

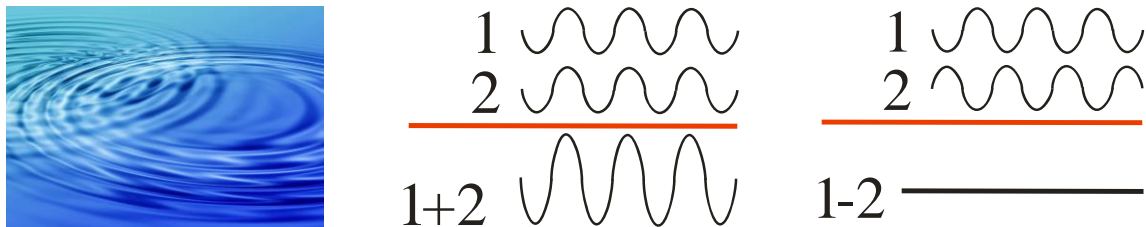
6. Polvo fino e interferencias destructivas.

Contenido

6.1. No círculos planos, sino esferas espaciales.....	1
6.2 Interferometría de «anulación	2
6.3. Un montaje «cerrado» con el mismo paso de luz	3
6.4. Ajuste de la configuración: no es tan fácil.....	5
6.5. ¿Qué podemos esperar?.....	5
6.6. ¿Y qué es lo que realmente aparece?	6
6.7. Una perturbación cuádruple	9
6.8. ¿Un osciloscopio Newton con interferencia destructiva?	9

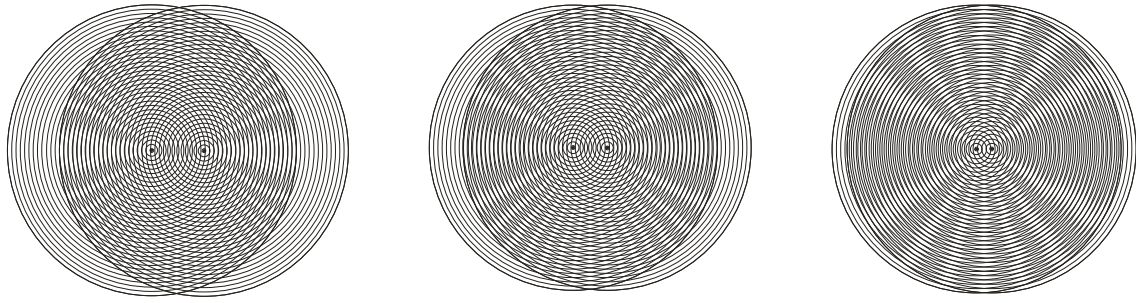
6.1. No círculos planos, sino esferas espaciales

Las interferencias constructivas y destructivas ya se trataron en el cuarto capítulo. Lo ilustramos con ondas en el agua creadas al lanzar dos piedras al agua al mismo tiempo.

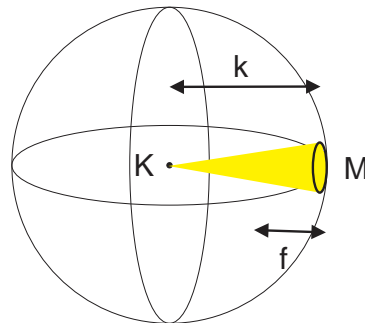


Se produce una interferencia destructiva cuando un pico llena un valle. El agua permanece entonces en su nivel original. Un fenómeno análogo ocurre con las ondas luminosas, en las que la fusión de un pico y un valle conduce a la oscuridad.

Ilustrémoslo de nuevo con dos conjuntos de círculos concéntricos que se penetran cada vez más. Vemos que se forman líneas en la parte superior e inferior que se ensanchan un poco. A la izquierda y a la derecha, vemos que las partes comunes de la circunferencia del círculo se hacen mucho más grandes a medida que los centros de los círculos distintos se acercan cada vez más.



