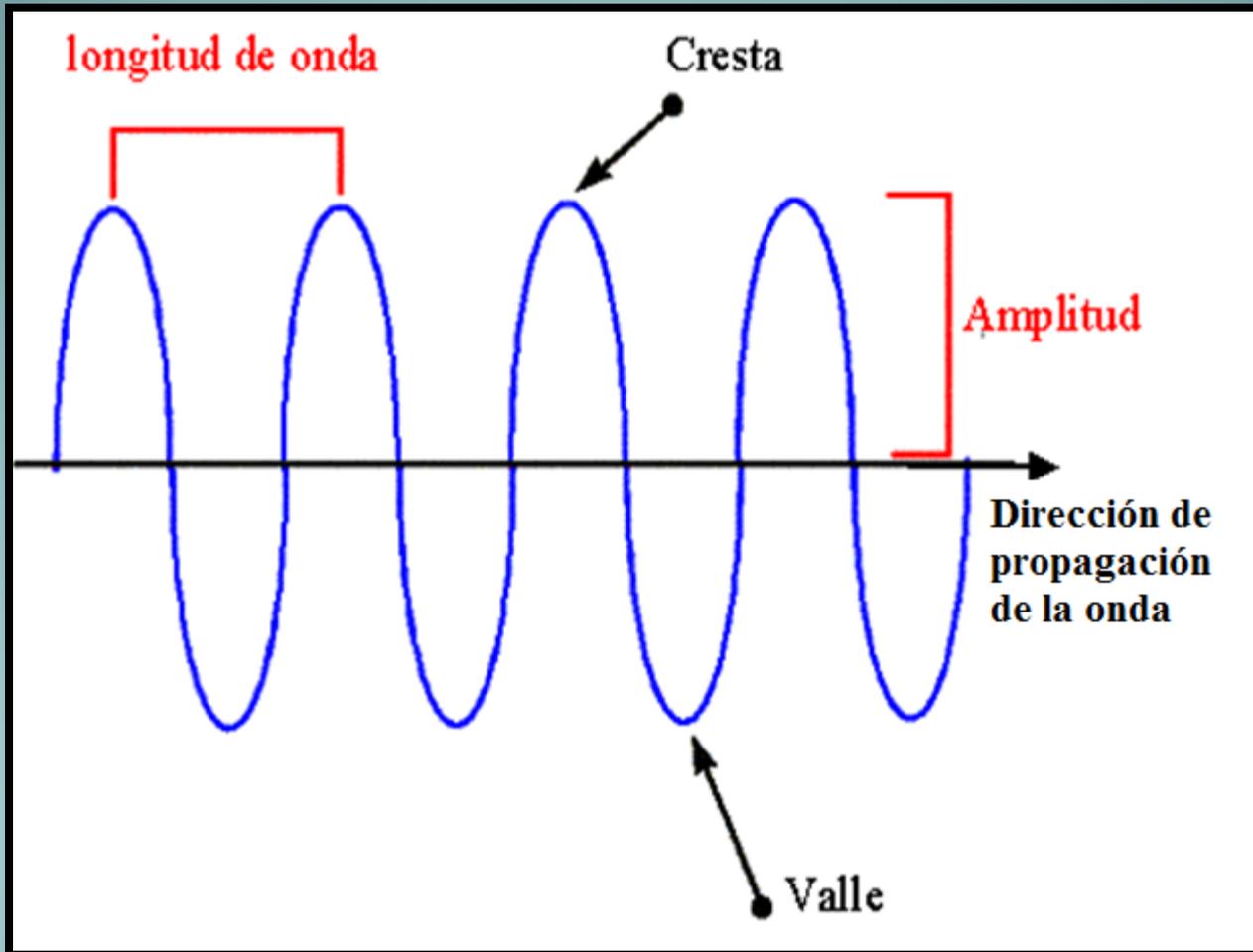
Introducción a las ondas

Una onda es una prolongación de una perturbación de alguna propiedad de un medio (densidad, presión, campo eléctrico, campo magnético, etc.) que se propaga a través del espacio transportando energía.



