



01

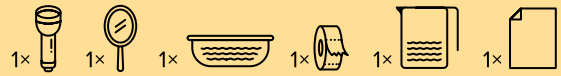
EXPERIMENTO 01 DESCOMPOSICIÓN DE LA LUZ

«¿ES EL BLANCO UN COLOR?»

OBJETIVO

Decomponer la luz blanca de manera que se obtenga el espectro de luz visible y reproducir un arcoíris.

MATERIALES

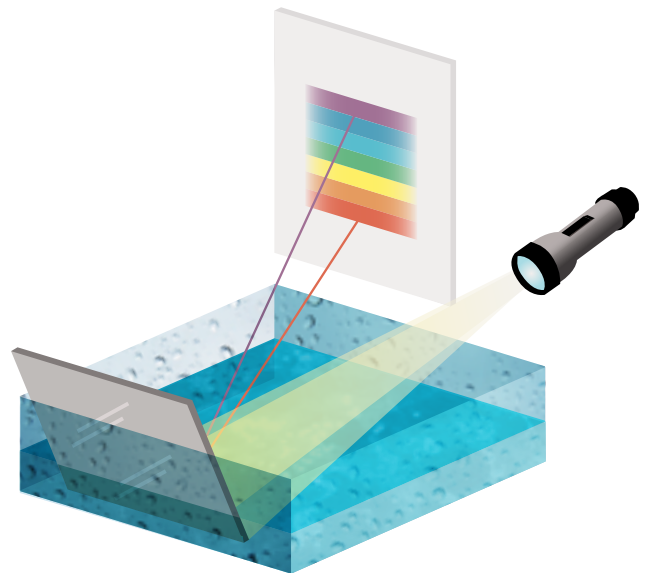


- Una linterna corriente que emita luz de color blanco o amarillo claro
- Un espejo
- Un bol o recipiente para meter agua
- Cinta aislante adhesiva
- Agua
- Una pared blanca o, en su defecto, folios blancos



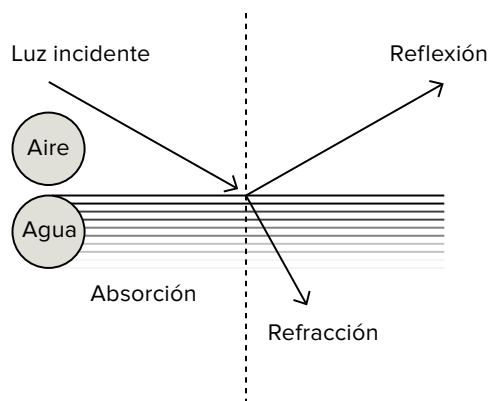
PROCEDIMIENTO

- 01 Coloca el espejo dentro del recipiente con un ángulo de inclinación de aproximadamente 45 grados y fíjalo con cinta aislante para evitar que se mueva.
- 02 Vierte agua en el recipiente de manera que el espejo quede sumergido en su mayor parte.
- 03 Coloca el recipiente de manera que el espejo quede frente a una pared blanca, a unos 2 metros de distancia (dos grandes pasos). En caso de no tener una pared blanca, deberás pegar folios blancos en la pared para observar mejor el experimento.
- 04 Deja la habitación con la mayor oscuridad posible, evita que entre luz natural y apaga las luces.
- 05 Enciende la linterna y dirige la luz hacia la parte sumergida del espejo.
- 06 Observa lo que aparece reflejado en la pared.



EXPLICACIÓN

NIVEL BÁSICO Lo que observas en la pared es un espectro de color. Cada luz está formada por distintas radiaciones. Los rayos de luz entran en el agua y al llegar al espejo se reflejan en él (fenómeno de reflexión) y a continuación, cuando salen del agua se refractan (fenómeno de refracción), es decir, se desvían. Como resultado, aparecen los distintos colores. Esa luz se ha descompuesto y se pueden observar los siete colores e infinidad de tonalidades diferentes entre ellos. Si quieres saber más, echa un vistazo a este [vídeo](http://www.kids.csic.es/cuentos/cuento5.html) (<http://www.kids.csic.es/cuentos/cuento5.html>) sobre la luz blanca.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



CSIC

FECYT

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



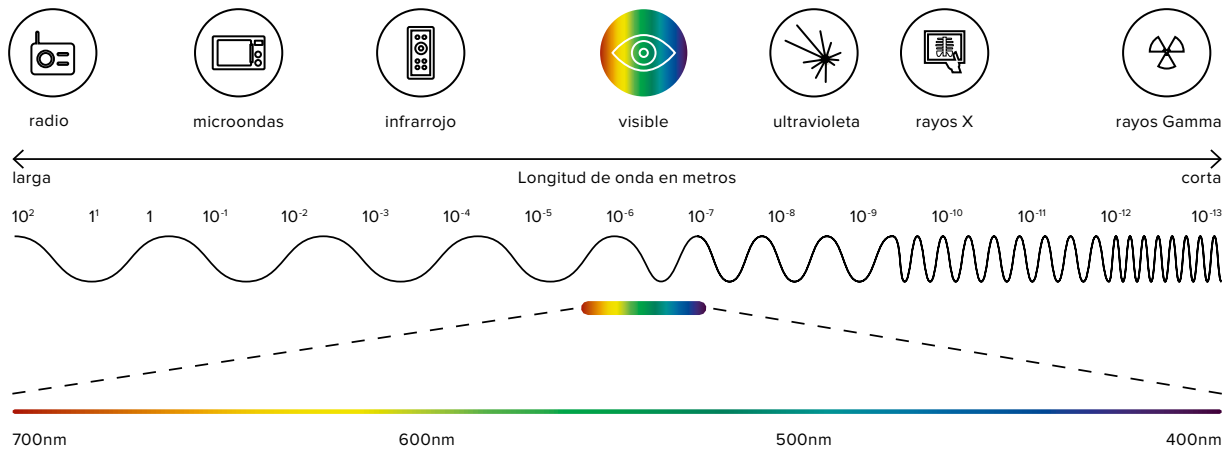
AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ 2015

OBJETIVO

Decomponer la luz blanca de manera que se obtenga el espectro de luz visible y reproducir un arcoíris.

NIVEL AVANZADO-MEDIO Lo que observas en la pared es un espectro de color. La dispersión cromática es la descomposición de la luz blanca en todos sus colores debido a que cada color se refracta de manera diferente cuando pasa de un medio a otro. La zona de agua entre la superficie y el espejo actúa como un prisma que proyecta los rayos de salida sobre la pared. Los rayos de luz entran en el agua, se reflejan en el espejo y luego se refractan cuando salen del agua. Sufren el mismo efecto

que en la formación del arcoíris, es decir, que se refractan dos veces (al pasar primero del aire al agua y a continuación del agua al aire) y se reflejan una vez (en el espejo). El prisma de agua desvía cada longitud de onda en un grado diferente. El rojo posee la longitud de onda más larga y es el que menos se desvía. El violeta tiene la longitud de onda más corta y es el que más se desvía. Observa que en realidad no existen siete colores sino una infinidad de tonalidades diferentes.



→ Se llama espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir.


¿SABÍAS QUE?

Hay un nuevo material que está revolucionando a la comunidad científica y a la industria de todo el mundo por sus extraordinarias propiedades y sus múltiples aplicaciones prácticas: el grafeno. Se trata de un material transparente, extremadamente delgado (el más fino posible) y muy ligero (0,77 miligramos por metro cuadrado). Es impermeable, elástico, flexible y asombrosamente resistente. Es el mejor conductor de la electricidad conocido y, además, se encuentra en abundancia en la naturaleza, por lo que resulta económico.

Un grupo de investigación, en el que ha participado el Instituto de Química Física Rocasolano del CSIC, ha descubierto

que el grafeno es capaz de absorber por completo la luz en sus diferentes colores en su capa de un solo átomo de carbono. Esta nueva propiedad permite, por ejemplo, desarrollar fotosensores de infrarrojo, biosensores, cámaras o paneles solares. Podrían desarrollarse cámaras sin necesidad de flash con sensores más sensibles y baratos. Referencia: J. Chen, M. Badioli, P. Alonso-González, S. Thongrattanasiri, F. Huth, J. Osmond, M. Spasenović, A. Centeno, A. Pesquera, P. Godignon, A. Zurutuza, N. Camara, J. García de Abajo, R. Hillenbrand, F. Koppens. *Optical nano-imaging of gate-tunable graphene plasmons*. Nature. DOI: 10.1038/nature11254.

