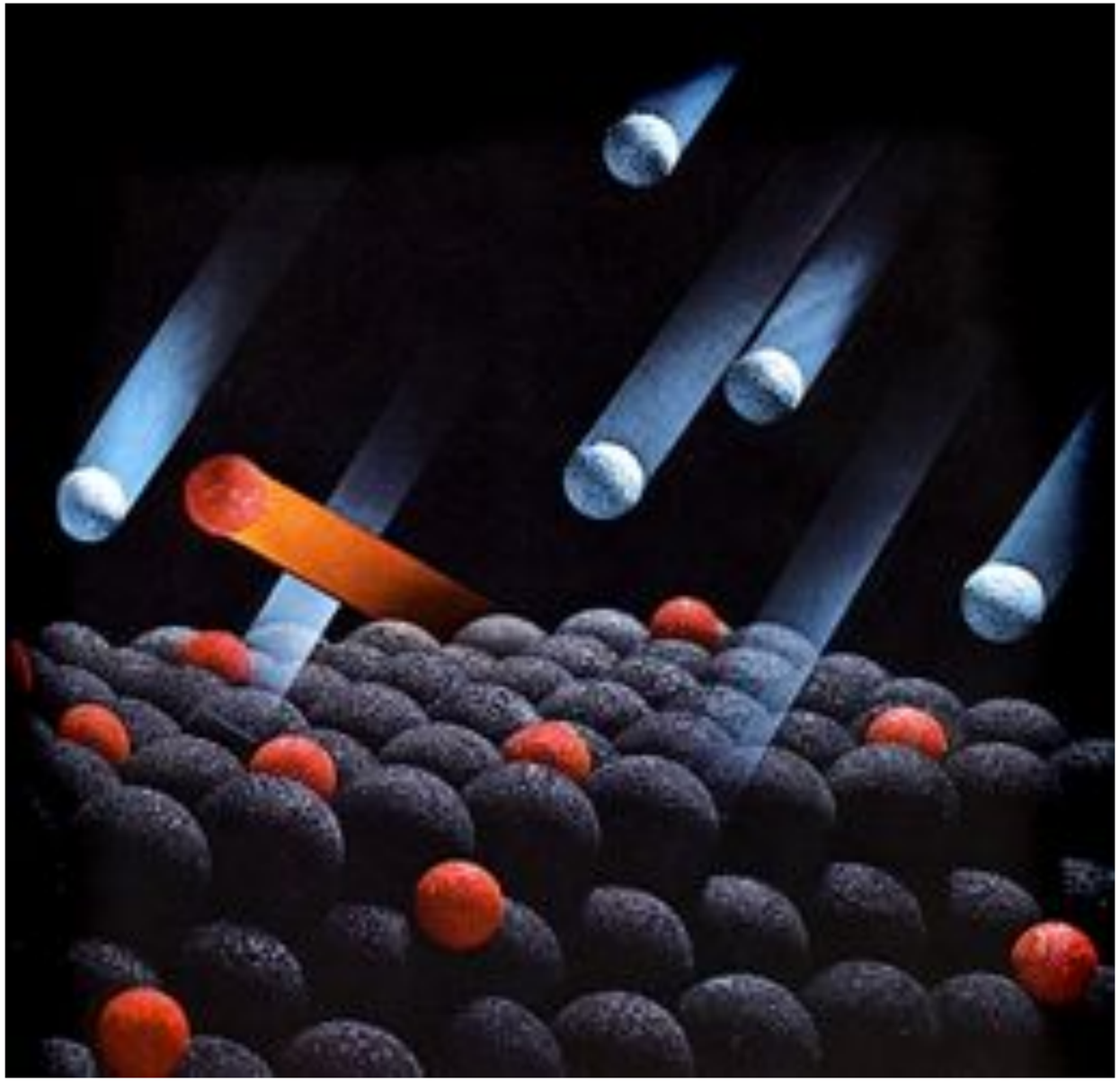
La luz como partículas.

Newton consideraba la luz como un flujo de partículas.



Isaac Newton

Descomposición de la luz blanca por un prisma.
Newton descubre el espectro de la luz blanca haciendo incidir un rayo de luz sobre un prisma de vidrio.

Isaac Newton

Descomposición de la luz blanca por un prisma.

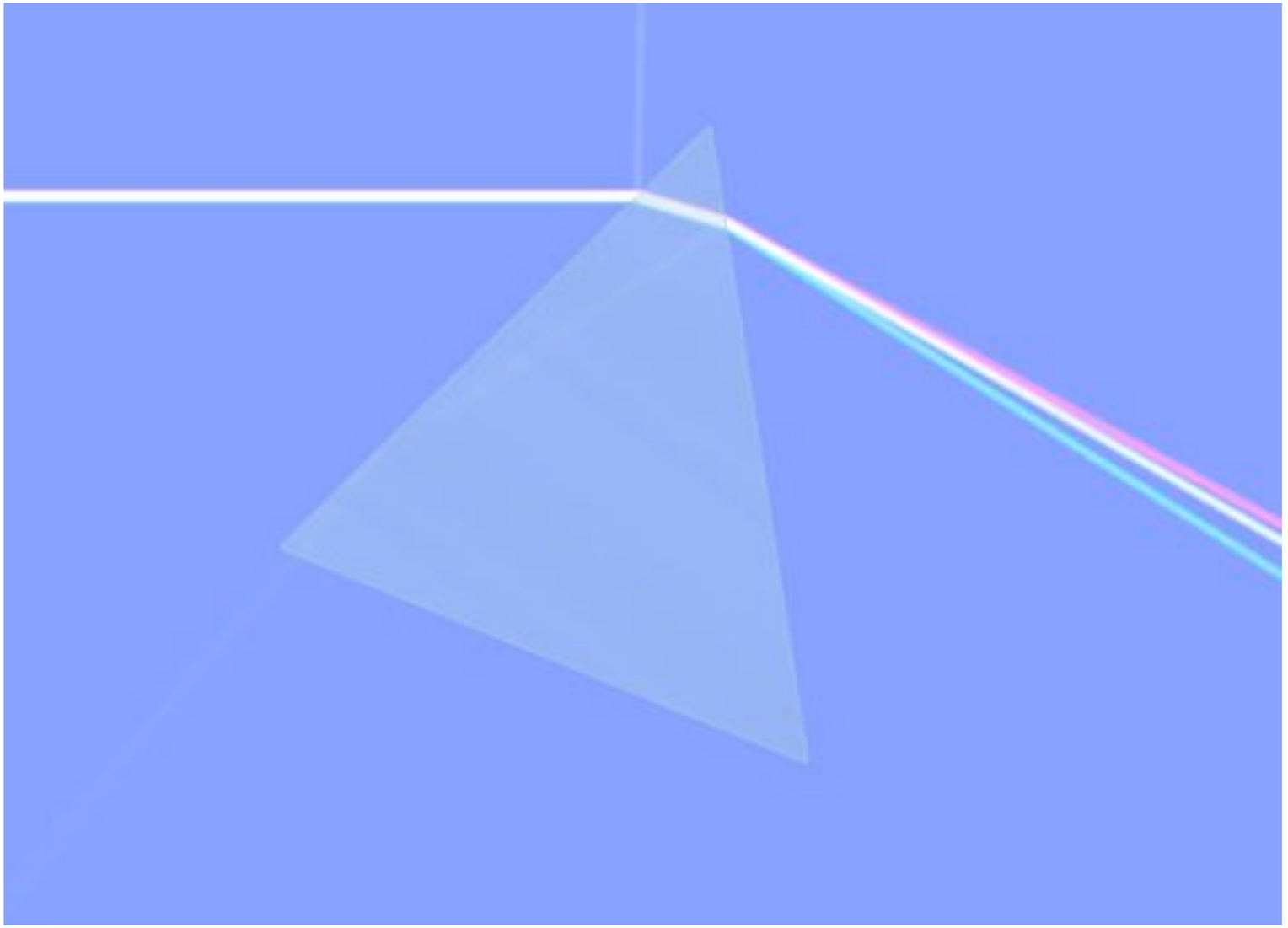
Cuando luz blanca atraviesa un prisma de vidrio, se dispersa en diferentes colores (espectro de la luz blanca).

Esto es debido a que el índice de refracción de vidrio depende del color, siendo mayor cuanto mayor es la frecuencia de la luz.

Isaac Newton

Descomposición de la luz blanca por un prisma.

La luz blanca se descompone en diferentes colores cuando atraviesa un medio dispersivo (cuyo índice de refracción depende de la longitud de onda -- color -- de la luz que lo atraviesa).



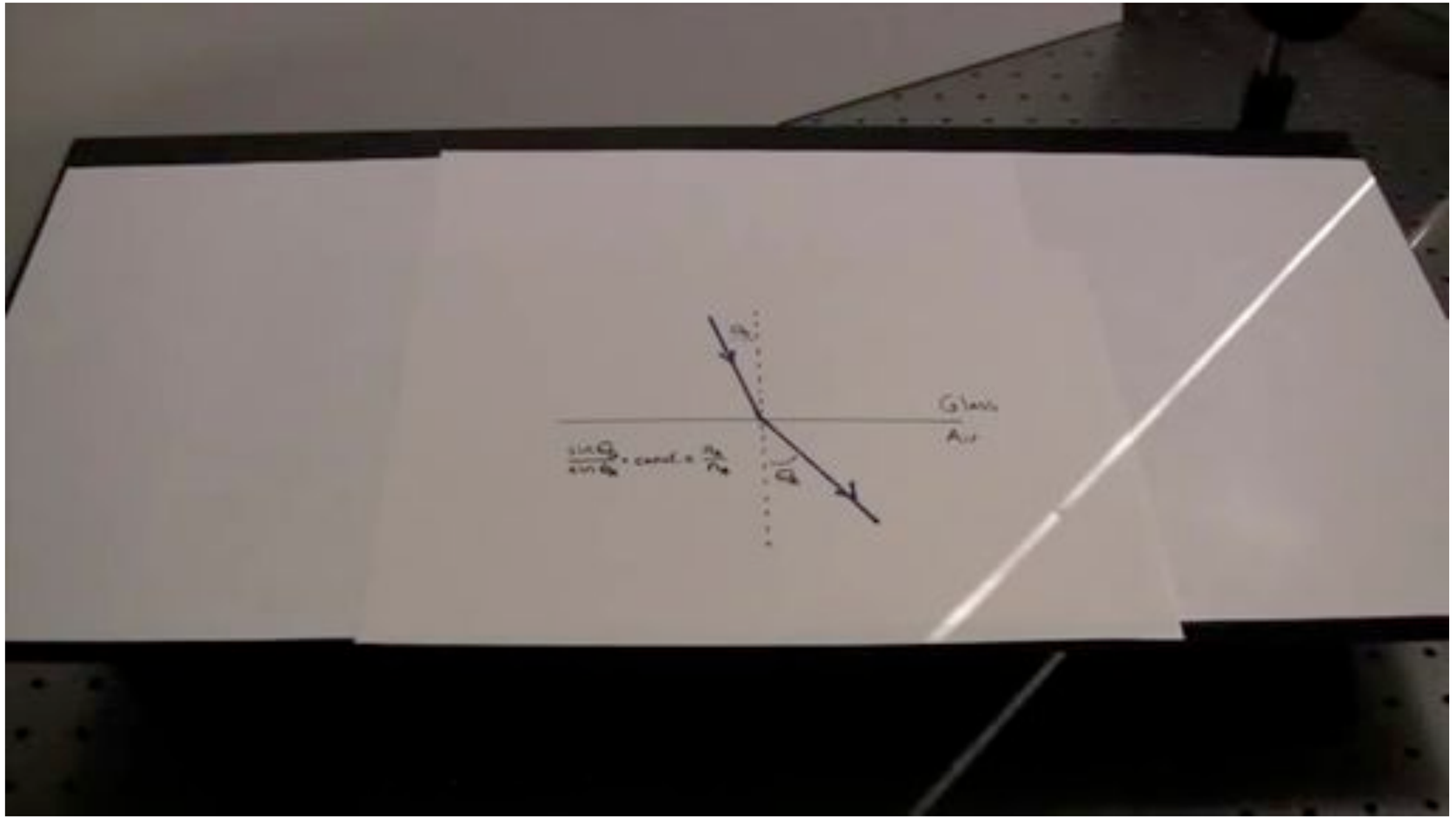
Isaac Newton

Descomposición de la luz blanca por un prisma.

Un prisma de vidrio descompone la luz blanca en los colores del arco iris.

Un color puro no se descompone.

Un segundo prisma es capaz de volver a sumar los colores y volver a dar luz



Descomposición de la luz blanca por un prisma.

Un prisma de vidrio descompone la luz blanca en los colores del arco iris.

Un color puro no se descompone.

Un segundo prisma es capaz de volver a sumar los colores y volver a dar luz blanca.

Disco de Newton.

Los colores del disco van en la proporción de los colores en el arco iris

Si se hace girar deprisa, el ojo y el cerebro suman los colores y el disco parece blanco.

