

2015 Año Internacional de la Luz y de las Tecnologías basadas en la Luz*



Al declarar la organización internacional Naciones Unidas al año 2015 como el Año Internacional de la Luz señalaba en sus dos primeros puntos lo siguiente:

1. La luz desempeña una función central en las actividades humanas. Al nivel más fundamental, por medio de la fotosíntesis, la luz se encuentra en el origen de la vida misma y las numerosas aplicaciones de la luz han revolucionado la sociedad a través de la medicina, las comunicaciones, el ocio, el arte y la cultura. Las industrias basadas en la luz son importantes motores económicos y las tecnologías basadas en la luz satisfacen directamente las necesidades de la humanidad pues dan acceso a la información, permiten preservar el patrimonio cultural, promueven el desarrollo sostenible y aumentan la salud y el bienestar sociales. Las tecnologías basadas en la luz aportan cada vez más soluciones a los problemas mundiales, entre otros campos en los de la energía, la educación, la agricultura y la salud de las comunidades. Las aplicaciones de las tecnologías basadas en la luz mejoran la calidad de la vida en el mundo en desarrollo y son elementos clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio y sobrepasarlos.

* Selección de imágenes, textos, notas y fotografías: Luis Brahim N., Juan Espinoza G. y Luis Venegas F.

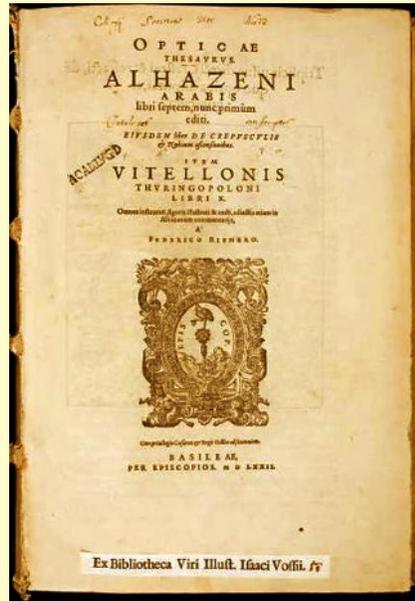
2. Al convertirse en una disciplina transversal clave de la ciencia y la ingeniería en el siglo XXI, es esencial que cada uno aprecie plenamente la importancia del estudio científico de la física de la luz y la aplicación de las tecnologías basadas en la luz para el desarrollo sostenible mundial. Es vital que las mentes jóvenes más brillantes sigan sintiéndose atraídas por las carreras científicas y de ingeniería en ese ámbito. Es asimismo importante seguir reforzando las capacidades educativas a escala mundial por medio de actividades centradas en la ciencia y la ingeniería destinadas a los jóvenes de ambos sexos, resolviendo los problemas vinculados con la igualdad de género y, sobre todo, atribuyendo especial importancia a los países en desarrollo y las economías emergentes, especialmente en África.

Eureka-Enseñanza de las ciencias físicas, tal como su título indica, es una publicación dedicada a comentar todas las instancias que tienen que ver con la enseñanza de las ciencias físicas y, por lo tanto, debemos estar atentos a difundir los objetivos de la declaración de la ONU y contribuir a este Año Internacional de la Luz. A continuación se señalan todos los otros aniversarios que se conmemoran este año y que corresponden a hitos en la comprensión de la naturaleza de la luz:

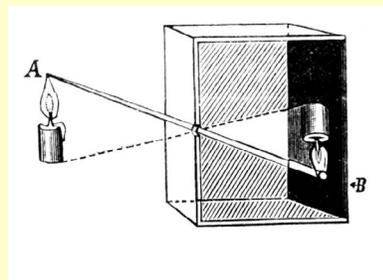
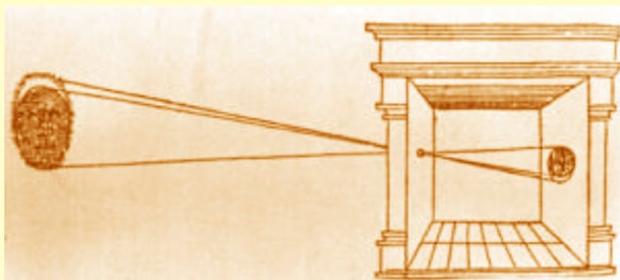
- a. Publicación el 1015 de los grandes trabajos de Ibn-al-Haytham sobre la óptica, en la Edad de Oro islámica; hizo importantes contribuciones a la teoría de la visión, óptica geométrica y el método científico. (Este año se cumplen 1000 años).
- b. En 1815, en Francia Augustin-Jean Fresnel propuso la teoría del carácter ondulatorio de la luz (200 años de aquella exposición).
- c. En 1865, en Inglaterra James Clerk Maxwell en su libro *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* describió la teoría electromagnética de la luz, en donde unifica matemáticamente la luz, la electricidad y el magnetismo (150 años de la gran síntesis de Maxwell).
- d. En 1905 Albert Einstein publicó su explicación del efecto fotoeléctrico, trabajo que le permitió obtener el Premio Nobel en 1921 (110 años de esa publicación).
- e. En 1915, en Alemania Einstein desarrolló la relatividad general que confirmó el papel central de la luz en el espacio y en el tiempo, teoría en la que predecía el corrimiento gravitatorio de la luz hacia el rojo y la existencia de agujeros negros (100 años de la formulación de la relatividad general).
- f. En 1965, en los Estados Unidos Arno Penzias y Robert W. Wilson descubrieron el fondo cósmico de microondas, eco de la creación del universo, recibiendo el Premio Nobel en 1978 (50 años de este hito).
- g. En 1965 Charles Kao propuso el uso de la fibra óptica para la transmisión de telefonía a grandes distancias. El 2009, la red de comunicaciones óptica llevó al mundo la noticia de su premio Nobel.

