



minimizarse, lo que se aprovecha en la mayoría de los instrumentos ópticos. La aberración esférica se produce cuando la luz pasa a través de los extremos de una lente y enfoca en un lugar ligeramente distinto al centro de la lente. Esto puede resolverse cubriendo los extremos de la lente, como se hace con el diafragma de una cámara. La aberración cromática es el resultado de la variación de velocidad de la luz de diferentes colores y por lo tanto de las refracciones que sufren al pasar por la lente. En una lente simple (al igual que en un prisma), la luz roja y la azul no se enfocan en un mismo punto. Las lentes acromáticas, que combinan lentes simples de diferentes tipos, corrigen este defecto.

En el ojo, la visión es más definida cuando la pupila es pequeña, porque la luz que pasa lo hace estrictamente por el centro del ojo, donde las aberraciones cromática y esférica son mínimas. Además, la luz se dispersa de forma mínima en el centro de la lente ocular, de manera que se requiere de un mínimo de enfoque para lograr una buena imagen, y es por eso que vemos mejor con buena luz, cuando nuestras pupilas son más pequeñas.

III. Actividades

1. Preguntas:

- ¿Qué es el astigmatismo? ¿Cómo puede corregirse?
- ¿Qué es un diagrama de rayos? ¿Para qué sirve?
- ¿Cómo funciona un telescopio?
- ¿Cómo funciona el microscopio óptico?
- ¿En qué se diferencia un miope de un hipermetrope?

2. Observa la figura 5 sólo con tu ojo derecho. Puedes ver el círculo y la "x" a cierta distancia. Si ahora mueves la hoja lentamente hacia tu cara, con tu ojo fijo sobre el círculo, alcanzarás una distancia a la cual la X desaparece. Para establecer ahora el punto ciego de tu ojo izquierdo, cie-

rra tu ojo derecho y de forma similar mira la "X" y acerca el libro hasta que el círculo desaparezca. Con los dos ojos abiertos no desaparecen ninguna de las dos figuras, ya que un ojo compensa el efecto de que el otro no vea en ese punto. ¿Verdad que es bueno tener dos ojos?

3. Investiga un poco más sobre el funcionamiento de las lentes en los libros citados en la bibliografía. Luego piensa y contesta:

- ¿Qué condiciones deben existir para que una lente convergente produzca una imagen virtual?, ¿y para que una lente divergente produzca una imagen real?
- ¿Puedes fotografiarte a ti mismo y que en la foto aparezcan el espejo y tu imagen enfocadas? Te sugerimos que lo pruebes.
- ¿Qué efecto óptico es responsable de que se formen pequeños arcoiris en los extremos de la luz blanca de algunos proyectores o aparatos ópticos?
- ¿Por qué la gente mayor que no usa lentes tiene que acercar más el libro al leer?
- ¿Funcionarían los telescopios y los microscopios si la luz viajase igual por el aire que en el cristal? Explica qué ocurre.

IV. Bibliografía

Hewitt, Paul, *Física conceptual*, Pearson-Addison Wesley Longman, México 1994.

Noreña, Francisco, *Física de emergencia*, Pangea, México, 1995.

Hecht, Eugene, *Física en perspectiva*, Pearson-Addison Wesley Longman, México 1999.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56 22 72 97, fax 54 24 01 38, correo electrónico comoves@universum.unam.mx

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



Alicia en el país de las aberraciones

De: Susana Biro

(No. 42, p. 22)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Ubicación de la temática en los programas del bachillerato de la UNAM

Sistemas ENP y CCH

El artículo y esta guía pueden abordarse de forma integrada en cursos medios y superiores de Física y Anatomía, en los que la información descrita y las actividades resultan un buen complemento para los cursos formales de dichas disciplinas.

II. Más información

Para verte mejor

Un rayo de luz se desvía a medida que inicia su paso por un trozo de cristal y vuelve a desviarse cuando ha terminado de atravesarlo. Esa desviación o refracción de la luz se debe a la diferencia de velocidad de la luz en el aire y en el cristal. Los cristales que adquieren diferentes formas pueden

formar imágenes que parecen más grandes, más pequeñas, más cercanas o más lejanas que el objeto que se está observando.

