

3. Polvo fino mediante la «prueba de Foucault».

Contenido

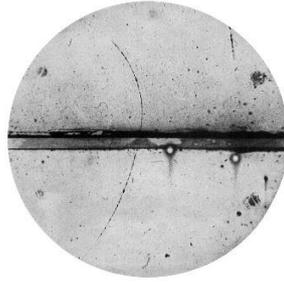
3.1. Sin expectativas excesivas	1
3.2. Punto de curvatura y punto focal.....	2
3.3. El montaje de foucault en el banco óptico	4
3.4. Miramos nuestra propia mano.....	7
3.5. Una perturbación múltiple.....	9
4.6. vista del banco óptico	11

3.1. Sin expectativas excesivas

Como ya se ha dicho, todo ser humano estaría rodeado de un aura, una serie de capas cada vez más enrarecidas, no todas de naturaleza óptica. Según algunos, sólo las capas menos tenues podrían percibirse ópticamente en condiciones bien definidas. Esto también quiere decir que las expectativas en una investigación tan estrictamente científica no pueden ser demasiado altas. Pero incluso el más mínimo indicio de la existencia de un aura nos parece un hecho altamente significativo, y ello por sus consecuencias científicas, filosóficas y, sí, incluso religiosas. Videntes y videntes nos dicen que el aura existe y puede ser bastante grande en algunas personas. Si podemos demostrar mínimamente algo de estas afirmaciones de forma aceptable para todos, entonces su afirmación gana en probabilidad.

Entonces, ¿qué podemos esperar? ¿Una pista? ¿Un atisbo en un juego de luz y oscuridad? Seguramente sería un comienzo. Profundicemos un momento en lo que parece posible desde un punto de vista realista.

Pensemos, por ejemplo, en la cámara de la nebulosa consciente, también llamada «cámara de los deseos»¹. Se trata de un instrumento científico que ha tenido una importancia histórica en el desarrollo de la física de partículas. En 1911, el inventor C. Wilson consiguió utilizarla para registrar fotográficamente la órbita de un electrón, entre otras cosas.



Un recipiente de este tipo se llena de vapor. Partículas móviles extremadamente pequeñas atraen las moléculas de vapor que contiene, haciendo visibles sus trayectorias. Cualquiera que ignore todo esto observará en la foto en cuestión sólo una línea ligeramente curvada que aparentemente apenas tiene importancia. Quienes conocen toda la historia ven en ella una impresionante confirmación práctica de una teoría buscada durante años.

O la comparan con la ecografía, una técnica basada en ultrasonidos que sabe distinguir las partes blandas y duras en el cuerpo humano. Cualquiera que, por ejemplo, mire desprevenido la imagen de unos pulmones, o la de un niño que aún no ha nacido, difícilmente sabrá interpretar los resultados. Hay que buscar un poco. Es completamente distinto para un especialista, que puede interpretar una imagen de este tipo casi con la vista.

Por lo tanto, es mejor comenzar nuestra búsqueda óptica de la posible existencia de polvo fino con expectativas bastante moderadas. Fortune y Brennan ya nos señalaron la diferencia de ver con nuestros conos y nuestros bastones. Los conos nos ayudan a distinguir los colores a la luz del día, los bastones están ahí cuando queremos observar con luz tenue. Es agradable leer que los astrónomos también tienen esto en cuenta cuando observan el cielo nocturno con sus prismáticos. Hablan de habituación a la oscuridad, una adaptación del ojo a la oscuridad nocturna. En un fascinante texto del astrónomo J. Van Gastel², leemos que esta habituación puede durar hasta más de media hora. Este intervalo de tiempo es el que realmente queremos tener en cuenta y respetar para ver lo que aparece en nuestro visor en la oscuridad crepuscular. Y aquí nos encontramos con un elemento que conlleva cierta subjetividad: la sensibilidad del ojo. Ésta puede variar de una persona a otra. Algunos notarán algo más rápido que otros. Pero que eso no nos impida realizar nuestros experimentos meticulosamente.