Elementos de una onda

- **Cresta**
 - El punto más alto de la amplitud o punto máximo de saturación de la onda.
- **Periodo**
 - El tiempo que tarda la onda de ir de un punto de máxima amplitud al siguiente.
- **Amplitud**
 - La distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda.
- **Frecuencia**
 - N° de veces que es repetida la vibración en un periodo determinado.
- **Valle**
 - Punto más bajo de una onda.
- **Longitud de onda**
 - Distancia que hay entre dos crestas consecutivas.



Clasificación de las ondas

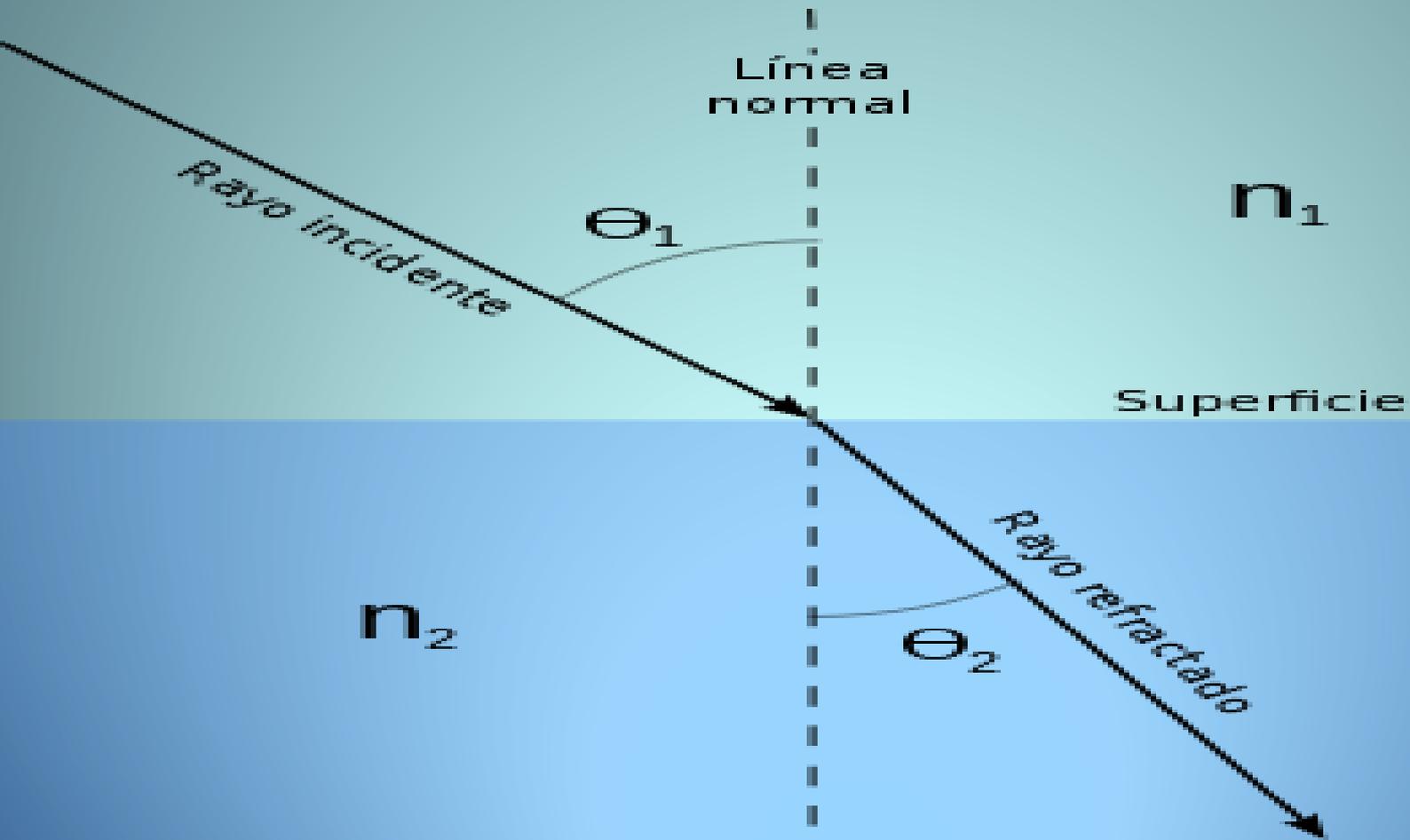
Las ondas se pueden clasificar en función de:

