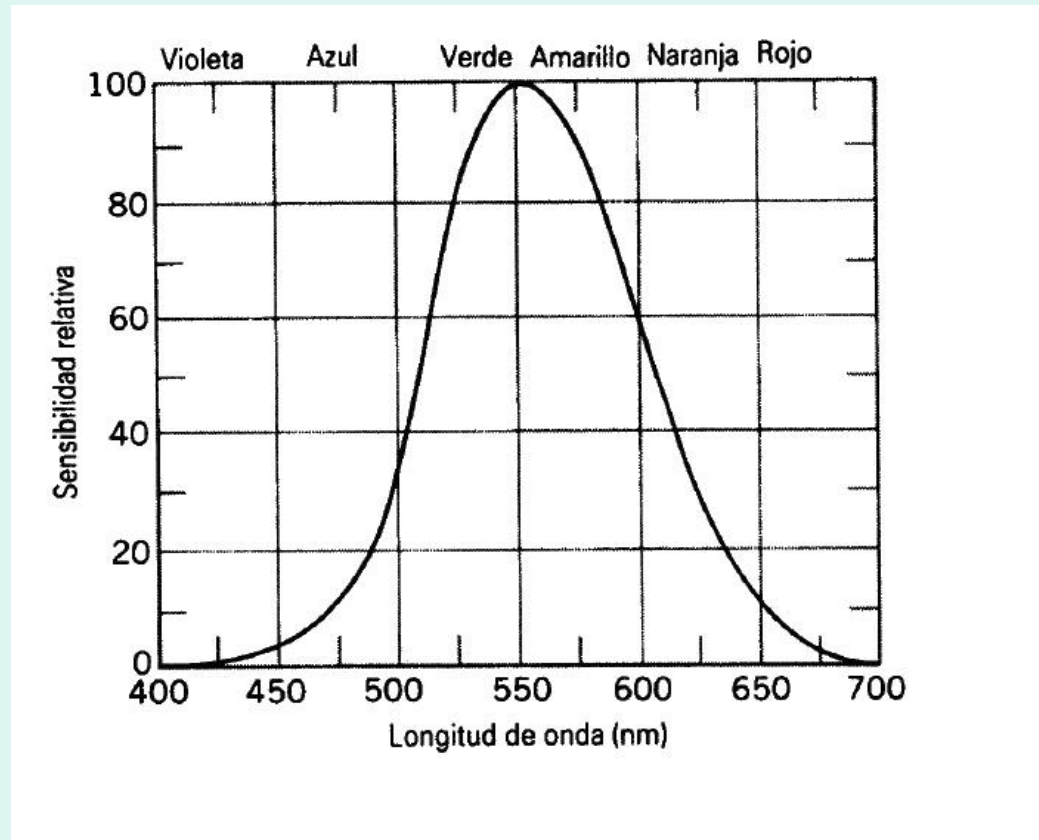


# Naturaleza de la luz

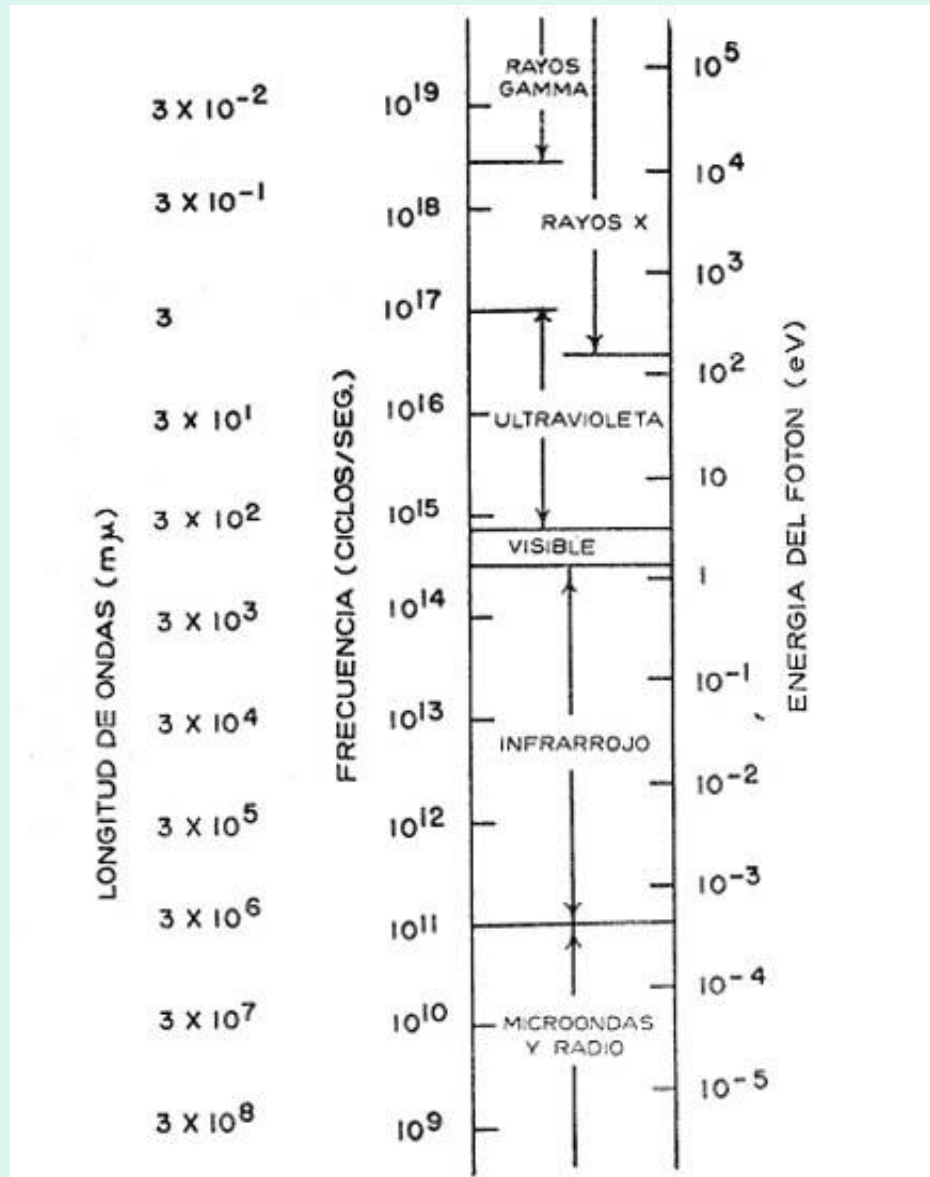
- 1-. *Fiat Lux* : Explicación bíblica de la luz según el libro del Génesis.
- 2-. Hipótesis Aristotélica (S. IV A. C.)
- 3-. Teoría Corpuscular de Newton (S. XVII).
- 4-. Teoría Ondulatoria de Huygens (S. XVII).
- 5-. Teoría Electromagnética de Maxwell-Hertz (S. XIX).
- 6-. Teoría Fotónica de Planck-Einstein (S. XX).
- 7-. Teoría Corpuscular-Ondulatoria de De Broglie (S. XX).

La luz es un tipo de radiación electromagnética a la cual el ojo humano es sensible. Esta sensibilidad se hace presente entre las frecuencias  $7 \cdot 10^{14}$  y  $4 \cdot 10^{14}$  [Hz]. En la figura podemos ver un gráfico que muestra la sensibilidad relativa que posee el ojo humano en función de la longitud de onda a intensidad radiante constante.

Las fuentes de luz visible dependen del movimiento que experimentan los electrones que la componen.



Analizando la luz desde su naturaleza ondulatoria sabemos, gracias a la teoría ondulatoria de Maxwell Hertz, que la luz es un tipo de radiación electromagnética. Entonces realicemos una visión del espectro electromagnético completo:

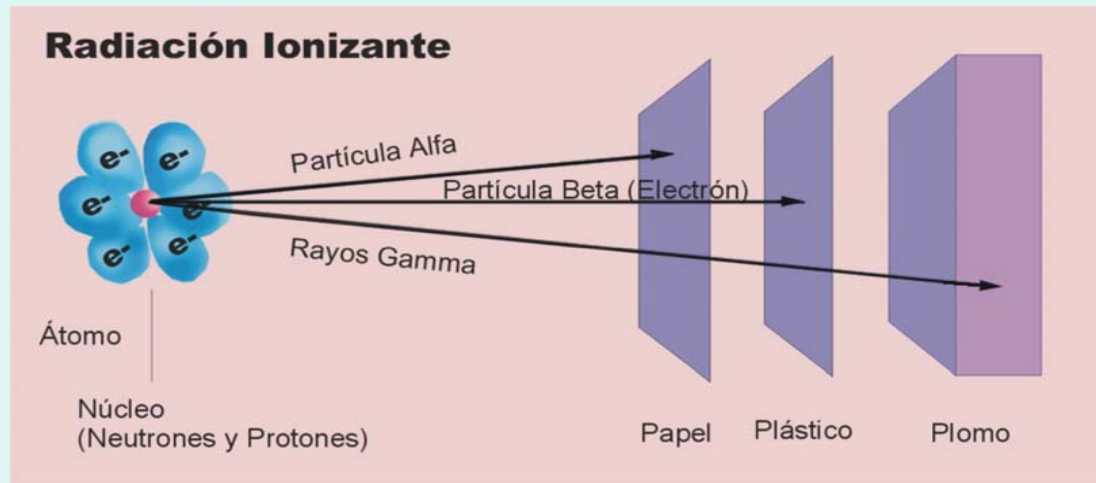


**-Rayos Gamma:** Es el tipo de radiación electromagnética más intensa (penetrante). Se emiten principalmente por el decaimiento de núcleos radiactivos o por procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón.

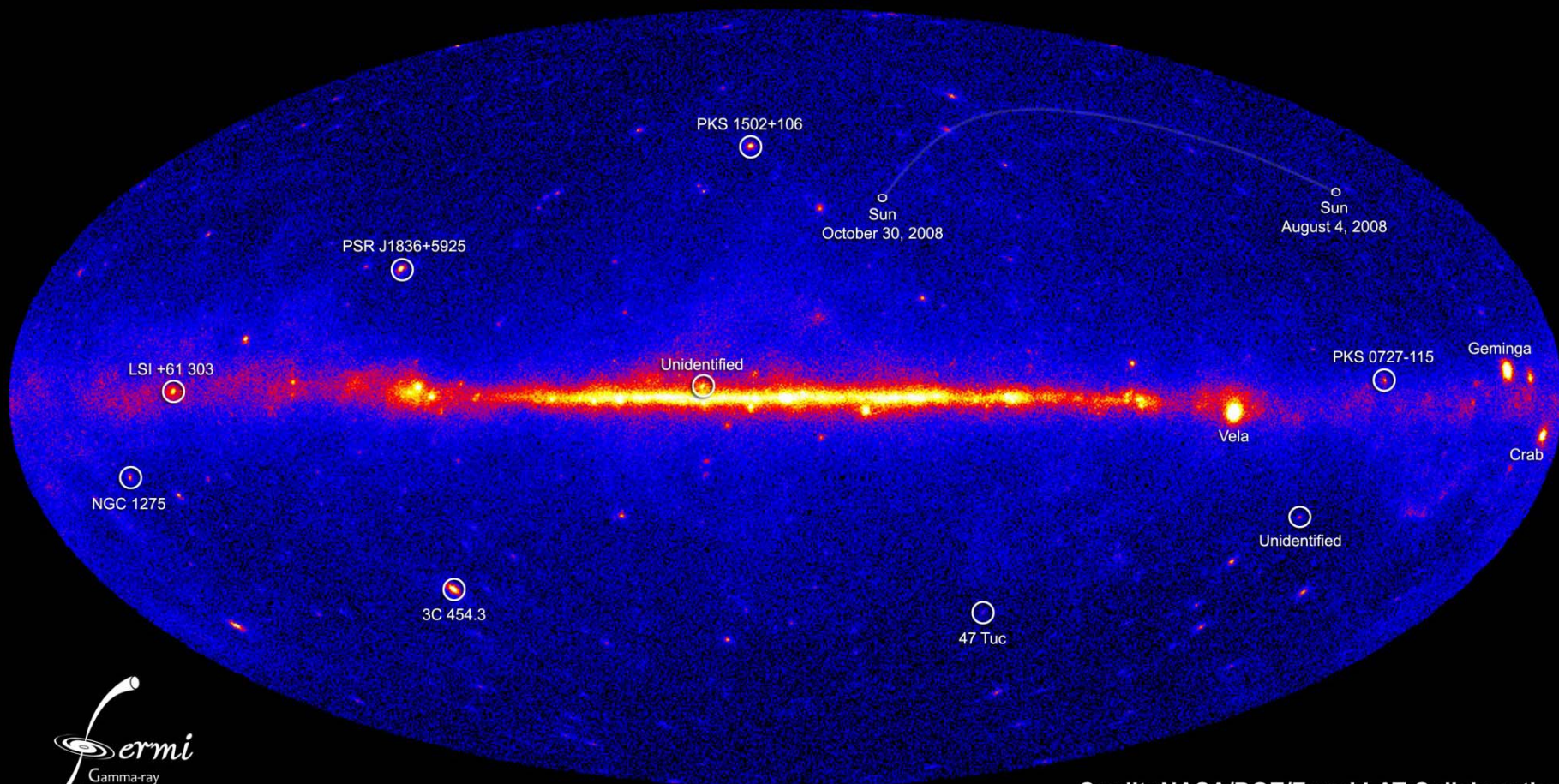
En la naturaleza, casi todos los núcleos atómicos son inestables. De las más de dos mil variedades que se conocen, el 90% decae o se desintegra, y en ese proceso emiten algún tipo de radiación, que conforme ha avanzado el conocimiento se le ha clasificado, por ejemplo, en radiación alfa, beta o gamma.

