



ZIENTZIAREN KUTXAGUNEA
KUTXAESPACIO DE LA CIENCIA

JUEGOS DE LUZ

GUÍA DIDÁCTICA PARA EL ALUMNADO **BACHILLER**

Este documento está editado en **euskera, castellano y francés**.
Si quiere recibir alguno de estos idiomas, solicítelo en el teléfono de reservas:

 **943 012 917**

JUEGOS DE LUZ

GUÍA DIDÁCTICA PARA EL ALUMNADO **BACHILLER**

Nuestra vocación más querida es la de ser un recurso para la Comunidad Educativa. Profundizando en ella hemos emprendido un proyecto de investigación con el título: "Diseño y elaboración de materiales didácticos para alumnos y profesores de enseñanza secundaria que ilustran recorridos educativos por kutxaEspacio Museo de la Ciencia".

Se trata de una colaboración entre kutxaEspacio Museo de la Ciencia, la Universidad del País Vasco y el Departamento de Educación, Universidades e investigación del Gobierno Vasco. En sus manos tiene el primer resultado de este proyecto que muy pronto tendrá su continuación en nuevos materiales pedagógicos. Esperamos que nuestro esfuerzo les resulte útil.

Reciban un cordial saludo de,

Félix Ares

Director General.

Ficha Técnica

Edita:

kutxaEspacio Museo de la Ciencia
Mikeletegi Pasealekua 45
20009 Donostia-San Sebastián

Autores:

Rafael Azcona Rivado, Mikel Etxaniz Añorga, Jenaro Guisasa Aranzabal y Emiliano Mugika Mandiola.

Fotografías:

kutxaEspacio Museo de la Ciencia

Notas de ISBN:

Juegos de luz. Guía didáctica para el alumnado BACHILLER (castellano).
ISBN 84-609-6286-5.
Depósito legal: SS-821/05
PVP: 6 €

MATERIALES FINALISTAS DE LOS PREMIOS "FÍSICA EN ACCIÓN"
Y SELECCIONADOS PARA LA FERIA EUROPEA "PHYSICS ON STAGE"



Si desea más información sobre cualquier tema concreto o, simplemente, quiere conocer mejor kutxaEspacio de la Ciencia visite nuestra web:

www.miramón.org

Para resolver una duda o para realizar su reserva, puede llamar al servicio de reservas

 943 012 917

de lunes a viernes de 9,30 h a 13,30 h.

Si quiere llevar a cabo cualquier consulta a través del correo electrónico, la dirección es la siguiente:

kutxaespacio@kutxa.es

Y si prefiere ponerse en contacto a través del fax, puede hacerlo en el:

 943 012 918

Dayoub, el criado de Bagdad

Érase una vez, en la ciudad de Bagdad, un criado que servía a un rico mercader. Un día, muy de mañana, el criado se dirigió al mercado para hacer la compra. Pero esa mañana no fue como todas las demás, porque esa mañana vio allí a la Muerte y porque la Muerte le hizo un gesto.

Aterrado, el criado volvió a la casa del mercader:

–Amo, –le dijo– déjame el caballo más veloz de la casa. Esta noche quiero estar muy lejos de Bagdad. Esta noche quiero estar en la remota ciudad de Ispahán.

–Pero, ¿por qué quieres huir?– le preguntó el mercader.

–Porque he visto a la Muerte en el mercado y me ha hecho un gesto de amenaza.

El mercader se compadeció de él y le dejó el caballo, y el criado partió con la esperanza de estar esa noche en Ispahán.

El caballo era fuerte y rápido, y, como esperaba, el criado llegó a Ispahán con las primeras estrellas. Comenzó a llamar de casa en casa, pidiendo amparo.

–Estoy escapando de la Muerte y os pido asilo– decía a los que le escuchaban.

Pero aquella gente se atemorizaba al oír mencionar a la Muerte y le cerraban las puertas.

El criado recorrió durante tres, cuatro, cinco horas las calles de Ispahán, llamando a las puertas y fatigándose en vano. Poco antes del amanecer llegó a la casa de un hombre que se llamaba Kalbum Dahabin.

–La Muerte me ha hecho un gesto

de amenaza esta mañana, en el mercado de Bagdad, y vengo huyendo de allí. Te lo ruego, dame refugio.

–Si la Muerte te ha amenazado en Bagdad –le dijo Kalbum Dahabin–, no se habrá quedado allí. Te ha seguido a Ispahán, tenlo por seguro. Estará ya dentro de nuestras murallas, porque la noche toca a su fin.

–Entonces, ¿estoy perdido! –exclamó el criado.

–No desesperes todavía –contestó Kalbum–. Si puedes seguir vivo hasta que salga el sol, te habrás salvado. Si la Muerte ha decidido llevarte esta noche y no consigue su propósito, nunca más podrás arrebatarle. Ésa es la ley.

–Pero ¿qué debo hacer? –preguntó el criado.

–Vamos cuanto antes a la tienda que tengo en la plaza –le ordenó Kalbum cerrando tras de sí la puerta de la casa.

Mientras tanto, la Muerte se acercaba a las puertas de la muralla de Ispahán. El cielo de la ciudad comenzaba a clarear.

“La aurora llegará de un momento a otro –pensó–. Tengo que darme prisa. De lo contrario, perderé al criado”.

Entró por fin a Ispahán, y husmeó entre los miles de olores de la ciudad buscando el del criado que había huido de Bagdad. Enseguida descubrió su escondite: se hallaba en la tienda de Kalbum Dahabin. Un instante después, ya corría hacia el lugar.

En el horizonte comenzó a levantarse una débil neblina. El sol comenzaba a adueñarse del mundo.

La Muerte llegó a la tienda de

Kalbum. Abrió la puerta de golpe y... sus ojos se llenaron de desconcierto. Porque en aquella tienda no vio a un solo criado, sino a cinco, siete, diez criados iguales al que buscaba.

Miró de soslayo hacia la ventana. Los primeros rayos del sol brillaban ya en la cortina blanca. ¿Qué sucedía allí? ¿Por qué había tantos criados en la tienda?

No le quedaba tiempo para averiguaciones. Agarró a uno de los criados que estaba en la sala y salió a la calle. La luz inundaba todo el cielo.

Aquel día, el vecino que vivía frente a la tienda de la plaza anduvo furioso y maldiciendo.

–Esta mañana –decía– cuando me he levantado de la cama y he mirado por la ventana, he visto a un ladrón que huía con un espejo bajo el brazo. ¡Maldito sea mil veces! ¡Debía haber dejado en paz a un hombre tan bueno como Kalbum Dahabin, el fabricante de espejos!

Hermoso cuento, ¿verdad?

Se trata de una adaptación de un cuento tradicional de Oriente, realizada por Bernardo Atxaga (tomada del libro “Obabakoak”) Esta historia nos ha servido como introducción al tema que nos ocupa. Teniendo en cuenta que vamos a tratar un tema que tiene que ver con la luz y los espejos, la sala se denomina *Juegos de luz*.

Ve al Museo, al módulo *Multiplícate*, y podrás observar con tus propios ojos lo que le ocurrió a la Muerte. Al igual que le ocurrió a la Muerte, también tú te verás repetido muchas veces en las imágenes que forman los espejos.

Los módulos de la sala se pueden clasificar en varios itinerarios, de acuerdo con el problema planteado en el módulo.

Ésta será la guía de tu visita:

<p>1 ¿Dónde está la imagen?</p>	<p>Este itinerario nos introducirá en el mundo de las imágenes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Multiplícate. • Módulo: Espejo antigravedad. • Módulo: Espejo cóncavo. • Módulo: Agárralo como puedas. • Módulo: Espejos para perderse.
<p>2 La propagación de la luz al cambiar de medio.</p>	<p>A continuación, veremos qué le ocurre a la luz al cambiar de medio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: La cara oculta. • Módulo: Ángulo crítico. • Módulo: Tubería de luz.
<p>3 Otro modo de crear imágenes.</p>	<p>En este itinerario, estudiaremos las imágenes y los cambios de dirección que forman otros elementos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Caminos de luz. • Módulo: Lupa gigante. • Módulo: Prismas y espejos.
<p>4 Haciendo y deshaciendo la luz.</p>	<p>En este itinerario estudiaremos las propiedades de la luz. Nos mostrarán los secretos de la dispersión y de los colores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Paisaje de colores. • Módulo: Sombras de colores. • Módulo: Resta de colores.
<p>5 Otras características de la luz.</p>	<p>Por último, analizaremos, otras características de la luz relacionadas con su naturaleza ondulatoria: las interferencias y la polarización.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo: Burbujas de colores. • Módulo: Hologramas. • Módulo: Magia con la luz. • Módulo: Luz rota.

I ¿Dónde está la **imagen?**

En primer lugar, estudiaremos las imágenes que forman los espejos. Pero antes vamos a repasar algunos conceptos relacionados con la luz.



► Recuerda

1. ¿Qué es la luz? ¿Cómo, por dónde y hacia dónde se difunde la luz?
2. ¿Qué condiciones deben darse para que un cuerpo pueda verse?
3. ¿Cómo se reflejan los rayos de luz en los espejos planos? ¿En qué dirección salen tras reflejarse?
4. ¿Dónde se sitúa la imagen del objeto que forma un espejo plano? ¿Cómo es dicha imagen?
5. ¿En el espejo cóncavo, dónde se sitúa y cómo es la imagen?

• Módulo: Multiplícate.



En el Museo podrás ver...

Este módulo *-Multiplícate-* es doble. Tenemos dos espejos: uno de ellos fijo, el otro móvil (se mueve como una puerta). Dicha movilidad permite cambiar el ángulo que forman ambos espejos.

Por otra parte, tenemos tres espejos fijos formando un prisma triangular. Los espejos están situados en el interior del prisma. Éste, por su parte, está abierto por su parte inferior para poder acceder a su interior.

Antes de la visita

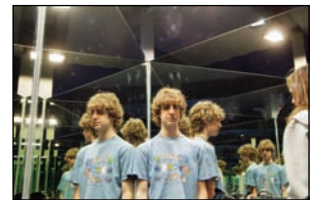
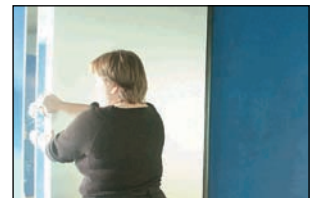
¿Qué ocurrirá?

- ❶ ¿Cuántas imágenes de ti mismo verás si te colocas ante dos espejos?
- ❷ ¿Cuántas imágenes de ti mismo verás si entras dentro del prisma?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- ❶ Colócate ante los dos espejos. Estos deben estar muy separados entre sí, formando un ángulo superior a 90° . Observa cuántas veces se repite tu imagen.
- ❷ Disminuye el ángulo existente entre ambos espejos, acercando lentamente el espejo móvil al fijo. ¿Cambia el número de imágenes?
- ❸ Entra "dentro" del prisma y colócate ante los espejos. ¿Cuántas imágenes ves?

