

Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica

Colección: Aulas de Verano
Serie: **Ciencias**



Colección: Aulas de Verano
Serie: Ciencias



MINISTERIO DE EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE ESTADO DE EDUCACIÓN
Y FORMACIÓN PROFESIONAL
Instituto de Formación del Profesorado,
Investigación e Innovación Educativa (IFIIIE)

Edita:
© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
Subdirección General de Documentación y
Publicaciones

Catálogo de publicaciones del Ministerio:
educacion.gob.es
Catálogo general de publicaciones oficiales:
publicacionesoficiales.boe.es

Fecha de edición: 2011
NIPO 820-11-507-2
ISBN 978-84-369-5215-5
Depósito Legal: M-49828-2011
Imprime: OMAGRAF S.L.

Dirección editorial de la obra *Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica*: MARÍA DEL PILAR JIMÉNEZ ALEIXANDRE

Coordinación: LUIS FERNÁNDEZ LÓPEZ

Autores:

David BRUSI BELMONTE

Profesor titular. Especialidad: Geodinámica externa. Universidad de Girona.

Ramón CID MANZANO

Catedrático de educación secundaria. Especialidad: Física y Química. IES de Sar, Santiago de Compostela (A Coruña).

Luis FERNÁNDEZ LÓPEZ

Profesor de educación secundaria. Especialidad: Biología y Geología. IES Carlos Casares, Viana do Bolo (Ourense).

Juan Ramón GALLÁSTEGUI OTERO

Catedrático de educación secundaria. Especialidad: Física y Química. IES As Barxas, Moaña (Pontevedra).

María Pilar JIMÉNEZ ALEIXANDRE

Catedrática de universidad. Especialidad: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago de Compostela.

Conxita MÁRQUEZ BARGALLÓ

Profesora titular. Especialidad: Didáctica de las Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona.

Begoña OLIVERAS PRAT

Profesora de educación secundaria. Especialidad: Física y Química. IES Menéndez y Pelayo, Barcelona

José Luis OLMO RÍQUEZ

Profesor de educación secundaria. Especialidad: Biología y Geología. IES Guadiana, Villarubia de los ojos (Ciudad Real)

David SABIN JEREZ

Profesor de Educación secundaria. Especialidad: Biología y Geología. IES Lazarillo de Tormes, Escalona (Toledo)

Neus SANMARTÍ PUIG

Catedrática emérita. Especialidad: Didáctica de las Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona

Jordi SOLBES MATARREDONA

Profesor Titular. Especialidad: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia

Nuria SOLSONA I PAIRÓ

Departamento de Educación. Generalitat de Catalunya

Índice

Presentación

Argumentar y usar pruebas en clase de ciencias

María Pilar Jiménez Aleixandre

Los proyectos de investigación del alumnado y las competencias básicas y científicas

Luís Fernández López

¿Cómo promover el desarrollo de la competencia científica?

Conxita Márquez Bargalló

Leer críticamente las ideas y pruebas que aportan los artículos periodísticos

Neus Sanmartí Puig y Begoña Oliveras

La indagación en el laboratorio

Juan Ramón Gallástegui Otero

Indagación sobre la visión

Jordi Solbes Matarredonda

Una educación química que promueva el interés de chicas y chicos

Nuria Solsona i Pairó

La física contemporánea y los experimentos del CERN en la ESO

Ramón Cid Manzano

Volcanes de película: el uso didáctico del cine en la enseñanza de la geología

David Brusi Belmonte

MATERIAL COMPLEMENTARIO

El nacimiento de un blog "serendípico"

David Sabín Jerez y José Luís Olmo Ríquez

Ediciones del Instituto de Formación del Profesorado, Investigación e Innovación Educativa

Indagación sobre la visión

Jordi Solbes Matarredona

Índice

- 1. Primeras ideas acerca de la visión**
 - 2. Refracción de la luz. lentes**
 - 3. Reflexión de la luz. espejos**
- Referencias bibliográficas**

La óptica es una de las ciencias más antiguas y a lo largo de toda la historia de la ciencia se ha prestado una particular atención a los problemas relacionados con la luz y la visión. Esto es debido al hecho de que más del 70% de toda la información que recibimos del exterior proviene de la vista. De ahí, también, que ya en la edad media se fabricasen las primeras lentes para corregir defectos del ojo. Y en la actualidad continua manteniendo su pujanza gracias al láser y sus múltiples aplicaciones y a la fibra óptica y su papel en las TIC (tecnologías de la información y la comunicación).