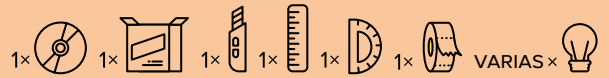
«A LA CAZA DE ESPECTROS»

ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

No debes mirar directamente al Sol a través del espectroscopio.

OBJETIVO

Construir con materiales sencillos un espectroscopio y observar diferentes fuentes de luz.

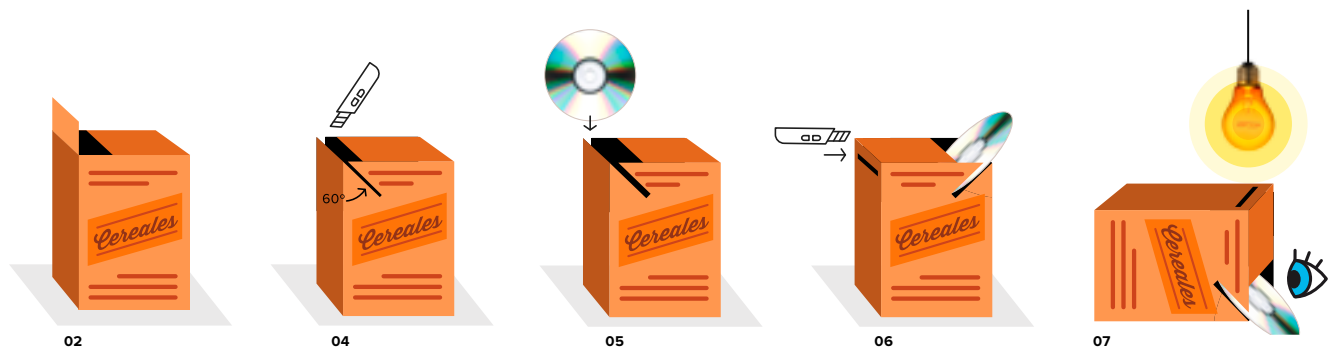
MATERIALES


- Un disco compacto (CD) desechado en buen estado
- Una caja vacía como la de los cereales (que no esté rota)
- Un cúter o unas tijeras
- Una regla
- Un transportador de ángulos
- Cinta adhesiva plateada para sellar cajas (debe ser opaca)
- Diferentes fuentes de luz para observar, como bombillas (incandescentes o de bajo consumo), halógenos, luz solar, pantallas de ordenador, farolas, etcétera



PROCEDIMIENTO

- Coloca la caja de pie. Para construir el espectroscopio insertaremos el CD en uno de los lados de la caja y abriremos una ranura en el lado opuesto.
- En primer lugar recorta una de las tapas pequeñas de la caja de cereales (tal y como indica el dibujo). En ese lado insertaremos el CD.
- Cierra bien el resto de aberturas de la caja y utiliza la cinta adhesiva para tapar posibles huecos por donde pueda entrar la luz.
- Ahora realiza con el cúter dos aberturas inclinadas a unos 60° en ambas caras laterales, como se indica en el dibujo.
- Introduce el CD en ambas ranuras con el lado más brillante hacia arriba. Sella las uniones entre el CD y la caja para que quede bien sujeto y no entre luz. Recorta un poco la tapa superior que ha quedado sobre el CD de manera que esa sea tu ventana de observación.
- Recorta ahora una ranura horizontal de unos 2-3mm de abertura en el lado opuesto al CD, más o menos a su misma altura. Esta ranura será la que deberás orientar hacia la fuente de luz.
- Ya puedes practicar con tu espectroscopio. Observa desde la ventana que has abierto junto al CD dirigiendo la ranura hacia la fuente de luz. Para orientar bien la ranura hacia la fuente de luz podemos pedir ayuda a alguien. Tápate el otro ojo mientras observas y trata de que no entre nada de luz por la ventana de observación. Podrás ver diferentes espectros de luz (de bombillas, linternas, una vela encendida, un foco en el techo, un tubo fluorescente, una pantalla de ordenador, las farolas de la calle, etcétera). Para ver el espectro del Sol, no apuntes nunca directamente, podrás ver su espectro dirigiendo la ranura hacia una superficie blanca iluminada por el Sol.





02

EXPERIMENTO 02 CONSTRUCCIÓN DE UN ESPECTROSCOPIO**OBJETIVO**

Construir con materiales sencillos un espectroscopio y observar diferentes fuentes de luz.

**EXPLICACIÓN**

NIVEL BÁSICO Lo que observarás es como un arcoíris. Cada fuente de luz ofrece un espectro diferente, algo así como la ‘huella dactilar’ de las distintas fuentes de luz. El CD descompone la luz en sus diferentes colores.

NIVEL AVANZADO-MEDIO Un espectroscopio permite ver el espectro característico de cada fuente de luz, es decir, la dispersión de un conjunto de radiaciones. Separa el rayo en sus diferentes colores de manera que podemos ver la ‘huella digital’ de cada

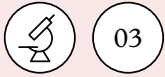
emisor (como un arcoíris). Como podrás observar hay espectros con colores continuos, otros con líneas que delimitan los colores, con más o menos tonalidades e intensidades, etcétera. La mayor presencia o intensidad de un determinado color puede indicarnos la presencia de algún elemento químico característico en una fuente de luz. Puedes investigar cómo es cada espectro y comparar unos con otros. Para ello puedes consultar el siguiente [enlace](http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/espectros/spespectro.html) (<http://herramientas.educa.madrid.org/tabla/espectros/spespectro.html>).

**¿SABÍAS QUE?**

La espectroscopia estudia la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. Es utilizada ampliamente en las industrias farmacéutica, alimentaria, agrícola, forestal, química y metalúrgica. La gran revolución llegó con el uso de las técnicas de imagen utilizadas en Astronomía para analizar objetos extraterrestres y la posibilidad de usar satélites o aviones.

Un equipo internacional con participación del CSIC ha logrado un sistema, basado en la espectroscopia y mediante el uso de satélites, que permite medir a gran escala la fotosíntesis, de

tal modo que se puede estudiar el impacto del cambio climático en las cosechas, entre otras aplicaciones. Referencia: L. Guater, Y. Zhang, M. Jung, J. Joiner, M. Voigt, J. A. Berry, C. Frankenberg, A. R. Huete, P. Zarco-Tejada, J. E. Lee, M. S. Moran, G. Ponce-Campos, C. Beer, G. Camps-Valls, N. Buchmann, D. Gianelle, K. Klumpp, A. Cescatti, J. M. Baker y T. J. Griffis. *Global and time-resolved monitoring of crop photosynthesis with chlorophyll fluorescence*. Proceedings of the National Academy of Sciences. DOI: 10.1073/pnas.1320008111.



EXPERIMENTO 03 DEMOSTRACIONES PARA
OBSERVAR LA REFLEXIÓN Y LA REFRACCIÓN DE LA LUZ

«LA LUZ QUE ENGAÑA A TU MENTE»

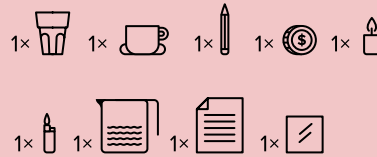
ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

Usa el mechero con precaución y pídele ayuda a una persona adulta en caso necesario.

OBJETIVO

Comprender que la luz viaja en línea recta, que se refleja cuando choca con superficies reflectantes y que, al pasar de un medio a otro, cambia de velocidad y se desvía.

MATERIALES



- Un vaso o recipiente transparente
- Un mechero
- Un recipiente cuyas paredes no sean transparentes (un vaso opaco, una taza...)
- Agua
- Un trozo de papel
- Un vidrio o lámina transparente (valdría la carátula vacía de un CD o DVD)
- Un lápiz
- Una moneda

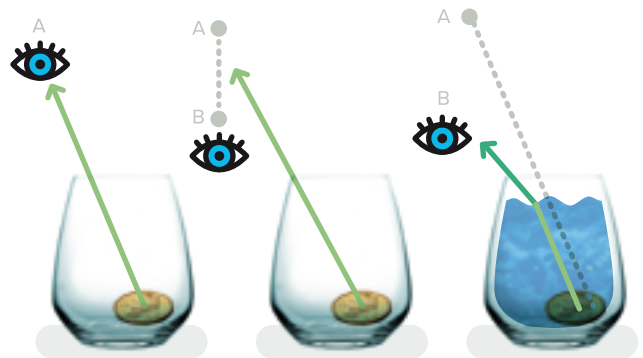
PROCEDIMIENTO

- 01 Coloca la moneda en el fondo del recipiente que no es transparente, de manera que desde cierta posición la puedas ver. Luego, retírate poco a poco hasta que sólo veas el borde de la moneda. Sin moverte, pide a otra persona que vierta poco a poco agua en el recipiente. Observa como vuelves a ver la moneda.
- 02 Ahora dibuja una flecha hacia la izquierda en un trozo de papel. Sitúate frente al vaso transparente y haz pasar la flecha de un lado al otro del vaso por detrás. Ahora repite lo mismo pero con el vaso lleno

- de agua y ve deslizando la flecha de un lado al otro y acercándola o alejándola..., ¿ves cómo cambia de sentido?
- 03 A continuación introduce el lápiz en el vaso transparente con agua y obsérvalo de frente (con los ojos a la altura del vaso). Obsérvalo también desde arriba y compara con lo que veías antes.
- 04 Por último, coloca la vela encendida delante de un vidrio transparente y detrás del vidrio coloca el vaso transparente con agua. Desplaza el vaso con agua y observa dónde ves la vela encendida. ¿La ves dentro del vaso?