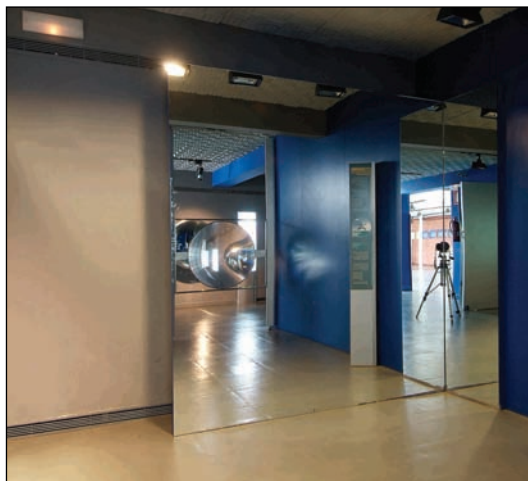


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ❶ ¿Por qué han aparecido cada vez más imágenes de ti mismo a medida que disminuía el ángulo existente entre los espejos?
- ❷ Dibuja un croquis para razonar la respuesta.
- ❸ ¿Por qué han aparecido tantas imágenes cuando has entrado en el prisma de los espejos, al igual que le sucediera a Dayoub en el cuento?

• Módulo: Espejo antigravedad.



En el Museo podrás ver...

Este módulo *-Espejo antigravedad-* cuenta con dos espejos que forman un ángulo de 90° . Uno de ellos -el de menor tamaño- está pegado a la pared; el otro -mayor que el anterior y perpendicular a él- tiene libre su parte posterior.



Los espejos a través de la Historia.

En Turquía se utilizaban hace ya 7.500 años espejos de obsidiana (vidrio natural) Los primeros espejos fabricados por el hombre, sin embargo, eran de cobre o de bronce muy pulido. Fueron los romanos los primeros en conseguir fabricar espejos recubriendo el vidrio de plata o de estaño. Sea como fuere, el uso de espejos de vidrio no se popularizó hasta el siglo XIII, cuando los artesanos venecianos descubrieron un método apropiado para recubrir de plata el vidrio

El metal utilizado para recubrir el vidrio de los espejos era el mercurio, una sustancia muy tóxica. Por esta razón, cuando el químico alemán Justus Von Liebig inventó en 1.835 un nuevo método para platear los espejos, el nuevo sistema se generalizó rápidamente, pese a la complejidad del procedimiento de fabricación.



Von Liebig en su laboratorio de Munich

El fundamento del procedimiento de Von Liebig consistía en un proceso redox: aprovechando la capacidad reductora de la glucosa, los cationes de plata se convertían en plata metálica. He aquí los principales pasos del procedimiento:

1. En primer lugar, se limpiaba con esmero la lámina de vidrio.
2. A continuación, se activaba la lámina mediante una disolución de cloruro de cinc.
3. Se preparaba una disolución de nitrato de plata, amoníaco, sosa cáustica y agua destilada.
4. Antes de extender sobre el vidrio, se mezclaba la disolución anterior con la disolución de glucosa previamente preparada, de manera que la plata precipitara sobre el vidrio en forma de cristales muy pequeños.
5. Se colocaba sobre la lámina de plata una fina película de estaño (de 0,0005 mm de espesor) para conectar entre sí los pequeños cristales.

6. Se aplicaba sobre dicha lámina una capa de cera, con el fin de estabilizar el espejo.
7. Por último, se añadían sendas películas de cobre y de esmalte, respectivamente, para proteger el espejo. Todo este proceso se efectuaba manualmente.

Los primeros espejos fabricados por el hombre era de cobre o de bronce muy pulido.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- 1 Si ocultas la mitad de tu cuerpo detrás del espejo perpendicular a la pared, dejando visible la otra mitad ¿qué imagen verás?
- 2 ¿Dónde se encuentra dicha imagen?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- 1 Oculta la mitad de tu cuerpo tras el espejo, tal como se ve en la foto. ¿Se ha cumplido la hipótesis que habías planteado antes de venir al Museo?
- 2 A continuación, un compañero debe colocarse ante el espejo como tú lo has hecho. Intenta tocar la mano izquierda de la imagen de tu compañero; a continuación, la derecha. ¿Has conseguido tocarlas? ¿Dónde se encuentran las manos?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- 1 ¿Por qué tu cuerpo se ha reflejado "entero" en los espejos, si solamente se hallaba visible la mitad del mismo?
- 2 En el segundo de los experimentos no has podido estrechar la mano de la imagen de tu compañero. ¿Por qué? ¿Dónde se encontraba dicha imagen?
- 3 Dibuja un croquis para explicar la respuesta anterior

• Módulo: Espejo cóncavo.



En el Museo podrás ver...

Este módulo se denomina *Espejo cóncavo*. Como su propio nombre indica, dicho espejo no es plano como los anteriores, sino curvado.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- ❶ ¿Qué cambios sufrirá tu imagen si te colocas ante el espejo a diferentes distancias?

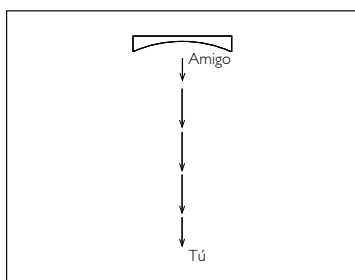
Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

❶ Un compañero se colocará -centrado- ante el espejo, muy cerca de éste; colócate tú detrás de él, un tanto alejado del espejo (tal como se ve en la foto y en el croquis). Tu compañero retrocederá, poco a poco, casi hasta llegar a tu posición. Observa qué imagen se forma en cada ocasión.



- ❷ ¿Hay algún punto donde no se haya formado imagen alguna de tu compañero?
- ❸ A continuación, repite tú los pasos de tu compañero. ¿Cómo ha evolucionado tu imagen al moverte?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ❶ Explica, mediante croquis, las imágenes que se producen en diferentes puntos.
- ❷ ¿Por qué no se ha formado imagen alguna del compañero en un punto?
- ❸ ¿Dónde se encuentran situados el foco y el centro del espejo?
- ❹ ¿Por qué no has visto imagen alguna de ti mismo cuando te has acercado o te has movido hacia atrás, y no solamente en determinado punto, como en el caso de tu compañero, sino en todo el recorrido?



Espejos cóncavos y convexos.

Los espejos planos tienen múltiples aplicaciones en nuestra vida cotidiana. También los curvados se utilizan para numerosos menesteres.

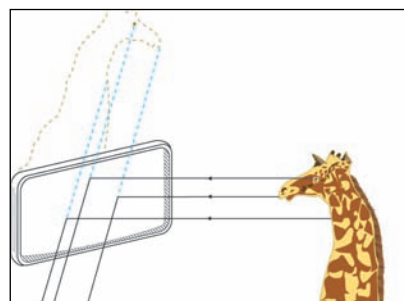
Los espejos cóncavos se colocan en las linternas y en los focos reflectores que se utilizan en los automóviles, espectáculos, conciertos, circos... Gracias a ello, los rayos de luz de las lámparas salen paralelos tras reflejarse en el espejo, formando un haz de luz potente que puede dirigirse en la dirección deseada.

Los espejos curvados que se usan en los telescopios son parecidos a los que acabamos de citar. Dichos espejos reciben y concentran los rayos de luz procedentes de las estrellas y de los planetas. El gran físico Isaac Newton fue el primero en utilizar espejos en los telescopios (1668) en lugar de las lentes que se utilizaban hasta entonces.

Sin embargo, el espejo utilizado por Newton (2,5 cm de diámetro) apenas se parece a los gigantes espejos que se utilizan en la actualidad. El del observatorio de Monte Palomar en Estados Unidos (construido en 1934), por ejemplo, tiene cinco metros de diámetro. Y los hay aún mayores.

Para fabricar estos espejos, se introduce el vidrio fundido en un molde circular. A continuación, se deja enfriar lentamente. El proceso es muy lento (a veces puede prolongarse durante meses), para evitar la aparición del más mínimo defecto. Una vez enfriado el vidrio, se talla su superficie, se pule y se le da la forma apropiada (este proceso se controla hoy en día mediante ordenador). Finalmente, se introduce el espejo en una enorme cámara de vacío, se evapora aluminio y se recubre de una capa aislante del citado elemento.

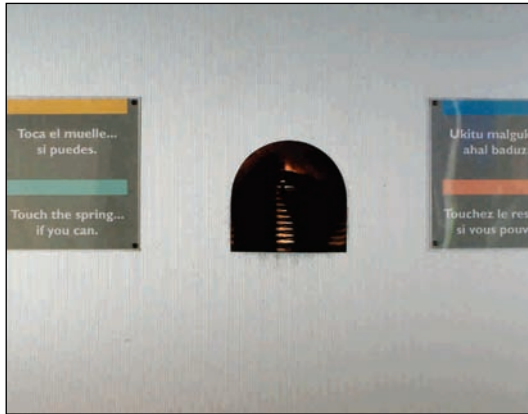
Por lo que se refiere a los espejos convexos, se utilizan -por ejemplo- en los retrovisores de los automóviles. Dichos espejos amplían notablemente el campo visual y permiten ver lo que hay detrás del automóvil.



Los espejos tienen multitud de aplicaciones en nuestra vida cotidiana.

- 5 En los focos de los automóviles ¿dónde debe colocarse la lámpara delante del espejo para que los rayos de la luz salgan paralelos tras reflejarse?
- 6 ¿Cómo entran en el telescopio los rayos de luz procedentes de las estrellas? ¿Dónde se forma la imagen de las estrellas?
- 7 ¿Qué tipo de imagen se forma en nuestro ojo de los vehículos que nos siguen tras reflejarse estos en un espejo convexo? ¿Dónde están los coches?. Dibuja un croquis para explicar la formación de la imagen.

• Módulo: Agárralo como puedas.



En el Museo podrás ver...

En este módulo -Agárralo como puedas- hay una gran caja con una ventanilla, desde la que puede verse un muelle. Cuando entres al Museo, deberás hacer lo que te indica el nombre del módulo, es decir, agarrar (si puedes) el muelle.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- ¿Lograrás agarrar el muelle?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- ¿Has logrado agarrar el muelle?

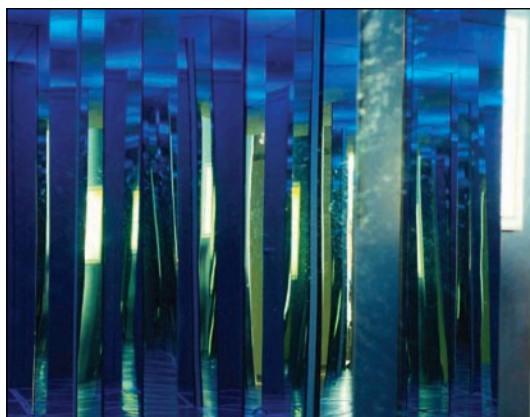


Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- ¿Por qué no se puede coger el muelle?
- Dibuja un croquis que represente la ubicación del espejo, del auténtico muelle y de la imagen de éste.

• Módulo: Espejos para perderse.



En el Museo podrás ver...

En este módulo *-Espejos para perderse-* dispones de un laberinto formado por espejos planos.

Dichos espejos pueden servirnos para muchas cosas, además de para vernos a nosotros mismos o para hacer laberintos. El siguiente texto te muestra una de dichas utilidades.



Las centrales solares: espejos planos para producir electricidad.