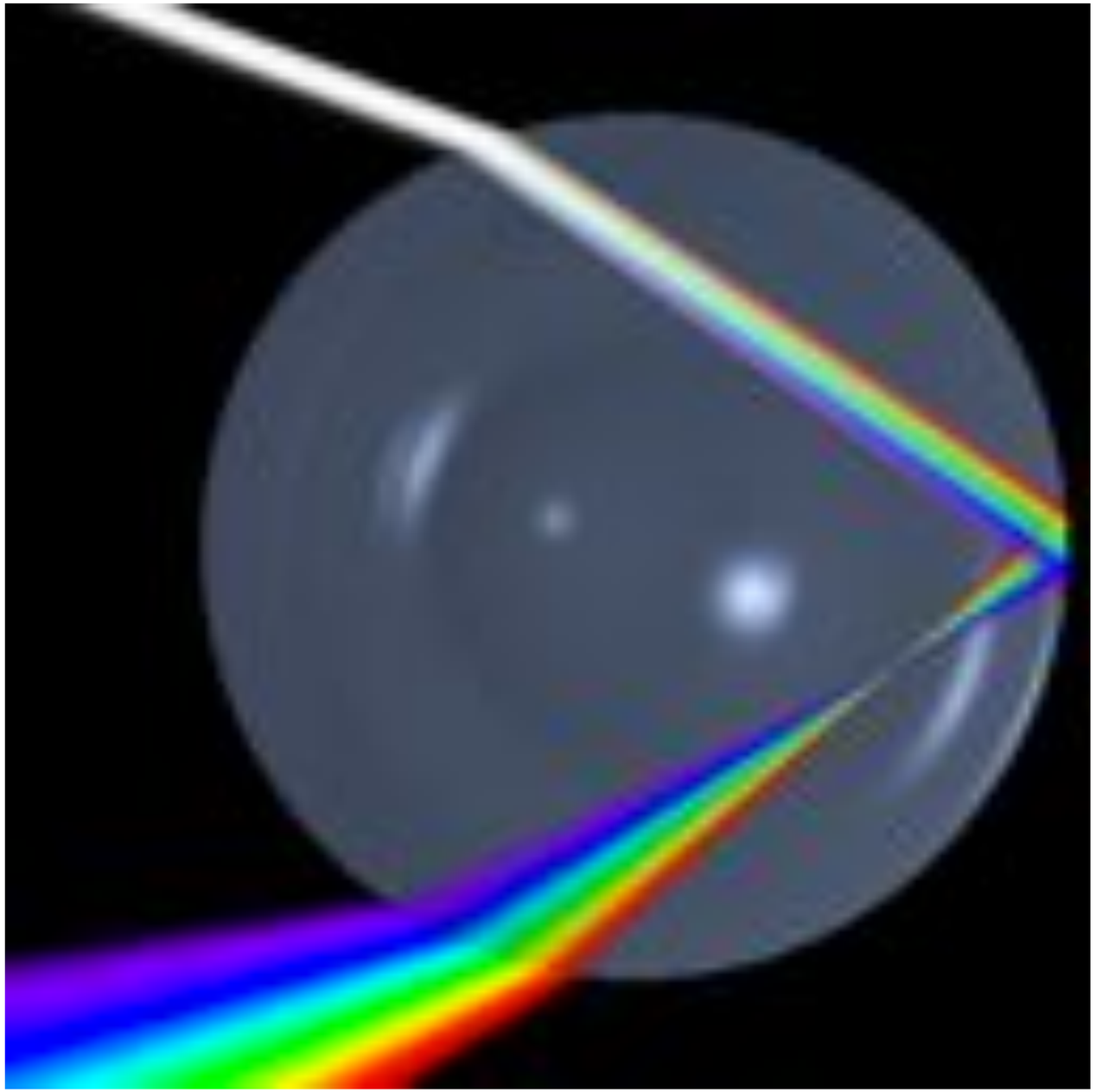
Los arcos iris.

Arco numerario.
Arco supernumerario.
Arcos internos.
Zona oscura de Alejandro

Isaac Newton

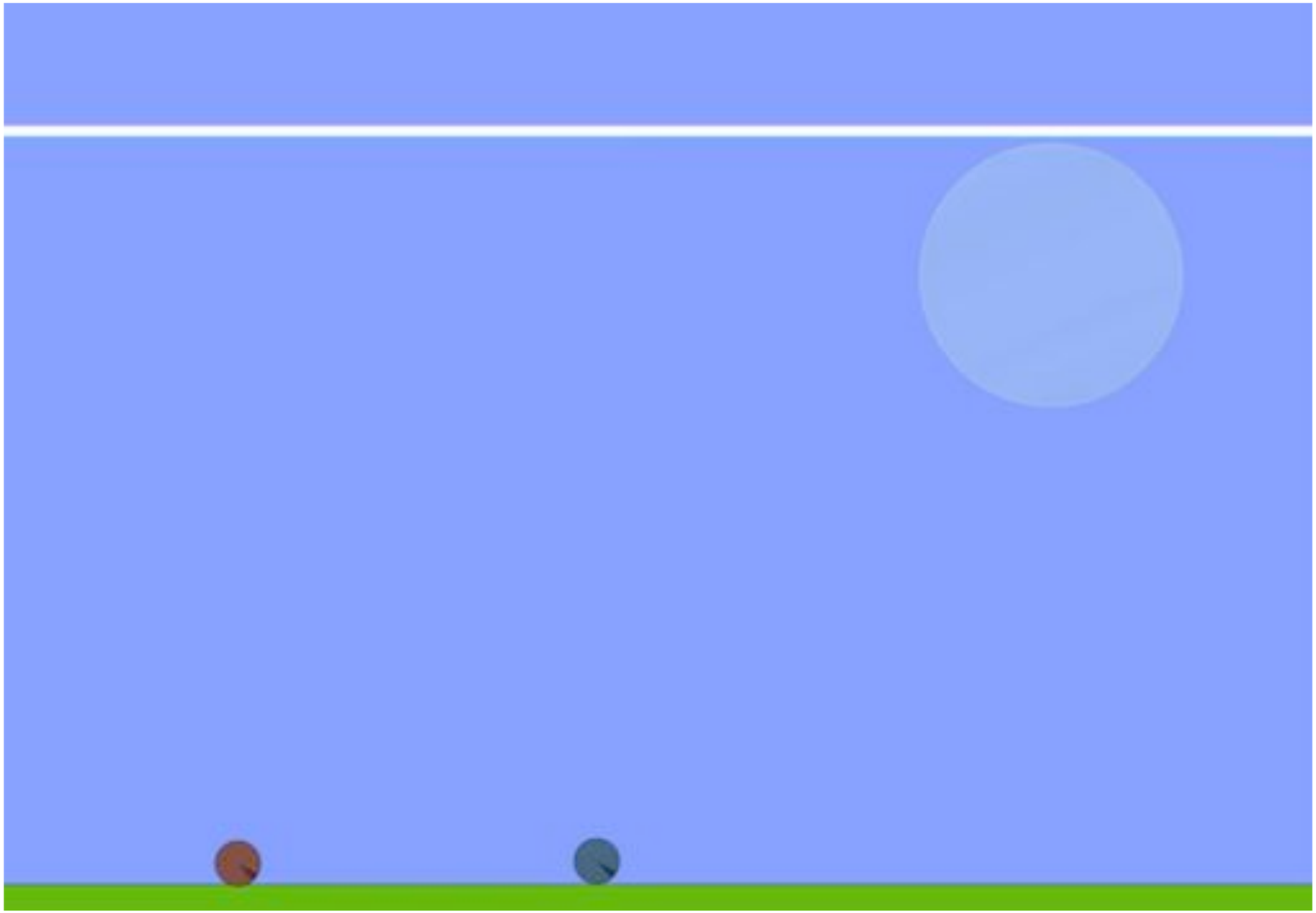
Descomposición de la luz blanca por gotas de agua.

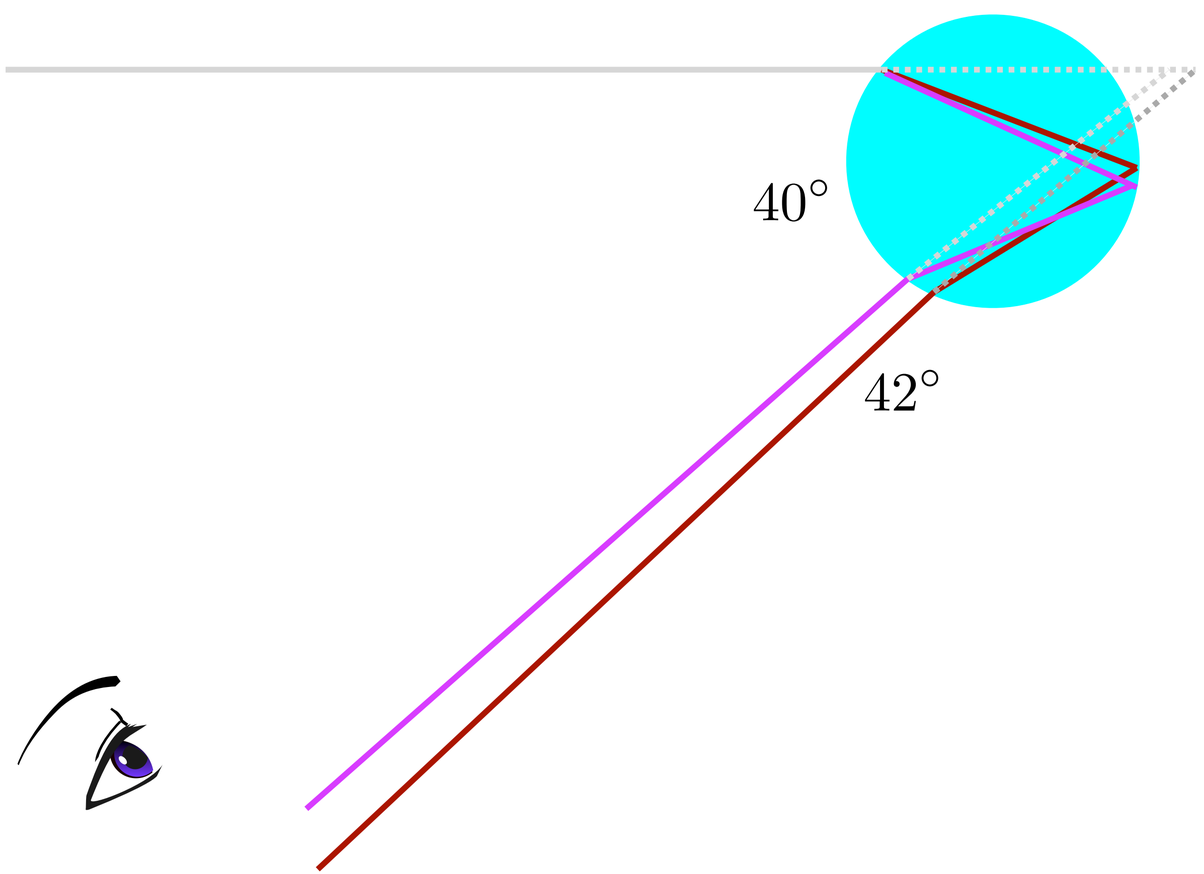
La descomposición de la luz blanca por una gota de agua explica los colores del arco iris.

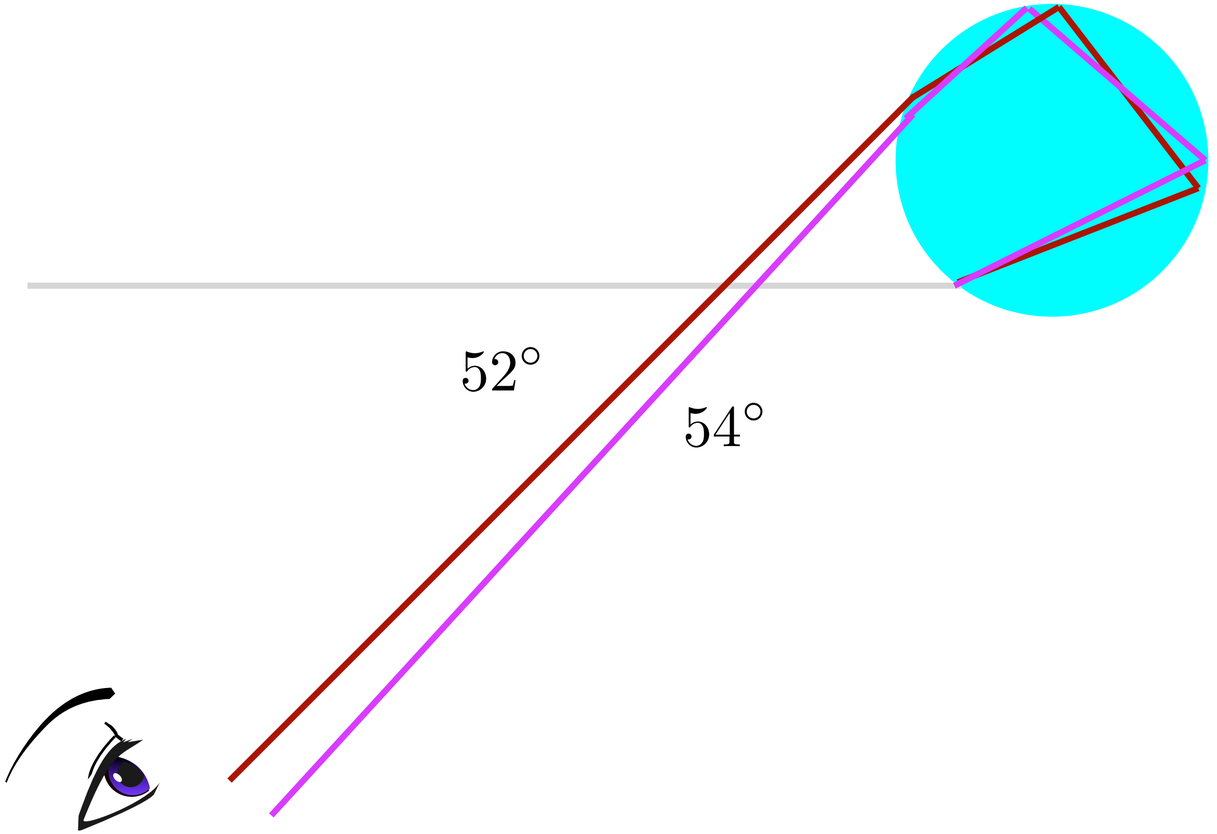


Descomposición de la luz blanca por gotas de agua.