EXPLICACIÓN

NIVEL BÁSICO Vemos gracias a que los objetos reflejan rayos de luz hacia nuestros ojos. Estos rayos tienen trayectorias diferentes según viajan por el aire o por el agua y además sufren fenómenos de reflexión y refracción que varían su trayectoria. Con los experimentos, conseguimos ver la moneda cuando vertemos el agua; la flecha que cambia de sentido cuando la hacemos pasar tras el vaso con agua; el lápiz como si estuviera partido; y la vela como si se encontrara dentro del vaso.

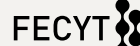


GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



CSIC



FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ 2015



03

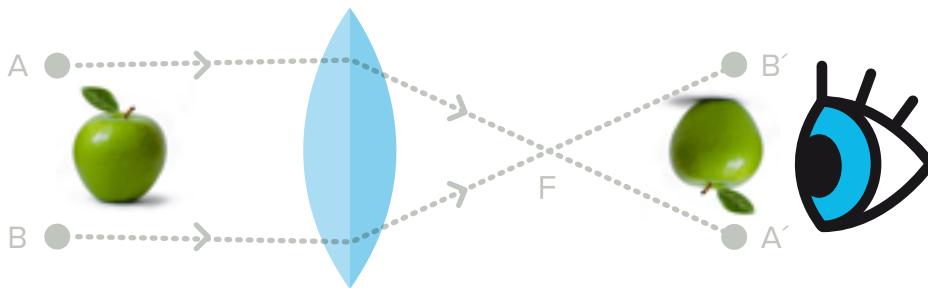
EXPERIMENTO 03 DEMOSTRACIONES PARA
OBSERVAR LA REFLEXIÓN Y LA REFRACCIÓN DE LA LUZ

OBJETIVO

Comprender que la luz viaja en línea recta, que se refleja cuando choca con superficies reflectantes y que, al pasar de un medio a otro, cambia de velocidad y se desvía.

NIVEL AVANZADO-MEDIO En el experimento de la moneda, antes de verter el agua en el vaso, la luz que parte del borde de la moneda viaja directamente hacia tus ojos. Sin embargo, con el agua, la luz de cada punto de la moneda viaja a través de dos trayectorias hacia tu ojo. Esos rayos de luz cambian de medio, del agua al aire, y se refractan. Esta refracción produce la ilusión de que la luz proviene del punto donde la vemos, que se encuentra más arriba que donde realmente está.

En el caso de la flecha, cuando el vaso está lleno de agua, la flecha aparece ante nuestros ojos siguiendo una dirección contraria a la que realmente está dibujada. La luz se refracta al pasar de un medio a otro (pasa del aire al cristal, después del agua al cristal y finalmente, del cristal al aire).



→ El punto focal es aquel lugar donde se concentran todos los haces de luz al cambiar de dirección. Antes del punto focal, la imagen se ve de manera normal, pero al superarlo, se observa invertida.

En el caso del lápiz se observa bien cómo viajan los rayos visuales de manera diferente cuando el medio es el aire que cuando es el agua, y en el caso de la vela, debido a la reflexión

de la luz, parece que la vela encendida se encuentra dentro del vaso con agua.

**¿SABÍAS QUE?**

Un grupo de investigación, del que forma parte el Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla del CSIC, ha desarrollado un nuevo material que, mediante reflexión, protege la piel contra la radiación ultravioleta. Los rayos ultravioletas son bloqueados mediante un fenómeno conocido como interferencia óptica, en el que no se produce la absorción sino la reflexión de esta radiación. Al evitar su absorción, se previene también la formación

de especies químicas conocidas como radicales libres que tienen efectos secundarios nocivos tanto para la piel humana como para los materiales que la protegen. Referencia: R. Núñez-Lozano, B. Pimentel, J. R. Castro-Smirnov, M. E. Calvo, H. Míguez, G. de la Cueva-Méndez. *Biocompatible Films with Tailored Spectral Response for prevention of DNA Damage in Skin Cells*. Advanced Healthcare Materials. DOI: 10.1002/adhm.201500223.



04

EXPERIMENTO 04 CÓMO PERCIBIMOS LOS COLORES

«EL DISCO DE NEWTON»

OBJETIVO

Experimentar cómo nuestro cerebro interpreta los colores que percibimos.

MATERIALES

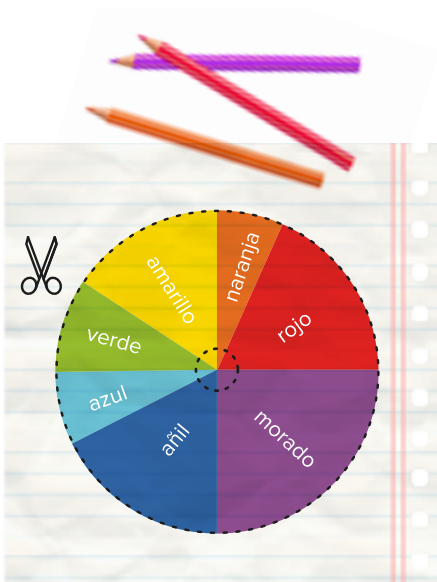


- Un lápiz
- Tijeras
- Lápices o rotuladores de los siguientes colores: rojo, naranja, verde, amarillo, azul, añil y violeta
- Una cartulina blanca
- Una regla
- Un CD o DVD
- Dos trozos de hilo gordo, cordel, lana o cuerda de unos 70 cm cada uno (opcional)

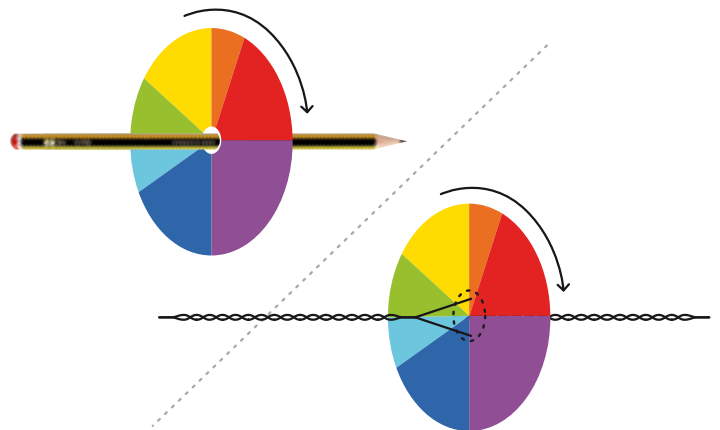


PROCEDIMIENTO

- 01 Pon el CD o el DVD sobre la cartulina y con el lápiz dibuja su contorno. Señala también en la cartulina el centro del CD.
- 02 Recorta el círculo con las tijeras y colorea según se indica en el siguiente modelo, siguiendo el mismo orden de los colores:



- 03 Ahora puedes hacer girar tu disco de dos maneras diferentes:
 - Clava el lápiz en el centro del disco con cuidado para no romperlo, hazlo girar sobre una superficie plana y observa.
 - Realiza dos orificios pequeños en el centro del disco, a unos 2 cm de distancia uno del otro. Haz pasar por cada uno de ellos cada trozo de hilo, de tal modo que queden como dos líneas paralelas y el disco en el medio de ambas. A continuación, sujeta ambos extremos, gira el disco de manera que los hilos se vayan enrollando. Una vez estén muy enrollados tira fuerte de ambos lados para que se desenrollen rápidamente. El disco girará y si tienes destreza puedes aprovechar la inercia para que siga girando.
- 04 Puedes repetir el experimento probando con otros colores y ver qué sucede.





04

EXPERIMENTO 04 CÓMO PERCIBIMOS LOS COLORES**OBJETIVO**

Experimentar cómo nuestro cerebro interpreta los colores que percibimos.