Recordemos la bola de cristal y el espejo esférico que formaba parte de ella. Es esa situación la que queremos conseguir en la medida de lo posible en nuestro montaje.



6.2 Interferometría de «anulación»

Pensemos en el mundo estelar. La cuestión de si existen otros planetas como nuestra Tierra en otros lugares del universo es de gran actualidad en nuestros días. Sin embargo, encontrar esos planetas no es tan fácil. Si están demasiado lejos de una estrella, su brillo es demasiado débil. Si están demasiado cerca, la cegadora intensidad luminosa de este objeto celeste impide observar el planeta. Por eso se recurre, entre otras cosas, a la interferencia destructiva: los haces de luz pueden, en determinadas condiciones, extinguirse. Ya lo hemos explicado. La luz de dos telescopios muy próximos y equivalentes sintonizados con la misma estrella puede unirse, pero con una diferencia de media longitud de onda o un múltiplo no apareado. Así, la luz de la estrella se neutraliza. Pero esto no se aplica necesariamente a la luz del planeta situado cerca de esa estrella. En conclusión, la luz de la estrella se atenúa o se apaga, pero la del planeta, que se encuentra a una distancia diferente de los telescopios, no. Así, este último se hace visible.

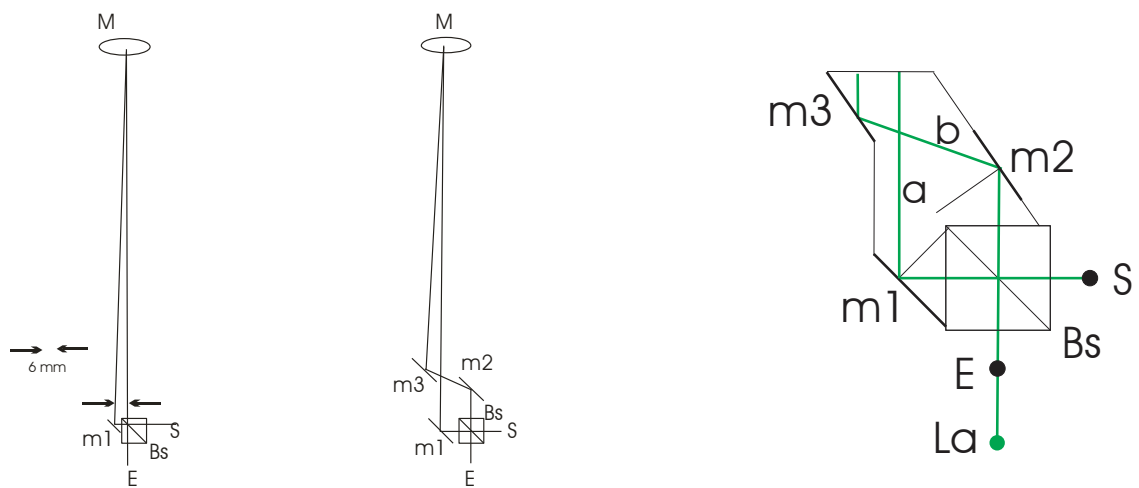
También en el telescopio *James Webb* encontramos esta gran precisión en la sintonización. Los 18 segmentos hexagonales individuales del espejo principal están sintonizados entre sí de modo que la luz de estos segmentos puede alinearse al nanómetro más cercano (1×10^{-9} m; ¡o una millonésima de milímetro!).

A continuación comprobaremos si en nuestro sistema también se consigue la interferencia destructiva.

6.3. Un montaje «cerrado» con el mismo paso de luz

En nuestra configuración básica «cerrada» -la forma triangular- seguíamos teniendo un paso de luz «desigual». En ella, la distancia del objeto v_1 era mayor que la distancia del objeto 2. Es obvio suponer que a medida que las trayectorias de la luz v_1 y v_2 sean cada vez más iguales entre sí, lograremos más fácilmente una interferencia amplia. Así que la cuestión es cómo idear una disposición en la que ambos caminos de la luz hasta el espejo, v_1 y v_1 , puedan llegar a ser iguales entre sí. Para ello, veamos los siguientes dibujos. A la izquierda vemos la disposición básica. La trayectoria de la luz hasta M a través de m_1 es más larga que la trayectoria de la luz que va desde B_s directamente hasta M. La menor diferencia de recorrido que pudimos conseguir en nuestro montaje seguía siendo de 6 mm.