La conmemoración de estos hitos en 2015 constituirá una formidable oportunidad para llevar a cabo actividades educativas y de fortalecimiento de capacidades científicas y educativas en todo el mundo. Sobre la base de este planteamiento se hará una breve reseña histórica, en imágenes, siguiendo el listado de hitos anteriores, mediante una galería fotográfica de imágenes ópticas captadas en el laboratorio.

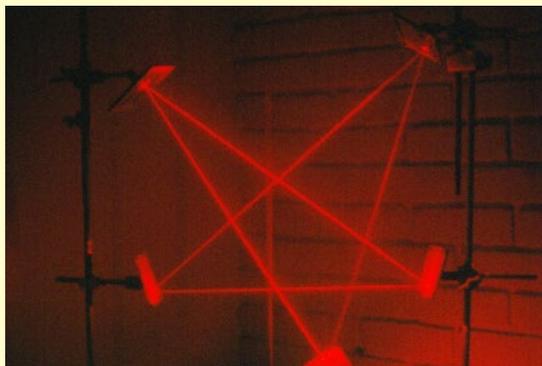
Hace 1000 años en la ciencia islámica, el científico Bin-al-Haytham, conocido en el mundo occidental como Alhazen, legó a la humanidad un amplio tratado acerca de lentes y describió la imagen formada en la retina debido al cristalino. Se le considera el padre de óptica moderna. Hizo importantes aportes a la óptica geométrica de lentes y espejos y al método científico. Realizó numerosos estudios y experimentos acerca de sombras, eclipses, naturaleza de la luz y descubrió la ley de la refracción. Realizó también las primeras experiencias de la dispersión de la luz en sus colores. Fabricó lentes, construyó equipos parabólicos como los que ahora se usan en los modernos telescopios y estudió las propiedades del enfoque que producen. En las ilustraciones siguientes se muestra un retrato del científico y la portada de una de sus obras.



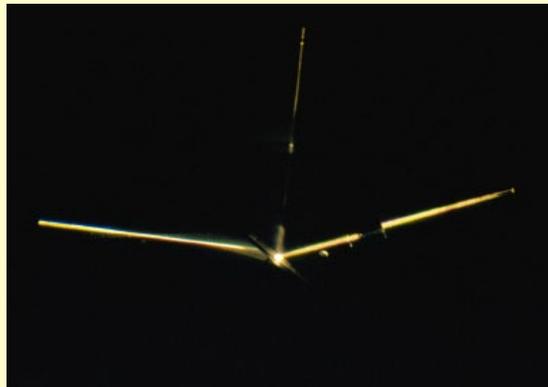
Este científico también se había preguntado: ¿cómo se forma una imagen?, ¿cómo funciona una lente o un espejo? Ya se había introducido el concepto de rayo luminoso y con él se habían interpretado diversas situaciones, tales como las que se presentan a continuación, captadas en un laboratorio de óptica con diversos elementos:



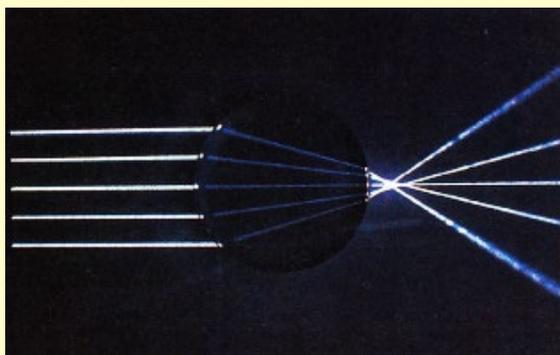
Fue uno de los primeros científicos en analizar correctamente los principios de la cámara oscura (o cámara de orificio), que consiste en una caja oscura que tiene en una de sus paredes un pequeño orificio, tal como se ilustra en la figura para obtener la imagen del Sol. En la pared opuesta se forma una imagen invertida de los objetos exteriores, debido a la propiedad que la luz se propaga en línea recta. Este aparato es el antecesor de la moderna cámara fotográfica.



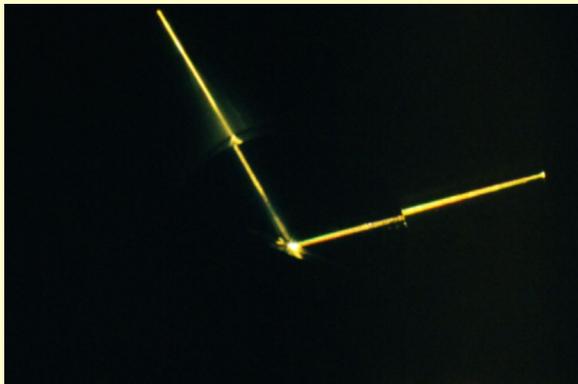
Un rayo de luz laser reflejado en varios espejos. Ley de la reflexión.



