

**EXPEDICIÓN
MICROSCOPIO**

Tras la pista
de las cosas diminutas

EQUIPO Y RUTAS DE VIAJE

LOS OJOS, LAS LENTES Y LA LUZ: LOS CAMINOS AL MICROCOSMOS

Igual que para cualquier expedición de verdad, necesitas, como investigador, un buen equipo y una ruta de viaje para orientarte por territorios desconocidos. Y para que sepas cómo organizarte con tus pertrechos, en los siguientes párrafos conocerás todo lo necesario para ello.

Para saber algo sobre la luz

Si queremos comprender cómo funcionan los ojos humanos, las lentes y los microscopios, antes de nada tenemos que saber algunas cosas generales sobre la luz. La luz se compone de multitud de rayos separados. Estos rayos pueden tener su origen en el sol o en las estrellas, pero también en otra fuente de luz, por ejemplo una bombilla, la llama de una vela, una lámpara halógena o una hoguera. La velocidad a la que se propagan los rayos de luz es increíblemente grande y alcanza los 300.000 kilómetros por segundo. Con esta rapidez, no es de sorprender que el *Enterprise* y otras naves espaciales del futuro sólo se muevan por el Universo a la velocidad de la luz.

Además, la luz se compone de varios colores, el denominado espectro visible: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, azul añil y violeta. Sin duda los has visto todos juntos en el arco iris. Pero ¿qué significa esto para nuestra visión? La respuesta es un poco complicada: la luz irradia siempre de una fuente luminosa y no de un objeto. La prueba de ello es que en la oscuridad total no podemos ver las

cosas y chocamos con ellas. Lo único que hacen los objetos es devolver los rayos de luz. Se dice que reflejan la luz y gracias a ello son percibidos por nosotros. En la reflexión, el objeto iluminado «se traga» algunos de los colores del espectro luminoso. Los absorbe y sólo devuelve el resto. De esta manera, los objetos se muestran de diferentes colores: si, por ejemplo, se traga todas las partes rojas, sólo se reflejan las partes amarillas y azules. Consecuencia: el objeto se muestra de color verde. El verde es un color compuesto de azul y amarillo. Tú mismo puedes experimentarlo mezclando estos dos colores en tu caja de acuarelas. Son excepciones el blanco y el negro. En estos casos, o bien el objeto absorbe el espectro luminoso entero (y entonces parece negro) o bien lo refleja completo y entonces parece blanco.

¿Cómo funcionan los ojos y las lentes?

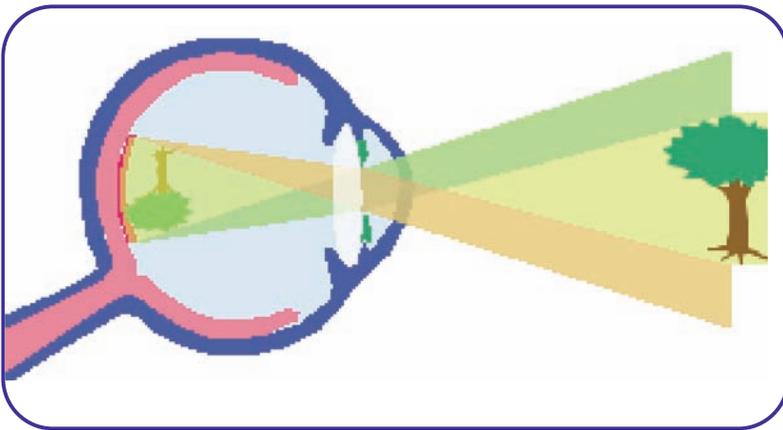
Los ojos son órganos sensoriales especializados, situados en la región frontal de los seres vivos, y sirven para la percepción de la luz. Se componen de una parte anterior, que recoge la luz, y una sección posterior, que capta los estímulos lumínicos y los modifica de tal manera que el cerebro los perciba como señales. El ojo humano es del tipo denominado lente. La parte que recoge la luz se compone de una lente curva, que está llena de un líquido transparente. Las lentes se llaman así porque, vistas de lado, son muy parecidas a las lentejas. En nuestros ojos, la zona que recoge los rayos de luz es la retina (véase **[1]**); en las estructuras sensibles a la luz están los llamados conos y bastones. Más adelante sabrás para qué sirven.