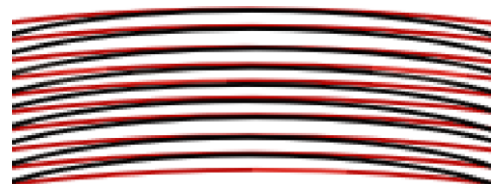
A continuación, veamos el dibujo del centro. Añadiendo dos espejos planos adicionales, m_2 y m_3 , se puede eliminar la diferencia de trayectoria de 6 mm. Para ello utilizamos el plano del extremo derecho. Se dibujó lo más grande posible en un programa de dibujo y se alinearon las dos trayectorias de luz. Después, se redimensionó todo y se imprimió en una tarjeta de cartón que venía debajo de B_s . Esto permitió colocar los espejos m_1 , m_2 y m_3 con mayor precisión.



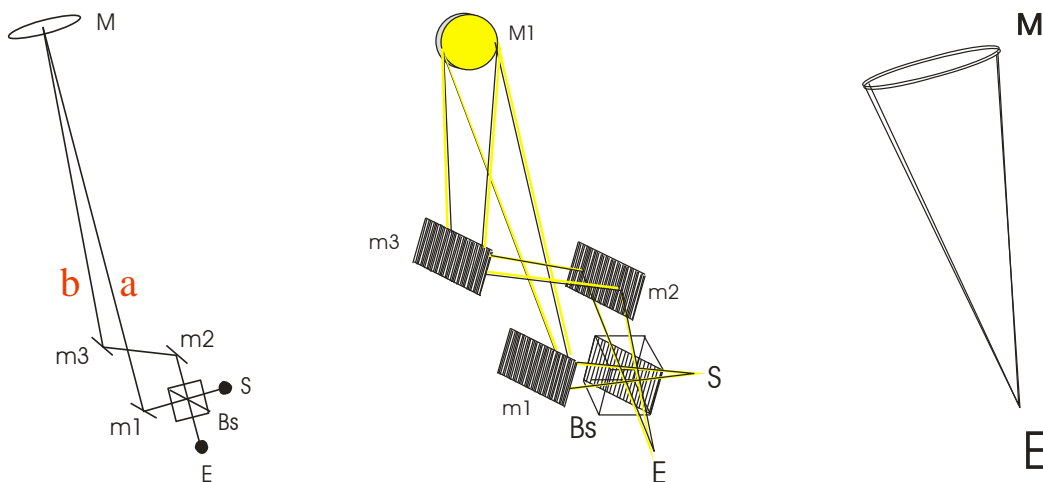
A continuación se muestra un detalle de este montaje. Podemos ver el divisor de haces en el centro, la fuente de luz «puntual» a su derecha, debajo del divisor vemos la tarjeta y junto a ella el lugar para los tres espejos planos que aún hay que montar.



Al hacer que las dos trayectorias luminosas sean iguales entre sí en la medida de lo posible, la parte común de los arcos circulares de los distintos puntos luminosos se hace cada vez más ancha, lo que facilita la consecución de la interferencia pretendida.