**EXPLICACIÓN**

NIVEL BÁSICO Cuando una imagen se mueve a gran velocidad el ojo no puede percibirla de forma aislada. Al hacer girar el disco de Newton se obtiene el color blanco a partir de la combinación de los diferentes colores que se han utilizado.

NIVEL AVANZADO-MEDIO Isaac Newton (1642-1727) ideó este disco especial para demostrar el principio por el cual los colores se mezclan. Si la rueda gira a más de 100 revoluciones por minuto el ojo no puede distinguir los colores individuales. El cerebro suma los siete colores y percibe uno nuevo, el blanco.

**¿SABÍAS QUE?**

En este experimento observamos las limitaciones del órgano visual y cómo el cerebro interpreta las imágenes que éste recibe. Esto no sucede únicamente en la percepción de los colores. Los ojos sufren imperfecciones ópticas que hacen que las imágenes que se proyectan en la retina tengan un cierto emborronamiento, aunque nosotros las percibamos nítidas porque el sistema visual se autocalibra. Un estudio internacional liderado por el CSIC ha descubierto que cuando cada ojo posee un nivel diferente de emborronamiento, nuestro cerebro utiliza como referencia

de nitidez la imagen proyectada por el ojo con menos imperfecciones. Nuestra impresión de lo que es nítido es ciclópea (como si tuviéramos un único ojo central) y está determinada por la imagen más nítida entre las proyectadas por ambos ojos. Referencia: A. Radhakrishnan, C. Dorransoro, L. Sawides, M. A. Webster, S. Marcos. *A cyclopean neural mechanism compensating for optical differences between the eyes*. Current Biology. DOI: 10.1016/j.cub.2015.01.027.





05

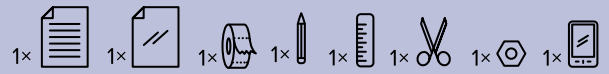
EXPERIMENTO 05 CREAR IMÁGENES EN TRES DIMENSIONES

«HOLOGRAMAS»

OBJETIVO

Observar, mediante la construcción de una estructura sencilla y con un dispositivo móvil, imágenes en tres dimensiones parecidas a los hologramas.

MATERIALES

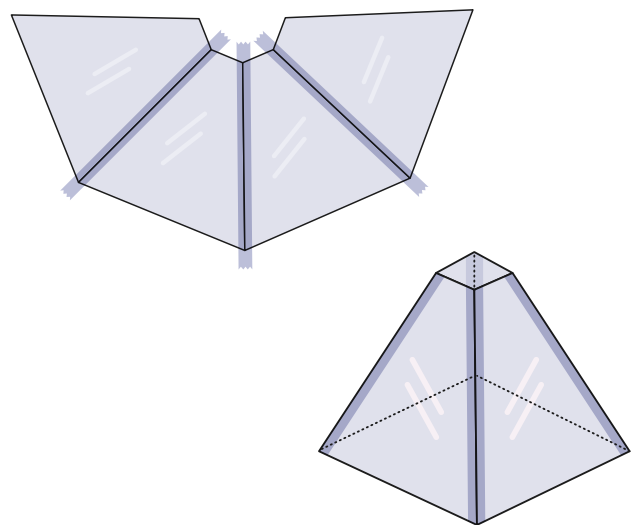
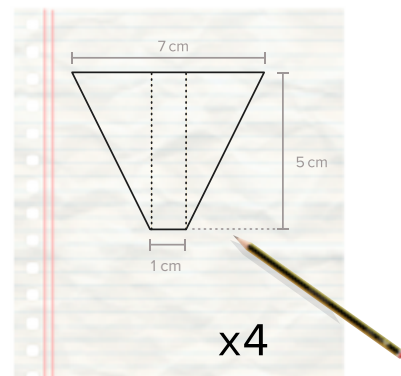


- Una hoja blanca
- Una hoja de acetato o cartulina transparente
- Cinta adhesiva transparente
- Un lápiz o rotulador
- Una regla
- Unas tijeras o un cúter
- Una tuerca pequeña (de aproximadamente un centímetro de diámetro)
- Un dispositivo móvil, por ejemplo un teléfono con una pantalla grande o una tableta



PROCEDIMIENTO

- 01 Con ayuda del lápiz y la regla, dibuja sobre la cartulina blanca una figura como la de la imagen y recórtala. Te servirá de patrón.
- 02 Sitúa el patrón sobre la cartulina transparente o acetato, traza su contorno y con ayuda de las tijeras o el cúter recorta la figura. Tienes que hacer cuatro ejemplares iguales.
- 03 Une con cinta adhesiva las cuatro partes de acetato de manera que quede un tronco de pirámide como el del dibujo. Procura que la cinta adhesiva sea estrecha para que luego el holograma pueda distinguirse bien.
- 04 Pega un trozo de cinta adhesiva en el cuadrado más pequeño, con la parte adherente hacia el interior de la pirámide. Coloca la tuerca sobre esta cinta adhesiva y aplica presión. Esto servirá para que la pirámide tenga más peso y no se mueva.
- 05 Busca en tu móvil o tableta las siguientes direcciones de Youtube y coloca tu pirámide sobre la pantalla de manera que quede invertida (el lado más estrecho sobre la pantalla). Observa y disfruta.



<https://www.youtube.com/watch?v=Wsg8KDKVNGE>
<https://www.youtube.com/watch?v=TSbKRNft2Ts>
<https://www.youtube.com/watch?v=5DZ6D70mOpU>
<https://www.youtube.com/watch?v=qcPdKgNNpGg>
<https://www.youtube.com/watch?v=asNoWcrfebK>



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



CSIC



FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ 2015



05

EXPERIMENTO 05 CREAR IMÁGENES EN TRES DIMENSIONES**OBJETIVO**

Observar, mediante la construcción de una estructura sencilla y con un dispositivo móvil, imágenes en tres dimensiones parecidas a los hologramas.

 **EXPLICACIÓN**

NIVEL BÁSICO Los hologramas son imágenes en tres dimensiones que parece que podamos tocar. Con el experimento no conseguimos un holograma real, sino que se trata de una pantalla que recrea este efecto. Las cuatro imágenes de la pantalla se reflejan en las paredes transparentes y gracias a su tamaño y los ángulos que forman entre ellas se juntan creando una imagen en tres dimensiones en el centro.

NIVEL AVANZADO-MEDIO La holografía es una técnica avanzada de fotografía basada en el empleo de la luz que consiste en crear imágenes tridimensionales. Para esto se utiliza un rayo láser que graba microscópicamente una película fotosensible. Esta,

al recibir la luz desde la perspectiva adecuada, proyecta una imagen en tres dimensiones. La holografía fue inventada en el año 1947 por el físico húngaro Dennis Gabor, por la que recibió el Premio Nobel de Física en 1971. Esta técnica se perfeccionó años más tarde con el desarrollo del láser.

El efecto que hemos creado no es un holograma de verdad sino una pantalla volumétrica que recrea el efecto de estar observando un objeto tridimensional. La imagen que vemos es el resultado de colocar cuatro superficies de plástico transparente sobre una pantalla LCD convencional situada en horizontal. Las láminas de acetato actúan como un espejo y gracias a su tamaño y a los ángulos entre ellas, nos da la apariencia de un holograma.

 **¿SABÍAS QUE?**

La visión humana es binocular, es decir, captura dos imágenes diferentes de una misma escena. Después el cerebro las compara y fusiona para proporcionar información sobre la profundidad del entorno. Esta información pierde precisión cuando los objetos cercanos se reflejan, como pasa, por ejemplo, en un retrovisor convencional de un automóvil. Para mejorar la calidad de la imagen que percibe el conductor, un grupo de investigación, en el que participa el Instituto de Óptica del CSIC, trabaja en el diseño de una cámara situada en el exterior del vehículo

que reproduce una imagen tridimensional en un monitor. Esta cámara dispone de un número determinado de diminutas lentes que captan así multitud de imágenes en distintos ángulos y posiciones. La suma de todas ellas ofrecerá una única imagen tridimensional que permitirá contemplar la escena desde diferentes perspectivas y proporcionará información en tiempo real sobre la situación exacta de otros vehículos o peatones, la distancia a la que se encuentra cualquier objeto próximo al automóvil, etcétera.



06

EXPERIMENTO 06 JUGAR CON EL LÁSER

«CÓMO VIAJA LA LUZ»

ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

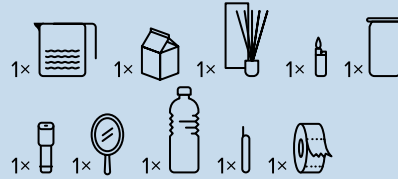
El puntero láser nunca debe dispararse hacia los ojos, ya que puede resultar dañino.