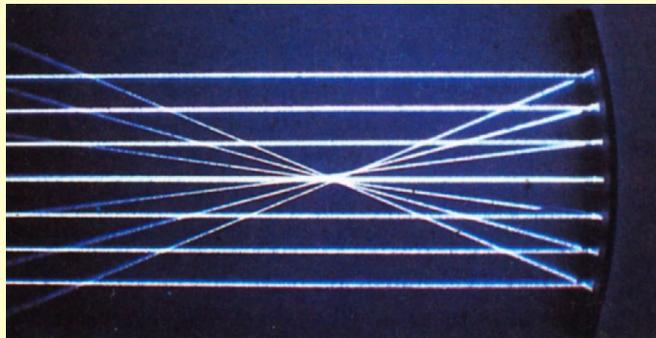
Un rayo de luz incide en un semicilindro de plástico, se refracta en un ángulo cercano al de reflexión total.



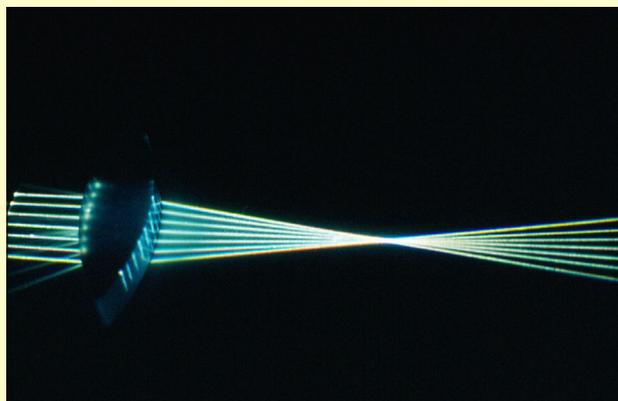
Rayos de luz inciden en un cilindro de plástico, se refractan convergiendo. Notar los rayos refractados en el interior del cilindro. Se utiliza como un modelo de arco iris haciendo incidir un único rayo luminoso.



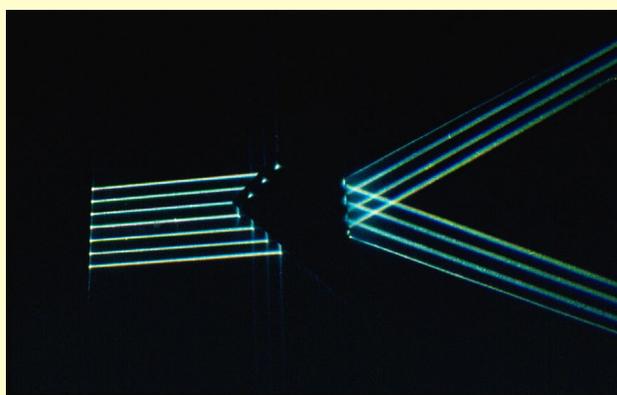
Un rayo de luz incide en un semicilindro de plástico, se refracta y hay reflexión total.



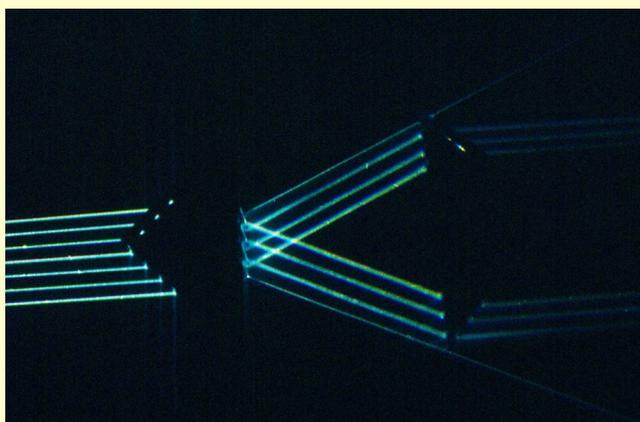
Rayos de luz inciden en un espejo cilíndrico, se reflejan convergiendo en un punto, el foco del espejo.



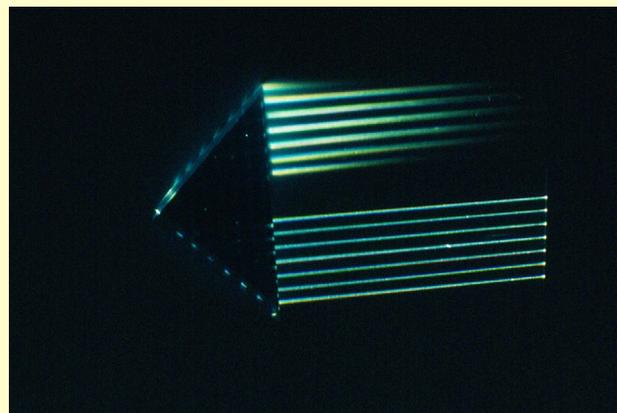
Múltiples rayos luminosos inciden en una lente cilíndrica biconvexa. Los rayos se refractan en la lente y convergen en el foco.