La descomposición de la luz blanca por una gota de agua explica los colores del arco iris.







Los arcos iris.

Arco numerario, tres refracciones.

Arco supernumerario, cuatro refracciones.

Los arcos iris.
Arco numerario.
Arco supernumerario.

Thomas Young

Thomas Young (1773 -1829). Médico inglés que se dedicó preferentemente al funcionamiento del ojo humano estableciendo que existen tres tipos de receptores cada uno de ellos sensible a uno de los colores primarios. Descubrió como cambia la curvatura del cristalino para enfocar objetos a distintas distancias y el origen del astigmatismo.
En una célebre experiencia que lleva su nombre, encontró que si dejaba pasar luz que procedía de una única fuente, a través de dos pequeñas rendijas muy próximas, se formaban unas bandas brillantes que alternaban con otras más oscuras. Basándose en el fenómeno de interferencia que se producía, estableció definitivamente la naturaleza ondulatoria de la luz. Explicó de esta manera los colores que se forman en la películas finas, como las burbujas.

Thomas Young

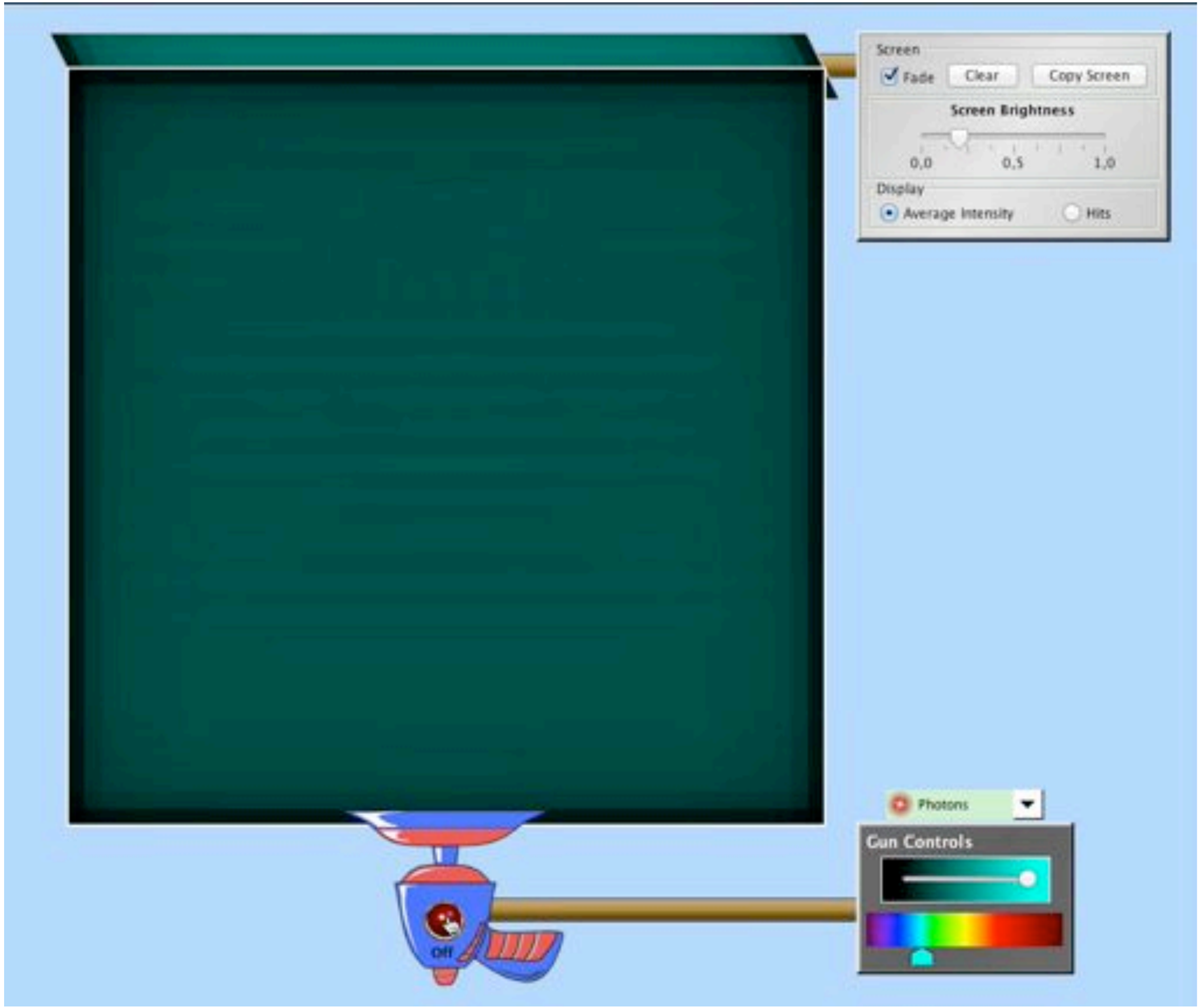
Doble rendija. Interferencias.

Cuando luz coherente atraviesa una doble rendija, se observa un patrón de interferencias.

Thomas Young

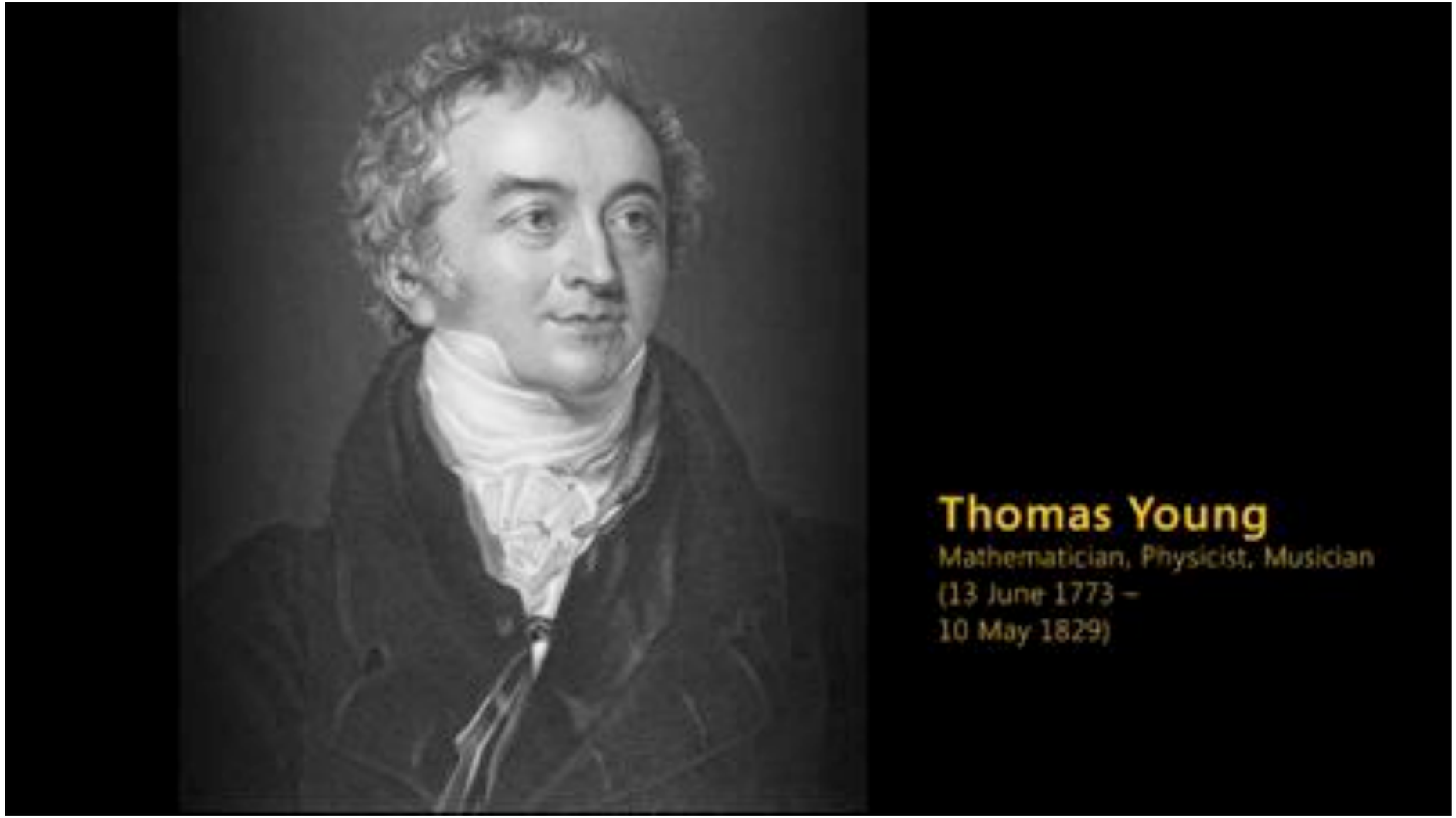
Doble rendija. Interferencias.

Cuando luz coherente atraviesa una doble rendija, se observa un patrón de interferencias.



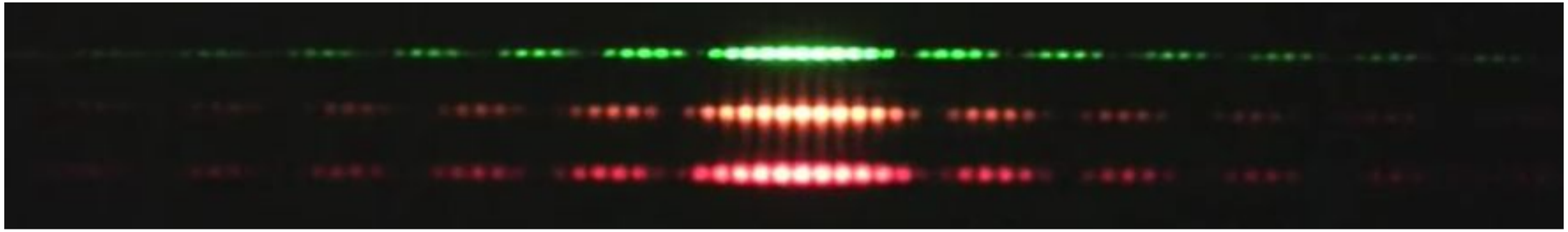
Doble rendija. Interferencias.

Cuando luz coherente atraviesa una doble rendija, se observa un patrón de interferencias.



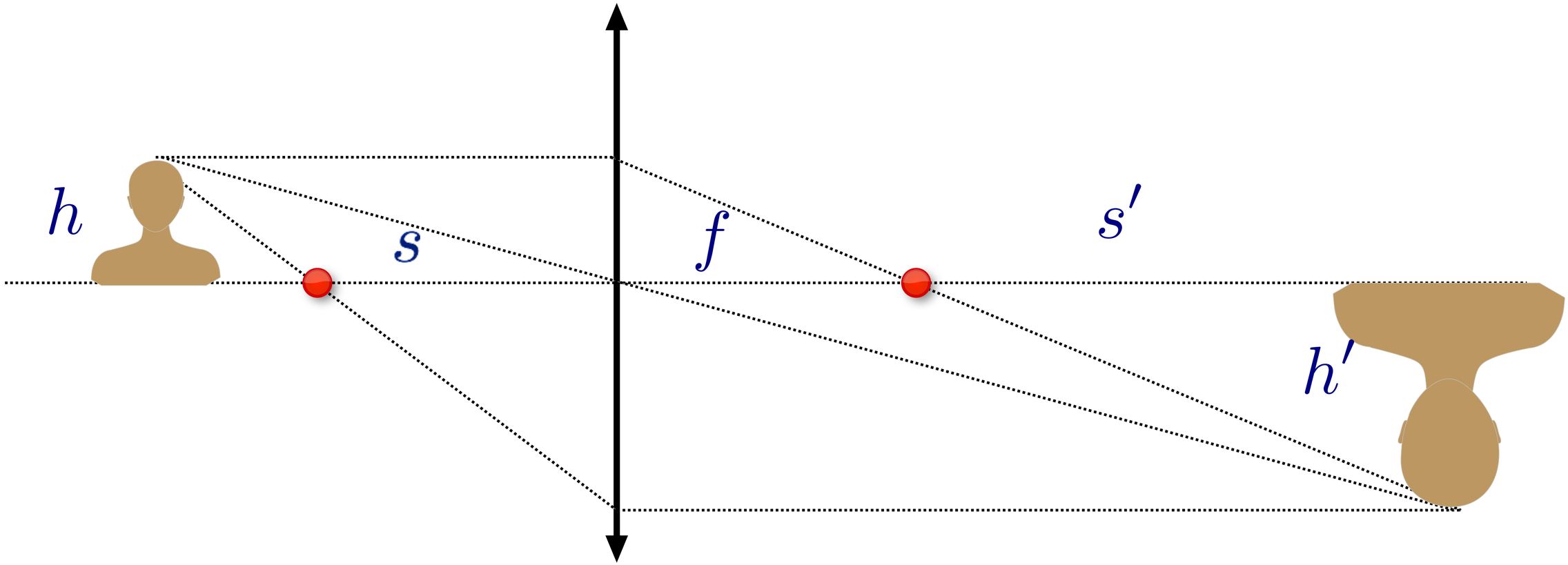
Doble rendija. Interferencias.