Las lupas se han utilizado por siglos y eran bien conocidas por los griegos y los árabes del medioevo. Existe referencia al uso de lentes para iniciar fogatas en la famosa comedia "Las nubes" de Aristófanes (424 a. C.), quien describe la utilidad del *espejo ustorio*, una lente que crea una imagen minúscula del Sol en la que la energía está tan concentrada que quema los materiales combustibles. Hoy en día, y como lo explica con buen humor el artículo de referencia, las lentes permiten que millones de personas puedan leer confortablemente, tomar fotografías, usar proyectores e investigar la vida y el Universo por medio de microscopios y telescopios, entre otras interesantes aplicaciones.

Lentes convergentes y divergentes

Si una pieza de cristal tiene la forma adecuada, puede desviar los rayos paralelos de la luz de manera que todos ellos coincidan (o aparenten coincidir) en un solo punto. A esta pieza de cristal se le llama lente. La forma especial de las lentes pueden comprenderse si consideramos que una lente consiste en un gran conjunto de porciones de prismas triangulares (figura 1). Cuando se arreglan adecuadamente, los prismas refractan los rayos que entran de manera que convergen (o divergen de) un solo punto. En la figura 1 el arre-

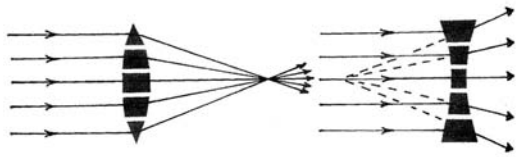


Figura 1

glo de la izquierda es más grueso en el medio y la luz converge. El de la derecha es más estrecho en el medio que en los extremos, y logra un efecto divergente de los rayos. En ambos arreglos, la desviación máxima ocurre en los extremos, donde el ángulo de refracción es mayor; en el prisma central no ocurre refracción y el rayo emerge con la misma dirección que al entrar. Sin embargo, las lentes reales no están hechas de prismas, sino de piezas sólidas de cristal o vidrio con superficies que generalmente adquieren curvatura esférica.

En la figura 2 aparecen algunos términos relativos a las lentes. El eje principal de una lente es la línea que une los centros de curvatura de sus superficies. Para una lente convergente el punto focal es el punto en el cual converge el rayo de luz paralelo al eje principal. Algunos rayos incidentes que no son paralelos al eje principal se enfocan en puntos por arriba o debajo del punto focal y forman un plano focal. Dado que las lentes tienen dos superficies, existen dos puntos y planos focales. Cuando la lente de una cámara se ajusta para objetos distantes, la película se encuentra en plano focal por detrás del lente en el aparato. La distancia focal de una lente, ya sea convergente o divergente, es la distancia entre el centro de la lente y su punto focal. Cuando la lente es delgada, las distancias focales de ambos lados son iguales, incluso cuando las curvaturas en los dos lados no lo son.

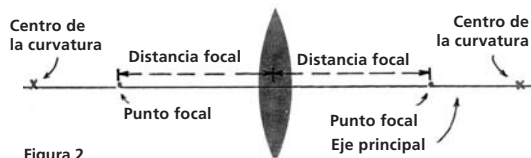


Figura 2

Formación de la imagen en la lente

Sin ayuda visual, un objeto que está lejos se ve a través de un ángulo de visión relativamente pequeño, mientras que el mismo objeto cuando está más cerca, se ve con un ángulo mayor (figura 3). Este ángulo más amplio permite percibir más detalles. El aumento ocurre cuando una imagen se observa a través de un ángulo mayor por medio de una lente; una lupa es una lente convergente que incrementa el ángulo de visión. Cuando se usa una lupa, ésta debe mantenerse cerca del objeto a observar, ya que la lente convergente sólo aumentará la imagen del objeto que se encuentre entre el punto focal y la lente. La imagen ampliada estará más lejos de la lente que del objeto. Cuando se usa una lente divergente por sí sola, la imagen se ve siempre invertida y más pequeña que el objeto, sin importar que tan cerca o lejos esté el objeto. Una lente divergente se utiliza usualmente como un buscador de enfoque en las cámaras. Cuando se ve el objeto a ser fotografiado a través de esta lente, se ve una imagen virtual que se aproxima en proporciones a la fotografía. En nuestros ojos, como en las cámaras, los objetos que están cerca y los que están lejos no pueden enfocarse al mismo tiempo.