3.2. Punto de curvatura y punto focal

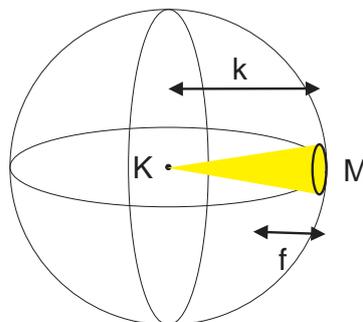
Empecemos con la construcción efectiva del montaje necesario para realizar la prueba de Foucault. Esta prueba fue descrita por el físico francés Léon Foucault en 1858. Revela los errores que se producen al «rectificar» los espejos esféricos en una fracción de longitud de onda de luz. Es prácticamente la prueba estándar y la conocen todos los rectificadores de espejos

aficionados. Mediante la técnica deliberada de esmerilar dos discos de vidrio uno encima del otro, con una masa de granos duros entre ellos, el disco superior de vidrio se vuelve gradualmente convexo, y el inferior cóncavo. Una vez terminado, este último se recubrirá con una capa reflectante y acabará sirviendo de espejo para nuestro espectador.

Aquí, el disco de vidrio hueco ya esmerilado se ilumina desde su «centro de curvatura». Lo aclararemos dentro de un momento.

El siguiente dibujo representa una esfera perfecta. Su circunferencia está formada por una capa de vidrio. K (la letra mayúscula) es su centro. En este punto hay una pequeña fuente de luz. Desde aquí, iluminamos una parte de la circunferencia, indicada por el haz divergente amarillo.

El espacio de la esfera, indicado a la derecha por el pequeño círculo negro y la M mayúscula es nuestro disco de cristal que más tarde se convertirá en el espejo cóncavo o esférico. Su centro K es también el centro de curvatura del disco de cristal M. La distancia de K a M, representada por la letra minúscula k, es la distancia de curvatura. Se dice que el disco de cristal M, o más tarde el espejo acabado M (de Espejo), se encuentra aquí a la distancia de curvatura. En esta posición, todos los rayos divergentes después de reflejarse en M, convergerán en ese mismo punto K.

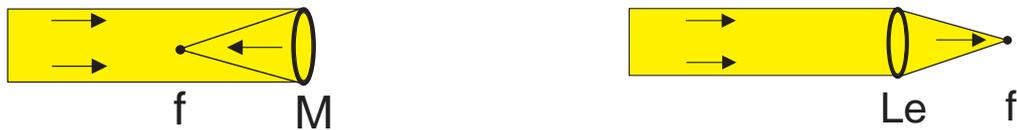


Ilustra la distinción entre la distancia de curvatura y la distancia focal. La distancia focal f del espejo M es igual a la mitad de la distancia de curvatura k . El siguiente dibujo ilustra que un espejo M o una lente L iluminados desde el punto focal reflejarán rayos de luz paralelos a él.



O a la inversa, un haz de luz paralelo dirigido al espejo M, convergerá en el punto focal. Esto ocurre en un telescopio Newton (véase el dibujo de abajo a la izquierda).

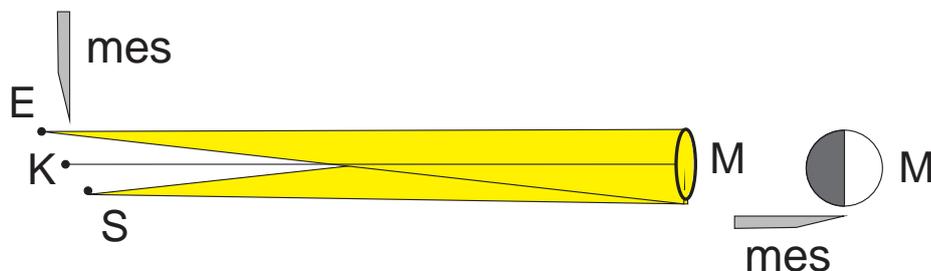
Un haz de luz solar paralelo dirigido a una lente converge en un pequeño plano. Éste se calienta tanto que quemamos con él un trozo de papel.