El Sol envía gran cantidad de energía en forma de luz a la Tierra. Dicha cantidad de energía es 12.000 veces mayor que la producida en todo el mundo por todo tipo de combustibles, pero, desgraciadamente, llega a nosotros muy diseminada, por lo que resulta muy caro y difícil concentrarla y almacenarla.

Uno de los sistemas existentes para concentrar la energía solar se basa en la utilización de espejos. Para producir electricidad, la energía solar debe concentrarse para poder así obtener altas temperaturas. Para conseguirlo se colocan numerosos espejos, formando un círculo, logrando de este modo la reflexión de los rayos solares hacia una torre.

De esta manera, aumenta mucho la temperatura del agua situada en la parte superior de la torre y se evapora. La alta presión del vapor de agua hace girar el alternador que produce energía eléctrica.



La central que vemos en la imagen se encuentra en el desierto californiano de Mohave. Cuenta con 1818 espejos y ocupa una superficie de 40 hectáreas (su diámetro es, aproximadamente, de 700 metros). Esta central puede abastecer de energía eléctrica una ciudad de 20.000 habitantes.

El precursor de la central solar data de muy antiguo. Su promotor -Artemio de Tales- realizó el siguiente experimento el año 532 d. C: construyó un gran espejo cóncavo uniendo entre sí numerosos espejos planos, con el fin de concentrar los rayos solares. Dirigió dichos rayos hacia los barcos veleros de la armada enemiga para así incendiarlos. Se desconoce si Artemio consiguió su objetivo. Muchos siglos después, en 1747, el científico francés Georges Louis Leclerc fabricó un artefacto parecido al de Artemio de Tales. Leclerc utilizó 168 espejos planos para construir un espejo cóncavo. Dirigió los rayos solares concentrados en dicho espejo a una tabla de pino (cubierta de alquitrán) situada a 47 metros y consiguió hacer arder la tabla.

Uno de los sistemas existentes para concentrar la energía solar se basa en la utilización de espejos.



Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- Entra en el laberinto y reúne toda la información necesaria para, a continuación, dibujar un croquis del camino recorrido.



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- Dibuja un croquis de tu recorrido por el interior del laberinto. ¿Cómo están colocados los espejos?

2 La propagación de la luz al cambiar de medio.

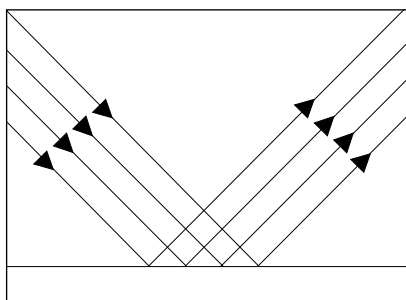
En el itinerario anterior hemos “visto” cómo se refleja la luz en los espejos. Pero, ¿por qué se refleja?

Porque el espejo es la frontera entre dos medios (el aire y el propio espejo). Puesto que la luz no puede propagarse en el segundo medio -en el espejo-, vuelve al primero -al aire-.

Este fenómeno no solamente se produce en los espejos, sino en las paredes o muebles, en las superficies de cuerpos no transparentes... En resumen, la luz se refleja y retrocede, volviendo al aire. Pero es evidente que dicha reflexión y la que se produce en los espejos no son iguales. El siguiente texto nos mostrará la diferencia.



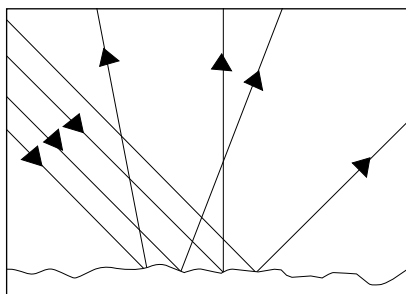
La reflexión especular y la reflexión difusa.



La reflexión en los espejos.

Las superficies de los cuerpos -a excepción de los transparentes- reflejan la luz. La luz que emiten los cuerpos llega a nuestros ojos gracias a dicha reflexión, por lo que podemos verlos. He ahí el motivo por el cual no se ven los objetos transparentes: no reflejan la luz.

También los espejos reflejan la luz, pero su superficie es mucho más lisa que la de los objetos comunes. Si los rayos de luz llegan al espejo en determinada dirección, salen -tras reflejarse- en otra determinada dirección; es decir, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. Si incide un haz de luz, sale de igual manera, manteniendo la simetría de los ángulos.



La reflexión en los cuerpos comunes.

En la superficie de los objetos comunes, por el contrario, los rayos de luz salen en todas las direcciones tras reflejarse (véase la imagen). Se denomina a este fenómeno reflexión difusa.

Ése es el motivo por el que se ven los objetos reflejados en los espejos, ya que los rayos de luz procedentes de un punto -tras reflejarse- salen de la misma manera y llegan a nuestros ojos. Nuestro ojo, por tanto, puede formar la imagen de dicho punto, o del objeto entero. Solamente varía la dirección de los rayos, motivo por el que parece que el objeto (su imagen) se encuentra detrás del espejo (los rayos parecen proceder de allí).

En la superficie de los cuerpos comunes, por el contrario, los rayos procedentes de un punto del objeto salen en múltiples direcciones tras reflejarse. Nuestro ojo no percibe dichos rayos a la vez, por lo que no puede formar una imagen del citado punto (ni del objeto).

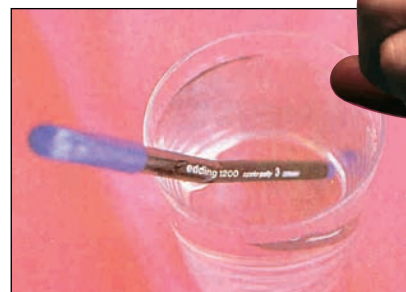
La luz que emiten los cuerpos llega a nuestros ojos gracias a la reflexión de ésta.

En este segundo itinerario analizaremos los restantes cambios de medio de la luz, es decir, aquellos que se producen cuando la luz puede propagarse en otro medio. Cuando la luz pasa del aire al agua -por ejemplo- se produce un cambio de medio.

Al introducir un objeto dentro de un vaso de agua, se ve dicho objeto "roto" o partido, como sucede en la foto. Este fenómeno es debido a que, como veremos a continuación, el cambio de medio influye en la propagación de la luz.

Cuando se produce un cambio de medio, parte de la luz se propaga en el segundo medio; otra parte, sin embargo, se refleja en la superficie divisoria de ambos medios. Este fenómeno se produce -por ejemplo- en los edificios modernos recubiertos de cristal: el cielo se ve reflejado en el cristal, es decir, la luz procedente del cielo se refleja en las ventanas; pero, al mismo tiempo, quienes se encuentran dentro del edificio también ven el cielo. La explicación del fenómeno es la siguiente: la luz procedente del cielo se ha propagado a través del cristal y ha atravesado éste.

En los módulos del Museo tendrás oportunidad de observar dichos fenómenos (en algunos casos especiales).



► Recuerda

1. ¿Qué cambio sufren los rayos de luz al refractarse a causa del cambio del medio? ¿Por qué?
2. ¿Cuál es la expresión matemática de dichos fenómenos, la ley de Snell?
3. ¿En que consiste la reflexión total? ¿Y el ángulo crítico?

• Módulo: La cara oculta.



En el Museo podrás ver...

En este módulo -denominado *La cara oculta*- hay un cristal colocado perpendicularmente sobre una mesa. La iluminación de ambas caras del cristal se controla pulsando los botones.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

A ver si eres capaz de predecir qué sucederá en el módulo. Recuerda lo que pasa en ocasiones cuando te colocas ante el escaparate de un comercio.

❶ Colócate a un lado del cristal; al otro lado, un compañero. ¿Qué sucederá cuándo cambiéis la iluminación de ambos lados?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Una vez sentados un alumno a cada lado, intentad colocar los rostros de ambos a la misma altura (resultará más fácil si sois de estatura similar).

La intensidad de la luz se controla pulsando el botón de la izquierda; el de la derecha, por su parte, apaga y enciende la bombilla de la derecha.



❶ ¿Qué veis al variar la intensidad de la luz a ambos lados del cristal?

Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

❶ ¿Qué condiciones deben darse para que la intensidad de la luz reflejada sea mayor o menor? En otras palabras ¿cuándo ha actuado el cristal vertical frontal como "espejo", y cuándo como "cristal"?

❷ ¿Se reflejaba toda la luz al funcionar como espejo? ¿No pasaba luz al otro lado?

El cristal del módulo es especial: está recubierto de una fina capa de cromo para aumentar el citado efecto, es decir, reflejar y, al mismo tiempo, dejar pasar la luz. Este comportamiento es común a todos los cristales, como comprobaremos en el siguiente experimento.



Experimento en clase: ¿Cristal o espejo?

Material:

- Una cartulina negra
- Un trozo de vidrio (basta con uno de 30 x 20 cm)
- Dos cartabones
- Un trozo de tiza



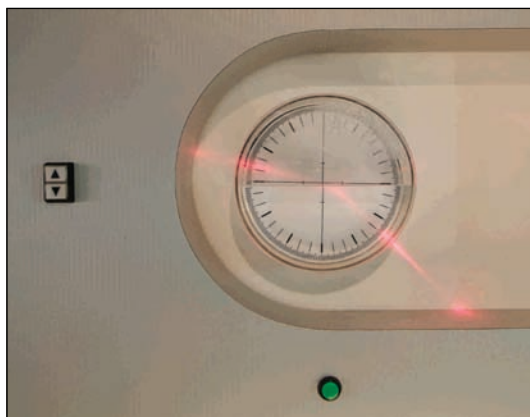
▶ Procedimiento

1. Dibuja con la tiza una cruz en la cartulina negra.
2. Pon el cristal (en posición vertical) sobre la cartulina (la cruz, a tu lado) El cristal debe quedar perpendicular a la cartulina (utiliza los cartabones).
3. Mueve tu cabeza hasta que veas la cruz reflejada en el cristal.
4. Intenta dibujar otra cruz sobre la que estás viendo gracias al cristal.

③ Al dibujar la segunda cruz, veas al mismo tiempo la cruz dibujada anteriormente y la dibujada sobre aquella. ¿Por qué?

④ ¿Dónde has dibujado la segunda cruz para que se superpusiera a la primera? ¿Dónde has visto la imagen de la primera cruz mediante el "cristal-espejo"?

• Módulo: Ángulo crítico.



En el Museo podrás ver...

En este módulo, denominado *Ángulo crítico*, hay un cilindro lleno de agua hasta la mitad, colocado en posición horizontal. Deberás dirigir, con ángulo variable, un rayo de luz -del aire al agua o del agua al aire- a la superficie divisoria de ambos medios.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- 1 ¿Qué transformación sufre el rayo de luz al llegar a la superficie divisoria del aire y del agua? Si pasa del aire al agua ¿se desviará? ¿Cómo?
- 2 ¿Cómo se desviará al pasar del agua al aire? ¿Puede ocurrir que no pase de un medio a otro?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

En primer lugar, pulsa el botón situado en la parte inferior para conseguir el rayo de luz.