Cuando luz coherente atraviesa una doble rendija, se observa un patrón de interferencias.



Karl Friedrich Gauss

Karl Friedrich Gauss (1777-1855) matemático alemán. Estableció la teoría de primer orden de la óptica geométrica, que se basa en la ley de la refracción y en consideraciones geométricas para calcular las posiciones de las imágenes y sus tamaños en los sistemas ópticos formados por lentes y espejos. Esta teoría se sigue usando para diseñar todo tipo de instrumentos ópticos, y con ella es posible calcular las posiciones del objeto y de la imagen formada por una lente convergente simple. Afirmó que eran posibles las lentes de contacto. Siendo director del observatorio de Gotinga construyó un heliotropo, instrumento que reflejaba la luz solar a grandes distancias y de esta manera los rayos de luz se podían emplear como líneas rectas que marcaban la superficie terrestre. Obtuvo así determinaciones trigonométricas más precisas de la forma del planeta.



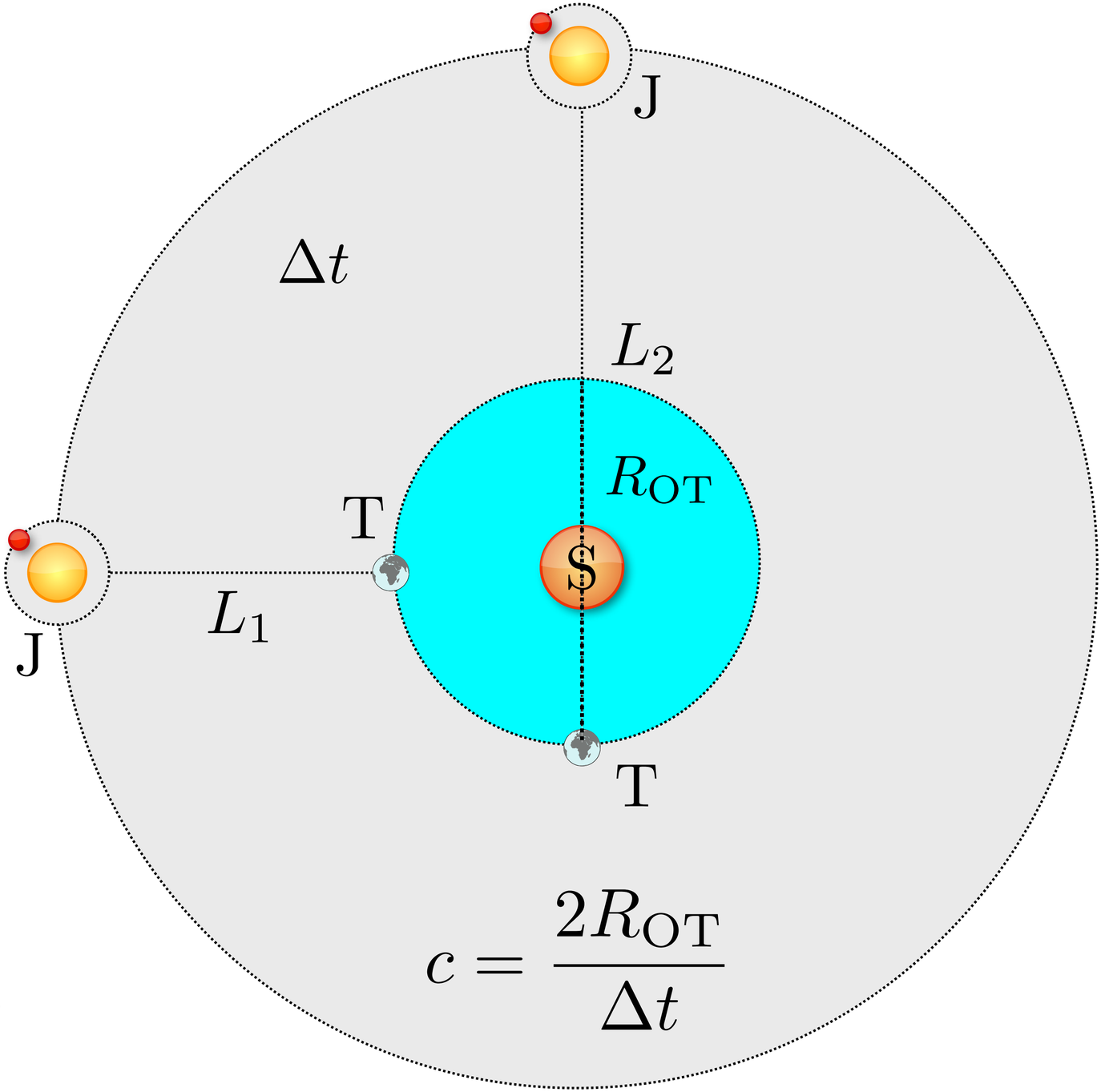
$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s'}=\frac{1}{f} \qquad \frac{h'}{h}=\frac{s'}{s}$$

Formación de una imagen por una lente convergente.

Se trazan tres rayos. Paralelo al eje, pasa por el foco. Pasa en línea recta por el centro de la lente. Pasa por el foco y sale recto.

Medida de la velocidad de la luz por Römer.

La diferencia en el tiempo de ocultación, visto desde la Tierra, de Io, un satélite se Júpiter, permite obtener la velocidad de la luz.



$$\Delta t = 990\,\mathrm{s}$$

$$R_{\mathrm{OT}} = 1,496 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}$$

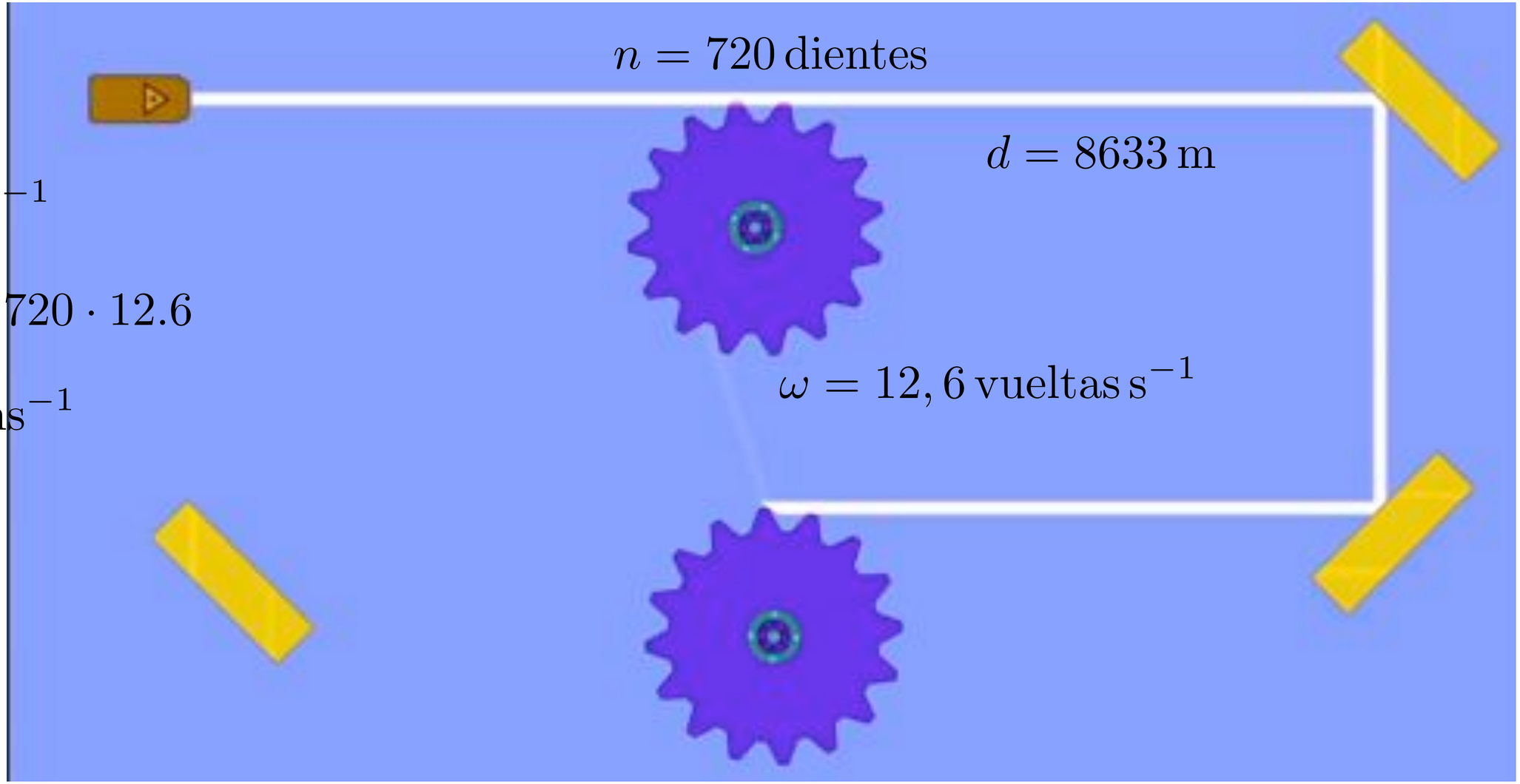
$$c = 3,02 \cdot 10^{8}\,\mathrm{ms}^{-1}$$

$$\frac{360}{2 \cdot 720}\ ^\circ$$

$$v = 360 \cdot 12.6^\circ\ \mathrm{s}^{-1}$$

$$c = 2 \cdot 8633 \cdot 2 \cdot 720 \cdot 12.6$$

$$c = 3,13 \cdot 10^8\ \mathrm{ms}^{-1}$$



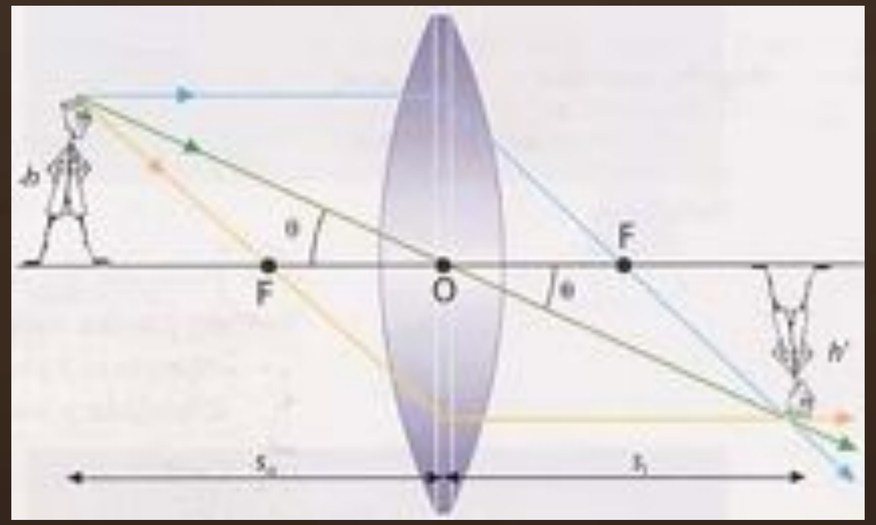
Medida de la velocidad de la luz por Fizeau.

Utilizando ruedas dentadas y espejos.

Para una cierta velocidad de rotación de las ruedas dentadas la luz pasa por una abertura en la ida y por la siguiente en la vuelta.

Medida de la velocidad de la luz por Fizeau.
Utilizando ruedas dentadas y espejos.
Para una cierta velocidad de rotación de las ruedas dentadas la luz pasa por una abertura en una rueda y por la siguiente en la otra.

Karl Friedrich Gauss



Karl Friedrich Gauss

El rayo que tiende a pasar por el centro se refleja sobre sí mismo.

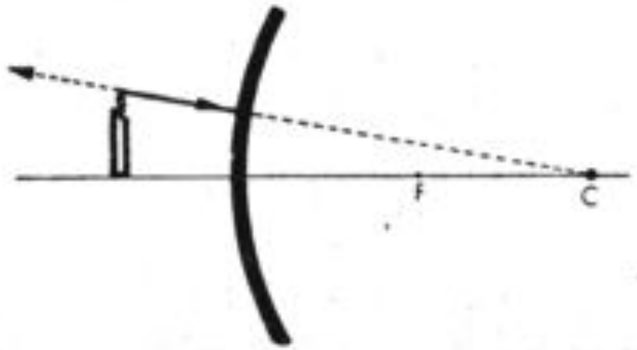
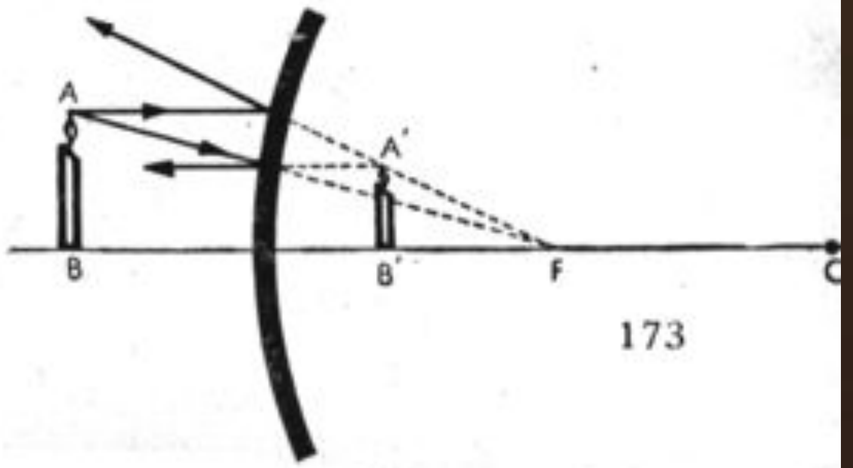


FIG. 125. Obtención de la imagen mediante un espejo convexo.