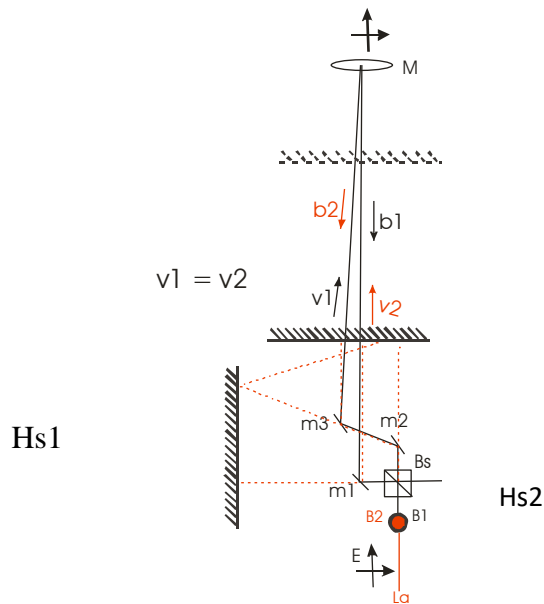


Imagínalo de nuevo espacialmente a continuación. Por el dibujo de la derecha entendemos que desde E las dos imágenes especulares coinciden ahora prácticamente.



6.4. Ajuste de la configuración: no es tan fácil.

Una vez más, un ajuste preciso requiere unos espejos auxiliares. Hs1 y Hs2. Ambos espejos planos deben orientarse de forma que reflejen la luz láser hacia Bs. A continuación, el espejo plano m3 también puede ajustarse a Hs2 para que esta luz láser también se refleje a Bs. El espejo plano m2 debe ajustarse según la dirección, indicada en el trozo de cartón sobre el que descansa el divisor y la luz láser llega a Hs1, luego se refleja a Hs2. Allí ésta debe intersectarse con la luz láser procedente de m1. Entonces se puede retirar Hs2. El espejo M se coloca de forma que la luz procedente de m1 incida en él de forma centrada. A continuación, se coloca m3 y se apunta al centro del espejo M. Este último puede ajustarse de modo que la luz láser vuelva al montaje. El espejo plano Mv indica que todo se refleja hacia el observador, de modo que él mismo puede mantener la mano delante del espejo mientras se mira. Hay que tener en cuenta que todo esto requiere un centenar de tornillos de ajuste, todos cónicos y provistos de una bola para reducir al máximo la fricción. Además, cada tornillo de ajuste descansa sobre una pieza de plástico duro.

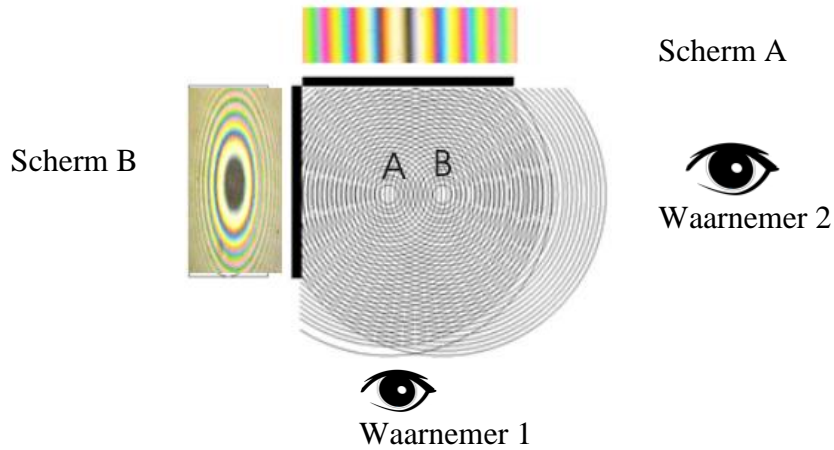


6.5. ¿Qué podemos esperar?

Se nos ocurre que el montaje «cerrado» con paso de luz igual es un perfeccionamiento del montaje, descrito en el apartado anterior, y en el que el paso de luz era desigual. Así que es posible que veamos las mismas imágenes, pero mejor, con un ajuste gradualmente más preciso. Y veremos más. La sensibilidad del arreglo probablemente aumentará a medida que la parte común de los arcos circulares de los puntos luminosos distintos, como se ha explicado anteriormente, se haga cada vez más ancha. Con nuestra búsqueda de una trayectoria de luz igual, nos acercamos a un interferómetro cero.