- El *medio en que se propagan*
 - Mecánicas, electromagnéticas o gravitacionales
- Su *propagación o frente de onda*
 - Unidimensionales, bidimensionales o superficiales
 - Tridimensionales o esféricas
- La *dirección de la perturbación*
 - Longitudinales o transversales
- Su *periodicidad*
 - Periódicas o no periódicas

La luz

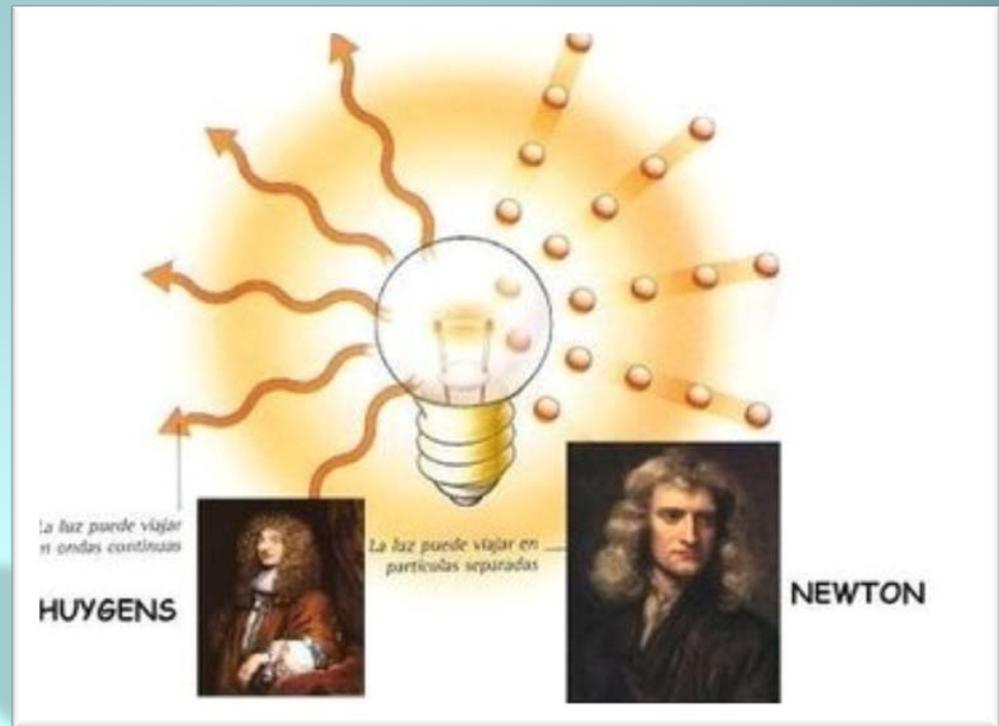
- Radiación electromagnética percibida por el ojo humano
 - En física es más amplio
- Óptica
- Estudio de la luz: características, teorías, etc.

Refracción



La luz

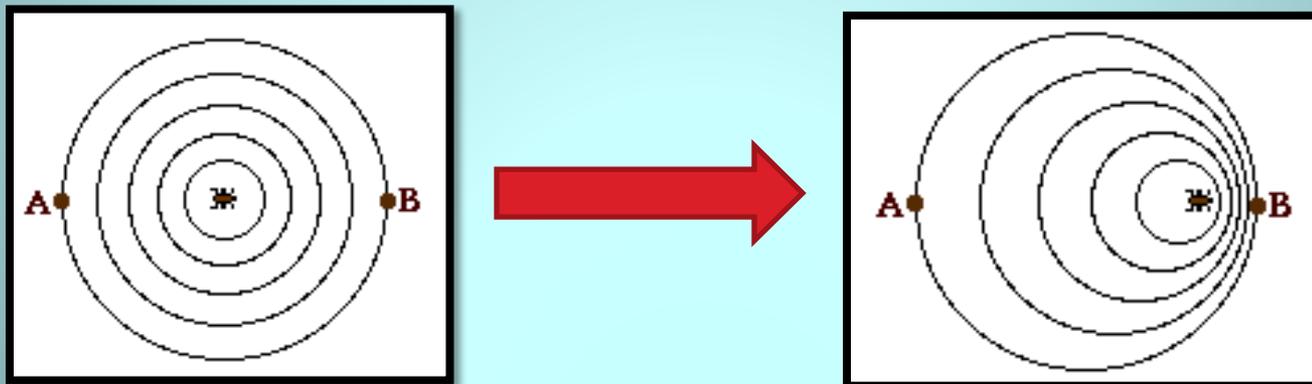
- Onda y partícula
 - Complementarios
- Teoría ondulatoria
- Teoría corpuscular



