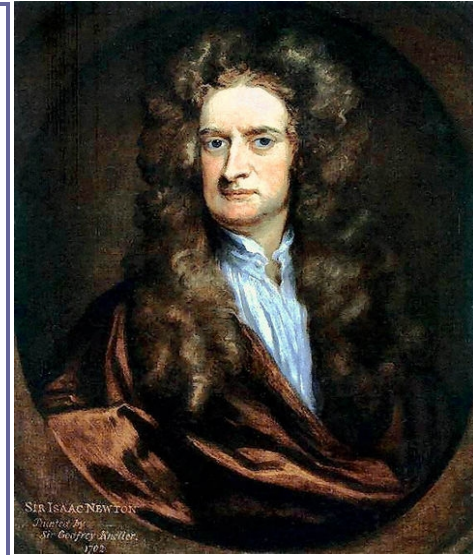


La Luz

Naturaleza de la luz:

- Los griegos la interpretaban en términos de “corpúsculos” que estimulaban la percepción de la visión al impactar en el ojo.
- Newton uso esta teoría para explicar la reflexión y refracción de la luz.
- En 1678 Huygens (Astrónomo Holandés contemporáneo a Newton y Galileo) pudo explicar muchas otras propiedades al proponer que la luz era una onda.
- Los experimentos de Young (1801) acerca de los fenómenos de interferencia y la teoría electromagnética de Maxwell (1865) reforzaron la teoría ondulatoria.
- Sin embargo al ppio. del siglo XX, Max Planck volvió a considerar cuantos para explicar la radiación emitida por objetos calientes.
- Einstein (1905) uso la teoría de corpúsculos para explicar como un metal expuesto a la luz emite electrones.

• **Cómo interpretamos hoy en día a la luz?:** Hablamos de un comportamiento dual. Es decir que la luz exhibe características de onda en ciertas situaciones y de partícula en otras.



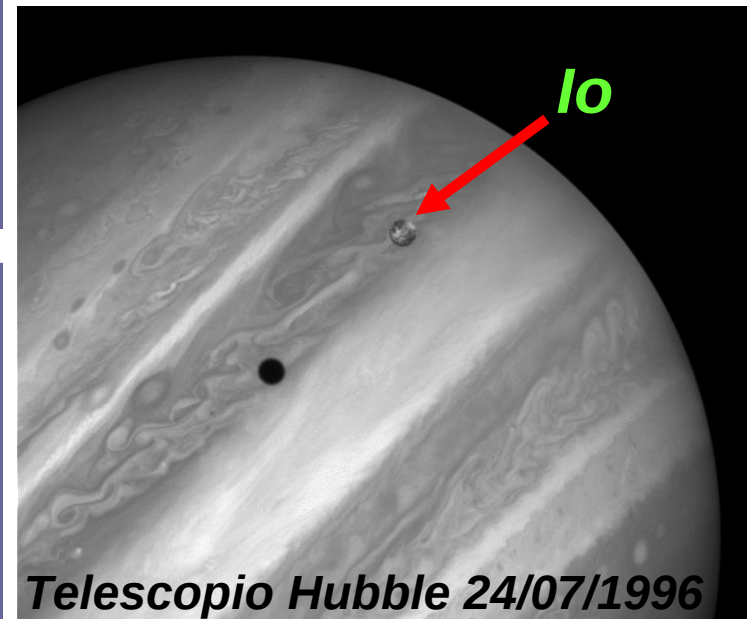
Christian Huygens

Qué velocidad tiene la luz?

Probablemente primera discusión registrada:
Aristóteles (infinita) vs Empédocles (finita)

(1600s) Galileo Galilei

Primer experimento para medir la velocidad de la luz: Dos personas en dos cerros separados 1 milla con linternas. El primero descubre la linterna y toma el tiempo en que tarda el otro en descubrir la suya. La velocidad de la luz "c" se puede obtener como $c = \text{Distancia/Tiempo}$
No funcionó. A la luz le lleva 0.000005 seg. recorrer esta distancia.



(1675) **Olaf Roemer** (astrónomo Danés)
En el Observatorio de París observaba a Io, una de las lunas de Júpiter.
Io tiene un período de revolución alrededor de Júpiter de 42.5 hs. Tomó registros del período de revolución a lo largo de más de un año.

Qué velocidad tiene la luz?

- El período de revolución de Júpiter alrededor del sol son 12 años. ($360^\circ/12/12=2.5^\circ$ por mes)
- Esto implica que cuando la Tierra rota 90° (3 meses) Júpiter rota 7.5° .

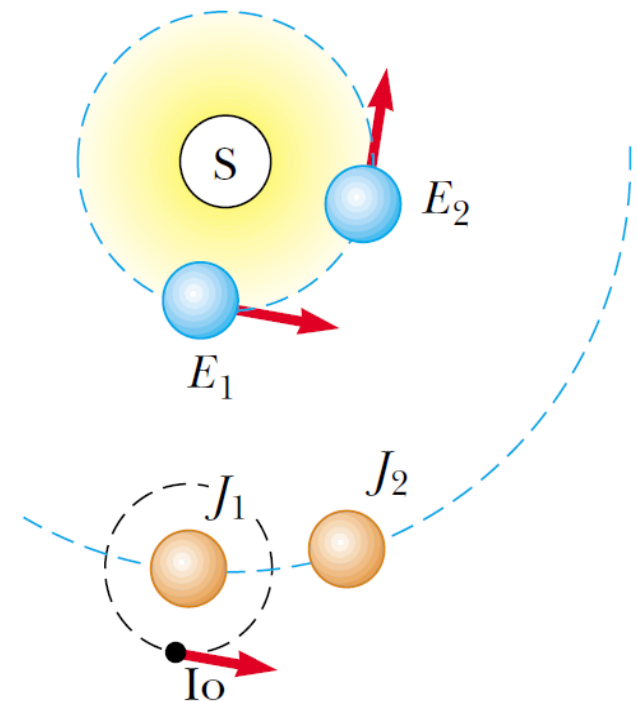
Roemer encontró que los períodos de rotación de Io eran más grandes cuando la Tierra se alejaba de Júpiter y eran más chicos cuando se acercaba.

Midiendo un eclipse y prediciendo cuando sería el eclipse a los tres meses encontró que el eclipse se dió 10 minutos más tarde.

Roemer atribuyó la variación al incremento de distancia Tierra-Júpiter.

Huygens usando los datos de Roemer estimó la Velocidad de la luz en $c = 2.3 \times 10^8$ m/s

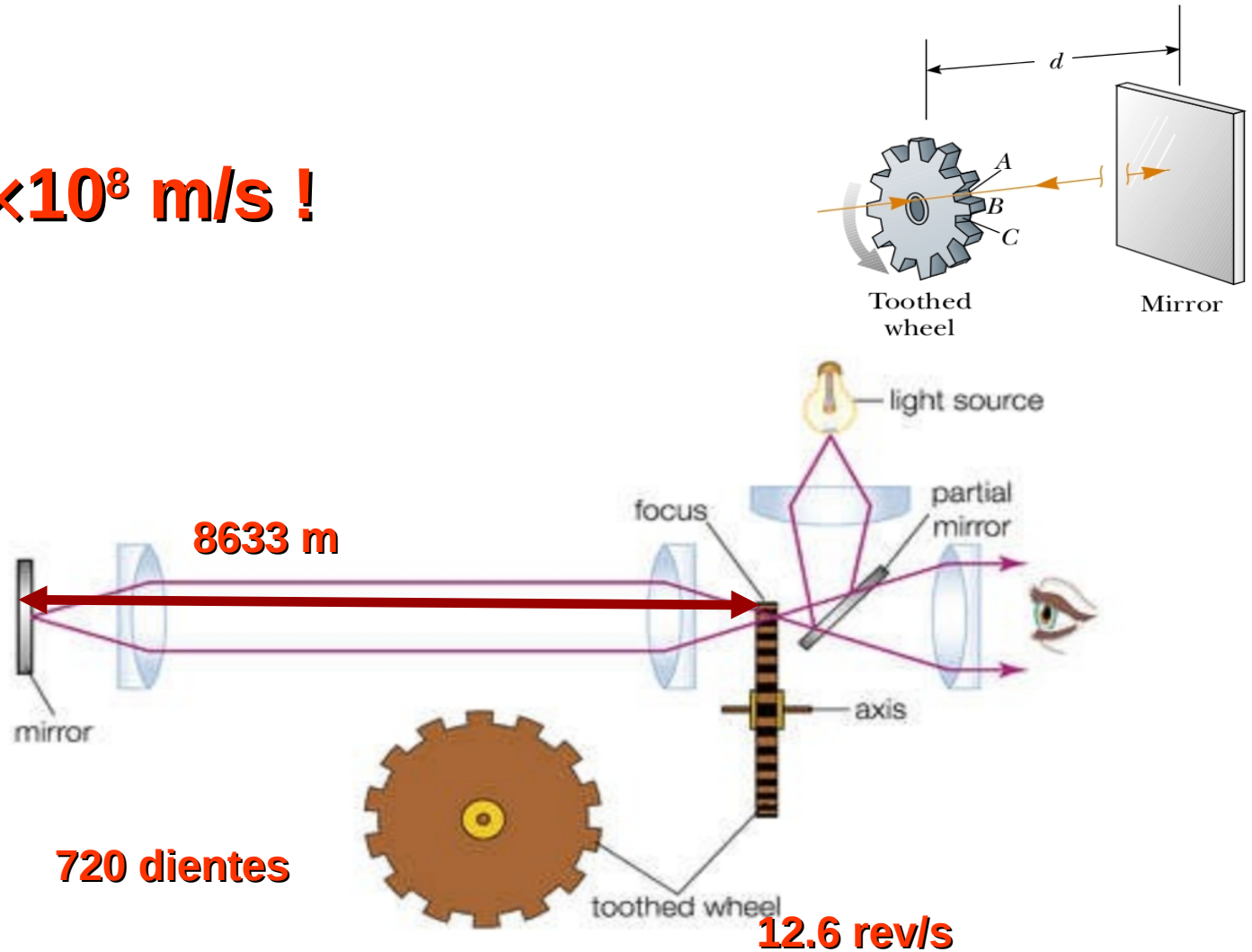
El plano de rotación de la Tierra, Jupiter e Io es aprox. el mismo!