¿Qué pasa cuando la luz incide en la lente? Los rayos de luz pueden atravesar el aire, el cristal o el agua sin ser reflejados. Hay algunas excepciones, pero no nos interesan en este caso. Si llega recto del

aire un rayo de luz e incide en una lente o en la superficie del agua, en el límite entre el aire y la lente o entre el aire y el agua se desvía o, como se dice también, se «refracta». Por eso, aunque el rayo de luz entra en la lente en línea recta, en su trayectoria posterior se desvía de su dirección en un determinado ángulo (véase de nuevo [1]). A esta alteración de los rayos de luz los físicos le dan el nombre de «refracción de la luz».

Mediante la refracción de los rayos de luz en las lentes de nuestros ojos se forman en la retina las imágenes que vemos. Pero también pueden refractarse rayos de luz en las lentes de aparatos ópticos como gafas o cámaras fotográficas. En las gafas, la imagen llega igualmente a la retina; en una cámara, por el contrario, se proyecta sobre una película. Como podemos ver en [1], la imagen que se forma en la retina está del revés. Además, por las raíces nos damos cuenta de que el árbol también está invertido lateralmente en este esquema. ¿Por qué, entonces, no vemos el mundo al revés? Pues bien, en este caso nuestro cerebro actúa como un ordenador y corrige el «fallo» para que veamos lo que nos rodea tal como es.

Pero, en ocasiones, nuestro cerebro puede también «equivocarse»: entonces vemos imágenes que se



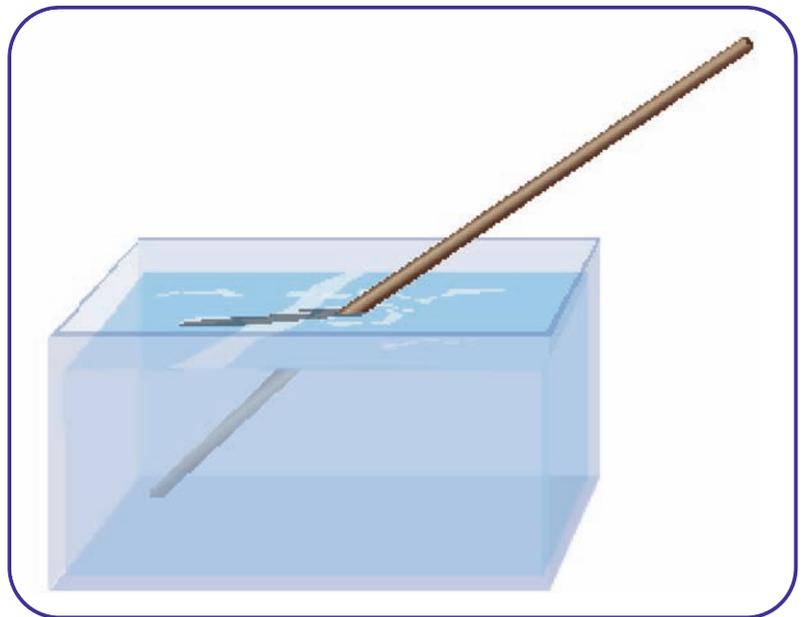
[1] En este esquema puedes ver cómo los rayos de luz pasan a través del ojo humano y cómo es la imagen que se forma en la retina.

deben a complicadas refracciones. Si, por ejemplo, sumerges un palo en un recipiente lleno de agua, te parecerá como si el palo se rompiera (compárese con [2]). La realidad, sin embargo, es que el palo no ha sufrido ningún cambio, sino que los rayos de luz se han refractado de manera distinta a como el cerebro «supone». Los rayos, incluso, se desvían dos veces: primero cuando penetran en el agua y luego otra vez cuando los rayos reflejados por el palo vuelven a salir del agua. La imagen invertida del palo sumergido que se forma en la retina se compone, pues, de rayos que han cambiado dos veces de trayectoria. Pero tu cerebro los recibe de manera equivocada, la imagen invertida corresponde al trozo del palo que sobresale del agua.

Este hecho físico es también la razón de que podamos ver imágenes ampliadas con ayuda de lentes: en el límite entre la lente y el aire, los rayos de luz se difractan de manera similar a como lo hacen entre el aire y el agua.