Tanto el objeto punzante como el mechero deben manejarse con cuidado y pedir ayuda a un adulto para su manejo en caso necesario.

OBJETIVO

Comprobar cómo varía la dirección de un rayo de luz (en este caso láser) y entender el funcionamiento de la fibra óptica.

MATERIALES

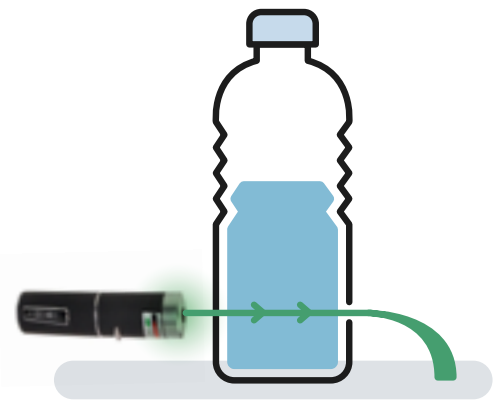


- Agua
- Leche
- Un palito de incienso
- Un mechero
- Un frasco de cristal con tapa
- Un puntero láser
- Un espejo
- Una botella grande vacía (de aproximadamente 1 litro)
- Un punzón o algún objeto punzante
- Un trozo de cinta adhesiva



PROCEDIMIENTO

- 01 Llena la mitad del frasco de cristal con agua y dos o tres gotas de leche y el resto con el humo del incienso.
- 02 Cierra la tapa rápidamente para que no escape el humo.
- 03 Oscurece la habitación todo lo que puedas para observar mejor el fenómeno.
- 04 Apunta con el puntero desde arriba y observa cómo viaja el rayo de luz láser. Mueve el puntero hacia los lados para notar cómo va variando la dirección del rayo.
- 05 Ahora apunta con el puntero desde abajo y observa cómo viaja el rayo de luz láser.
- 06 Coloca el espejo al lado del tarro de vidrio y apunta con el puntero desde el lado opuesto (dirigiendo el rayo hacia el espejo).
- 07 Ahora realizarás un experimento que te ayudará a comprender cómo funciona la fibra óptica. Para ello, realiza con el punzón un agujero pequeño en la botella vacía, preferiblemente cerca de la base para que veas el efecto durante más tiempo.
- 08 Tapa el agujero que has hecho con un trocito de cinta adhesiva y llena la botella de agua.
- 09 Acerca la botella a un lavabo, cubeta o algún desagüe y oscurece de nuevo la habitación.
- 10 Ilumina con el puntero al agujero desde el lado opuesto de la botella y quita el trozo de cinta adhesiva que lo tapa, de manera que el agua salga por él. Observa cómo se dirige la luz por dentro del chorro de agua.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



CSIC

FECYT

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ 2015



OBJETIVO

Comprobar cómo varía la dirección de un rayo de luz (en este caso láser) y entender el funcionamiento de la fibra óptica.

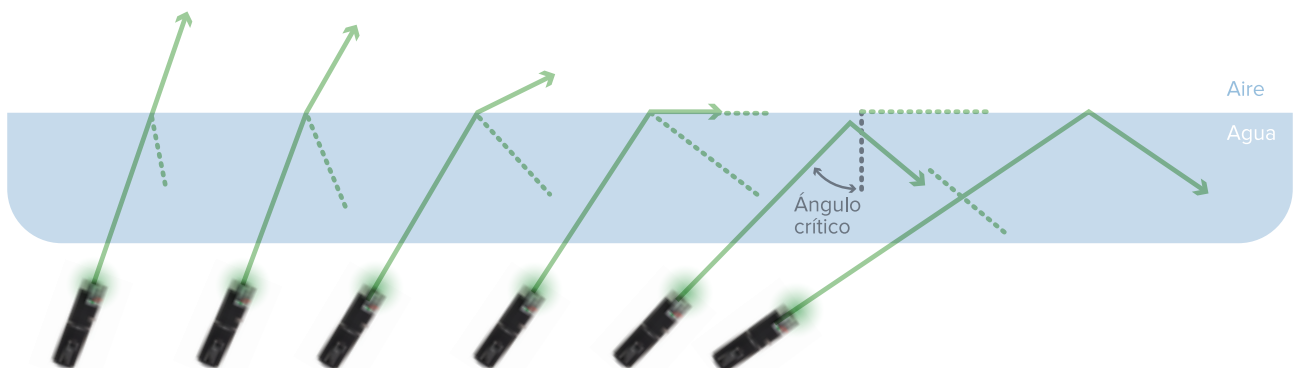
EXPLICACIÓN

NIVEL BÁSICO la luz del láser se hace visible gracias a la leche en el agua y al humo en el aire. Con este experimento puedes ver cómo cambia la dirección del rayo cuando pasa de un medio a otro. Este fenómeno se llama refracción. En la segunda parte del experimento, verás que la luz del puntero sigue el camino del chorro de agua y un círculo de luz es visible donde acaba (cuando llega al desagüe o la cubeta). El líquido sale cada vez con menos presión y el punto de luz va desplazándose siguiendo el camino del agua. En la fibra óptica (que permite, entre otras cosas, que viaje internet hasta donde queramos), la luz viajaría de la misma manera que lo hace en el agua.

NIVEL AVANZADO-MEDIO El láser no se puede ver directamente pero se hace visible en agua con unas gotas de leche y en el aire con humo. Con este experimento puedes ver cómo cambia la dirección del rayo cuando pasa de un medio a otro. Este fenómeno,

el cambio de dirección de la luz, se llama refracción, y para que se produzca es necesario que el rayo incida oblicuamente. Si apuntamos con el puntero desde abajo vemos que el rayo se desvía al pasar del agua al aire. En este caso puedes ver que a partir de un cierto ángulo crítico, no se produce refracción, sino reflexión. La luz queda atrapada en el interior del agua. Dicho ángulo crítico se llama ángulo límite y el fenómeno, reflexión total.

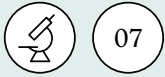
En la segunda parte del experimento, la luz del puntero sigue el camino del agua y en la zona de desagüe se forma un círculo de luz. A medida que la cantidad de agua disminuye en la botella, el chorro de agua sale con menos presión y el punto de luz va desplazándose siguiendo el camino del agua. La luz del puntero sufre una reflexión interna total dentro del líquido y no sale de él. Éste es el principio de funcionamiento de la fibra óptica.



¿SABÍAS QUE?

La capacidad de todas las líneas de comunicación transoceánicas instaladas es de más de 16 terabytes por segundo, lo que equivale al contenido de 430 DVD o 20 kilómetros de estanterías de libros. En el Instituto de Óptica del CSIC estudian desde 1989 la mejora de los mecanismos de transmisión de luz en fibras

ópticas, así como nuevas aplicaciones. De este modo, cada metro de fibra óptica puede convertirse en un termómetro para medir la temperatura, un sismógrafo para registrar las vibraciones o en una galga extensiométrica para recoger las deformaciones de los materiales.



EXPERIMENTO 07 UNO DE LOS JUGUETES MÁS ANTIGUOS QUE EXISTEN

«CONSTRUYE UN CALEIDOSCOPIO»

ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

Puede ser necesaria la ayuda de una persona adulta para cortar el CD y así evitar cortes con las tijeras o con el propio CD.

OBJETIVO

Construir un caleidoscopio con materiales sencillos y realizar observaciones.