3.3. El montaje de Foucault en el banco óptico

Al realizar el ensayo de Foucault, la luz se iluminará (casi) desde el punto de curvatura, tal como se muestra en la esfera de vidrio más arriba en este texto. Tras reflejarse en el disco de vidrio, convergerá de nuevo (casi) hacia este punto de curvatura K.

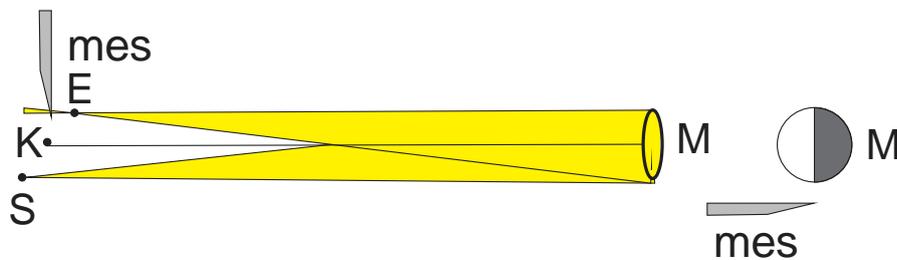
La prueba de Foucault consiste en cortar este cono convergente cerca del punto de convergencia K con un cuchillo. En el proceso aparecen hilos de luz y sombra que, si se interpretan correctamente, revelan posibles errores en el disco de cristal y proporcionan una pista para eliminarlos. A continuación, aclare el principio de esta prueba.



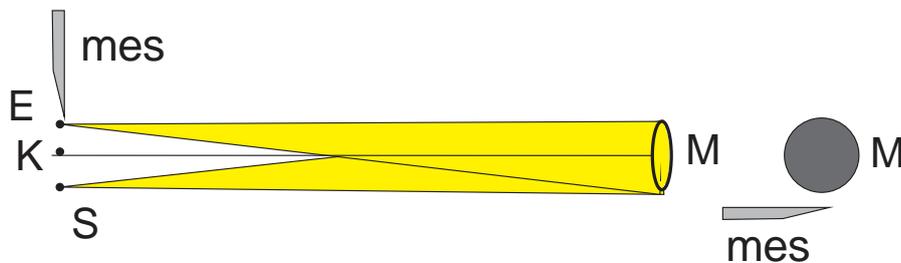
En la imagen de arriba, una vista superior, el espejo M está iluminado divergentemente desde la fuente de luz S (Fuente). El punto S está cerca de K, pero justo al lado. En el dibujo de arriba, este punto S está más cerca del espejo que el punto de curvatura K. La luz se refleja en el espejo M y converge en el punto E ('E' del Ojo).

Según la fórmula del espejo $1/f = 1/v + 1/b$, la luz convergerá en E, justo más allá del punto de curvatura. A la altura de K, la hoja es empujada gradualmente hacia el haz de luz. Si el haz de luz en ese lugar aún no ha convergido completamente, es decir, si todos los rayos de luz a la altura de la cuchilla aún no han convergido en un único «punto», entonces desde E se ve cómo