Los organismos unicelulares no poseen aún ojos de tipo lente, pero en la mayoría de los casos pueden

[2] Puedes comprobar fácilmente que los rayos de luz se refractan al pasar del aire al agua.



distinguir ya lo iluminado de lo oscuro. Sin embargo, no pueden reconocer imágenes nítidas. Para que la luz pueda penetrar en el ojo desde una única dirección, está recubierto de una capa de células que la luz no puede atravesar. No obstante, queda un lado libre, y por esa abertura puede entrar la luz. Un ojo tan simple no necesita una lente para ver imágenes, aunque sea borrosas: con arreglo al principio de la «cámara oscura» funcionan, por ejemplo, los ojos de los platelmintos (planarios), que presentan un grupo de células pigmentadas que tiene forma de copa; con ellos, estos gusanos pueden ya percibir una imagen de contorno. Pero las imágenes nítidas y ricas en contrastes sólo aparecen con las lentes, es decir, los animales con ojos tipo lente, sencillamente, ven mejor. Como ya hemos dicho, los rayos se refractan al entrar y al salir de la lente. De este modo son transmitidos (proyectados) a las células visuales, que se encuentran en la retina, la capa interior situada al fondo. Según el grado de curvatura de la lente se forman las imágenes de objetos situados cerca o de cosas más alejadas; los especialistas dicen que las distintas lentes tienen diferentes «distancias focales».

Como ya has visto, la retina (superficie de proyección) contiene los denominados conos y bastones. Mientras que los bastones permiten ver lo iluminado y lo oscuro, los conos tienen la función de distinguir los colores. Por eso, en la retina de los animales cuya vida se desarrolla principalmente

Curiosidades



¿Necesita gafas la serpiente de anteojos?

Las serpientes de anteojos pertenecen al grupo de las cobras. Deben su nombre al dibujo en forma de gafas que se ve en la parte de atrás de su «caperuza», la parte del lomo que se extiende como un capuchón cuando el animal es amenazado o se irrita. En realidad, las cobras, como todas las serpientes, ven muy bien. Sólo cuando mudan la piel se les enturbia temporalmente la vista, pues la córnea de sus ojos ya no es transparente. De todos modos, las serpientes son sordas como tapias. Una cosa divertida, por lo tanto, es que no son los sonidos de la flauta de un encantador de serpientes los que hacen que la cobra se balancee rítmicamente de un lado a otro, sino el vaivén de la flauta, que la serpiente observa y sigue exactamente con el cuerpo.

Curiosidades



Las gafas y el berilo

En alemán, la palabra que significa «gafas» (*Brille*), se deriva del nombre del berilo, un mineral que forma cristales muy bonitos, por ejemplo la aguamarina azul y la esmeralda verde mar. Antes de que existieran las primeras lentes de vidrio, estos cristales se tallaban finos y se utilizaban como ayuda visual para leer, aunque sólo fuera con mediocres resultados. Los chinos sabían ya hace mil años cómo hacer lentes de vidrio, pero en Europa no se logró hasta 600 años después.

por la noche (por ejemplo, los búhos, los lémures y los gatos) hay más bastones. Al fin y al cabo, estos animales tienen que «apañárselas» con cantidades mínimas de luz. Además, el ojo tiene otros modos de adaptarse: la microestructura de la retina de los gatos hace posible que estos animales se las arreglen con sólo el 10% de la luz que los seres humanos necesitamos para ver.

Por el contrario, en animales activos sobre todo de día la retina contiene un número mayor de conos. Aparte de esto, unos músculos especiales del ojo (los músculos ciliares) se ocupan de que la lente se curve, mientras que otros músculos mueven el ojo de un lado a otro. Por eso podemos enfocar la mirada sin problemas cerca y lejos.

Una peculiar etapa evolutiva de los diferentes tipos de ojo es el denominado ojo compuesto o facetado de los insectos, que está formado por numerosos ojos tipo lente individuales. En los tábanos puede haber

hasta 28.000 ojos distintos, que en la jerga especializada se llaman también omatidios.

La estructura de nuestro ojo hace que con el tiempo se vuelva achacoso: las lentes pueden deformarse permanentemente, pues su elasticidad característica disminuye con la edad. Otras lentes no funcionan bien y sus imágenes –como puedes comprobar en el esquema de la página 21– se proyectan detrás de la retina. La capacidad visual del ojo se va reduciendo y puede suceder que, por ejemplo, leamos peor pero descifremos letreros de la calle que están lejos. Por eso es frecuente que las personas de edad se pongan el periódico a cierta distancia para poder leerlo. Como truco, se pueden «interponer» sistemas de lentes artificiales delante del ojo deteriorado. Unas gafas de leer contienen lentes que modifican la trayectoria de los rayos de luz reflejados, de tal

modo que en la retina se vuelve a formar una imagen nítida.