El decaimiento radiactivo es la manera en que un núcleo emite radiación de cualquier tipo, principalmente en forma de partículas, y se transforma en otro diferente. Esta radiación es la que los físicos registran y analizan, y gracias a su estudio se conocen detalles finos de los núcleos atómicos y se avanza en el conocimiento acerca de la estructura atómica y nuclear.

Los rayos gamma se producen también en fenómenos astrofísicos de alta energía como explosiones de supernovas o núcleos de galaxias activas. En general, los rayos gamma producidos en el espacio no llegan a la superficie de la Tierra, pues son absorbidos en la alta atmósfera.



# NASA's Fermi telescope reveals best-ever view of the gamma-ray sky



Credit: NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration

- **Rayos X** : Los rayos X surgen de fenómenos extra nucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. Su energía se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos naturalmente. Los rayos X son una radiación ionizante porque al interactuar con la materia produce la ionización de los átomos de ésta.

Se emiten producto de la desaceleración rápida de electrones muy energéticos (del orden 1000eV) al chocar con un blanco metálico. Según la mecánica clásica, una carga acelerada emite radiación electromagnética, de este modo, el choque produce un espectro continuo de rayos X (a partir de cierta longitud de onda mínima).

Estos rayos se utilizan en diagnósticos médicos ya que pueden penetrar en tejidos blandos pero no en el hueso.

En el ámbito astronómico podemos decir que se hacen presentes en sistemas de estrellas binarios, en donde, el material de una de ellas se calienta al caer en la otra emitiendo éste tipo de radiación.



- **Rayos Ultravioleta (Uv)** : Radiación producida por los electrones a nivel atómico y por fuentes térmicas importantes como el Sol. Las diversas formas de radiación se clasifican según la longitud de onda medida en nanómetros, que equivale a una millonésima de milímetro. Cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor energía tendrá la radiación.

Existen tres categorías de radiación Uv:

-Uv-A, entre 320 y 400 nm.

-Uv-B, entre 280 y 320 nm.

-Uv-C, entre 200 y 280 nm.

La radiación Uv-A es la menos nociva y la que llega en mayor cantidad a la Tierra. Casi todos los rayos Uv-A pasan a través de la capa de ozono.

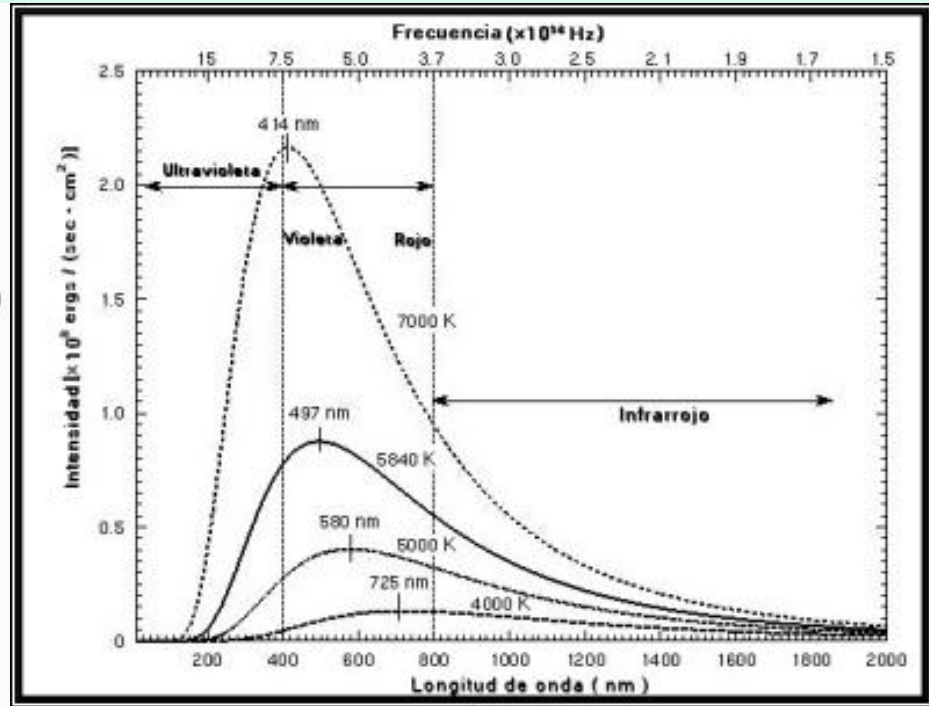
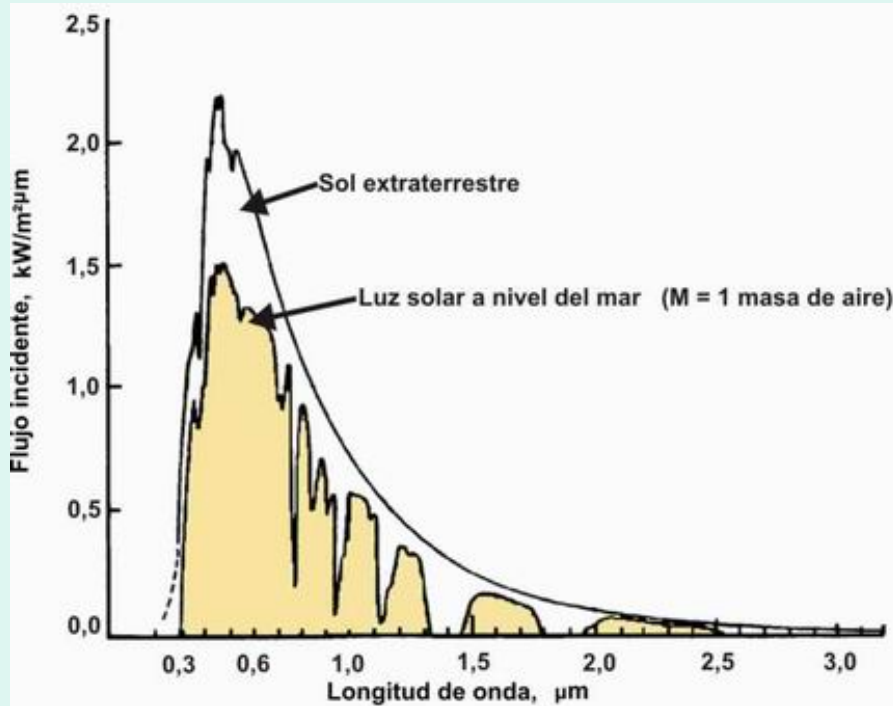
La radiación Uv-B puede ser muy nociva. La capa de ozono absorbe la mayor parte de los rayos Uv-B provenientes del sol. Sin embargo, el actual deterioro de la capa aumenta la amenaza de este tipo de radiación.

La radiación Uv-C es la más nociva debido a su gran energía. Afortunadamente, el oxígeno y el ozono de la estratosfera absorben todos los rayos Uv-C, por lo cual nunca llegan a la superficie de la Tierra.

Una de las aplicaciones de los rayos Uv es como forma de esterilización, junto con los rayos infrarrojos (pueden eliminar toda clase de bacterias y virus sin dejar residuos, tal como ocurre con los productos químicos).

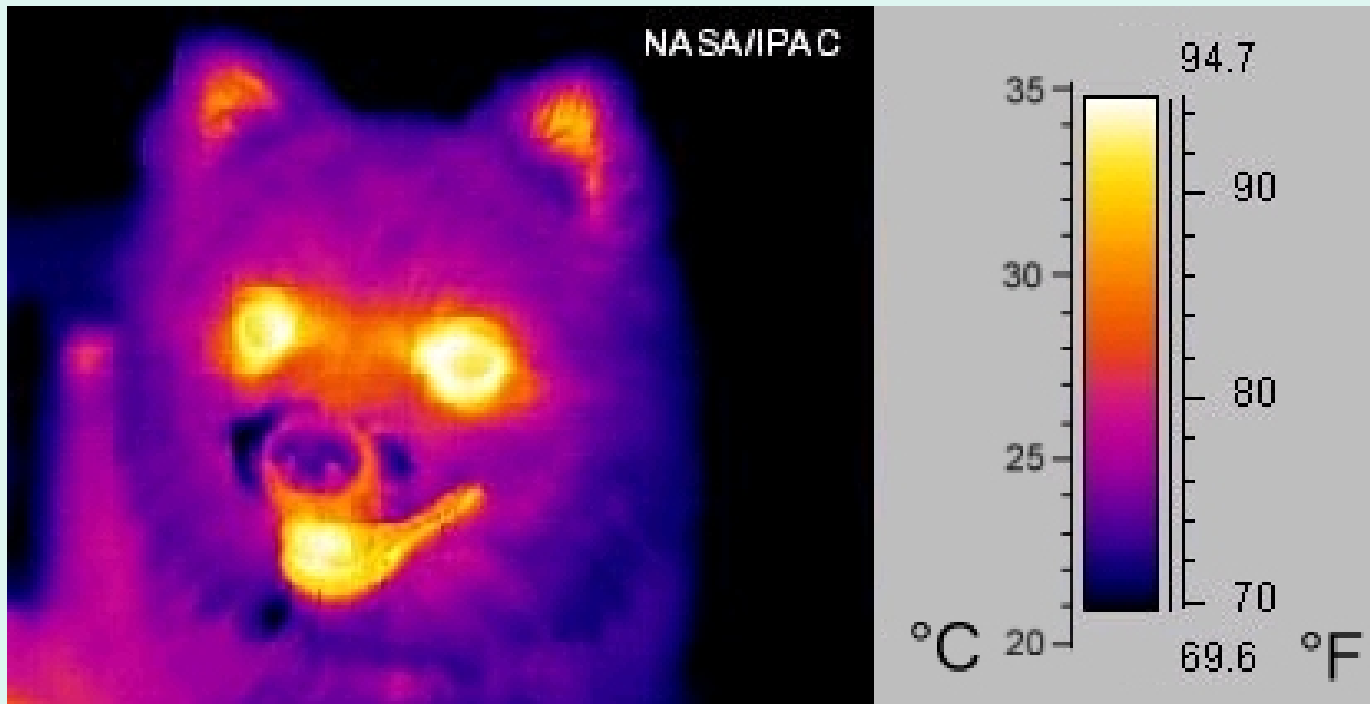
La también denominada luz ultravioleta o "*luz negra*" se utiliza como efecto lumínico en discotecas, para autenticar documentos o billetes y para detectar rastros de sangre, orina, semen y saliva en peritajes forenses.

- **Luz:** Es la región del espectro electromagnético que es sensible a nuestros ojos. Y precisamente la radiación mayormente emitida por el Sol. Los límites de la longitud de onda de la región visible fluctúan entre los 400[nm] que corresponde a la luz violeta y los 700[nm] correspondiente a la luz roja aproximadamente. La luz puede ser emitida por un conjunto de átomos disgregados (gas), en donde la luz viene a ser una característica del material. El estudio de la luz emitida por el sol y las demás estrellas lejanas entregan información respecto de la composición química, de la temperatura y del movimiento de éstas.





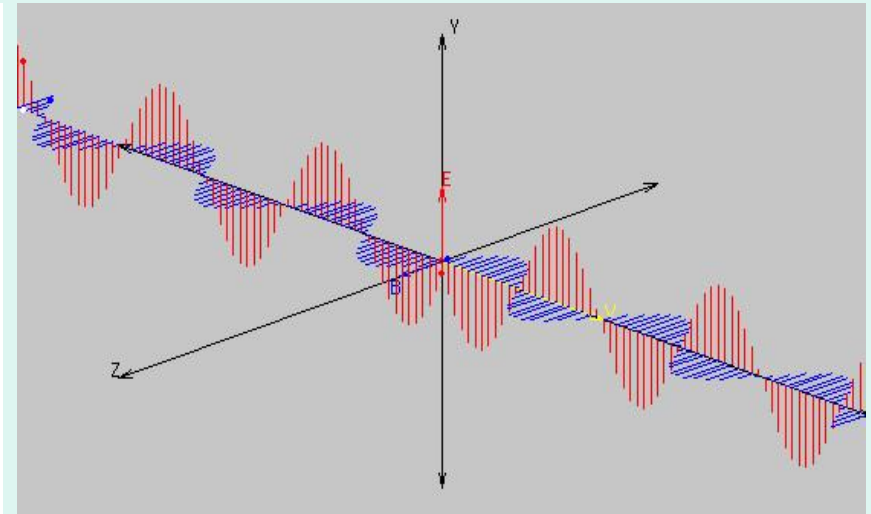
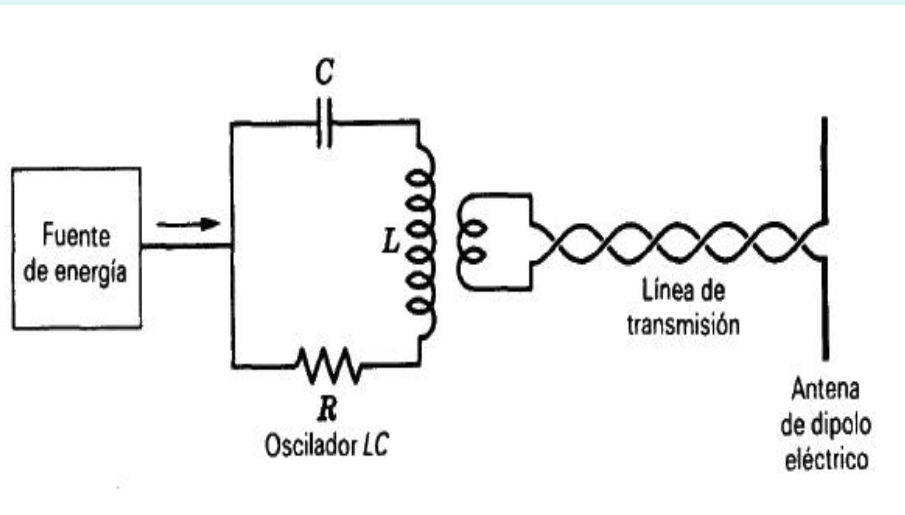
- **Rayos Infrarrojo** : También llamada radiación térmica o radiación de calor es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 700 [nm] hasta 1 [mm]. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que  $0^{\circ}$  [K], es decir,  $-273,15^{\circ}$  [C] (cero absoluto). Esto ocurre comúnmente debido a átomos o moléculas que ven modificado su movimiento rotacional o vibratorio.