Coloca la fuente del rayo de luz en la parte de abajo, pulsando el botón situado en esa dirección, para que disminuya el ángulo de incidencia; a continuación, sube la fuente (pulsando el botón situado en esa dirección), para que aumente el ángulo de incidencia; continuando del mismo modo, dirige el rayo de luz para que pase del aire al agua; continúa subiéndolo hasta que llegue a lo alto y entre perpendicularmente en el agua.

- 1 Describe, mediante un croquis, el cambio de dirección del rayo de luz en cada caso. ¿Se han cumplido las hipótesis que antes habías planteado?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- 1 ¿Cuál es el ángulo crítico al pasar del agua al aire ($n_{\text{agua}} = 1,33$)? ¿El resultado ha sido el mismo en el Museo?
- 2 ¿Por qué no se ha producido refracción alguna al entrar perpendicularmente el rayo de luz a la superficie divisoria del agua y del aire?
- 3 ¿Por qué el recipiente que contiene agua es cilíndrico, y no -por ejemplo- cúbico?

Ahora deberás explicar algunos ejemplos relacionados con lo que has visto en el módulo.

- 4 Cuando el agua de una piscina está en calma, se puede ver el fondo, así como las líneas dibujadas en él. ¿Por qué nos da la impresión de que la piscina es menos profunda de lo que realmente es y de que las líneas están más cerca de nosotros de lo que realmente están?



Si tienes dificultades para responder, te conviene realizar el siguiente experimento.



Experimento en clase: El agua vuelve visible lo que era invisible.

Material:

- Un recipiente no transparente
- La tapa metálica de un bote de cristal



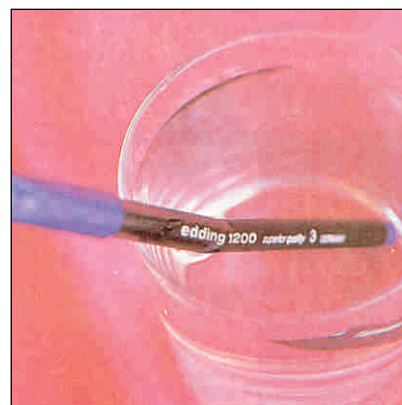
▶ Procedimiento

1. Pon la tapa metálica en el fondo del recipiente.
2. Mueve tu cabeza hacia atrás, hasta que ya no puedas ver el bote.
3. Vierte agua, poco a poco, en el recipiente. ¿Qué ha sucedido?

5 ¿Por qué has visto la tapa metálica tras verter el agua?

Finalmente debes explicar lo planteado en la introducción.

6 ¿Por qué parece que el rotulador está roto?



• Módulo: Tubería de luz.



En el Museo podrás ver...

En este módulo -*Tubería de luz*- hay un líquido en el interior de un recipiente. Un chorro de dicho líquido sale de un agujero del recipiente. Pulsando un botón, se envían dos rayos de luz al interior del citado tubo.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

❶ ¿El rayo de luz dirigido al "tubo de líquido" permanecerá en el interior de éste o saldrá de él?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Pulsa el botón lateral y enciende la luz enfocada hacia el chorro.

- ❶ ¿Sale luz del chorro?
- ❷ Agáchate hasta colocarte bajo el chorro y mirar por debajo de éste. Observa la trayectoria de los rayos en el chorro.



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

❶ ¿Por qué no han salido los rayos de luz del chorro de líquido?

Con la fibra óptica sucede algo parecido a lo que acabas de observar en el chorro de líquido. Si la luz entra en el tubo de vidrio muy paralela al eje, llega a las paredes de aquél con un ángulo superior al ángulo crítico y sufre continuas reflexiones totales (16.000 veces por metro) Por lo tanto, continúa su trayectoria a través del tubo, al igual que lo hizo la luz en el chorro.

También dispones en el Museo de un ejemplo de fibra óptica, en la sala *Materiales sorprendentes* del módulo *Luz por un tubo*. Sube al piso de arriba y observa cómo transportan la luz los tubos de vidrio. Merece la pena.

Un ejemplo de fibra óptica es el endoscopio, un aparato muy utilizado actualmente en Medicina. El siguiente texto te ofrece más información sobre dicho instrumento.



El endoscopio.

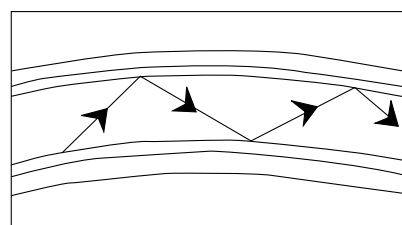
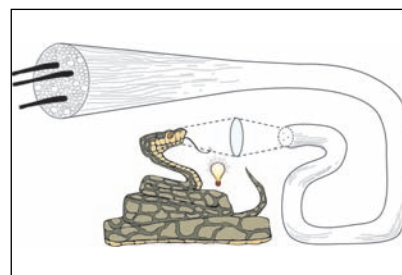
¿Qué aparato utilizan los médicos para observar el interior del organismo de un paciente sin realizar intervenciones quirúrgicas? El endoscopio.

Gracias a dicho aparato puede saberse -sin necesidad de abrir la rodilla- qué daños ha sufrido el menisco de un futbolista, haciendo un pequeño orificio por donde introducir el endoscopio. También puede observarse el estado de una úlcera de estómago introduciendo el endoscopio por la garganta.

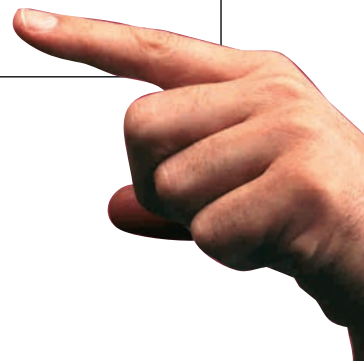
El endoscopio consiste en un estrecho tubo que contiene fibras de vidrio que transmiten la luz. Dispone, además, de minúsculos tubos portadores de agua, aire y pequeños instrumentos quirúrgicos para realizar pequeñas operaciones (extraer trozos de un menisco roto, por ejemplo) La inclinación del tubo se controla mediante unos alambres.

La parte que se desea observar del cuerpo (el interior de la rodilla, el estómago...) es iluminada por varios tubos de fibra óptica; por otra parte, en el extremo de otros tubos hay pequeñas lentes que reciben y envían al exterior la luz reflejada para, entre todas, formar una imagen. Cada fibra óptica lleva al otro extremo del tubo una parte de dicha imagen. Una vez allí, la imagen se hace visible gracias a otra lente (la ocular).

¿Qué cómo transmiten la luz las fibras de vidrio? Muy sencillo: mediante un sistema de reflexión interna. La luz se refleja una y otra vez en la pared interior de la fibra, de manera que la imagen formada en uno de los extremos de aquélla se desplaza hasta el otro extremo.



Las fibras de vidrio transmiten la luz mediante un sistema de reflexión interna: la luz se refleja una y otra vez en la pared interior de la fibra y la imagen formada en uno de sus extremos se desplaza hasta el otro extremo.



La fibra óptica tiene, además, otras muchas aplicaciones. Fue en 1955 cuando empezó a utilizarse en el campo de la Medicina. En un principio, las pérdidas de energía del interior de la fibra eran excesivas. La situación cambió en 1970, cuando comenzó a fabricarse vidrio de mejor calidad, sin apenas impurezas. La fibra óptica supuso una auténtica revolución tecnológica en el ámbito de la transmisión de información: comenzaron a utilizarse fibras de vidrio en lugar de cables de cobre. En un principio se utilizó para la transmisión de señales telefónicas. El desarrollo actual de Internet, la televisión por cable... serían inconcebibles sin la fibra óptica. Para más detalles, léase el siguiente texto.



La fibra óptica, para transportar el sonido convertido en luz.

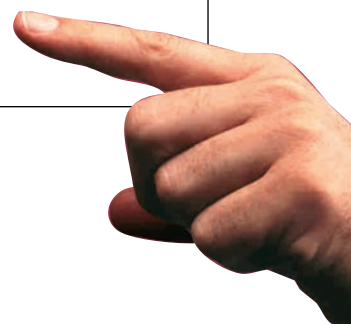
La capacidad de los cables de cobre había comenzado a colapsarse a medida que avanzaba el siglo XX. Las comunicaciones telefónicas entre Europa y América se realizaban mediante los cables submarinos que cruzan el Atlántico. Pero la multiplicación de las comunicaciones, por una parte, y las nuevas aplicaciones (télex, telefax, los primeros balbuceos de internet y del correo electrónico...), por otra, trajeron consigo un crecimiento exponencial de la cantidad de información a transmitir. Todo ello provocó el inicio del agotamiento de la capacidad del cable de cobre como medio de transmisión de información. El desarrollo de la tecnología de la fibra óptica puso fin al problema: se multiplicó la capacidad de transmitir información. Por otra parte, la fibra óptica ocupa menos espacio que el cable convencional; se producen menos interrupciones, por lo que se necesitan menos amplificaciones, y, finalmente, no se producen interferencias. El primer cable transatlántico de fibra de vidrio entró en funcionamiento en 1988.

¿Cómo se convierte el sonido en luz?

Cuando hablamos por teléfono, nuestra voz hace vibrar unas láminas del micrófono de dicho aparato, creando corrientes eléctricas. En lugar de transmitir dichas corrientes por un cable convencional, se digitalizan en un codificador. Este aparato mide 8.000 veces por segundo la intensidad de la corriente y la convierte en una señal eléctrica digital (formada por '0's y '1's) Dichas señales eléctricas encienden y apagan un láser infrarrojo, creando señales ópticas digitales: 1, encendido; 0, apagado. Estas señales son enviadas, mediante una lente, a la fibra óptica, que las hace llegar hasta el receptor (a la velocidad de la luz, evidentemente) A continuación, un fotodetector convierte las citadas señales ópticas en señales eléctricas digitales. Finalmente, un decodificador las transforma en corriente eléctrica. Dichas corrientes forman sonidos, por lo que el receptor puede oírlos.

Al ser la velocidad de la luz mucho mayor que la del sonido, pueden intercarse conversaciones: la fibra óptica permite transmitir simultáneamente 32.000 conversaciones; el cable convencional, 32.

El desarrollo de la tecnología de la fibra óptica ha multiplicado la capacidad de transmitir información.



3 Otro modo de **crear imágenes.**

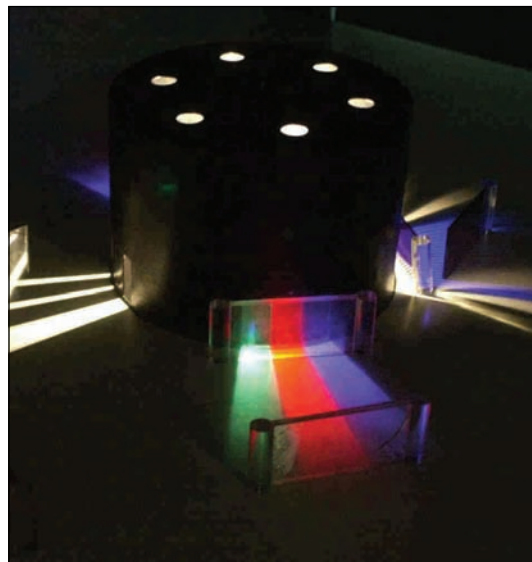
En el anterior itinerario hemos estudiado la refracción, es decir, el cambio de dirección de la luz al cambiar ésta de medio (siempre que el segundo medio también sea transparente, claro está). Si se dirigen de modo adecuado los cambios de dirección producidos por la refracción, en condiciones muy precisas, pueden obtenerse imágenes de los objetos. Las lentes son los instrumentos ópticos encargados de dicha labor. En nuestra vida cotidiana, utilizamos las lentes en numerosos aparatos y objetos: gafas, máquinas fotográficas, lentillas, microscopios, proyectores de diapositivas, lupas...