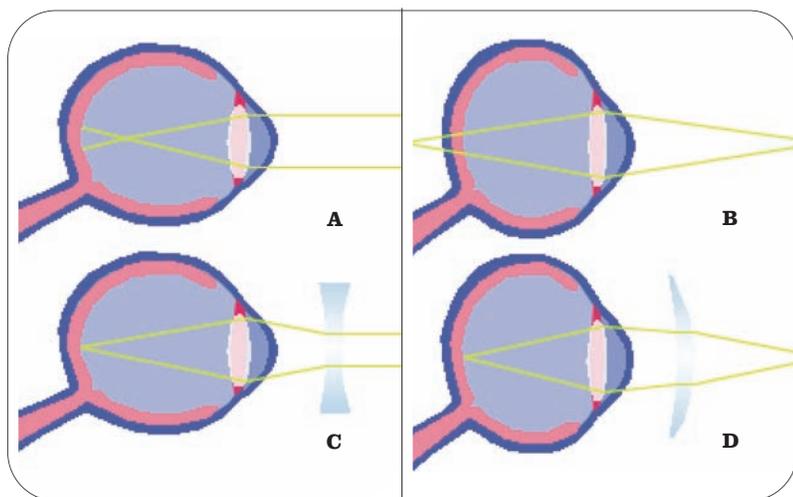
En las lentes artificiales se distinguen dos modalidades: lentes divergentes y lentes convergentes (véase **[4]**). Las lentes convergentes, que son más gruesas en el centro, tienen, vistas de perfil, la típica forma abombada hacia fuera por los dos lados, son «convexas» (véase **[4B]**). Hacen que los rayos de luz converjan en un punto, el foco. Las lentes divergentes, por el contrario, están abombadas hacia dentro; los especialistas dicen que son «cóncavas» (véase **[4D]**). Su parte más gruesa está en el borde. Y –ya lo dice la palabra– producen el efecto contrario a una lente convergente, pues hacen divergir los rayos de luz reflejados. Las deficiencias visuales se pueden corregir mediante la interposición de una o más de estas lentes delante del ojo. La potencia refractiva de las lentes puede medirse y se expresa en la unidad llamada dioptría. Además de las gafas, hay otros instrumentos ópticos: las lupas, en realidad, no son más que gafas con las que podemos ver cosas que los ojos, normalmente, no pueden enfocar y reconocer. Por ejemplo, ponte cada vez más lejos de este libro y



[3] Los grandes ojos facetados e irisados del tábano (*Heptatoma pellucens*) se componen de cientos de ojos diferentes, que hacen posible que este pequeño insecto se oriente con rapidez durante el vuelo.

las letras se irán haciendo cada vez más pequeñas, hasta que ni siquiera puedas leerlas. Acércalo ahora a un palmo de tus ojos y tampoco podrás leerlo. Con una lupa verás las letras más grandes y considerablemente más claras: cuanto más se acercan los ojos a las letras, más grandes se hacen éstas. De manera similar a lo que sucede con el palo sumergido en el agua, se forma una «imagen artificial», sólo que no está distorsionada sino aumentada, pues la luz reflejada ha modificado su «dirección» en la lente de aumento. Con el tiempo, el hombre ha desarrollado instrumentos ópticos combinando varias lentes: sin ellas no existirían las cámaras fotográficas ni los proyectores de diapositivas, los telescopios ni los microscopios.

[4] Este esquema muestra cómo se corrigen los defectos de la visión con las gafas. La miopía (A) se corrige con una lente divergente (C) y la presbicia (B) con una lente convergente (D).



Cómo funciona el microscopio

Antes de iniciar el viaje al mundo de las cosas diminutas, es conveniente que examines tu microscopio con toda tranquilidad.

En [5] podemos ver que se compone de dos sistemas de lentes que se encuentran en un **tubo óptico**. Para la observación, se coloca un preparado en la **platina** y se mira por encima de un **condensador**. El condensador contiene lentes y hace que la luz, que procede de una fuente luminosa situada en la parte inferior del microscopio, llegue exactamente a tu preparado.

A veces hay también un diafragma, que se puede abrir y cerrar para que la luz pase por un orificio grande o pequeño. Este diafragma ayuda a que el condensador reúna efectivamente los rayos de luz en tu preparado y no irradien fuera.

La lente del **objetivo** (abajo) produce una imagen aumentada del objeto que hemos colocado en el portaobjetos. Esta imagen es aumentada de nuevo por la lente del ocular (arriba). Muchas veces hay varios objetivos de diferentes aumentos unidos a un **revólver**. El **aumento total** se obtiene multiplicando el aumento del objetivo por el del ocular.