173

Karl Friedrich Gauss

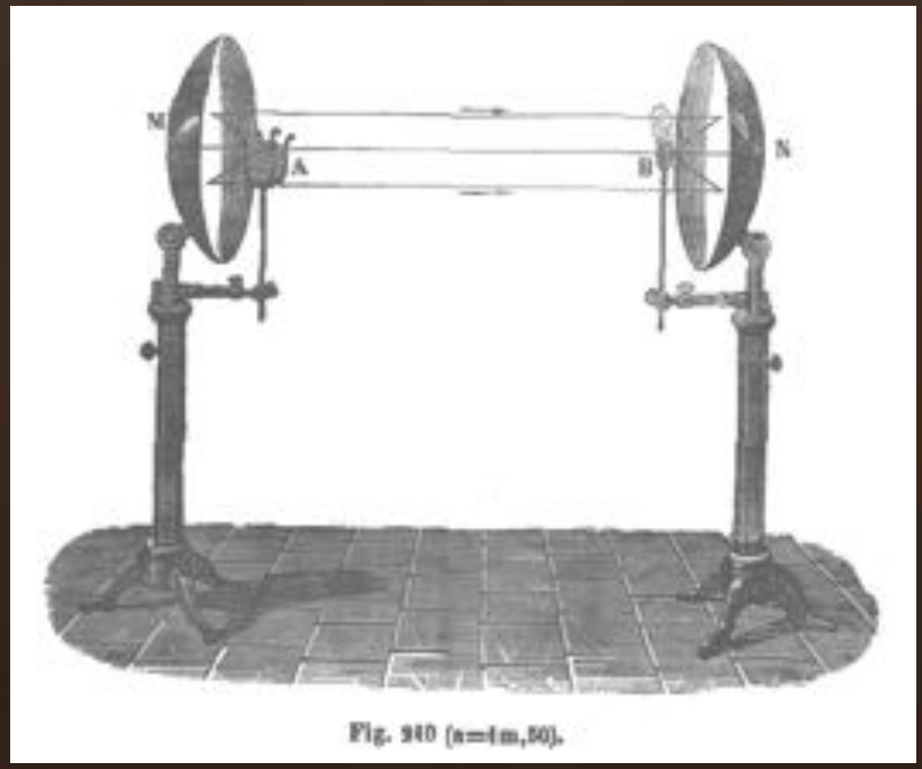


Fig. 940 (a=1m,50).

Augustin Fresnel

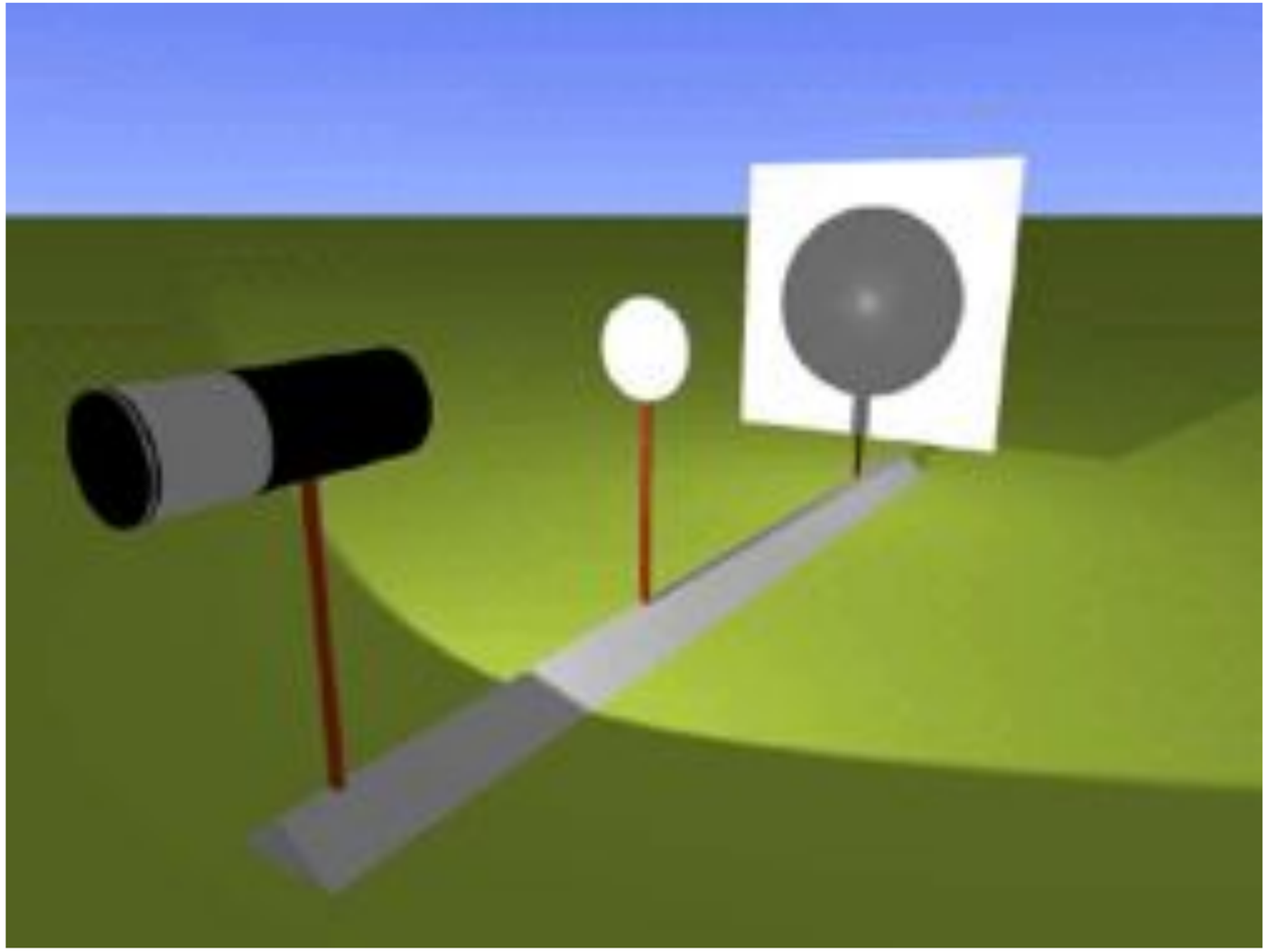
Augustín Fresnel (Francia,1788-1827), físico francés que realizó numerosos experimentos sobre interferencias y difracción y dio un gran avance a la la teoría ondulatoria ya que la desarrolló sobre una rigurosa base matemática. En esta época se conocían los reflectores de metal curvos para enfocar la luz. Fresnel puso en práctica la idea de Leclerc e inventó un aparato de enfoque que se emplea actualmente y que proporciona una luminosidad cuatro veces mayor que la de un reflector ordinario.

Recortó una lente esférica y la redujo a una serie de anillos que son prismas parabólicos concentricos que recogen la luz dispersa y la concentran.

Augustin Fresnel

Punto de Poisson.

Detras de un círculo opaco iluminado por delante se debe formar un punto luminoso (las ondas de luz del borde llegan al centro en fase).



Augustin Fresnel

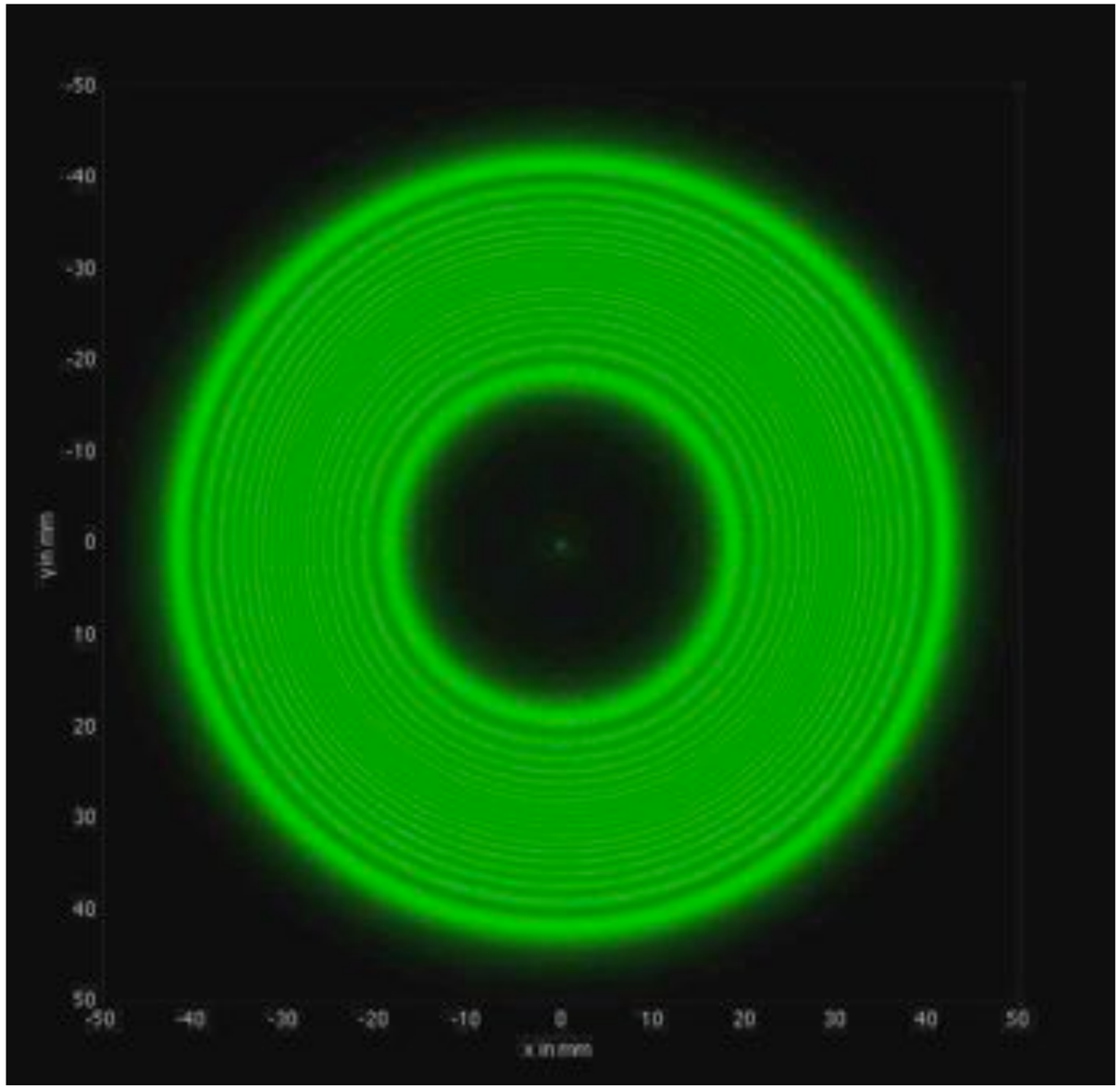
Punto de Poisson.

Detras de un círculo opaco iluminado por delante se debe formar un punto luminoso (las ondas de luz del borde llegan al centro en fase).

Augustin Fresnel

Punto de Poisson.

Detras de un círculo opaco iluminado por delante se debe formar un punto luminoso (las ondas de luz del borde llegan al centro en fase).



James Clerk Maxwell

(Edimburgo, 1831-Glenlair, Reino Unido, 1879) Físico británico.

Ingresó en la Royal Society (1861). En 1871 fue nombrado director del Cavendish Laboratory. Publicó dos artículos, clásicos dentro del estudio del electromagnetismo

Maxwell introdujo el concepto de onda electromagnética, que permite una descripción matemática adecuada de la interacción entre electricidad y magnetismo mediante sus célebres ecuaciones que describen y cuantifican los campos de fuerzas. Su teoría sugirió la posibilidad de generar ondas electromagnéticas en el laboratorio, hecho que corroboró Hertz en 1887 y que posteriormente supuso el inicio de la era de la comunicación rápida a distancia.