► **Recuerda**

1. ¿Cuántos tipos de lentes existen?
2. ¿Qué cambio sufren los rayos de luz al atravesar las lentes?
3. ¿Cómo se cuantifica dicho fenómeno? ¿Qué relación existe entre las posiciones de los objetos y de sus imágenes?

• Módulo: Caminos de luz.



En el Museo podrás ver...

En este módulo -Caminos de luz- hay una fuente de luz sobre una mesa. Se trata de una fuente especial: en uno de sus lados, se hace pasar la luz por diversos orificios, de los que sale en forma de rayo; en el otro lado se han instalado tres filtros de colores, por lo que la luz sale coloreada.

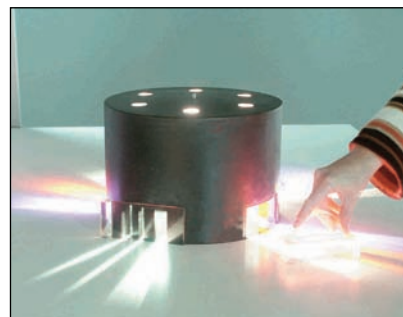
Además de la fuente, hay otros elementos sueltos en el módulo: un espejo plano, una pieza de plástico plana por ambos lados, otra plana por un lado y convexa por otro, una tercera plana por un lado y cóncava por el otro, y, por último, varios filtros de colores.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Coloca los elementos -de uno en uno- perpendicularmente a los rayos, excepto el espejo (debe colocarse diagonalmente) Los elementos con una cara curvada deben colocarse con la cara plana mirando a los rayos.

❶ ¿Qué les ocurre a los rayos al colocar los elementos (uno a uno) ante ellos?



Después de la visita (de nuevo en clase)

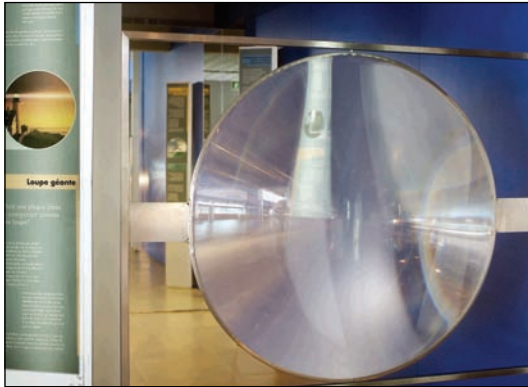
¿Por qué ha ocurrido?

❶ ¿Se han desviado los rayos de luz al colocar ante estos un elemento plano por ambas caras? ¿Por qué?

❷ ¿Por qué han desviado los rayos de luz los dos elementos con una de sus caras curvada, y no lo ha hecho el que es plano por las dos caras, si todos ellos están hechos del mismo plástico?

❸ ¿Por qué se te ha indicado que coloques dichos elementos de manera que la cara plana (y no la curvada) se oriente hacia los rayos?

• **Módulo: Lupa gigante.**



En el Museo podrás ver...

En este módulo *-Lupa gigante-* encontrarás, efectivamente, una lupa de gran tamaño.

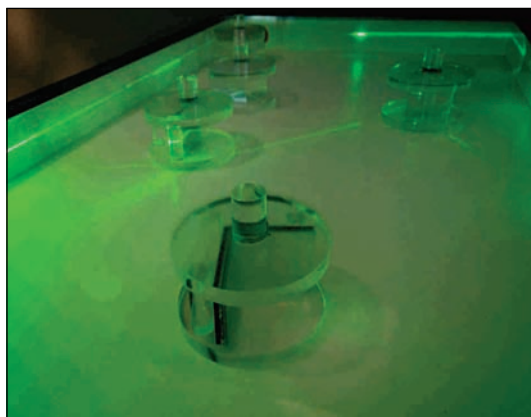
**Durante
la visita**
(en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

1 ¿Cómo se ve a tu compañero situado tras la lupa?



• Módulo: Prismas y espejos.



En el Museo podrás ver...

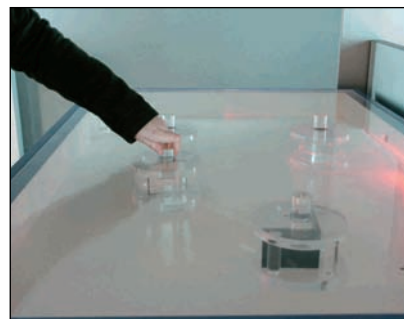
En este módulo -Prismas y espejos- encontrarás, sobre una especie de mesa, en uno de sus extremos, un láser que emite un rayo de luz de color rojo. Distribuidos sobre la mesa, hay, por otra parte, diversos prismas y espejos (fijos, pero giratorios).

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

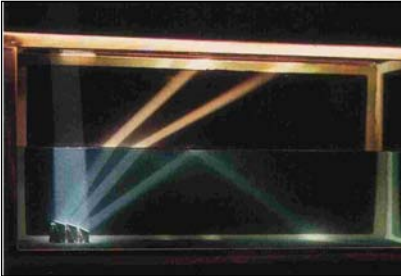
1 Coloca correctamente todos los elementos para que el rayo láser llegue al círculo marcado.

Dirige el láser hacia el primer prisma y observa las reflexiones y refracciones que sufre el rayo; observa con especial atención a la entrada del prisma -en la primera cara-, cómo parte del rayo se refleja y otro se refracta, y cómo parte de ese rayo refractado se refleja y otra se refracta al salir del prisma -en la segunda cara-. Mueve el prisma, cambia el ángulo de incidencia e intenta conseguir la reflexión total para que el rayo no salga del prisma.



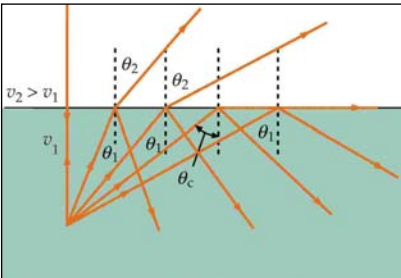


La reflexión interna.



En el módulo Ángulo crítico del apartado anterior hemos podido comprobar que los rayos de luz se desvían (se refractan) al llegar a la superficie divisoria de dos medios (aire y agua, por ejemplo), siempre -claro está- que no entren perpendicularmente.

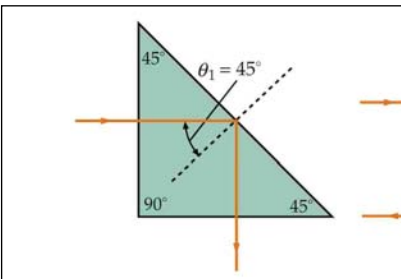
La imagen nos lo muestra claramente: cuanto mayor sea el ángulo de incidencia, mayor será el ángulo de refracción, hasta llegar a determinado ángulo (el denominado "ángulo crítico"), cuyo ángulo de refracción es de 90° . Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico, no se produce refracción alguna, sino la reflexión total.



El esquema nos muestra lo arriba expuesto y el ángulo crítico θ_c .

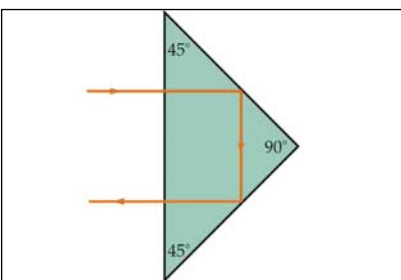
La citada reflexión total se produce también en el interior de un prisma (recuerda lo que has visto con el rayo láser en el módulo del Museo), y se le denomina "reflexión interna". Los rayos de luz pueden orientarse a voluntad en este tipo de reflexión.

Mediante el prisma de cristal de la imagen podemos desviar 90° el rayo de luz, ya que no sufre desviación alguna en la primera y última de sus caras, debido a que entra perpendicularmente a la superficie divisoria de ambos medios.



En la imagen siguiente tienes otro ejemplo.

Un caso peculiar de reflexión interior es el de los diamantes. El índice de refracción de los diamantes es muy alto ($n=2,4$); por consiguiente, la mayoría de rayos que entran en ellos salen, en sentido contrario, tras haber sufrido reflexiones internas. He ahí el porqué del brillo especial de los diamantes.



Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico, no se produce refracción alguna, sino la reflexión total.

- ❶ La reflexión total se produce siempre al pasar del medio 'tranquilo' al medio "rápido", nunca al revés. ¿Por qué?
- ❷ ¿Cuál es el ángulo crítico?
- ❸ ¿Cuál debe ser el índice de refracción del vidrio para desviar 90° los rayos de luz en este prisma de vidrio?

4 **Haciendo y deshaciendo** la luz.

Génesis

En el principio creó Dios los cielos y la tierra. La Tierra era caos y confusión y oscuridad por encima del abismo, y un viento de Dios aleteaba por encima de las aguas.

Dijo Dios:

«**Haya luz**», y hubo luz. Vio Dios que la luz estaba bien, y apartó Dios la luz de la oscuridad; y llamó Dios a la luz «día», y a la oscuridad la llamó «noche». Y atardeció y amaneció: día primero.

Dijo Dios:

«Haya un firmamento en medio de las aguas, que las aparte unas de otras.»

E hizo Dios el firmamento; y apartó las aguas de debajo del firmamento, de las aguas de encima del firmamento. y así fue. Y llamó Dios al firmamento «cielos». Y atardeció y amaneció: día segundo.

Dijo Dios:

«Acumúlense las aguas de debajo del firmamento en un solo conjunto, y déjese ver lo seco.»

Y así fue. Y llamó Dios a lo seco «tierra», y al conjunto de las aguas lo llamó «mares»; y vio Dios que estaba bien.

Dijo Dios:

«Produzca la tierra vegetación: hierbas que den semillas y árboles frutales que den fruto, de su especie, con su semilla dentro, sobre la tierra.»

Y así fue. La tierra produjo vegetación: hierbas que dan semilla, por sus especies, y árboles que dan fruto con la semilla dentro, por sus especies; y vio Dios que estaba bien. Y atardeció y amaneció: día tercero.