De acuerdo con la introducción estudiaremos la luz y la visión, por lo que desarrollaremos el tema según el siguiente índice:

1. Primeras ideas acerca de la visión
2. Refracción de la luz. Lentes
3. Reflexión de la luz. Espejos

Comentarios para el profesor. Este tema tiene una gran importancia, y por ello ha sido objeto de estudio desde la antigüedad. Además tiene múltiples aplicaciones técnicas e implicaciones sociales (relaciones CTS) en astronomía (telescopios), en biología (microscopios), en medicina (lentes correctoras, cirugía láser, sondes con fibras ópticas), en TIC (transmisión de información con fibras ópticas), en las múltiples aplicaciones del láser (bélicas, industriales, artísticas, holografía, etc.). Y tiene gran impacto en la vida cotidiana: objetos de uso corriente como cámaras fotográficas o de vídeo, discos compactos, etc., explicación de fenómenos naturales, la visión, etc.

Pese a su importancia, solo se estudia en la secundaria en dos cursos:

En las Ciencias de la naturaleza de 2º de ESO (BOE, 2007/01/05) en el bloque 3, *Transferencia de energía*, donde aparece el apartado *Luz y sonido* en el que se introduce:

- Luz y visión: los objetos como fuentes secundarias de luz.
- Propagación rectilínea de la luz en todas direcciones. Reconocimiento de situaciones y realización de experiencias sencillas para ponerla de manifiesto. Sombras y eclipses.
- Estudio cualitativo de la reflexión y de la refracción. Utilización de espejos y lentes. Descomposición de la luz: interpretación de los colores.

En la Física de 2º de Bachillerato (BOE, 2007/11/06), en el bloque 4, *Óptica*, se introduce:

- Controversia histórica sobre la naturaleza de la luz: modelos corpuscular y ondulatorio. Dependencia de la velocidad de la luz con el medio. Algunos fenómenos producidos con el cambio de medio: reflexión, refracción, absorción y dispersión.

- Óptica geométrica: comprensión de la visión y formación de imágenes en espejos y lentes delgadas. Pequeñas experiencias con las mismas. Construcción de algún instrumento óptico.
- Estudio cualitativo del espectro visible y de los fenómenos de difracción, interferencias y dispersión. Aplicaciones médicas y tecnológicas.

Además, en el bloque 5, *Interacción electromagnética*, tenemos: Aproximación histórica a la síntesis electromagnética de Maxwell.

Y en el 6, *Introducción a la Física moderna*: El efecto fotoeléctrico y los espectros discontinuos: insuficiencia de la Física clásica para explicarlos.

Aquí realizaremos una propuesta para 2º de ESO que tenga en cuenta las aportaciones de la investigación en didáctica de las ciencias (Perales y Nievas, 1989; Solbes y Zacarés, 1993; Perales, 1994; Osuna *et ál.*, 2007) que ponen de manifiesto que la enseñanza habitual de la óptica no tiene en cuenta las preconcepciones de los y las estudiantes.

Por otra parte, como este campo ha sido objeto de estudio desde la antigüedad, existen múltiples modelos explicativos. Entre ellos se pueden mencionar los siguientes: los rayos de luz de griegos y árabes; la luz como vibraciones en un medio, de Huygens y Hooke; la luz como corpúsculos, de Descartes y Newton; la luz como ondas periódicas y transversales de Young y Fresnel; la luz como ondas electromagnéticas de Maxwell y Hertz; la luz como fotones de Einstein, Compton y Bohr. Según los estándares de la National Science Education (National Research Council, 1996)

Los modelos son esquemas o estructuras provisionales que se corresponden con objetos reales, situaciones, o tipo de situaciones, con un poder explicador. Los modelos ayudan a los científicos e ingenieros a entender cómo funcionan las cosas.

La dificultad es que los estudiantes piensan que los modelos son una descripción real y correcta, ignorando que todo modelo tiene sus limitaciones y que solo es útil si se es consciente de ellas (Solbes *et ál.*, 2010). Además, su uso permite familiarizar a los alumnos con los procedimientos de trabajo de los científicos, que elaboran modelos para explicar los problemas hasta que surgen dificultades que obligan a cambiarlos.

Además, cabe señalar que la enseñanza usual de la óptica no favorece los procesos de indagación y argumentación, al no pedir que se prueben los enunciados (Jiménez-Aleixandre, 2010), como se evidencia en la escasa utilización de las cajas de óptica de los IES, en cuyo interior se encuentran dispositivos sencillos de manejo fácil y cotidiano (espejos, lentes, prismas, etc.) que permitirían comprobar los diversos enunciados presentados en la óptica.