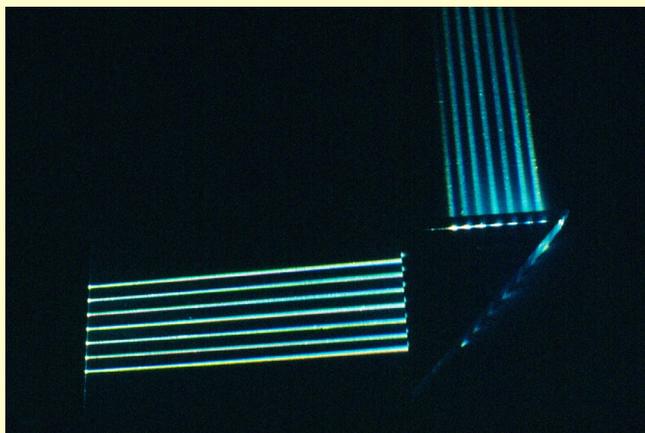
Rayos luminosos inciden por las caras del vértice de un prisma de plástico, se refractan y divergen.



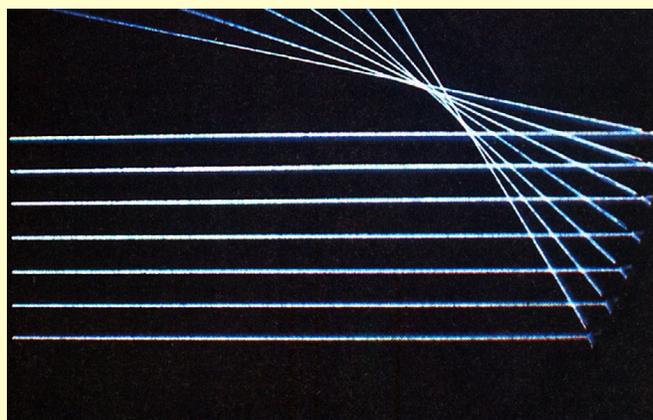
Rayos de luz inciden en un prisma de plástico, se refractan, llegando a otros dos prismas, como se observa en la fotografía.



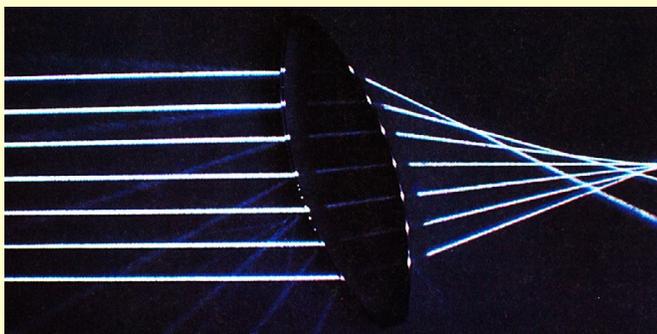
¿Qué ocurre en el prisma para que los rayos luminosos abandonen el prisma en dirección opuesta?



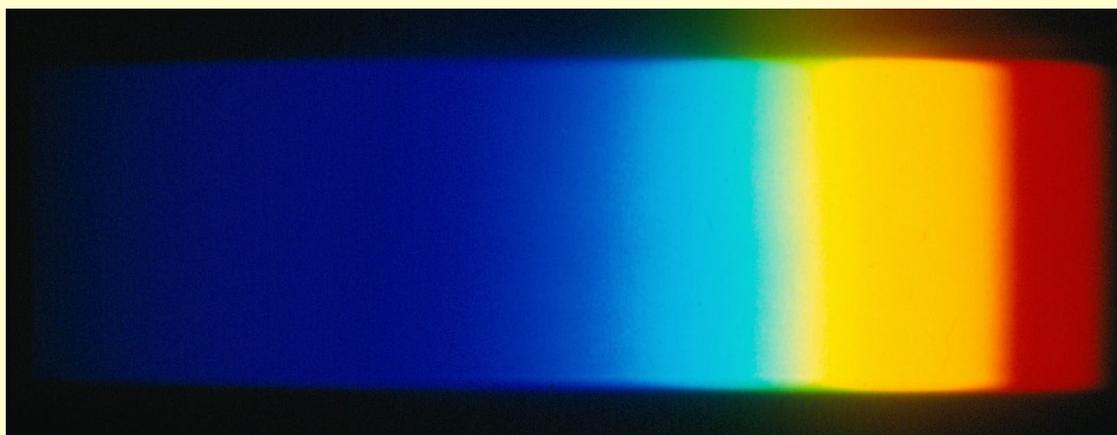
Rayos de luz inciden en una de las caras de un prisma de plástico, se refractan emergiendo por la otra cara. ¿Qué ocurrió en la tercera cara del prisma?



Cuando rayos de luz inciden en un espejo curvo un poco desviado del eje óptico, se reflejan mostrando que no convergen en un punto. ¿Cuál es la explicación de este efecto?



Rayos de luz inciden en una lente cilíndrica de plástico, desviada un poco del eje óptico, se refractan. ¿Cómo se explica el efecto mostrado?



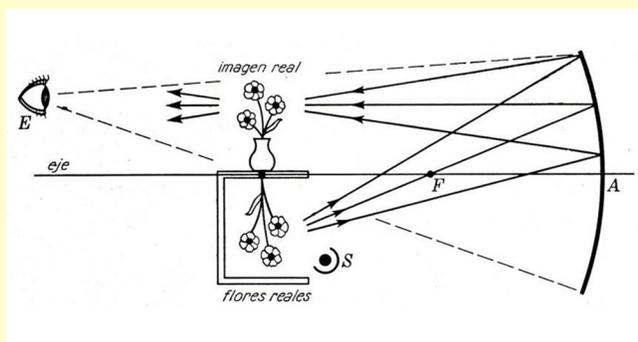
Un rayo de luz blanca incidiendo en un prisma, se refracta dispersando la luz en un espectro continuo.