VELOCIDAD FINITA!!!
En realidad $c = 3 \times 10^8$ m/s !

Experimento de Fizeau (1849)

$c = 3.1 \times 10^8 \text{ m/s} !$



Example 35.1 Measuring the Speed of Light with Fizeau's Wheel

Assume that Fizeau's wheel has 360 teeth and is rotating at 27.5 rev/s when a pulse of light passing through opening *A* in Figure 35.2 is blocked by tooth *B* on its return. If the distance to the mirror is 7 500 m, what is the speed of light?

Solution The wheel has 360 teeth, and so it must have 360 openings. Therefore, because the light passes through opening *A* but is blocked by the tooth immediately adjacent to *A*, the wheel must rotate through an angular displacement of $(1/720)$ rev in the time interval during which the light pulse

makes its round trip. From the definition of angular speed, that time interval is

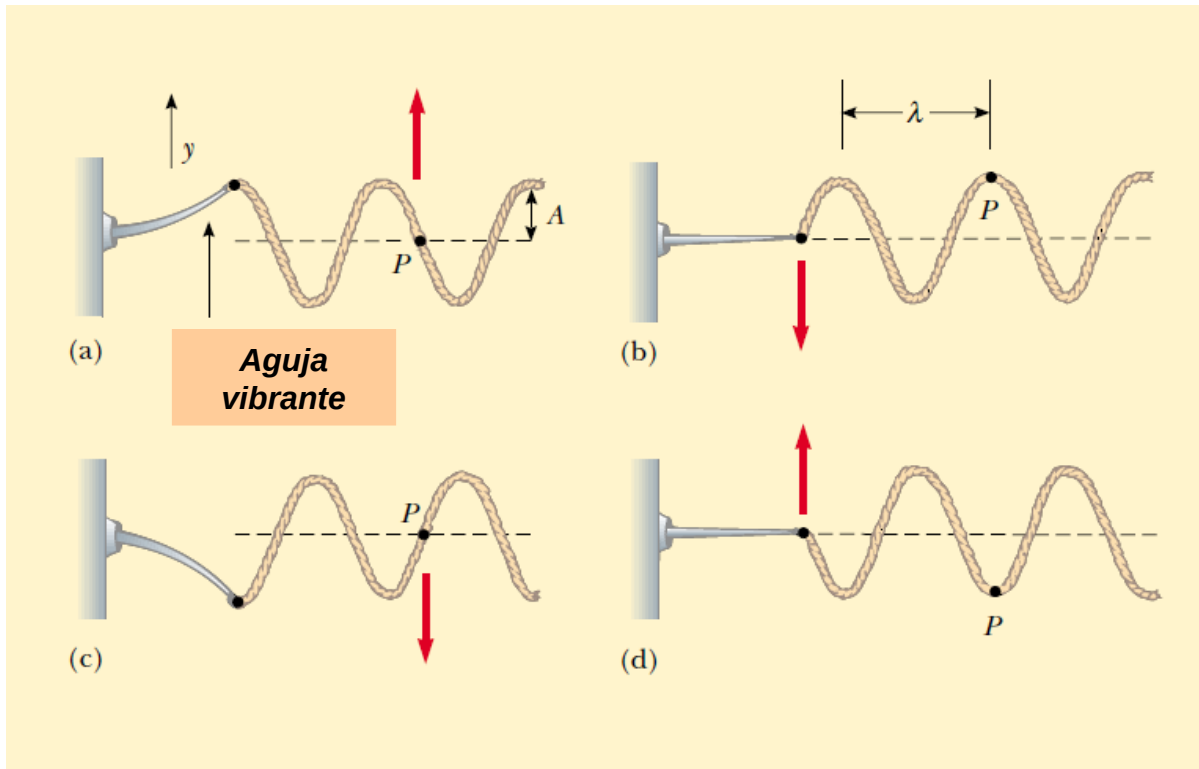
$$\Delta t = \frac{\Delta\theta}{\omega} = \frac{(1/720) \text{ rev}}{27.5 \text{ rev/s}} = 5.05 \times 10^{-5} \text{ s}$$

Hence, the speed of light calculated from this data is

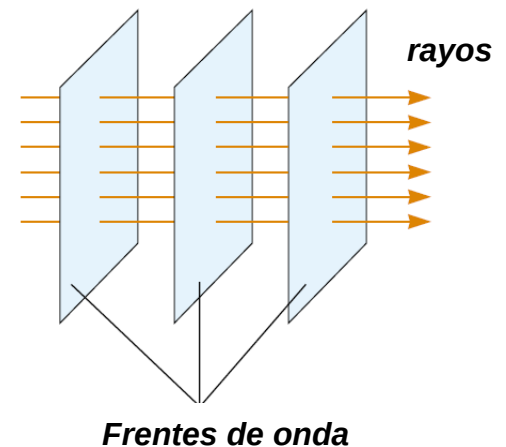
$$c = \frac{2d}{\Delta t} = \frac{2(7\,500 \text{ m})}{5.05 \times 10^{-5} \text{ s}} = 2.97 \times 10^8 \text{ m/s}$$

La aproximación de rayos

Análogo mecánico



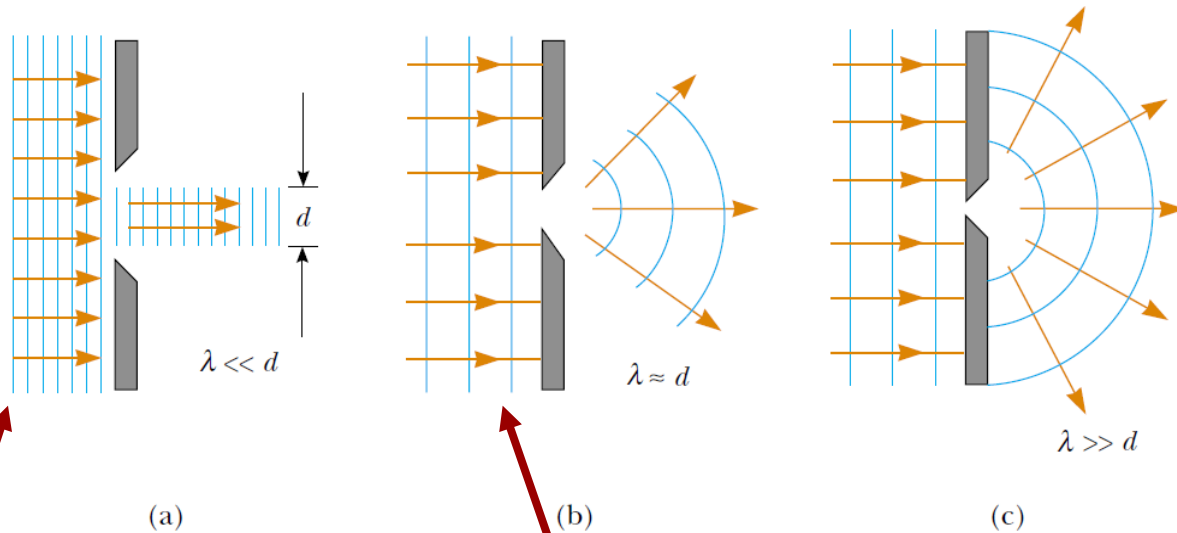
Velocidad de Propagación de la onda
 $v = \lambda f$
frecuencia
Longitud de onda



Los frentes de onda podrían ser todos los máximos de las crestas

La aproximación de rayos

Principal objeción en la época a la teoría de Huygens: las ondas doblan las esquinas. Por lo tanto la luz debiera hacer lo mismo.