El efecto Doppler

- Ej. Insecto en el agua produciendo ondas a una f específica sobre un charco circular
- Las ondas llegan a la misma f a las orillas; todas tienen la misma v
- La f que ve un observador en A es igual a la f que ve un observador en B
- Si se mueve hacia B con la misma f , se acerca más a B y se aleja más de A
- Cada onda se origina cada vez más cerca de B y más lejos de A
- El observador en B ve que la f aumenta y el observador en A, que disminuye

→ **EFEECTO DOPPLER** ←



El efecto Doppler

- Es el efecto producido por una fuente de ondas en movimiento donde hay un aparente aumento de la frecuencia para los observadores hacia los que se dirige la fuente y una aparente disminución de la frecuencia para los observadores de los que se aleja la fuente
- Ocurre con cualquier tipo de onda
- Se puede observar cotidianamente

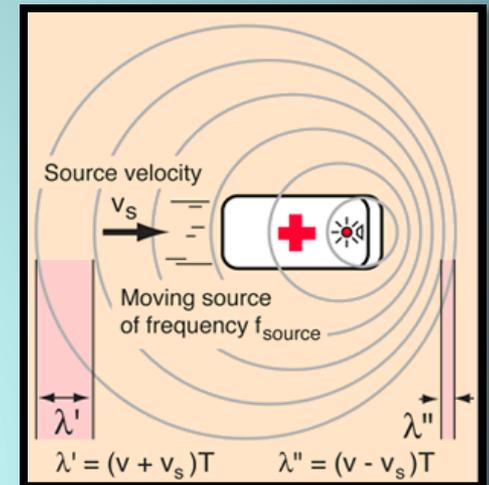
El efecto Doppler

Supongamos una fuente móvil (ej. ambulancia) y un observador estático:

- Si la fuente se acerca al observador: $f_{obs} = f_{fue} \cdot \frac{v}{v - v_{fue}}$
 - $f_{fue} = 500 \text{ Hz}$, $v = 347 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $v_{fue} = 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow f_{obs} = 530,6 \text{ Hz}$