- **Ondas corta de radio** : llamadas también microondas. Su longitud de onda está por debajo del infrarrojo llegando hasta el metro. La producen circuitos oscilantes. Se utilizan en hornos microondas, retransmisión de llamadas telefónicas, etc.

Cosmológicamente podemos encontrar este tipo de radiación en el espacio exterior asumida como un residuo real del “Big Bang”.

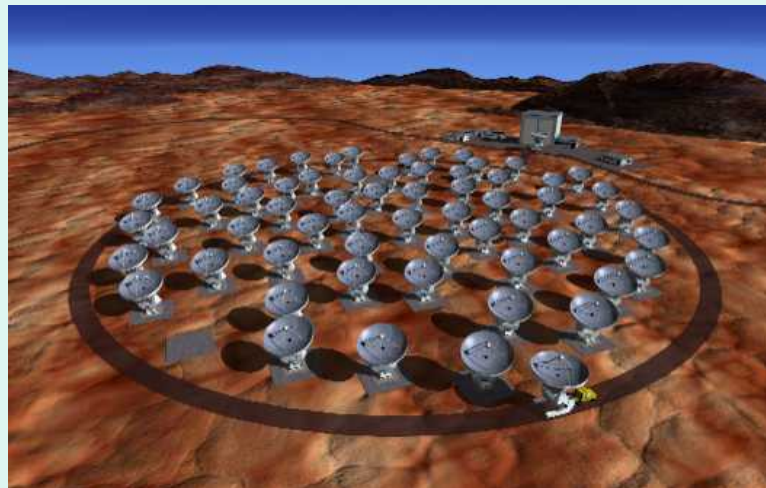
- **Ondas largas de radio** : Poseen longitudes de onda mayor que 1 metro. Producida por circuitos oscilantes. El tipo de transmisión o recepción es mediante antenas y es del tipo radiofrecuencia, amplitud modulada (AM) y de TV. Extraterrestremente llegan a la Tierra radiaciones emitidas por el Sol y el planeta Júpiter.

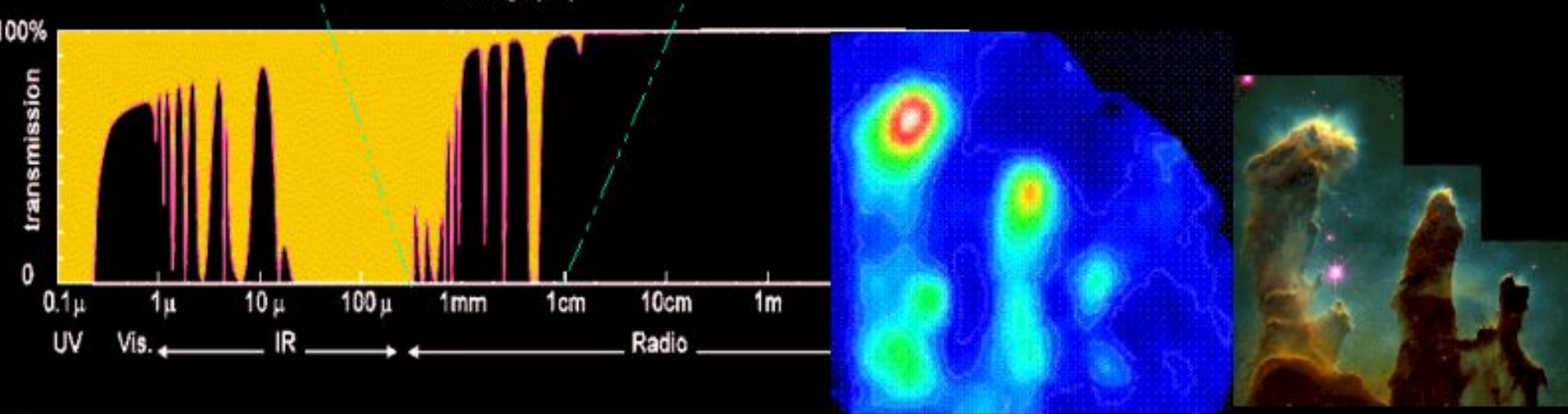


## Radio telescopio de Arecibo, P. R.

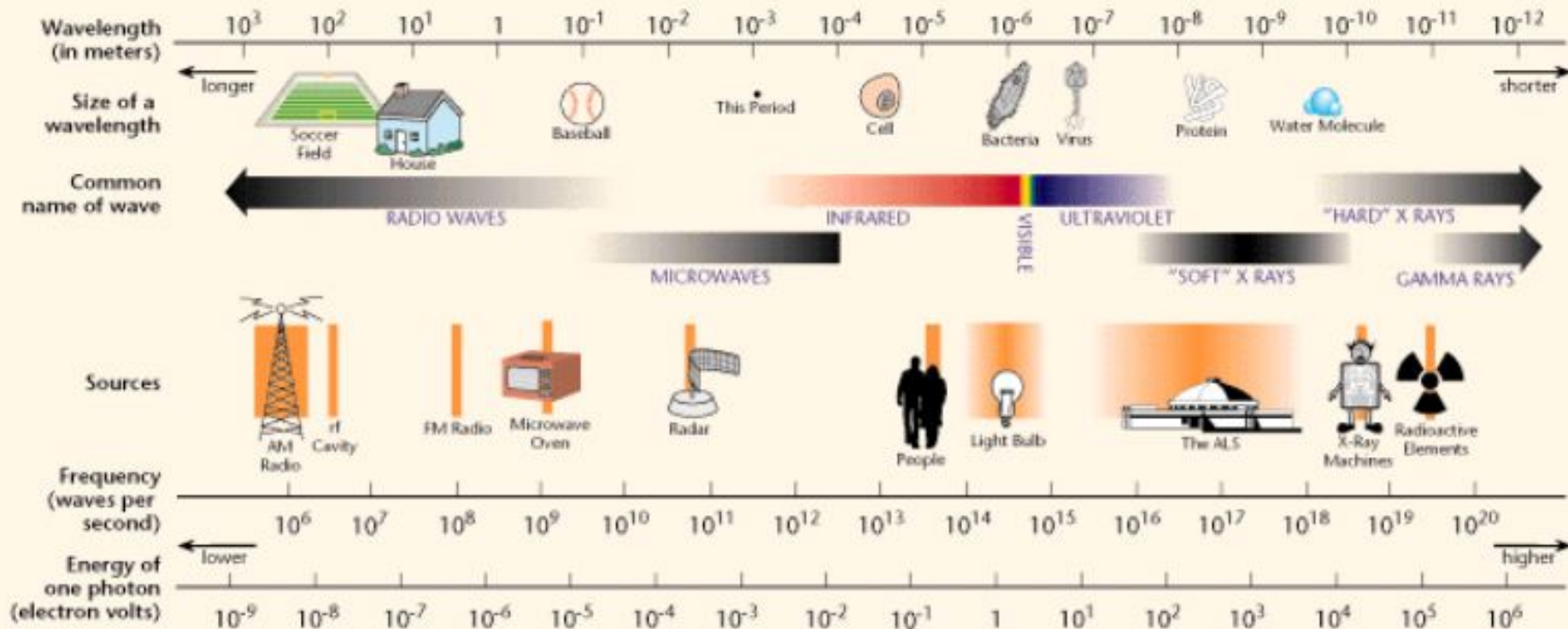


## Proyecto ALMA



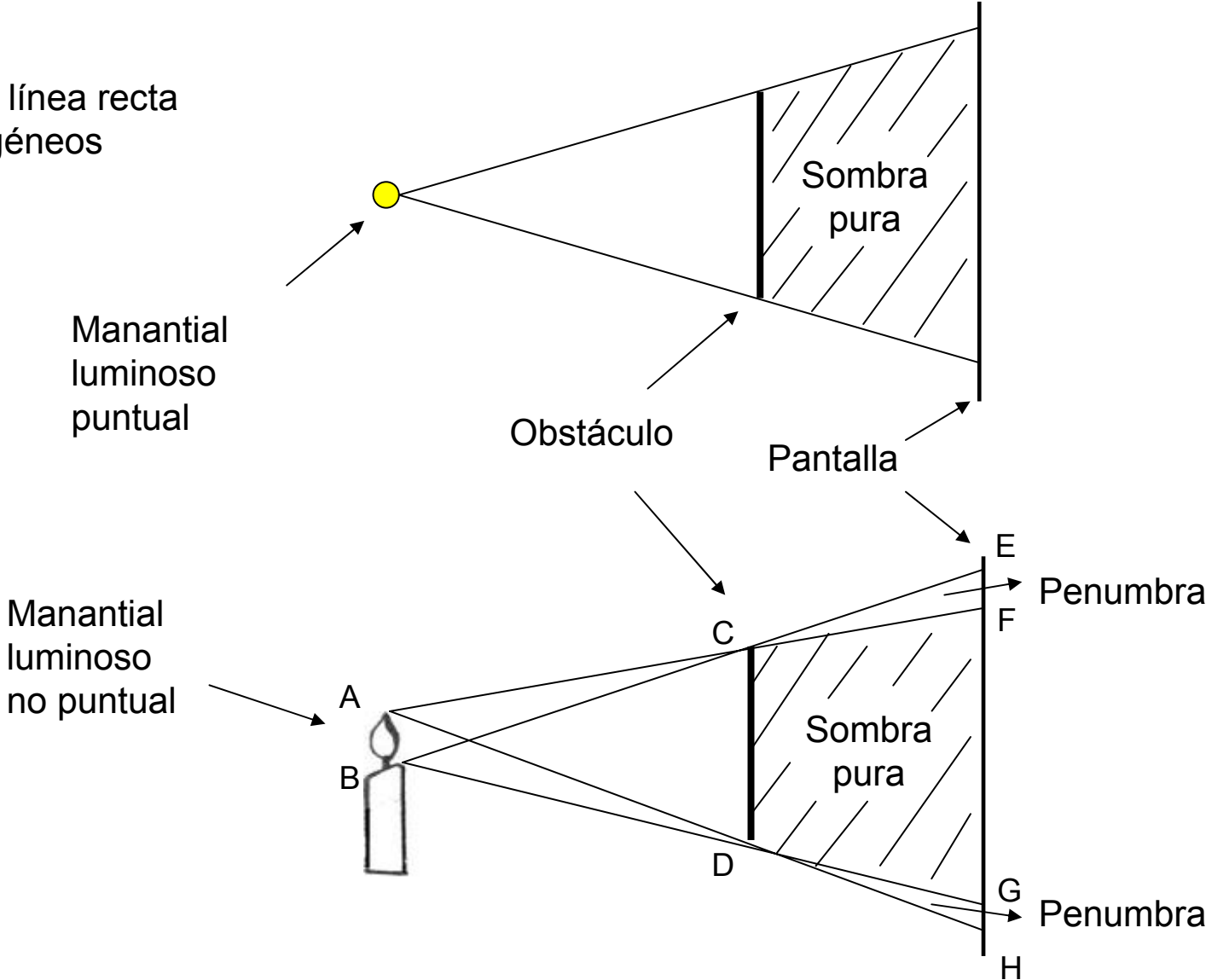


# THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

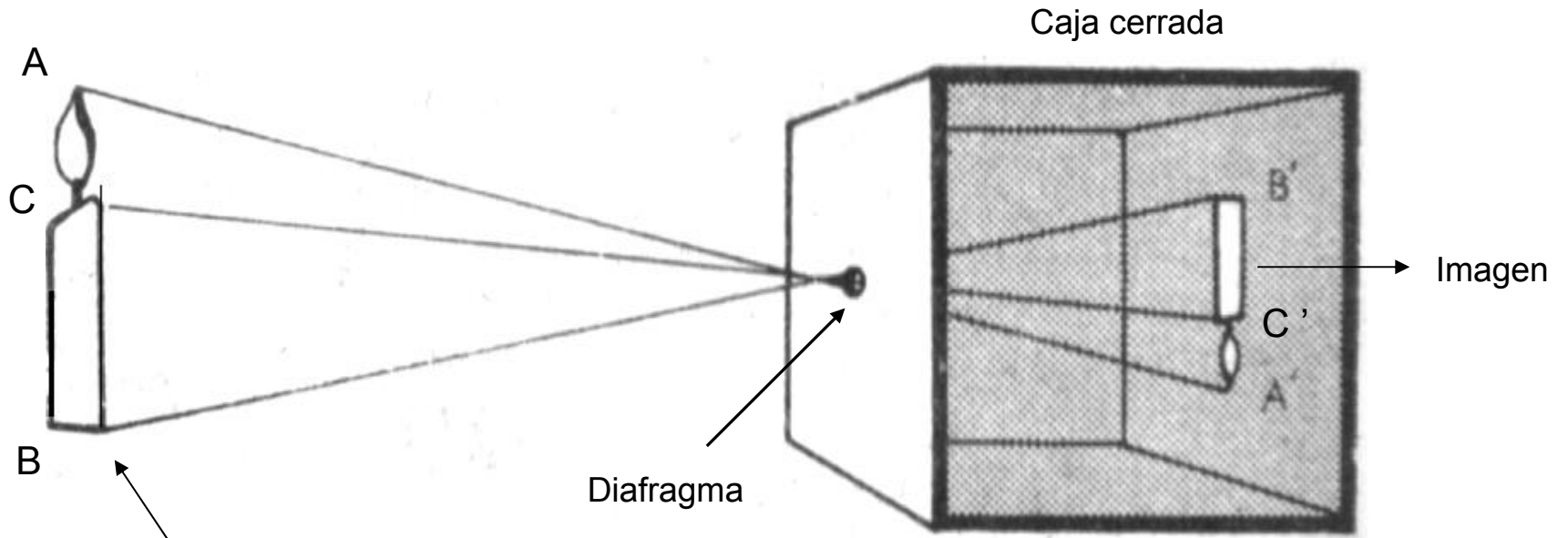


# Sombras y penumbras

La luz se propaga en línea recta en los medios homogéneos isótropos.