Reproduzcamos a continuación el dibujo de 5.4. Imaginemos que los puntos A y B se acercan gradualmente, entonces, por un lado, los círculos de la pantalla B se harán cada vez

más grandes hasta que toda la superficie del espejo se vuelva predominantemente negra. Y por otro lado, las líneas verticales de la pantalla A se ensancharán cada vez más.



6.6. *¿Y qué es lo que realmente aparece?*

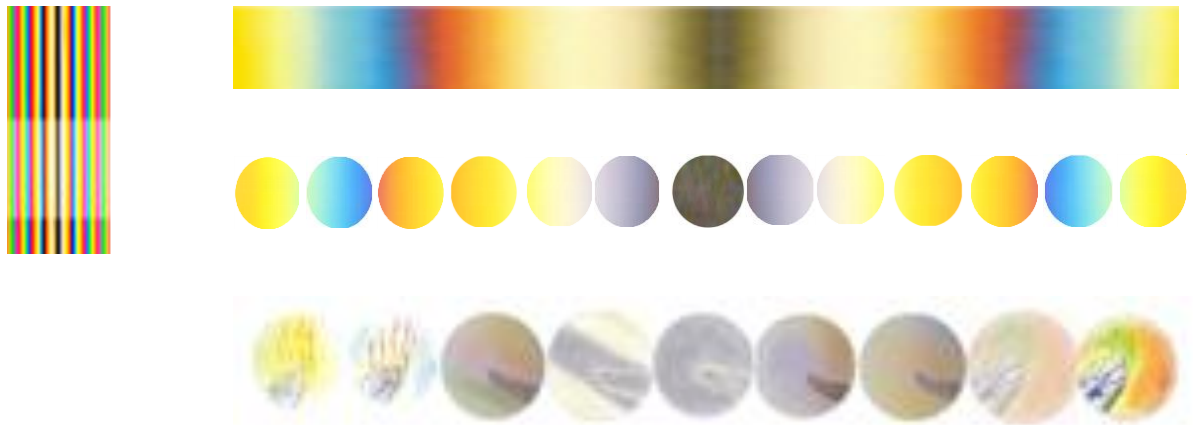
Ajustando con extrema precisión, obtenemos efectivamente toda la superficie del espejo llena de un único color de interferencia.



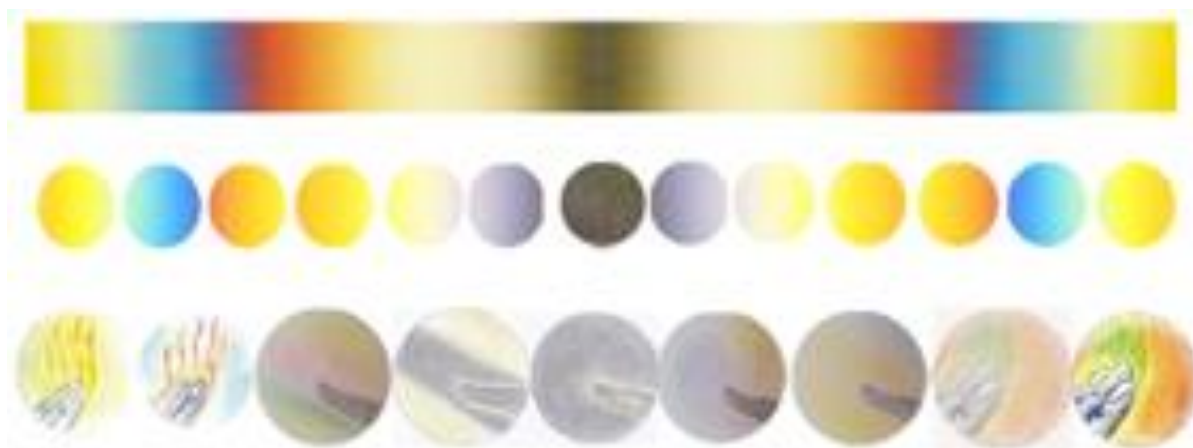
Si giramos mínimamente el tornillo de ajuste de uno de los espejos planos, el color de la superficie del espejo cambia, por ejemplo, a azul.