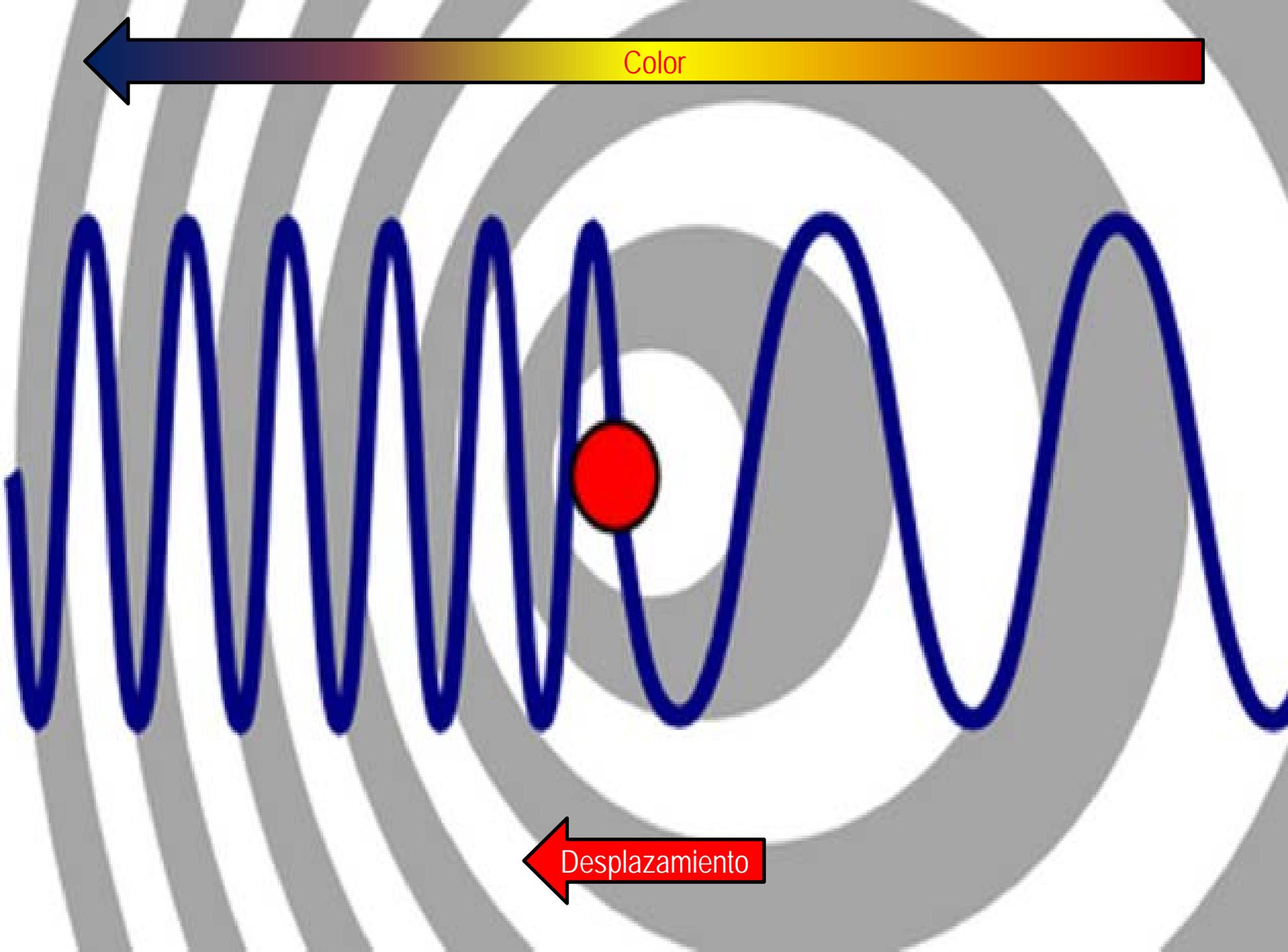
- Si la fuente se aleja del observador: $f_{obs} = f_{fue} \cdot \frac{v}{v + v_{fue}}$
 - Mismos datos $\rightarrow f_{obs} = 472,8 \text{ Hz}$

- $\lambda' = \lambda_{fue} \cdot \left(1 + \frac{v_{fue}}{v}\right)$ $\lambda'' = \lambda_{fue} \cdot \left(1 - \frac{v_{fue}}{v}\right)$
 - Mismos datos, $\lambda_{fue} = 0,002 \text{ m} \rightarrow \lambda' = 0,00212 \text{ m}$
 $\lambda'' = 0,00188 \text{ m}$



El corrimiento al rojo (*redshift*)

- El corrimiento hacia el rojo ocurre cuando una fuente de luz se aleja de un observador, correspondiéndose a un desplazamiento Doppler que cambia la frecuencia percibida en la Tierra de las ondas
- La **espectroscopía astronómica** utiliza los corrimientos al rojo Doppler para determinar el tipo de movimiento que realizan objetos astronómicos distantes



Color

Desplazamiento

¿Por qué el cielo por la noche es negro?

Suponiendo que el espacio es infinito (no tiene límites) y que está repleto de galaxias y estrellas:

Si miráramos en **cualquier** dirección, y lo suficientemente lejos en el espacio, **siempre** tendríamos que ver una estrella o galaxia que brillase en el cielo nocturno.