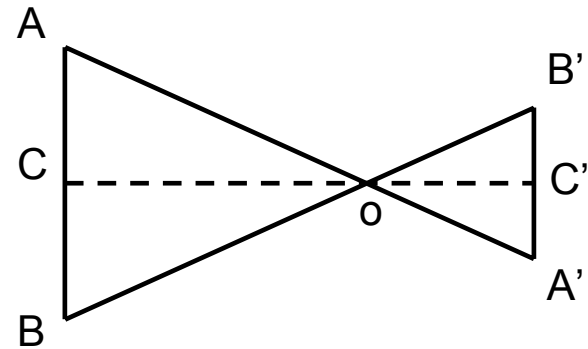
# Cámara oscura (De la Porta S. XVIII)



Manantial luminoso extenso

Imagen: - Obtenida por difracción.  
- Real.  
- Invertida.

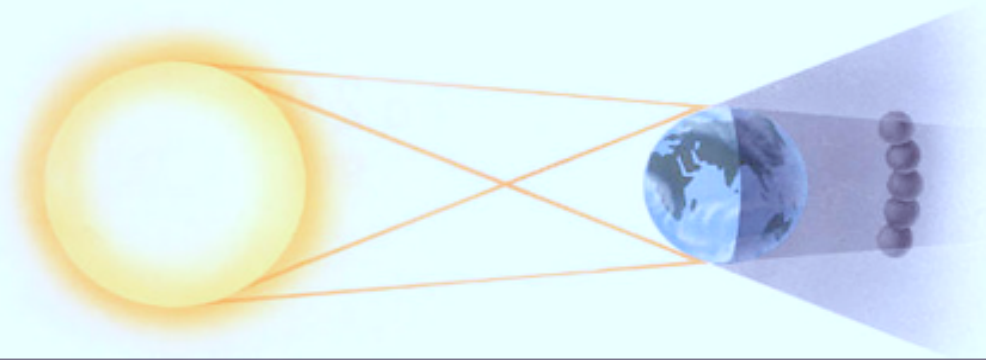
En este caso la forma invertida de la imagen es producto de la propagación rectilínea de la luz.



Tamaño:  $AB/A'B' = OC/OC'$

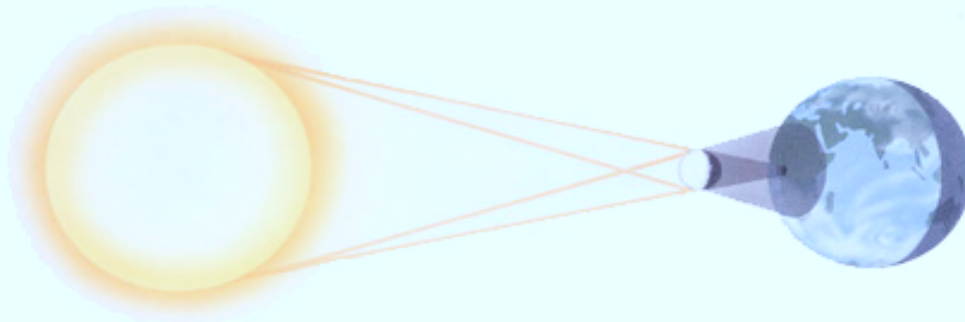
# Eclipses de sol y luna

Lunar Eclipse

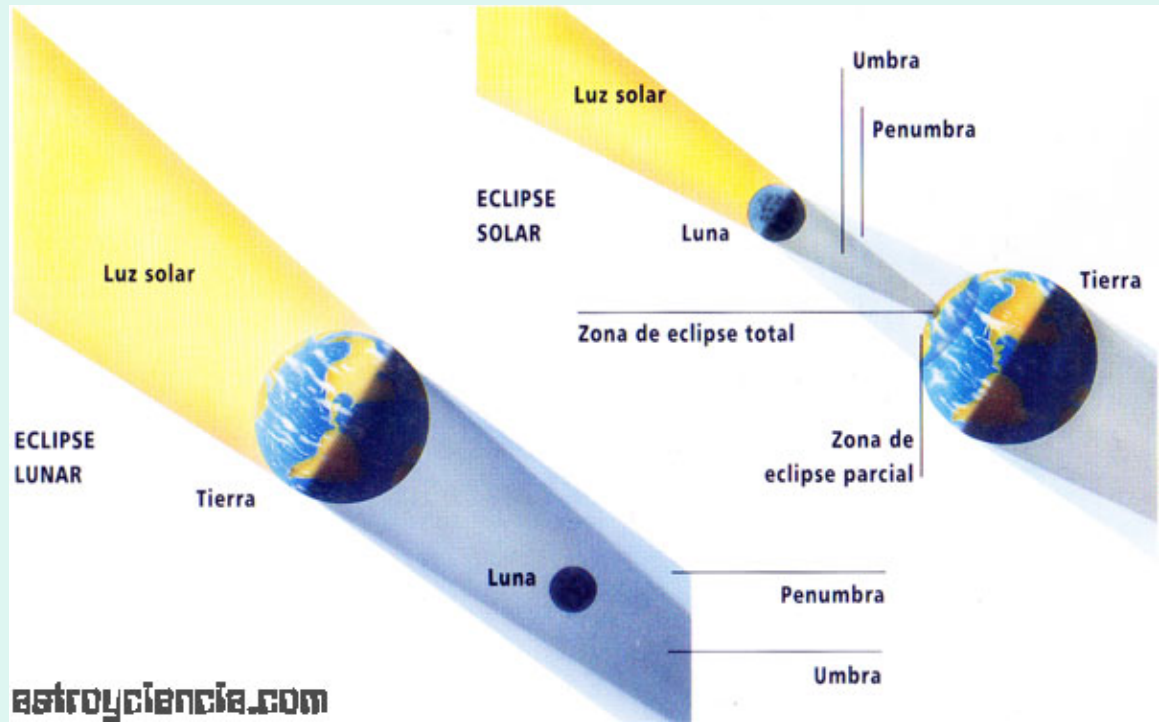
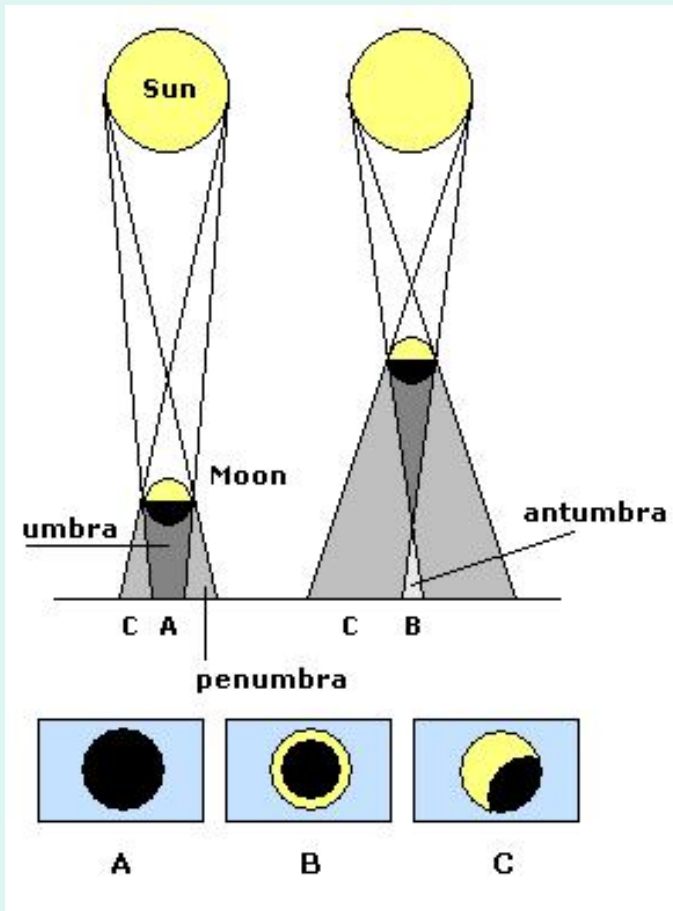