El montaje muestra una visión de la llama de una vela. ¿Cómo se explica este efecto? ¿Se puede observar la llama de una vela invertida?



Montaje para mostrar la llama de una vela invertida. El elemento óptico es un espejo esférico. ¿A qué distancia está el objeto del espejo?



Esquema del montaje para obtener una ilusión óptica producida por una imagen real de aumento unidad.



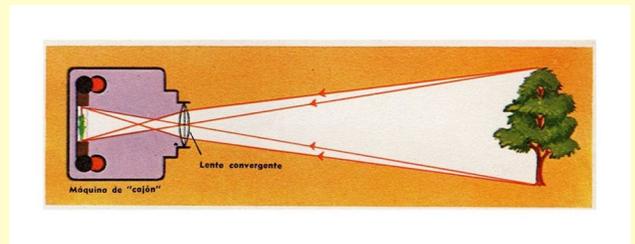
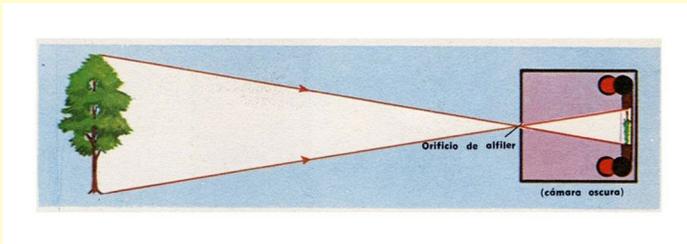
Montaje con una lente convergente para ver la llama de una vela invertida. ¿Cómo?

El desarrollo posterior de la óptica geométrica, mediante el concepto de rayo luminoso, permitió el desarrollo de diversos instrumentos ópticos, tales como:

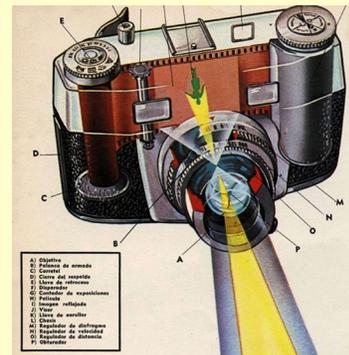
- La cámara fotográfica, que a partir de la cámara de orificio, evolucionó hasta los modernos instrumentos de la actualidad. En las ilustraciones que siguen se muestra la formación de la imagen por un orificio, en (a) y colocando una lente en lugar del orificio para explicar el funcionamiento óptico de una cámara, en (b).

A

B



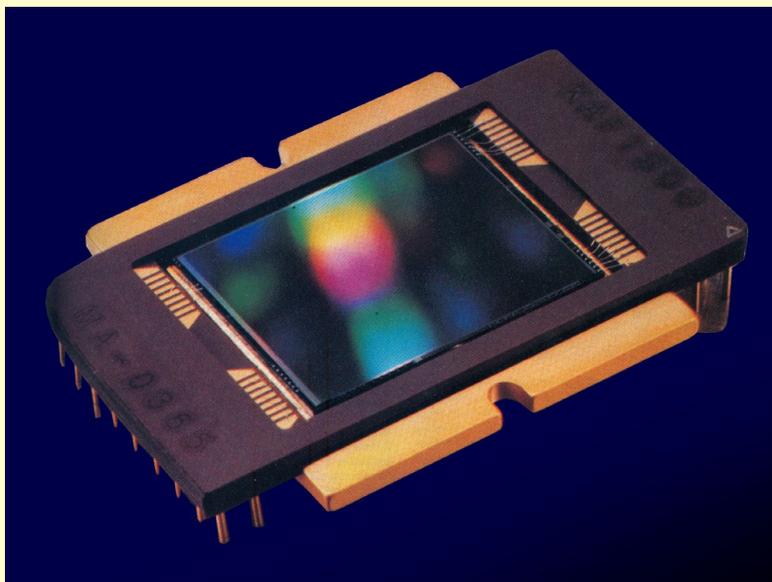
Cámara fotográfica alemana que usaba película 120. Se fabricó alrededor del año 1950 del siglo XX.



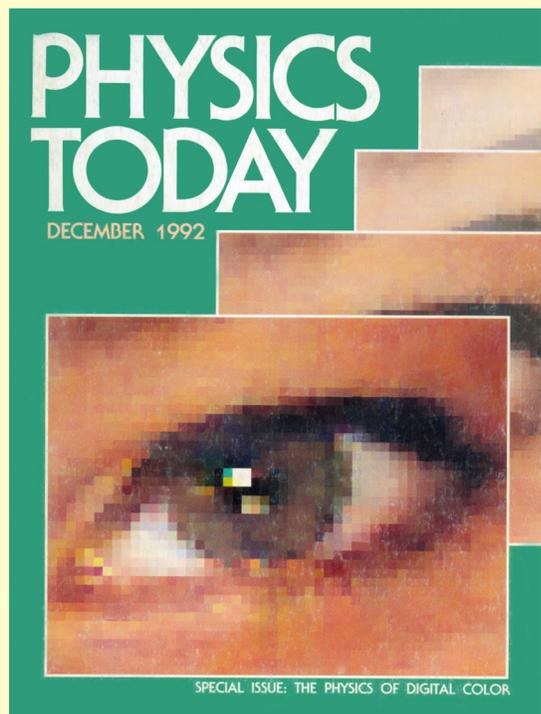
Cámara de película 35 mm, no réflex, ya que no se enfoca a través del objetivo de la cámara, sino que paralelamente a él. Se indican sus partes principales.