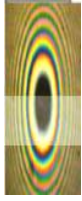
Podemos traer a la pantalla casi cualquier color de interferencia al girar un tornillo de ajuste en un sentido u otro. Si introducimos la mano en la configuración, obtendremos una serie de interferencias. A continuación se muestra una tabla con los colores y las turbulencias.



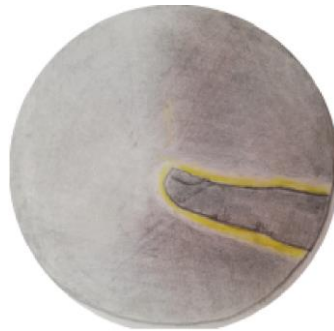
Y amplíalo al ancho de la página.



Con un ajuste casi perfecto, con una interferencia casi destructiva, en realidad ya no se puede hablar de líneas o círculos, sino que toda la superficie del espejo se muestra en un color oscuro. Los círculos concéntricos, tal como los hemos representado al principio de este texto en 7.1., parecen coincidir perfectamente. Por lo tanto, lo que se muestra a continuación no es más que una representación teórica. Aún así, esto tiene su utilidad; se ve más si se sabe a qué atenerse. Lo ilustramos con el arco en el vaso de niebla y la ecografía de un bebé en el texto 3.1.



Naturalmente, nos fascina la imagen de la interferencia destructiva total, muy inestable. Si ahora acercamos la mano a la trayectoria de la luz, aparece de nuevo una banda luminosa alrededor. El color amarillo es el color de interferencia en la visión general justo al lado de la línea (o círculo) de interferencia destructiva.

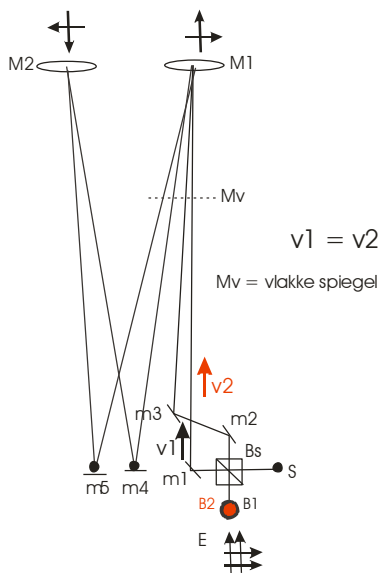


Por último, cuando atenúamos el brillo al máximo, este color amarillo desaparece y reaparece la banda nebulosa y luminosa.



6.7. Una perturbación cuádruple

En el dibujo de abajo a la derecha vemos el sistema 1 , con M1, el montaje básico con igual recorrido de la luz. Si giramos ligeramente el espejo M1, los rayos de luz reflejados ya no vuelven a Bs, sino justo a su lado (o justo encima). Si añadimos dos espejos planos m4 y m5 al montaje, podemos enviar todo a un segundo espejo con apertura similar. Tras reflejar la luz, se vuelve a pasar por el primer sistema. Esto significa que la mano situada delante de M1 puede interferir con la luz cuatro veces. Una vez divergiendo y otra convergiendo en M1 convergiendo, y tras pasar por el sistema M2, se repite una vez más. Esperábamos un efecto de perturbación acumulativo. No pudimos realizar el experimento en condiciones óptimas. La luz pasa a unos 15 metros de distancia en el montaje, y el punto de nuestro láser divergía demasiado para un ajuste preciso. A la derecha vemos una imagen de este montaje.