Por ello, las actividades que a continuación se presentan, basadas en Solbes y Tarín (1996), Hewitt (2004) y Pérez y Falcón (2009), procuran tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes, comprobar los enunciados mediante experiencias sencillas, mostrar las relaciones CTS y elaborar un modelo, el de rayo de luz. En cuanto al orden, la enseñanza usual empieza por la ley de reflexión, que se descubrió mucho antes por su sencillez matemática, pero como en 2º de ESO no se puede enunciar la ley de refracción (solo mostrar que los rayos se doblan al cambiar de medio), se propone en estos materiales empezar por la refracción y las lentes, que nos facilitan la comprensión de la visión, si previamente se ha introducido la cámara oscura.

Por otra parte, como estas actividades cualitativas se realizan muy pocas veces en 2º de ESO, continúan siendo novedosas e interesantes para los alumnos de 2º de Bachillerato, y es muy conveniente realizarlas para

evitar la tendencia usual de este curso de dar más importancia a las expresiones matemáticas, porque no se puede enseñar física sin fórmulas... pero sí sin experimentación (Solbes, 2011).

1. PRIMERAS IDEAS ACERCA DE LA VISIÓN

En el estudio de cualquier fenómeno las observaciones más elementales se acompañan habitualmente de interpretaciones más o menos confusas, pero sin las cuales difícilmente se podría avanzar.

A.1. Exponer, a título de hipótesis, las ideas que se posean sobre la visión, es decir, sobre cómo se produce la luz y cómo se propaga desde los objetos hasta nuestros ojos.

Comentarios para el profesor. La actividad pretende poner de manifiesto si la educación primaria ha permitido superar las ideas infantiles sobre la percepción visual y alcanzar el esquema físico, es decir, la luz emitida por la fuente es reemitida por el objeto hacia nuestro ojo. Las ideas previas de los alumnos han sido puestas de manifiesto en diversos trabajos (Driver *et ál.*, 1999; Hierrezuelo y Montero, 1991) y las podemos resumir en:

- a) La luz ambiente no establece relaciones entre la fuente, el objeto y el ojo.
- b) La luz relaciona el objeto y la fuente, pero no el ojo.
- c) La luz ilumina el objeto, pero el ojo emite algo que permite ver el objeto.

Existe un cierto paralelismo entre estas ideas y las de los antiguos, pero su alcance es limitado: no hay una correspondencia exacta. Otras ideas sobre la luz son su identificación con las fuentes, no reconocer su carácter

material, etc. (Hierrezuelo y Montero 1991). Así mismo, Kaminski (1989) ha constatado que muchos alumnos piensan que la luz se ve, apoyándose en la experiencia de los rayos de luz en una habitación oscura, focos de vehículos, faros, etc. Pero, de hecho, esto es debido a la existencia de partículas difusoras (polvo, vapor de agua, etc.). Solo se ven las fuentes y los objetos difusores, pero la luz misma es invisible. Esto se puede mostrar fácilmente con un diodo láser (láser de bolsillo), cuyo haz no se ve, salvo cuando atraviesa el polvo de tiza producido al golpear el borrador contra la pizarra.

A.2. Todas las teorías sobre la luz sugieren una propagación rectilínea. Sugerir alguna forma de contrastar dicha predicción y realizarla.

A.3. La propagación rectilínea de la luz permite explicar la formación de sombras y penumbras así como los eclipses de Luna y Sol. Dibujar los correspondientes esquemas de rayos.

Comentarios para el profesor. La experiencia cotidiana suministra muchas ocasiones de constatar la propagación rectilínea: los haces de luz, las sombras y penumbras, etc. Los y las estudiantes sugieren en la actividad A.2 sencillos diseños como la cámara oscura, dos agujeros en pantallas separadas y alineadas, etc. Es muy conveniente representar los diseños y dibujar en ellos rayos en todas direcciones, para que no se limiten a dibujar los que se dirigen hasta el agujero o el ojo, olvidando que cada punto de la fuente (o el objeto iluminado) emite igualmente en todas direcciones.

A.4. ¿Cómo construirías una cámara oscura?