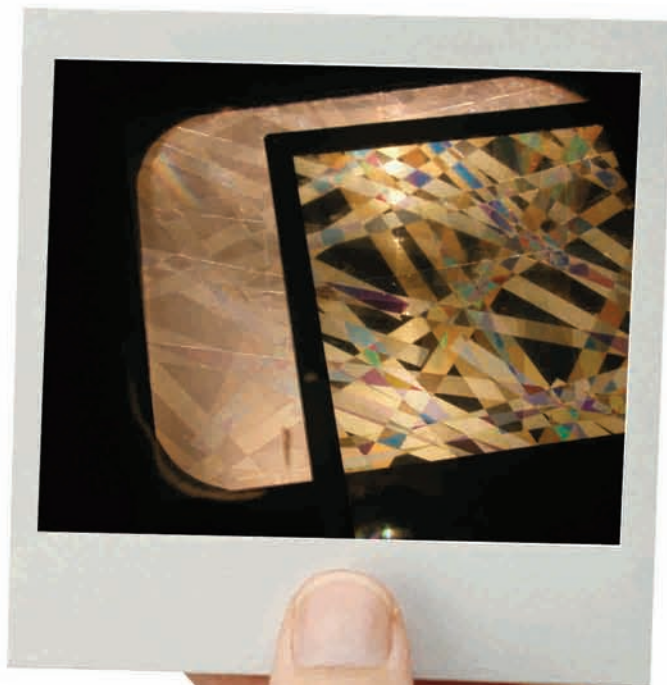
Dijo Dios:

«Haya luceros en el firmamento celeste, para apartar el día de la noche, y valgan de señales para solemnidades. días y años; y valgan de luceros en el firmamento celeste para alumbrar sobre la tierra.» Y así fue. Hizo Dios los dos luceros mayores; el lucero grande para el dominio del día, y el lucero pequeño para el dominio de la noche, y las estrellas; y púsolos Dios en el firmamento celeste para alumbrar sobre la Tierra, y para dominar en el día y en la noche, y para apartar la luz de la oscuridad; y vio Dios que estaba bien. Y atardeció y amaneció: día cuarto.

Dijo Dios:

«Bullan las aguas de animales vivientes, y aves revoloteen sobre la Tierra en el firmamento celeste.»

Y creó Dios los grandes monstruos marinos y todo animal viviente, los que serpean, de los que bullen las aguas por sus especies, y todas las aves aladas por sus especies; y vio Dios que estaba bien; y bendíjolos Dios diciendo:



«Sed fecundos y multiplicaos, y henchid las aguas en los mares, y las aves crezcan en la Tierra.»

Y atardeció y amaneció: día quinto.

Dijo Dios:

«Produzca la tierra animales vivientes de cada especie: bestias, serpientes y alimañas terrestres de cada especie.»

Y así fue. Hizo Dios las alimañas terrestres de cada especie, y las bestias de cada especie, y toda sierpe del suelo de cada especie: y vio Dios que estaba bien.

Y dijo Dios:

«Hagamos al ser humano a nuestra imagen, como semejanza nuestra, y manden en los peces del mar y en las aves de los cielos, y en las bestias

y en todas las alimañas terrestres, y en todas las serpientes que serpean por la tierra.»

Creó, pues, Dios al ser humano a imagen suya, a imagen de Dios le creó, macho y hembra los creó. Y bendíjolos Dios, y díjoles Dios:

«Sed fecundos y multiplicaos y henchid, la tierra y sometedla; mandad en los peces del mar y en las aves de los cielos y en todo animal que serpea sobre la tierra.»

Dijo Dios:

«Ved que os he dado toda hierba de semilla que existe sobre la faz de toda la tierra, así como todo árbol que lleva fruto de semilla; para vosotros será de alimento. Y a todo animal terrestre, y a toda ave de los cielos

y a toda sierpe de sobre la tierra, animada de vida, toda la hierba verde les doy de alimento.»

Y así fue. Vio Dios cuanto había hecho, y todo estaba muy bien. Y atardeció y amaneció: día sexto.

Concluyéronse, pues, los cielos y la tierra y todo su aparato, y dio por concluida Dios en el séptimo día la labor que había hecho, y cesó en el día séptimo de toda la labor que hiciera. Y bendijo Dios el día séptimo y lo santificó; porque en él cesó Dios de toda la obra creadora que Dios había hecho. Esos fueron los orígenes de los cielos y la Tierra, cuando fueron creados.

La luz blanca contiene todos los colores, como bien podrás comprobar en el módulo de entrada al Museo.

Los colores que vemos a nuestro alrededor no son entes aislados: todos ellos son fruto de la combinación de los tres colores básicos. Existe un gran número de colores. Los ordenadores, por ejemplo, distinguen 16,7 millones de colores diferentes. Los televisores conforman el espectro total de colores combinando los tres básicos en intensidades de color diferentes.

Los colores de las imágenes que imprime una impresora, por el contrario, son visibles debido a que la tinta absorbe los colores de la luz blanca.

En los módulos de este itinerario trataremos sobre estas ideas, los colores de la luz blanca.

► Recuerda

1. ¿Qué es la luz? ¿Cuál es su naturaleza? ¿Por qué normalmente es blanca? ¿Qué son los colores?
2. ¿En qué consisten la suma y la resta de colores?
3. ¿Qué son los colores básicos? ¿Cuáles son? ¿Y los colores secundarios?
4. ¿Qué es la dispersión de la luz blanca? ¿Por qué se produce?

• Módulo: Paisajes de colores.



En el Museo podrás ver...

En este módulo *-Paisajes de colores-* del Jardín de los elementos hay un prisma giratorio de cristal.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- 1 ¿Qué verás cuando la luz del sol atraviese el prisma?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?



- 1 Coloca el prisma mirando hacia el Sol. Gíralo un poco y observa qué aparece en el suelo.
- 2 Colócate de cara al Sol, agáchate y mira a través del prisma el paisaje de atrás (los árboles, el cielo, la casita...) ¿Qué ves?

Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

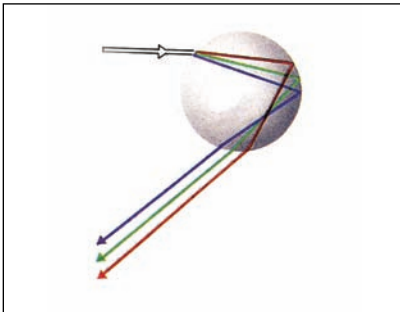
- 1 ¿Por qué aparecen colores tras atravesar la luz el prisma? ¿Qué le ha ocurrido a la luz en el interior del prisma?
- 2 Al observar el paisaje a través del prisma, has visto la pared blanca de la casita dispersada en colores. Sin embargo, has visto de color negro la pared negra. Idéntico fenómeno se ha producido al observar las hojas de los árboles y el trozo de cielo comprendido entre ellas. ¿Por qué?

En este módulo *-Paisajes de colores-* has comprobado que la luz blanca se dispersa en colores al atravesar el prisma. Este mismo fenómeno se produce al atravesar los rayos solares las gotas de lluvia (en este caso, se forma el arcoiris). Veamos cómo sucede.



El arcoiris: las gotas de lluvia descomponen la luz.

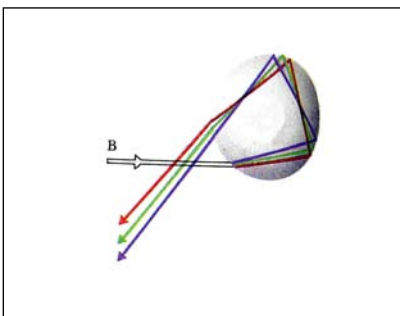
Los rayos solares cambian de velocidad y se refractan (se desvían) al penetrar en las gotas de lluvia, es decir, al cambiar de medio. Al igual que en el módulo del Museo, no todos los colores se desvían de la misma manera en el agua: el de mayor longitud de onda -el rojo- es el que menos se desvía; el de menor longitud de onda -el morado-, el que más. Pero en lugar de salir del agua una vez refractados, los rayos de luz se reflejan en la parte trasera de la gota y salen hacia atrás -con distinto ángulo-, originando el hermoso arco de colores que todos hemos visto en alguna ocasión. Por tanto, si quieres ver un arcoiris, el sol debe estar detrás de ti; la lluvia, por el contrario, delante. En la imagen puedes observar cómo se produce este fenómeno.



Pese a ser el morado el color que más se desvía, se sitúa en la parte interior del arcoiris, ya que procede de las gotas de la zona inferior; el rojo, por el contrario, se sitúa en la zona exterior, debido a que, pese a ser el color que menos se desvía, se refleja en las gotas de la zona superior.

En ocasiones, se puede ver un segundo arcoiris, formado tras la doble reflexión de la luz en las gotas de lluvia.

En el segundo arcoiris, el orden de los colores es inverso: el rojo, en el interior; el morado, en el exterior. ¿Por qué? Porque el color que más se ha desviado -el morado- tras reflejarse la luz dos veces en el interior de las gotas sale por debajo de éstas; el rojo en cambio por encima. Por consiguiente el morado procede de las gotas superiores (es decir, nuestro ojo lo percibe en la zona exterior del arco), mientras que el rojo procede de las inferiores (nuestro ojo lo percibe en la zona interior del arco).



La luz solar es blanca, es decir, llega a nosotros con las longitudes de onda correspondientes a todos los colores mezcladas. He ahí el motivo por el que se dispersa en colores al atravesar el prisma de este módulo o las gotas de lluvia.

El cielo, sin embargo, lo vemos de color azul. ¿Por qué? La lectura del siguiente texto nos dará la respuesta.

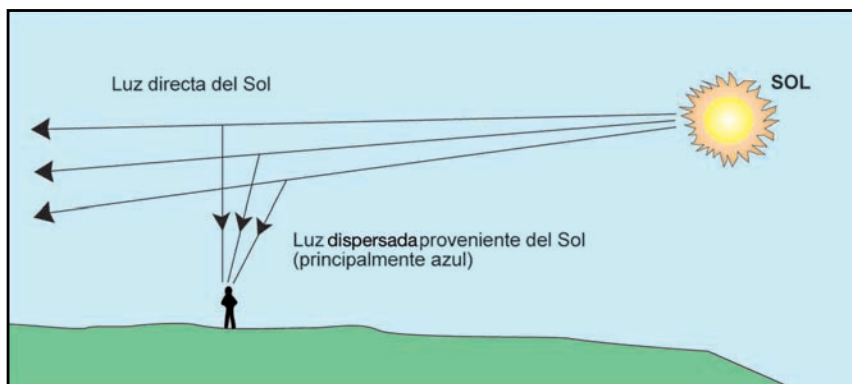
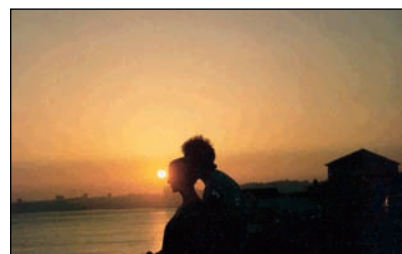


¿Por qué vemos el cielo de color azul?

Las partículas de polvo y las moléculas de gas presentes en la atmósfera también dispersan la luz blanca procedente del Sol, pero no lo hacen mediante la refracción, sino mediante la difracción. El color de la luz que más se desvía es el azul; éste es precisamente el que perciben generalmente nuestros ojos cuando miramos al cielo de día. Por eso vemos el cielo de color azul.

Al atardecer, en cambio, la luz solar efectúa un recorrido más largo que durante el día (cuando nos llega directamente por encima) a través de la atmósfera hasta llegar a nosotros. Debido a eso, la luz se dispersa más que de día, por lo que vemos el cielo -y el Sol- del color que menos se dispersa: el rojo.