OPOSICIÓN

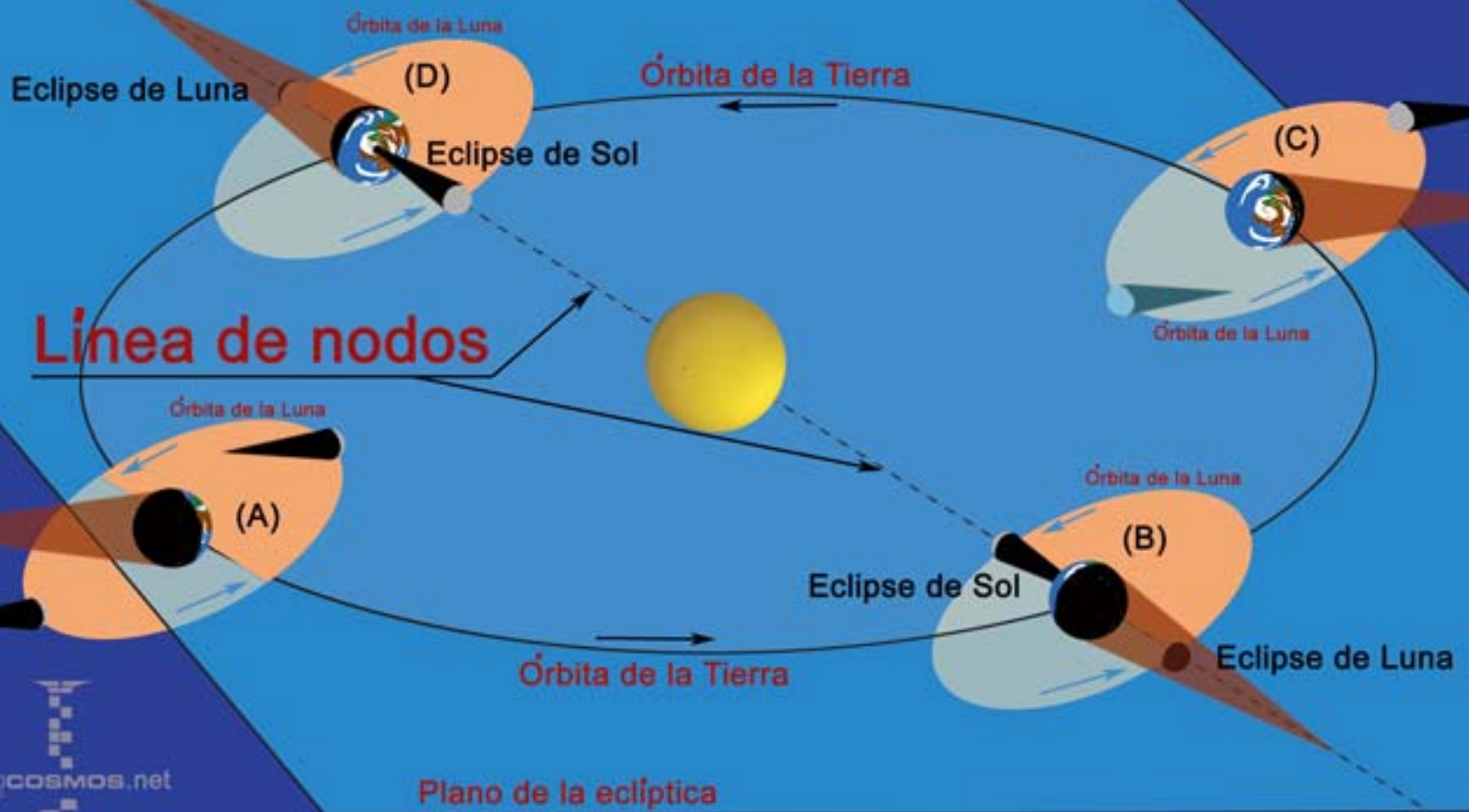
Solar Eclipse

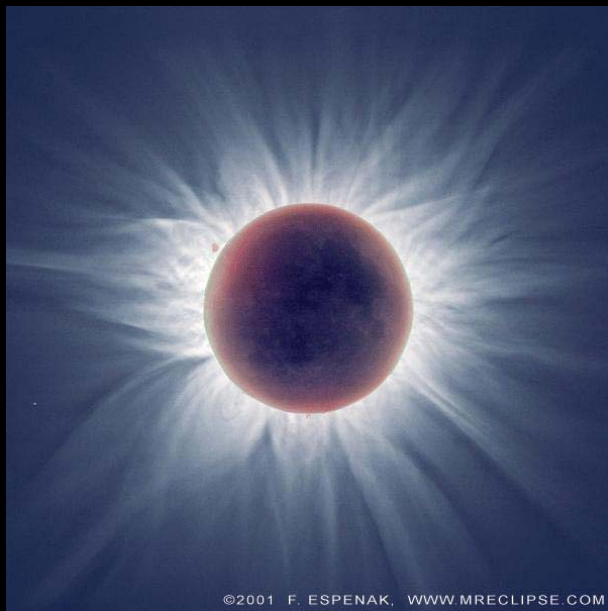


CONJUNCIÓN











# Velocidad de la Luz

Según Maxwell todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad

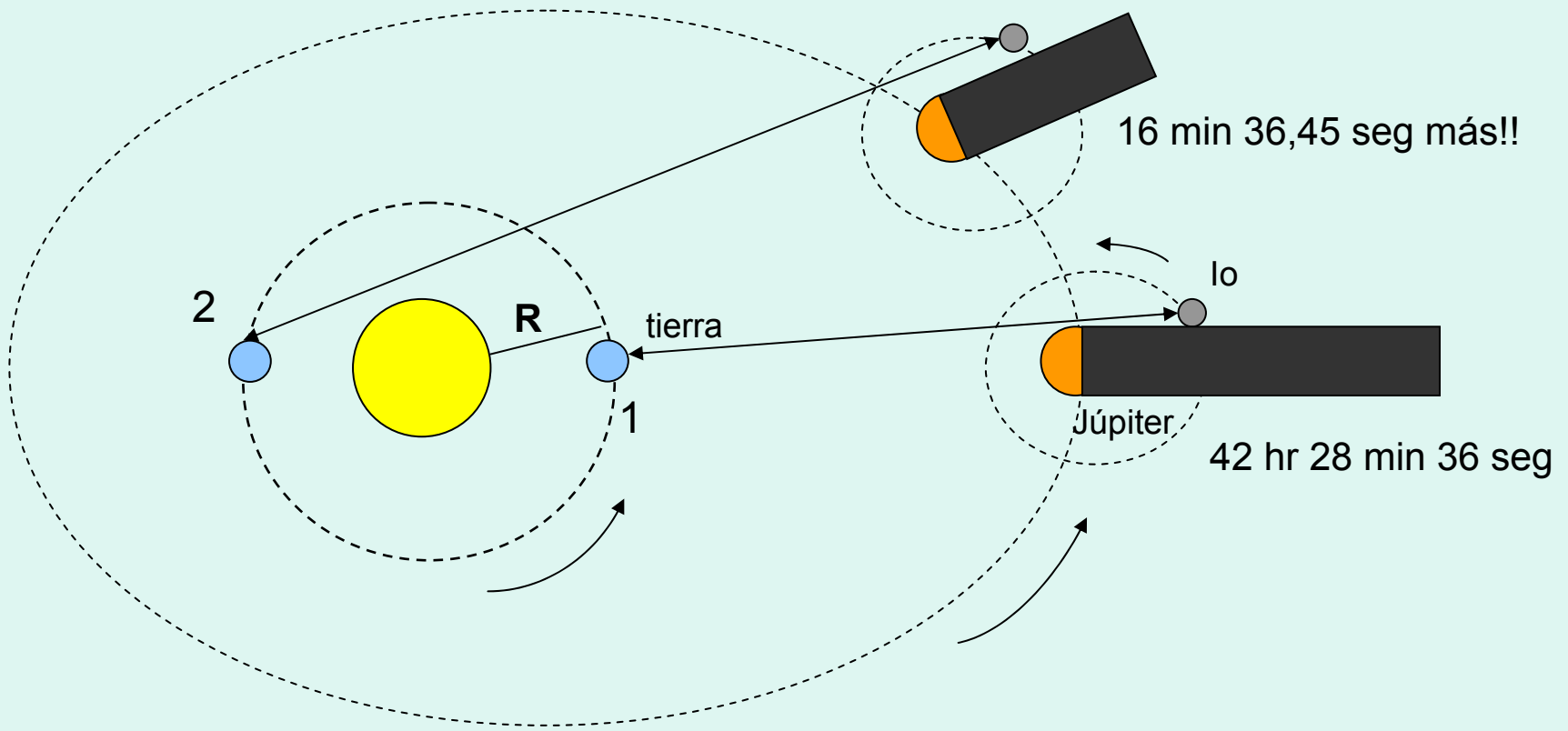
$$C = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$$

Hasta el siglo XVII se pensaba que la luz era un fenómeno instantáneo, es decir, que la velocidad de la luz era infinita.

Galileo toma el tema y lo estudia pudiendo entender que la luz podía no ser instantánea pero no pudo demostrarlo experimentalmente.



-**Ole Roemer (1676)**: Astrónomo danés deduce que la luz no tiene velocidad infinita gracias a sus observaciones astronómicas.



R : Distancia media entre el sol y la tierra.

$D_L$  : Distancia extra que recorre la luz entre el punto 1 y 2.

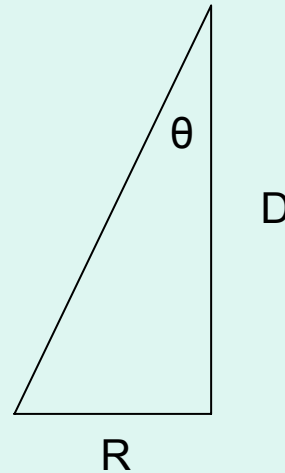
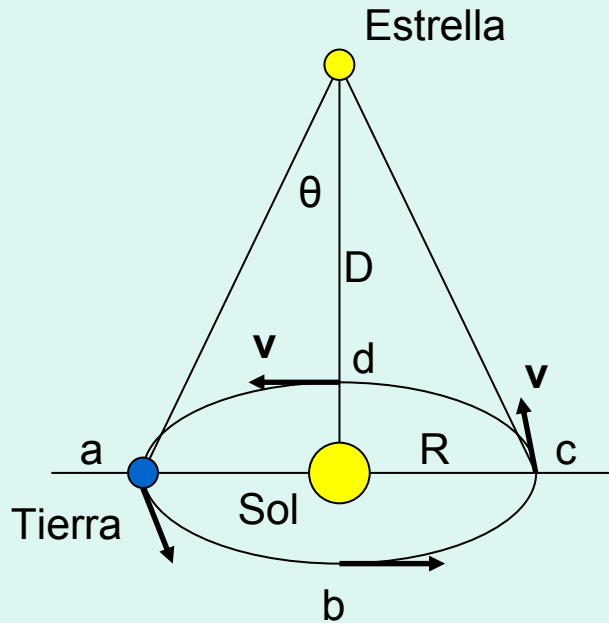
$$R = 150.000.000 \text{ [Km]}$$

$$D_L = R + R = 150.000.000 + 150.000.000 = 300.000.000 \text{ [Km]}$$

$$t = 16 \cdot 60 = 996,4 \approx 1000 \text{ [s]}$$

$$V = 300.000.000 \text{ [Km]}/1000\text{[s]} = 300.000 \text{ [Km]}$$

**-James Bradley (1676):** Astrónomo inglés intenta calcular la rapidez de la luz observando estrellas. Como la Tierra se mueve y la luz también, para observar una estrella en la vertical, hay que inclinar un poco el telescopio en la dirección del movimiento de la Tierra. Esa inclinación, que es precisa para que el rayo de luz que entra por la apertura del telescopio alcance su fondo, se denomina «aberración de la luz», un efecto «pequeño», pues la velocidad de la luz es mucho mayor que la de la Tierra.



$$D = c \cdot t$$

$$R = v \cdot t$$

$$\theta = 20,5 \text{ seg de arco}$$

$$\Rightarrow \tan \theta = v \cdot t / c \cdot t$$

$$\Rightarrow \tan \theta = 0,0001$$

Entonces, tenemos que:  $c = v / \tan \theta$

Y como  $v = 29,5 \text{ [Km/s]}$

$$\Rightarrow c = 29,5 / 0,0001$$

$$\Rightarrow c = 295.000 \text{ [Km/s]}$$

## -H. L. Fizeau (1849):.

n : número de vueltas de la rueda.

N : número de dientes.

d : distancia entre la rueda y el espejo reflectante.

existen  $2 \cdot n \cdot N$  espacios en t segundos, por lo tanto:

$$t = 1/2nN$$

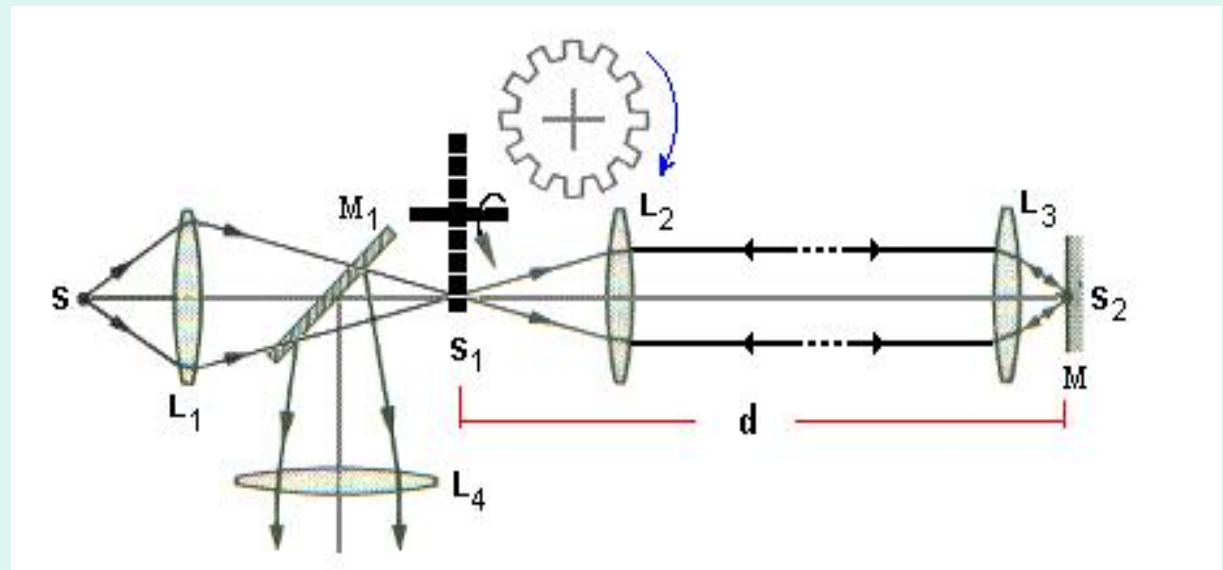
$$\Rightarrow c = 2d / [1/(2Nn)] \quad \Rightarrow \quad c = 4dNn$$

Si: N = 720 dientes

n = 12,6 [vueltas/seg]

d = 8633 [m]

$$\Rightarrow c = 313.000 \text{ [Km/s]}$$



# Indice de Refracción de un Material

n: Índice de refracción o densidad óptica.

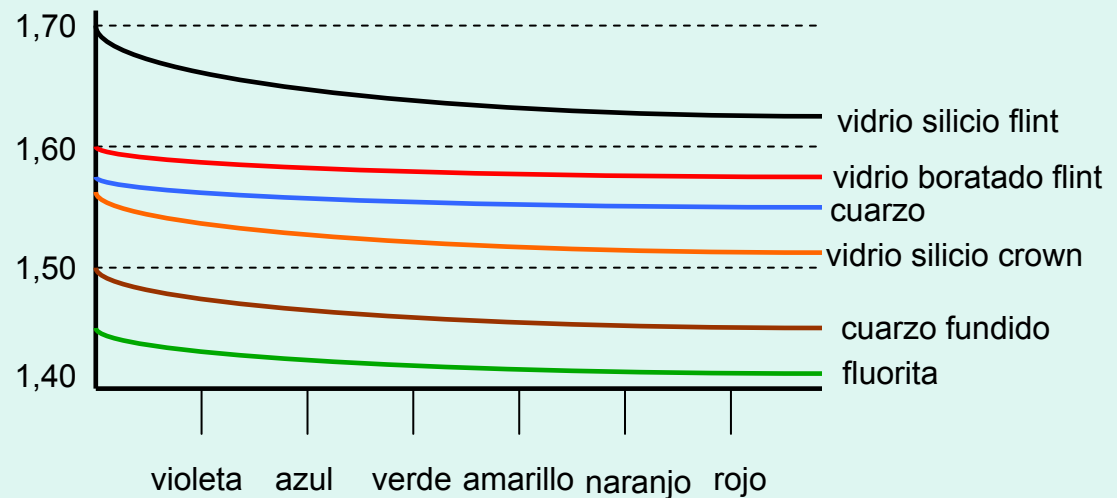
$$n = c/v$$

En donde: c = velocidad de la luz en el vacío.

v = velocidad de la luz en un medio determinado.

$$\begin{array}{l} c = \lambda_o \cdot f \\ v = \lambda \cdot f \end{array} \quad \Rightarrow \quad n = (\lambda_o \cdot f) / (\lambda \cdot f) \quad \Rightarrow \quad n = \lambda_o / \lambda$$

Aire	: 1,000
Agua	: 1,333
Alcohol Hetílico	: 1,361
Cuarzo	: 1,544
Carbonato de calcio	: 1,658
Fluorita	: 1,434
Sal	: 1,544
Vidrio corriente	: 1,469
Diamante	: 2,41





Los vidrios para fines ópticos deben ser de muy elevada calidad y pureza.