Ecuaciones de Maxwell

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

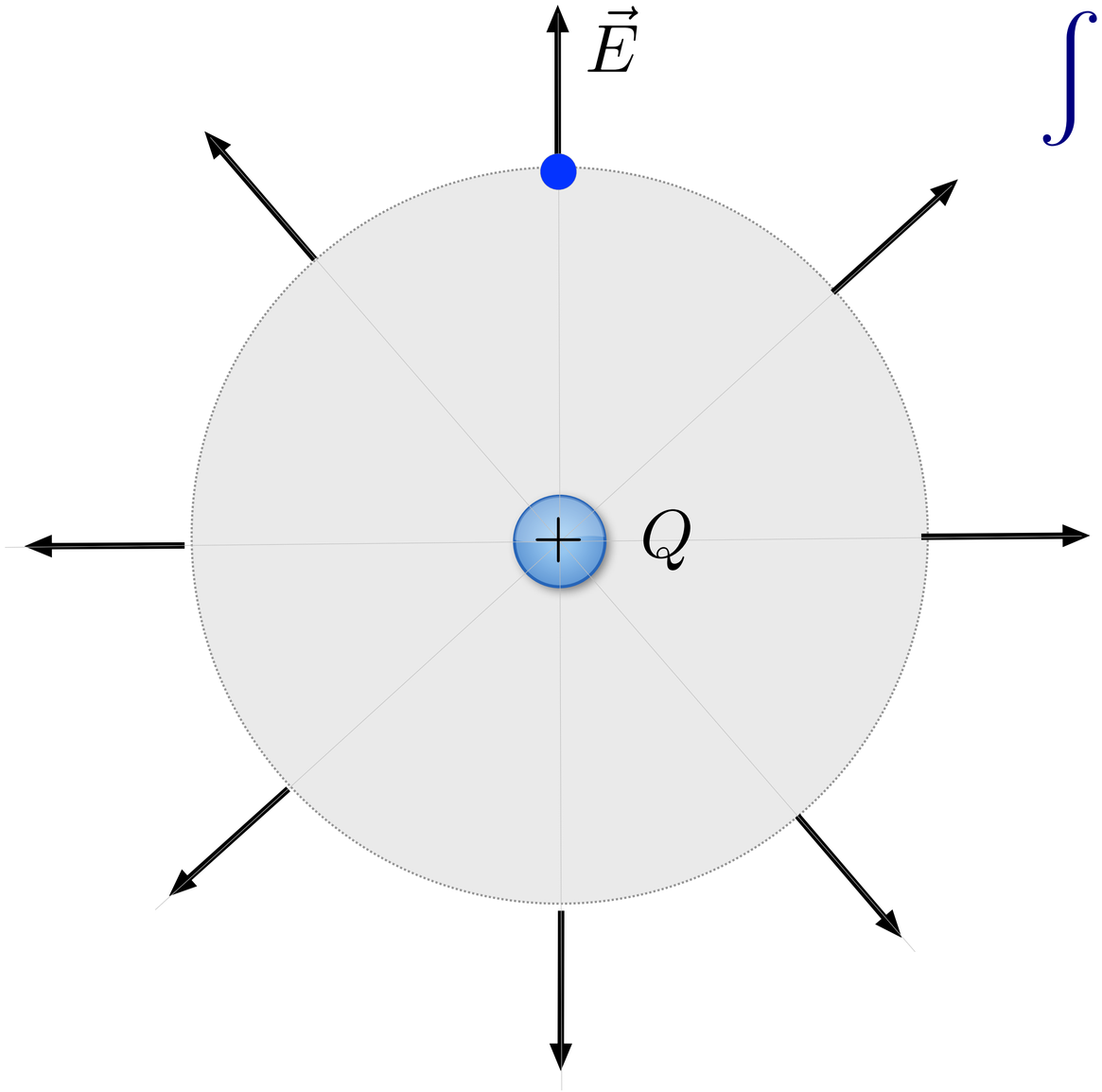
$$\int\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

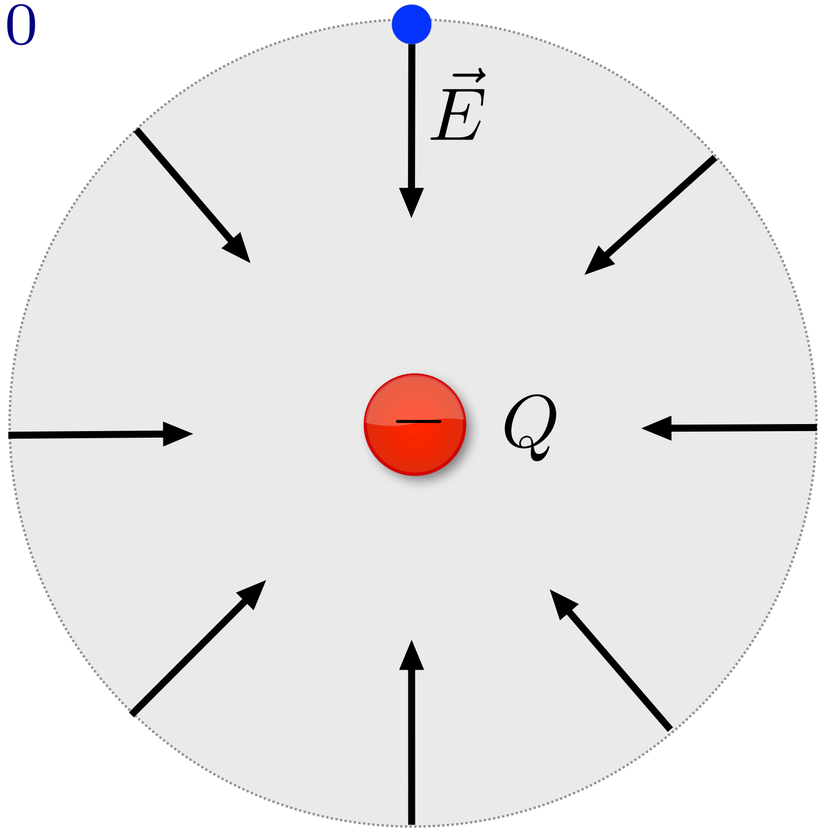
Ley de Coulomb.

Ley de Gauss de la electrostática.

Las fuentes del campo eléctrico son las cargas eléctricas. La integral de superficie, de un volumen cerrado, del campo eléctrico da la cantidad de cargas en su interior.

$$\int\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$





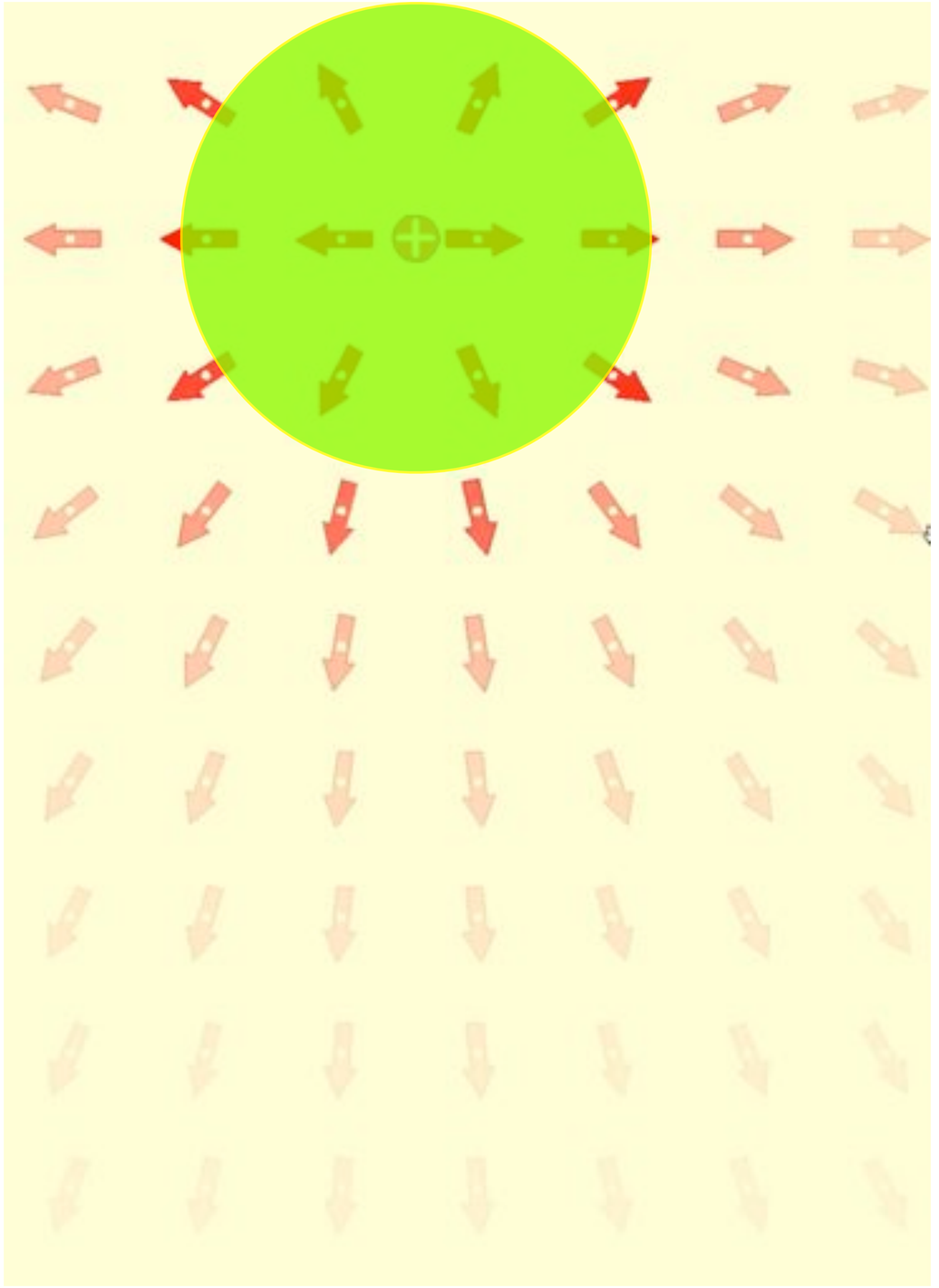
Ley de Coulomb.

Ley de Gauss de la electrostática.

Las fuentes del campo eléctrico son las cargas eléctricas.

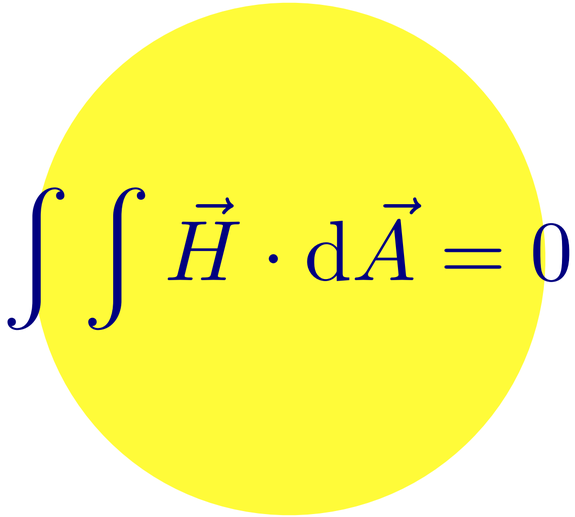
$$\int\int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Ley de Coulomb.
Ley de Gauss de la electrostática.
Las fuentes del campo eléctrico son las cargas eléctricas.



Ecuaciones de Maxwell

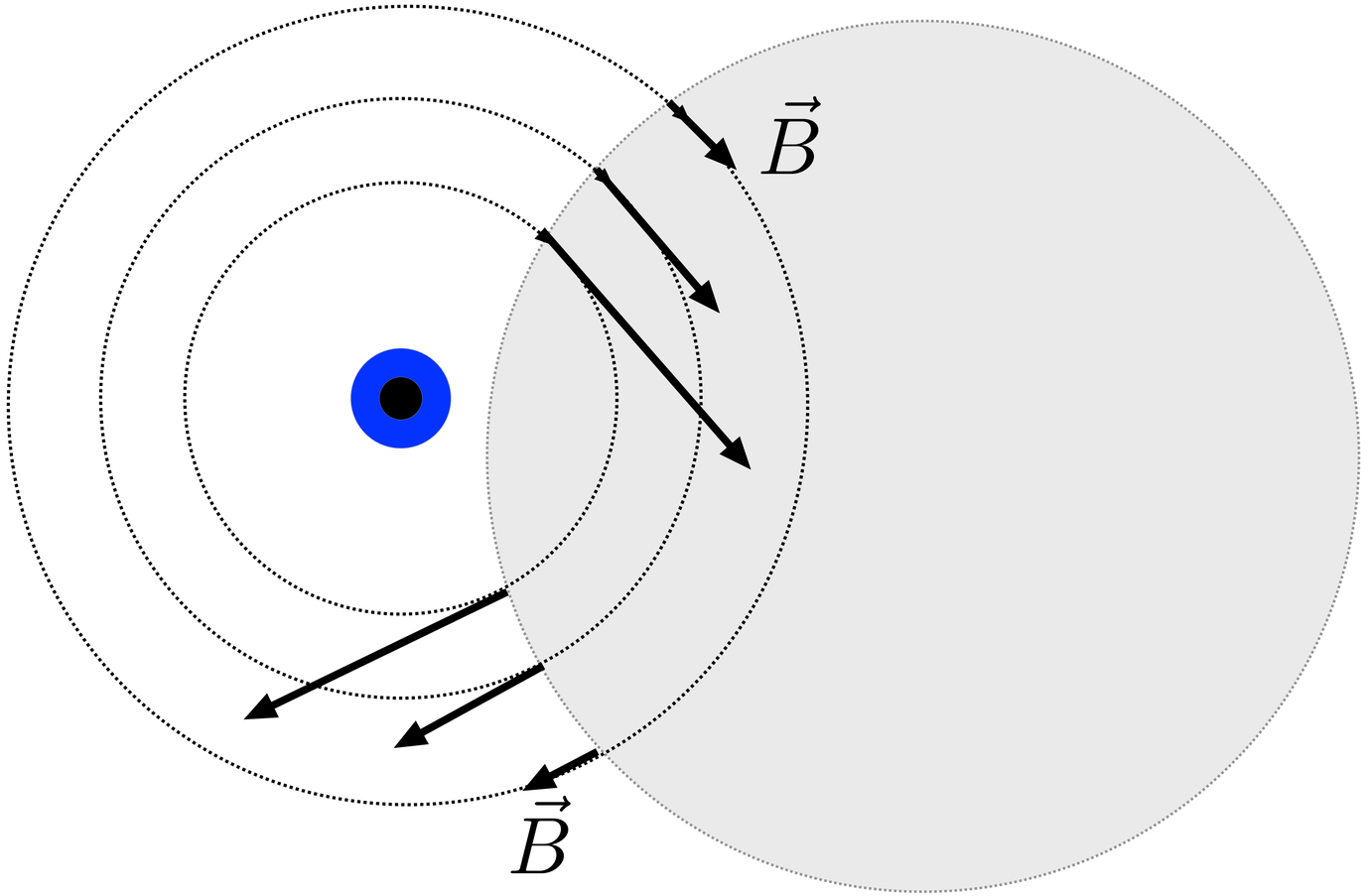
$$\nabla \cdot \vec{H} = 0$$



$$\int\int \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = 0$$

Ley de Gilbert.
Ley de Gauss del magnetismo.
No existen los monopolos magnéticos. No hay fuentes de campo magnético.