MATERIALES



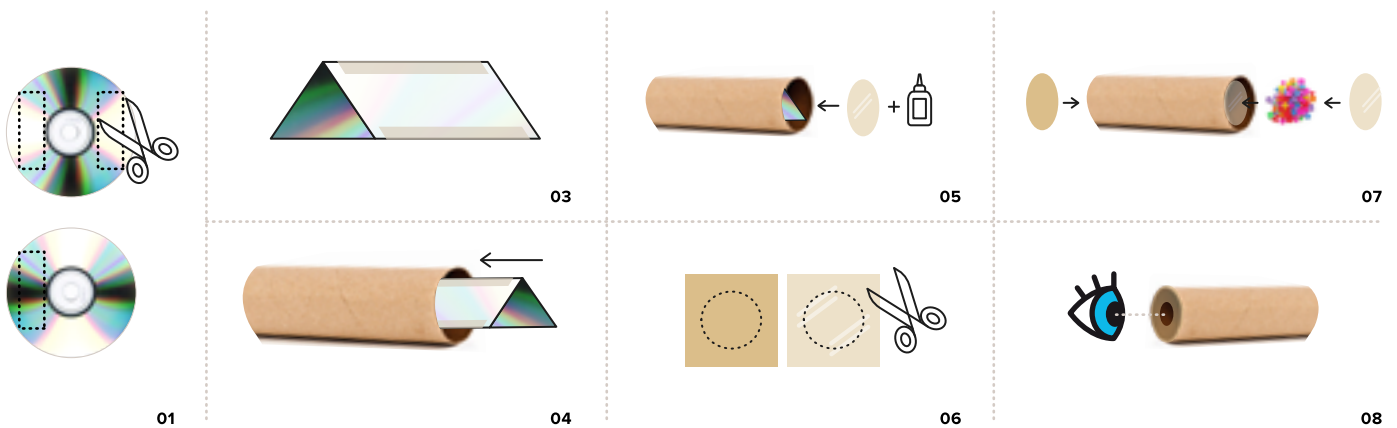
- Dos discos compactos (CD) desechados, en buen estado
- Cinta adhesiva
- Cola blanca
- Un lápiz
- Un tubo de cartón cilíndrico (puede usarse el del rollo de papel de cocina, papel de aluminio o film transparente)
- Unas tijeras grandes y fuertes
- Una cartulina opaca
- Una cartulina transparente
- Cuentas o pequeños materiales de vidrio o plástico de varias formas y colores (por ejemplo, botones, pendientes, lentejuelas, etc.).
- Papel de periódico o de cocina

PROCEDIMIENTO

- 01 En primer lugar realizarás los espejos del caleidoscopio que obtendrás recortando los dos CD. Con las tijeras, recorta dos figuras rectangulares e iguales, lo más grandes posibles, del primer CD, y del segundo una tercera figura igual que las anteriores. Trata de hacerlo sin que se desprenda la película plateada.
- 02 Termina de cortar las piezas para que queden iguales.
- 03 Construye un prisma triangular con las tres piezas y sujétalas bien con cinta adhesiva. Las caras más brillantes deben quedar hacia adentro. Trata de no desprender la película plateada.
- 04 Introduce el prisma en el tubo cilíndrico. Si el tubo escogido es muy grande, para evitar que se mueva, puedes forrar el prisma con papel de periódico o de cocina, de manera que disminuya el diámetro y lo haga quedar firme. El prisma debe quedar inmóvil dentro del tubo. Fija todo con cinta adhesiva.
- 05 Recorta un círculo de la cartulina transparente que tenga el mismo diámetro que el tubo (puedes hacerlo con ayuda del lápiz) e introdúcelo con cuidado dentro del tubo. Fíjalo con cola de manera que quede pegado tanto a las paredes del tubo como al borde del prisma que hemos introducido antes.
- 06 Ahora haz dos tapas para el caleidoscopio, una con la cartulina transparente y otra con la opaca.
- 07 Coloca la tapa transparente tapando el tubo, en el mismo lado donde has colocado antes el círculo transparente. Antes de fijarlo con cola, introduce entre las dos cartulinas transparentes las cuentas o pequeños materiales que hayas escogido.
- 08 Coge la cartulina opaca, hazle un agujero pequeño en el centro (por donde observarás) y fíjala con cola al otro extremo del tubo.
- 09 Observa por el agujero dirigiendo el caleidoscopio hacia diferentes fuentes de luz y haciéndolo girar.

OBJETIVO

Construir un caleidoscopio con materiales sencillos y realizar observaciones.



EXPLICACIÓN

TODOS LOS NIVELES Al mirar por el agujero vemos una figura reproducida cientos de veces por los tres espejos del prisma, que se reflejan unos a los otros creando una visión infinita de un espejo dentro de un espejo. Al hacerlo girar, los elementos que hemos metido en su interior se van moviendo y sus múltiples imágenes reflejadas también, creando un bonito efecto.

Según sean los ángulos de los espejos (por ejemplo, 45° ó 60°) se tendrán más o menos réplicas e imágenes duplicadas.

Antes de la cultura egipcia ya se conocían los principios de la simetría de reflexión y se pulían piezas de piedra caliza para formar ángulos y observar las imágenes multiplicadas. Pero no fue hasta 1816 cuando el inglés David Brewster desarrolló una versión contenida dentro de un tubo y la llamó caleidoscopio. Se trata de uno de los juguetes más conocidos del mundo y de los más apreciados por su efecto óptico.


¿SABÍAS QUE?

Un núcleo del cerebro (el núcleo geniculado lateral del tálamo) es el encargado de recibir información directamente de la retina y enviarla a la corteza cerebral para su análisis. Un equipo liderado por investigadores del CSIC ha descubierto que la función que lleva a cabo este núcleo es muy parecida a la que cumple una cámara digital o un teléfono móvil a la hora de ampliar la resolución de una fotografía. El ojo funciona como una cámara digital, en la cual la superficie receptora está formada por un conjunto de píxeles. Por eso la resolución de la imagen

que proporciona el ojo al cerebro está limitada por el número de píxeles, o células ganglionares, de la retina. Los circuitos neuronales que forman el núcleo del cerebro interpolan para obtener una imagen retiniana con mayor número de píxeles y, por lo tanto, mayor resolución aparente. Referencia: L. M. Martínez, M. Molano-Mazón, X. Wang, F. T. Sommer, y J. A. Hirsch. *Statistical Wiring of Thalamic Receptive Fields Optimizes Spatial Sampling of the Retinal Image*. Neuron. DOI: 10.1016/j.neuron.2013.12.014.



08

EXPERIMENTO 08 CONSTRUCCIÓN DE UN MICROSCOPIO
CON UN PUNTERO LÁSER

«¿QUIERES VER QUÉ HAY EN TU BOCA?»

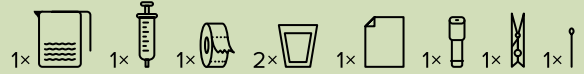
ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

El puntero láser nunca debe dispararse hacia los ojos, ya que puede resultar dañino.

OBJETIVO

Utilizar el agua como lente convergente para realizar observaciones microscópicas con ayuda de un puntero láser. Con este experimento se puede relacionar la física con la biología.

MATERIALES



- Agua
- Una jeringa grande (sin aguja)
- Cinta adhesiva (opcional)
- Dos vasos de igual tamaño
- Un periódico o papeles
- Un puntero láser, preferiblemente de color verde y de clase 3A (5 milivatios), que es el más habitual en las tiendas
- Una pinza de tender la ropa
- Una pared blanca
- Una aguja



PROCEDIMIENTO

- 01 Llena la jeringa con agua y colócala apoyada entre los dos vasos, de manera que quede sujeta entre ellos. Presiona el émbolo de la jeringa de manera que una gota quede suspendida pero sin llegar a caer.
- 02 Sujeta el puntero laser con la pinza de manera que el botón de encendido quede presionado. Con paciencia y destreza, coloca la pinza con el puntero de manera que quede a la misma altura que la gota de agua y su luz se dirija a la pared blanca. Para conseguir la misma altura y que el rayo incida en la gota puedes ayudarte con el periódico, las hojas de papel o apoyarla sobre un libro (puedes fijarlo con cinta adhesiva para que no se mueva). Ve probando hasta que aciertes con la altura idónea. La distancia entre el puntero y la jeringa no es determinante, puede ser entre 10 o 25 cm. Sin embargo, cuanto más alejados estén, más difícil será hacer coincidir el rayo y la gota.
- 03 Recoge un poco de saliva en un recipiente y toma una muestra con la aguja.
- 04 Pasa la aguja por la gota, de manera que parte de tu saliva pase al agua. Si quieres, repite esta operación para que haya más cantidad de saliva dentro de la gota de agua.
- 05 Apaga las luces y observa lo que se ve reflejado en la pared.
- 06 Puedes repetir el experimento poniendo, por ejemplo, agua de algún macetero de plantas, de una charca, del bebedero de tu mascota, etcétera. Usa tu imaginación y observa a través de tu microscopio casero.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD