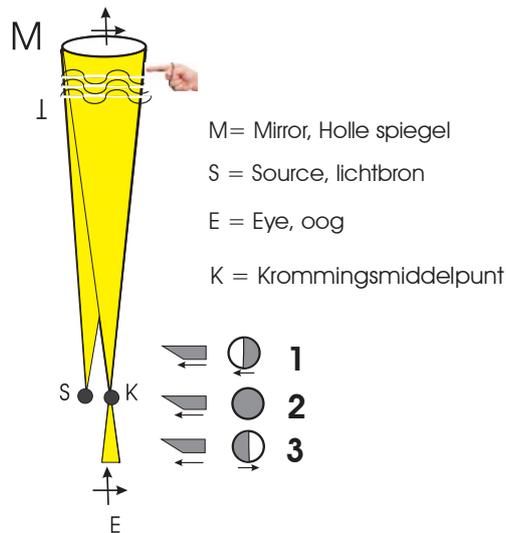
el espejo, que aquí vemos de frente, se oscurece gradualmente de izquierda a derecha. Esto es : junto con el movimiento de la cuchilla. Como resultado, uno sabe que S y E no están a distancia de curvatura de M. S está demasiado cerca de M. Para remediarlo, la fuente luminosa puntual S debe situarse más lejos del espejo M. O, lo que es lo mismo, el espejo debe estar ligeramente más lejos de la fuente de luz puntual. Esto se ha hecho de forma exagerada en el siguiente dibujo.



En la imagen anterior, el espejo se ilumina de nuevo desde S. Sin embargo, S está más lejos del espejo M que el centro de curvatura K. La luz procedente de S que llega al espejo M se refleja y converge incluso antes que el centro de curvatura K en E. Pero eso significa que la luz vuelve a divergir más allá de E. Esto se debe a que la luz se propaga rectilíneamente. El cuchillo corta entonces primero los rayos de luz que no vienen de la izquierda, sino de la derecha. Lo vemos de nuevo en la vista frontal en el extremo derecho. Sabemos que S está demasiado lejos del espejo.

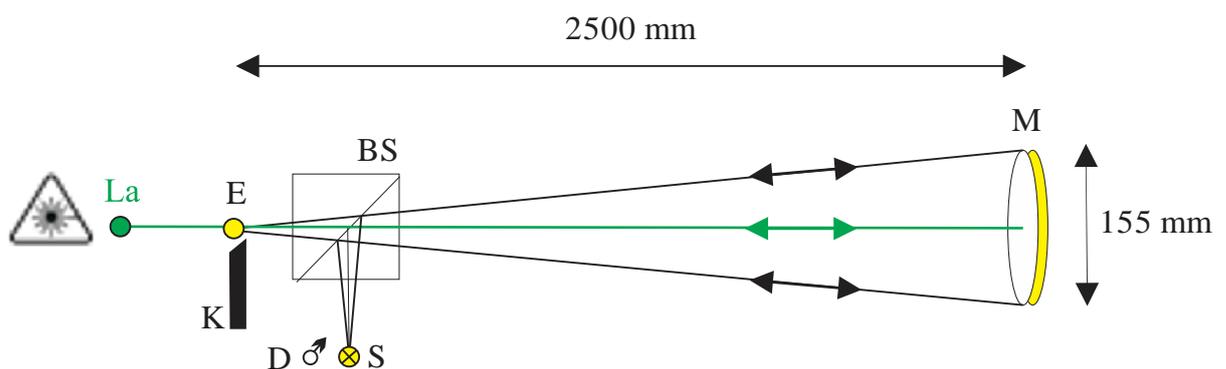


Finalmente, S está a la altura del punto de curvatura K. Los rayos reflejados convergen nítidamente en E. La lámina del haz no oscurecerá ahora primero el espejo M de izquierda a derecha o viceversa, sino que lo hará gradualmente en toda la superficie. Aprovecharemos esta última situación para situar nuestro espejo a la mayor distancia posible de la curvatura. Las tres situaciones diferentes se resumen en un dibujo a continuación.



Si el espejo está bien esmerilado esféricamente, y se introduce la hoja en la trayectoria de la luz a la altura del punto de curvatura K, las perturbaciones en esta trayectoria provocarán un juego de luces y sombras. En la trayectoria de la luz se aprecian turbulencias oscuras. En esto se basa la llamada «fotografía Schlieren». Sin embargo, esto queda fuera del alcance de nuestro tema. No utilizaremos más el cuchillo.