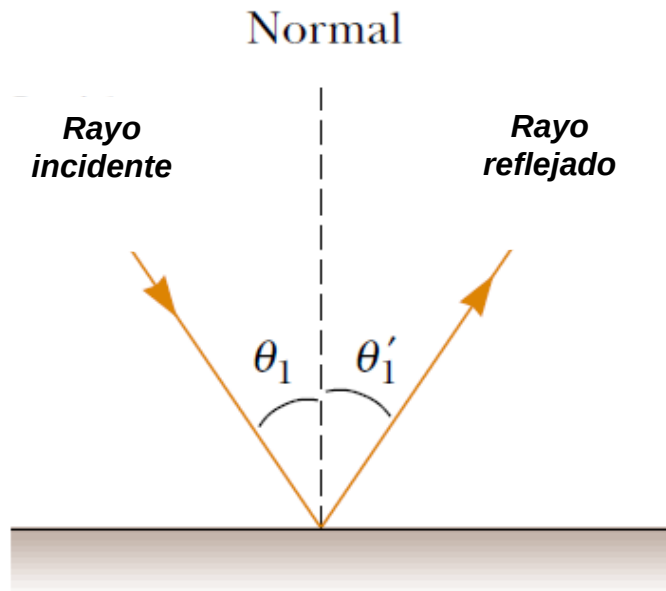


Por eso no veo que la luz dobla la esquina!

Difracción
 $d \sim 3.50 \times 10^{-7} \text{ m} - 7 \times 10^{-7} \text{ m}$

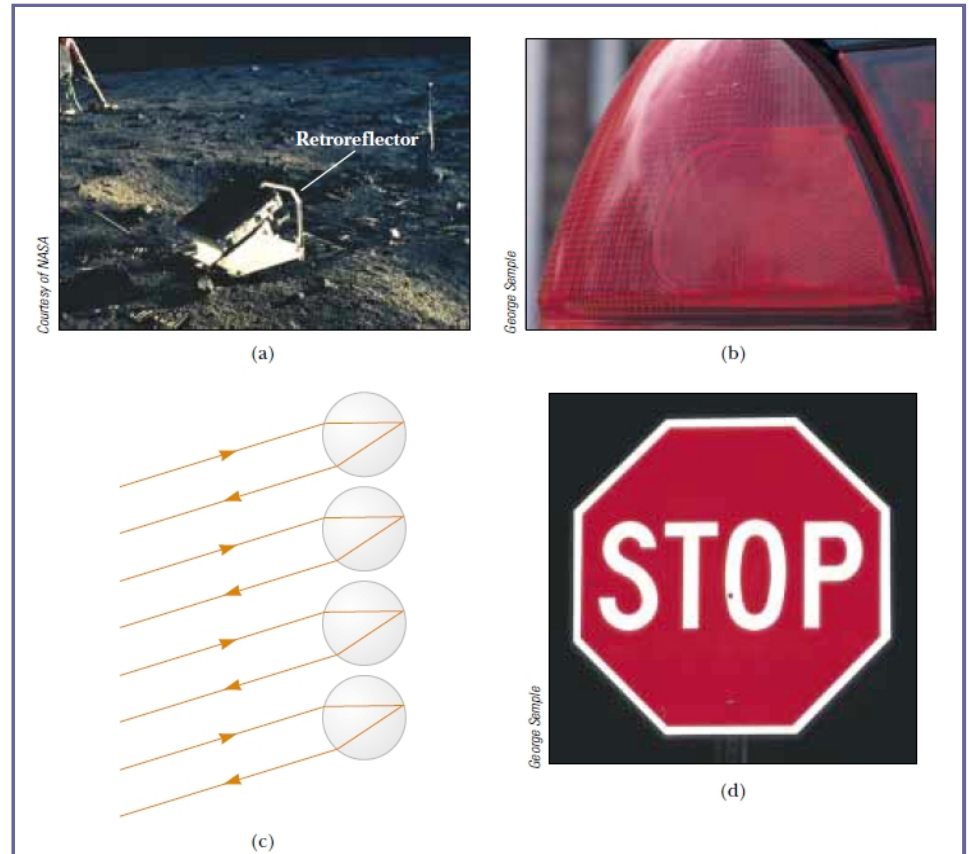
El límite $\lambda \ll d$ nos permite estudiar espejos, lentes, prismas e instrumentos como el telescopio, el microscopio, la lupa etc.

La propagación de la Luz: Reflexión



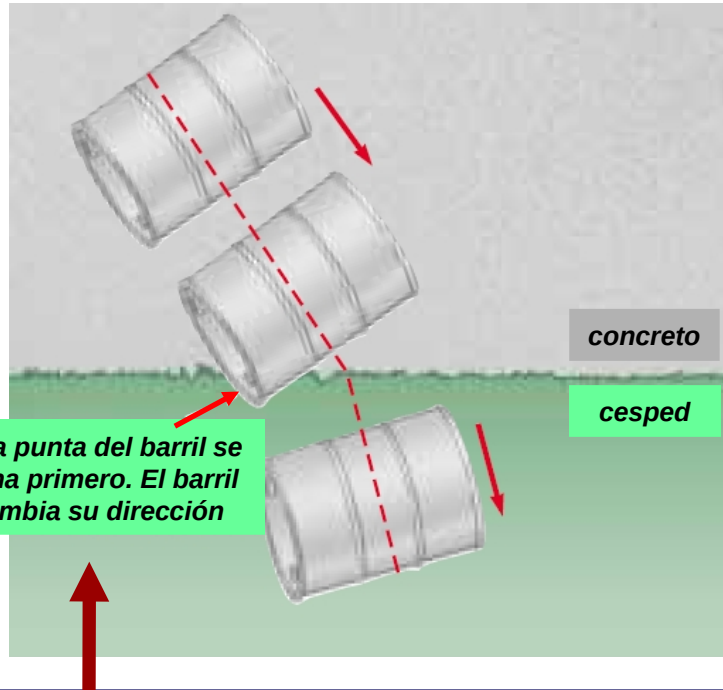
**El ángulo de incidencia
es igual al de reflexión**

$$\theta_1 = \theta_1'$$

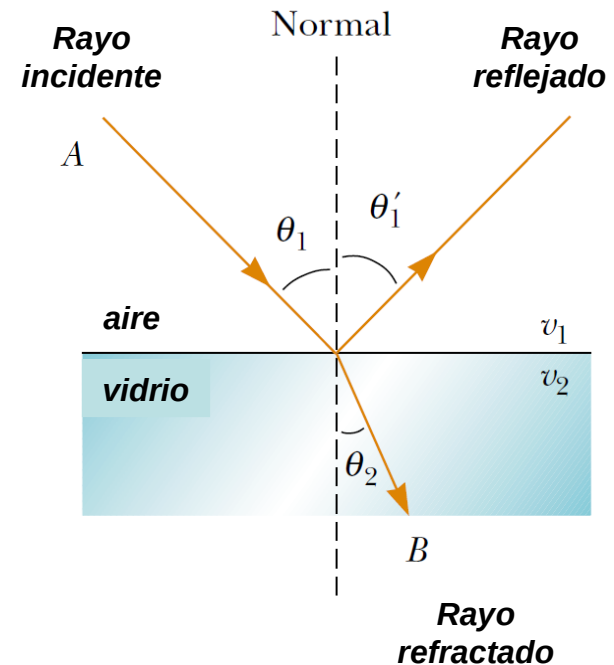


Concepto usado en retrorreflectores

La propagación de la Luz: Refracción

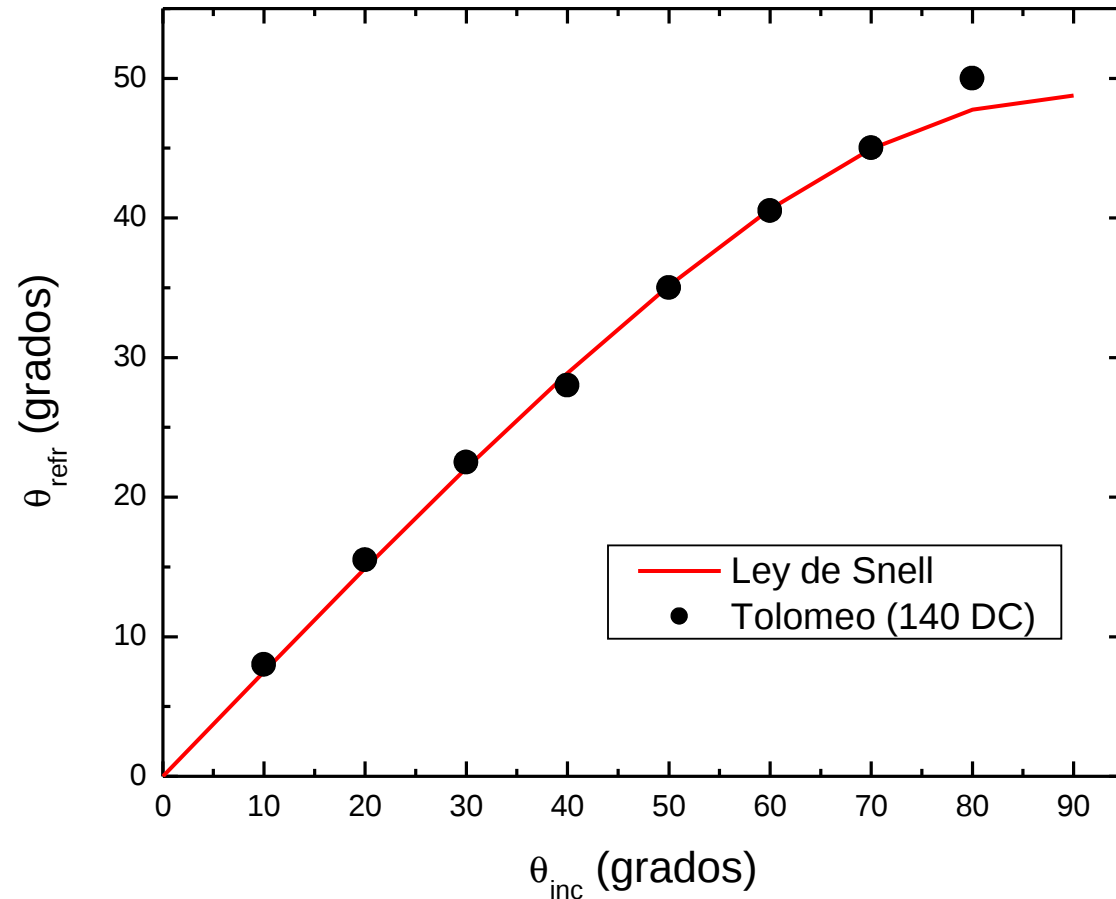


Una buena analogía para entender la refracción: barril rodando sobre asfalto que entra en una zona con césped