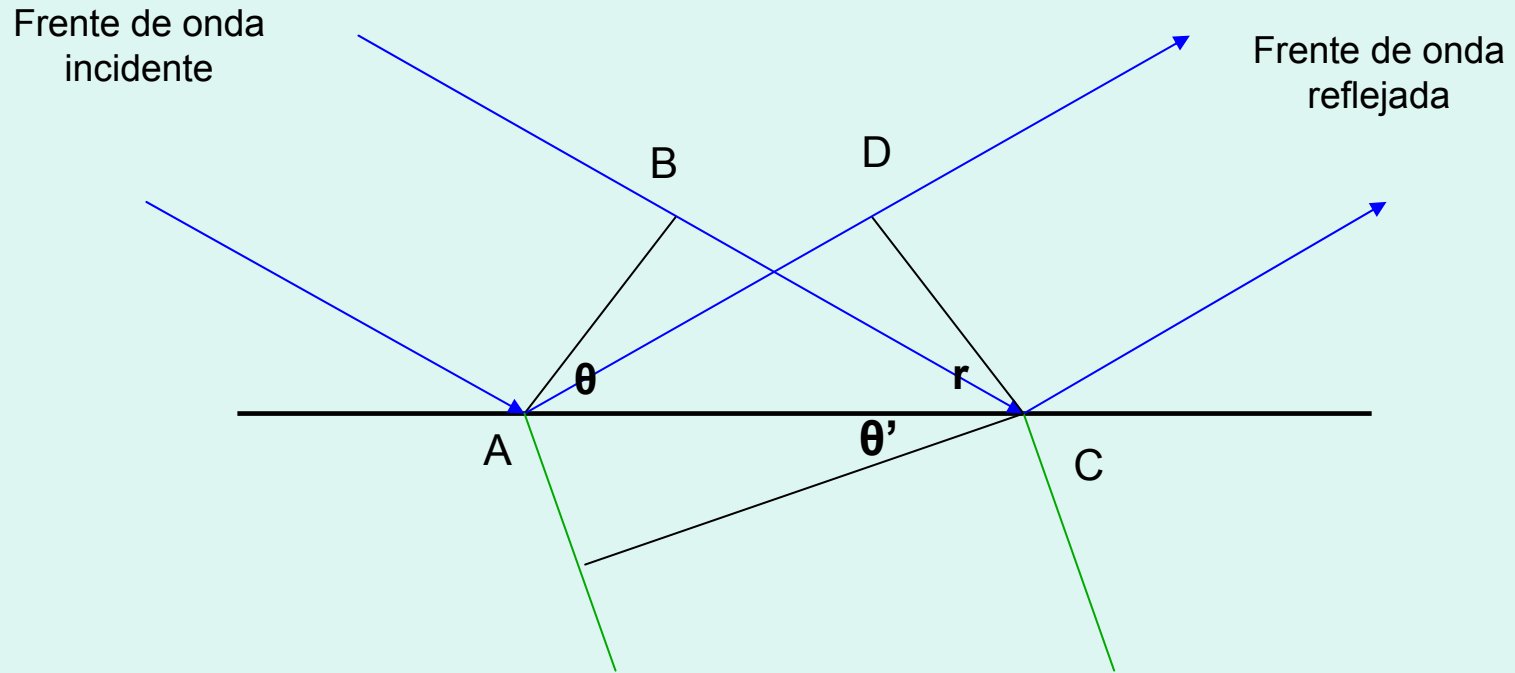
Debe tener características de dispersión y refracción exactamente definidas y, por tanto, debe ser química y físicamente lo más uniforme posible, sin burbujas ni deformidades de ninguna clase. También ha de transmitir la mayor cantidad posible de luz y no absorber selectivamente las diferentes longitudes de onda.

Es deseable una buena resistencia a la acción del vapor de agua, los gases atmosféricos, etc., aunque no siempre es posible combinar esta resistencia con una mínima calidad óptica.

Hay dos tipos básicos de vidrio óptico: flint, que contiene óxido de plomo y presenta un índice de refracción y un grado de dispersión elevados, y crown, que contiene óxido de bario y combina un elevado índice de refracción con una baja dispersión.

Por su parte, el vidrio plano óptico es un vidrio plano de elevada calidad cuyas dos caras están minuciosamente pulidas y son exactamente paralelas y planas. Se emplean en la construcción de filtros para aplicaciones que exigen precisión elevada.

# Reflexión y Refracción Luminosa

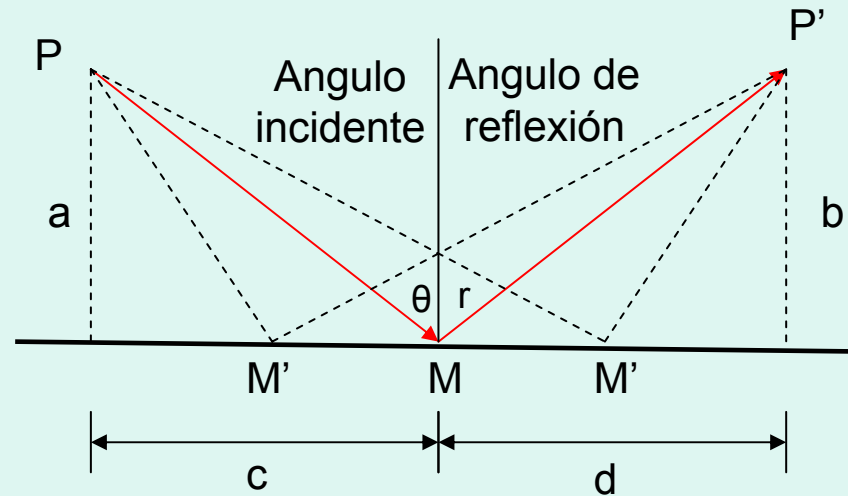


De la figura tenemos:  $\text{Sen } \theta = BC/AC = vt/AC$   
 $\text{Sen } r = AD/AC = vt/AC$   $\Rightarrow \theta = r$

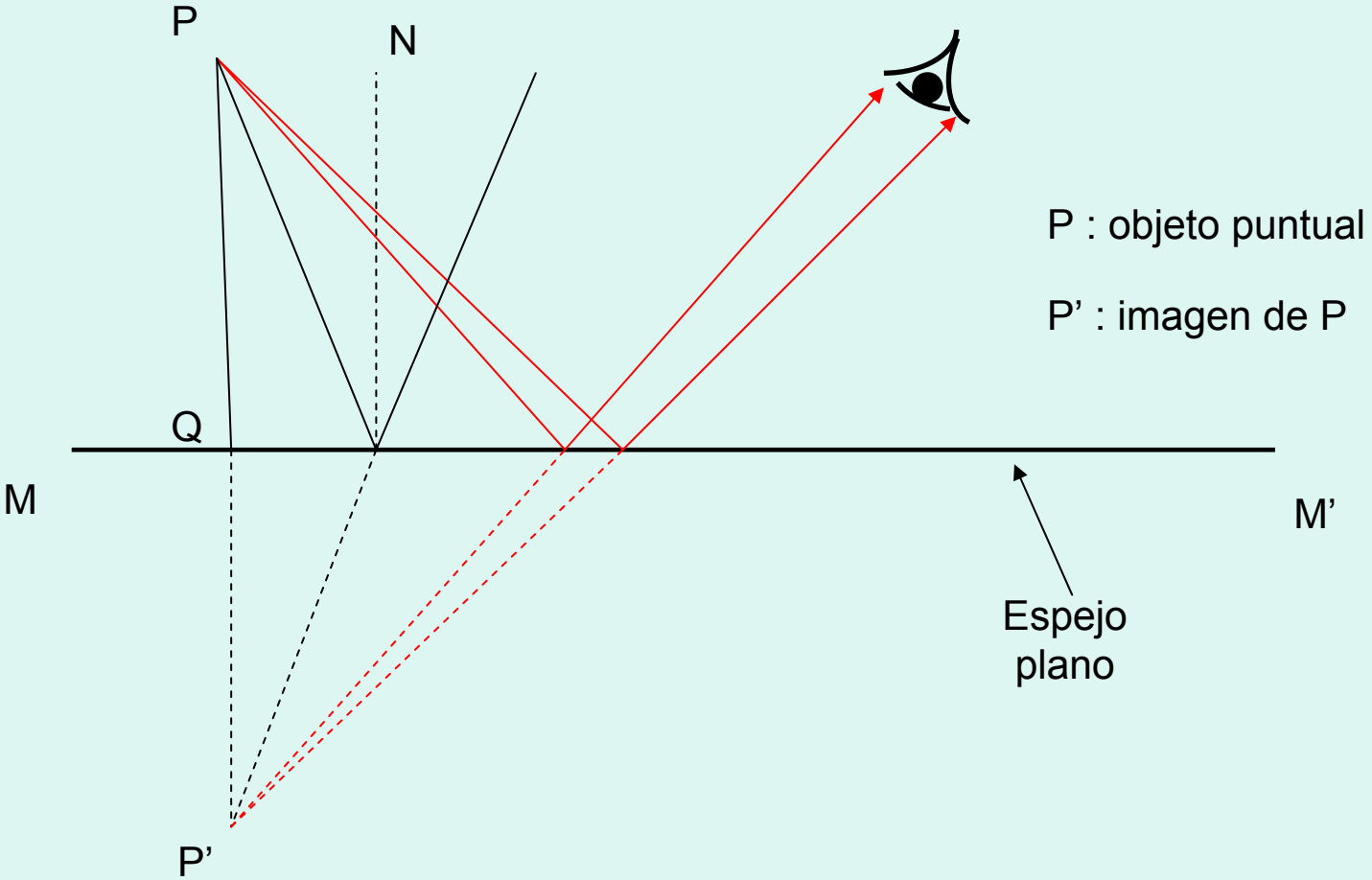
**Ley de Snell :**  $n \cdot \text{Sen } \theta = n' \cdot \text{Sen } \theta'$

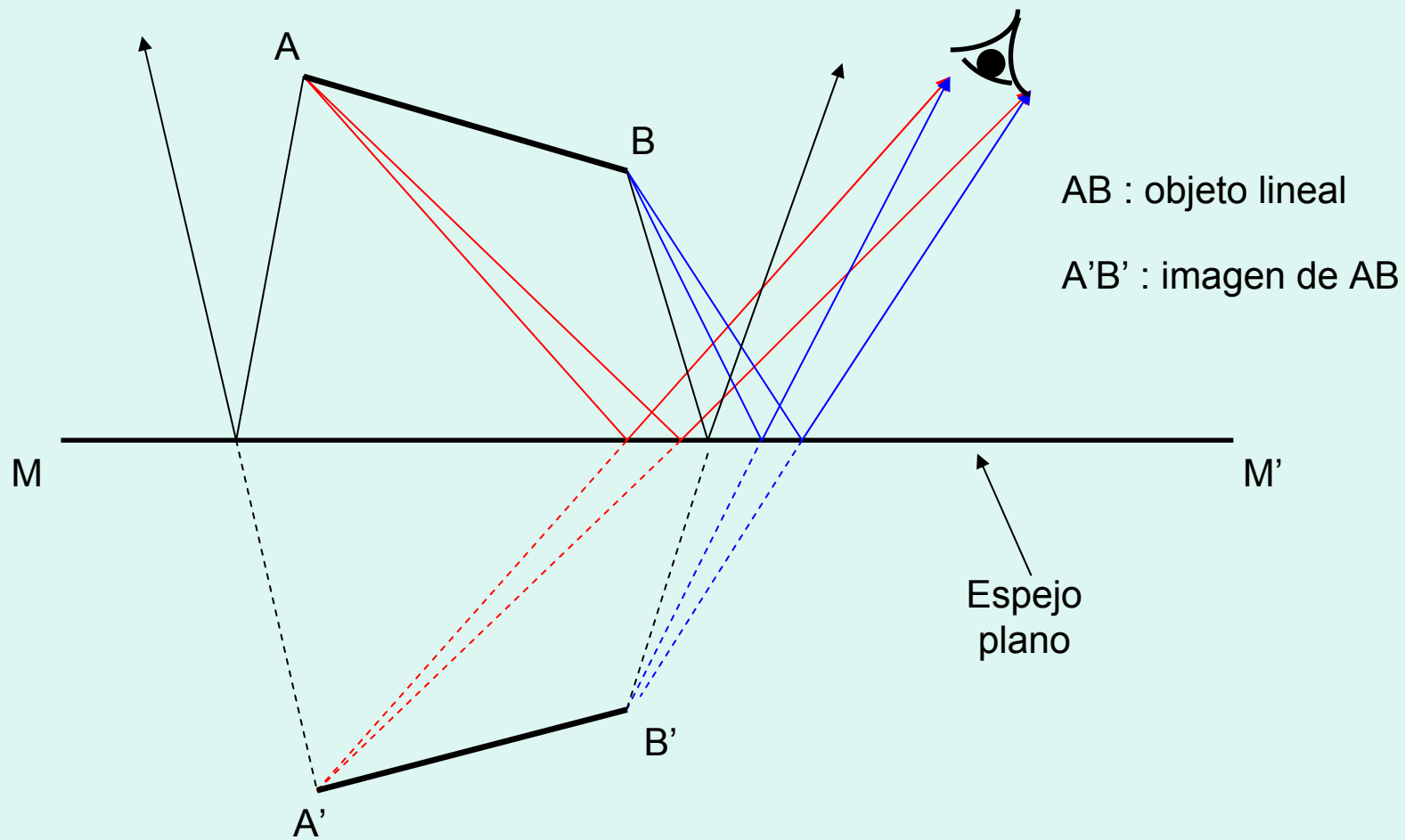
# Principio de Fermat

La luz que viaja entre dos puntos a través de un mismo medio o a través de dos o más medios distintos recorre la distancia mínima en un tiempo mínimo