Comentarios para el profesor. Se puede construir con materiales cotidianos como tubos de cartón, papel vegetal y papel de aluminio. Se recortan discos de papel vegetal con un diámetro un poco menor que el del

tubo. Se hace un corte (con cutex) en la parte central del tubo, por el que se introduce el papel vegetal perpendicularmente al tubo, que actuará de pantalla. Un extremo del tubo se cubre con papel de aluminio, que se puede sujetar con una goma y en cuyo centro hacemos un orificio con un alfiler. Y ya tenemos la cámara oscura. Si se pone el papel vegetal (o de seda) en un extremo, como dicen Pérez y Falcón (2009), la cámara solo se puede utilizar en la oscuridad, condición difícil (y poco recomendable) de conseguir en un aula o laboratorio. Al situar el papel vegetal en la parte central del tubo, y si se cubre el corte con la mano, la pantalla queda en la oscuridad y permite visualizar el paisaje que vemos por las ventanas del aula o laboratorio. Cuando los alumnos lo utilizan ven, sorprendidos, el paisaje al revés. Por otra parte, esta cámara oscura permite variaciones en su diseño, con pantallas más cercanas o lejanas del orificio y orificios de diferente diámetro.

A.5. ¿Cómo se explica la formación de la imagen? ¿Qué características tiene?

Comentarios para el profesor. La explicación se ve facilitada con la representación de los rayos. No es suficiente que los y las estudiantes los vean en el libro o que los dibuje el profesor en la pizarra. Deben dibujarlos ellos mismos, ya que este es un conocimiento procedimental que se aprende haciéndolo, es decir, dibujando. Además, este caso es más fácil que las lentes y, por ello, conveniente para empezar. El esquema de rayos muestra como el orificio hace que de todos los rayos que emite un punto del objeto, solo lleguen a la pantalla los rayos que pasan por el agujero, dando lugar a una imagen invertida, menor que el objeto y real (puesto que se puede formar sobre una pantalla). Así se comprueba que la condición para que se forme la imagen es que *a cada punto de la pantalla solo debe llegar luz proveniente de un punto del objeto*. Por eso, la imagen es de poca intensidad. Si se quiere aumentar la intensidad aumentando el orificio, a la pantalla llegan pequeños círculos de luz provenientes de cada punto del objeto, que se superponen dando una imagen borrosa, tanto más borrosa cuando mayor sea el orificio.

A.6. Si colocamos una lámina de papel frente a un objeto luminoso (p. ej. una vela), ¿se formará la imagen del objeto en la lámina? ¿Por qué? Comprobarlo. ¿Cómo podría conseguirse?

Comentarios para el profesor. Algunos alumnos piensan que la luz transporta imágenes (Kaminski 1989) y que por ello se verá la vela. Precisamente no se forma la imagen de un objeto en una lámina que se coloca frente a él, porque a cada punto de la lámina está llegando simultáneamente luz proveniente de muchos puntos del objeto (además de la luz proveniente de otros objetos). Para que se forme la imagen, a cada punto de la lámina solo debe llegar luz proveniente de un punto del objeto. Esto se logra con una lente convergente o, como ya hemos visto, con una cámara oscura.

2. REFRACCIÓN DE LA LUZ. LENTES

A continuación se plantea qué sucede cuando la luz pasa de un medio transparente a otro distinto.

A.7. Explicar qué le sucede a un haz de luz al pasar del aire a un medio transparente más denso (p. ej. agua o vidrio). Comprobarlo.

Comentarios para el profesor. La actividad permite que los alumnos sugieran que la luz se desvía con un ángulo de refracción menor que el incidente al pasar a un medio más denso (y con un ángulo de refracción mayor al pasar a uno menos denso). Esto se puede comprobar fácilmente con un diodo láser y un trozo de metacrilato (que se puede encontrar en las cajas de óptica), que si se interpone en el haz del láser hace que este se desvíe. Con un transportador se podría, incluso, medir la relación entre el ángulo de incidencia y el

de refracción, aunque no es fácil, como no lo fue históricamente, encontrar la ley que los relaciona. Pensamos que es suficiente en 2º de ESO realizar el experimento, sin pretender obtener la ley de refracción dada la complejidad de la misma.

A.8. Explicar la curvatura aparente de los objetos parcialmente sumergidos en agua.

Comentarios para el profesor. Esto se puede observar fácilmente metiendo un lápiz en un vaso y mirando lo que sucede desde arriba, no lateralmente. Si se dibuja un rayo que salga del extremo sumergido del lápiz, por refracción se desvía con un ángulo mayor. Como para nuestro ojo los rayos vienen en línea recta, parecen venir desde un punto situado más arriba del punto del objeto, lo que permite explicar que el lápiz parezca doblarse o que las piernas de una persona de pie en una piscina parezcan más cortas. El profesor puede hacer que los y las estudiantes busquen información sobre cómo la refracción permite explicar otros fenómenos cotidianos: la formación de espejismos, el crepúsculo, la forma ovalada del Sol cuando está a punto de ponerse, etc.