La intensidad de luz incidente es igual a la reflejada más la refractada

La propagación de la Luz: Refracción



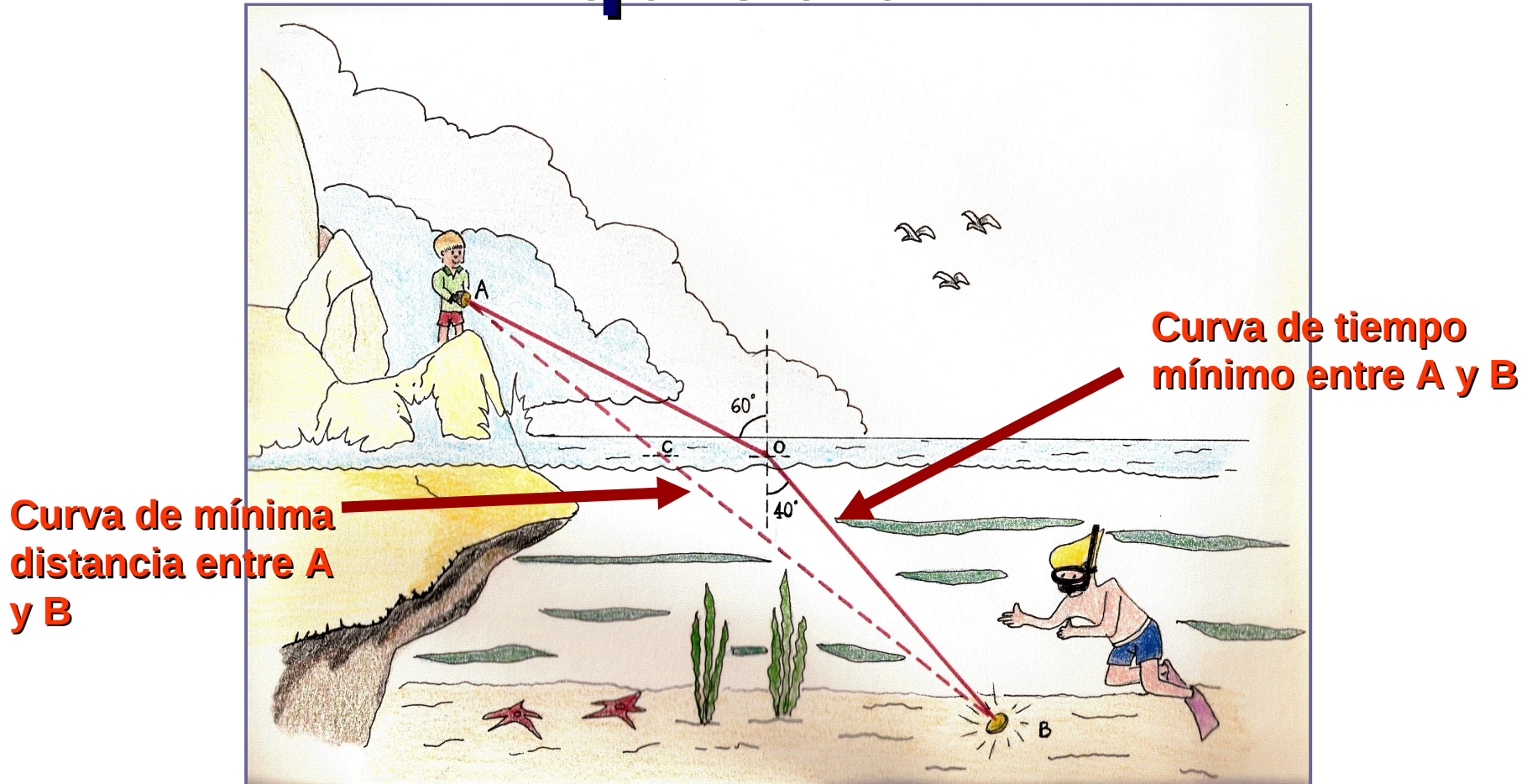
Este es un buen ejemplo de los pasos necesarios en el desarrollo de una ley física:

- 1) Observar un efecto.
- 2) Realizar mediciones.
- 3) Registrar en una tabla.
- 4) Tratar de encontrar la *regla* mediante la cual una cosa está conectada con la otra.

La tabla de Tolomeo data de 140 DC.

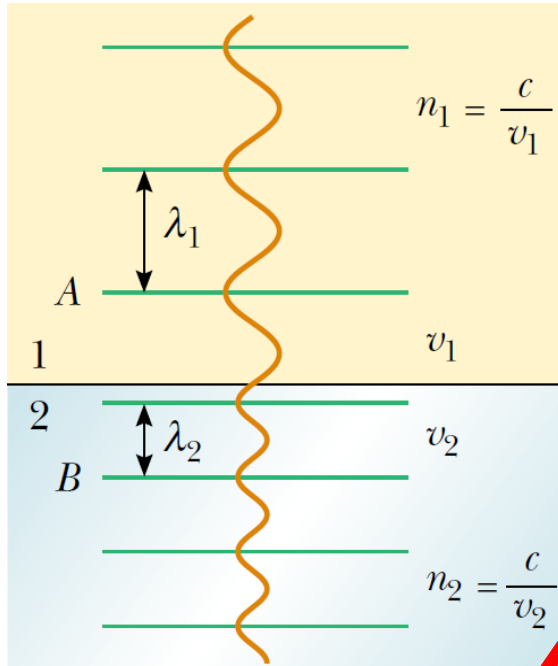
La Ley de Snell data de 1621, 15 siglos de distancia!!

Pero porqué la luz se quiebra?



Principio de Fermat: de todos los caminos posibles que puede tomar para ir de un punto a otro, la luz toma el que requiere el tiempo más corto.

Más sobre Refracción



Definimos el índice de refracción como:

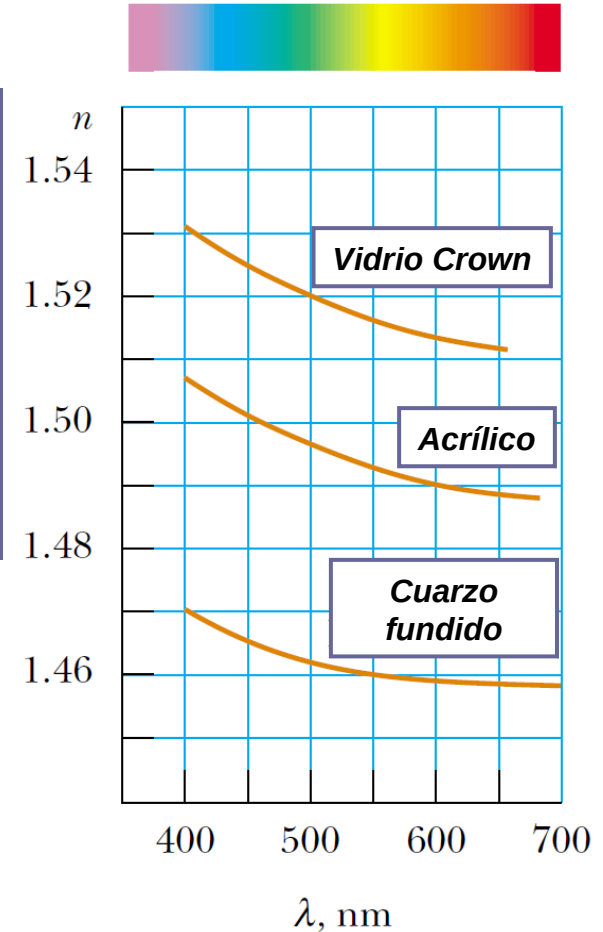
$$n = c / v_{\text{prop. en el medio}}$$

Ley de Snell

$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2$$

Al cambiar de medio la frecuencia no varía. Cambian la velocidad y la longitud de onda