CSIC



FUNDACIÓN ESPAÑOLA
PARA LA CIENCIA
Y LA TECNOLOGÍA



AÑO
INTERNACIONAL
DE LA LUZ 2015



08

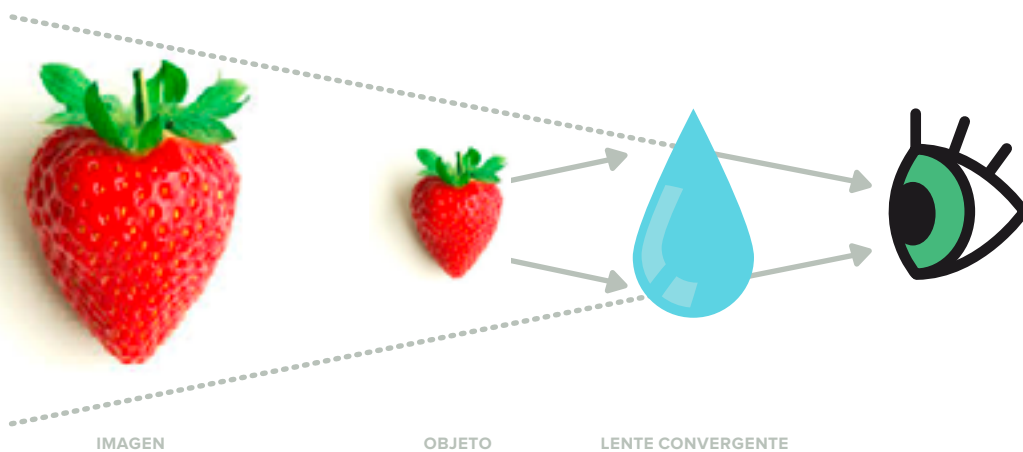
EXPERIMENTO 08 CONSTRUCCIÓN DE UN MICROSCOPIO CON UN PUNTERO LÁSER**OBJETIVO**

Utilizar el agua como lente convergente para realizar observaciones microscópicas con ayuda de un puntero láser. Con este experimento se puede relacionar la física con la biología.

EXPLICACIÓN

TODOS LOS NIVELES La gota de agua que cuelga de la jeringa hace de lente convergente o lupa y el rayo de luz, al pasar por ella, se dispersa y ofrece una imagen de su interior ampliada unas 10.000 veces. En esta imagen se puede ver cómo hay microorganismos que se mueven. Dependiendo de la muestra que cojamos podremos incluso diferenciar algunas partes de las células.

Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), comerciante y científico neerlandés, fue el primero en realizar importantes observaciones con microscopios fabricados por él mismo. Miembro de la Royal Society de Londres, realizó numerosos descubrimientos, introdujo mejoras en la fabricación de microscopios y fue el precursor de la biología experimental, la biología celular y la microbiología.

**¿SABÍAS QUE?**

Las denominadas técnicas de bioimagen conforman un novedoso campo de investigación multidisciplinar que tendrá importantes resultados en los próximos años. Permiten diseñar y desarrollar nuevos sistemas de obtención de imágenes *in vivo* u observar estructuras celulares y moleculares, y seres vivos a partir de técnicas no invasivas. Un profesor de óptica de la Universidad de Rochester (Nueva York) desarrolló en 2011 un microscopio que utilizaba una gota de agua como lente

y permitía la observación de células y tejidos de debajo de la piel, obteniendo imágenes tridimensionales sin dañarlos. Varios centros de investigación del CSIC, entre los que se encuentran el Centro Nacional de Biotecnología, el Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid o el Laboratorio de Física de Sistemas Pequeños y Nanotecnología, entre otros, trabajan con técnicas de bioimagen.



09

EXPERIMENTO 09 CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA OSCURA

«EL MUNDO AL REVÉS»

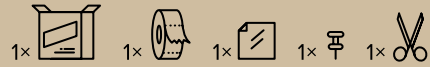
ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

Nunca se debe mirar directamente al Sol a través de la cámara oscura.

OBJETIVO

Construir una cámara oscura para ver fuentes de luz u objetos muy bien iluminados.

MATERIALES

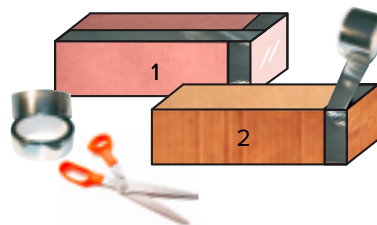
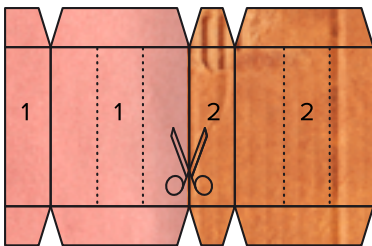


- Una caja vacía (como la de los cereales)
- Cinta plateada para sellar cajas (debe ser opaca)
- Un trozo de papel vegetal (de horno) o de papel seda
- Una chincheta o un clavo pequeño
- Unas tijeras



PROCEDIMIENTO

- 01 Abre la caja completamente y desplégala con cuidado. Con ella deberás hacer dos prismas rectangulares con base cuadrada.
- 02 En primer lugar, divide el cartón en dos mitades, cada una tendrá un lateral y un frente de la caja de cereales.
- 03 Realiza con cada mitad un prisma rectangular con base cuadrada, cerrando bien los laterales con cinta adhesiva. Uno de los prismas debe ser ligeramente mayor que el otro, ya que luego tendrás que introducir el pequeño dentro del grande.
- 04 Cubre una de las aberturas del prisma pequeño con el papel vegetal y fíjalo bien con cinta adhesiva. Recorta completamente la otra tapa para que el prisma quede abierto y puedas observar a través de ella.
- 05 Recorta ahora una de las tapas del prisma grande y cierra cuidadosamente la otra para que no deje pasar la luz. Cubre bien todas las uniones con cinta adhesiva opaca.
- 06 Con la chincheta o clavo, realiza un agujero en la tapa que queda del prisma grande.
- 07 Introduce el prisma pequeño en el grande, con cuidado de no romper el papel vegetal. Deben quedar las dos aberturas de los prismas en el mismo lado. Es por donde observarás.
- 08 Dirige la cámara hacia fuentes de luz y zonas muy iluminadas y observa cómo ves las imágenes. El prisma interno puede moverse hacia dentro o hacia fuera del grande, con lo cual cambia de tamaño la imagen en la pantalla de papel vegetal.





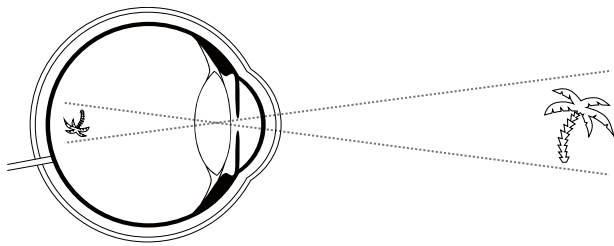
09

EXPERIMENTO 09 CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA OSCURA**OBJETIVO**

Construir una cámara oscura para ver fuentes de luz u objetos muy bien iluminados.

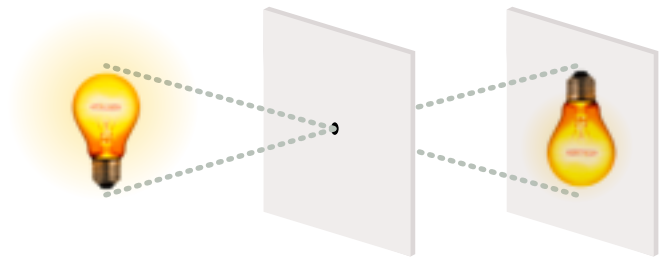
EXPLICACIÓN

NIVEL BÁSICO Como los rayos de luz viajan en línea recta, una vez que estos pasan por el pequeño agujero 'se cruzan' de manera que la imagen resultante que vemos está al revés. Esto mismo sucede en nuestro ojo cuando vemos: los rayos de luz que llegan de los objetos atraviesan los diferentes medios transparentes que componen el ojo y su imagen es proyectada al revés en la retina (luego el cerebro procesa esas imágenes).



NIVEL AVANZADO-MEDIO Este experimento sirve para demostrar que la luz viaja en línea recta. El orificio realizado en la tapa deja pasar muy poca luminosidad. Un rayo que viene de la base del objeto que observamos, por ejemplo, viaja en línea recta, pasa por el agujero y se proyecta en la parte superior del papel vegetal. Lo mismo pasa con un rayo de luz que se inicia en la parte superior del objeto. Como resultado de todos

En nuestra cámara oscura podrás ver la imagen más pequeña o más grande según muevas el prisma pequeño dentro del grande, esto se debe a que el agujero actúa como una lupa. En nuestros ojos es el cristalino el que hace la función de lente.



los rayos que pasan por este orificio, la imagen es proyectada al revés. Podremos ver la imagen más pequeña o más grande según movamos el prisma pequeño dentro del grande, ya que el agujero actúa como una lupa. El orificio por el que entra la luz se llama esteno po, y el plano sobre el que se proyecta la imagen, plano focal.