$$\int\int \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = 0$$

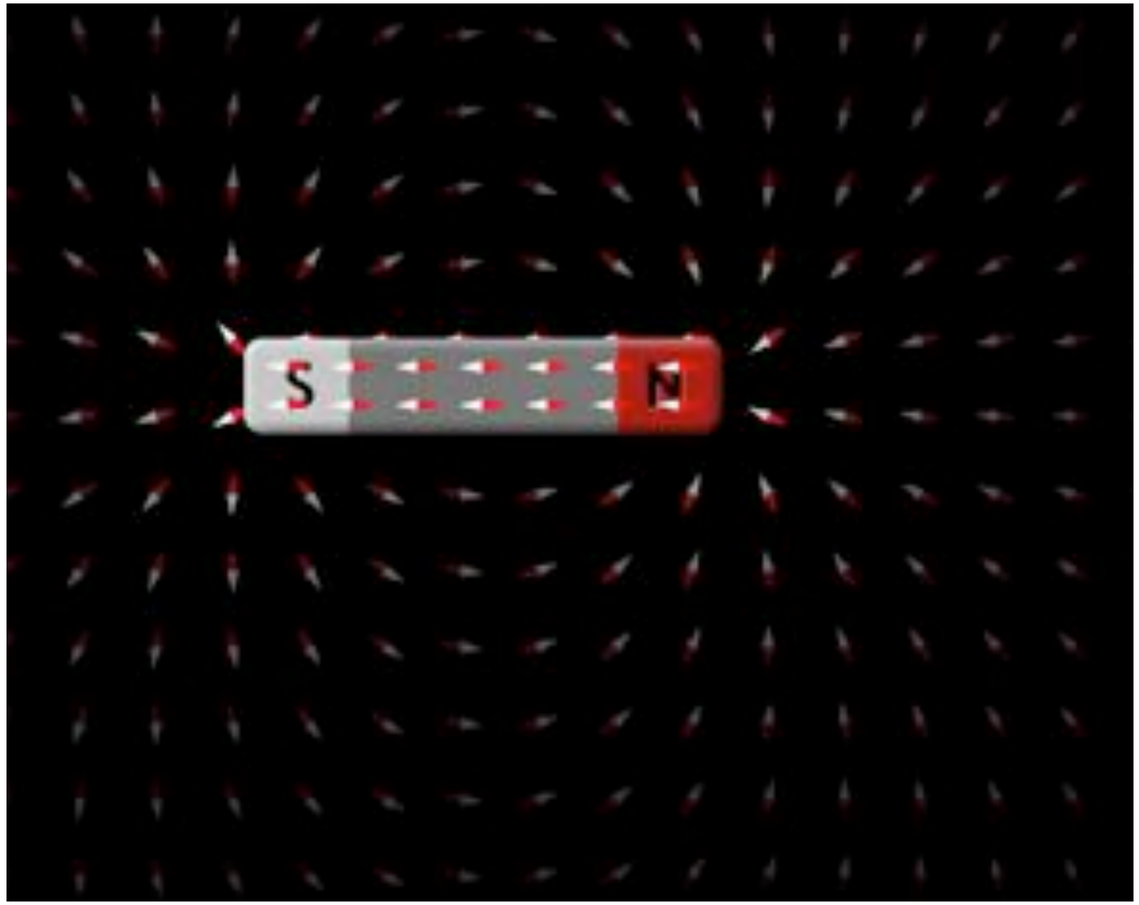


Ley de Gilbert.

Ley de Gauss del magnetismo.

No existen los monopolos magnéticos. No hay fuentes de campo magnético.

$$\int\int \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = 0$$



Ley de Gilbert.
Ley de Gauss del magnetismo.
No existen los monopolos magnéticos. No hay fuentes de campo magnético.

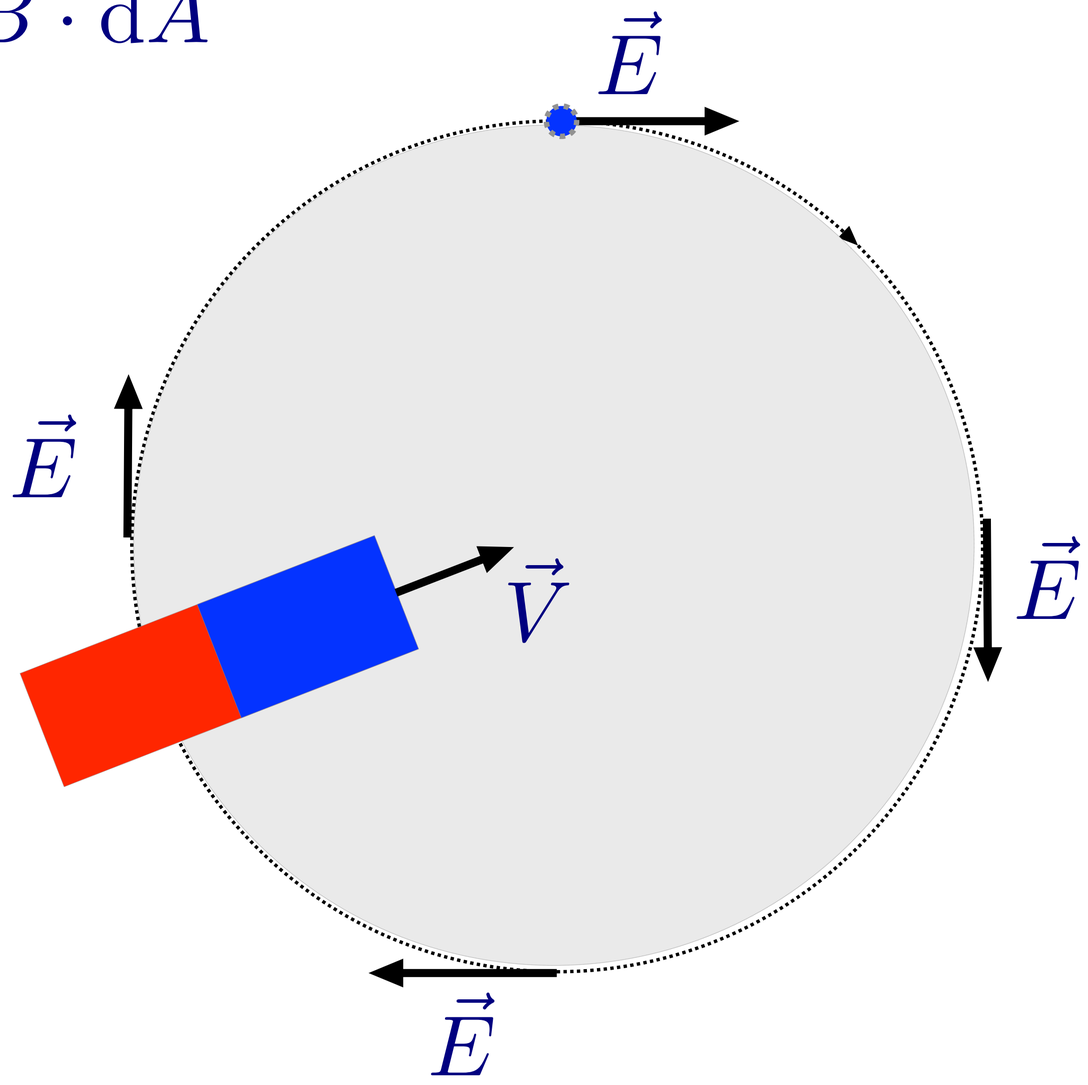
Ecuaciones de Maxwell

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\oint \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{L} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \int \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{A}$$

Principio de inducción de Faraday.
Para producir corriente eléctrica debe variar en el tiempo el flujo magnético (el imán debe estar moviéndose)

$$\oint \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{L} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \int\int \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{A}$$



Principio de inducción de Faraday.

Para producir corriente eléctrica debe variar en el tiempo el flujo magnético (el imán debe estar moviéndose)

Ecuaciones de Maxwell

$$\nabla \times \vec{H} = J + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\oint \vec{B} \cdot \mathrm{d}\vec{L} = \mu_0 I + \epsilon_0 \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \int \vec{E} \cdot \mathrm{d}\vec{A}$$

Ley de Ampere y corriente de desplazamiento de Maxwell.
Se puede producir un campo magnético mediante una corriente eléctrica o un campo eléctrico variable en el tiempo.

$$\nabla \cdot \vec{E} = 0$$

$$\nabla \cdot \vec{H} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

Ecuaciones de Maxwell en el vacío.
Ausencia de cargas eléctricas y de corrientes.

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} &= 0\,, \\
\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} &= 0\,, \\
\epsilon_0 \frac{\partial E_x}{\partial t} &= -\frac{\partial B_y}{\partial z} + \frac{\partial B_z}{\partial y}\,, \\
\mu_0 \frac{\partial B_x}{\partial t} &= \frac{\partial E_y}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial y}\,.
\end{aligned}
$$

Forma de Hertz de las ecuaciones de Maxwell en el vacío

Maxwell

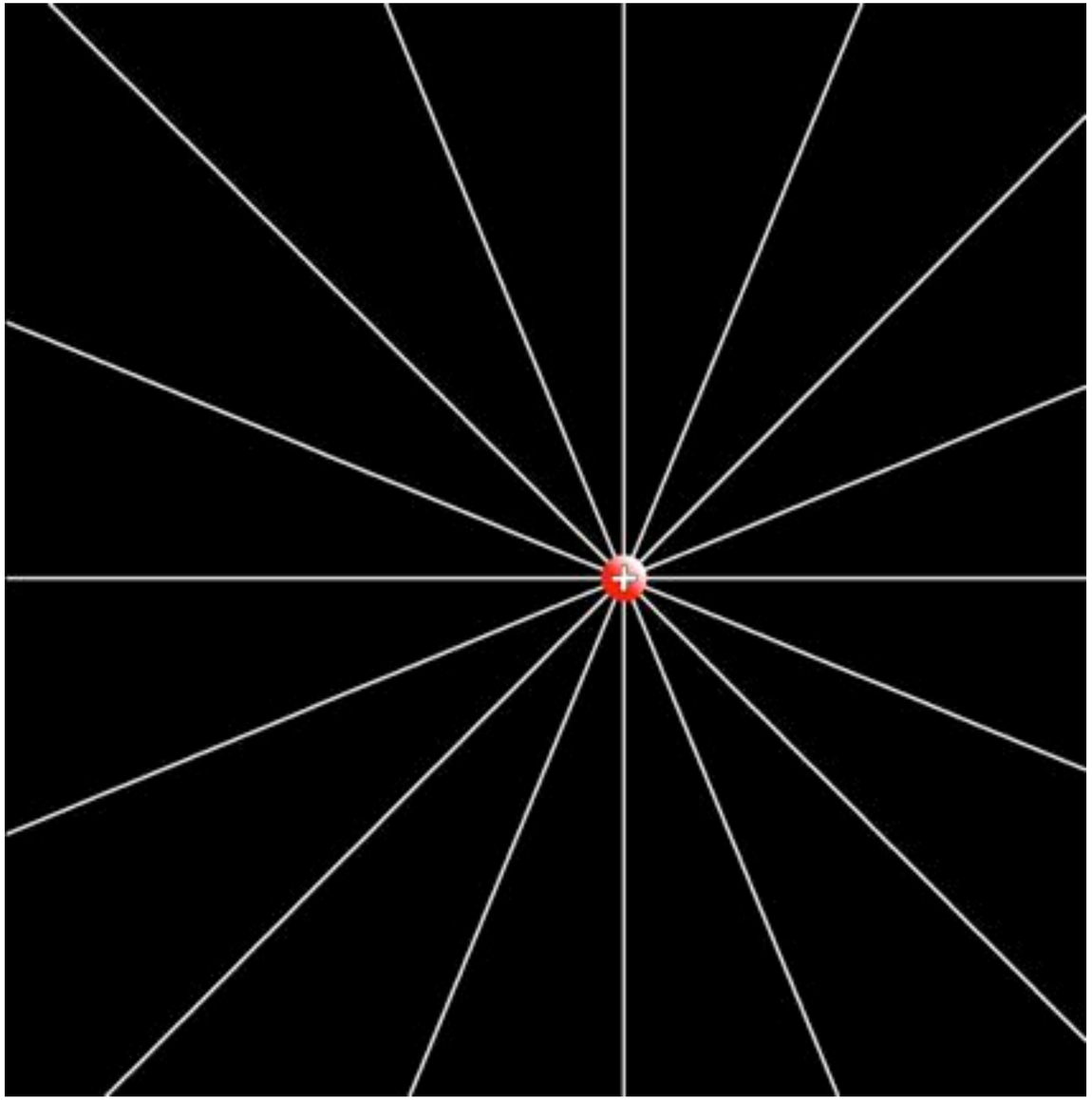
Ecuación de onda de la luz.