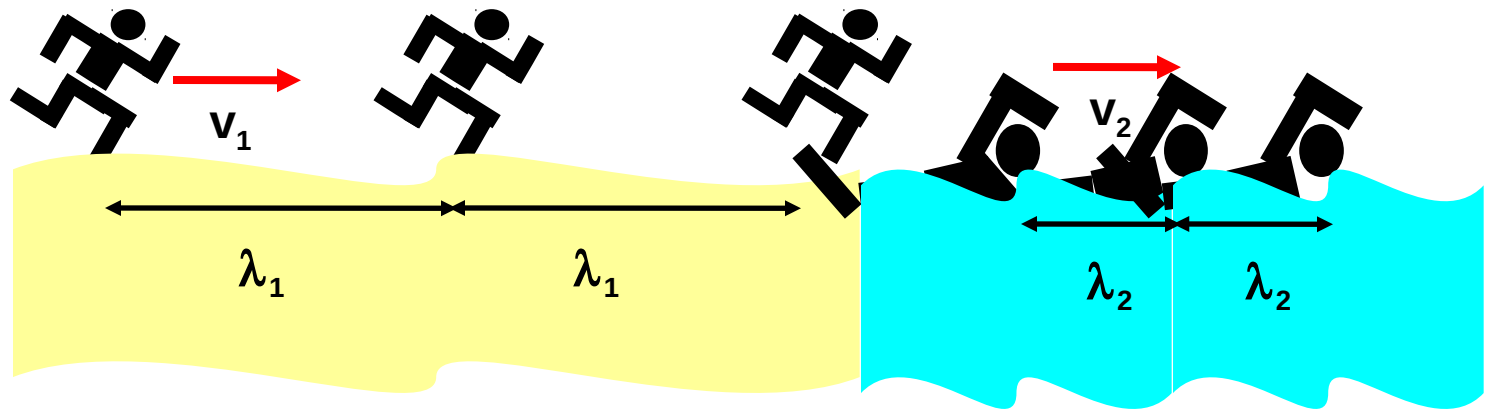
El número de ondas que deja un medio por unidad de tiempo tiene que ser igual al número que entra en el otro.



No todos los colores ven el mismo índice de refracción al atravesar un material !!

Más sobre Refracción

Usemos un análogo mecánico para entender que le sucede a la luz al pasar de un medio en el que se mueve con velocidad v_1 a un medio en el que se mueve con velocidad v_2



Cada corredor representa un frente de onda. Al entrar al agua, como $v_2 < v_1$, la distancia entre nadadores se achica ($\lambda_2 < \lambda_1$).

El número de nadadores que dejan la tierra por unidad de tiempo es igual al número de nadadores por unidad de tiempo que entran al agua. (De no ser así estarían desapareciendo o apareciendo de la nada!).

Al cambiar de medio, la frecuencia permanece constante. La longitud de onda y la velocidad de propagación cambian.

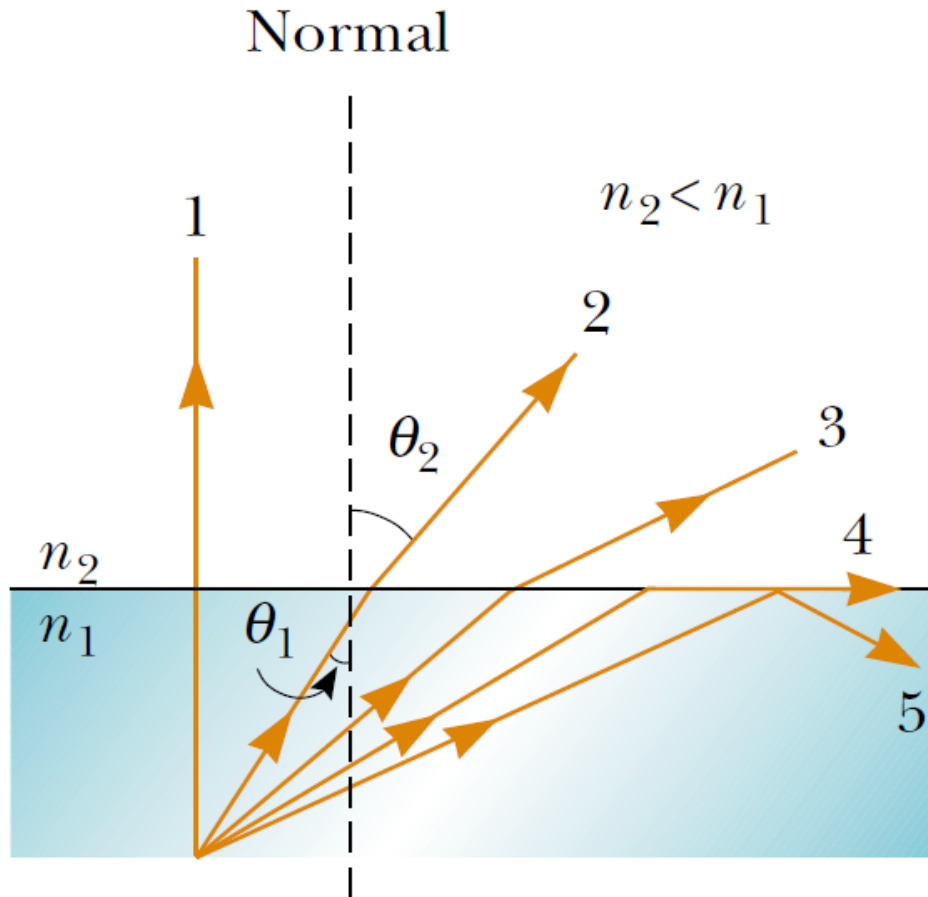
Indices of Refraction^a

Substance	Index of Refraction	Substance	Index of Refraction
<i>Solids at 20°C</i>		<i>Liquids at 20°C</i>	
Cubic zirconia	2.20	Benzene	1.501
Diamond (C)	2.419	Carbon disulfide	1.628
Fluorite (CaF ₂)	1.434	Carbon tetrachloride	1.461
Fused quartz (SiO ₂)	1.458	Ethyl alcohol	1.361
Gallium phosphide	3.50	Glycerin	1.473
Glass, crown	1.52	Water	1.333
Glass, flint	1.66		
Ice (H ₂ O)	1.309	<i>Gases at 0°C, 1 atm</i>	
Polystyrene	1.49	Air	1.000 293
Sodium chloride (NaCl)	1.544	Carbon dioxide	1.000 45

^a All values are for light having a wavelength of 589 nm in vacuum.

Más sobre Refracción: Reflexión Total

ángulo crítico: ángulo de incidencia para el cual el refractado vale 90°



Para ángulos de incidencia mayores el rayo se refleja totalmente (sin pérdida de intensidad)

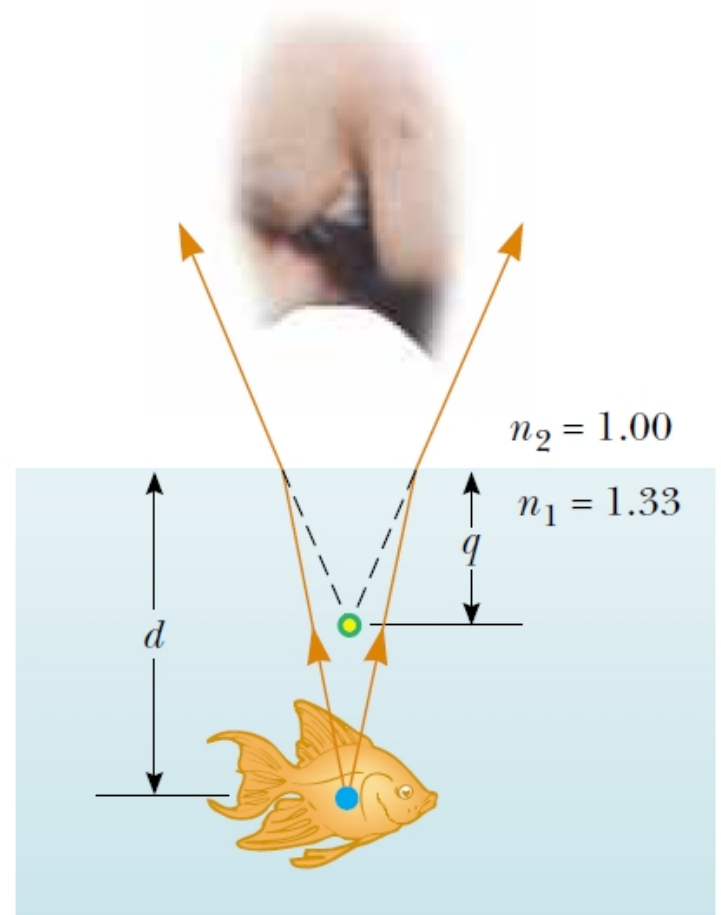
Más sobre Refracción: Profundidad Aparente

De la Ley de Snell se puede derivar que para un observador mirando justo desde arriba,

$$\frac{q}{d} = \frac{n_2}{n_1}.$$

De modo que si conocemos la velocidad de propagación de la luz en el medio 2 podemos determinar la que tiene en el medio 1:

$$v_1 = v_2 n_2 / n_1$$



Profundidad Aparente

Ley de Snell $n_1 \text{sen} \varphi_1 = n_2 \text{sen} \varphi_2$ (1)