Sin duda, el dispositivo óptico más importante basado en la refracción es la lente delgada, conocida ya en el siglo XIV. Las lentes delgadas suelen ser circulares y sus caras son porciones de esfera (o de plano). Esto da origen a las lentes biconvexas, planoconvexas, bicóncavas, planocóncavas y meniscos convergentes y divergentes. Son estos últimos los que se utilizan en las gafas.

A.9. Predecir, aplicando la idea de refracción, qué sucede con los rayos paralelos incidentes sobre lentes biconvexas y bicóncavas. Comprobarlo. Mostrar la existencia de un foco a cada lado de la lente biconvexa y dar una estimación de la distancia focal.

Comentarios para el profesor. En la actividad se puede predecir, mediante las ideas sobre la refracción de los rayos, que la lente biconvexa hace que los rayos paralelos converjan en un punto, denominado foco, y la bicóncava que diverjan, de ahí los nombres de lente convergente y divergente que se les asigna. Si se dibujan los rayos, los que divergen lo hacen a partir del foco situado detrás de la pantalla. Para comprobarlo se pueden realizar diferentes experiencias. La más conocida, una experiencia que casi todo el alumnado ha realizado, quemar papel con una lente convergente (los rayos del Sol, paralelos, convergen en el foco). Con una lente divergente es imposible, puesto que los rayos divergen. En las cajas de óptica encontramos usualmente lentes convergentes de 5, 10 y 20 dioptrías (y divergentes de -5, -10 y -20 D) y se puede comprobar en las convergentes, mediante una simple regla, que a más potencia P menor distancia focal f , es decir, que la distancia focal es el inverso de la potencia ($f=1/P$), en consecuencia, los rayos convergen a 0,2 m, 0,1 m y 0,05 m, respectivamente. En las cajas de óptica también se encuentran secciones de lentes de metacrilato. Si enviamos sobre las mismas 2 rayos láser paralelos entre sí y al eje óptico, apoyando los diodos láser y la sección de lente en la pizarra, podemos ver la convergencia y divergencia de los rayos.

A.10. Localizar la imagen de un objeto luminoso a través de una lente delgada convergente mediante una pantalla. ¿Qué sucedería si quitásemos la lente? ¿Y si cubriésemos con un cartón media lente? Comprobarlo. Ídem con una divergente.

Comentarios para el profesor. Las actividades propuestas permiten comprobar si se ha comprendido el mecanismo de visión, de formación de imágenes. Para que aparezca la imagen es necesario que el foco esté a una distancia un poco superior a la focal. Podemos pedirles que enfoquen los tubos fluorescentes del techo sobre la mesa o, más espectacular aún, el paisaje de la ventana sobre la pared. Comprueban que a la distancia focal se forma una imagen real, menor e invertida. A distancias mayores o menores que la distancia focal, la imagen es borrosa. Si la distancia del objeto es mucho mayor, como en el caso del Sol, la imagen es un punto,

el foco. Si los alumnos no han comprendido la producción de imágenes, pensarán que al quitar la lente la imagen no desaparece, solo se endereza, porque para ellos la lente no hace más que invertir o deformar la imagen. Igualmente los alumnos creen que desaparece media imagen, cuando en realidad solo disminuye la intensidad de esta.

Para dibujar la formación de esta imagen basta con dos rayos provenientes del extremo del objeto: uno paralelo al eje que pasa por la focal y otro que pasa por el centro de la lente que no se desvía. Su intersección nos da el extremo de la imagen. Es conveniente dibujar más rayos provenientes del extremo del objeto de los estrictamente necesarios, para que vean que todos los que atraviesan la lente convergen en el punto imagen. Por eso se sigue formando imagen, cuando se tapa la mitad de la lente, y esta es más nítida que en la cámara oscura, donde solo llega "un" rayo.

A.11. Comprobar qué sucede con la imagen de un objeto (p. ej. esta hoja de papel) utilizando ambos tipos de lente. Construir el esquema de rayos que lo justifique.

Comentarios para el profesor. En la actividad se trata de que el alumnado, como en la actividad anterior, manipule las lentes y compruebe que la lente divergente proporciona siempre una imagen derecha, menor y virtual (no aparece en una pantalla, como hemos visto en la actividad anterior, y solo existe para el ojo, que percibe la imagen en el lugar donde convergen las prolongaciones de los rayos, detrás de la lente). En cambio, en la convergente la imagen depende de la distancia del objeto al foco. Cuando el objeto está entre el foco y la lente la imagen es mayor, derecha y virtual (actúa como lupa); si alejamos la lente del papel la imagen desaparece (justo cuando el papel coincide con el foco), para volver a reaparecer invertida, real y mayor primero y menor si seguimos alejándola. La explicación mediante esquemas de rayos es sencilla. Se puede realizar la observación y su explicación, pero también puede tener interés empezar por el esquema de rayos,

planteándolo como una predicción que luego podemos comprobar.