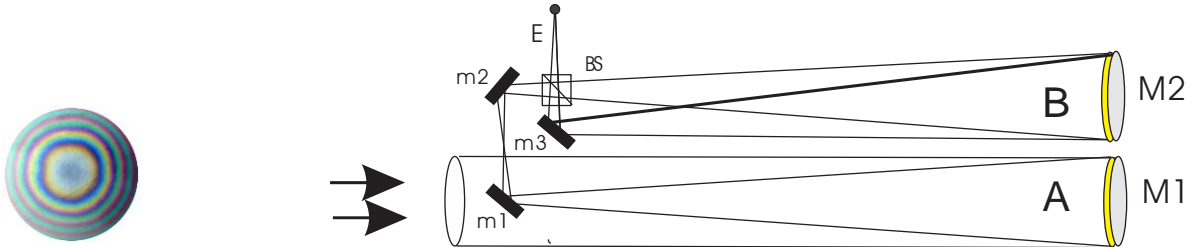


6.8. ¿Un osciloscopio Newton con interferencia destructiva?

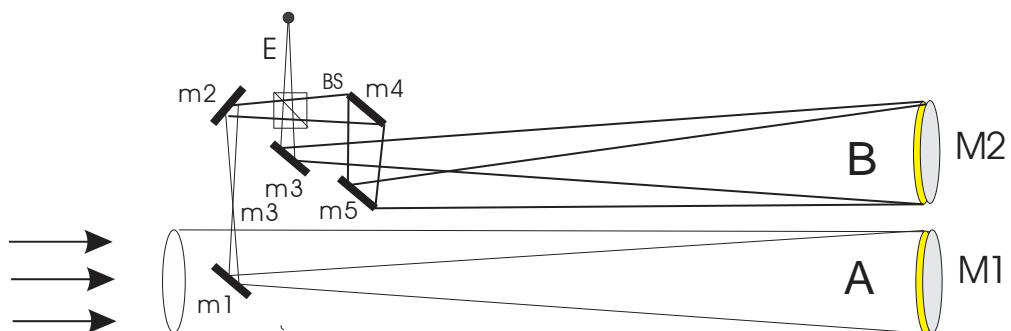
Veamos el montaje siguiente. Se reconoce en el sistema A (M1-m1) un visor newton, el sistema B es el montaje básico con trayecto de luz desigual. El espejo M1 se ilumina desde su punto focal. El espejo M2 se ilumina desde su centro de curvatura.

Teóricamente, esta unidad debería dar imágenes como las que describimos en la sección 6.4. Salvo que ahora no estamos viendo la mano, sino el entorno circundante, o si apuntamos el visor hacia el cielo, la luna y las estrellas.

Construimos este dispositivo por curiosidad, a pesar de que no disponíamos de un espejo M2 con un centro de curvatura igual al punto focal del espejo M1. El resultado fue que vimos los árboles y la naturaleza a nuestro alrededor imbuídos de unos amplios círculos newtonianos.



Sin embargo, si se desea comprobar si el montaje podría ser adecuado para interferometría de «anulación», en el sistema B no es suficiente el montaje básico con paso de luz desigual, sino que debe proporcionarse el montaje con paso de luz igual. Por lo tanto, en el siguiente dibujo se han añadido los espejos planos m4 y m5. Desde luego, no será un montaje sencillo desde el punto de vista técnico.



Queda por saber si, efectivamente, podremos utilizarlo para ver imágenes de interferencias destructivas. Si esto fuera efectivamente posible, se podrían buscar planetas con un solo telescopio. Un segundo telescopio similar, como el descrito en 6.2., resultaría entonces en principio superfluo.

¿Y qué ocurriría si observáramos la naturaleza circundante en un día de tormenta? ¿Podrían las violentas turbulencias de aire provocar también un desplazamiento intenso de los colores de interferencia, algo análogo a lo que vimos alrededor de nuestra mano? Pensando en ello, parece como si el viento provocara sombras oscuras, puntuadas por volutas amarillas. O incluso, en una tormenta violenta, a colores más alejados de la línea destructiva central, tal vez incluso coloreando los alrededores de rojo o azul. Para tener certeza sobre esto, primero habría que

construir un instrumento de este tipo. Pero eso hace tiempo que dejó de ser tarea de un constructor de telescopios aficionado.