Mirando los triángulos, de donde, $\tan \varphi_2 = \frac{A}{q}$ $\tan \varphi_1 = \frac{A}{d}$

$$d \tan \varphi_1 = q \tan \varphi_2$$

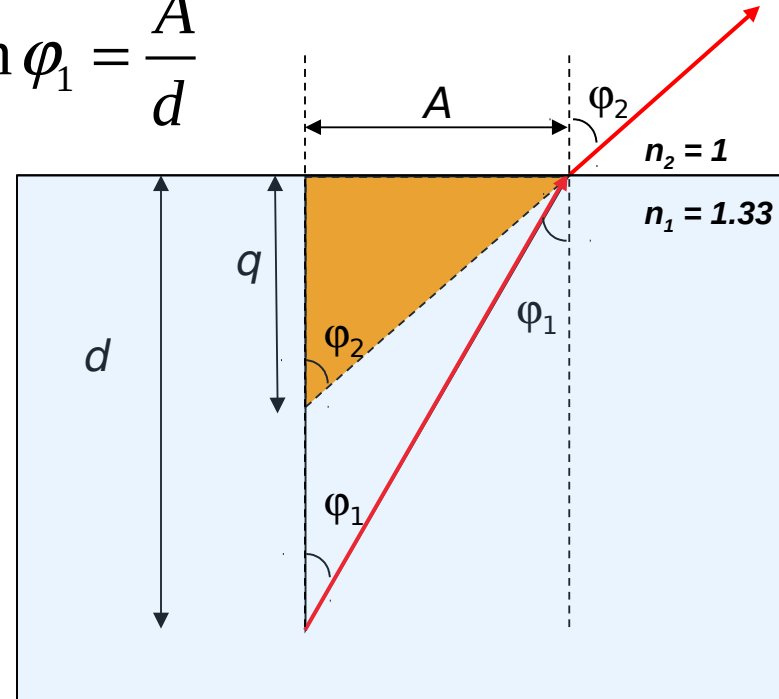
$$d \frac{\text{sen} \varphi_1}{\text{cos} \varphi_1} = q \frac{\text{sen} \varphi_2}{\text{cos} \varphi_2} \quad (2)$$

Dividiendo (1) por (2) se obtiene

$$\frac{n_1}{d} \text{cos} \varphi_1 = \frac{n_2}{q} \text{cos} \varphi_2 \quad \text{y reacomodando,}$$

$$\frac{q}{d} = \frac{n_2 \text{cos} \varphi_2}{n_1 \text{cos} \varphi_1}$$

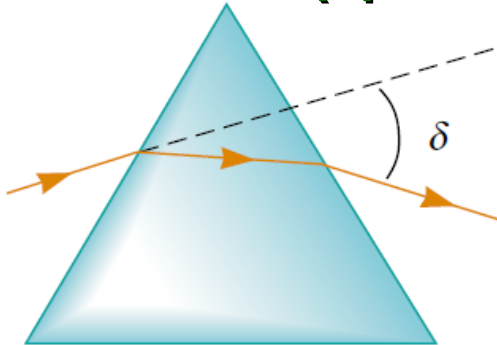
Si miro desde arriba $\varphi_2 = \varphi_1 = 0^\circ$



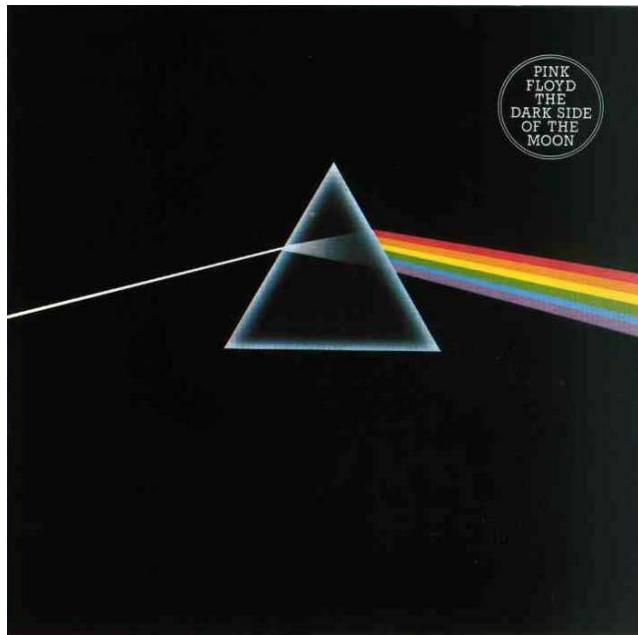
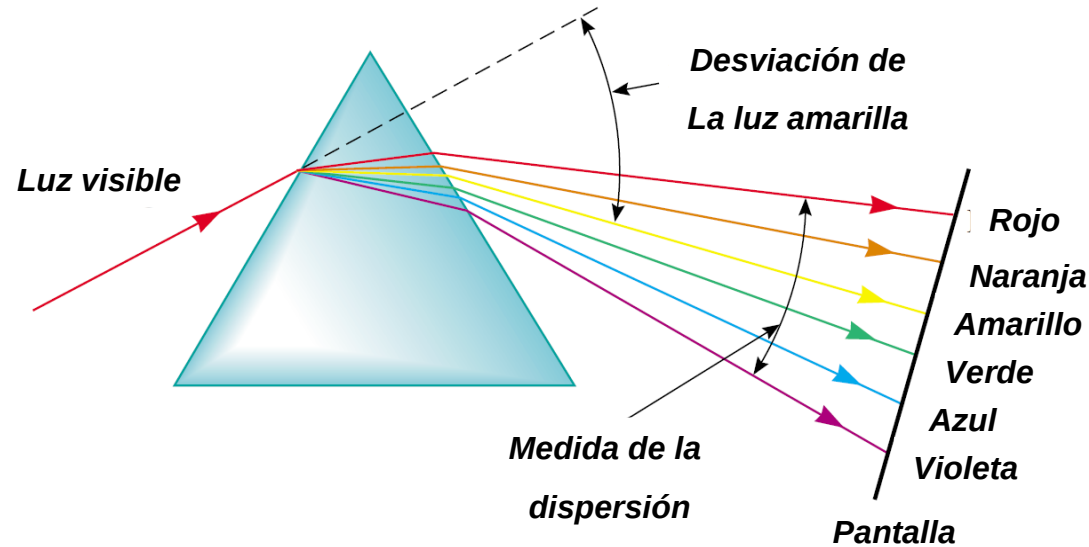
$$\rightarrow \frac{q}{d} = \frac{n_2}{n_1}$$

Más sobre Refracción: Prisma

Veamos primero una luz monocromática (tipo laser)



Veamos ahora que sucede con luz blanca



Tapa del LP de Pink Floyd: "The dark side of the moon"(1973)

Ahora sí!...El Arco Iris!!

Aristóteles (~340 A.C): reflexión de la luz del sol en un ángulo fijo



17 siglos más tarde!!

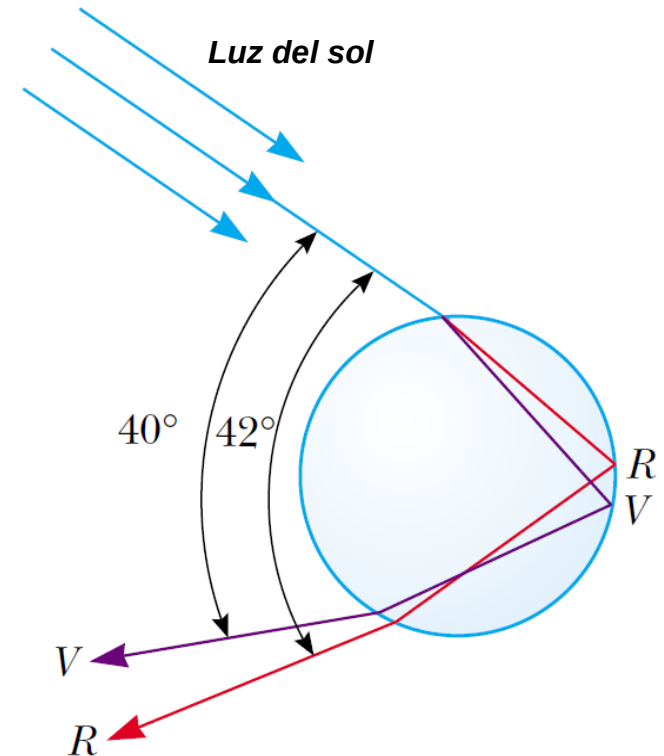
Witelo (Edad Media): reflexión sola no basta. Se necesita también la refracción

Roger Bacon (1266): primera medición del ángulo formado por la luz incidente y el arco iris (~40°)

Teodorico (1304): agrega una conjetura ..cada gota puede formar un arco iris.

Descartes (1637): explicó el arco iris usando un globo de vidrio lleno de agua. Midió miles de gotas y obtuvo un ángulo de 42°.