¿Qué haremos entonces? Mantendremos el montaje, pero trabajaremos sobre el eje. Esto significa que colocamos nuestro espejo hueco (M) a una distancia de curvatura (2500 mm) tanto de nuestra fuente de luz S ('S', de Source) como del lugar de observación ('E', de Eye, ojo). Para ello utilizamos un divisor de haces, un cubo transparente con un espejo semipermeable en diagonal, ('BS', 20mm²) y lo alineamos con un láser ('La').

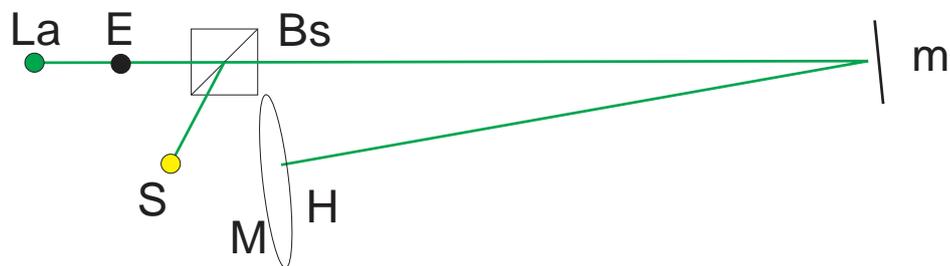


El láser está situado detrás del observador, de modo que éste nunca puede mirar hacia la cegadora y dañina luz láser. Desde nuestra fuente de luz (una bombilla de 25 vatios equipada con un regulador de intensidad, D), la luz viaja desde un extremo de una fibra óptica hasta la abertura del «punto» (una fina pieza de metal con un hueco de 0,3 mm en ella, hecha con una aguja de acupuntura) en el otro extremo de la fibra. La fibra de vidrio no aparece en el dibujo,

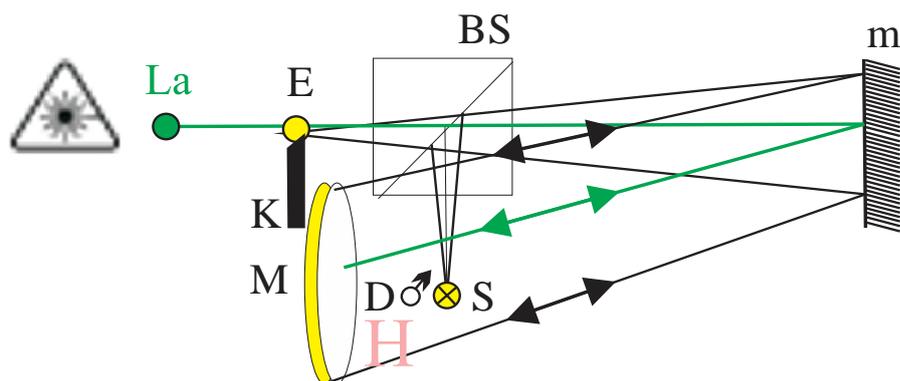
que ofrece una vista superior. Desde allí, la luz va divergiendo a través del divisor hacia el espejo, y después de reflejarse, converge hacia el ojo E. Para posicionar el espejo M a su distancia de curvatura correcta, utilizamos la cuchilla K ('K' de Knife, cuchillo) de forma totalmente análoga a como se hace en el ensayo de foucault.

3.4. Miramos nuestra propia mano.

A mitad del montaje, disponemos otro espejo plano m (extremo derecho en el dibujo inferior) que refleja la luz en la dirección del observador. Imagínalo esquemáticamente a continuación, utilizando sólo la luz láser.



El espejo cóncavo se encuentra entonces justo delante y a la altura del pecho del observador. El observador puede entonces sostener su propia mano (H) justo delante (¡no contra!) del espejo cóncavo mientras lo mira a través del divisor. Si representamos el montaje con haces de luz divergentes y convergentes, obtenemos lo que muestra el dibujo siguiente.