¿SABÍAS QUE?

La cámara oscura fue utilizada antiguamente como herramienta de ayuda para el dibujo. La imagen proyectada sobre papel u otro soporte servía de pauta para dibujar sobre ella. Hoy es considerada como uno de los dispositivos ancestrales que condujeron al desarrollo de la fotografía. La cámara oscura se convirtió en cámara fotográfica esteno poica (la que usa un simple orificio como objetivo) cuando se descubrieron los materiales fotosensibles. Desde entonces la fotografía ha ido evolucionando de manera imparable. Un ejemplo de ello

es la construcción en 2012 de la cámara digital más potente del mundo creada para tomar las primeras imágenes de la energía oscura del universo, la DECAM. En su construcción ha participado el Instituto de Ciencias del Espacio del CSIC y es capaz de ver en cada instantánea la luz de más de 100.000 galaxias a distancias de hasta 8.000 millones de años luz. Su tecnología permite avanzar en la comprensión de los orígenes y el destino del Universo.



10

EXPERIMENTO 10 OBSERVAR EL ABANICO DE COLORES DE LA LUZ BLANCA

«IRIDISCENCIAS CASERAS»

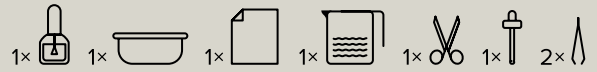
ADVERTENCIA/RECOMENDACIÓN

Se debe manejar con precaución el esmalte de uñas y pedir ayuda a una persona adulta en caso necesario.

OBJETIVO

Obtener fácilmente una superficie iridiscente que muestre los colores que forman la luz blanca.

MATERIALES



- Un bote de esmalte de uñas transparente
- Una cubeta o barreño
- Una cartulina negra
- Agua
- Unas tijeras
- Un cuentagotas (opcional)
- Dos pinzas (opcional)



PROCEDIMIENTO

- 01 Llena la cubeta con agua hasta una profundidad de unos 5 cm.
- 02 Recorta, si es necesario, la cartulina negra de manera que sea más pequeña que la base de la cubeta.
- 03 Sumerge la cartulina negra hasta el fondo de la cubeta.
- 04 Deja caer una gota de esmalte de uñas transparente sobre la superficie del agua, empleando el pincel del bote (o también puedes hacerlo con el cuentagotas).
- 05 Recoge con cuidado la película de esmalte con la cartulina negra que habías depositado en el fondo de la cubeta. Para ello, súbela con cuidado con los dedos o con ayuda de las pinzas.
- 06 Espera a que se seque la cartulina para observar lo que ha quedado impregnado en ella.



EXPLICACIÓN

NIVEL BÁSICO La gota de esmalte flota en el agua y se expande formando una superficie de varios colores. La luz que se refleja sobre superficies semitransparentes (como es la laca de uñas en nuestro caso) produce múltiples reflexiones dando lugar así a la aparición de colores distintos. Esto que se observa es una iridiscencia, así llamada por presentar coloraciones semejantes al arcoíris. Es el mismo efecto que tienen las alas de una mariposa, las manchas de aceite, el nácar de la concha de un molusco o las pompas de jabón. Además, tiene la propiedad

de cambiar según la posición desde la cual observemos las superficies.

NIVEL AVANZADO-MEDIO La iridiscencia es un fenómeno óptico originado por ciertas superficies en las que el tono de la luz varía de acuerdo con la iluminación o con el ángulo desde el que se observa esa superficie, como ocurre con las manchas de aceite o las burbujas de jabón. Este efecto se consigue al darse múltiples reflexiones de luz en varias capas de superficies



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD



CSIC



FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



AÑO INTERNACIONAL DE LA LUZ 2015

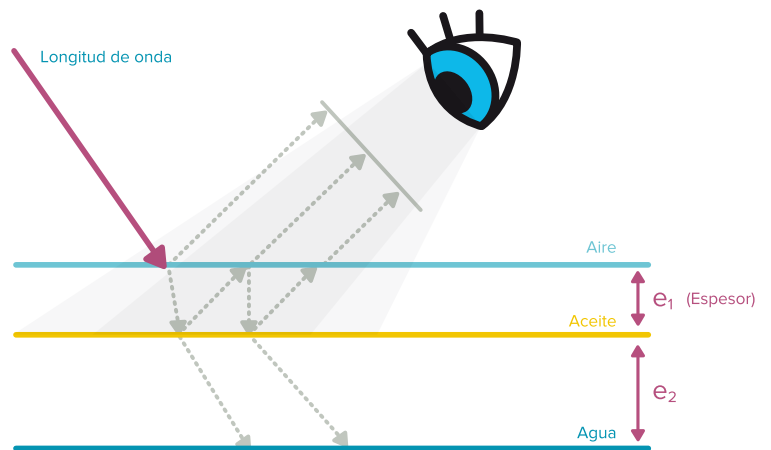


OBJETIVO

Obtener fácilmente una superficie iridiscente que muestre los colores que forman la luz blanca.

semitransparentes. El rayo de luz incide sobre la primera capa o película transparente dejando que parte de su luz se refleje y otra parte se refracte hacia la siguiente superficie, donde se repite el mismo fenómeno, así como en las siguientes capas que hubiera. Durante ese efecto se dan dos tipos de interferencias

de ondas de luz: destructivas o constructivas. Las destructivas se anulan unas con otras, mientras que las constructivas se solapan en una sola onda, produciendo una amplificación de longitud de onda. Esto ocurre al incidir la luz con ciertos materiales como, por ejemplo, los CD (difracción).



¿SABÍAS QUE?

Muchos moluscos tienen las superficies internas de sus conchas cubiertas con una capa iridiscente de nácar que les confiere una enorme resistencia a la fractura. Un grupo de investigación en el que participa el CSIC estudia esta propiedad con objeto de aplicarla a la biomedicina. En su trabajo, el grupo ha descifrado el mecanismo de crecimiento del nácar de los gasterópodos (un tipo de molusco), lo que abre las puertas

a la reproducción artificial de este material en el laboratorio. Una de sus aplicaciones podría ser la regeneración de huesos humanos. Referencia: J. H. Cartwright, A. G. Checa, B. Escribano and C. I. Sainz-Díaz. *Spiral and target patterns in bivalve nacre manifest a natural excitable medium from layer growth of a biological liquid crystal*. Proceedings of the National Academy of Sciences. DOI: 10.1073/pnas.0900867106.

FICHAS DE EXPERIMENTOS. CONSEJOS Y RECOMENDACIONES:

- Estos experimentos pueden realizarse a cualquier edad (desde Educación Infantil), pero están orientados sobre todo a alumnos de Primaria y Secundaria (ESO y Bachillerato).
- Aunque los experimentos son recomendables a partir de Primaria, pueden ser aprovechados también para Educación Infantil, requiriendo para ello que los educadores expliquen los experimentos de una manera más sencilla. Los experimentos despertarán su curiosidad. Mientras los alumnos mayores verán una explicación científica, alumnos más pequeños verán algo sorprendente que captará su atención. Es por ello, que son recomendables para cualquier edad, pero siempre bajo supervisión de un adulto en caso de menores de 12 años.
- La “Explicación Nivel avanzado-medio” está orientada a público adulto y a alumnos a partir de 12 años aunque puede servir de apoyo para edades menores. En cambio la “Explicación Nivel básico” es una explicación más sencilla y en términos más claros, orientada a alumnos de Primaria y que puede ser también útil para que los alumnos de educación infantil despierten su interés sobre la experimentación. Se recomienda complementar las explicaciones de Nivel avanzado-medio con las de Nivel básico, ya que pueden aclarar conceptos.
- Todos estos experimentos están testados; sin embargo hay ocasiones en las que los materiales de los que se parte no se encuentran en las condiciones adecuadas para su realización, lo que puede llevar a que el experimento fracase. No puede asegurarse completamente el éxito en la consecución de los experimentos. Si fuera éste el caso, se recomienda repetirlo las veces que haga falta o cambiar los elementos con los que se está trabajando.
- Aunque se indica en las correspondientes fichas, en aquellas en las que el experimento requiera la utilización de algún elemento que pueda resultar peligroso, se requerirá la ayuda o supervisión por parte de un adulto.
- Algunos de los experimentos requiere destreza y los menores deben ser ayudados por un adulto. En caso de alumnos de Infantil o primeros cursos de Primaria, aunque no sean capaces de reconstruir por si solos la totalidad de los experimentos, la simple observación de lo que sucede puede ser muy llamativa e interesante y despertar en ellos la curiosidad.