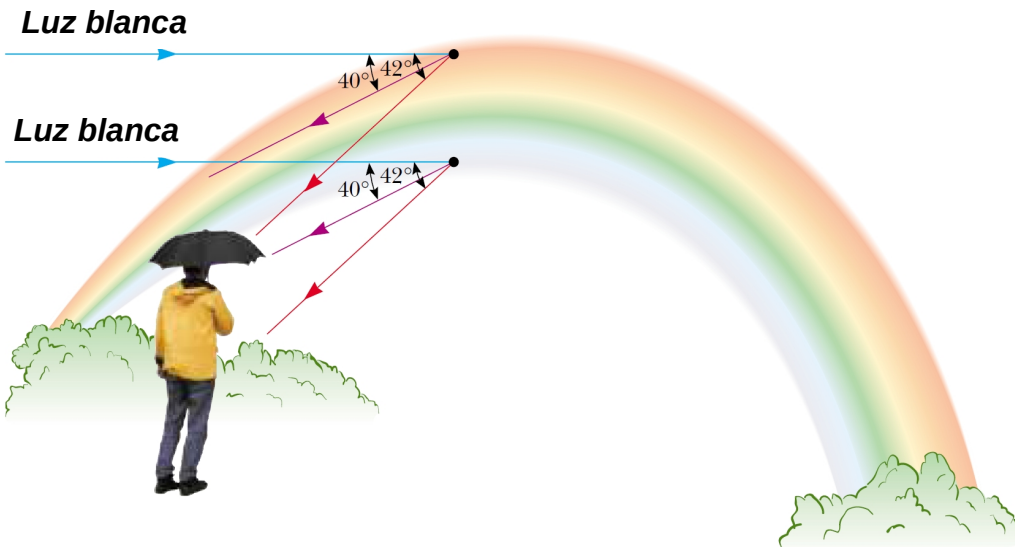
Veamos primero una sola gota!



2 Refracciones y una reflexión

Ahora sí!...El Arco Iris!!

Veo rojo arriba y violeta abajo!



Si el sol está sobre mi cabeza no vería el arco iris (salvo que esté sobre un avión o un punto muy elevado)

**Cuándo veo dos arco iris?.
En el segundo el rojo está
abajo y el violeta arriba!!**



Puedo ver tres? y cuatro? y cinco?

Arco Iris?....

NO!!!

...Halo!!

 *elmundo.es*

Portada > **Ciencia**

Extraño arco iris circular

Actualizado lunes 06/08/2007 10:58 (CET)

AFP

MADRID.- Un arco iris circular apareció con el sol de media tarde durante la Conferencia para el Diálogo Internacional entre líderes de África y Asia, que se celebra en la isla de Langkawi, Malasia. En la foto un miembro de una delegación africana contempla el extraño meteoro.

El arco iris es un **fenómeno óptico** que sucede como consecuencia de la difracción de la luz solar al pasar por una capa de agua, normalmente la lluvia. La luz se descompone en un espectro continuo que va desde el rojo hasta el violeta pasando por el naranja, amarillo, verde, azul y añil.

En los arco iris normales el rojo es el color exterior, y el violeta el interior. Pero en los circulares, como el de la fotografía, la **variación es la contraria**.



El arco iris con el sol en el centro (Foto AFP)

Halo Solar

Miercoles 05 Mayo 2010

Cartelera

La timba

eldiario24.com

INICIO

TUCUMÁN

ARGENTINA

EL MUNDO

CULTURAS

DEPORTES

POLICIALES

Halo solar en la siesta tucumana

[02 de Febrero de 2010 08:54]

Un círculo envolvió al sol. No te hagás problemas que no tiene nada que ver con las profecías mayas. Es un fenómeno óptico. Video.

 ENVIAR A UN AMIGO  IMPRIMIR  COMPARTIR

TAMANO DE TEXTO 

IMÁGENES

IR A GALERÍA



Halo solar sobre el cielo tucumano. Captura de video

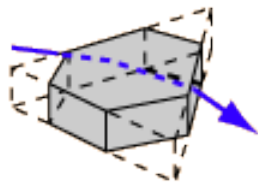
El sol mostró un círculo a su alrededor en horas de la siesta y visible hasta que las nubes cubrieron la ciudad, cerca de las 4 de la tarde. Como siempre, algún tucumano se dio tiempo de filmarlo y subirlo a YouTube, de donde sacamos las imágenes que ofrecemos en esta nota. La expresión del ocasional locutor demuestra el carácter tucumanísimo de la filmación.

El halo solar es un fenómeno óptico que se produce por la refracción de la luz a través de cristales prismáticos de hielo o gotas de agua existentes en las nubes de la alta atmósfera (cirros muy altos) y que se encuentran entre el observador y el Sol o la Luna.

Es un anillo de luz circular que rodea al astro y cuya distancia angular desde el borde hasta el centro es de 22° . Los más frecuentes son los anillos del Sol (halo solar) o de la Luna (halo lunar).

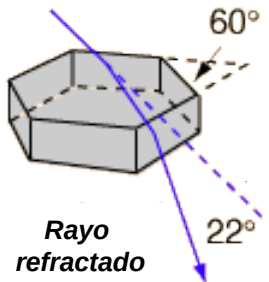
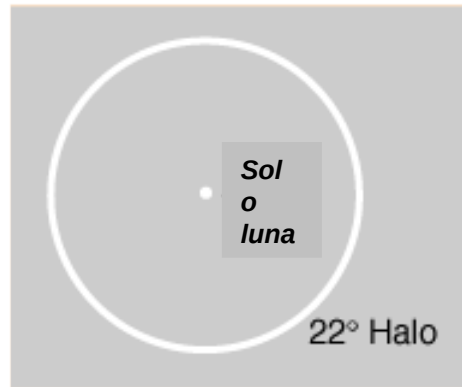
Formación de Halos

Cómo se forma el halo solar y lunar?



Los cristales de hielo hexagonales pueden visualizarse como parte de un prisma equilátero de 60°

Los cristales de hielo con orientación aleatoria forman el círculo de luz alrededor del sol o la luna



Rayo refractado

22°

Dirección original del rayo

El halo lunar suele asociarse con heladas, tormentas y lluvias debido a que las nubes que llevan estos cristales en la alta

Atmósfera son del tipo:

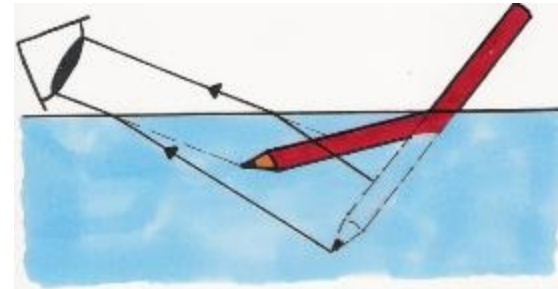
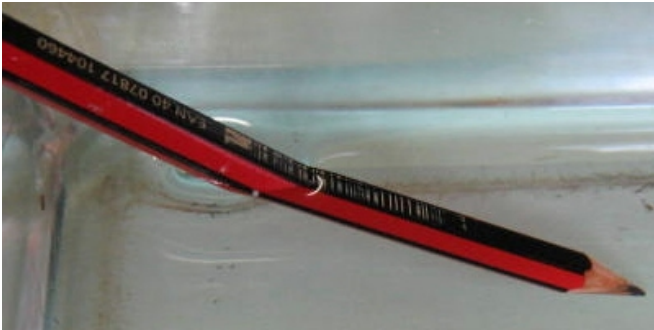
- Cirrus (se encuentran a 8-12 km de altura)**
- Cirrostratus (se encuentran a 6-12km de altura).**