Nos instalaremos en una habitación totalmente a oscuras. Oscura» significa que no importa si mantenemos los ojos abiertos o cerrados; todo permanece negro como la tinta. Cuando todo esté alineado con el láser, nos tomaremos el tiempo necesario para que nuestros ojos se acostumbren a la oscuridad. Después, colocamos la mano delante del espejo. Primero

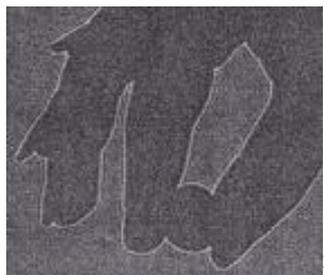
iluminamos el espejo con el máximo brillo. Vemos la mano, iluminada, sobre el fondo del espejo. Eso es todo. A continuación se muestra un dibujo coloreado de cada situación.



A continuación, atenúamos gradualmente el brillo hasta casi cero, sin dejar de observar la mano. Movemos suavemente los dedos hacia delante y hacia atrás. Si nuestros ojos están suficientemente adaptados a la oscuridad, tenemos la impresión de que una masa tenue, apenas perceptible y brumosa rodea los dedos y se mueve suavemente con ellos, aunque con cierto retraso.



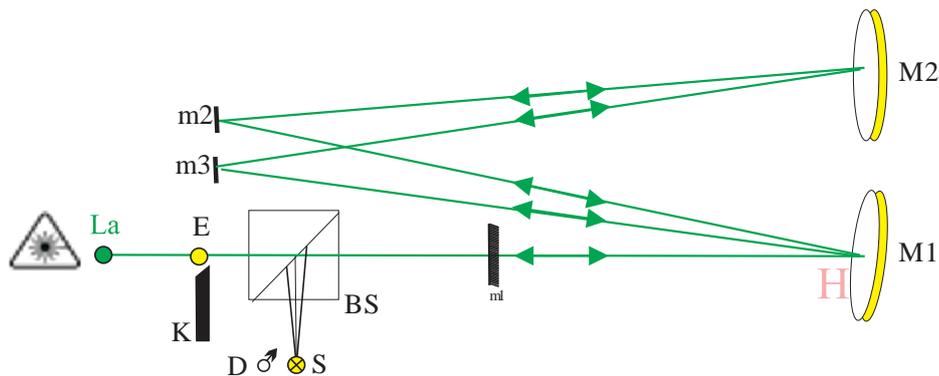
Esto último no carece de importancia porque nos indica que no se trata de una difracción posible. En la difracción, las ondas luminosas se desvían al pasar un obstáculo impenetrable. La imagen siguiente muestra una difracción de este tipo. En efecto, se puede ver una banda delgada y uniformemente delineada junto a la mano y la canica. La banda es muy fina y sigue cada movimiento de la mano sin el menor retraso.



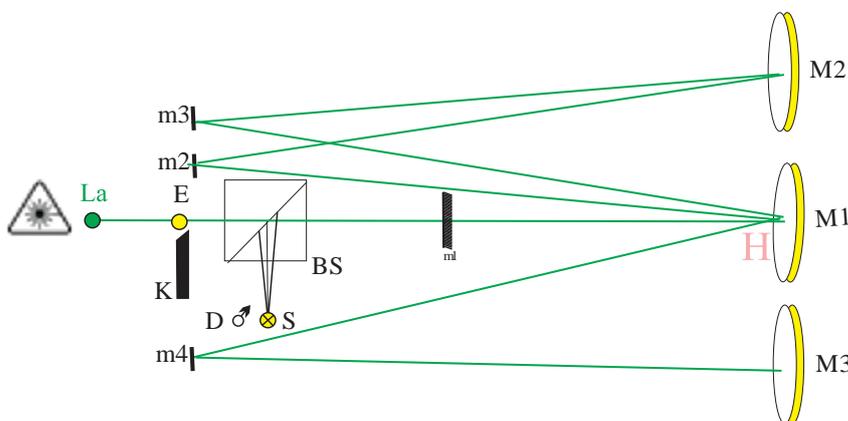
Demos a nuestros ojos tiempo suficiente para adaptarse a la oscuridad. Si ahora miramos de nuevo, la capa alrededor de nuestra mano ya se vuelve mucho más brillante. También vemos con algo más de claridad unas tenues volutas casi transparentes de aire más cálido que se elevan desde la mano. Se parecen a la proyección del vapor de agua hirviendo iluminado por el sol. Como era de esperar, esas volutas no tienen un contraste blanco-negro brillante. De hecho, no estamos trabajando con el cuchillo. No son imágenes que nos muestre la «fotografía Schlieren».