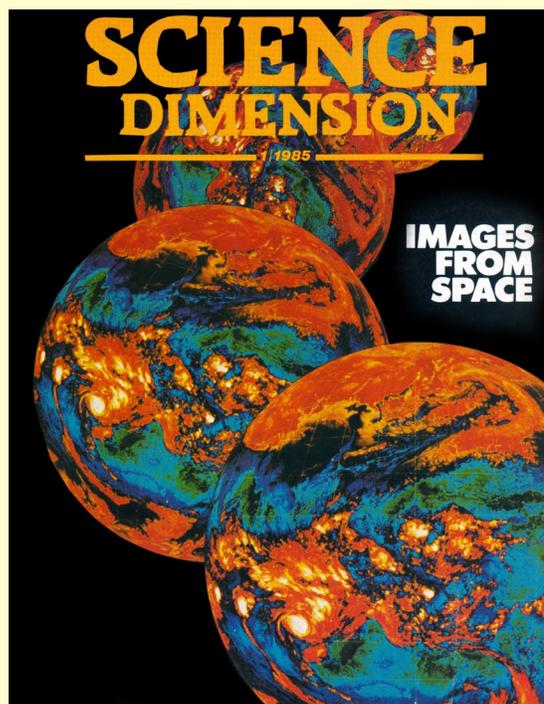
Cámaras réflex de lentes intercambiables, en donde se observa la escena a fotografiar a través del objetivo de la cámara. A la izquierda, cámara análoga para película de 35 mm. A la derecha, cámara digital moderna.



CCD con 1,3 millones de píxeles. La superficie fotosensible de este CCD de 20,5 x 16,4 mm. Cada píxel es un cuadrado de 16 micrones por lado.

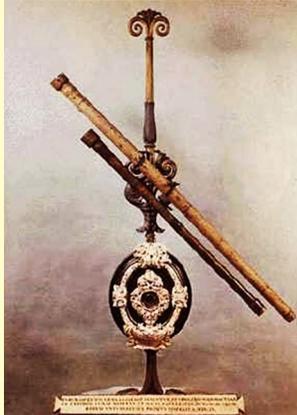


Portada de revista dedicada a la Física del color digital.



La Tierra desde el espacio en una imagen de falsos colores, digitalmente obtenida, desde un satélite que analiza el clima.

- El telescopio, el que a partir de 1609 cuando Galileo Galilei lo apuntó por primera vez al cielo, permitiendo observar imágenes de los cuerpos celestes y analizar su luz. El desarrollo del telescopio ha sido espectacular hasta llegar a los grandes telescopios actuales.



Telescopios fabricados por Galileo que se conservan en el Museo de Historia de la Ciencia de Florencia. Consistían en una lente convergente como objetivo y una lente divergente como ocular.



Galileo Galilei mostrando su anteojo telescópico a dignatarios de la época, intentando convencerlos de su utilidad para observar los objetos celestes.

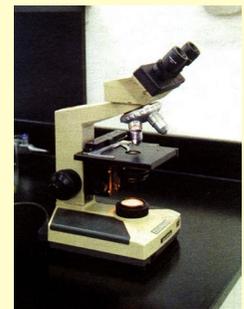
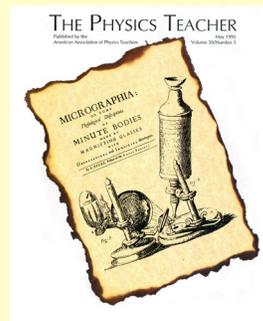
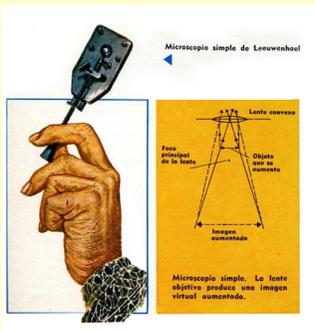


Telescopio refractor de Kepler (réplica), consistente en dos lentes convergentes. La lente objetivo de mayor distancia focal que la del ocular.



Telescopio de Newton que consistía en un espejo cóncavo.

- El microscopio, y su desarrollo, ha permitido estudiar la célula, microorganismos y otros organismos que a simple vista no los podemos ver.



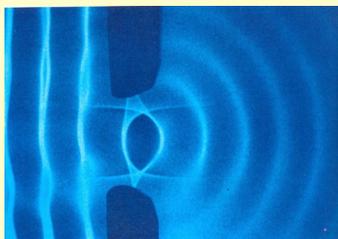
Uno de los primeros estudios de R. Hooke usando un microscopio. Portada de la revista The Physics Teacher, mayo 1992.

Un moderno microscopio para la enseñanza de la microscopía y sus aplicaciones a áreas biológicas.