# Reflexión en superficies Especulares Planas

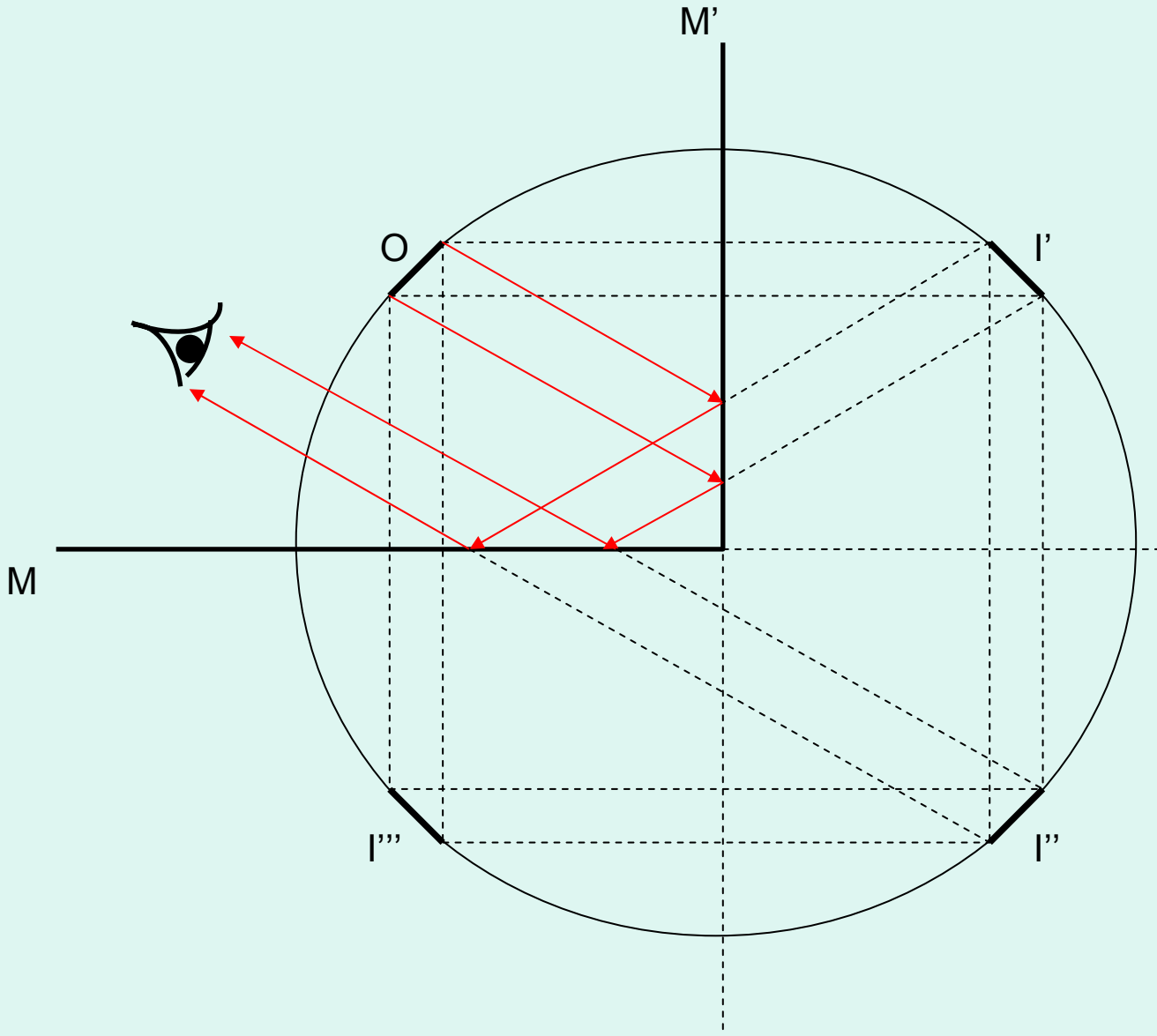




AB : objeto lineal

A'B' : imagen de AB

Espejo  
plano

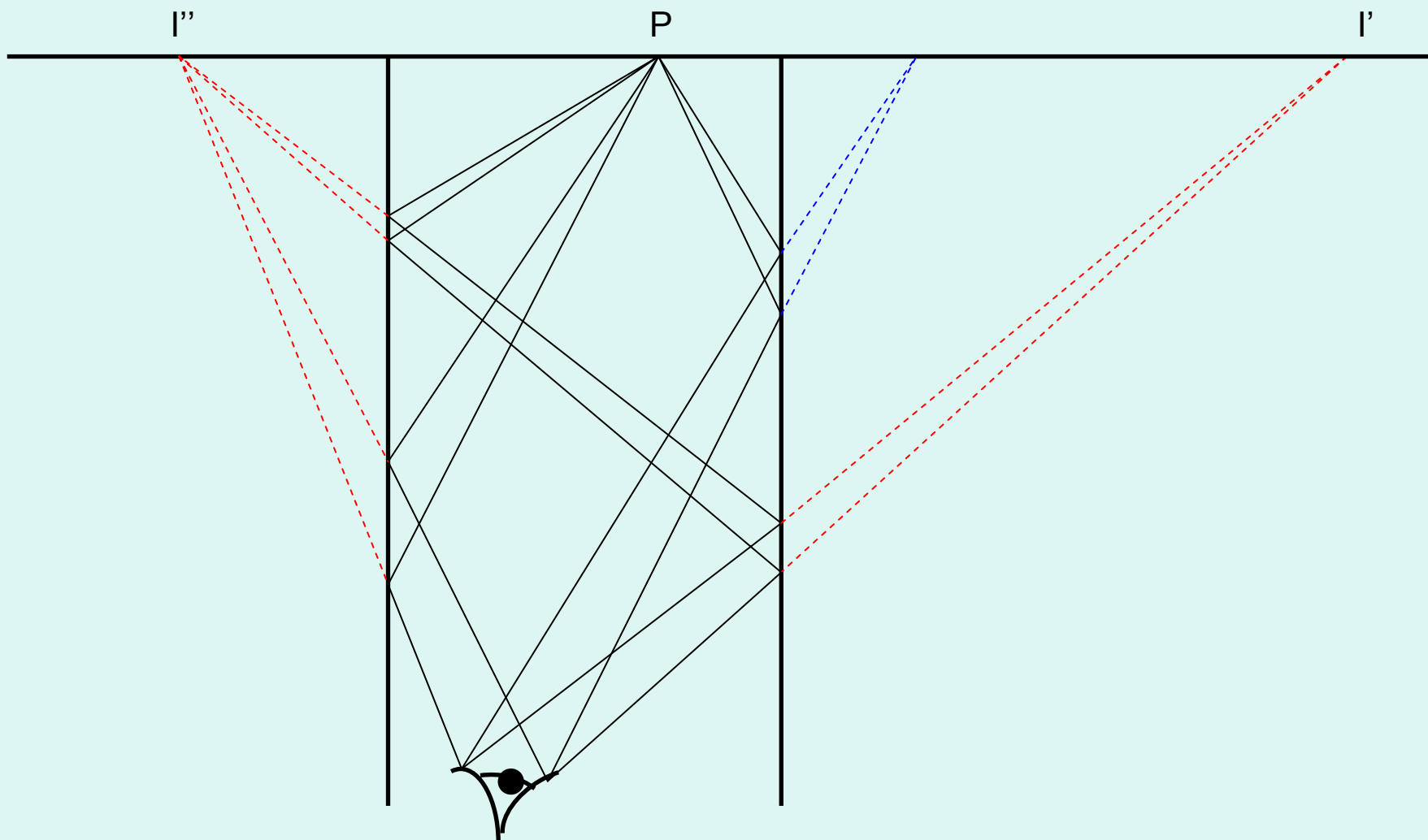


### Espejos Angulares

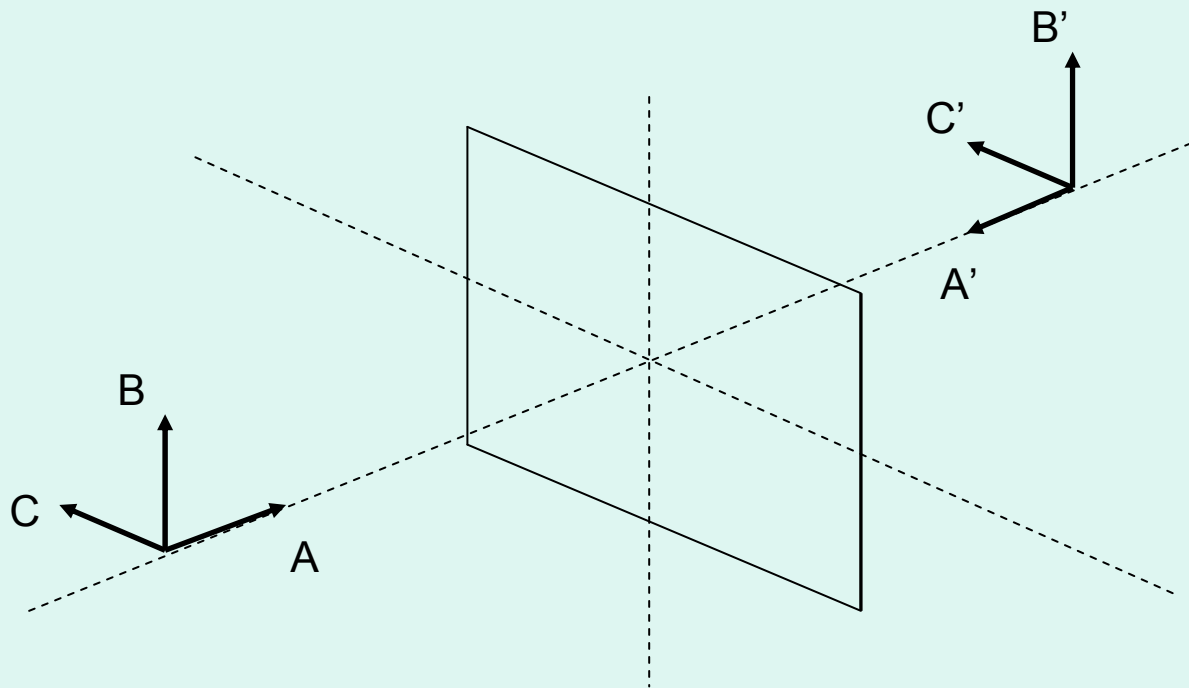
$\theta$	Nº I
180°	1
90°	3
60°	5
45°	7
40°	8
36°	9
30°	11
0°	$\infty$