Sin una buena iluminación, ni siquiera los mayores aumentos te servirán de nada. Los microscopios simples tienen un **espejo** como fuente de luz; conduce los rayos de la luz natural o de una lámpara de mesa para que pasen por el condensador. Otros microscopios mejores, sin embargo, cuentan con una fuente de luz incorporada (lámpara).

La distancia entre el objeto y el objetivo la regulas girando el **tornillo para la aproximación del foco** hasta que la imagen sea nítida. En la mayoría de los microscopios, se sube y se baja el objetivo; en algunos, en cambio, se mueve el portaobjetos hacia arriba y hacia abajo.

Es importante también que tu microscopio tenga

estabilidad, pues la menor sacudida haría temblar tu preparado como si hubiera un terremoto. Por eso, tu microscopio debe tener una **base** sólida y fija.

[5] Partes del microscopio:

- 1 Ocular
- 2 Tubo óptico
- 3 Tornillo para la aproximación del foco
- 4 Revólver
- 5 Objetivos
- 6 Platina
- 7 Espejo o lámpara
- 8 Base



La preparación es importante: ¿qué más se necesita para mirar por el microscopio?

Después de ver cómo está hecho un microscopio, necesitas –igual que en una expedición por la selva- una serie de utensilios (véase [6]). Muchos los puedes comprar en tiendas especializadas en objetos de laboratorio, farmacias o tiendas de ortopedia, pero algunos también puedes fabricártelos tú mismo.

Ante todo necesitas **portaobjetos** (pequeñas láminas de cristal rectangulares, para que coloques encima tus preparados) y **cubreobjetos** (pequeñas láminas de cristal cuadradas, muy finas, para tapar los objetos y que no se sequen).

Con una pipeta de plástico o una pipeta de cristal con pera de plástico, por ejemplo la de un frasco de gotas para la nariz o para los ojos, puedes medir y aplicar los líquidos fácilmente. Las secciones gruesas las harás con un **cuchillo de cocina**, y las finas con un **escalpelo**, el cuchillo especial de los médicos, o con una **hoja de afeitar** de una tienda de artículos de laboratorio. También pueden fabricarte tus padres un instrumento para cortar: para ello, tienen que coger un tapón grueso de corcho, de vino o champán, hacerle una pequeña hendidura y meter con cuidado en la hendidura una hoja de afeitar. Es una cosa complicada y no exenta de peligro, de modo que pregunta a tus padres si te dejan manejar solo una hoja de afeitar afilada. ¡Si no, que te ayuden cuando tengas que cortar! Procúrate también un trozo de porexpán muy fino. Se puede inmovilizar entre dos trocitos el material que hay que cortar. Es práctico, pues así está bien sujeto y tus dedos quedan fuera de la zona.

Famosos



De las gafas al microscopio

Las primeras ayudas para leer aparecieron cuando los artesanos holandeses empezaron, a finales del siglo XVI, a pulir cristales finos por los bordes de tal manera que dieron lugar a las lentes propiamente dichas. La invención de las gafas se atribuye al inglés **Roger Bacon** (hacia 1260). El primer microscopio lo construyó el también holandés **Antonij van Leeuwenhoek** el año 1674. Consiguió ya 250 aumentos.

Famosos



Mirando las estrellas

Al igual que el microscopio, el telescopio funciona con ayuda de dos lentes, colocadas una detrás de otra para que las estrellas, tan distantes, se aproximen. El primer telescopio, con el que el célebre investigador italiano **Galileo Galilei** observó el cielo estrellado en 1609, se componía de una lente convexa en el extremo delantero y otra cóncava en el posterior.

peligrosa. Con un **pincel** de tu caja de pinturas y una **espátula** (por ejemplo un palito de helado, de madera; en caso necesario vale también una cucharilla de café) se puede colocar el material de las muestras en un portaobjetos. Los **alfileres** (incluso se pueden comprar **agujas de disección** especiales) sirven para fijar el preparado. Necesitas **papel crepé** o **papel de filtro** para quitarle al portaobjetos el exceso de líquido, o bien para extender sobre el preparado terminado soluciones colorantes u otras. Para ello, corta un filtro de café de los de cucurucho en tiras manejables de 1 cm de ancho y guárdalas en un frasco con tapa de rosca limpio. Cuando quieras

preparar objetos más grandes, por ejemplo una lombriz de tierra muerta, debajo de la estereolupa, necesitarás una **cubeta para preparados**. (Las instrucciones se encuentran en el recuadro «Experimentos».)