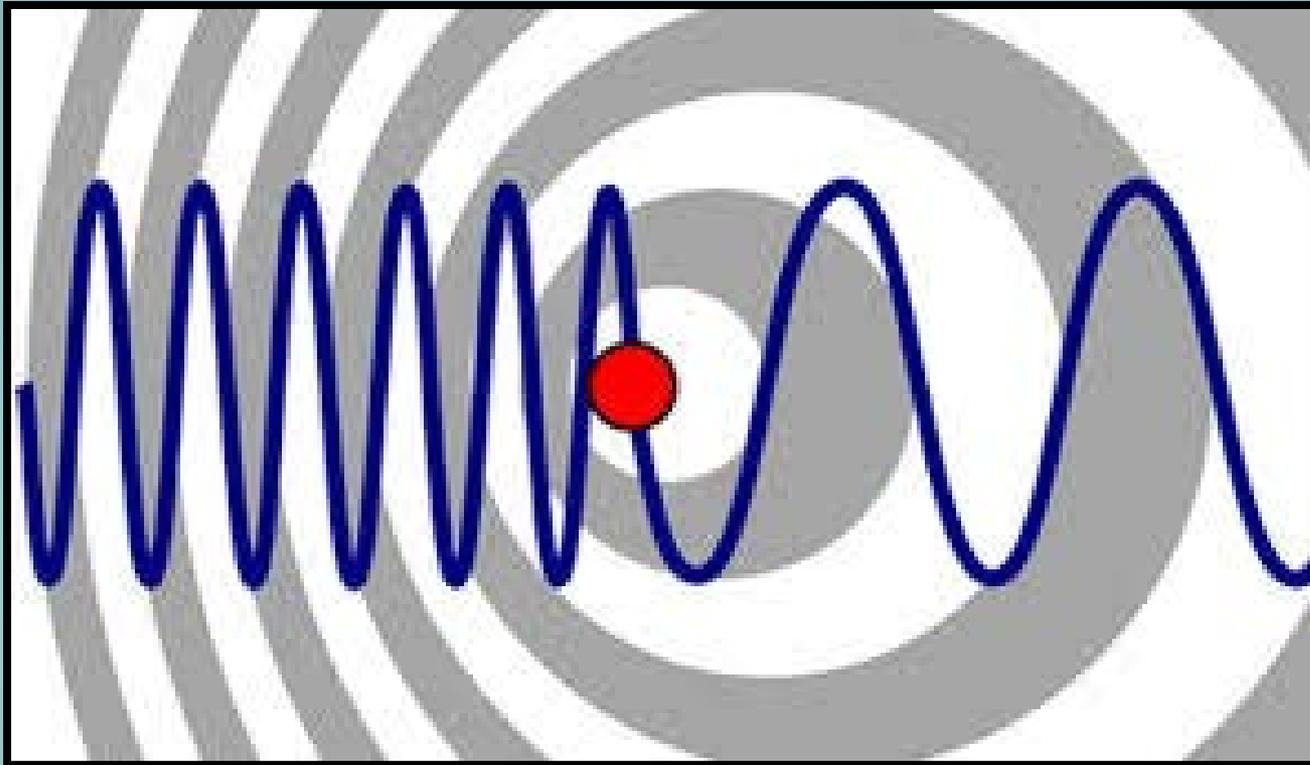
Explicación

- El universo se está expandiendo, así que las estrellas y galaxias se alejan de nosotros
- El efecto Doppler hace que las estrellas adquieran una tonalidad cercana al rojo desde la Tierra
 - Cuanto más lejos esté una galaxia, más rápido se moverá y por lo tanto más roja se verá
 - A partir del punto en el que pasan del rojo al infrarrojo, **se dejan de ver con el ojo humano**
- Los telescopios usados por los astrónomos tienen cámaras infrarrojas que sí permiten ver estas estrellas y galaxias aparentemente ocultas



El corrimiento al azul

Significa una disminución de la longitud de onda (λ)



- Si el observador se acerca a la fuente:

$$f_{obs} = f_{fue} \cdot \frac{c + v_{obs}}{c}$$

- Si la fuente se acerca al observador:

$$f_{obs} = f_{fue} \cdot \frac{c}{c - v_{fue}}$$

- Si cada uno se acerca al otro:

$$f_{obs} = f_{fue} \cdot \frac{c + v_{fue}}{c - v_{obs}}$$

Aplicaciones en la actualidad

- Pistolas radar
- Observaciones astronómicas



Observaciones astronómicas

$$1 + z = \frac{a_{ahora}}{a_{entonces}}$$

- Tendencia al rojo de Hubble
 - No se debe al efecto Doppler
 - Se explica hoy en día con el razonamiento de que el universo está en expansión
- Mediante complejos cálculos, se están haciendo mapas del universo
 - 2003: **Gran Muralla Sloan** ($1,3 \cdot 10^{22}$ Km de longitud)
 - 2013: **Gran Muralla de Hércules-Corona Boreal** [$9,46 \cdot 10^{22}$ Km de longitud ($1/9$ del diámetro del universo observable)]

Una producción de:

- Antonio Arias Ruano
- Enrique Bajo Pérez
- Gustavo Pérez Amo
- Franco Ressia
- Roberto Vargas Jiménez
- José Luis Veiga González