Fresnel

Augustin Jean Fresnel (1788, 1827). Físico francés. Se dedicó al estudio de la óptica, demostrando experimentalmente la naturaleza ondulatoria de la luz. Explicó los fenómenos de polarización y de doble refracción. Inventó el biprisma de franjas (biprisma de Fresnel), con el que se pueden estudiar los fenómenos de interferencia, y el sistema formado por dos espejos planos en ángulo (espejos de Fresnel), con el que se obtienen focos de luz coherente. Ideó también un método geométrico (construcción de Fresnel) para determinar la amplitud y el ángulo de fase de un movimiento oscilatorio resultante de otros dos de igual frecuencia y fases diferentes, en el que las amplitudes de los movimientos componentes son consideradas como vectores y se obtiene su suma por la regla del paralelogramo. Fue miembro de la Academia de Ciencias francesa y de la Royal Society.



Difracción por una abertura en la cubeta de ondas.



Maxwell

James Clerk Maxwell (1831 – 1879) Físico británico que desarrolló la teoría electromagnética clásica, en la que sintetizó todas las anteriores observaciones, experimentos y leyes sobre electricidad, magnetismo y óptica. Esta gran síntesis, la segunda de la Física, fue publicada en 1865 en su libro *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*. Las ecuaciones de Maxwell demostraron que la electricidad, el magnetismo y la luz, son manifestaciones del mismo fenómeno: el campo electromagnético. Además se le conoce por la estadística de Maxwell-Boltzmann en la teoría cinética de gases.

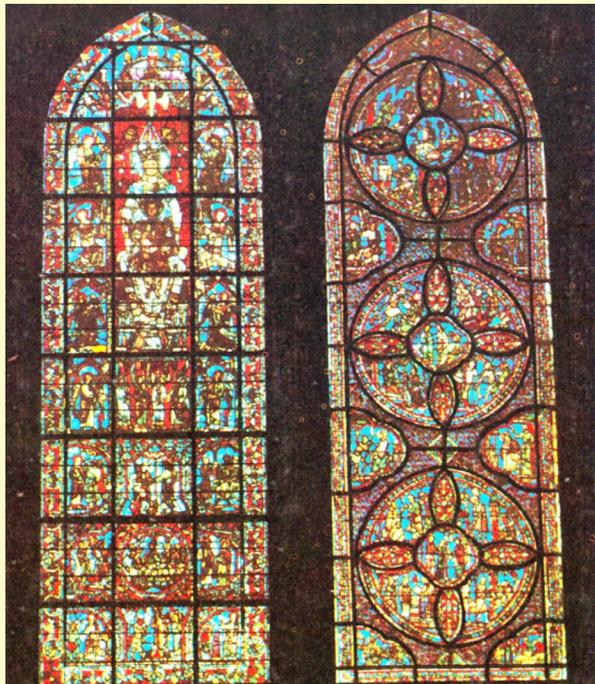
Entre sus primeros trabajos científicos, Maxwell desarrolló una teoría del color y de la visión y estudió la naturaleza de los anillos de Saturno, demostrando que no podían estar formados por un único cuerpo sino que debían estar formados por una miríada de cuerpos mucho más pequeños. También probó que la teoría nebular de la formación del Sistema Solar, vigente en su época, era errónea, obteniendo por estos trabajos el Premio Adams de Cambridge en 1859. En 1861, Maxwell demostró que era posible realizar fotografías en color, utilizando una combinación de filtros rojo, verde y azul, obteniendo por este descubrimiento la Medalla Rumford.

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \end{aligned}$$

Ecuaciones de Maxwell

● **La Luz en el Arte**

La importancia de la luz en las Artes Visuales ha sido resaltada en algunos momentos de la Historia del Arte. A continuación presentamos exaltaciones de la luz en el estilo Gótico, el movimiento Impresionista y de la obra visual de la artista chilena Yto Aranda.



Vidrierías de la Catedral de Chartres (siglos XII-XIII).

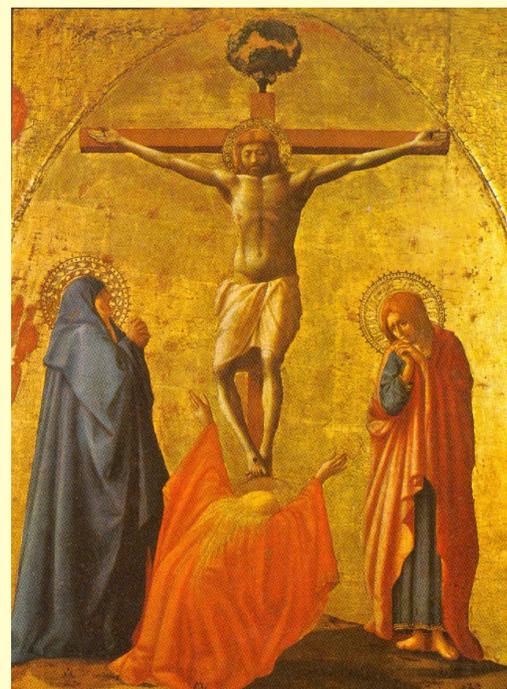
El Gótico

Los vitrales sustituyen a las pinturas murales, como también, a parte de los mismos muros, dando lugar a una estructura traslúcida. En ellos se representa en forma iconográfica escenas cristianas, permitiendo a los visitantes apreciar por acción de la luz el interior de la catedral.

La utilización de oro en esculturas y pinturas en la Historia del Arte la podemos encontrar en máscaras de deidades egipcias y en decorados de esculturas griegas. Posteriormente en la pintura sagrada del arte cristiano se utilizó el pan de oro para la iluminación del cielo y en las aureolas para resaltar a las figuras sagradas, es decir, representar la luz.