Se pueden diseñar montajes con 2 o más espejos cóncavos donde la luz atraviese la mano un mayor número de veces todavía. A continuación mostramos esquemáticamente algunos de ellos. No los hemos construido nosotros (¿todavía?). Aquí, la luz de nuestro láser ya recorre una gran distancia y diverge cada vez más, algo que dificulta bastante el ajuste y la alineación. Si quisiéramos construir este montaje, necesitaríamos un rayo láser más potente.

En el primer montaje, la luz atraviesa la mano 6 veces. Para simplificar el dibujo, hemos omitido los haces de luz divergente y convergente y nos hemos limitado a mostrar el haz láser. La luz atraviesa la disposición de la siguiente manera : S, BS, M1, m2; M2; m3, M1Bs, y E. El dibujo da un paralaje impresionante, pero prácticamente m2 y m3 pueden acercarse mucho al divisor.

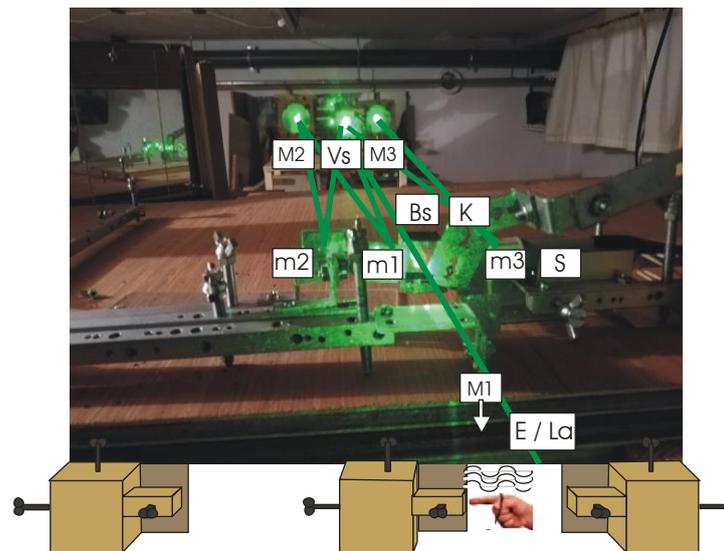


En el siguiente diseño, la luz atraviesa la mano 8 veces. El recorrido de la luz va de S, BS, M1, m3, M2, m2, M1, m4, M3, m4, M1, m3, M2, m2, M1, Bs y E.



4.6. vista del banco óptico

Prácticamente, construido sobre el banco óptico, el montaje tiene el aspecto que muestra la foto de abajo. Los grandes espejos M1, M2 y M3 están montados en carros en la parte trasera, y éstos están provistos de rayos justo debajo de la superficie del banco óptico para que los espejos puedan girarse hacia delante, hacia atrás y un poco a la izquierda o a la derecha desde la posición del observador. Las líneas láser se añadieron después.



¹ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Nevelvat>

² <file:///C:/Users/Walter/Desktop/opica%20nieuw%202024/donkeraanpassing.pdf>

³ Foto, ver: Diffraction, Hecht optics, Addison Wesley Publishing company, p. 392