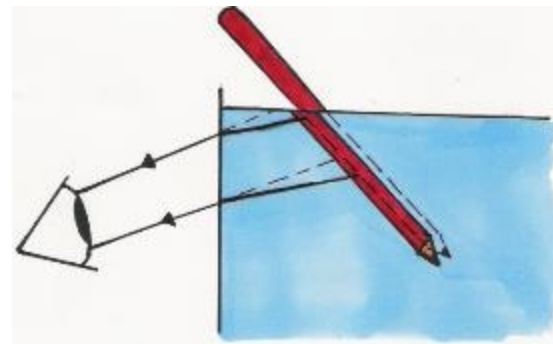
Halo lunar

Doblado o quebrado? El dilema del lapiz en el agua

Si lo miro de arriba parece doblado

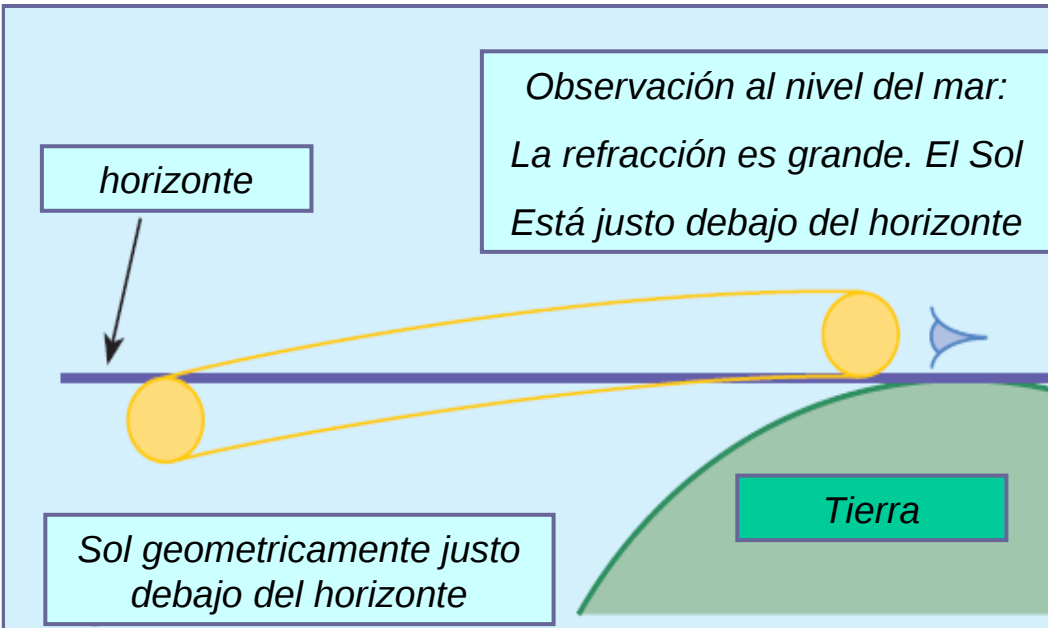


Si lo miro de costado parece quebrado



La respuesta es la misma! REFRACCION

Refracción atmosférica



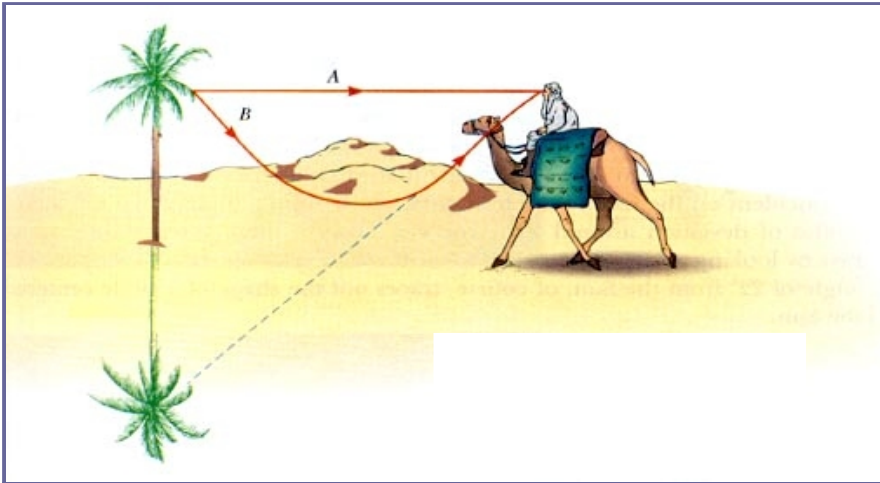
**Achatamiento del sol y la luna:
refracción de la atmósfera**

**Los rayos que entran horizontalmente
en la atmósfera son elevados por
refracción atmosférica unos 0.5° .**

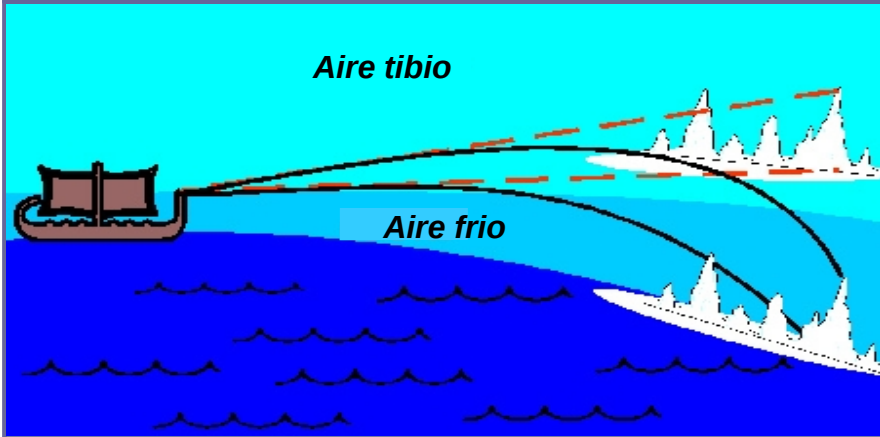
**La desviación de la luz disminuye al
aumentar el ángulo de elevación de la
luz respecto a la horizontal.**



Más refracción atmosférica: Espejismos



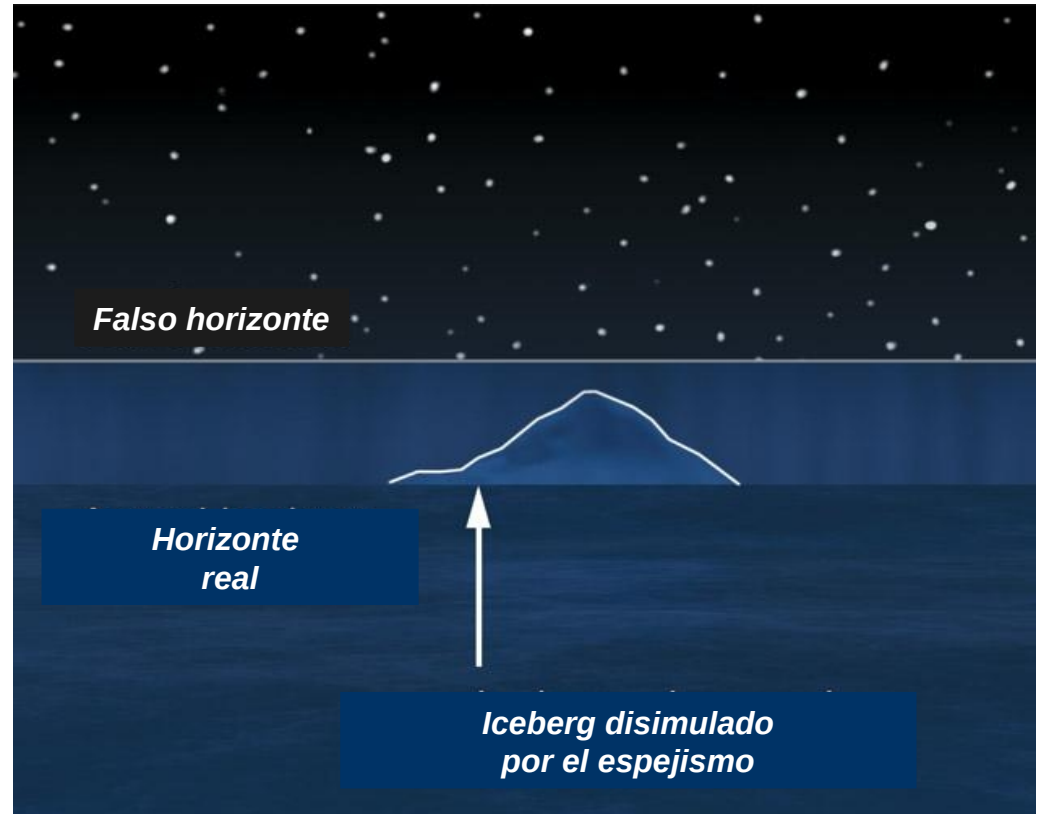
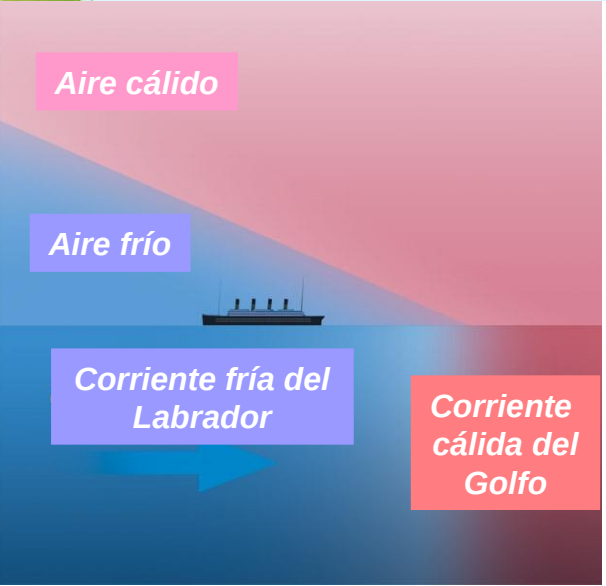
Espejismo inferior



Espejismo superior

Nueva teoría sobre el hundimiento del Titanic

Marzo de 2012



Se revisaron los registros meteorológicos de los servicios navales alemanes e ingleses para Abril de 1912. Se puede determinar con precisión día a día la localización del cruce de la corriente del Labrador con la del Golfo.

Universidad Nacional del Sur, Junio de 2018

Nueva teoría sobre el hundimiento del Titanic

La refracción distorsiona la forma del Titanic



Horizonte real

Las estratificaciones del aire confunden las señales Morse ópticas con el fondo de estrellas titilantes



Titanic

Californian

El espejismo superior que se genera distorsiona la forma del Titanic y su tamaño relativo dificultando la identificación del mismo por parte de la tripulación del Californian.