A.12. *¿Qué es, física y biológicamente hablando, un ojo humano?*

Comentarios para el profesor. Un ojo es una cámara oscura, con una pantalla fotosensible, mejorada con una lente convergente de potencia variable (el cristalino), como la cámara fotográfica. Darwin lo consideraba una estructura maravillosa. Los creacionistas cuestionan que la selección natural produzca órganos como el ojo y, sobre todo, cuestionan la evolución del ojo a partir de estructuras incipientes con apenas visión, que no serían útiles para la supervivencia. Pero como señala Dawkins (1988), es mejor un cinco por cien de visión que la ceguera total (¡qué se lo digan a personas que han ido perdiéndola por retinitis degenerativa pigmentaria!) y, en consecuencia, es posible una evolución mediante variaciones que pueden conectar el ojo humano actual con un estado evolutivo en el que no existía ojo. Se parte de células detectoras de luz en una superficie. Si se hunden en una oquedad mejora su protección y se confiere una dirección a la luz. Después cabe suponer que el orificio de entrada de la luz se reduce, lo que permite ver imágenes borrosas, como en una cámara oscura y no solo luz. La protección mejora si el orificio es cubierto por una membrana, y la visión si esta se transforma en lente convergente. Con cada una de estas variaciones aumentan las posibilidades de supervivencia del organismo. En cuanto a la perfección del diseño del ojo, lo cierto es que este es una buena prueba del *“bricolaje de la evolución”*, que trabaja a partir de lo que tiene a mano (Jacob, 1997). Así, en contra de cualquier diseño racional, en el ojo de los vertebrados las conexiones pasan por encima de los conos y bastones, hasta que se hunden en la *“mancha ciega”*.

Como el cristalino es convergente, la imagen que se forma en la retina es invertida y es el cerebro el que la transforma en derecha. Puede surgirnos la siguiente pregunta: si el ojo es una cámara oscura con una lente

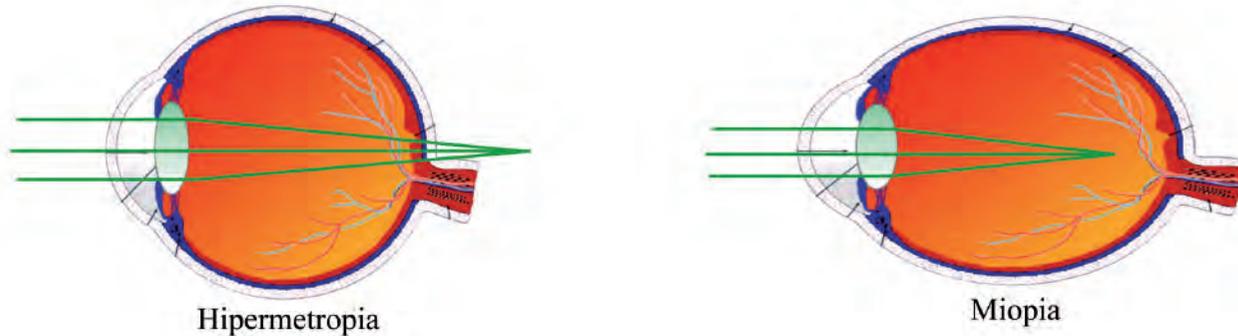
convergente, ¿por qué la imagen no es derecha? Implícitamente se está considerando que se tendrían que producir dos inversiones, primero la del orificio de la cámara oscura y después la de la lente.

En una primera aproximación, se puede considerar que la pupila y la lente están muy juntas y, por tanto, la pupila actúa de diafragma y solo se produce la inversión del cristalino. Pero indagando un poco más nos podemos preguntar qué pasaría con una cámara oscura con una lente que se moviera por el interior. Si fueran dos lentes está claro que la imagen de una sería el objeto de la otra, pero el orificio de la cámara oscura forma la imagen en cualquier lugar donde se ponga la pantalla (como vimos), por lo tanto la formaría en la superficie de la propia lente que, por tanto, no cambiaría la imagen del orificio.