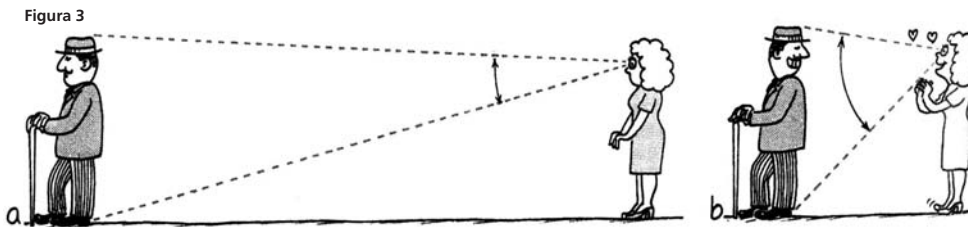


Figura 3

La cámara fotográfica

Como muchos instrumentos ópticos, la cámara también funciona por medio de una lente y una película sensible montada en una caja negra (donde no entra luz). En muchas cámaras, la lente se monta sobre una cremallera que puede cambiar su posición hacia adelante o hacia atrás para ajustar la distancia entre la lente y la película. La lente forma una ima-

gen real e invertida sobre la película (negativo). La figura 4 muestra una cámara que presenta una sola lente simple; de hecho, en las cámaras más modernas y sofisticadas, se usa un conjunto de lentes que minimizan las distorsiones o aberraciones ópticas. La cantidad de luz que entra a la película es regulada por el disparador y el diafragma. El disparador controla el tiempo que la película se ve expuesta a la luz y el diafragma controla la apertura que permite a la luz pasar a través de la lente y alcanzar la película. Variando la apertura, se varía la cantidad de luz que va a incidir sobre la película.

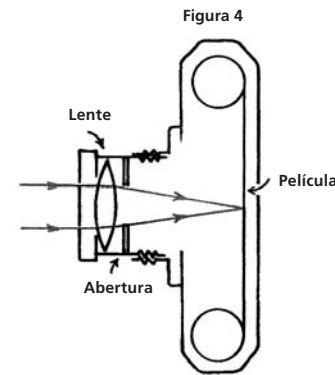


Figura 4

visual donde los receptores de luz se encuentran empacados más densamente y la visión es más definida. A esta parte se le llama fovea y en ella pueden observarse detalles muy finos de la imagen. Como contraparte existe un punto de la retina donde los nervios que acarrear la información hacia el cerebro se acaban, por lo que se le conoce como punto ciego y algunas ilusiones ópticas se basan en la existencia de este punto (ver las actividades).

Como dato curioso, el agujero de la pupila usualmente se ve negro debido a que la luz entra pero no sale de él. A veces, cuando tomamos fotos con flash, la luz del foco entra en los ojos de los fotografiados justo en el ángulo correcto para que se refleje la retina que está en la parte de atrás del globo ocular. Es por eso que los ojos aparecen rojizos o rosados, ya que se está viendo la sangre a través de las membranas.

La principal diferencia entre la cámara y el ojo humano tiene que ver con el enfoque. En la cámara se enfoca alterando la distancia entre la lente y la película, mientras que en el ojo humano, gran parte del enfoque se debe a los cambios de grosor de la lente, que de forma instantánea se adapta a cada situación por medio del efecto de "acomodo" resultante de la acción del músculo ciliar, que rodea la córnea y modifica la forma de la lente.

Algunos defectos de la visión y de las lentes

Si una persona tiene visión normal, su ojo puede claramente ver objetos desde el infinito (el punto más lejano) hasta los que se encuentran a 25 cm (el punto cercano, que normalmente se hace menor para gente de la tercera edad). Los ojos de una persona con hipermetropía no ven bien de cerca, ya que forman imágenes por detrás de la retina debido a que su globo ocular es muy corto. Para ellos, el remedio consiste en el uso de lentes convergentes. De forma contraria, los miopes no pueden ver objetos lejanos, porque sus ojos enfocan por delante de la retina, dado un globo ocular muy alargado. En este caso se requiere de lentes divergentes que hagan que el enfoque se logre en la retina.

Ninguna lente puede dar una imagen perfecta; por ello, y como la Alicia del artículo, entramos en el terreno de las aberraciones. Al combinar lentes de cierta manera las aberraciones pueden

El ojo y la visión

En muchos aspectos, el ojo humano es similar a una cámara fotográfica. La cantidad de luz que entra es regulada por el iris, la parte coloreada del ojo que rodea una abertura variable llamada pupila. La luz entra y atraviesa una cubierta transparente llamada córnea, pasa por la pupila y la lente, y se enfoca en una capa de tejido en la parte posterior del ojo, la retina, la parte sensible a la luz. La retina no es uniforme, existe una pequeña región en el centro de nuestro campo