Los campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo obedecen una ecuación de ondas.

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$



Ondas electromagnéticas.

Cuando una carga oscila se produce una perturbación del campo electromagnético que se propaga a la velocidad de la luz..

Ondas electromagnéticas.

Cuando una carga es frenada se produce una perturbación del campo electromagnético que se propaga a la velocidad de la luz..

Heinrich Hertz

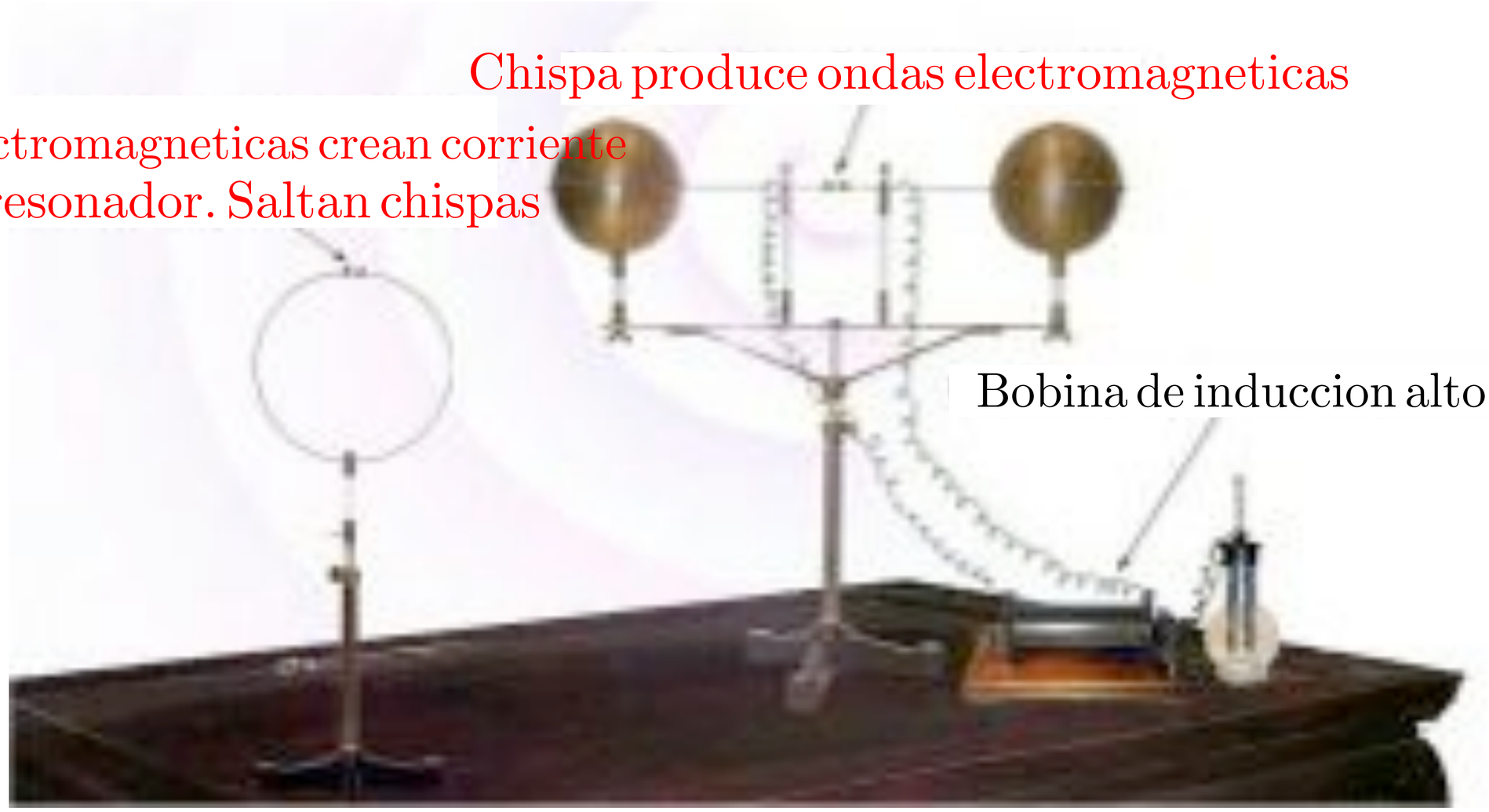
(Hamburgo, 1857 - Bonn, 1894) Físico alemán que descubrió la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio y estudió la naturaleza y propiedades de las mismas, sentando las bases que llevarían a Marconi a una invención destinada a revolucionar las comunicaciones: la radio. En 1887, en un célebre experimento, Hertz logró transmitir ondas electromagnéticas entre un oscilador (antena emisora) y un resonador (antena receptora), confirmando experimentalmente las teorías del físico inglés James C. Maxwell sobre la identidad de características entre las ondas luminosas y electromagnéticas.

Se le considera el descubridor del *efecto fotoeléctrico*, en el que una superficie pulida de zinc emite electrones al ser iluminada con luz ultravioleta.

Ha dado nombre a la unidad de frecuencia, el *hercio*, igual a un ciclo por segundo.

Chispa produce ondas electromagneticas

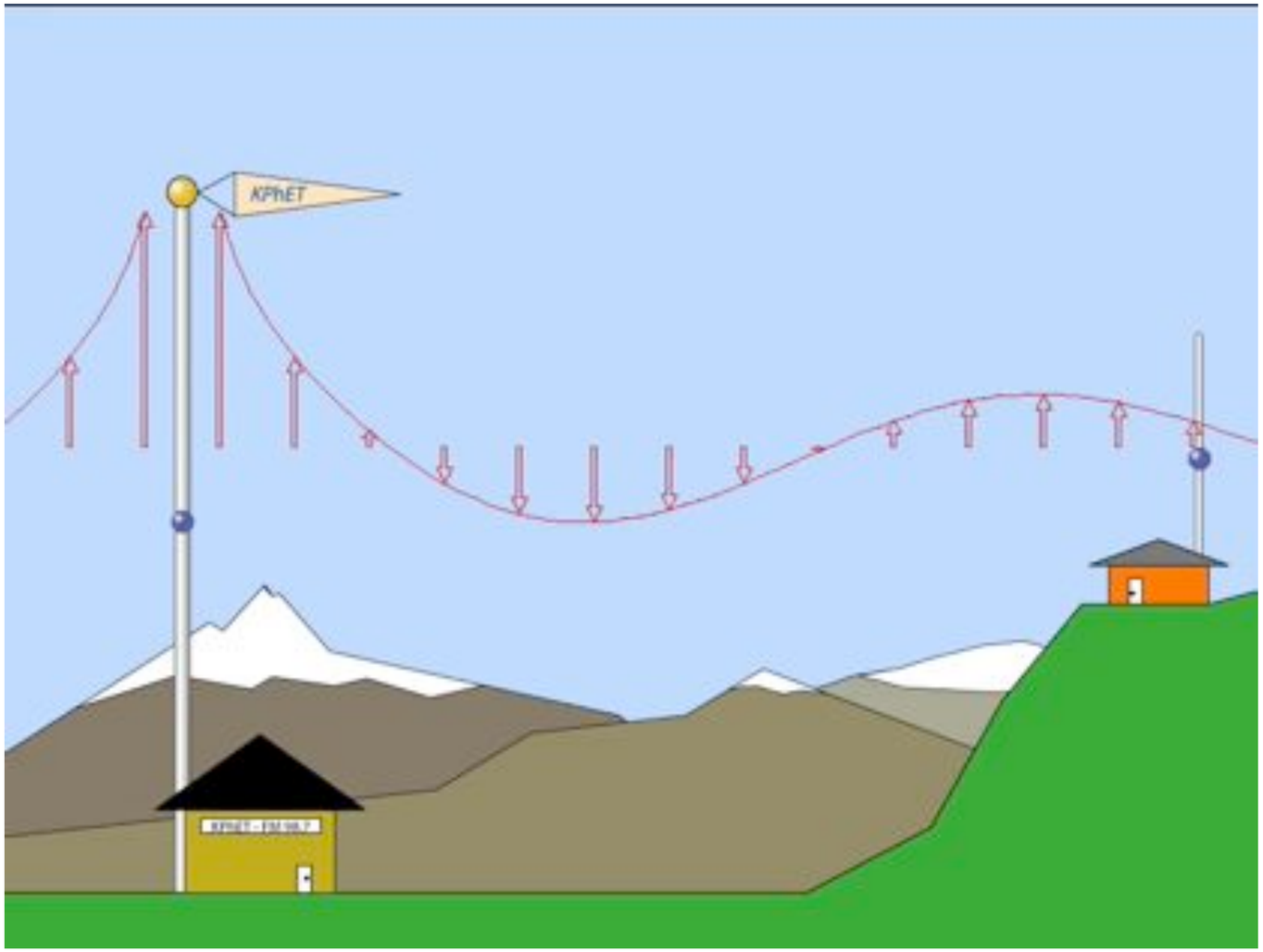
Ondas electromagneticas crean corriente
en el resonador. Saltan chispas



Bobina de induccion alto voltaje

Experiencia de Hertz para producir y detectar ondas de Maxwell.

Experiencia de Hertz para producir y detectar ondas de Maxwell.



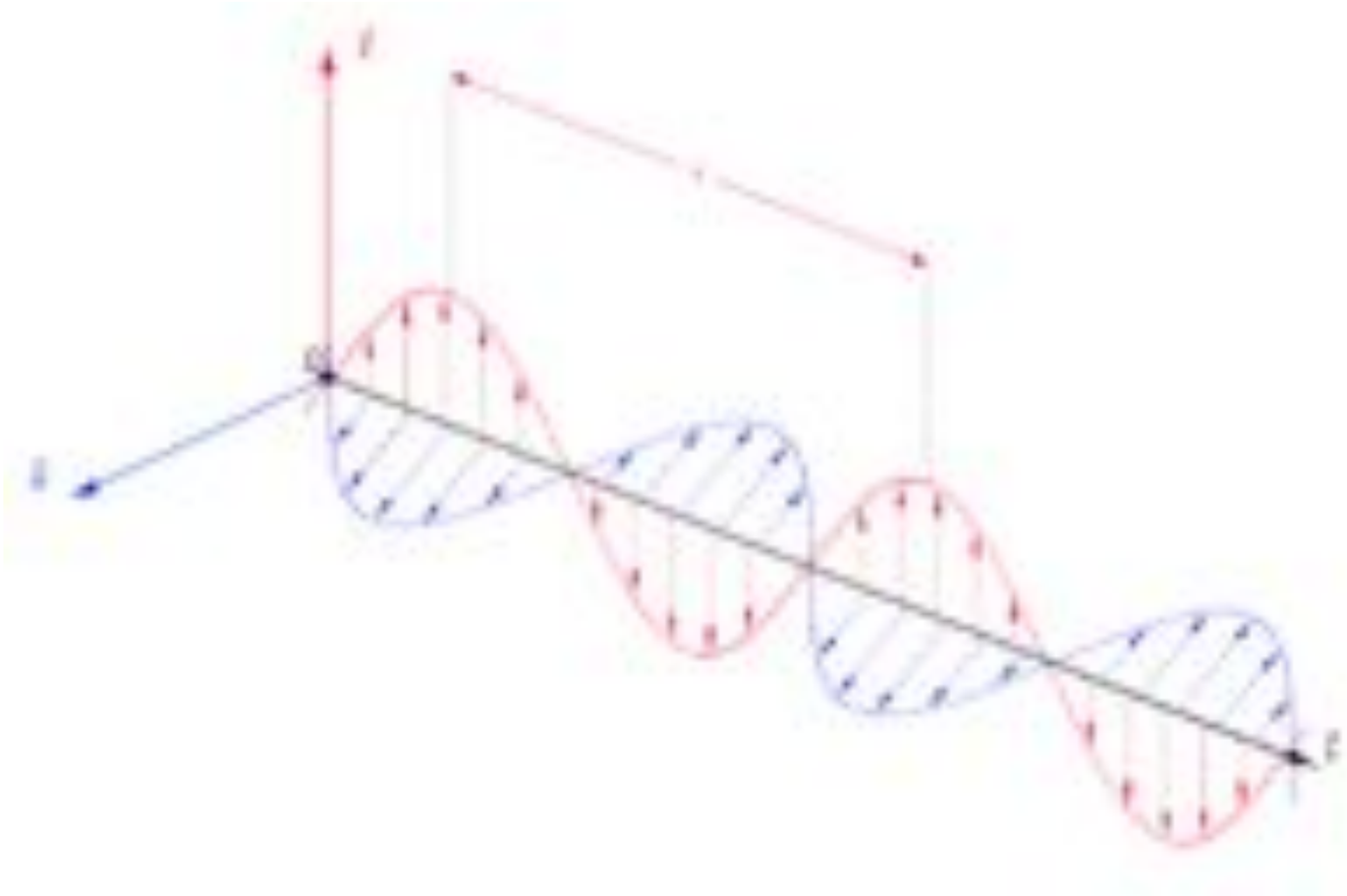
Ondas de radio.

Cuando una carga es frenada se produce una perturbación del campo electromagnético que se propaga a la velocidad de la luz..

Huygens y Maxwell

La luz como onda electromagnética.

La luz da lugar a fenómenos de interferencia.



FIN

Experimentos importantes en la Historia de la Física

Óptica

Prof. J Güémez
Departamento de Física Aplicada
Universidad de Cantabria

Facultad de Ciencias, enero 2019