$$N = (360^\circ / \theta) - 1$$

# Espejos Paralelos



# Imágenes tridimensionales en espejos planos

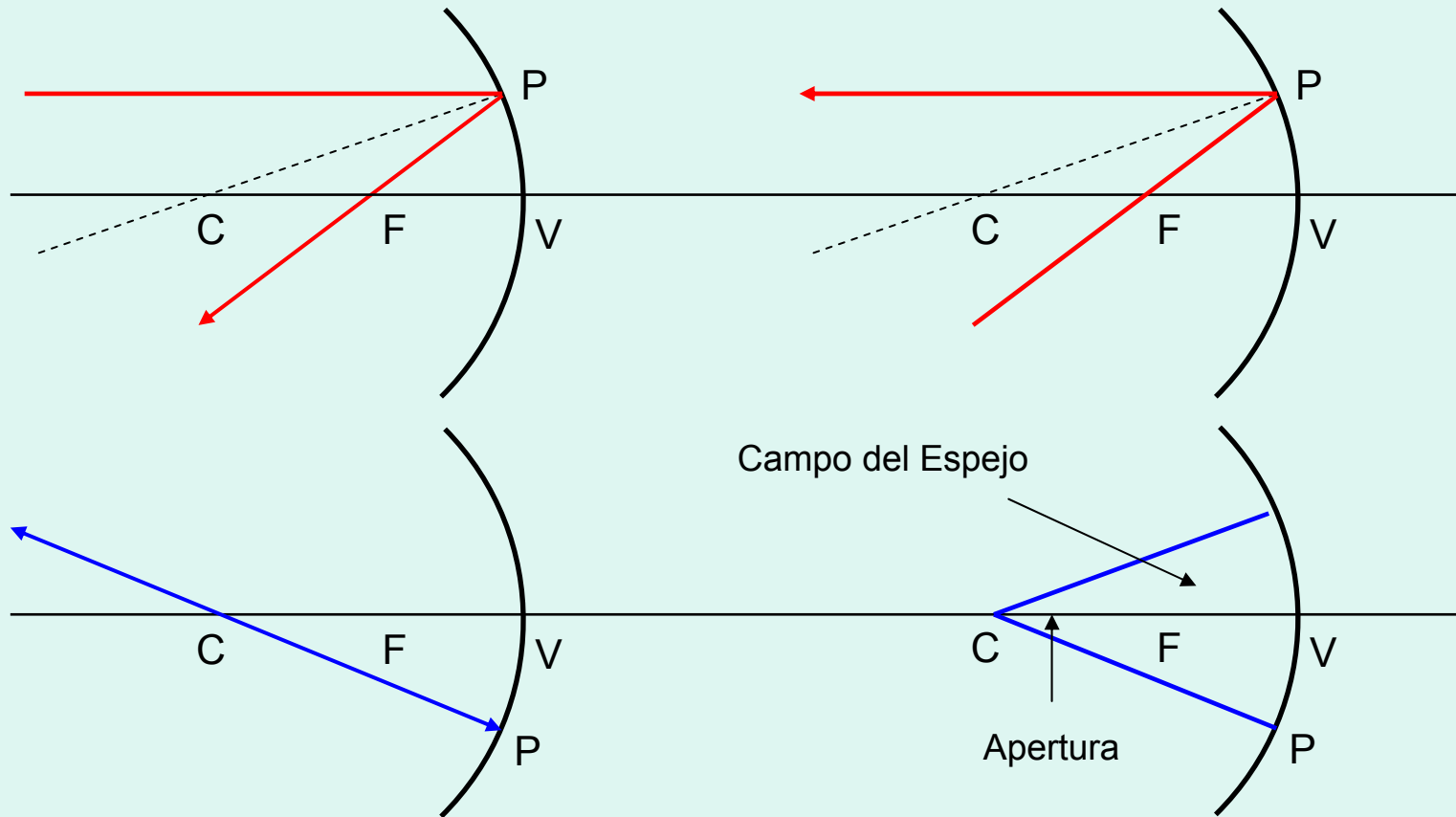


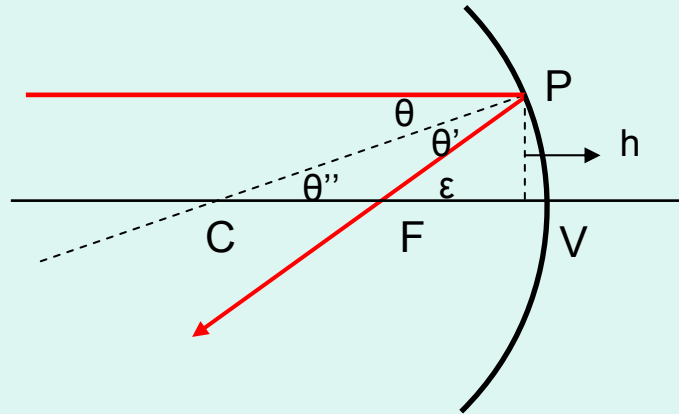


# Espejos Esféricos

## A) CÓNCAVOS

Rayos Principales en Espejos Esféricos Cóncavos

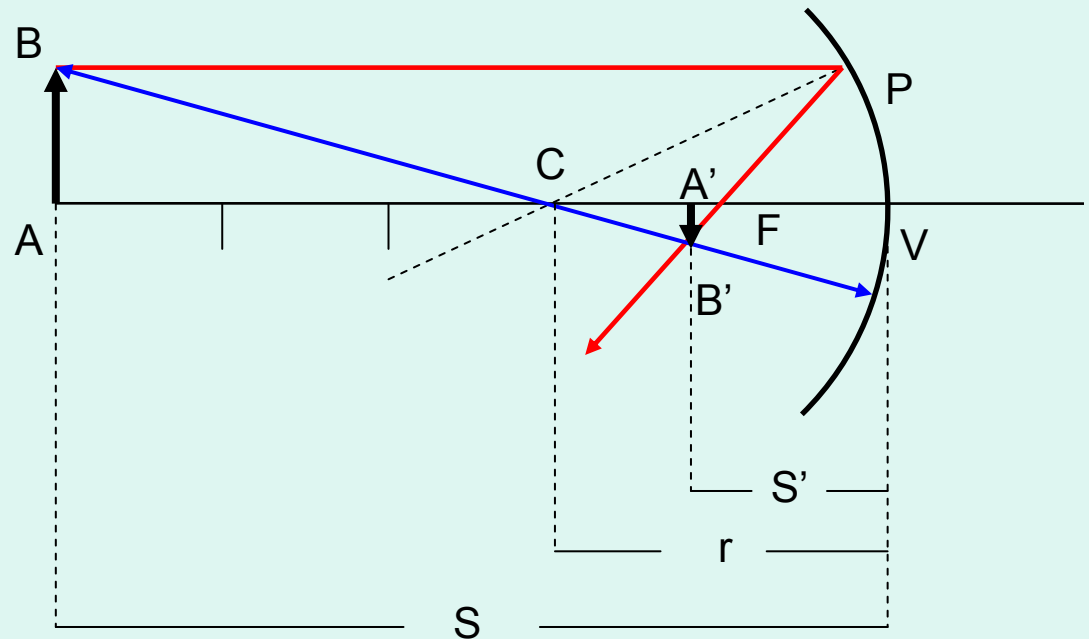




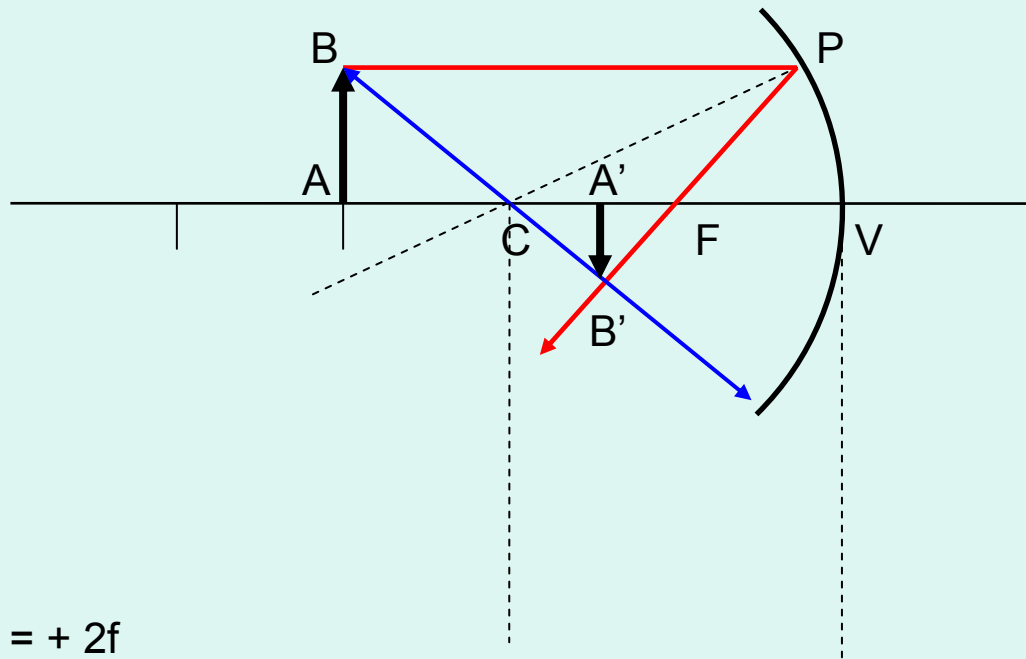
**CASO I:**  $S = + 5f$

Imagen:

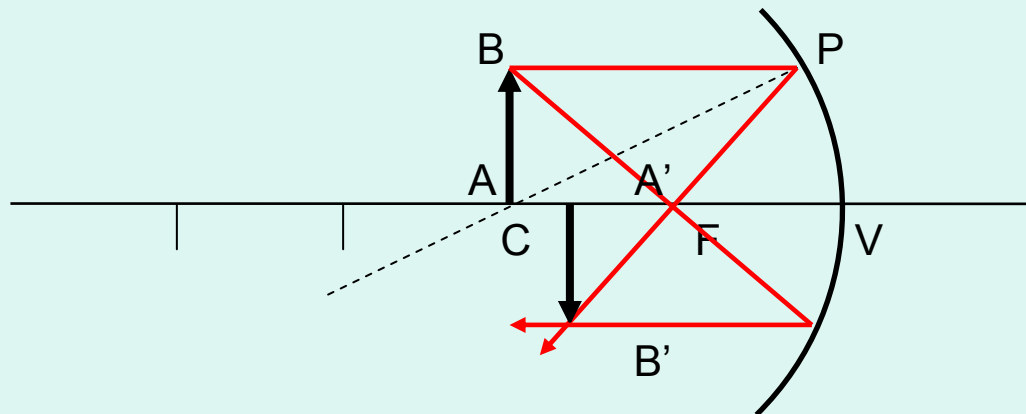
- Real
- Invertida
- Más pequeña



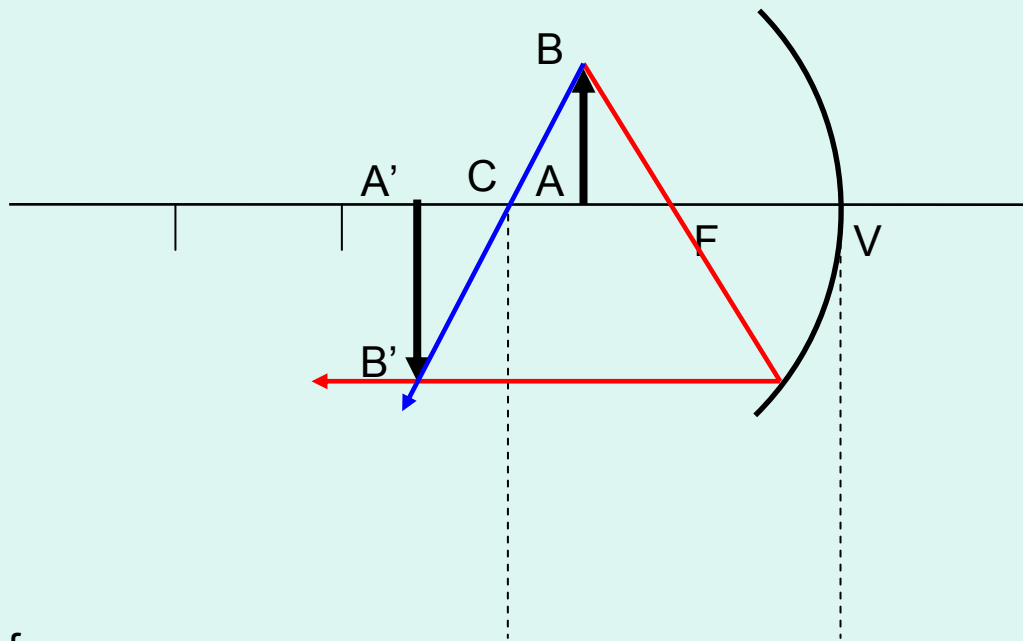
**CASO II :**  $S = + 3f$



**CASO III :**  $S = + 2f$



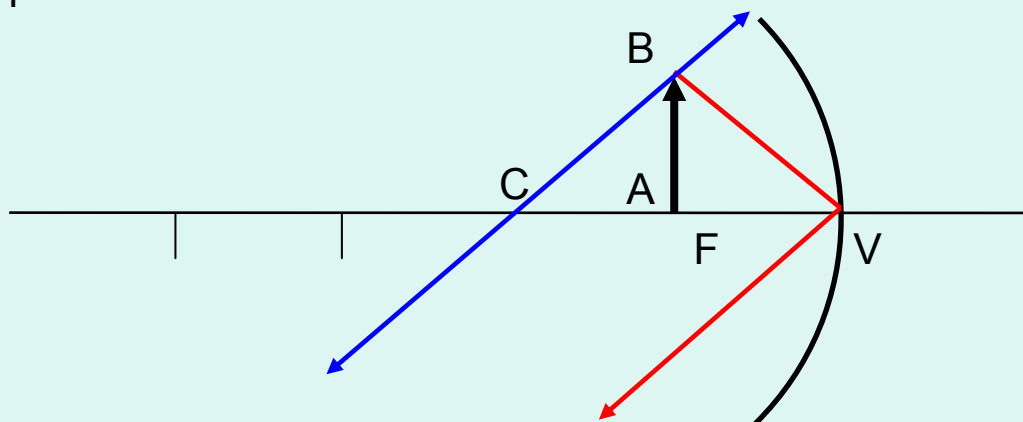
**CASO IV :**  $S = \text{entre } C \text{ y } F$



**CASO V :**  $S = + f$

Imagen:

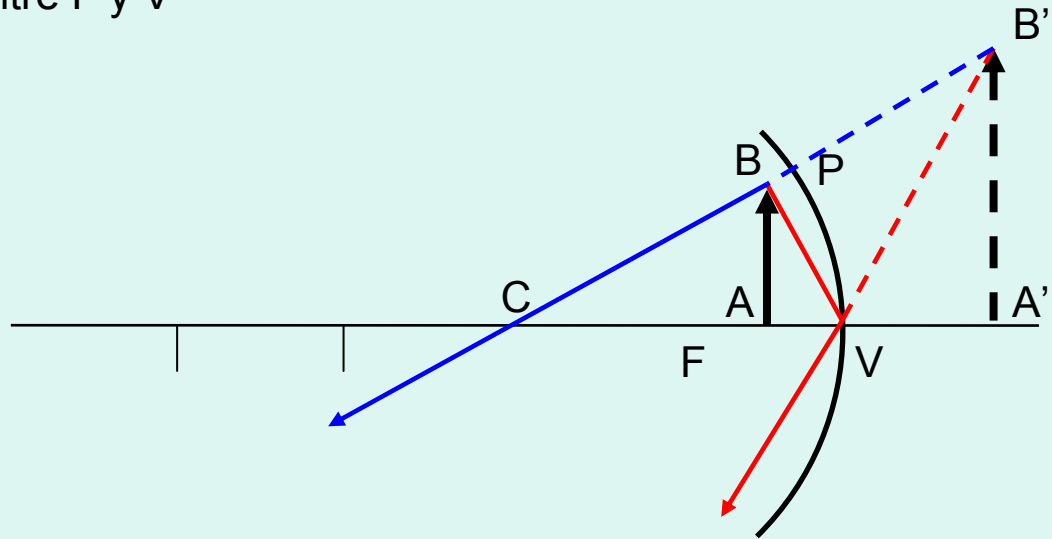
Real-Virtual



### CASO VI : $S = \text{entre } F \text{ y } V$

Imagen:

- Virtual
- Derecha
- Más grande



### B) CONVEXO

Imagen:

- Virtual
- Derecha
- Más pequeña
- Entre el vértice y el foco