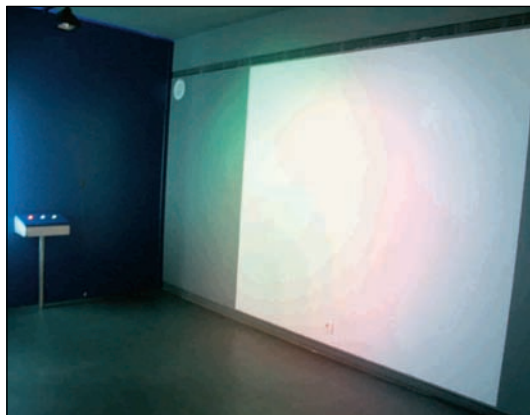
Por otra parte, el largo trayecto que debe realizar la luz para atravesar la atmósfera también provoca la refracción de aquélla. Por eso se ve el Sol de tamaño más grande cuando está a punto de ocultarse (o la Luna, cuando acaba de salir).



Las partículas de polvo y las moléculas de gas atmosféricas dispersan la luz solar mediante la difracción. El color de la luz que más se desvía es el azul y por eso vemos el cielo de este color.

- ③ El Sol se ve de color rojizo al atardecer; de día, por el contrario de color amarillo pero no blanco, ¿por qué?
- ④ ¿También al amanecer el cielo y el Sol muestran un tono rojizo. ¿Por qué?

• Módulo: Sombras de colores.



En el Museo podrás ver...

En el módulo *-Sombras de colores-* hay tres focos; cada uno de ellos emite una luz correspondiente a uno de los tres colores básicos. Podrás encender y apagar dichos focos para combinar colores en la pared blanca situada frente a aquellos.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- 1 ¿De qué color se verá la pared estando encendidos los tres focos correspondientes a los colores básicos?
- 2 Si se cubre uno de los tres focos, iluminando la pared con los otros dos ¿qué color se verá? ¿Y si se cubren dos?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

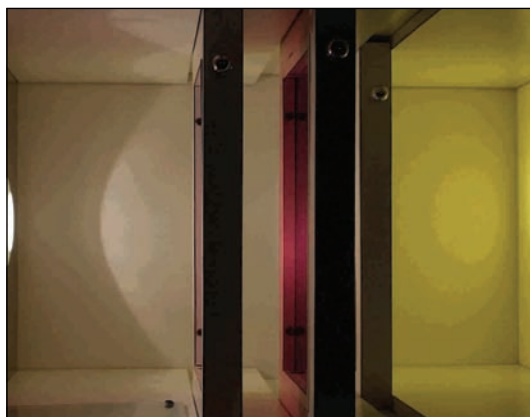
- 1 Observa el color de la pared al iluminarla con los tres focos.
- 2 Para cubrir uno de los focos, basta con colocar a un compañero *-de pie-* entre aquellos y la pared. Una vez colocado, aparecen tres sombras en la pared: cada una de ellas se forma cubriendo uno de los focos y combinando las dos luces restantes. Confirma o desmiente las hipótesis planteadas antes de venir al Museo.

Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- 1 ¿Por qué ha cambiado el color de la pared cuando se han cambiado los focos que la iluminaban (porque habéis producido sombra al cubrir con el cuerpo)?
- 2 ¿Podemos afirmar que un objeto es de determinado color (azul, por ejemplo)?

• **Módulo: Resta de colores.**



En el Museo podrás ver...

En este módulo *-Resta de colores-* podrás colocar filtros de diversos colores (magenta, cian y amarillo) a la luz blanca, moviendo las láminas situadas en el interior de un cajón. Podrás, asimismo, ver el color que adquiere la luz blanca en la pared “blanca” del otro lado tras pasar por los filtros. Decimos blanca, porque la citada pared refleja toda la luz que recibe y se ve de dicho color: si es blanca, blanca; si es de otro color, de ese otro color.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

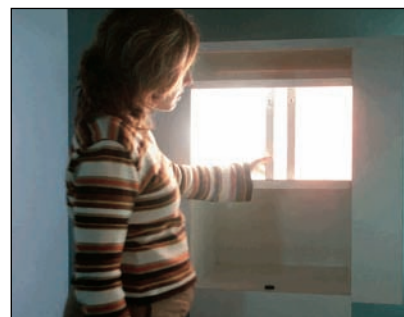
- ❶ Si se coloca solamente un filtro ante la luz blanca ¿qué color absorberá y qué color se verá al otro lado?
- ❷ ¿Y si se colocan dos filtros? ¿Y si se colocan intercalando los tres?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- ❶ Coloca uno de los filtros ante la luz y observa de qué color es la luz que ha pasado al otro lado.

Haz lo mismo con dos y con tres filtros.
¿Se han cumplido tus hipótesis?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

En el módulo anterior se te ha preguntado si se puede afirmar que los objetos tienen un determinado color. El color de un objeto depende (además de la naturaleza del mismo) de la luz que lo ilumina.

- ❶ Cita un ejemplo de este fenómeno relacionado con la vida cotidiana.

5 Otras características de la luz.

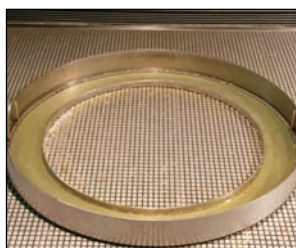
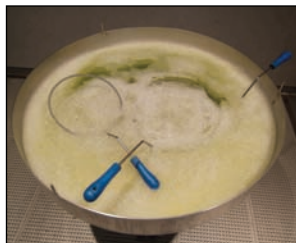
En los módulos de la sala *Juegos de luz*, hemos estudiado las características básicas de ésta: la reflexión, los cambios de medio, los colores... Estudiaremos, por último, otras características de la luz, estrechamente relacionadas con su naturaleza ondulatoria. Dichas características no son tan sencillas de explicar como las anteriores, por lo que no podremos analizarlas en profundidad. Pero, puesto que algunos usos basados en dichas características son realmente espectaculares, no hemos querido perder la oportunidad de mostrarlos.



► Recuerda

1. ¿Qué son las interferencia entre ondas?
2. ¿En que dirección vibran, normalmente, los cuerpos eléctricos y magnéticos que forman la luz?
3. ¿Qué es la polarización de la luz? ¿Qué tipo de ondas se polarizan?

• Módulo: Burbujas de colores.



En el Museo podrás ver...

En este módulo *-Burbujas de colores-* tendrás ocasión de hacer pompas de jabón. Dichas pompas son, evidentemente, mayores que las que hacías de niño para jugar. Tendrás ocasión, asimismo, de entrar en una de esas pompas. Dispondrás para ello de un gran aro -de tamaño suficiente para que quepas en él- sumergido en agua jabonosa, además de otros tres aros para hacer burbujas de distintos tamaños.

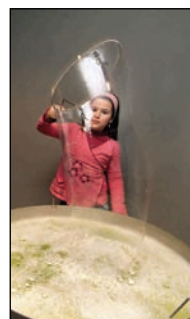
Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Entra en el círculo y coge el aro grande sumergido en agua jabonosa; levanta con cuidado el aro, hasta formar a tu alrededor una fina película de jabón.

Por otra parte, coge el aro pequeño por el asa e introdúcelo en el agua jabonosa. Cuando veas el aro cubierto por una película de jabón, muévelo hacia arriba y hacia abajo con mucho cuidado, hasta que la citada película se llene de aire y se forme una burbuja.

❶ ¿Observas algún color en la película de jabón o en las burbujas?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

❶ ¿Cómo se producen los colores que has visto en las burbujas de jabón? ¿Son producto de la dispersión de la luz?

• Módulo: Hologramas.



En el Museo podrás ver...

En este módulo *-Hologramas-* encontrarás -tal como su nombre indica- hologramas. La definición de holograma sería la siguiente: son “fotografías” en tres dimensiones que produce imágenes con tres lados (izquierdo, derecho y frontal), “suspendidas” en el aire. Realmente espectacular.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

Ponte ante el holograma y obsérvalo. Muévete alrededor; observándolo desde todos los lados.

❶ ¿Te has dado cuenta de que la imagen que estás viendo es de tres dimensiones, y se ha obtenido iluminando una placa de dos dimensiones?

❷ Si se mira el holograma desde distintos ángulos, ¿se ven distintas perspectivas de la imagen?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

En el Museo has tenido la oportunidad de observar un holograma. En el siguiente texto encontrarás más información sobre este tema.



Hologramas: la tercera dimensión de la imágenes planas.

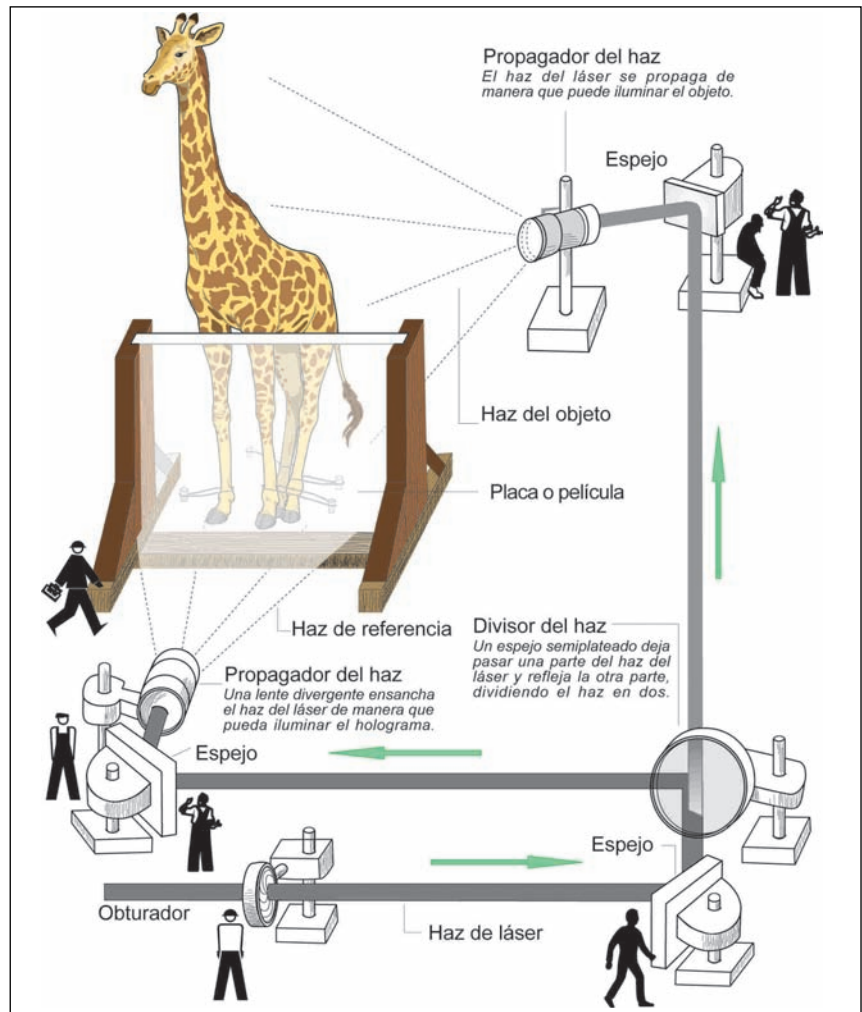
¿En qué se parecen las tarjetas de crédito y las etiquetas de la ropa cara? En que tanto unas como otras tienen hologramas, es decir, imágenes en tres dimensiones impresas en superficies planas. Dichas imágenes se utilizan como medida de seguridad, ya que son prácticamente infalsificables.