Aunque pertenece al periodo renacentista, conserva todos los rasgos de estilo Gótico. Masaccio (1401-1428): Crucifixión. Detalle de Políptico de Pisa. (1426). Museo de Capodimonte. Nápoles.



El Impresionismo

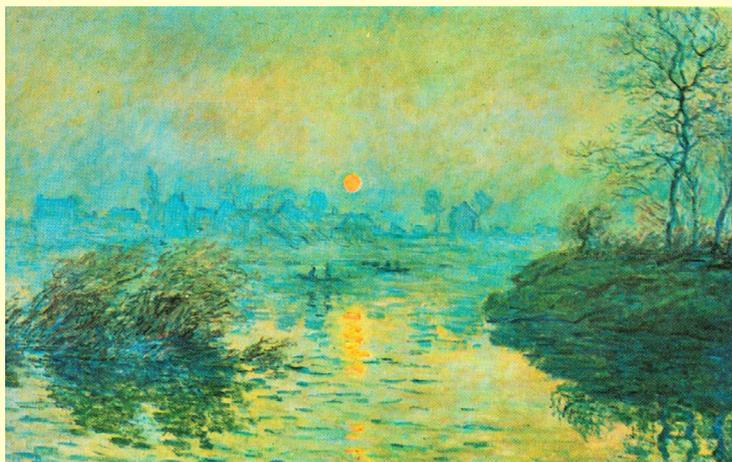
Nace de la preocupación por captar un momento y situación con su respectiva luz natural, pintura *au plein air*. Se utilizaron pinceladas de color que se mezclaban en la retina del espectador.



la estación de San Lázaro (1877) - Museo de Louvre. París.



La catedral de Rouen. El portal y la torre de San Román (1894). Fue pintada por Claude Monet numerosas veces para mostrar los diferentes fenómenos lumínicos. (Se aprecian varios cuadros con variaciones de tonos de color y luz).

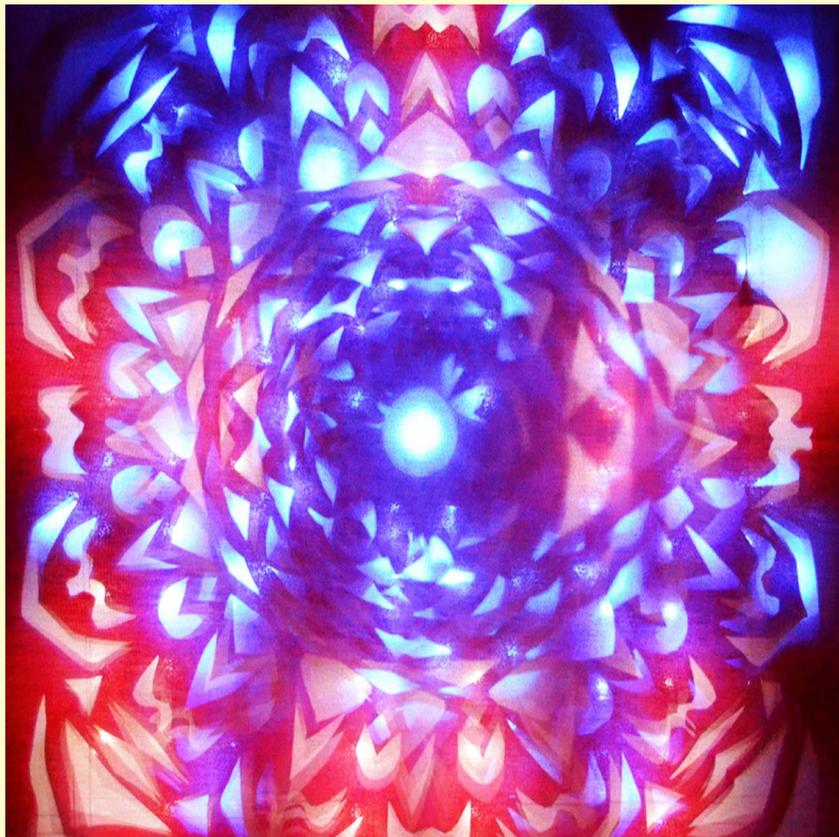


Claude Monet (1840-1926): Puesta de sol en Lavacourt (1880) - petit palais, Paris.

Yto Aranda

Es una artista visual multidisciplinaria y experimental en tecnología. En los últimos años ha incorporado circuitos electrónicos en su obra, enfatizando efectos lúminicos con el uso de luz led en el soporte pictórico.

Pintora y Licenciada en Artes Plásticas de la Universidad de Chile, además es fundadora de la revista electrónica Scanner Cultural, siendo su directora por quince años. Ha participado en encuentros y exposiciones vinculados al arte electrónico en Chile como en varios otros países.



La obra Nishi Ibo de Yto Aranda, es una pintura electrónica interactiva de 40 x 40 cm. Obra lumínica y sonora (interactiva, que reacciona a la presencia del espectador mediante sensores), perteneciente a la serie De Naturaleza Elemental, exhibida en Qoricancha, Festival Asimetría, enero 2015, Cuzco, Perú.

Detalle de montaje de la serie de pinturas lúminicas De Naturaleza Elemental.



Eureka, Enseñanza de las Ciencias Físicas, julio 2015