[6] Aquí puedes ver parte del equipo que necesitas para tus «expediciones»:

- 1 Portaobjetos
- 2 Cubreobjetos
- 3 Tijeras
- 4 Espátula
- 5 Pinzas
- 6 Pipetas
- 7 Pincel
- 8 Hojas de afeitarse
- 9 Agujas de disección
- 10 Escalpelo



Normas generales para la expedición

En tus futuras expediciones, el microscopio es tu recurso más importante. Por eso, te será de utilidad cuando lo conozcas bien y te hayas familiarizado con él. Ejercítate en su manejo varias veces, sin prisa, y hazte una lista de puntos importantes a los que debes prestar atención. Aquí tienes un «programa de 13 puntos», con unos cuantos consejos:

1. Practica con la rueda de ajuste para subir y bajar el objetivo hasta que lo domines con seguridad sin que el objetivo toque tu preparado.
2. Cuida siempre de tener una fuente de luz suficiente y controla que el espejo o el diafragma del condensador estén colocados correctamente.
3. Cuando mires por el microscopio, empieza siempre con el objetivo en el aumento menor (generalmente es el más corto); sólo así obtendrás una visión de conjunto de tu preparado y podrás seleccionar puntos interesantes.
4. Coloca el portaobjetos sobre la platina de modo que el preparado quede exactamente encima del agujero del centro y así se sitúe justo debajo del objetivo.
5. Ahora haz girar lentamente hacia abajo el objetivo hasta que el preparado sea claramente visible. (Tienes que vigilar constantemente, mirando por un lado, que no hayas bajado demasiado, no sea que aplastes el cubreobjetos.)
6. Cuida de que los preparados acuosos o en fresco

Experimentos



Cubeta de fabricación casera para preparados

Necesitas:

- la tapa de un tarro de miel (de borde alto)
- cuchillo de cocina
- una vela
- una cacerola pequeña

Con el cuchillo de cocina tritura la cera de la vela y echa los trozos, sin la mecha, en el cazo (debes coger un cacharro viejo y pedir permiso a tus padres antes). Funde la cera en el fuego a poca temperatura. Limpia la tapa del tarro de miel o mermelada vacío con papel de cocina seco. Ahora vierte la cera líquida en la tapa de modo que se forme una capa de 0,5 cm de espesor. Cuando la cera se solidifique, ya puedes poner tu preparado en la cubeta, llenar todo de agua y fijar el objeto con agujas para que no se escurra.

(véase recuadro de la pág. 58) no se sequen nunca. Es fácil que suceda, pues el calor de la lámpara del microscopio hace que el agua se evapore. Te darás cuenta porque se forman burbujas debajo del cubreobjetos. Para esos casos, ten siempre a mano un vaso con agua fresca y, con la pipeta, echa una gota en el borde del cubreobjetos. Así el agua se irá por sí sola debajo del cubreobjetos.

7. Ten cuidado de que no llegue al preparado por los lados ninguna luz más que la del condensador.

8. Cuando corras de lado el portaobjetos, por ejemplo para ver otra zona de la imagen, asegúrate de que la imagen se mueva en la dirección opuesta. Hay que tener en cuenta que la imagen está cabeza abajo e invertida lateralmente.

9. Cuando quieras obtener un aumento mayor, tienes que utilizar un objetivo más potente. Al hacer el cambio, presta atención a los consejos del punto 5.

10. Maneja tu microscopio con cuidado y precaución. Después de usarlo, ponle una funda u otra envoltura protectora para que no le caiga polvo.

11. El ocular debe estar siempre dentro del tubo óptico para que no entre polvo en el interior del microscopio. Muchos microscopios están equipados con un capuchón protector adicional para el ocular.

12. Debes limpiar las lentes con gamuzas de limpiar gafas, bastoncillos de algodón, un pincel suave o un paño que no suelte hilachas.

13. Puedes lavar y volver a utilizar los portaobjetos usados. Los cubreobjetos usados o rotos y los portaobjetos que ya no vas a utilizar debes ir echándolos en un frasco (por ejemplo, un tarro de mermelada vacío). Cuando esté lleno, puedes tirarlo cerrado al contenedor del vidrio.

Ahora que ya conoces los puntos más importantes de la teoría de la observación a través del microscopio, en el capítulo siguiente vamos a fabricar algunos instrumentos ópticos sencillos.