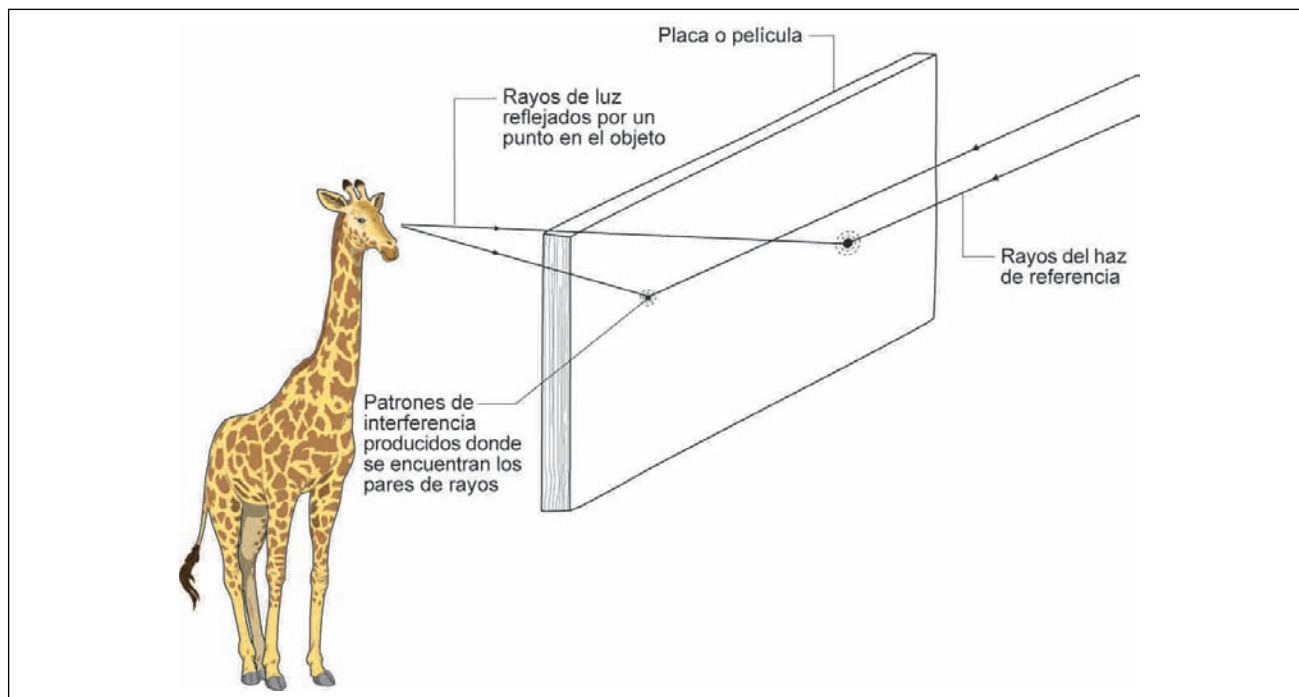
Los hologramas se utilizan, asimismo, para analizar la estructura de diversos materiales -las llantas de las ruedas de los aviones, por ejemplo-. Los técnicos "dibujan" un holograma de la nueva llanta; a continuación, cuando el avión ha de ser sometido a revisión técnica realizan otro holograma. Al superponer ambos hologramas, se hacen visibles las fisuras, por pequeñas que éstas sean. Este sistema permite saber si una llanta debe ser cambiada o no.

El científico británico (húngaro de nacimiento) Dennis Gabor fijó en 1947 las bases teóricas de los hologramas. El nombre, como viene siendo habitual en el mundo científico, procede del griego: holos (completo) y gramma (trazado). Los principios del holograma no se materializaron, sin embargo, hasta la década de los 60. Fue en 1960 cuando se inventó el láser, cuya luz intensa y coherente permitió a los estadounidenses Emmer Leith y Juris Upatnieks "construir" los primeros hologramas (parecidos a los que has visto en el Museo) en 1961.

Los objetos (la mano, por ejemplo) son percibidos por nuestros ojos en tres dimensiones, debido a que los rayos de luz se reflejan en toda su superficie. La interacción entre los rayos de luz y el objeto (la reflexión de las ondas, la refracción, las interferencias...) dota a éste de luz, sombra y profundidad. Las cámaras fotográficas no pueden asimilar dicha información en su totalidad: únicamente perciben la luz y la sombra. De ahí que las fotografías sean en dos dimensiones. La holografía, en cambio, capta también la profundidad de la imagen, gracias a lo cual los hologramas se ven en tres dimensiones.

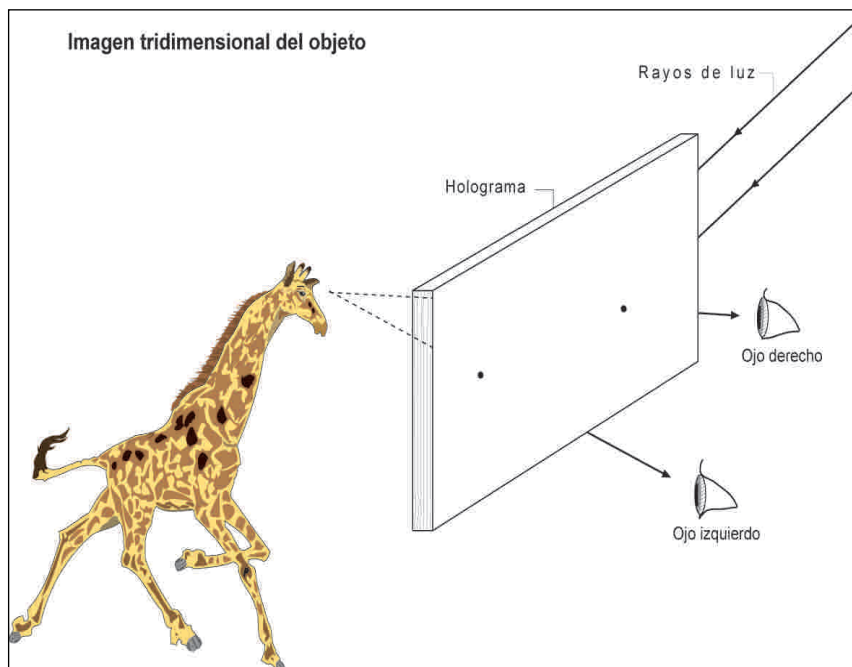
Como señalábamos antes, para hacer hologramas se precisa el láser. El haz de luz que crea dicho rayo es dividido en dos partes por un espejo semitransparente, tal como nos muestra la imagen. Una parte ilumina el objeto; la otra se dirige a la película o placa fotográfica próxima al objeto. Así pues, el haz de luz procedente del láser (se denomina "haz de referencia") y el haz reflejado en la placa fotográfica tras iluminar el objeto confluyen en dicha placa, tal y como puede observarse en la imagen.





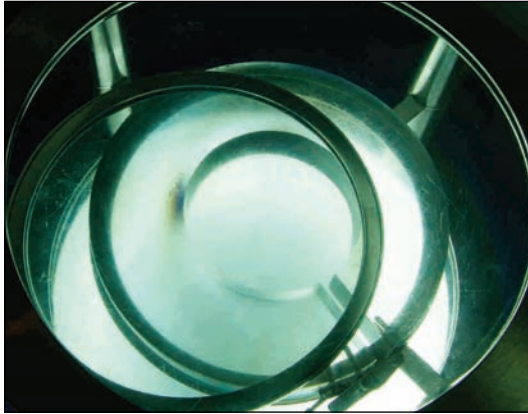
El holograma es el patrón de interferencia creado por ambos haces sobre la placa. Tras revelar ésta, nos ofrece imágenes en tres dimensiones. He aquí la explicación del proceso.

La interferencia producida por las ondas puede ser constructiva o destructiva. El resultado de la interferencia entre el haz de referencia y el haz de luz reflejado en el objeto queda registrado en cada punto de la placa (en el compuesto de plata de la emulsión fotográfica, para ser precisos) Pero, al contrario que en las fotografías convencionales, las perspectivas de cada punto del objeto quedan registradas en diversos puntos de la placa.



A continuación, al iluminarse la placa y reflejarse ahí la luz, ésta llega a nuestros ojos. Pero cada ojo mira a un punto distinto del holograma, por lo que perciben diferentes imágenes del objeto. El cerebro procesa dichas imágenes y forma una de tres dimensiones. Si se mira a la placa desde otro lugar, la información que recibe nuestro cerebro es diferente, por lo que cambia la perspectiva del objeto que observamos.

• Módulo: Magia con la luz.



En el Museo podrás ver...

Utilizaremos el presente módulo -Magia con la luz- para estudiar la polarización. Encontrarás en él una fuente de luz y dos filtros polarizadores.

Antes de la visita

¿Qué ocurrirá?

- 1 ¿Qué efecto provoca la colocación de un filtro polarizador sobre la fuente de luz? ¿Podrá verse algo desde el otro lado?
- 2 Y si se coloca el segundo filtro sobre el primero ¿Cambiará en algo la situación?

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- 1 Observa la luz tras atravesar ésta el filtro polarizador; ¿Notas alguna diferencia?
- 2 Pon el segundo filtro sobre el primero. Gíralo, dándole completamente la vuelta. ¿Se han cumplido las hipótesis que habías planteado antes de venir al Museo?



• Módulo: Luz rota.



En el Museo podrás ver...

He aquí lo que encontrarás en el módulo -Luz rota-: una fuente de luz, un filtro polarizador (fijo) sobre dicha fuente, dos láminas de celofán (para colocar sobre el citado filtro) y un filtro polarizador móvil.

Durante la visita (en el Museo)

¿Qué ha ocurrido?

- 1 Pon una lámina de celofán sobre el filtro polarizador. ¿Qué ves? Quita esa lámina y pon la otra ¿Ha habido algún cambio?
- 2 A continuación, pon el filtro polarizador móvil sobre la lámina de celofán. ¿Qué cambios ha habido? Gira el polarizador. ¿Qué ha cambiado?



Después de la visita (de nuevo en clase)

¿Por qué ha ocurrido?

- 1 ¿Cómo ha salido la luz después de atravesar el filtro polarizador fijo?
La lámina de celofán tiene la siguiente propiedad: cambia la dirección de polarización de la luz que la atraviesa. Pero no lo hace de manera uniforme: las diferentes longitudes de onda, los diferentes colores, salen de la lámina con diferentes direcciones de polarización.
- 2 Entonces, ¿por qué era visible la luz blanca tras atravesar la lámina de celofán?
- 3 ¿Por qué han aparecido zonas coloreadas cuando has colocado el segundo polarizador sobre la lámina de celofán?





ZIENTZIAREN KUTXAGUNEA
KUTXAESPACIO DE LA CIENCIA