De hecho, en optometría se enseña qué cuando llega una persona con problemas de visión al óptico, lo primero que se debe hacer es que el paciente mire por un orificio. Este es el que forma la imagen, ya que el cristalino no la cambia, como hemos visto. Por tanto, si el paciente ve mal, es un problema de la retina y hay que enviar el paciente al oftalmólogo. Pero si ve bien, el problema está en el cristalino (que ha sido “anulado” por el orificio distante) y el problema lo trata el óptico.

A.13. Enumerar algunos defectos del ojo, indicando el tipo de lente adecuado para corregirlo.

Comentarios para el profesor. En cuanto a los defectos indicados en la actividad conviene señalar el ojo miope, que enfoca los objetos lejanos delante de la retina y el hipermetrope, que enfoca los próximos detrás de la retina. En ambos casos, no hay una correspondencia punto a punto entre objeto e imagen y esta resulta borrosa. Pueden corregirse con lentes divergentes la miopía y con convergentes la hipermetropía. Así, las primeras, al separar los rayos previamente a la acción del cristalino, hacen que estos converjan justo en la retina. Lo contrario sucede con las convergentes.



A.14. Construir una lente con un vidrio de reloj o con otros materiales de vidrio.

Comentarios para el profesor. La actividad sirve para profundizar en algunas de las aplicaciones de la óptica, basadas en *La isla misteriosa* de J. Verne, en la que el ingeniero Ciro Smith fabrica una lente convergente uniendo dos vidrios de reloj y rellenándolos de agua, lo que le permite producir fuego, vital para la supervivencia de los naufragos en la isla. También se puede rellenar completamente de agua un tubo de ensayo y, taponándolo, se puede comprobar que actuará como una lente convergente gruesa.

3. REFLEXIÓN DE LA LUZ. ESPEJOS

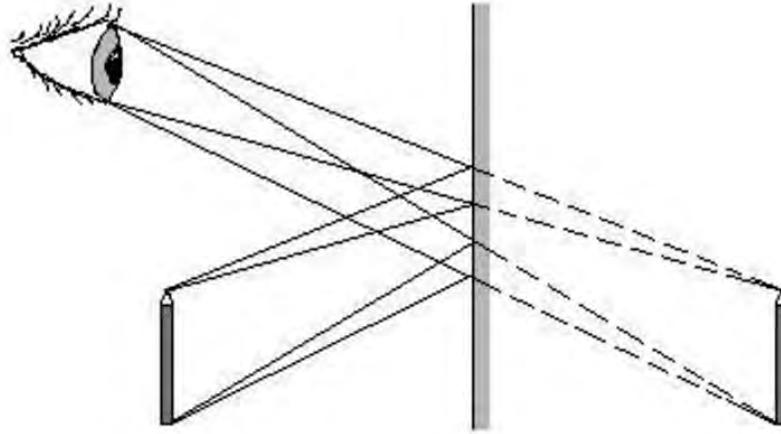
En este apartado estudiaremos una serie de fenómenos que se producen cuando la luz interacciona con la materia.

A.15. Explicar qué le sucede a un rayo de luz que incide sobre un espejo, exponiendo, a título de hipótesis, la relación existente entre el ángulo de incidencia y el de reflexión. ¿Cómo se puede comprobar?

Comentarios para el profesor. Los alumnos señalarán en la actividad que la luz “rebota”, se refleja, etc. Una experiencia bastante cotidiana de ello es la producción de reflejos de un espejo (“ratas”) sobre la pared. El diseño más simple que se propone en esta actividad debe incluir un transportador, para determinar cuantitativamente los ángulos. Para poder hacerlo a la luz del día es necesario interponer una lente convergente entre el foco y el espejo pero, si se hace en la penumbra, bastará con interponer una rendija o mejor utilizar un láser.

A.16. Explicar la formación de la imagen de un lápiz en un espejo plano, aplicando las leyes de reflexión.

Comentarios para el profesor. No ofrece excesiva dificultad a los alumnos en la actividad dibujar los rayos que salen del foco y rebotan en el espejo, de manera que el ángulo de incidencia y el de reflexión sean iguales. Sin embargo la formación de la imagen exige, como ya hemos visto, la correspondencia punto a punto entre el objeto y la imagen, es decir, los rayos procedentes de un punto del objeto deben converger en su correspondiente punto de la imagen. Sin embargo, como se puede apreciar en la figura adjunta, que también deben dibujar los alumnos, los rayos procedentes de un punto divergen después de reflejarse, por lo que hay que resaltar el papel del ojo como parte integrante del sistema óptico (especialmente cuando este produce imágenes virtuales), que hace que estos rayos divergentes se junten idealmente detrás del espejo.



A.17. *¿Qué diferencias hay entre la reflexión en espejos y la que nos permite que veamos objetos que no son luminosos?*

Comentarios para el profesor. La actividad plantea dificultades, porque los alumnos piensan que la luz solo se refleja en los espejos (Driver *et ál.*, 1989) y desconocen la reflexión difusa (en todas direcciones que se produce en la superficie de cualquier objeto no pulido). Para clarificar esto se puede plantear que los alumnos envíen el reflejo de un espejo ("rata") hacia otro espejo, hacia la pared o una mitad sobre el espejo y la otra sobre la pared.

A.18. Predecir, aplicando la ley de reflexión, qué sucede con los rayos incidentes sobre espejos cóncavos y convexos. Verificarlo –una cuchara pulida puede servir– y sugerir alguna aplicación práctica del espejo cóncavo.

Comentarios para el profesor. La aplicación de la ley de reflexión en la actividad conduce a la convergencia en un foco y a la divergencia de rayos, respectivamente, en ambas superficies. Se comprueba con facilidad haciendo incidir dos haces de luz láser sobre las secciones de espejo de las cajas de óptica, apoyados sobre la pizarra (si no se dispone de estas secciones, las dos caras de la cuchara). La convergencia de rayos en espejos cóncavos tiene muchas aplicaciones, desde pequeños hornos solares hasta grandes centrales solares térmicas (denominadas así para distinguirlas de las fotovoltaicas) o los grandes telescopios de reflexión o de Newton. También el efecto contrario de colocar una fuente en el foco de un espejo cóncavo, para que sus rayos salgan paralelos: faros, las luces largas de los coches, etc.

A.19. Comprobar qué sucede con las imágenes formadas en los espejos cóncavos y convexos. Construir el esquema de rayos que lo explique.

Comentarios para el profesor. En la actividad, si los alumnos se limitan a mirar sus rostros en ambas caras de la cuchara, en la cóncava se comprueba que la imagen está invertida, y en la convexa tenemos siempre una imagen derecha. Sin embargo, si en el cóncavo tomamos un objeto más pequeño (por ejemplo, un lápiz), la imagen invertida desaparece cuando aproximamos el objeto al foco, reapareciendo derecha poco después. La explicación mediante esquemas de rayos es sencilla. Si el profesor piensa realizar ambas partes de la actividad, la observación y su explicación, puede tener interés empezar por la segunda, planteándola como una predicción que luego podemos comprobar. Como mínimo creemos que se debe garantizar la realización de las manipulaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOE nº 5 Viernes 5 enero 2007, 690-702.

BOE nº. 266 Martes 6 noviembre 2007, 45443-5.

DAWKINS, R. (1988). *El relojero ciego*. Barcelona: Labor.

DRIVER, R.; GUESNE, E. Y TIBERGHEN, A. (1999). *Ideas Científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.

HEWITT, P. (2004). *Física conceptual*. México: Pearson Education.

HIERREZUELO, J. Y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Laia, MEC.

JACOB, F. (1997). *El juego de lo posible*. Barcelona: Grijalbo Mondadori.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

KAMINSKI, N. (1989). "Conceptions des enfants (et des autres) sur la lumière". *Butlletín de l'union de physiciens*, 716, 973-996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC.: National Academy.

- OSUNA, L.; MARTÍNEZ, J.; CARRASCOSA, J. Y VERDÚ, R. (2007). "Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria". *Enseñanza de las Ciencias*. 25 (2), 277-294.
- PERALES, F.J. (1994). "Enseñanza de la óptica". *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1, 133-137.
- PERALES, F.J. Y NIEVAS, F. (1988). "Nociones de los alumnos sobre conceptos de óptica geométrica". *Enseñanza de las Ciencias*, 6, 86-88.
- PÉREZ LOZADA, E. Y FALCÓN, N. (2009). "Diseño de prototipos experimentales orientados al aprendizaje de la óptica". *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de la ciencia*, 6(3), 452-465.
- SOLBES, J. (2011). "El currículum de Física en el Bachillerato: Por una física más atractiva". En A. Caamaño (Ed.). *Complementos de materia*. Barcelona: Graó.
- SOLVES, J. Y TARIN, F. (1996). *Física 2º de Bachillerato*. Barcelona: Ed. Octaedro.
- SOLVES, J. Y ZACARES, J. (1993). ¿Qué sucede con la enseñanza de la óptica? *Revista Española de Física*, 7 (4), 38-43.